

经济和社会事务部
统计司

方法研究

F辑 第79号

地理信息系统 和数字化地图 绘制手册



联合国
纽约，2002年

说 明

本出版物中所用名称及材料的编制方式不意味着联合国秘书处方面对任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位或边界线的划分表示任何意见。

本出版物正文中使用的“国家”一词，视情况亦指领土或地区。

“发达区域”和“发展中区域”等名称旨在便于统计，并不一定代表对某国家或地区在发展进程所达到的阶段作出判断。

联合国文件名称都用英文大写字母附加数字编号。凡提及这类名称均指联合国文件。

ST/ESA/STAT/SER.F/79

联合国出版物

出售品编号：C.00.XVII.12

2000年联合国版权©
版权所有
在纽约联合国印刷

序 言

多年来，联合国出版发行了一系列的手册和报告，旨在给那些正在计划和实行经过改进和节省费用的人口和住房普查的国家提供帮助。这些手册和报告经过多次的审阅，以期反映普查中新的发展和出现的问题。本手册是以上系列手册的一部分，目的是为帮助各国为2000年及以后的人口普查做准备工作。本系列中的其他手册包括：

- (a) 人口和住房普查手册（ST/ESA/STAT/SER.F/82）；
- (b) 人口和住房普查管理手册（ST/ESA/STAT/SER.F/83）。

《人口和住房普查的原则和建议》（第一次修订版，联合国，1998）提到了普查活动中出现的各种新技术。其中之一就是地理信息系统和数字化绘图技术在普查中的应用。计算机硬件和地图绘制软件的开发利用使许多统计和普查办公室受益，使它们得以从传统的地图绘制手段转到使用数字化绘图方法和地理信息系统。

本手册的出版目的是，通过提供一份参考文献，重点介绍人口和住房普查中的数字化绘图问题，为各国提供帮助。地图在人口普查中的传统功能一直是以图形形式支持点查，以及合并普查结果。除了可以提供更有效的图形数据和普查结果的专题地图外，地理信息系统现在可以在普查数据分布以及人口和住户数据分析方面发挥重要作用。

本出版物旨在为各国提供指导方针，尤其是以下几个方面：

- (a) 确保人口普查工作的一致和顺利开展，尤其是先期的点查阶段；
- (b) 在点查阶段，支持数据收集，帮助监督各项普查活动；
- (c) 在点查阶段完成后，为普查结果的展示、分析和发布提供便利条件。

本书分为三章，结构尽量与普查过程接近。第一章是对地理信息系统和数字化绘图技术的介绍和概述。第二章除探讨其他问题外，还讨论了数字化绘图和地理信息系统的投资成本效益分析、人口普查绘图过程计划、数字化地图数据库的开发、质量保证、数据库维护，以及地理信息系统在人口普查点查过程中的使用。最后一章对地理信息系统的作用以及普查结束后的数字化绘图工作加以说明，探讨了普查之后和在普查阶段中的各项任务，如数据库维护、地理普查产品的发布以及普查数据的地理分析。

本手册尽量做到通俗易懂，避免过多地把附录中技术表达方式强加给读者。附录提供的是技术方面的内容，例如，地理信息系统概述、坐标系统和地图投影、地理数据模型化和专题地图的绘制。

在修订的过程中，联合国秘书处征求了世界各地测绘和地理信息系统专家的意见，并为本书定稿。本手册还提供了一些国家应用地理信息系统和数字化绘图技术的实例，这些都经这些专家中的一些人实际使用。本书由联合国秘书处顾问乌韦·戴克曼先生起草。

目 录

章节	页码
缩写和缩略语	ix
一、介绍与概述	1
A. 地图在普查中的作用	1
B. 地图“革命”	1
C. 对地方的地域统计数据的需求越来越大	2
D. 本手册的范围、目的和基本内容	4
二、点查之前	5
A. 介绍	5
B. 数字化绘图/地理信息系统投资的成本效益分析	5
1. 成本	6
2. 收益	11
(a) 效益收益	11
(b) 效率收益	13
3. 关键的成功因素	15
C. 计划普查的绘图过程	15
1. 概述	15
2. 需要评估和确定地图绘制选择	17
(a) 用户需求评估	17
(b) 确定产品输出	17
(c) 地图绘制方法	18
3. 确定数字化绘图方案时的组织机构问题	18
(a) 人员、责任及培训需求	18
(b) 机构间的合作	20
(c) 人口普查绘图应用所需的设备和软件	23
(d) 人口普查地图测绘活动的分散化	28
(e) 人口普查地图测绘工作的时间要求	29
(f) 过程控制	30
4. 国家人口普查地理学的定义	31
(a) 行政结构	31
(b) 行政管理与其他统计汇报或管理单位之间的关系	32
(c) 绘制点查区轮廓图	33
(d) 绘制管理（人口普查小组领导）区轮廓图	34

(e)	与过去的人口普查结构保持一致.....	34
(f)	编码方案.....	35
5.	地理信息系统数据库的设计.....	35
(a)	绘图活动的范围.....	35
(b)	执行选择.....	39
(c)	地理信息系统数据库结构的定义.....	41
(d)	元数据的开发.....	44
(e)	数据质量问题.....	46
(f)	将国家领土划为具体的操作区.....	48
(g)	数字化的行政底图.....	49
(h)	处理不相交的地区单元.....	49
(i)	面积计算.....	50
D.	数字地图数据库的开发.....	51
1.	概述.....	51
2.	用于点查区绘图的绘图数据源（辅助数据的采集）.....	53
(a)	所需地图的类型.....	53
(b)	现有资源库存.....	54
(c)	导入现有的数字化数据.....	54
3.	其他地理数据的收集（获取原始数据）.....	55
(a)	实地技术概述.....	55
(b)	全球定位系统.....	55
(c)	航空摄影.....	61
(d)	卫星遥感.....	66
4.	地理数据转换.....	70
(a)	将硬拷贝地图转换成数字化数据.....	70
(b)	数字化处理.....	70
(c)	扫描.....	72
(d)	编辑.....	75
(e)	建立拓扑结构.....	76
5.	数字地图的集成.....	76
(a)	简介.....	76
(b)	制定地理基准.....	76
(c)	投影和数据的变化.....	78
(d)	编码.....	79
(e)	分立地图块的集成.....	79
E.	质量保证、点查区地图制作和数据库维护.....	80
1.	概述.....	80
2.	草图制作和质量保证步骤.....	81
(a)	边界线和属性文件的匹配以及总图的打印.....	81
(b)	质量保证.....	82

(c) 送交地方政府和行政单位审查.....	82
3. 打印点查区地图.....	83
F. 在人口统计点查期间运用地理信息系统.....	87
1. 运用数字化地图作普查的后勤保障.....	87
2. 监督普查工作的运作过程.....	88
3. 在点查期间更新和修改点查区地图.....	88
三、点查之后.....	89
A. 介绍.....	89
B. 普查结束后与两次普查之间的工作.....	89
1. 直接工作.....	89
(a) 整理点查员所做的更新和改动.....	89
(b) 协调信息收集单位与汇总或统计单位之间的关系.....	89
2. 数据库的维护.....	91
(a) 数据库的存档.....	91
(b) 数据库的维护：继续进行地图绘制的好处.....	91
C. 发布地理人口普查产品.....	91
1. 数据发布规划.....	91
2. 需要的产品.....	92
(a) 等效文件与兼容文件.....	92
(b) 基准地图库.....	93
(c) 地名字典和矩心文件.....	93
3. 用于出版目的的专题地图.....	93
(a) 地图的威力.....	93
(b) 普查数据专题地图.....	94
(c) 专题地图的制作和出版.....	96
(d) 输出方式.....	97
4. 用于发布目的的数字地理数据库.....	102
(a) 数据内容定义.....	103
(b) 数据格式.....	104
(c) 文档和数据字典.....	105
(d) 交付准备.....	106
(e) 法律和商业问题.....	107
(f) 数字化地图产品的市场开发.....	110
(g) 对外宣传.....	111
5. 数字化人口普查地图册.....	111
(a) 静态人口普查地图册.....	111
(b) 动态人口普查地图册.....	112
6. 通过因特网绘制地图.....	114

(a) 侧重服务器的模式.....	114
(b) 侧重客户端的模式	115
(c) 混合模式.....	116
(d) 人口普查数据发布面临的机遇	116
D. 高级课题：普查数据的地理分析.....	118
1. 城市地区定义/轮廓确定.....	118
2. 协调小区域统计结果和以前普查的类似信息	118
(a) 把旧的点查区加总到新地区边界之上.....	119
(b) 在边界不相容的地方进行面积插值处理	119
(c) 临时地理信息系统数据库.....	124
3. 通过网格分配人口数据	125
书目和参考资料.....	129
附录I. 地理信息系统.....	137
附录II. 坐标系统和地图投影	153
附录 III. 数据模型操作	167
附录IV. 用于发布的数据字典实例	171
附录 V. 专题地图设计.....	175
附录VI. 专业术语	207

缩写和缩略语

ASCII	美国信息交换标准代码	GLONASS	全球导航卫星系统
BMP	位图	GPS	全球定位系统
BPS	比特/秒	HLS	HLS色彩模型
BUCEN	美国人口普查局	HPGL	惠普公司绘图语言
CAD/CADD	计算机辅助设计/计算机辅助设计与绘图	HTML	超文本链接标示语言
CCD	电荷耦合装置	HVS	色度值饱和
CD-ROM	只读光盘存储器	ISO	国际标准化组织
CGM	计算机图形元文件	JPEG	联合图像专家组图像格式
CLA	普查负责人区域	LAN	局域网
CMY	青、品红、黄	MB	兆字节
CMYK	青、品红、黄、黑	NSDI	国家空间数据基础结构
CSDGM	数字化地球空间元数据内容标准	PDF	可移植文档格式
DEM	数字化平面图模型	PES	后点查阶段调查
DGPS	差分全球定位系统	RDBMS	关系型数据库管理系统
DHS	人口统计和卫生调查	RGB	红、绿、蓝
DPI	点每英寸	SPOT	地面观察卫星
DVD	数字化视频光盘	SQL	结构化查询语言
DXF	绘图交换格式	TCP	传输控制协议
EA	点查区	TIFF	标记图像文件格式
ED	点查地区	UPS	不间断电源
ESRI	环境系统研究所	UTM	通用横向墨卡托投影
GB	吉字节	VPF	向量产品格式
GIF	可交换图像文件格式	WMF	视窗 (Windows) 图元文件格式
GIS	地理信息系统	WWW	万维网

一、介绍与概述

A. 地图在普查中的作用

1.1. 对《人口和住房普查的原则和建议》（联合国，1998）一书进行的许多修改反映出普查活动中出现的各种新技术。重大的技术发展无疑有助于普查数据的获得、处理和发布。在绘图技术领域，计算机硬件和地图绘制软件的开发和利用已使许多统计和人口普查办公室从中受益，使它们从传统的地图绘制手段方法转到了使用数字化绘图技术和地理信息系统（参见，例如，Rhind，1991；Ben-Moshe，1997；和联合国，1997a）。

1.2. 地图在人口普查中的传统功能一直是以图形形式支持点查，以及合并普查结果。绘图自动化已经极大地扩展了这种功能。除了可以提供更有效的图形数据和普查结果的专题地图外，地理信息系统现在可以在普查数据分布以及人口和住户数据分析方面发挥重要作用。

1.3. 长期以来，地图绘制一直是普查工作中不可缺少的组成部分。从最近的几次人口普查活动来看，其中很少没有不依赖详尽的地图支持而完成的。一般来说，数字化绘图技术在普查过程中可以达到以下几个目的：

- 确保人口普查工作的一致和顺利开展（先期的点查阶段）。

人口普查办公室必须确保把全国的每一户和每个人都统计在内，并且不能重复统计任何一户和任何人。为此，人口普查地理学家要把全国分割成小的报告单位。以便使地图能够作为重要工具，保证普查工作的一致性和准确性。

- 通过地图支持数据收集并帮助监督各项普查活动（在点查阶段）。

在普查过程中，地图能够确保点查人员很容易地确定出他们指定的家庭住户。普查

负责人还可通过绘制好的地图帮助制定计划和控制各项任务。因此，地图在监督普查活动的进展方面也将发挥作用。普查工作负责人可以很快地发现有问题的地区，并采取补救措施。

- 通过地图使普查结果更易于展示、分析和发布（点查后期结束后）。

普查结果的图形展示是一种非常有效的手段，有利于普查结果的形象化说明。它有助于体现重要的人口统计指数和社会指数的地域特征。因此，地图也是公共部门和私营部门进行政策分析的一个不可缺少的部分。

1.4. 本章的其余部分对手册的各项目的进行概述。接下去是对数字化绘图技术飞速发展的总结，本手册的编写工作正是在这些发展的推动下完成的。然后，针对人口普查办公室为什么会面临越来越大的压力，必须及时提供具有地理参考形式的普查数据。最后，简明扼要地归纳一下本手册的内容。

B. 地图“革命”

1.5. 几个世纪以来，人类一直用地图表示他们的环境。地图用以标示地域、距离、方向和地域面积。地图还用来展示地域关系、差异、群集和格局。地图也用于航海、探险以及公共部门和私营部门的联系。几乎所有科学探索领域都需要以这种或那种形式使用地图。总之，对于许多专业和学术研究领域而言，地图都是一件不可缺少的工具。

1.6. 比起其他领域，绘图学受信息革命的影响要晚一些。早期的计算机擅长于存储数字和文本。相对而言，地图更复杂，而且数字化绘图需要大量数据存储容量和快速计算能力。

另外，地图绘制基本上属于图形应用，而早期的计算机的图形输出容量很有限。因此，1960年代最早使用计算机完成的地图绘制，范围只限于几个国家的政府和学术项目。商品化的地理信息系统直到1980年代才在计算能力上达到了一定水平，并导致迅速使用。地理信息系统被以下领域所采用，例如，地区和地区政府、城市规划、环境部门、探矿、公用事业部门和商业市场以及房地产公司等。

1.7. 地理信息系统极大地受益于计算机科学各领域的发展。比较先进的数据库软件可以处理大量的数字化地图信息。计算机图形技术提供了存储数据模型、检索和显示地理目标。先进的视频技术使我们能够越来越复杂地展现我们的环境。地理信息系统数据显示功能不仅远远超过了二维静态显示效果，而且可以提供三维动态模型。正如文本信息的输入可以通过光学字符识别技术来完成那样，快速而高分辨的扫描技术和复杂的软件也可以加速地图数据的转换，而这种地图数据的转换工作过去只能依赖人工进行数字化处理。

1.8. 新的信息来源缩短了从项目设计到数据库建立完成的时间。最重要的新的近期发展体现在导航和遥感方面。从调查到环境监测乃至交通调度等一系列领域，大面积数据采集工作由于全球定位系统的使用而发生了突破性的革新。新一代的商用高分辨卫星可以拍摄到地球表面上几乎任何地方的照片。这些照片显示的详尽信息足以支持大量的地图绘制应用。由于全球定位系统技术与数字照相技术在高空摄影方面的紧密集成，高精度数字化绘图的费用将会大幅度下降。

1.9. 在地理数据分级分类方面也发生了相似的进步。所有主要的地理信息系统销售商现在都提供可以通过因特网在万维网获取地理数据库的工具。各级政府部门也使用这一技术向公众价廉而快速地提供大量空间信息。因特网很可能作为最重要的数据分布手段，将代替印制的地图和数字化媒体。

1.10. 因特网的绘图程序说明，数字化空间信息工具的使用正在变得越来越便宜和日趋简便。虽然高端地理信息系统软件包仍然需要复杂的培训才能成功掌握，但是桌面绘图软件已经不比使用标准的办公业务软件包更复杂。数字化绘图在标准计算机应用方面也正在紧密集成，例如，电子数据表格、图形和商业管理软件等。

1.11. 统计机构曾经是地理信息系统的早期用户。人口、社会和经济统计数字是公共规划和管理的基础。社会经济指数的空间分布指导着地区发展、服务提供和许多其他方面的政策制定。数字化技术可以实现更完善的管理、更快的检索和数据显示的改善。因此，在地理和统计之间一直存在着紧密的联系——例如，在拉丁美洲的许多国家里，国家统计局和测绘局设在同一幢办公楼，这一事实本身就说明了这种联系（还可参见欧洲联盟统计处，1996）。由于紧密集成的地理信息系统即可降低采集、编辑和发布数据的成本，又可缩短时间，因此在统计方面的应用方面给国家统计机构带来很大的益处。地理信息系统使统计机构可以提供更多种类的服务，因此，极大地增加了在数据采集方面的投资回报。

C. 对地方的地域统计数据的需求越来越大

1.12. 人口普查数据和调查数据的用户在统计方面共同使用地理数据自动化技术有很多好处。地理信息系统可以把不同课题领域的信息联结在一起。该信息系统提供的数据集成功能已经使统计数据的应用变得越加广泛。因此，统计机构在更大的压力下，不得不为小的地理单位提供高质量的空间基准数据。这些数据几乎有无限种应用，以下是其中的一些实例：

- 社会和教育服务规划。地方和地区政府的一个主要任务是，确保全国所有地区能够平等享受政府的服务，例如卫生和教育方

- 面的服务。通过了解小地域有关年龄和社会特征的普查数据，规划者可以对各种不同服务的需要进行预测。结合地理信息系统有关运输基础设施的数据之后，即可更好地分配已有服务中心的资源，作出有关新设施的合理布局。
- 贫困分析。在普查中没有收集收入和消费数据的国家，家庭特征是不同群体福利情况的重要指数。结合基础设施和农业生态环境的空间参照信息，小地域的普查数据可以用于评估贫困的影响范围和贫困群体的分布情况。通过把资源注入到最迫切需要的地区，可避免将补贴误用到非贫困群体，这些数据可以增强缓和贫困计划的针对性。
 - 公共设施服务规划。水、煤气、电力和通信等私营和公营部门不仅可以利用地理信息系统管理其有形的基础设施，而且可利用人口统计数据的空间分析，评估目前和将来服务的需求。数字化普查数据以及数字化地形模型一直是世界移动电话系统的一个关键组成部分，因为它们可以帮助确定转播塔的可选位置。
 - 劳动力分析。无论对于一个正在寻找合适的地点建厂的私人公司，还是一个正在试图使劳力供求平衡的政府机构，小地域的普查数据在有关雇用的分析中都是一个重要因素。从上班交通问题的分析中，对工作地点和雇员住宅区进行比较，对于规划交通运输至关重要。
 - 市场分析。公司利用小地域普查数据规划建立新商店和仓库的位置、管理顾客服务信息，以及确定广告对象，从而产生了一个完整的地理信息系统分支（尽管名字不尽相同，或称商业地理学，或称地理人口统计学）。事实上，对于这些不同类型分析的强烈需求一直是开发廉价易用的桌面绘图软件的主要动力。
 - 选区划分。在有代表性的民主政体中，议会的代表性建立在每张选票所具有的同分量原则之上。为确保贯彻这一原则，小地域的人口数字可用于设计面积大体相同的选区。实际上在美国，《宪法》规定每十年进行一次人口普查的主要依据就在于此。地理信息系统和普查数据被用于划分选区。
 - 应急计划。火灾、地震、火山爆发和海啸如果发生在人口密度很大的地区，人员疏散十分困难。确定这些地区可以指导救援计划和及早疏通堵塞。地理基准普查数据、数字化正摄图以及交通运输图对于这类分析都是极其重要的工具。
 - 疫情分析。利用小地域普查数据，配合卫生健康情况数据和生物物理的数据，卫生部门的负责人可以估计出可能受某种疾病感染的人数，或者估计出可能成为某种病菌携带者的人数。例如，掌握了全国疟疾和血吸虫病的潜伏人数后，决策者就可估计出采取根除措施的所需资源。确认这些危险人群的聚集地有助于开展各项工作，如优先安排和采取干预措施等。
 - 洪水平面模型。大规模水灾似乎正在世界各河流域造成越来越大的危险。利用数字化平面图和水文数据，结合小地域普查统计结果，计划制定者可以作出详尽的评估，降低水灾地区灾民的危险，保证紧急救灾计划的可靠性。同样，保险公司使用这些工具对家庭户主的受害程度进行评估，从而更合理地决定赔偿金额。
 - 农业。有关农业生态情况的地理信息、生产情况信息以及小地域食品需求量数据有助于食品保障问题的分析。许多生态系统脆弱的国家都建立了灾害早期预警系统，以避免出现重大的食品危机。
- 1.13. 以上的几个实例普遍依赖于小地域人口统计数据和社会数据是否齐备。这些信息的

唯一可靠来源是人口普查，或某些地方所建立的人口登记制度。随着人口普查数据的非传统用处日益大量增加，国家统计局作为这些信息的主要提供者，责任也更加重大。这就意味着，普查机构需要扩大他们的数据发布策略，从单一的合并数据表格报告扩大到详尽的数字化数据库，将报告单位的分界线与普查中采集到的丰富的小地域的人口信息联系在一起。更广泛的运用人口普查数据还意味着机构之间的合作。为保证最有效利用采集的数据，数据的开发利用则需与提供地理参考数据的其他政府部门、研究机构和私人企业共同进行。这样，在国家空间数据基础设施的发展中，统计部门就成为了主要参与者之一。

D. 本手册的范围、目的和基本内容

1.14. 撰写本手册的主要推动力来自近来数字绘图技术的迅速发展以及对小地域地理基准人口数据需求的不断增长。任何一个着手开展普查项目的国家都需要对若干个选择进行评估，从所需的绘图手段中找出最符合成本效益的方法。本手册旨在提供有关技术和方法的背景资料，对任何特定国家选择合适的工具和程序提供支持。

1.15. 由于有大量选择存在、各国的条件和资源又极其不同，那么每一种情况下的选择显然也不会相同。因此，本手册不是一本需要循序渐进阅读的指南。每一个国家必须根据本国的普查项目内容，从各种选择中选取能够适合自己情况的地图绘制方法。为每一具体情况确定最佳技术和方法的组合取决于以下因素：本国已有的可供使用的数字化底图、现有的技术数据和人员、可用资金以及完成人口普查绘图项目的大致时间范围。

1.16. 然而，本手册并不认为，很多国家成功使用了几个世纪的传统地图绘制技术已经完全过时。有关这一题目的主要参考依据——

《人口普查与调查的地图绘制》（美国人口普查局，1978）无论对新手还是资深绘图人员仍然都是有用的资料，尤其是在地图绘制方案的组织和控制、点查区和统计区的确定方面。然而，随着技术的发展，出现了许多完成普查地图绘制任务的更好方法。因此，本手册在提供有关最新技术的同时，避免重复过去已经完整提供过的信息，旨在为美国人口普查局进行补充。

1.17. 本手册主要内容的写作条件是，读者已经掌握地理信息系统的基本知识和绘图概念。附录 I 和附录 II 为不太熟悉以上内容的读者简单介绍了以上两方面的知识。在使用地理信息系统的项目中，绘图投影和坐标系统比在基于线条描绘地图的传统方法中是更为重要的问题。

1.18. 本手册根据点查活动和点查结束后的活动，将主要章节分为相应的若干专题。第二章讨论的是数字化方法在人口普查绘图中的成本和效益问题。这说明，向数字化技术方向转移——而从长远看是必然的——首先需要大量投资，而主要收益却要到后来才得以实现。第二章的其余部分探讨了组织机构方面的问题，如数字化普查地图绘制项目的规划和建立、地理信息系统数据库的开发和建立，以及如何为开展人口普查活动研制配套产品。第二章结束时，概括说明了地理信息系统在点查阶段的应用，如监督普查活动的进展和更新地图数据库等。

1.19. 第三章的重点是点查以后的展现、分析和分置普查数据中地图绘制工作和数字化绘图。这些问题对于所有的国家都很重要。即使是还没有在点查阶段使用数字化绘图技术的国家也会希望开发建立地理信息系统数据库，用于分析和分置普查数据。这些基于数字化地图也将为支持以后的普查和调查使用数字化绘图提供基础。

二、 点查之前

A. 介绍

2.1. 从使用传统方法转向使用数字化人口普查绘图技术的决定对人口普查机构具有重大影响。首先，最直接的问题是，把现有的模拟式地图信息转变成数字化形式以及编译成新的数字化信息需要大量投资。购买设备和数据、人员培训以及运行费用等相关费用也相当可观。改变人口普查绘图方法的所需成本以及这一改变所带来的好处在 B 节加以讨论。根据其观点，普查机构只要采取长期策略，这些投资就是值得的。如果希望这一改变能够带来比初期成本更大的好处，那么，初期开发建立的数据库在普查完成之后必须保证长期使用和不断更新，必须在普查机构组织内外，使这个数据库的应用超出为点查区绘制地图的范围。

2.2. 本章的其余部分重点讨论实际运作中的问题。C 节讲述规划的初级阶段，其中包括组织机构方面的问题、普查地理的定义和地理信息系统数据库的设计等。所讨论的题目覆盖以下方面，如机构之间的合作、人员要求、地理编码计划以及普查活动的选择范围等。D 节讨论从模拟地图信息向数字化地图数据转化以及现场工作方面的技术选择。鉴于技术在最近几年的迅速发展已经改变了地图绘制的性质，因此有必要对此处所涉及的几个题目进行讨论。这也是编写本手册的主要目的。E 节涉及质量保证和为普查工作绘制点查图的问题。最后的 F 节讲解了地理信息系统在点查阶段的应用。

2.3. 虽然本章的各部分按照逻辑顺序排列，但所讨论的问题并不能孤立看待。例如，人员配备、培训和设备购置都取决于数据转换策略的选择。点查区地图的生成取决于可供使用的数字化数据，而这些数据又是由数字化绘图活动的范围所决定。因此，本章的材料应该看做是信息背景材料，而不是一本让人按部就班进行阅读的指南。

B. 数字化绘图/地理信息系统投资的成本效益分析

2.4. 本节将对在人口普查活动中使用数字化绘图方法和地理信息系统的成本效益问题进行讨论。这些讨论有必要十分概括。因为没有任何一种普查绘图方法可以普遍适用于所有情况。反之，可供选择的方法却多种多样，从全数字化室内绘图到为展示和发布普查结果而使用的桌面绘图工具等。换言之，在介绍普查使用的数字化绘图手段的过程中，没有“所有方法都通用”的解释。实际上，有时候地理信息系统还被指责为是一种“用 500 美元的代价解决 5 美元问题的方法”（如在 Batty 等人文中的引文）。如果将一套复杂昂贵的地理信息系统用于简单的桌面绘图软件就足以解决问题的地方，那么就果真如他们所说，非常不合算。因此要恰当地完成这项任务只能先跳过任何有关成本受益的分析原则。

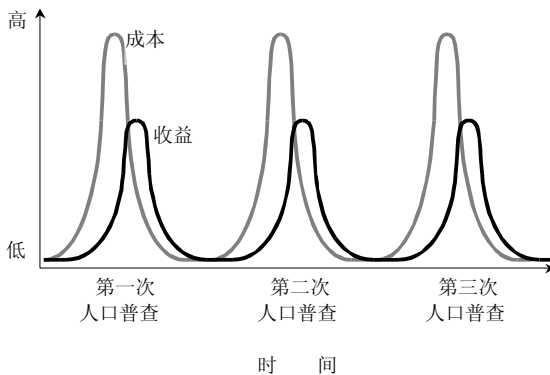
2.5. 由于种种原因，很难用量化手段评估使用地理信息系统的成本效益。例如，其中有许多好处可能不会使为地理信息系统投资的机构受益，而得到好处的却是局外人，例如那些得以使用更高精度和更低成本的产品的人，或者那些可以使用过去根本用不到的产品的人。这也更清楚地说明“价廉”和“成本效益”之间的差别。从短期看，绘制普查地图最便宜的选择可能是传统的手工操作方法，尤其是在劳力低廉的国家。然而从社会的角度看，在数字化进程的开始阶段投入较多的资金可能更具成本效益，因为无论从普查和统计机构的内部和外部来看，数字化产品将会实现很大的长期效益。

2.6. 对地理信息系统的投资很多集中在前期进行。也就是说，主要的成本需要在一个项目的开始阶段投入，而实际收益可能在项目的长期运作中才得以实现。图 II.1 对这个问题做了说明。该图将传统的地图绘制方法与数字化绘图进行对

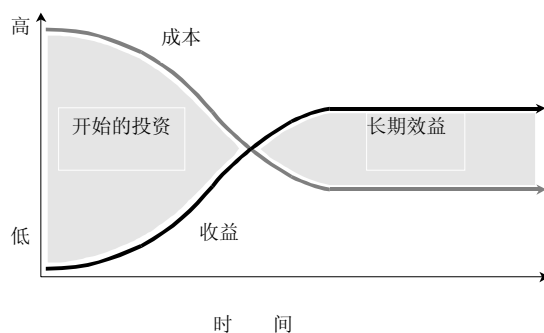
照。在第一个图示中，每一次普查的地图是通过手工绘制的。这样做的成本往往高于收益，因为印制的地图只能供普查这个单一目的使用。在第二个图示中，初期的投资虽然量很大，但是以后的使用和更新只需花费比较低的费用，而且可以长期得到收益。由于这个过程产生的多用途数字化数据库，因此长期收益比传统做法高出许多。

图 II. 1. 不同的普查地图绘制方法的成本和受益

(a) 传统的地图绘制方法



(b) 数字化绘图方法



2.7. 这一比较也说明了绘制人口普查地图在长期战略方面的重要性。人口普查绘图经常完全根据某个具体项目进行。开始进行普查的前几年，需要组织人马手工绘制仅供点查使用普查的草图。几年后，又要为下次普查再次开始这一过程。比较好的方法是，将普查绘图作为一种连续过程，并由定期接受培训的固定核心人员对数据库进行维护。

1. 成本

2.8. 不能低估地理信息系统的短期投资和长期维护的成本。与任何新技术或机构改革（如管理信息系统）一样，地理信息系统的引进也必须改变常规和进行大量资金支出，它不仅用于软硬件的开发，而且还要用于购买数据、培训、规划和机构重组。在修订后的《人口和住房普查的原则和建议》中，有关地理信息系统的部分（联合国，1998）都做了详细的文字说明。实际上，这样做的主要原因是，为此需要投入相当多的费用。尤其是间接成本经常受到低估，从而导致地理信息系统项目的失败。

2.9. 以下是引进地理信息系统需要完成的任务和由此发生的费用一览表（见 Worrall, 1994; Becker 及其他作者, 1996; 同时参见 Bond 和 Worrall, 1996; Bond 及其他人, 1994）。这些步骤将在本手册中给予更详尽的论述。显然，在这些成本中，许多投入并不是数字化绘图所特有的。例如，无论地图是以数字化形式完成还是手工完成，分散数据收集后的协调或者数据转换工作都是相似的。另外，并不是每一个项目都需要进行所有的步骤。一个只需要使用桌面绘图为普查出版物绘制专题地图的普查机构就不必在详尽规划程序上浪费很多的时间和资金。反之，一个集成的普查绘图项目可能需要相当多的投资，直接关系到成败的问题则可能是该项目的设计是否严格。

成本构成

系统设计和规划；咨询服务；管理人员时间

一个地理信息系统项目的总体规划或一个机构内部的地理信息系统部门将明确提出具体目标，预测有关的成本和预计要采取的步骤。利用外部专家意见经常是极有益的。近年来出现了很多提供地理信息系统咨询服务的商业性机构。对于发展中国家的普查机构而言，参观其他在地理信息系统经验丰富的普查机构，学习他们的经验是很有益处的（参见 Coiner 1997）。

同样，从总体系统规划其中的一部分也可以评估可提供的资料和数据转换策略发展。

硬件的获取集成

计算机的性能变得越来越强大，而其价格持续降低。然而，新软件对处理器的速度和存储器的要求也日渐增长，因此这些优势并没有体现出来。如果对现有设备进行集成，则可能需要在扩大内存和磁盘空间上投资，而且要考虑与新购置的设备是否兼容。计算机除了要有快速处理器和足够的内存之外，地理信息系统的应用也需要一些外围设备，如数字化仪、扫描仪和大型彩色打印机。这些设备可能不属于普查机构必备的设备。

地理信息系统/地图绘制软件的评估和选择

市场上现有几十种合适的地理信息系统和桌面地图绘制软件包，价格从几百美元到几万美元不等。许多分析家预测，在今后的几年里，会出现一个更巩固的地理信息系统软件市场，导致软件成本进一步降低，因为其余的销售商将会从更大的销售量中获益。

出于所有实用目的，挑选余地可能会减少到已开发出来的几个软件包。它们已经作为人口普查机构认可的标准，能够对人口普查绘图项目中的大型而复杂的数据库进行处理。这些软件能够提供足够的用户支持，并且具备完成普查项目所有任务的功能。

如果数据需要频繁交换或数据产品的成本由几个机构分担，与其他政府机构的兼容性则成为一个重要标准。另外，当主要的地理信息系统单位使用功能强大的软件程序，而主要承担常规任务的地域性单位或是小组使用比较简单和便宜的软件时，分级的方法可能更为合适。

高端软件的销售商常常要求或者鼓励人们签订维护合同，因此要把这笔费用包括在运营预算之内。此类服务一般价格很高，但要保证持续稳定运行，这样的服务十分重要。

样板开发

开始一个普查地图绘制项目之前，最好在国内的一小块地区先行建立一个样板或小规模试验项目。尽管这样做要多花费一些时间和资源，但其好处是可以早期发现方法上的问题。对于大型项目来说，必须要求未来的销售商提供基准信息，符合客户明确提出的现实应用。因此，人口普查办公室对系统进行评估时，他们应该确定这套系统是否能够通过全面反映地图绘制的复杂性的实际数据集，完成所有的展示和基准。一般来说，使用销售商自己打包的数据集都可以成功地进行展示。但是，安装了普查地图绘制系统后，这些展示不一定能反映实际运作情况。

硬件/软件系统的设置/定制

既然地理信息系统的开发需要投入很多的时间和人力，一般建议最好使用分布式方法。这种方法可以得到网络系统的大力支持，因为在网络系统中，无论通过局域网（一种连接诸如国家人口普查办公室和地方普查部门的网络），还是通过标准的因特网连接，都可以十分容易地充分交换数据。

在大量的人口普查应用中，不一定需要定制处理。例如，无需建立地理信息系统软件包和一般数据库管理系统之间的接口，因为这个接口早已在使用。

人力资源安排

在机构中运用一项新技术可能需要补充新的人员。例如，可能需要聘请一位深谙数字化绘图技术或地理信息系统的人，让其率领一个部门，专门从事该领域的工作。同样，需要对人员进行培训或重新安排，以确保从旧的地图绘制系统向新的系统平稳过渡。

培训、技能开发和再培训

除了硬件、软件和数据转换所需的成本外，培训在地理信息系统的活动中是第四大项的支出。估计培训预算要占项目所需成本的 5%到 10%。培训成本高的主要原因是缺少熟练掌握所需要技术的候职者，许多地理信息系统软件包十分复杂，而统计部门中大部分人对地理和空间的分析知识了解有限。

估计将来这些问题困难会少一些。许多大学现在不仅在地理系，而且在计算机科学、自然资源、商业和统计学课程中教授地理信息系统。在大学和职业学校里设置标准核心课程（如，NCGIA，1998）有利于这项发展。随着视窗平台作为一代标准的出现，以及销售商日益重视越来越多的非专业化用户的需要，地理信息系统软件也变得越来越方便用户使用。例如，现在许多低成本的桌面地理信息系统可以展示遥感图像，可以通过屏幕把这些图像中的特征进行数字化处理。过去，这样的操作需要特殊的图像处理软件和遥感技术培训才能实现。

另外，不能低估培训需求，在软硬件市场迅速发展的情况下，人员的技术水平必须不断提高。培训人员时最好不要仅限于教授完成日常工作所需要的基本方法。要求人员学习更全面的概念，如空间数据的准确性和地理数据分析的可能性等。从长远观点看，这样做十分有益。一支信息更灵通、更富有闯劲和创造性的员工队伍才可以创造出更好的人口普查地理成果。

数据库设计，
数据模型和步
骤手册的开发

建立数据模型是详细说明数据库包含的特征、分布、关系以及它们在数据库内的表现形式的方法。建立数据模型涉及普查地理数据库的概念、逻辑和有形模型的研制。这项工作的结果包括一部综合数据字典，对有关部门建立的数据库内容加以界定。有时候，这种字典采用本国其他部门的成果或者对其进行改编。例如，如果已经拥有国家数字化地形数据库，就可以这样做。有些时候，这本字典不得不东拼西凑地编纂而成。这一过程需要哪些资源将取决于该数据库的综合程度。

对现有数据库模型加以集成也非常必要。建立这些数据库是为了处理表格式的普查信息。例如，如果要把以前的普查数据与地理信息系统数据库集成，这样做就很有必要。

除了数据字典以外，还需要步骤手册，用以说明研制和处理数字化空间数据时的必要步骤。为确保产品的一致性，这种手册十分重要。因为这些产品由不同的技术人员或单位生产，而他们可能分散在全国各地。这些手册还对重复出现的分析工作进行说明，例如使用什么方法才能使过去的普查数据与行政机关变更所造成的新边界保持一致等。

精确度的标准也必须作为整体数据库设计的组成部分加以说明。因为精确度经常不是普查地图绘制中的主要问题，实际上，在很多国家绘制普查地图时仍依赖于手绘的草图。所以，把通过这种方式完成的普查地图与其他非常精确的数据合在一起时，精确度就成为了一个难题。

过渡成本

如果在过渡时期必须同时使用新旧两个系统，就会多花费一些成本。一旦新系统发生问题，这种新旧结合的办法则可确保服务质量。在过渡时期，如果很多用户依赖于及时提供产品，把老系统用做备份不失为明智之举。

数据的获取和
购买

有些人口普查绘图工作所需的信息可以从商业渠道获得，或者从其他收取服务费的机构购买。对公路网、水文地质和平面进行说明的辅助地理数据对人口普查地理测绘十分有用，因为边界最好依照地面上的可识别地理特征进行划分。从外部销售商或是其他政府部门购买这些数据既省时有省钱，而且可以使数据产品与不同部门的数据保持一致。

另外，如以下 D 节所述，航摄技术和卫星图像可以用来支持人口普查地图的绘制完成。这些产品均可从外部销售商那里购得。如果需要航摄照片，可由私营公司经办。

数据的捕获与转换

早期的数据开发可能是地理信息系统项目中耗资最大的部分。这一部分加上从外部销售商购买数据的开支经常要占到整个项目预算的 60%至 70%。这笔资金远远大于软硬件方面的花费。

数据开发包括使用传统方法或新技术进行实地测绘，这部分内容将在以后讨论。而数据转换或数据自动化处理，则是对硬拷贝地图数字化地理得到信息系统数据图层的过程。完成这一过程有两个方法：利用数字化桌面手工描图，或者将所有地图扫描，通过光栅一向量转换得到适合地理信息系统输入的数据集。以上两种方法将在 D 节讨论。

检验、质量保障/质量控制

无论选择哪种数据转换方法，都是既占用劳力，又容易出现差错。因此，需要严格的检查步骤，核实最后数据的位置是否准确，是否符合逻辑。这也是上述过程不可或缺的部分。为确保产品输出质量，如交叉表和地理信息系统覆盖等，也必须制定类似步骤。如果具体目标要求具有高精确度，那么，在资源分配方面，资源数量应该相当于后期编辑、数据转换和质量控制阶段的预算，这样做绝非保守。

质量控制也与元数据的开发标准有关系。数字化数据的一个主要问题是，由于容易丢失，文件经常与实际数据脱离。为了避免缺少特定数据信息造成的精确不高和数据质量差等问题，必须建立严格的程序步骤。元数据应该包括相应于所有信息的数据，如源地图基准、日期、投影和比例、数字化数据集处理步骤、数据谱系以及精确度标准等。用于数字化空间数据的元数据格式已经由很多国家测绘部门开发成功，可以按照统计办公室的要求加以改编。

系统维护

系统维护包括软硬件升级，以及由于这些升级而必须进行的培训。每年的这部分支出一般约占初期投资的 10%，不过这个数字要随着项目的规模和范围而定。

任务后期审查

即使经过详细规划和小规模试验，经常还要在任务全面完成之后做进一步的改进。因此，对系统的内部和外部进行审查十分有用，以便发现缺点和提高效益。

然而，不能把提高机构内地理信息系统的性能作为一种线性过程看待，要把它作为一种不断改进操作规程的持续过程。因此，定期审查地理信息系统小组的工作应该是日常工作的一部分。

数据发布策略 的开发

虽然任何人都可以使用印刷的人口普查出版物，以及大部分数字化表格普查数据的用户均可使用电子表格或是类似的办公软件，但为了使用数字化人口统计地图而使用数字化制图程序或地理信息系统软件时，则可能不太方便。为了充分发挥这些数据的作用，人口普查办公室必须开发出一种办法，帮助用户使用这些软件。

在比较发达的国家，这不会是个大问题，因为那里的用户能够买到所需要的软件。在不太发达的国家，为了更广泛地使用数字化空间数据，有若干可供选择的方法。其中包括与软件销售商达成协议，降低购买价格，或者用政府资金对购买软件进行补贴，开发内部数据阅读器和无偿使用或放在公共域上使用诸如“立体地图”这样的软件（联合国，1997b；以及 Vu，1996）。

2. 收益

2.10. 根据 Worrall (1994) 的论述，我们可以区分效益收益和效率收益。效益收益表示过渡时期过后，相同数量的投入可以得到更多更好的产出，或者说，同样数量的产出只需要较少的投入。这种效益影响包括节约成本或是提高收益，其中大部分由人口普查组织自身实现。这种效益可以更快地绘制出地图，或是只需较少的资源即可达到目的。而效率指的是政策和项目方面的影响，得益于信息的改进。这种效率大部分由人口和住房普查统计数据的用户实现。例如，数字化人口地图可以与环境数据一起使用，从而使国家环境保护部门作出更合理的决策。下面将对这两

个问题进行讨论。

(a) 效益收益

2.11. 效益主要通过以下几方面实现：节约成本、削减成本和缩短产品的生产时间，提高产量。虽然这种收益可能要等完全进入地理信息系统之后才能实现，但是它们是可以量化的。不过，只要能生产出更高质量或全新的产品，效益也会自然而然产生了。例如，如果制作出一份数字化地图，其精确度更高于手工绘制的地图，虽然不节省时间，也不节省成本，但是整体效益仍然可以实现。以下将可以量化的“硬”收益和“软”收益进行综合探讨。

提高生产力 和节省时间

为建立数字化数据库进行初期投资之后，产品更新可以更快，而且同样数量的人员能生产出更多更好的产品。数字化数据还可以在国家统计局办公室内得到更广泛的应用，例如建立抽样框架，或与土地利用信息等其他数据层结合，得出新的统计指数。更新的地图可以马上付印，而不必艰难地通过手工绘制。这样也使得国家统计局办公室能够对数据用户的要求和需要作出更快的响应。

节省成本和 削减开支

由计算机操作员代替地图数据手工描图员可以减少人员的需求，从而节省费用。同样，数字化人口普查地图可以更方便地按照农业或经济普查，或根据特殊目的的抽样调查进行改编。

利用遥感进行数字化绘图比开支巨大的实地绘制便宜许多，在变化太快而难以获得最新地图的地区和难以到达的偏远地区尤其如此。同样，输出产品时，特别是小批量的特殊产品，使用数字化普查数据库比使用手工技术更能节省开支。

与纸张地图相比，数字化的地图数据可以使用更可靠的档案保存系统，因为可以在现场以外保存多个备份，既便宜又方便制作。保存这种备份的空间也小于收集大量纸张地图所需的空间。

使地图产品具有更高的可信性和权威性

除了获得生产力和节省一般成本外，数字化绘图技术还在其他几个方面为普查活动提供帮助。例如，数字化技术可以做到少量生产专业点查图。和手工绘制的草图相比，这些地图数量虽少，但对大量的临时普查员来说，却具有更大的权威性。

更好的服务

数字化数据可以大大加快标准普查产品的周期。例如，如果点查区地图已经用数字化技术绘制完毕，则可以立刻通过普查表上的数据绘制专题地图。

同样，特殊用途产品，如根据具体要求定制的地图以及对普查数据进行习惯性合并等，均可以立即生成。而手工操作则无法以很低的成本制作少量的特殊地图。通过数字技术，即使为普查机构客户制作所需的一两份地图，也能又快又便宜地实现。

更高的精确度

与手绘地图相比，数字化技术更能保证高精度，会生产出更好的产品，并且适合于更广泛的应用。有些数字化技术，如，正色摄影，具有极高的“内在”精确度。对于普查地图而言，绘图的精确度更高意味着在点查区域的确定上更准确无误。高精度会减少普查的差错，如由于不确切的边界描绘而造成的漏统计或是重复统计。

改善一致性

同样，数字化数据库可能为整个国家提供一个无缝数据库。这样的数据库将确保高度的一致性。数据库的这种一致性非常重要。例如，在普查单位发生变动的情况下就是如此。

在数字化数据库里更便于合并元数据。例如，根据数字化地理信息系统数据库操作的系统开发成功以后，在产生最终产品的同时，会产生数据谱系的详细说明和已经投入使用的地理信息系统程序的详细说明。反之，人们可以引进一种系统，一旦数据集发生变化或有新数据集需要补充到保存的档案中上，操作员就要向系统补充一个事先设计好的元数据形式。要强迫传统的手工系统执行这样的程序则十分困难。

一次完备的数字化普查地图绘制操作，还可以验证用于数据采集和产品输出的边界是否完全统一，因为两者根据的是同一个数字化主数据库。

创 收

因为数字化地图数据可以应用到更广泛的领域，因此这种产品在这个世界上很多国家都有市场。数据用户遍布私营单位，其中包括营销公司、银行、房地产公司、卫生保健机构、环境保护组织和教育机构。此类产品的合理价格更加扩大了目前已经十分广阔的应用，因此能够以更低的价格生产更多的产品。这种情况将有助于开发相关的地图绘制服务的二级市场。

相反，试图通过高昂的价格和严格控制版权的方法收回全部成本的做法把那些不依赖于这些产品和不靠此盈利的用户排斥在市场之外，结果是将数据使用者限制在少数有钱的商业数据用户范围内。希望得到最大收入的压力越来越大，而低价位

才能产生整体社会效益。不同国家的经验表明，这两者之间的矛盾至今尚未解决。

(b) 效率收益

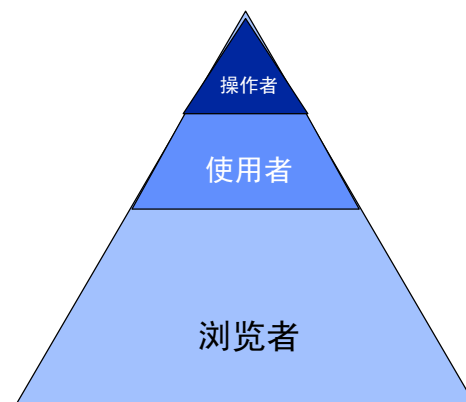
2.12. 效率收益反映在地理信息系统其他政府机构、学术组织、非盈利组织和私人机构工作中能够发挥作用的方面。用户的需求并非一成不变的。例如，Rajani (1996) 研究了地理信息系统销售商使用的两种市场分割模型。在第一个模型中，市场按照数据用户的复杂程度划分。“操作者”包括那些输入、维护和建立数字化空间数据、进行高级分析和模拟的用户，他们一般在高级计算机上使用高端地理信息系统软件。“使用者”属于中等类别。他们进行基本分析，例如将若干地图层合并成为一个交叉表格。最低类别的人是“浏览者”。他们将空间数据用于完成基本任务，例如绘制专题地图和对现有的数据库进行查询。据估计，“浏览者”的人数多于“使用者”，而“使用者”的人数又多于“操作者”，依此递增。另一种市场分割模型基于软件的成本和功能。从基本的消费者使用的地图到桌面地图绘制、桌面地理信息系统（可以创建数据和进行简单的分析）以及全功能的专业化地理信息系统。两种市场都在平稳发展。

2.13. 许多用户可能没有认识到普查数据的所有潜在功能。因为长期以来，人口普查信息基本上都可以从集中印刷的出版物中获得，所以，尽管详尽的数字化小地域统计数字可以使很多用户获益，他们却不清楚这些数据如何对他们的工作带来帮助。为了重点讲解如何使用这些数据，

人口普查办公室举办和委托举办高级研讨会和印刷有关出版物，由于这一举措有助于提高用户水平，因此间接地增加了人口普查的收益。《人口普查用户手册》(Openshaw, 1995) 对 1991 年大不列颠及北爱尔兰联合王国进行的人口普查进行介绍。该手册是此类出版物中的范本。

2.14. 以下是效率收益一览表，这些既是数据用户可以获得的收益，也是普查机构在某种程度上能够得到的收益。其中有些收益的量化是通过节省时间和资金，或提高生产率实现的（参见 Nordisk Kvantif, 1987 和 1990）。然而，大部分收益均是间接性收益。例如，对可视性或分析进行改进，并不一定能节省时间和资金，但是可以得到更佳视觉效果和理解，因此可以作出更好的决定。

图 II. 2. 地理信息系统市场分割
(根据 Rajani, 1996)



改进分析

人口普查办公室编辑出版统计数据的目的支持国家的规划和决策。专题地图是根据基于人口普查统计结果制作的，为广阔的公共政策应用提供了分析基础。地图、表格及统计图的结合可以用于更广泛的数据分析。这些数据分析使我们能够进一步看清，影响显示世界规划和政策问题的复杂情况及各种关系。

例如，儿童死亡率在某些点查区一直很高。这个事实可能说明，问题是由于某些环境问题造成的。另外，一些地区的生育率较高可能说明当地有希望多养育子女的趋势。这类信息可以用于修改高层计划生育规划。观察空间图形还有助于分析变化，对社会各种指数的监督十分重要，有利于更好地评估需求。总之，过去由于造价昂贵或无法实施等原因不能进行的分析，现在通过空间基准形式的统计信息和其他信息均可实现。

改进决策

改进后的分析又会有助于更好地进行决策。例如，统计得来的地理信息系统数据库对于选择医院、消防队以及学校等公共设施的地址，或者对不同计划的关键问题进行评估都十分有用。可以把辅助地理信息系统数据层和小区域统计数据一起用于确定减轻贫困的举措，以及缓解国家内部的经济不平衡。

地理信息系统与统计或仿真模型一同使用时，还可用于演示“一旦发生”的场面，帮助资源分配决策。例如，通过预测某一利益指数与若干可能受政策影响的说明变量之间的计量经济学关系，我们可以评估一系列不同政策（如人均教育经费的增加）对村庄和点查区所造成的影响。地理信息系统可以使我们将结果显现在空间视图中，确认什么地方受的影响最大。这种做法显然有利于把分解方法用于政策分析。我们不仅能看到全面的影响，而且能把目光对准最迫切需要地区的激烈反应。

改进数据共享

把数据转换成数字化形式必定会改善政府机构内部的协调，达到数据共享的目的（Batty, 1992）。数据共享也必定会加强与其他组织开发产品之间的一致性。为了解这些好处，政府内部的相关机构必须签订明确的合作协议。这些协议应该包括所有可能需要的成本账目、数据格式、精确度标准以及内容定义。

对外宣传

另一种不可低估的收益是，数据图像的显示一般比数字表格更有吸引力，更能激发人们的兴趣。地理信息系统取得成功的主要原因之一无疑是地图美丽外表的强大魅力。这还可以使统计办公室的工作容易被世人接受，有助于促进宣传和提高大家对人口普查好处的认识。

3. 关键的成功因素

2.15. 对于地理信息系统项目而言，除了可以量化显而易见的成本之外，尚有许多难以逾越的障碍，这些障碍可能导致项目失败或无法完全实现所有预定目标。最主要的问题在于，这些困难是由于缺乏规划、选择了不合适的软硬件以及组织方面出现差错所造成的。通过对地理信息系统实际项目进行调查可以发现，地理信息系统项目取得成功有一些共同特点。同样，缺少这些因素就导致项目失败。以下列出的是由 Johnson (1997) 改编和补充的各种关键性的成功因素。

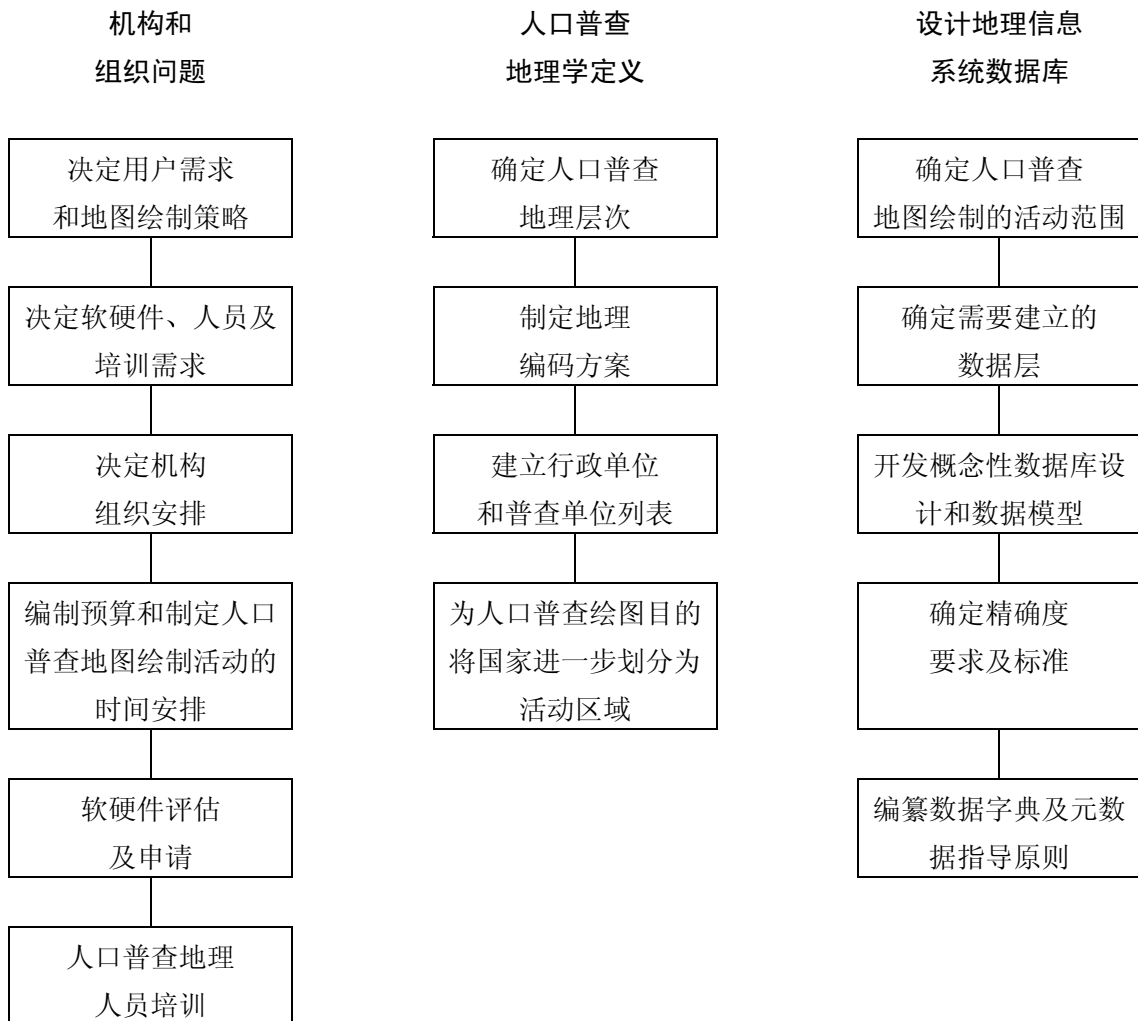
1. 组织内要有一个促进地理信息系统开发的关键人物。
2. 要得到高层次的管理支持。
3. 决定在地理信息系统方面投资，目的是满足需要和解决问题，而不是为了追求技术进步。
4. 详尽的策略、运作规划和管理规划要建立在成本和对努力的切实评估之上。
5. 为地理信息系统部门制定明确的总体目标和具体目标。
6. 为有关雇员和管理人员提供地理信息系统方面的培训。
7. 保持人员稳定，要能留住有技术专长的工作人员。
8. 不要把地理信息系统作为独立的补充手段，而要将其作为全部信息管理策略中的组成部分。
9. 进行全面的用户需求评估以及产品输出预验报告。
10. 与各有关方面建立合作。
11. 明确实施计划。
12. 制定长期资金计划，包括成本回收和数据定价策略。
13. 对维护成本和相关成本进行精确评估。
14. 明确操作规程，指导地理信息系统设施的使用。
15. 健全的质量检验/质量保障程序。
16. 根据明确的参数、要求和基准与卖方和承包商有效地打交道。
17. 与卖方、监理、合作方以及政府内外用户签订详尽的书面合同。
18. 完成小规模原型试验，对设备、软件和程序的适用性进行测试。
19. 经常制定阶段性工作，交付产品，鼓励按原定的时间要求完工。
20. 对外宣传和市场营销，包括公布成功经验。

C. 计划普查的绘图过程

1. 概述

2.16. 本部分对人口普查绘图项目预备阶段的组织工作进行讨论。这些工作包含的关键性设计问题，对数据库性质以及所支持的应用范围有决定性影响。能否对实际数据进行成功转换取决于合理的外部制度和计划周密的行动策略。此处的计划步骤分为人员配备、与其他机构合作、人口普查地理学的定义，以及地理信息系统数据库的设计等机构和组织上的问题。如图 II.3.所示，这些阶段在一定程度上需要同步进行，其中的许多方案取决于所选的数据转换策略。

图 II. 3. 计划普查绘图工作的阶段



2. 需要评估和确定地图绘制选择

(a) 用户需求评估

2.17. 人口普查绘图项目的第一步是进行详尽的需求评估，然后是普查地图绘制选择的可行性调查。普查地图绘制机构必须对用户期望值和切实可行的资源进行协调。

2.18. 普查规划过程要想取得成功，需要与普查信息的主要使用者进行广泛咨询。该规划过程应始终与为普查进行的咨询活动同时进行（见联合国，1998；第 1.73—1.76 段详尽地讨论了这些问题）。由于空间基准普查数据的需求增加，有关地图绘制产品的咨询将成为规划过程中的突出任务。因此，在普查规划过程中，应该把统计地图的使用单位包括在提供投入的咨询对象之内。

2.19. 根据联合国（1998），人口普查办公室在规划阶段必须向以下三种主要群体进行咨询：

a) 普查地图产品的使用者。这些用户主要来自政府其他部门、学术研究团体和私人组织。

b) 参与人口普查活动的人员和机构。为了获得有关资源和潜在困难的全部信息，人口普查绘图机构必须进行广泛调查，掌握有关国家人力、物力资源、可用设备、现有的数字化和模拟式地图产品，以及其他公共和私营实体正在进行或计划进行的地图绘制活动等情况。避免重复他人已经完成的工作是降低人口普查绘制的成本和及时把普查地图产品交付使用的关键。

c) 一般公众。尽管有计算机使用和因特网地图绘制的各种选择，个人用户也将成为重要的用户群体。例如，老百姓可能希望获得有关自己小区或准备迁入的小区的统计数据。随着当前技术的快速发展，人口普查办公室必须认真计划，以便对数据需求进行预测，这种数据需求过去没有，目前也不明显，但将来可能十分普遍。

(b) 确定产品输出

2.20. 用户的需要决定了必须在人口普查绘图周期内完成的产品范围。有关人口普查绘图机构所需完成的产品将在第三章详细讨论。这些产品可能包括以下内容：

- 一套数字化点查区地图。这些地图旨在实现所有产品的生产，交给各政府部门和公众使用；
- 为所有统计报告单位制作地理边界文件，为此，需要将普查指数列入表格；
- 列出所有统计和行政报告单位，包括城镇和村庄；
- 地理同义文件。这些文件将说明目前的报告单位与原来普查使用过的单位的关系，或者一组报告单位与另一组报告单位的关系；
- 制作所有主要城市地区的街道索引；
- 质心文件。这些文件给每一报告单位提供一个具有代表性的地理基准；
- 地名字典。地名字典为所有人口聚居地和家其他重要地理特征提供地理坐标。

2.21. 用户需要是设计人口普查绘图方案的最重要的决定因素。但是必须根据可用资源对这些需要加以考虑。其他因素也决定了如何选择地图绘制策略。其中包括：

- 现有的财力和人力资源；
- 现有的数字化和模拟式地图产品；
- 国内地图绘制机构与统计单位之间的协作程度；
- 统计单位与协作机构的技术能力；
- 技术应用与低技术劳力使用增加之间的平衡。前者可能需要从外国引进，从而增加对外国技术的依赖；后者则可能推进地方经济的有利发展；
- 国家的大小；

- 允许规划和实施人口普查绘图过程的时间范围。

(c) 地图绘制方法

2.22. 不同国家会在不同的现有信息、预算、技术水平和时间框架上开始进行它们的人口普查绘图工作。因此有很多方法能够达到为普查工作采集数据和建立全数字化地图数据库以及数据发布的目的。以下列出部分选择，按照复杂性程度排列：

- 根据现有的草图制作基本的数字化地图；
- 根据地理基准点查图制作，这种点查图可以同其他数字化地理数据库进行适当集成；
- 使用内含地理基准层的地图。这种地图可以显示诸如道路、河流和其他地理特征；这种地图可以通过扫描地图获得的简单图像获得，或设计成结构向量数据库；
- 使用数字化邮政地址登记簿，在这种登记簿里，地址通过自动或半自动手段与数字化道路数据库对应在一起；
- 利用精确定位的居住单位数字化数据库，该数据库在地理定位系统的支持下建立。

2.23. 以上列出的内容旨在达到说明目的。所有这些问题都将在本手册后面的章节进行详细讨论。一个国家的最佳人口普查绘图策略应该考虑到本国需要，根据资源量体裁衣。按部就班的方法不会切合实际。因此，本手册将针对可提供的技术与合理的选择范围进行讨论。人口普查办公室必须从这些选择中，挑选出最适合本国需要的技术和程序。

3. 确定数字化绘图方案时的组织机构问题

(a) 人员、责任及培训需求

2.24. 有推动力和训练有素的人是数字化人

口普查绘图项目取得成功的关键。无论地图是由手工绘制还是计算机绘制，人口普查绘图项目的总体目标是基本相同的。但是，使用计算机需要普查绘图人员掌握一系列新技术。因为产品虽然相似，却要用不同的技术完成（见 Broome 及他人，1995）。另外，数字化地理信息系统还可以用于许多其他目的。因此，人口普查办公室很可能需要满足人们对产品提出的额外要求并提供服务，但过去无法做到这些。因此，每个普查绘图人员必须掌握一定程度的计算机使用技能。

2.25. 在传统的手工人口普查绘图方法中，有很多专业知识可用于数字化绘图项目。数字化绘图方法不是完全取代已有的技能，而是增加计算机使用方面的专业技能。因此，只有很少的原有绘图技能和绘图人员要彻底废弃。但是，对原有人员的工作技能要求提高了。例如，接受过传统训练的绘图人员将不再需要使用诸如用钢笔或铅笔书写、画暗线和画草图的技能。经过计算机操作培训后，这些人员将能利用他们在地图设计和绘图中的优势，通过地理信息系统或桌面地图绘制软件绘制出设计完美的点查区地图或是专题地图。对某项专业人员进行计算机技能培训比对计算机专业人员进行应用领域培训相对容易一些。

2.26. 以下几段将细说明数字化人口普查绘图项目要求人员完成的任务轮廓。根据不同的普查阶段的要求，人口普查办公室的同一班工作人员可能需要承担以上任务中的若干几项。

2.27. 规划。在项目的初期阶段，应该组建一个小组制定数字化人口普查绘图的总体策略。这项工作要求小组成员接受地理、地理信息系统以及计算机应用方面的培训，并且具有人口普查绘图经验。除了人口普查办公室的人员外，这个小组还应包括国家测绘机构、其他有关政府部门以及数据使用者的代表，以及外聘顾问。规划过程还应有其他顾问的参与，他们来自已经开始使用数字化普查绘图技术的国家、国家统计机构以及国际组织，因为他们能够提出可以采纳的建议。

2.28. 项目领导。领导规划过程的人同时也是指导完成数字化人口普查绘图策略的人。他必须在地理、计算机科学或者相关领域内具有一定造诣，并且受过地理信息系统和数字化绘图方面的培训。应该具有普查绘图经验，最好是从国家以前进行的点查活动中取得的经验。管理经验或管理培训对于指导预算、人员管理和日程安排都十分必要。交际能力有助于加强与普查项目的其他部门及合作单位的协调。项目领导者必须紧跟地理信息系统的发展趋势，并且要在情况发生变化或者出现更好的方案时，随时对人口普查绘图策略进行修改。

2.29. 地理信息系统数据的转换。为准确完成地图信息向数字化数据库格式的转换工作，负责数据转换的专业人员必须接受与地理信息技术相关的培训，例如，通过关系型数据库管理系统进行数字化处理、扫描和编辑地理信息系统数据库以及归纳数据库的发展等。数据转换人员必须确定出数字化数据库开发和指导技术人员的最佳方法。

2.30. 绘图设计。绘图人员将负责设计所有的地图产品，包括点查区地图、监督式地图以及反映普查结果的专题地图。他们必须懂得地图设计和地图表现方法，必须接受地理信息系统和数字化绘图方面的培训。受过传统训练的绘图人员具备所需要的大部分技能，但是在计算机操作方面必须接受足够的培训。

2.31. 现场工作。随着数字化地图生产技术的使用，对人口普查绘图现场工作的要求也发生了改变。因为全球定位系统已经成为现场数据采集的主要工具，现场工作人员不但必须学会在工作中使用这些系统，可能还要学会通过笔记本电脑在现场下载和显示这些数据。既然无需掌握地理学或调查方面的背景知识，现场工作人员就必须接受正确使用新型工具的培训。

2.32. 地图的数字化处理。数字化处理是一项重复性的工作。没有经过地理或是相关领域专业培训的人也能够比较快地掌握这些技能。但

是，数字化处理要求高度注意细节，要对数字化地理数据库有清楚的了解。优秀的数字化处理人员还应该接受有关质量控制/质量保障方法的培训。

2.33. 系统管理。能否按时完成数字化人口普查绘图工作取决于能否使计算机设备正常工作。系统管理人员要负责维护计算机的软硬件系统，以便达到用最少的时间确保普查绘图人员和数据安全的目的（如数据备份）。系统管理人员不直接参与人口普查绘图活动，尽管如此，他们却是绘图部门的重要成员，因为，几乎各方面的工作都要依赖计算机系统的正常运转。在某些情况下，人口普查办公室地理部门的计算机系统管理工作可由机构内的通用计算机支持人员承担。

2.34. 特殊要求。根据采取的人口普查绘图策略，人口普查绘图组织也许还需要更多的专家参与。例如，如果普查地图的升级工作非常需要利用遥感产品，那么人员中就应该包括训练有素的数字化图像分析专家。可能需要的其他专家包括：大容量地图扫描系统操作员，或熟悉数据库管理软件系统以及计算机编程的人员。这些技能在开发属性数据库和定制软件系统方面十分有用。

2.35. 各种层次的培训。在长期或临时参加人口普查绘图工作方面，很多国家都可能缺少训练有素的地理信息系统专家。因此，人口普查办公室必须对培训方案进行评估，确保已有人员和新手具备成功完成项目所需的适当知识。一般地说，经过培训后，那些具有一定计算机知识和受过传统地理技能培训的人不难适应数字化技术的要求。为不同目的需要进行的培训包括：

- 为人口普查办公室的全体人员，包括来自其他部门的人员，举行短期讲习班，提高他们对人口普查数字化绘图工作的了解。这有助于数字化绘图工作更好地融入人口普查的全过程。广泛发布信息的另一好处是，能够更有效地利用其他人口普查部门制作的地图产

品。此类讲习班可以由领导者或普查绘图部门的专家主办。

- 对诸如数字化处理或编辑这样的重复性工作的培训可以举办短期不脱产培训班，顺便进行岗位培训。新手完成的产品应该接受严格审查，以便确定人员是否需要进一步指导或培训，是否有必要调整到其他岗位。
- 参与人口普查绘图工作的核心地理专业人员应该接受更多的有关地理信息系统和数字化绘图技术方面的培训。因为培训费用很高，所以只能将长期工作的人员送到国内外大学、开发商和其他组织举办的学习班学习。受过此类培训的人应该在信息传播和培训其他员工方面发挥作用。大量的人员培训可以通过分级“培训教师”的方法开展，这种方法尤其适合于分散式人口普查绘图工作。
- 专业技能的应用，例如数据化图像处理和先进的计算机数据库的应用，通常需要一定的专业技术水平或同等的实际经验。如果雇用不到合适的人员，人口普查办公室应该在地图绘制项目开始之前派一个人到大学接受培训。现在，世界各地有若干所大学和培训中心专门开办了一年至两年的、有关地理信息系统和遥感及相关技术的学位课程。

(b) 机构间的合作

i. 确保与其他政府部门兼容

2.36. 在很多国家，几个政府机构都创建了数字化地理数据库。国家地图绘制机构越来越多地在整个地图绘制过程中使用全数字化技术。但是，其他政府部门，其中包括运输、医疗、环境和水资源单位，也使用地理信息系统处理他们收集的数据或者用于分析计划。另外，私营部门和私人公司，如在公用事业、通信和矿山部门，也认识到数字化地理模式为他们的信息处理带来的各种好处。

2.37. 政府机构内外的众多用户需要使用这些基本地理数据库。其中许多用户需要同时访问几个数据库，或者利用一个标准地理数据层作为其收集自己空间数据的模板。许多地图绘制和数据收集活动在这些标准数据层的基础上展开，这些数据层被称之为框架数据（FGDC，1997a；和 Rhind，1997）。例如在美国，构成国家空间框架结构的核心数据层有如下几个：

- 大地测量控制——一种精确确定地理控制点的系统，起到为国家所有地图绘制活动提供基准的作用；经常将其称之为基准；
- 正映象——航摄照片或高空定点卫星图像，经过处理后具有如地形图一样的几何精确度；
- 正摄图；
- 运输——用于运送人和货物的基础设施；
- 水文地理——地表水文特征；这些特征可以是自然形成的，如河流和湖泊，也可以是人工形成的，如运河；
- 政府单位；
- 地籍信息——正式登记注册的地产权利和利益。

2.38. 还可以把其他基本数据层列入以上的清单中，如土壤类型、蔬菜种植区以及计划信息等。与人口普查办公室打交道的大都是政府单位，因为点查区需要与国家行政区划的边界保持一致。但诸如运输和水文地理这些数据层对人口普查绘图也很重要，因为道路与河流为点查区形成了天然轮廓。反之，点查区边界和人口普查信息对于其他政府和私人机构来说也是重要的数据源。例如，卫生部门进行分析时需要有关风险人口的详细信息；交通部门制定计划时需要有关公共运输需求方面的信息；公共与私营公用设施需要了解在哪里增加供电、供水和通信服务能力。

2.39. 国家空间数据基础设施包括以基本地理基准为标准的地理信息系统数据库。这一概念

说明人口普查绘图活动包括两层意思：

- 人口普查办公室应该负责给国家空间数据基础设施提供一致的数据集报告单位。这些单位必须与行政区划一致，并能与之沟通社会经济信息及有关信息。为了确保这些普查地图能与其他数据资源集成，人口普查绘图机构必须坚持使用现有的国家地理数据标准。
- 为确保与其他数据兼容和促进普查地图的完善，人口普查绘图单位应该与其他与地图绘制工作有关的政府部门密切合作。除了确保采用一致标准和定义外，由于能避免重复性工作，合作还有利于降低成本。

ii. 标准

2.40. 为使数据用户之间能够更好地进行数据交换，显然有必要协调地理数据库的开发工作。为此，有些国家成立了国家地理数据委员会。该委员会将负责空间数据的开发。另外，有些跨国组织积极确定地理数据标准，如欧洲地理信息保护组织、亚洲和太平洋地区地理信息系统基础设施常设委员会、欧洲委员会和国际标准化组织（见开放地理信息系统联合会，1996；Heine, 1997；Moellering 和 Hogan 1997；以及 Rhind 1997）。

2.41. 然而，众多的参与者使定义和标准产生了混乱。因此，一个单独机构在选择地理特征定义、数据格式、元数据和软件平台方面，很难确定出最适合的指导方针。这些问题将在以下的第 iv 部分进行更详细的讨论。

iii. 合作

2.42. 在绘制数字化人口普查地图的过程中，普查单位可以选择与其他政府机构合作，或与私人机构合作。两种选择在不同的国家都曾取得过成功。在政府机构中，首先需要接触的是国家地图绘制部门。但其他机构也可能愿意提供资源或愿意分担建立高质量普查数据库的费用。在私人机构中，软硬件开发商可以在人口普查绘图

过程中给予技术支持，既可以与人口普查办公室签约，也可以签订成本分担协议书。私人公司的投资将通过出售空间基准普查数据资料得到补偿。但必须注意，与其他机构的合作只是一种愿望，而非硬性规定。既然人口普查绘图机构必须在限定时间内为人口普查部门提供底图，因此必须避免完全依赖外部的地图信息供应者。

2.43. 任何合作或协作必须建立在共同意愿以及内容明确的协议基础之上。合作协议或谅解备忘录应该明确规定以下内容：

- 合作形式。是建立松散的合作关系，还是要将各项安排严格地确定下来？制定一份更加正规的协议需要花费较多的时间，但可避免以后在数据产品的开发和使用权利及责任方面出现异议。因此，普查机构与合作单位之间应当制定一份正式和具有法律效力的谅解备忘录，其中要包括所有与合作关系有关的问题。在与私人数据或服务提供商打交道时，必须订立这种具有正式契约性质的协议书。
- 合作范围。合作协议书可以只包括使用另一个机构的数据，但偶然也会涉及一个大规模综合空间数据库的开发工作。
- 责任。由谁负责哪些任务，发挥哪些作用？需要讨论的问题包括数据库开发、维护、访问、项目指导以及资源利用。
- 收益。显然，项目安排必须有益于各个合作方，除非某一个机构完全是为另一个机构提供服务。为了合理分配任务和责任，需要明确指出各合作方将如何从项目安排中受益。
- 资源需求。资源包括人力资源、计算条件、材料以及通信。管理和项目指导所需要的资源也必须考虑在内。
- 费用分担。任何与合作有关的直接和间接费用都应合理分担。账面上不一定能做到一览无遗，因为贡献能以现金、数据、劳

力、设备使用或其他方式存在。

- 成本回收。如果最终产品销售获得收入，应该共同分享。收益的分配应考虑管理和数据销售成本。同时涉及明确产品的使用权和版权。
- 矛盾的解决。在完成项目的过程中，如果发生分歧，事前需要有矛盾解决方案。

iv. 双重策略

2.44. 协作不仅仅局限于在一个国家机构之

间分享产品和服务的范围内。有些人口普查机构也与其他国家的人口普查机构建立了合作机制。资源、技术使用以及统计系统水平相当的国家可以建立这种双向合作。至于目前使用不同的人口普查绘图技术的国家，以上资源也可以作为技术援助策略使用。根据可用资源的情况，合作协议可以包括定期访问和举办研讨会，以此交流观点、开展合作研究项目，甚至共同获取或分享各种资源，例如无需长期使用的设备或特殊技能等资源。

框注 II. 1.: 澳大利亚地图绘制机构之间的跨部门协作

2.45. 在利用数字化地理数据的问题上，甚至当利用范围超出了普查机构的需要时，各政府机构之间的协作能产生积极的效果。澳大利亚在这方面提供了优良的典范。在澳大利亚 1996 年进行的人口普查过程中，国家地图绘制机构无法提供全面的国家数字化底图，因为该机构没有授权绘制城市地区的大比例地图。因此，澳大利亚统计局利用各州、地区和联邦政府地图绘制单位组成的联合体所提供的信息，使国家数字化基础地图的工作得以完成。这个联合体，即**地图绘制机构公共部**，正在为 2001 年的人口普查修改数字化底图。该底图还被广泛誉为澳大利亚地图绘制领域近年来最积极的开发成果之一。

资料来源：Frank Blanchfield，个人通信，澳大利亚统计局；Rhind，1997，第 13 章。

(c) 人口普查绘图应用所需的设备和软件

2.46. 必须在整个人口普查绘图项目的各方面工作全部进行规划之后才能选择合适的计算机设备。计算机软硬件技术的发展极为迅速，市场上不断出现新的和升级换代产品。因此，采购工作不应该过早进行，以防设备和软件到使用时已经过时。大部分人口普查绘图所需要的设备也适用于其他计算机应用，所以，为普查绘图而准备的计算机、监视器和打印机在普查后期的数据输入和处理阶段均可以使用。

2.47. 另外一些硬件，如扫描仪、数字转化器和大版面的绘图仪是地理信息系统和其他应用的专用设备。人口普查绘图应用的两个主要特点是制作材料的数量非常大，另外，建立和完成地图数据库的时间要求很严，因为整个普查活动都依赖于这些产品。所以，采购设备和软件时，普查机构必须确切地了解所选购的产品是否支持大量应用，并且要在类似应用中表现出高度的可靠性和可依赖性。最好还能具备便于使用和维修的特点，因为参与地图绘制工作的人大部分是使用计算机的新手。下面几段对计算机设备的构成进行讨论。

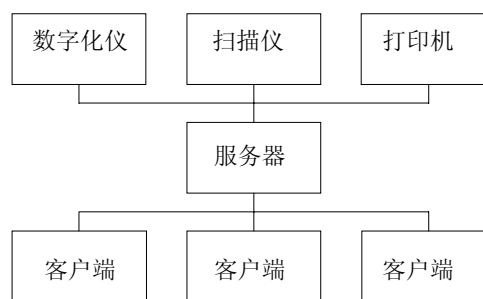
i. 计算机和网络

2.48. 近年来，有这样一种趋势，即使用 Unix 系统的高端地理信息系统工作站向通过个人计算机运行地图绘制软件方向转变。几年前，复杂而对硬件要求很高的地理信息系统必须在高级的工作站上运行，但现在可以在标准个人计算机成品机上操作。这样不仅大大地降低了地理信息系统的配置成本，也使地理信息系统更容易操作，软件可以在熟悉的视窗环境界面上运行。尽管基于 Unix 的地理信息系统在高端应用方面仍很流行，用于大型个人计算机工作站网络的服务器也在广泛使用，但标准个人计算机已经能够满足大部分地理信息系统应用的需要。

2.49. 为便于数据交换和外围设备（打印机、大版面的绘图仪、扫描仪等）共享，计算机

必须与局域网联网。通过对等网，计算机可以相互访问对方的本地文件。标准操作系统支持联网和文件共享。更高级的网络模式是客户端—服务器结构（见图 II.4.）。在这种结构中，一台高性能计算机作为文件和软件的存储中心以及外围设备的连接器。例如，打印机可以通过服务器与其他计算机连接。有了这种重要文件和软件存储中心，维护变得十分容易，例如软件升级和备份。客户端计算机采用标准个人计算机，可能配备一个高性能处理器和很大的本地文件存储空间。标准的软件包，如商务软件包，可以安装到每台本地个人计算机上。

图 II. 4. 客户端服务器模式



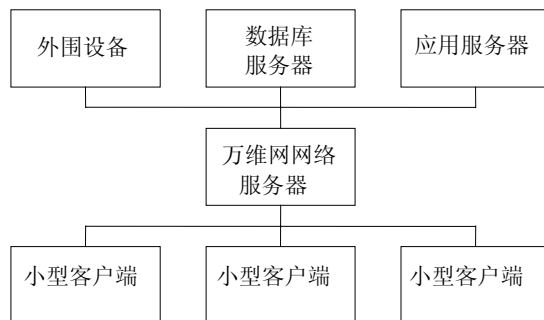
2.50. 客户端服务器模式使人口普查绘图单位可以设计出不同类型的计算环境。老式或比较便宜的计算机可以作为数字化处理工作站使用。这些工作站不需要更大的处理能力。地理信息系统数据库的开发和分析则需要速度比较快的计算机。为用于输出产品，可以对某些机器进行优化，以便快速打印。当然，不同的计算环境具有各种好处并可节省成本，但与此同时，在把不同类型的计算机联成网络时，维护和技术支持工作会变得更加复杂。

ii. 目前计算机联网的发展趋势

2.51. 在未来的一段时间内，目前客户端—服务器网络模式仍可以满足大部分普查机构的计算需要。但这种模式已经过了其鼎盛时期。因特网和局域网技术可以提供独立于平台的标准化网

络环境。将来网络服务器可能被万维网的网络服务器取代。万维网络服务器可以保存文件和软件，既能对本地数据流量，也能对外部通信进行管理。万维网的网络服务器对于任何数量的所谓小客户端或网络计算机都可以作为数据库和应用服务器使用（见图 II.5）。它们是简单的计算机工作站，只具备有限的处理能力和存储空间。用户只需从服务器上下载所需的软件（例如一个数字化模块或一个绘图设计程序），同时下载数据库中所需要的内容。尽管可以全面运行、具有输入、操作和输出功能的万维网地理信息系统尚未开发成功，但截至到笔者撰写本文时，这种网络计算模式的组件已经可以得到。

图 II.5. 网络计算模式



2.52. 因特网联结在很多普查机构已经出现。有些普查机构将因特网用做中心机构与分散于全国各地的地方机构之间主要的交际方式和交流数据机制。在分散的人口普查绘图项目中，很多数据采集和基础地图绘制由地方上完成。这种情况下，因特网也可以提供各种手段交流数字化地图和其他相关数据，还有报告、指导方针和文件。

2.53. 网络计算的下一步发展是“普遍计算”，在这一步骤中，万维网不仅支持缩小成个人计算机的小型客户端，而且还支持其他类型的设备。智能移动电话、数字化机顶盒、联网汽车、个人数字化辅助装置和笔记本电脑都将能够利用标准的因特网协议与万维网网络服务器联接。现在推测这一技术能对人口普查地图的绘制

产生什么影响还为时过早。但是有理由相信，将来人口普查的点查工作将使用个人数字化辅助装置采集数据。它将利用内置的全球定位系统自动收集家庭的地理坐标。通过无线数据传递技术，把这些数据立即送到人口普查办公室的中心万维网，并同时进行数据采集活动的监测。尽管完成这个程序的技术目前已经成熟，但将其用于普查所需的大规模数据采集上，其成本远远超出一般可用资源。

2.54. 计算机网络技术在不断提高。因此，人口普查绘图项目的计算环境规划必须仔细对计算机网络的当前技术水平进行研究。当然，必须在总体上兼顾普查活动的其他部分，以便在普查活动的各个阶段能够充分利用投资。

iii. 存储装置

2.55. 地理信息系统的应用特征常常以巨大的数据量为代表。数字化地图可以包括成千上万，乃至上百万个坐标。由此得出的产物，如测绘文件和数据表格也需要大量的存储空间。因此，系统设计者应该预先计算出足够的存储空间，包括计算机内的硬盘驱动器和外部的存储装置。硬盘驱动器的容量在不断增加，而价格持续下跌。硬盘虽然可以在本地存储大量数据，它不能移动，扩容也受到限制。外部存储装置包括以下几种：

- 磁带机仍然广泛用于备份。磁带机的价格不高，而且存储量很大。现代磁带驱动器使用小型磁带，可以保存数兆字节的数据。磁带机的缺点是数据访问速度慢。
- CD-ROM（只读光盘存储器）是常用于发送软件和数据的手段。大部分个人计算机现在均装有光盘驱动器。外置光驱的价格也不高，而且易于与计算机连接。光盘刻录机的价格也在大幅度降低，最近几年性能将变得更可靠。一次性写入的盘片价格不高，即可用来方便地发送小量的特制数据包，也可为外部大量复制制作母盘。一

张只读光盘大约可以存储 630 兆字节的数据。

- DVD 将来很可能作为主要的数据和软件发送手段而取代 CD-ROM，因为它的容量更大（几吉字节）。已经出现了价格不贵的 DVD 刻录机，只是目前仍无法完全确定哪种可擦写式 DVD 标准将被普遍接受。可擦写式 DVD 的容量在 5 吉字节以上。再过几年，DVD 驱动器会像普通光驱一样普遍。
- 在数据交换方面，大容量磁盘作为灵活的存储装置可能会取代 3.5 英寸磁盘。现在使用的磁盘比 3.5 英寸软盘大不了多少，但是可以存储 100 兆至 1 吉的字节。

iv. 输入装置

2.56. 人口普查绘图项目涉及大量的数据转换工作。来自很多地方的测绘和属性信息在同一种地理信息系统数据库里被编译和转换成数字化形式。因此，数据输入装置在人口普查绘图机构是计算环境的关键组成部分。以下列出各种输入装置，只附以简单说明。详细讨论见 D 节。

- 键盘。很少通过手工操作键盘录入坐标。然而，有时候根据地名字典或是类似资源，通过从键盘上敲入坐标可能比根据一张地图的点位置进行数字化处理的速度更快。
- 鼠标。使用扫描出的地图或是卫星照片作为背景，把特征数字化地呈现在屏幕上，这时地理用户界面上的标准击点装置就成为了一个坐标输入装置。
- 数字化仪。把表格数字化的工作就是从印制在纸上或是描绘在诸如聚脂薄膜这样的稳定材料上的地图进行高质量数据转换。数字化表格的大小很不一样，数字化的区域越大，材料上能够转换的地图就越大。即使数据转换项目主要依赖于扫描技术，

一个数字化版对于某些特殊应用也很有用。大部分地理信息系统或桌面地图绘制软件包都包括供标准数字化表格使用的软件驱动程序。

- 扫描仪。大版面扫描仪可以大大地缩短数据转换所需要的时间和降低成本。地理特征的抽取，要么通过扫描的地图，要么通过屏幕数字化处理，要么通过自动化光栅向量转换软件实现。对于高质量的应用，常常先把复杂地图中的相似地理特征在另外的纸张或聚酯薄膜上描绘下来，然后再进行扫描。有些地理信息系统软件包含光栅向量转换程序，但是对于大规模应用来说，最好使用专门的软件包。

v. 输出装置

2.57. 计算机地图绘制属于地理方面的应用，所以高质量的输出装置对于数字化地图的使用展示数据编译和分析结果至关重要。大屏幕高分辨率的监视器比较昂贵，但却能够极大地方便数字化地图工作的进行。地理工作站必须购买 17 英寸以上的大屏幕监视器，但是非地理方面的工作，如数据输入和处理等，小一些的屏幕也够用。一个好的显示卡和专用显卡内存可以大大提高绘制速度。

2.58. 使用打印机和绘图仪可以实现硬拷贝的输出。地图绘制项目既需要宽幅绘图仪也需要小版面绘图仪。前者用于打印供质量监督的试验图纸，后者用于大量打印点查地图。在宽幅绘图仪中，彩色喷墨绘图仪作为地理信息系统应用标准取代了笔式绘图仪。对于使用窄幅绘图仪的场合，黑白激光打印机又快又可靠。虽然使用窄幅喷墨彩色打印机的价格不高，但没有打印大批量地图的能力。此外，墨盒也很昂贵，反而使打印单价变得更高。与价格高昂的激光打印机相比，喷墨打印机的总体成本更高。打印机和绘图仪将在第三章详细讨论。

vi. 系统安全与维修:

不间断电源和备份策略

2.59. 安全的计算环境要求有可靠的电源。

供电不足会导致数据丢失、计算机崩溃、系统损坏以及由于停电而造成的生产率方面的损失。供电方面的问题可以不同形式出现:

- 供电中断 (灯光转暗或停电), 例如, 由于发电装置不可靠、配电设施不完备、闪电或大雨造成的供电完全终止;
- 浪涌电压 (尖峰、瞬态或脉冲), 短暂的过压现象;
- 通常由于发电能力不够而引起的电压降低 (灯光变暗或欠压);
- 电压过高 (过压), 与浪涌电压相比, 这种情况下会在更长一段时间内使电压高于正常电压。

2.60. 在电源不可靠的地区, 不间断电源 (UPS) 是计算机安装的不可缺少的部件。这些系统可在过压和欠压时进行调节, 并在万一出现停电的情况下, 给您提供足够的供电时间, 让您能够安全关机。不间断电源对任何装置都很有用, 但是在供电经常发生问题的国家里, 不间断电源必须满足高于通常要求的条件。如果经常停电, 不间断电源里的蓄电池就要更频繁地放电和充电。如果供电中断持续一个相当长的时间, 那么系统就要更多地进行放电, 而且在下一次供电中断之前通常不能把电完全充满。因此不间断电源的后备供电时间和在不间断电源内部的蓄电池的预期寿命会急剧缩短。基于这些原因, 在停电频繁的环境里运行的不间断电源, 其质量应更好, 而且必须比那些供电稳定地方的不间断电源系统要更能经得起频繁的维修。

2.61. 所需的不间断电源大小可根据与之连接的系统的电源要求来确定。计算机设备的电压 (V) 和电流 (安培 (A)) 在机器上注明, 并在用户手册中说明。不间断电源的能力是以伏安 (VA) 来测量的。所要求的伏安数是把每一台

设备的伏特数和安培数的乘积加在一起计算出来的。例如, 一台小型的 120 伏、2 安的计算机, 带一台 120 伏、1 安的显示器就需要 360 伏安或更大一点的不间断电源。该不间断电源至少可提供 8 分钟的备用电源。如果要求提供更长时间的备用供电。则需选择更大一点的不间断电源。

2.62. 计算机设备需要可以长期进行可靠操作的受控环境。除了提供可靠的电源外, 还应使其免受大幅度温度波动的影响, 例如极热或极冷。理想状况是, 计算机应在带有空调且无灰尘的环境下操作。对那些用于人口普查数据输入和处理的计算机来说, 也有同样的要求。

2.63. 从可操作性的角度看, 在数据开发和维修的整个过程中都必须考虑综合的备份策略。现有的廉价备份系统可以为网络上提供的数据进行备份。进行备份要花很多时间, 所以最好在夜间进行。通常来讲, 每天都要增加一个备份, 但只是对那些当天新做的或更改过的文件进行备份。整个一个星期的备份是为一个完整的文件系统而进行的。如果有原始媒介可用, 备份不一定非要做成软件文件和数据系统。然而, 应定期备份保存定制信息的软件参数文件。因此, 在现场以外的安全地点每周或每月保存备份是个好办法。这样, 可以避免由于火灾或其他灾难毁坏计算机和就地保存的备件而造成全部数据的丢失。

2.64. 最后一个与系统安全有关的事项是, 未经授权而访问人口普查机构制作的文件。他们自己绘制的地图通常不是什么敏感性资料。然而, 人口普查的微观数据应符合避免泄露有关个人或住户资料的隐私规定。人口普查机构与因特网的连接为数据与外部信息之间的交换和访问提供了便利, 系统内的错误同样也可以使外面的人访问系统内部的文件。因此, 网络系统的设计应当确保内部计算环境的安全, 例如, 通过使用防火墙, 只允许外部对一个独立系统进行访问, 在这个系统中可以包括综合地图和为广义分布目的而公布的数据表。

vii. 软件

2.65. 地理信息系统的应用增长也导致了地理信息系统领域和桌面绘图软件的快速发展。该领域由少数几个市场巨头控制，并由众多公司进行扩充和提供更加具体的应用软件。各种软件包可大致分为高端和低端系统。高端系统包括的软件有数百种之多，既可用于向量数据又可用于光栅数据，是遥控传感产品的集成，支持调查和其他专业应用，事实上还有为定制安装而准备的无数选择。由于这些系统具有用户界面不直观的特点，因此使用时需要进行一定培训。直到不久以前，这些软件包还只在 Unix 操作系统下的强大的工作站上运行。现在，大部分这类软件包已经用于 Windows NT 操作系统，并且还将用于即将出现的 Windows 2000 系统。

2.66. 低端系统包括所谓的桌面绘图软件包，侧重专题地图绘图学和使用上的便利，通常与预先包装的普通数据集一起出售。某些桌面绘图软件可通过补充件实现定制，这些补充件是通过软件专用的宏语言或以 Visual Basic 语言编写而成的。商品化地理信息系统和桌面绘图软件包的功能和适用性如此强大，以致使不久前在大型绘图项目中还普遍使用的绘图软件的内部开发几乎全部绝迹。

2.67. 人口普查测绘工作首先需要进行数据转换和数据库的开发。这些基本功能无需使用高端地理信息系统软件。因此，仅使用相对便宜的用于数据输出（数字化和编辑）和绘图输出的软件即可满足人口普查地图测绘程序的大多数需求。但是，对于更加高级的应用而言，例如空间分析或复杂的拓扑结构建筑，使用一个或几个更高级的地理信息系统软件十分有用。选择一整套适用于大型绘图系统的软件包，需要对所要完成的任务有清醒的认识，并且知道每一步需要多少操作人员。

2.68. 在选择软件时要回答以下几个问题：

- 该软件可以提供人口普查地图测绘项目所需的所有功能吗？

- 该软件可以处理在人口普查项目（向量地理信息系统、光栅地理信息系统、航摄照片、卫星图像以及文本数据）中用到的各种类型的数据吗？
- 该软件可以为人口普查办公室使用的数据库管理软件提供一种界面吗？
- 需要进行昂贵的定制处理吗？
- 该软件可以支持机构已有的硬件吗？
- 它能从/向组织内或合作机构所用的其他软件包导入/导出数据吗？
- 它可以支持在该国进行测绘时所涉及的其他机构的现有标准吗？
- 供货商是否有良好的维修和用户支持政策？当地有没有具有相关知识的厂家代表？
- 供货商是否可为现场使用许可提供有利条件，允许办公室同时在几台机器上运行该软件吗？
- 是否可提供培训材料，或是否供货商可在当地举办培训班？
- 如果在项目进行期间或随后阶段由于要求发生变化，软件是否很容易适应这些变化或进行扩展？今后是否有可能以最小的成本，为满足数据转换、定制设计功能以及界面的需要，将其结合到一个更强大的系统内？

2.69. 地理信息系统软件市场的变化非常迅速，并且很难预测其甚至是在今后几年内的发展情况。不过，市场成长的同时也意味着可以获得许多有关软件和硬件趋势的信息来源。

2.70. 最近在地理信息系统软件开发方面的一个趋势是，向通用关系型数据库管理系统（RDBMS）内的地理数据类型综合方向发展。如今，许多地理信息系统软件使用系统专用的地理数据格式，但采用通用数据库管理软件的格式保存属性信息。方案之一是，用数据库手段保存

空间性质的图形说明，如作为点查区或特殊数据类型（广域、抽象数据类型或二进制大型目标）的途径。这项技术由关系型数据库管理系统（RDBMS）供货商和地理信息系统软件公司合作共同提供，在保存大型地理数据库和为现有列表人口普查数据库加入空间份量方面具有很大潜力。

viii. 长期观点的重要性

2.71. 与以前的人口普查结果兼容十分重要，同样，在进行点查规划时我们最好能考虑到将来的人口普查活动。尤其是当人口普查机构没有永久性的测绘单位时，必须着重强调文件、元数据和归档的重要性。为下一次人口普查聘用的新人员必须能够重新整理原有的点查活动结果，以便充分利用现有的数字测绘材料。

2.72. 同样，在进行硬件和软件的选择时，人口普查机构应试图使所有系统尽可能保持开放。常常会发生这样的情况，进行下一次人口普查时，某一过时技术会使一个组织陷入困境。这时，转换到新的平台就会非常昂贵。当然，在这一多变的领域内，要预测出十年或更长时间以后将会发生什么变化并非一件容易的事。尽管如此，还是有一些普遍规律可寻，确保人口普查地图测绘工作的连续性：

- 和那些刚刚起步的公司或是小公司相比，当今的市场领导者更有可能进入未来发展。这些公司在提供数据格式方面所具有的向下兼容性有很强的吸引力，用户很容易将其融合到自己的新型系统内。
- 人口普查办公室应尽量使用能被许多系统导入的数据格式。如果使用了合适的数据格式，建议在人口普查过程结束时，将所有数据导出为通用和广泛使用的数据格式。
- 一般来说，我们不主张创建内部软件。过去，由于经常无法以合理的价格购买合适的软件，因此人口普查机构经常开发自己

的人口普查地图测绘系统。尤其是对数据传播而言，由于缺少价廉和易于使用的软件，因此也限制了人口普查数据的广泛发布。然而，从长远来看，维护内部开发的系统变得十分昂贵，而人口普查机构通常也没有足够的资源追赶飞速变化的计算机业。现在，私营公司可以合理的价格提供各类的绘图软件包。某些适合于人口普查数据发布的绘图软件甚至可以免费得到。

(d) 人口普查地图测绘活动的分散化

2.73. 在一个相对较小的国家里，人口普查测绘工作可由国家人口普查机构办公室内的测绘单位集中进行。对于较大的国家而言则正好相反，分散化测绘的做法十分有利。分散化测绘的基本结构应该以国家和地区人口普查办公室为实际点查和其他统计数据收集工作而设置的系统为基础。

2.74. 分散化测绘工作有几个优点。本地人员更熟悉和更了解地理、行政机构和他们所在地区最近发生的变化。地方办公室更容易保持与当地政府部门之间的连续性工作关系。尤其是绘图时遇到问题而必须回到现场时，本地人员如果能在就地开展测绘工作，即可节省资源。最后的一项主要优点是，在重要的新技术方面培养出本地专家，这是一项通常有利于地区的好事，即使在人口普查工作结束后，人口普查地图测绘人员调任其他工作时也是如此。

2.75. 分散化测绘工作也有一些潜在的缺点。人口普查地图测绘工作的培训和监督可能需要在几个相隔很远的地区之间协调。尽管在人口普查工作开始之前可以对主要人员进行集中培训，但是监督工作必须在各地区办公室的整个人口普查过程中实施。采用分散方法还需要对地区和中央办公室各自的任务明确分工。材料和产品的流通必须认真监督，以确保全国的一致性。最后，数字化测绘的基本设施必须在国内几处地方重复建设，这对于相对比较便宜的设备，例如计算机和数字化工作台来说不是什么重要问题。但

有些功能需要专用的和昂贵的设备，或者需要高度专业化的人员，因此要集中起来使用。例如，利用价格昂贵的大型扫描仪对地图进行扫描，或对遥感和航摄照片进行解读。

表 II.1. 中央与地方人口普查地图测绘办公室之间的可能分工

中央地理办公室	地区或地方办公室
<ul style="list-style-type: none"> • 总体协调和培训，包括机构间的合作 • 专业功能（例如，大型扫描，遥感） • 全面的数据综合 • 质量保证 • 点查区地图测绘 	<ul style="list-style-type: none"> • 现场工作 • 基本数字数据开发（数字化，编辑） • 与当地政府部门联络 • 具体质量控制任务 • 点查区地图测绘

(e) 人口普查地图测绘工作的时间要求

2.76. 在数字测绘项目中，规划步骤的关键部分是详细确定每一项需要完成的任务，并估计出完成每一部分项目所需的时间。不论是通过数字化手段还是手工绘制地图，需要完成的任务和测绘工作的时间要求都非常相似。因此，美国人口普查局（1978）制定的详细说明和时间线可作为数字化测绘项目计划的最佳起点。与手工绘图技术相比，数字绘图所需的时间取决于许多条件以及所做的选择。下列因素决定了数字人口普查地图测绘工作的时间要求：

- 国家的面积和人口，国内所有地区的交通是否便利；
- 需要进行多少现场工作；
- 用于雇用和培训员工、购买设备和获得外部服务的现有资源状况；

- 是否可以得到各种资源资料，如地形图、全国的卫星图像、以前人口普查时留下的高质量草图等；
- 是否可从合作机构那里得到所需的数字化数据，其格式应容易被人口普查机构采纳；
- 所选择的数据转换技术和现有底图的类型（例如，如果可以对地形图进行分色扫描而不是全色扫描，即可节省大量时间）。

2.77. 由于各国的情况不尽相同，所以这里不对每一步骤所需的时间提出建议。表 II.2 给出的是需要完成的任务列表。该表根据美国人口普查局（1978）的要求演变而来，目的是反映数字绘图的策略要求。原始表格还包括各项具体任务的完成顺序和期限方面的建议。

2.78. 如果选择了数字化绘图策略，表格中所列的某些任务所需的时间将大大缩短。例如，打印该国某一新的或非标准地区的地图时，一旦数字化数据库建立完毕，则无需重新绘制或是手工粘贴硬拷贝地图。然而，在最初的人口普查图数据库开发阶段不可能节省太多的时间，因为把纸张上绘制的地图转换为数字化地图需要花费大量时间。只有在以后的工作和进行人口普查的点查工作时才会节省时间。因此，和传统的方法相比，数字化人口普查地图测绘工作更倾向于把工作放在前期进行。即，前期建立数据库时投入最大的精力，而后期（如输出和修改过程）的精力投入则相对较少。

2.79. 在制定人口普查地图测绘任务的计划时还要进一步考虑如何应避免风险的问题。由于后续工作依赖于前期工作的结果，因此必须为人口普查地图测绘项目中的每一项关键任务制定出不可预见计划。制定计划的人应当提出一系列的“如果……怎么办？”的设想，以确定后备方案，避免关键工作无法按时完成。

表 11.2. 数字人口普查地图测绘项目的各项任务

计划、管理和培训

1. 确定绘图程序的范围。
2. 确定绘图的需求和参数。
3. 区分统计区域。
4. 准备地理编码方案。
5. 为工作编制详细的日程表。
6. 设计控制步骤。
7. 对所需人员、培训、硬件和软件进行估计。
8. 编制预算。
9. 雇用和培训辅助人员。
10. 订购所需材料、硬件和软件。
11. 安装和测试所有的新设备。
12. 为使用点查地图编制说明书和培训材料。
13. 为使用点查地图培训本地人员。
14. 在人口普查和后点查调查（PES）后收回的点查地图并将其归档。

底图的绘制

15. 列出地图所需的地区并进行编码。
16. 编制并保存现有资源材料清单。
17. 制定编译地图所需的地区优先名单。
18. 编制并核实地图编译软件包。
19. 数字化数据的转换（数字化处理、扫描、编辑、全球定位系统衍生实测原图集成）。
20. 审查核实数字化底图——打印用于质量控制的大号地图。

绘制点查区地图

21. 在数字化底图上画出点查区和片内主要地区（CLA）的轮廓图并且为其编码。
22. 检查并核实轮廓图和编码。
23. 打印出点查区，CLA 和区域办公室地图以供点查。
24. 检查并核实人口普查点查地图。
25. 画出后点查调查的抽样轮廓图。

26. 打印出后点查调查地图。
27. 绘制后点查调查点查地图。

现场工作

28. 与当地政府官员和其他机构联系，以便在区域清单中加入地名。
29. 获得资源材料——可用的数字化地图、纸张式地图、卫星图像、航摄照片、简图。
30. 更新地图信息（边界、名称、地势方位等）。
31. 快速计算人口普查点查区轮廓图的区域单位。
32. 把后点查调查抽样地区分成若干部分，并对抽样进行快速计算。

点查地图的发放

33. 发放点查人口普查地图。
34. 发放后点查调查分区地图和快速计算。
35. 发放后点查调查点查地图。

准备出版的地图和曲线图

36. 使用桌面绘图和桌面出版软件设计地图和曲线图。
37. 检查并核实人口普查地图和曲线图。
38. 以硬拷贝的形式印刷出版、以光盘形式发行，或在万维网上发布人口普查地图和地图。
39. 设计和实施地理人口普查数据库的传播计划。

资料来源：摘自《美国人口普查局手册（1978）》，正表 2—4。

(f) 过程控制

2.80. 项目负责人可以通过工作日程对项目进展进行监督，并决定是否能够按照预先确定的目标日期出产品。必须严格根据时间表开展工作，因为每个人口普查地图测绘和点查阶段在很大程度上依赖前期完成的产品。

2.81. 为了在绘图过程中的任何时候确定每项任务的状态，必须建立一个过程控制系统。过

程控制对数据集、资料和产品的方位和状态进行持续跟踪。通过这一手段确保产品及时完成，让项目经理对过程中的任何延误和瓶颈作出反应，或对过程进行必要调整。如果某项工作发生明显延误，必须加倍努力，因为绘图过程的后续步骤取决于前面的工作结果。同样，人口普查准备工作的其他各项任务取决于绘图部分，因此在时间上必须与全体人口普查计划人员很好地协调。

2.82. 绘图在监督方面同样有用。例如，每周和每月的任务完成情况报表可以包括每一重要步骤（现场工作、绘图自动化、点查区轮廓等）的概况图，其中，该国进行人口普查的地区，按照各自的状态以深浅不同的颜色表示。或者，人口普查地区也可根据完成百分比着色。这个例子说明了地理信息系统作为管理工具的应用。

2.83. 过程控制还具有重要的文件功能。如果某一输出的数字化地图上出现明显问题，过程控制表格会提供（可能是数字化的）“文件记载”，以便人口普查人员对其跟踪和更正。

2.84. 一般来说，从数据转换和地图制作的第一步直到最后一步，过程控制将以伴随每一个输出产品的表格为基础。美国人口普查局（1978）非常详尽地说明了过程控制的目的、设计和应用。控制表格对所有处理步骤进行跟踪：材料或产品送到哪里，交给了谁、谁完成哪项任务、任务何时开始和何时结束，以及跟踪数据来源和其他相关信息。

2.85. 当然，在计算机化的环境里，过程控制可以实现自动化。有各种商业性项目管理软件可以选择，并可利用其满足人口普查地图测绘项目的需求。自动化的主要的优点是，高度一致、控制严格、确保数据安全和便于使用，在任何特定时间均可对信息进行查询和归纳。以下是自动化过程控制的几种可行方案：

- 用包括所有形式在内的中央数据库作为数据输入界面。它可作为一种独立应用，在标准数据库管理系统使用，或者用于有密码保护的因特网网站或局域网网站，以便外部办公室进行访问。
- 独立的文件，它们与数字化数据产品一同保存，并且基本上已经成为与元数据说明（参见以下（d）节）中的数字化地图一同保存的信息中的一部分。
- 混合系统，其中有些控制性材料是以纸张形式存在的，但主数据库是数字化数据库。纯数字化系统的缺点是，它可能把发送给地方行政管理人员审查的硬拷贝式产品（例如用纸张印刷的地形图、航摄图或地图）与过程控制文件分隔开来。尽管节省纸张是不错的主意，但混合方法，即有些纸制表格与某些物理材料一起使用，也许更为可取。表格中的信息可以定期输入的中央系统中，以便同其他过程控制信息集成。

4. 国家人口普查地理学的定义

(a) 行政结构

2.86. 人口普查规划最早作出的决定之一与人口普查数据需要汇报的行政区域有关。人口普查的准备工作包括，制定一份国内所有行政管理机构和统计报告单位的名录，以及明确各种行政管理机构和报告单位之间的关系。每个国家都有其具体的行政结构，即，国家和行政管理单位的下级机构（最低一级除外）被进一步分为更低一级的机构，例如，出于人口普查的目的，一个国家可能将城市区分为七个等级，将农村分为六个等级：

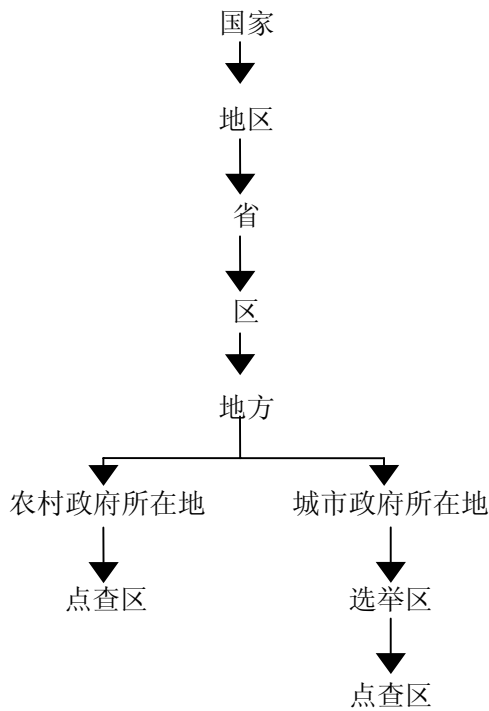
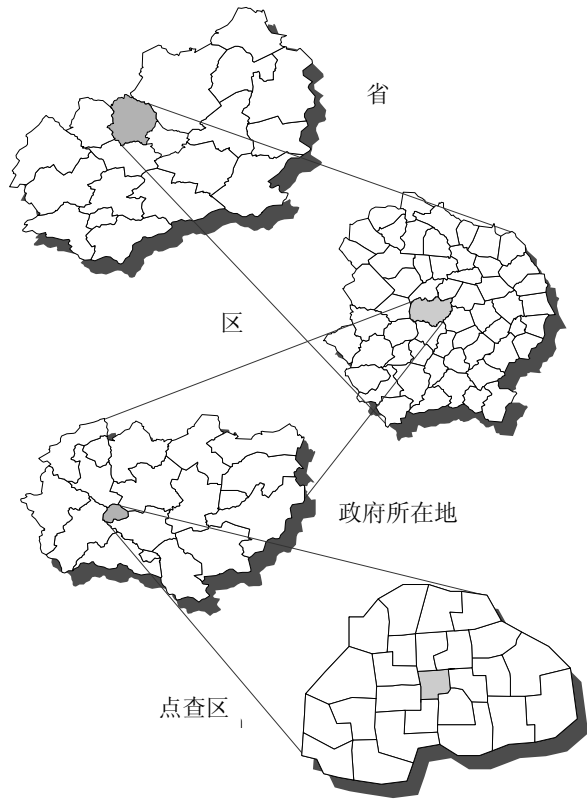


图 II.6. 嵌套式行政结构图示



(b) 行政管理与其他统计汇报或管理单位之间的关系

2.87. 在这些等级中，只有一些具有实际行政管理功能，例如，省、区政府其所在地一级可以有省会或首府，并拥有管辖那些地区的地方政府办公室。图 II.6 用一个仅有四个等级的简单实例说明了行政管理和人口普查单位相互嵌套的关系。然而，在某些实例中，行政管理单位可能无法完全嵌套在一起。当把行政管理单位和其他人口普查汇报单位同时考虑时尤其如此，人口普查办公室可能需要与一个非常复杂的地理区域系统打交道。

2.88. 并非所有的级别都同等重要。例如，许多国家将领土划分成一些主要区域，这通常是从地理的角度界定的，例如北 - 南 - 南 - 西 - 东，或是山区 - 平原 - 沿海。这些区域通常不具有任何行政管理功能，但仍被用来进行人口普查资料汇报。

2.89. 除了行政单位之外，许多国家还有不少用于不同目的的其他区域，需要为其编制人口普查数据。例如：

- 健康区；
- 劳动力市场区；
- 选举区；
- 邮政区；
- 文化区或部落区；
- 城市聚集区或大都市区；
- 农业或经济人口普查单位；

- 土地命名或地籍单位；
- 公用事业区（水或电供应区）。

2.90. 它们中的许多区域无法完全套入该国的行政管理体系。在设计点查区时，人口普查地图测绘机构应当尽量考虑到这些汇报单位，以简化这些区域的人口普查数据制表工作。应在人口普查规划阶段进行用户需求分析时制定出指导原则，根据这些原则决定那些非行政管理区应该得到最多考虑。一般来说，为了指导点查区的设计，人口普查地图测绘机构应当把所有类型的区域按必须兼容、尽量兼容和不可能兼容三种类型进行划分，并分别加以考虑。

2.91. 对于国家的某些汇报或管理区来说，数字化边界数据可能已经由各负责单位完成。例如，一些已经开始进行土地改革计划的国家正在利用地理信息系统进行土地命名数据库（地籍资料）的管理，并且许多国家的邮政组织正在使用地理信息系统的邮政编码数据库简化邮件投递方式。那些拥有数字化数据库的单位可以对人口普查地理数据库的开发提供支持。如果能获得很高的兼容性，还会给其他区的人口普查带来很多额外好处，例如，水的需求量和选举结果可以很容易地与人口统计和社会统计结果结合在一起。

2.92. 在统计办公室里，其他人口普查操作也需要对数据收集单位进行界定。更为重要的是，许多国家定期对农业和经济状况进行人口普查。许多分析应用从人口普查信息与农业或经济数据的结合中获益。地理单位之间达成的用于编译这些数据类型的高层次协议大大地增加了它们在公共和非政府领域中的应用。

(c) 绘制点查区轮廓图

2.93. 有关点查区轮廓图的绘制已在《美国人口普查局手册》中的人口普查地图测绘部分（美国人口普查局，1978年，主要是第二和七章）进行了详细讨论。不论是手工还是使用数字绘图技术，与点查区定义有关的概念和指导思想均十分相似。因此，这里仅对主要的几个有关问

题进行简要说明。

2.94. 点查区的设计应考虑以下标准：

- 点查区之间应当相互排斥（互不重叠）并且做到详尽彻底（覆盖整个国家）；
- 地面上应当有易于分辨的界限标志；
- 应当解决政府部门和其他数据使用者的需要；
- 应当与行政管理体系相一致；
- 还应能够用于其他类型的人口普查和数据收集活动；
- 应当紧凑，无真空或脱节现象；
- 应与人口规模大致相等；
- 应当小巧玲珑，在人口普查期间，让点查人员容易使用；
- 应当小巧灵活，便于各个不同统计汇报单位制表汇总；
- 应当可靠，足以保证数据的隐私性。

2.95. 在这些标准中，有些是为了方便人口普查数据的收集，而其他标准则与点查区输出产品的用途有关，即数据收集和制表系统之间的关系。应当切记的是，人口普查的目的是为了给行政人士、政策制定者以及人口普查数据的其他使用者提供有用的数据。因此，和点查的便利性相比，在输出最好的产品方面，应首先考虑获得最大的灵活性和适用性。

2.96. 点查区的大小可以通过两种方法确定：以面积或以人口确定。对人口普查地图测绘而言，人口的数量是一条更为重要准则，但是表面积和交通是否便利也应当加以考虑，以确保点查人员在给定的时间内能够完成点查区的工作。选择人口的数量因国家的不同而不同，要根据预先测定的结果决定。城市和农村的平均人口规模也不一样，因为城市和乡镇的点查工作要快于农村。和平均值相比，点查区的大小取决于具体情况。从最实用的目的出发，点查区的人口数量应

当从一、二百至四、五百之间。

2.97. 在划定点查区边界之前，应该估计一下该地区的人口居住数量和地理分布情况。除非能从最近的调查和户籍系统或其他资料来源得到资料，否则应该通过清点住户、确定家庭有关数量和乘以平均住户数量的办法确定人口数量。可以通过测绘现场的工作，或在某些情况下，如后面一节谈到的通过航摄照片的方法，确定住户数量。

2.98. 点查区的地面边界必须清晰可辨。所有的点查人员，即便他们没有经过多少地理方面的培训，也应当能够在他们所管辖的地区找到这些边界。因此，为了绘制出明确的轮廓图，各点查区的人口数量会有所不同。可以用于这一目的的自然特征有道路、铁路、小溪和河流、湖泊、篱笆或任何其他可作为边界线明显的特征。边缘比较平缓的特征，如灌木丛、森林或山脊一类的等高线则不很理想。在一些情况下，有些点查区的边界线在地面上看起来不是很明显，并且无法避免。在这种情况下，一定要在点查区的地图上加上确切的文字说明和适当的注释。这方面的例子是支线和延长线。例如，某条点查区分界线沿某条明确规定的支线与某条道路平行。或是某段点查区边界线可能定为从某条可以明显看到的道路延长到另一个明显的特征，如河流或铁路。

2.99. 很多国家会遇到与点查区轮廓图有关的具体问题。例如，某些村庄划归某行政管理单位管辖，却没有明确画出村庄范围的实际边界。而且，有些特殊人口，如暂住人口、盲流或军事人员，都需要参考地理因素决定。例如，海军通常以他们自己的港口作为所在地。这些情况在修订后的“人口和住房情况人口普查原则及介绍”（联合国，1998）中均有详细的讨论。

(d) 绘制管理（人口普查小组领导）区轮廓图

2.100. 点查区的轮廓图绘制完毕后，下面的工作一般就是设计管理地图。管理区通常由相邻

的 8 至 12 个性质相同的点查区构成。划分在同一管理区内的点查区必须离得很近，旅途不需花费很长时间，并且大小基本上差不多。他们应被划入同一现场办公室的管辖范围，现场办公室通常是按照行政管理单位划分的。

2.101. 可以根据国家的大小设计辅助级的人口普查管理区。在较大的国家里，这些管理区通常与省一级或区一级的统计办公室相当。

(e) 与过去的人口普查结构保持一致

2.102. 人口普查提供的是有关一个国家的人口数量和素质剖面。人口普查最重要的用途之一是分析特定时期内的人口组成变化。这一变化分析通常在相当的级别上进行，例如，在国家一级或省一级上进行。然而，局部区域的变化同样重要，因为小区域的变化会影响地方规划决定。如果两次人口普查之间的点查单位可以相互兼容，地方一级的变化分析要简单得多。尽管通过人口普查或其他技术可以使不兼容地区的单位资料变得一致，但这种捷径可能会使后续分析出现错误。而且，大多数人口普查数据的使用者都缺少进行数据移植的技能和工具。改动两次人口普查之间的地理基本资料所引发的问题，其严重性不亚于改动人口普查问卷上的问题。

2.103. 在考虑人口普查的地理因素时，人口普查办公室应当尽可能地保留上次人口普查所设定的边界。由于人口数量的增长，可能需要设定新的点查区。在这种情况下，从现有的点查区里划分新区总比改动边界要好。分析人员只要把新点查区的新的人口普查数据汇合在一起，使其与上次的点查资料保持一致就可以了。如果边界发生了变化，就需要通过更复杂的办法进行调整了。

2.104. 绘制点查区轮廓图有利于进行改变分析，办法之一是对兼容性或等效文件进行编译。这些文件列出了本次人口普查中每个点查区的代码以及上次点查时的相应代码。如果点查单位发生分开或合并，它们同样能显示在这些文件中。

(f) 编码方案

2.105. 每个点查区都应有属于自己的惟一代码。这个代码用于数据处理，对每个点查区的住户点查信息进行编译，供行政管理或供统计区出版进行资料汇总。这一数字代码还起到了连接汇总人口普查数据和保存在地理信息系统内的点查区边界数据库的作用。《美国人口普查局手册》（1978）（第 2、6 和 7 章）对地理编码问题进行了讨论。理想的编码方案应根据不同国家的具体情况决定，指定代码的规定务必清楚了，需要地理和数据处理人员共同制定。设计编码方案的最重要的原则是，与该国现行的其他编码方案上保持灵活性和直观性、并且相互兼容。统计办公室通常是该国编码方案的监督者，而且还要在设计人口普查地图测绘代码时发挥关键作用。

2.106. 分类编码方案通常可以使数字标识符一致而明确。按照这一方法，行政管理体系中每一级别的地理单位都有自己的数字代码——通常在数位之间都留有余地，以便将来插入该级新建区域的代码。例如，省一级单位可能会按照 5、10、15 的顺序依此类推地编码。较低一级的行政管理单位和点查区也采取类似方案。由于一个省所含的区多于一个国家所含的省的数目，因此低级的编码系统所用的数位也更多。每一个最低级（点查区）的惟一标识符又与其所属行政管理单位的标识符相连。

2.107. 例如，一个小国家可以使用下列的编码方案：

省	2 位数
区	3 位数
所在地	4 位数
点查区	4 位数

2.108. 点查区代码 12 035 0175 0023 的含义是：第 23 号点查区位于第 12 省第 35 区第 175 号所在区。这个惟一代码以一个很长的整数或 13 个字节的字符串变量的形式保存在数据库中。变量类型要与人口普查数据库和地理数据库

中的类型相同。作为整数变量保存的好处在于，在任何数据库管理系统或地理信息系统软件包中，通过标准数据库的查询命令都可以轻而易举地选择出记录的子集。例如，在数据库或数字地图上，在所在地代码 175 的范围内使用下列查询命令就会找到所有的点查区：

```
SELECT ID(选择识别代码) > 1203501750000
AND (和)
ID < 1203501760000
```

2.109. 另一方面，将代码作为字节变量保存可以改善代码的一致性。例如，通过先导零的使用。在这种情况下，代码更像是一个名字而不是一个连续的数字。

2.110. 如果行政管理单位和汇报单位不分等级，则要采用特殊的编码规定。无论在何种情况下，作为地理信息系统边界和人口普查数据表之间的链接手段，重要的是，该行政管理单位标识符在规定和使用上要完全一致。

5. 地理信息系统数据库的设计

(a) 绘图活动的范围

2.111. 一旦人口普查机构认为，使用数字绘图程序好处高于成本，接下来的步骤就是确定绘图的范围了。无疑，没任何适用于所有国家的通用办法。根据可用的时间和资源，某个国家可能会选择开发一个综合绘图程序，以便建立点查区边界的完整数据库，或用来为更大的加总单位（例如地区）绘制数字化地图，仅供人口普查地图测绘之后使用。以下篇幅讲述的是一套现成的选择方案。

i. 全面人口普查地图测绘程序（完整的点查区数据库）

2.112. 人口普查测绘工作的一个雄心勃勃的策略是，形成点查区完整的数字化数据库。形成的数据库将提供地理方面的参考资料，可以同其他的数字地图结合与合并，供需要详细的、可作

空间参考资料的人口数据的使用者使用。另一方面，在生成该数据库方面有几种选择。可以从上次人口普查时绘制的硬拷贝简图上得到数字化边界。下面的 D 节介绍了如何将纸制地图上的线段转换为数字化边界线。另外一个方法是从地形图上创建新的点查边界线，这种做法更容易与地理坐标保持一致，或者在现场工作时通过全球定

位系统采集限定查区的坐标。

2. 113. 无论选择哪种方法，开发完整的点查区数据库都是一项具有挑战性的任务。对大多数国家而言，这项工作可能需要好几年的时间，动用大量人员和计算机资源。尽管如此，对于任何一项人口普查项目来说，它都应当做一个长期的目标。

框注 II. 2. 墨西哥在人口普查绘图领域的经验

2. 114. 为了了解综合人口普查绘图项目所涉及的工作，墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所（INEGI）在 1990 年进行的人口普查绘制数字化地图方面取得的经验具有指导意义。^a 1987 年，墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所决定为 32 个州、2,403 个市及 24,131 个 AGEB（由 25 到 50 个街区组成的统计单位）和 905,576 个点查区制作数字地图。最后的数据库名称是“自动地理统计信息系统”（SAIG）。

2. 115. 边界数据的来源是各类标准绘图产品（线状图和地形图）以及数字正摄图和工作人员在普查单位驻各地区办事处进行的大量实地调查。整个过程历时约两年，123 名工作人员参加了这项工作。制作数字 AGEB 地图时的数字化处理、绘图及质量控制时间从项目开始时的 4.5 小时下降到最后阶段的 45 分钟。

2. 116. 墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所最初依赖标准软件 AUTOCAD。AUTOCAD 是一种计算机辅助设计（CAD）软件包，支持数字化和基本编辑以及全球定位系统综合软件包 Arc/Info。后来，墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所开发出内部绘图软件，并且用于数据发布（SCINE——咨询普查数据系统）。随后，这个系统被修改用于支持农业和经济情况普查。此外，刑事犯罪地图及伤残人数数据库等许多专用产品应运而生。墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所还提供咨询服务，介绍人口普查地理信息系统数据库在一些拉丁美洲国家的发展情况。

2. 117. 在促进墨西哥人口普查绘图项目获取成功的诸项因素中，以下因素引人注目。墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所体制上对该项目作出了坚定的承诺。这个资金充足的大型统计机构早已作出了在绘图领域运用新兴技术的决定，不仅用于人口普查绘图，而且用于其他绘图应用。因统计部门及绘图部门之间的关系密切，而产生了协同作用，双方均可从中得到好处：人口普查部门可从绘图部门获得技术和建议，绘图部门反过来可将社会经济信息整合到本部门的产品中。而且，墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所采取了一项长期人口普查绘图策略，特点是持续更新和完善数字数据库的方案。起初，对成千上万个多边形进行数字化处理并将其列入到人口普查表格数据中是一项十分繁重的工作，但这项工作完成后，长期维护所需的费用相对来说并不高，而且能够保证经常性的人口普查以及其他统计工作达到较高的质量。最后，采用空间基准方式的人口普查数据产品的推出在墨西哥私营公司、教育机构和研究人员中间形成了新型人口普查数据市场。

^a 本提要根据 Espejo（1996）及本人与墨西哥国家统计、地理和信息科学研究所工作人员联系后得到的信息撰写。

ii. 采用向量格式的基准信息

2. 118. 点查区边界本身无法完全满足普查要求。点查员使用的地图必须标明其他底图特征，以便他们找到分配给各自的普查地区并在普查单位内展开工作。主要地理特征包括小比例尺的街道网、铁路、河流及湖泊等水文特征；庙宇、学校、工厂或机场和居民点等重要地标；个别大比例尺建筑以及地形信息。其中的一些地理特征确定点查区的自然边界。例如，将点查区确定为按街道划定的城区，以便让点查员轻而易举地识别出分配给自己的普查单位。

2. 119. 在制作供点查员使用的地图时，以数字化方式标出哪些特征取决于可用的资源。有些信息可以从政府或其他机构获取，也可以从私营部门获取。否则，人口普查单位必须根据制作另一地理数据层所需的时间和人力资源，认真权衡采用数字形式获取其他信息的优点。

2. 120. 在概念数据库设计阶段，必须作出决策，说明如何在数据库中表述各种特征。例如，街道可做成数字化双划线，或仅做成中线。房屋可用反映其实际形状的多边形或标准化符号表示。

2. 121. 资源需求也取决于为地理特征收集的各种属性的数目和复杂程度。例如，某个城市的街道网络数据库可能仅由一组线集组成，而不具其他任何特征。存储街道名称、地面类型、巷道数目、每个街段的方向（单行或双行街道）或地址数目大幅增加了完成数据库所需的时间。但是，在这方面追加的投资也能够使数据集对普查及许多其他应用有更大的帮助。协调工作应分别视每种情况加以权衡。

iii. 采用扫描光栅式的基准信息

2. 122. 开发地理参考特征向量数据库耗费的时间过长，其替代方法是将现有地形图扫描到随后可印出点查区边界的地图上，并标出其地理

基准。这种方法的缺点是，新修道路等背景信息的改变无法被轻易列入。此外，没有记录可用以选择或用符号表示个别特征的背景特征属性信息。另一方面，地形图扫描的速度大幅提高，而且所需费用较数字化下降，地形图的绘图设计能够清晰地表述采用商业地理信息系统软件难以表述的密集地理信息。

iv. 仅记录点查员地区的矩心

2. 123. 计算机技术使普通用户能够利用详尽的大型点查区数据库只不过是近期的事情。在费用低廉的计算能力广泛应用之前，有些统计机构采用较为简单的方法以空间方式表述普查信息。每个点查区由一个代表点位，通常是一个矩心汇总，而不是将点查区表述为一个完整的多边形。举例来说，英国 1991 年进行的人口普查采用了以人口数量衡量的点查地区代表点（公布数据的最小区）（Openshaw, 1995）。在人口普查和调查局的普查地理设计期间，点位由人的肉眼确定。

2. 124. 这种方法的优点是简单，因为它采用了单点坐标表示点查区。其结果是文档小，显示迅捷。坐标可根据现有地图确定，或使用全球定位系统实地收集。普查数据可链接地理信息系统数据库的矩心，并显示为点状符号。缺点是点查区矩心数据库在人口普查期间对点查员来说没有用处，因此只是传统草图方法的附加部分。另外，尤其是在点查区面积差别很大的农村地区，单坐标没有提供充分的信息说明各区的实际范围。因此，采用点状符号的绘图显示可能会引起误解。

v. 仅在普查后绘图

2. 125. 在 1990 年进行的人口普查中，几乎没有哪个国家采用全数字化的人口普查绘图策略，而且只有在今后的各轮普查中，我们才能期望大多数国家在整个普查过程采用地理信息系统技术。不过，很多国家在普查后的各项活动中采

用数字化绘图方法展示 1990 年的普查数据收集结果，并且用于达到数据传播目的。对于那些在普查前的活动中没有采用地理信息系统的国家，普查后在各级（如区、郡和村政府）进行更多的绘图为熟悉技术，支持普查数据的展示以及为扩大统计信息的用户群提供了机会。

2. 126. 人口普查后的绘图对资源的需求远远低于整个点查区的绘图，一般来说，其原因是，必须实现数字化的行政单位仅有几百个。这项工作可在普查机构集中完成，然后，普查机构可将信息发布给地区规划和行政管理当局。

vi. 综合方法

2. 127. 鉴于制定一项完整的绘图方案所需要的时间，国家人口普查局不妨决定选用渐进方法完成数字人口普查绘图。例如，一个国家不妨决定仅在该国最大城市采用地理信息系统技术制作点查区的地图，但在其他地区可采用传统的手工技术。在未来的普查中，地理信息系统也将用于这些地区。

2. 128. 在有些情况下，在偏远地区采用数字航空摄影或卫星成像技术等新技术也许有所助益，因为无法绘制偏远地区的最新地图，在那里进行实地绘图也难以进行。随着城区的迅速扩大，遥感技术也能够让普查机构更新城市地图。因此，新技术有助于填补采用传统方法难以填补的空白。另一个综合方法是采用全球定位系统确定勾勒点查区轮廓的坐标，并且采用手工方法填加建筑物、道路以及有利于点查区定向的其他特征。

vii. 地理基准地址登记

2. 129. 有些国家除了使点查区或点查区边界实现数字化外还采取了其他步骤。它们没有制作小报告区的地图，而是开发数据库，数据库中的每幢建筑物的地址由适当的地理参考系统的坐标表示。一个例子是英国陆地测量部开发并已投入商业化应用的地址点系统（陆地测量部，1993），这个系统的地理准确度——尽管不必要

精确——达到了分米一级。创建地址点数据库的方法有两种。

2. 130. 第一种方法是收集全国每幢建筑物的坐标，收集方法是，要么数字化现有小比例尺地形图和城市地图，要么采用实地技术收集坐标。例如，加拿大统计局开始为 2001 年的人口普查工作进行试点试验，试验期间，点查员将采用全球定位系统收集全加拿大每栋房屋的坐标（Li, 1997 年）。收集到的地理基准寓所结构将是加拿大最为详尽的普查信息参考系统。这样，采用地理信息系统操作方法可将代表住户的点（可使用人口普查数据）汇总到任何令人满意的统计报告区。

2. 131. 如果创建了综合街道网络数据库和人口地址主文件，则可能采用第二种方法。街道网络数据库由街段或路段组成。街段是两个道路交叉口之间的一段街道，道路交叉口的定义是三条或三条以上的街段的交会处或街道名称改变的地点。在地理信息系统中，街道由代表街道中心的线条表示，道路交叉口由节点表示（见图 II.7）。内部地理属性表列出了每个线段的起始和终止节点。起始节点和终止节点按数字化线段方向确定。根据确定的方向，可以确定街段的哪一侧是左方，哪一侧是右方。

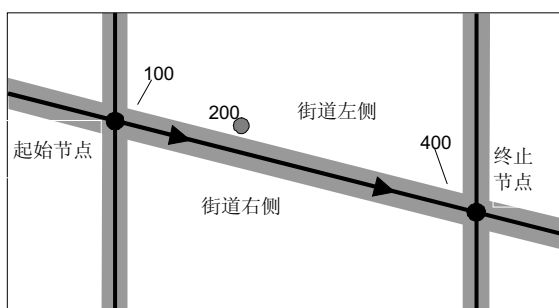
2. 132. 对于街道数据库的每个线段，必须记录街道两边的地址编号范围。因此，属性表内的每个街段至少要记录五个方面的内容：

- 街道名称；
- 街道右侧的第一个地址；
- 街道右侧的最后一个地址；
- 街道左侧的第一个地址；
- 街道左侧的最后一个地址。

2. 133. 在大多数拥有街道地址系统的国家，街道一边的编号是偶数，另一边的编号是奇数。根据这一信息，地理信息系统能够在称为地址匹配（有时也称做地理编码）程序的街道网络

中找到任何给定的地址。目录中的每个街道地址将得到评估，并与相应街段上的地点匹配。地点的选择依据是街段地址范围内的地址编号。例如，如果街道地址编号范围是 100—400，200 这一地址值将位于街段长度的三分之一处（图 II.7）。确定地址方位必须采用插值法。因此，这种方法不准确，但通常近似准确，足以达到大多数目的。

图 II. 7. : 地址匹配 (地理编码)



2. 134. 地址地理编码系统具有很多显著优点。由于每个街道地址及每栋房屋的方位是已知的，普查机构可采用空间方式将诸如邮政编码、保健区或行政单位等普查信息重新汇总到任何新的报告区。

2. 135. 不过，开发地理编码地址数据库需要巨额投资，远远高于代表报告区的数据库的投资。因此，通常只有那些其他部门，如邮政部门，也有兴趣建立这种数据库的国家，地理编码地址数据库才会建立。有些国家由私营部门创建商业化的、通常用于营销目的的街道地址数据库。

2. 136. 自动地址匹配需要综合街道数据库，并且附有说明地址范围的信息。如果地址编码没有按序排列，这种方法将无法奏效。在有些国家，房舍的编号依据是建筑日期，而不是沿街的顺序。因此，依赖街道地址插值的地址匹配是不当之举。在这种情况下，如果能够获得编制此类数据的资源的话，清楚地记录每栋房屋的方位

后创建出记录有每个生活区的地址和坐标的主地址文件是一项较为可取的策略。虽然地址地理编码在先进的环境中用处，但不可能被许多发展中国家的普查绘图工作所采用。

2. 137. 地理基准地址登记或住所数据库必须特别注意数据的保密性。由于每个住所均能够根据它的坐标进行识别，即使文本地址信息无法被人获取，普查机构也必须完全控制主数据库，并且必须以汇总后的匿名形式公布信息。

viii. 获取相关信息

2. 138. 普查绘图要求进行大量实地工作，这通常意味着普查绘图人员要走遍全国各地。这一数据收集过程为工作人员提供了难得的机会，使他们不必再费多大力气就能够收集到其他信息。一个有用的成果是编制出了全国各村落及其他居民点的坐标和名称目录大全。国家绘图机构负责编制此类目录索引，但其更新通常不定期，因此常常不合时宜。因此，普查机构可与绘图机构联手编制最新地名索引，同时采用传统的实地调查技术或全球定位系统核对所有坐标。

2. 139. 此外，如果在某种程度上更加努力，则可创建详尽的服务设施方位和特点目录。许多政府机构需要此类信息，以研究和规划人口共用医院、学校或政府机构等公用服务设施的机会。此类服务中心的地理方位数据库与空间基准普查数据结合，大大增加了分析和政策规划可以采用的选择方法。

(b) 执行选择

2. 140. 数字普查绘图项目的范围得以确定以后，必须作出有关执行指定策略的其他决策。

i. 地理基准和非地理基准

2. 141. 区别地理信息系统和计算机图形或计算机辅助设计系统的依据是，空间信息系统是否具有连续支持地理基准确定的能力。也就是说，每个地理实体，如行政单位、村落或机构的

方位由实际地理坐标确定。地理基准的确定允许来自某个稳定框架内不同渠道（如区和生态区）的空间地图数据集结合在一起，并且也能够让用户合并较大数据集的每个子集。例如，可以添加单独为若干省份创建的区边界来编制国家级数据集。

2. 142. 原则上说，确定点查员使用的地图的地理基准，对开展普查来说不是必须达到的目的。以前往往使用手工制作的草图，因为这种草图为每个点查员完成普查工作提供了充分的信息。一般不用这些草图制作覆盖面较大的地图，因此，绘制在单独地图上的相邻点查区的边界是否完全吻合并不重要。在这种情况下，每幅草图均以各自的相对坐标系为基准，测量单位按照原始尺寸缩小到厘米或英寸，并标在每幅地图的左下角。使用图形软件包制作草图有助于校正和更新，并且使多幅地图的复制变得更加容易。与地理信息系统软件相比，图形软件包的费用通常较为低廉，而且易于学习，对计算机的性能要求降低。

2. 143. 使用地理信息系统或桌面绘图软件包将增加普查图的制作成本。最为重要的是，确定地理基准时必须采用处理地理坐标的专门技术（见附录 II）。这就增加了培训需求以及完成普查绘图所需的时间。此外，并非所有桌面绘图软件包和极少数图形或计算机辅助设计系统都具有确定地理基准所需的功能。这些功能用来确定和改变地图的制图投影，以及消除手工草图的图像失真现象。

ii. 新地界与现有地界的转换

2. 144. 国家普查机构还必须决定是否依赖现有普查绘图产品，如上次普查使用的草图，或者是否要为点查区划定全新的地界。其实，在大多数情况下通常采用现有地图数据源和为更新及复核进行的实地调查相结合的办法。下文第 D 节讨论转换现有硬拷贝数据源的技术，以及现代实地调查技术。

iii. 内部开发及制图工作的外包

2. 145. 统计机构可采用几种方式降低或改变制定地理信息系统方案所需的费用。最为有效的方法是与国家的其他机构分担费用。拉丁美洲各国的统计机构通常以国家地理或绘图机构的名义设在同一大型机构内，这样的例子表明协同效应可以通过密切协作产生。统计机构可以因地理部门绘图和地理信息系统能力而受益，而绘图部门则可将空间基准普查信息融入本部门的绘图工作和产品。即使不存在这种体制化的关系，需要相同数据的各部门开展密切合作也大有裨益。例如，统计机构可与规划、教育或自然资源部门协调数据收集工作或数据的采购。这样做可以大幅度降低获得如遥感数据等的费用。

2. 146. 另外一种做法是将整个绘图过程交给另一个政府机构或私营部门的公司进行。举例来说，澳大利亚统计局在 1991 年的人口普查中与一家制作澳大利亚全国点查区数字地图的公司进行了合作。该公司与澳大利亚统计局签署的协议对数据的使用及进一步商业化起到了指导作用。

2. 147. 外包在体制合作方面引发了诸多问题，这一点在第 3 (b) 节讨论。外包对统计机构带来的优点是降低了培训和设备投资额，节省时间，并可立即得到大量地理信息系统的专门技术。其缺点是，制图过程失控以及无法开发内部专门技术，并且从长远来看，可能增加费用，原因是统计机构对外部供应商的依赖日益增大。在有些国家，可能难以找到有能力提供完成大型普查绘图项目必需的本国规模服务公司。实际上，内部工作和外部咨询服务相结合通常是最为适宜的方法。

iv. 避免风险的重要性

2. 148. 在选择适用的普查绘图方法时，还必须采取得当的风险管理策略。由于整个普查取决于能否及时完成点查区的绘图方案，在进行普查绘图时，必须制定出相当数量的备用方案。最

要谨慎的是，这项工作必须同时采用数字化和手工绘图方法。在完全有把握保证数字地图按时制作完成之前，可以采取这种双重策略。

2. 149. 将风险减小到最低程度的其他方法是首先在某个地区应用数字化绘图，然后再向其他地区推广这项方案（类似于推广试点），或者仅将数字化绘图方法限定在普查绘图过程的规定方面。例如，采用手工方式进行实地绘图，然后对草图进行数字化处理，而不是从一开始便依赖实地数字化绘图技术。虽然避免风险这一问题不应当妨碍创新性绘图技术的采用，但能够按时完成绘图工作的重要性对于选择实施策略来说是至关重要的因素。

(c) 地理信息系统数据库结构的定义

i. 关系型数据库

2. 150. 在讨论普查地理信息系统数据库的具体结构前，应首先回顾一下大多数地理信息系统软件包采用的关系型数据库的概念。关系型数据库模型用以存储、检索和处理列有坐标数据库地理特征的数据表，其依据是实体关系模型。

2. 151. 在涉及地理的语言环境内，实体可以是行政管理或普查单位，也可以是汇编各种特点的其他任何空间特征。例如，实体可以代表“点查区”的特征（见图 II.8）。某个区或国家的单个点查区即是这种实体的例子，并且将在实体表中用箭头表示。相反，实体类别指数据库表的结构：存储在表列内的实体的属性。对于某个点查区来说，实体类别可以是赋予点查区的独特标识符、地表面、人口、小组负责人区域的代码等。应当注意的是，实体类别仅指数据库表的一般定义，不是指为每种情况记录的实际值。实体类别方面的一种或多种属性（列）用做关键字或

标识符。其中的一个是主关键字，用做实体类别的独特标识符。对于某个点查区数据库而言，这个关键字是点查区的代码。

图 II. 8. 实体表实例一点查区

实体：点查区

类别（属性）

点查区代码	地区	人口	小组负责人区代码
723101	32.1	763	88
723102	28.4	593	88
723103	19.1	838	88
723201	34.6	832	88
723202	25.7	832	89
723203	28.3	839	89
723204	12.4	388	89
...

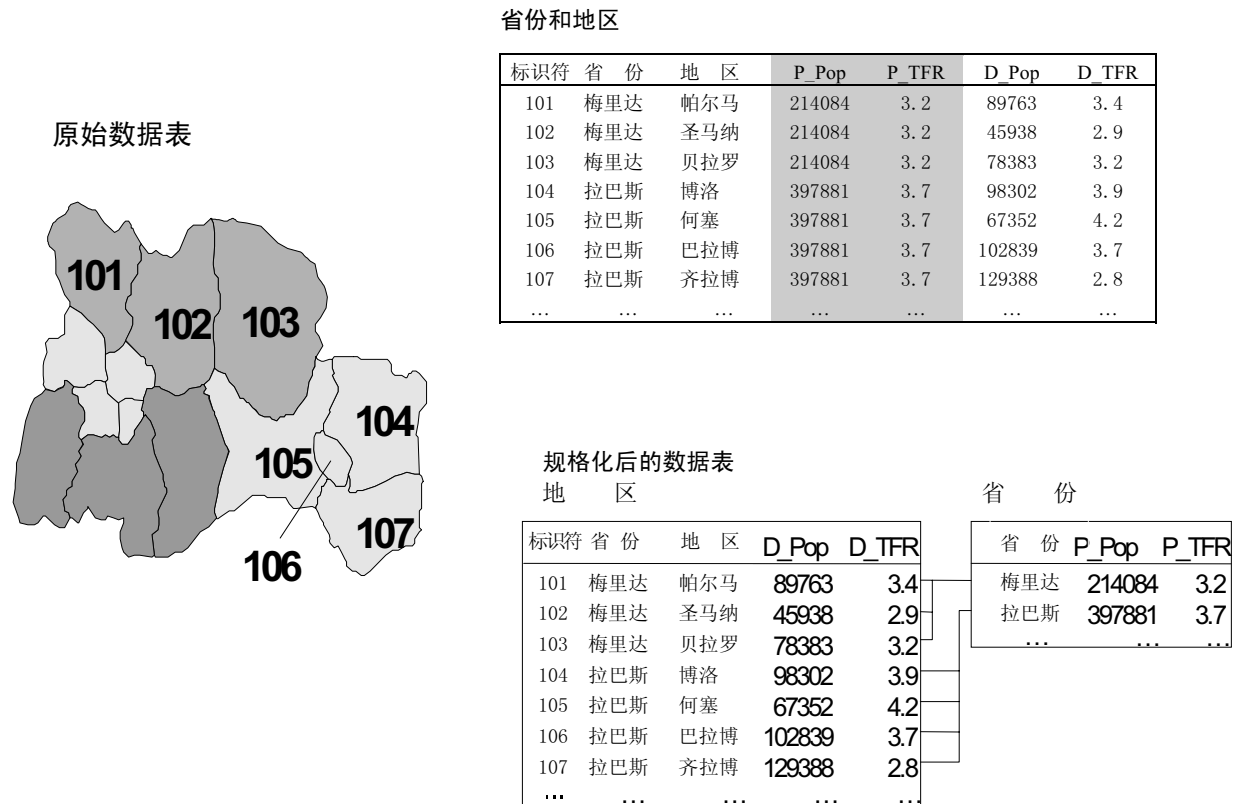
情况

主关键字

2. 152. 各种关系确定了各实体间的关联性。例如，某个描述点查区的表格可链接实体小组负责人区域的表格。该表列入了各种属性，如组长姓名、地区主管机构及联络资料。该表中的主关键字是组长代码（CL 代码），这一代码也列入点查区表格内。这样，关系型数据库管理系统可以结合两个表格，以便普查表格内的每种情况符合小组负责人区域表格内的情况。

2. 153. 通过一系列步骤设计关系型数据库结构的过程叫做规格化。规格化的结果是将数据库的冗余数据减少到最低程度。换句话说，数据被列入许多表格中，因此避免了多次重复出现的数值。这样便减少了存储空间，避免了在插入、删除或更新等标准数据库操作过程中可能发生的误差。

图 II. 9. 关系型数据库表



2. 154. 图 II.9 利用地区数据库的例子说明简单数据表及其规格化形式之间的区别。在第一种情况下，省份信息重复地用于省内各地区。这不仅浪费了存储空间，而且使得更新或改变省份信息更加难以进行。每个地区的数值都必须予以替换。在规格化数据库结构中，省份的名称用压缩的数字代码代替，这样便能够连接另一个表。在这里，省份代码是省份信息的主关键字，包括省份名称、人口及总生育率。利用省份代码临时合并两个数据库后，即可存取省份信息，用于地区表中的每种情况。

2. 155. 界定明确的数据库结构并非是无关系紧要的工作。有些数据库管理方案提供了能够自动创建关系型数据库结构的规格化功能。不过，这通常不能很好地替代总数据库的综合设计。实体关系模型的详细描述见 Hohl (1998) 关于地

理信息系统数据转换的文章。Batini 及其他人 (1992) 对这些作了更加全面的类属介绍。

ii. 人口普查数据库的组成

2. 156. 人口普查地理信息系统综合数据库由点查区的数字化地图组成，在大多数情况下，由一系列底层组成，在点查员最终使用的地图中为其提供背景和方位。基本数据层可能是道路、河流、建筑物或居民点。每个数据层都将被列入单独的地理信息系统数据库。因此，举例来说，尽管道路及河流都用线表示，但它们不被存储在同一数字文件中。

2. 157. 开始进行数据输入和数据转换前，人口普查绘图人员应设计出即将制作的所有地理信息系统数据集的结构。结构定义应详细说明绘图人员必须遵循的所有惯例和准则，以确保最终

产品输出的一致性。合理的规划过程应避免在这一过程发生混乱和随后出现不一致现象。

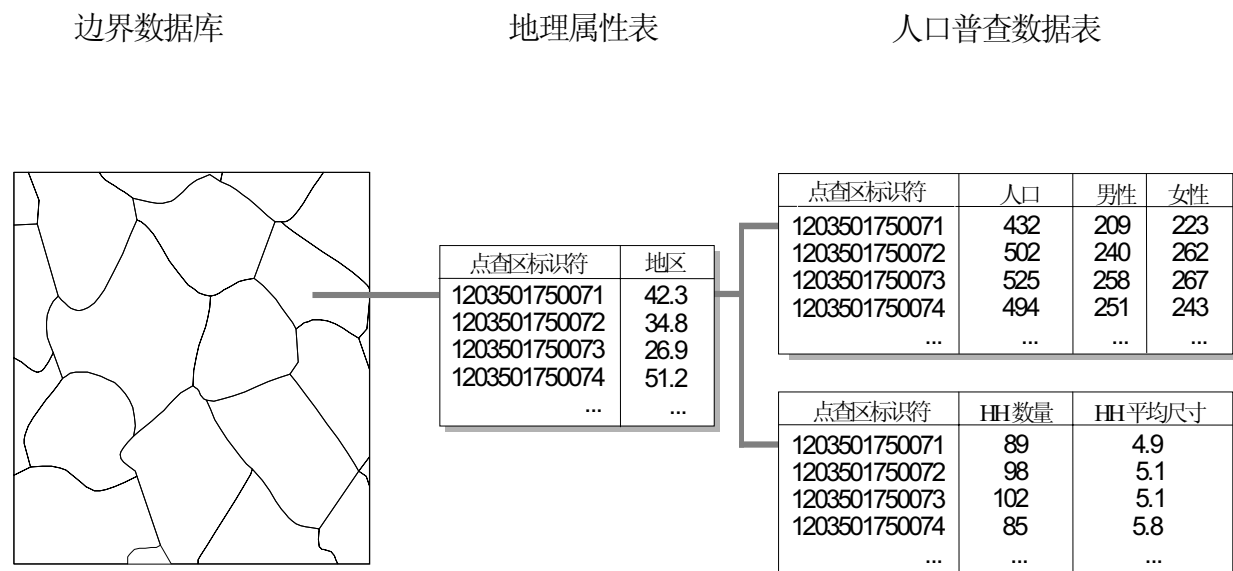
2. 158. 第一个步骤是思考什么是最终产品。例如，全数字点查区数据库可能由以下部分组成（见图 II.10）：

- 空间边界数据库，包括代表普查单元的面积特征（多边形）；
- 地理属性表。数据库文件以内部方式连接空间数据库并且载有每个多边形的记录。

地理属性表载有每个普查单元的独特标识符，并且可能载有其他一些静态变量，也就是说不发生变化的变量，如以平方公里度量的单位面积；

- 普查数据表，载有非空间属性，即空间普查单元的普查指标。每一个这类文件均须载有普查单元的独特标识符，用以连接相应的多边形属性表记录。每个普查单位有一份记录。

图 II. 10. 数字空间人口普查数据库



2. 159. 边界数据库和地理属性表紧密连接，实际上，它们代表一个数据集。在人口普查规划期间，将为各点查区编辑与基本人口普查有关的信息，如住宅或人口估计值以及文献资料等。这种有关人口普查单元的外部信息将被存储在类属数据库管理系统的单独数据表内。这些外部信息在数据表内可按照需要通过地理属性表内的通用标识符——点查区代码，连接边界数据。

同样，完成人口普查后，人口普查信息被单独存储在数据库管理系统。为了制作人口普查结果的专题地图，应通过多边形属性表内独特标识符连接边界和人口普查数据。显然，为了保证通过数据输入和制表方案生成的人口普查数据库匹配地理边界文件，人口普查绘图和数据处理部门必须开展密切合作。

2. 160. 一般来说，要为每一行政级别或已

公布人口普查数据的统计区开发专用数据库。如果任何级别的边界得到更新，载有这些边界的其他所有数据库当然也必须进行更新。最好的做法是全部更新最低加总级的主边界数据库（即点查区一级的数据库），并利用标准地理信息系统和数据库加总功能制作高一级的行政或统计单位数据库。

2. 161. 一些基本数据层可能比数字人口点查区地图简单得多。例如，就某个道路数据库来说，也许仅收集了少数属性，即道路的名称或标识符，如果有用的话，还收集有地面类型和巷道数目。在这种情况下，不必将描述性属性信息存储在单独的表内。为了简便起见，所有属性均可列入地理属性表内。

2. 162. 在人口普查各周期之间及期间的某些阶段，应创建基准数据集。例如，应当制作具有独特性的国家人口普查地图数据库，并且对各项数据收集工作或相关的统计应用进行匹配。可以为需要提供数据的各统计报告单位编制单独加总的边界数据集。这些基准数据集应永久保存。因此，从同一主数据库生成的基准数据集可以供1995年人口普查、1997年大型调查以及1998年大选使用。

iii. 数据库内容（数据建模）的定义

2. 163. 一旦确定人口普查地理活动的范围，人口普查办公室必须非常详细地界定并记录地理数据库的结构。这个过程有时被称做数据建模，涉及列入数据库的地理特征的定义，这些地理特征的属性及其与其他特征的关系。最终的产出是详尽的数据字典，不仅可以指导数据库开发过程，以后也可作为文献资料使用。

2. 164. 应当指出，许多地理信息系统数据库是在没有详尽的数据建模的情况下创建的。这个步骤需要时间和某种程度的数据库概念专门技术。综合人口普查绘图项目追加投资是有理由的。数据建模过程必须严格一致，因为做到这一点才能保证数据库达到高质量并且易于维护。对

于首次完成这个过程的人口普查绘图机构来说，聘用经验丰富的地理信息系统数据库顾问全程指导工作小组的工作是可取的。

2. 165. 前文已讨论过，许多国家和国际机构一直在积极开发空间信息类属数据模型，作为国家地理数据基础设施（有时也称为地球数学基础设施）的一个组成部分。人口普查办公室通常能够完全让国家空间数据标准适用于统计数据收集的具体需求。如果收集不到这类信息，数据模型的开发必须在机构内部进行。其他国家的绘图或统计机构制作的模板可为数据模型的开发提供有用的参考。

2. 166. 附录 III 举例说明了数据字典可能对数据模型作出的解释。与数据模型有关的内容是下节将要讨论的元数据标准，以及同出售给公众的数据库并行使用的简化数据库字典（见附录 IV）。

(d) 元数据的开发

2. 167. 在本手册中，建议将人口普查绘图看做一个长期过程，而不是一次性的工作。在长时间内，数据库的各元素将被反复存取，有时要经历一段较长的过渡期。工作人员可能频繁变更，这就意味着机构存储器的依据必须比参与初始数据开发的地理信息系统分析家的记忆力可靠。因此，务必编制文件，详细记录下开发数字空间人口普查数据库的各个步骤。

2. 168. 说明数据质量、格式和处理步骤的信息以及其他与数据集有关的信息称为元数据，或者“关于数据的数据”。元数据的作用有以下几种：

- 支持某个单位数据集的维护和更新；
- 通过提供资料说明某个数据集是否适用于外部用户，以支持数据分配；
- 支持外部编制的数据集与单位数据的集成。

2. 169. 显然，哪些是必不可少的元数据，

不同的编制人员有不同的看法。因此，许多国家着手制定通用地理元数据标准，目的是统一记录空间信息的规范。因此，这些国家通过促进空间数据交换和集成来支持国家空间数据基础设施的开发。各国都有团体在制定空间元数据标准，一些国际性组织试图协调这项工作。其中的一些组织有：国际标准组织地理信息/地球数学工作小组 (www.statkart.no/isotc211/)，欧洲委员会公开信息交换服务中心 (www2.echo.lu/oii/en/oiihome.html) 以及亚洲和太平洋地区地理信息系统基础设施常设委员会 (www.permcom.apgis.gov.au)。

2.170. 由于空间人口普查数据是国家空间数据基础设施不可或缺的组成部分，数字人口普查地图的制作应尽可能与国家的其他数字化绘图工作相结合。关于元数据，如果国家和地区已出台元数据标准的话，就意味着国家人口普查机构应该采用这些标准。与国家主管当局，通常是国家绘图单位或部门间咨询委员会开展密切合作将促进这些标准的推行。如果国家标准没有出台，人口普查单位可采用其他国家的适用标准节省时间和资源，而不是从头开始制定元数据标准。

2.171. 有关合理制定并得以广泛采用的元数据标准实例是，美国国家地理数据委员会 (www.fgdc.gov) 制定的数字地球空间元数据信息标准。这个标准用以说明元数据数据库载有的信息的类型。全套标准具有综合性，各专门委员会负责制定具体数据类型的准则。例如，文化和人口普查数据小组委员会就设在美国人口普查局 (www.census.gov/geo/www/standards/scdd；见 FGDC, 1997b)。下一段仅讨论元数据定义的主要组成部分。

2.172. 数字地球空间元数据信息标准由七个主要部分组成，可被看做一种数据库模板，通过模板的字段描述空间数据集的不同方面。有些字段载有事先界定的一组代码或属性。但许多元素是文本字段，数据编制人员用它们说明数据库的特征，如质量或系属信息。最重要的元素具有强制性，必不可少，因此，应将它们输入每个数

据集。这种强制性字段集对于定义人口普查单位的元数据模板起了个良好的开端。其他字段则标有“如果适用的话，具有强制性”或“供选用”的说明。

2.173. 标准的主要组成部分有：

- 标识信息，包括数据集名称、覆盖面积、关键字、用途、摘要以及存取和使用限制；
- 数据质量信息，如水平和垂直精确性评估、逻辑一致性、语义精确性、时间信息、数据集的完整性以及系属。系属包括用于编制数据集的数据源以及处理步骤和中间产品；
- 空间数据组织信息，指存储点、光栅、向量和数字地图平铺信息等数据的方式；
- 空间参考信息包括地图投影及界定坐标系的一切相关参数；
- 实体和属性信息，载有数据集属性的详细定义，包括属性数据类型、允许值和定义，基本上同前文所述数据字典载有的信息一样；
- 分配信息，包括数据分配器、数据文档格式、脱机媒体类型、联机连接数据、费用及订购过程；
- 元数据参考信息，提供信息说明元数据，最重要的是说明了谁创建了元数据及创建时间。

2.174. 除了这七个主要部分外，信息标准还包括三个次要元素。这些元素经常用做主要部分的基准。仅需将这些元素存储在某个位置，不用多次重复。这三个次要部分是：

- 引文信息，可保证创始人、名称、出版日期及出版者作为基准的一致性；
- 时间信息，包括某一日期、多个日期或日期范围；

- 联络信息，如联络人和/或组织、地址、电话和电子邮件。

2. 175. 对政府及其他数据编制机构间的元数据信息进行规范化的一个优势是，可以开发管理和使用元数据的类属系统。例如，管理数字地球空间元数据信息标准的工具很多。其中包括文本输入形式、数据库或万维网浏览器格式（通过因特网或局域网）以及可供图书馆或因特网数据分配系统使用的元数据阅读器。商业软件销售商也向他们的软件中填加了文件编制工具，便于采用数字地球空间元数据信息标准格式开发元数据。

2. 176. 用于人口普查绘图项目的元数据的模板定义仅仅是元数据管理的一个方面。另一个方面是元数据维护程序的执行。人口普查组织须确定输入数据的时间和人员，数据存储格式（纸型或数字文档）以及监督所得信息是否具有完整性、精确性及可用性的人员。元数据开发应与创建数据库的各个步骤同时进行，不应仅把它看成是文件编制的最后一个步骤。为了维护数据的未来用户或外部用户的利益，元数据应被视做同空间数据库本身一样重要。

(e) 数据质量问题

i. 精确性要求

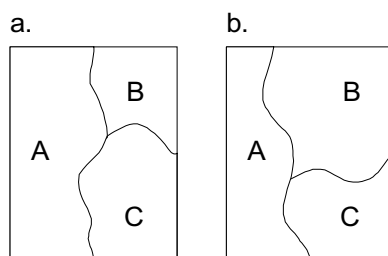
2. 177. 在规划数字数据库开发项目过程中，开发公认的数据精确性标准可能是最重要的工作之一。在公用事业和设施管理、地形或水文绘图等诸多领域，已经制定了数据库的数据精确性标准，可供任何新项目采用。相反，人口普查绘图通常采用手工技术和草图在短时间内进行，几乎不关心地理精确性。只要人口普查地图仅用于普查目的，这种做法是足够的。但是，采用地理信息系统技术后，人口普查地图成为政府、私营及学术部门的许多分析应用程序的必要组成部分。之所以说首先投资进行数字人口普查绘图有正当理由，这是一个主要因素。当人口普查地图与其他数字地理数据源结合使用时，精确性方面

存在的缺点立即表现出来。因此，数字人口普查绘图的精确性要求高于传统的人口普查绘图技术。

2. 178. 地理信息系统的精确性指的是属性数据（地理属性表及其列入的人口普查数据）和地理数据。与属性数据精确性有关的问题与人口普查数据输入及其处理工作中碰到的问题相同。因此，本文仅作简要讨论。地理数据精确性与存储在地理信息系统数据库中、对地球地表面特征进行描述的点、线和面积有关。

2. 179. 地理数据精确性可分为逻辑和定位精确性。定位精确性有时也称为绝对精确性。逻辑精确性指地理特征间的完整关系。例如，某个地理信息系统数据库层的道路须连接另一个层面的桥路。存储在水文数据库并且界定两个行政单位间的边界的河流应与这两个单位间的边界吻合。在地理信息系统数据库内用点表示的某个城镇应位于另一地理信息系统层的对应行政单位内。同样的逻辑关系可在外观截然不同的不同地图上正确表述。例如，在图 II.11 上，两份地图正确地表述了三个行政单位之间的相邻关系。

图 II. 11. 逻辑精确性



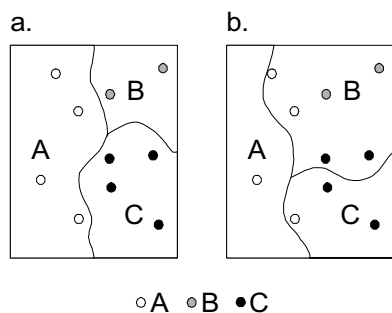
2. 180. 相反，定位精确性要求地理信息系统数据库内的特征坐标与它们在地表面的真正位置完全对应。这就是说，采用全球定位系统等精确测量工具进行绘图测量的精度必须非常高。当然，不发生定位错误的数据集也能够精确地表述地理特征间的逻辑关系。

2. 181. 在有些应用中，逻辑精确性比定位

精确性要重要。对于某个人口普查数据库而言，可能更为重要的是了解某条街道可界定点查区的边界，而不是了解精确的坐标可以非常精确地表述真实世界的道路方位。事实上，在传统人口普查绘图工作期间制作的草图一般具有逻辑精确性，但定位精确性较差。如果地图仅用于保障普查，只要图像失真不会使点查区的定向工作无法进行，那就不成问题。但是，如果人口普查地图随后用做其他用途，将产生严重问题。

2.182. 例如，图 II.12 利用精度非常高的全球定位系统给出了一组已经确定的抽样调查点。下方的底图定位精度非常高，因此，点的位置在正确的行政单位内。相反，图 II.12-b 的底图虽说具有逻辑精度，但定位精度差。因此，有些精确测量的全球定位系统点位落在了错误的行政单位内。这种现象带来的后果是，如果行政单位汇总调查反馈，结果将不正确。

图 II.12. 不保持定位精确度产生的问题



2.183. 因此，如果已定位边界的用途超出了实际普查范围，数字人口普查绘图过程的目标应当是达到十分高的定位精度。当然，极少数地理数据集的精度能够达到了 100%。在所有绘图工作中，无论是手工绘图还是数字化绘图，可以对能够达到的精度与数据质量达到这一程度所需的时间和资金进行协调。一般来说，将精度提高到 90%或 95%以上时，投入的时间及其他资源的比例则远远高出精度的提高比例。事实上，有人估算，精度从 95%提高到 100%所需的资金占项目

全部预算额的 95% (Hohl, 1998)。

2.184. 依据点位的位置界定精度标准是地形绘图工作常用的方法。例如，标高点的高度离实际方位的距离应小于 X 米，在所有情况下误差应小于 Y%。允许误差随着绘图比例尺的减小而增加。例如，比例尺为 1:25,000 的地图，其误差应小于比例尺为 1:100,000 的地图。由于人口普查地图在很大程度上以现有的地形图为依据，因此应与国家绘图机构的专家密切合作，制定人口普查绘图精度标准。这种做法可保证人口普查绘图项目的产品质量符合其他国家数字地图系列的产品质量。

2.185. 尽管定位精度要求较高，但精度标准过于苛刻带来的后果则是成本的提高、用户的期望值过大，以及绘图人员可能因无法实现过高的目标而灰心丧气。精度标准过低的后果是产品质量达不到要求。如果用户了解产品的局限性，要么就会拒绝使用产品，要么会过分信任地使用，后一种做法可能产生的后果是分析结果发生严重误差。开发地理信息系统数据库时采用的普遍概念是“适用性”。这种观念考虑到了数字空间数据库永远无法达到完美无缺这一事实。虽然数字空间数据库可能会适用于某项工作，但若用于另外一项工作，其质量也许达不到要求。

2.186. 在确定质量标准时，人口普查单位不仅应考虑内部需求，而且应考虑数字人口普查地图的外部用户。因此，应与投资者协作制定数据精度准则，作为用户需求评估的一个组成部分。可对标准产生影响的因素还有可用资源、原始材料的质量——不同数据层的质量不同——以及进行实地数据收集选用的技术。

ii. 质量控制

2.187. 质量控制是保证在人口普查绘图过程开发的数据库符合规定精度标准的过程和规范。修订后的《人口与住房普查原则和建议》(联合国, 1998 年) 强调质量控制的重要性，并且概要叙述了人口普查过程存在的质量控制问题。这

些普遍概念也适用于人口普查绘图。

2.188. 检验和误差校验是质量控制过程的关键。不过，质量控制也是关系到人口普查绘图人员在数据转换过程的各个步骤的态度问题。应该鼓励人口点查员报告产品输出发生的问题。问题反复发生可能说明程序不完备或者培训不达标，并且可能要求变换绘图人员的工作任务，改装设备或换用其他技术。因此，重要的是，绘图人员要敢于报告工作中出现的问题，明确质量控制程序的总体目标。

2.189. 虽然绘图人员所从事的不同专项工作在大多数情况下能够提高数据的总体质量，但开发地理信息系统数据库的许多工作重复性非常强。总是从事某项工作的绘图人员将因为注意力分散而增加误差，轮换工作任务可防止这种现象的发生。这样做能够让绘图人员接触整个数据转换过程的各个方面，因此定会提高他们对工作和产品总体质量的了解程度。另外，应要求绘图人员建议更改有利于提高数据质量的规程。应当在受控环境而不是日常工作过程评估这些更改建议，然后方可付诸实施。因此，尽可能使数据质量达到最好是一个长期过程。

2.190. 质量控制规程包括自动和人工方法。由于自动化规程迅捷、可靠，因此最好选用。不过，数据转换的许多方面只能通过检查和比较来评估。自动地理属性数据技术类似于人口普查数据输入采用的技术。范围和代码检查可保证属性字段仅包含允许使用的数值。数字数据库内的行政或人口普查单位数目须与地理面积主目录的对应数目一致。地理面积标识符是人口普查地理信息系统数据库最重要的单字段，因为它保证了数字底图和汇总后的人口普查数据相一致。因此，在属性数据检查方面投入的最多资源应致力于保证属性没有误差。

2.191. 地理数据自动质量控制选择方法相对有限。有些地理信息系统软件包将检查数据库的拓扑精度：例如，各地区是否邻接，各条线之间是否相连。村庄数据库可列入质量已知的行政单

位边界数据集，以保证村庄数据库的行政标识符正确无误（多边形内的点运算）。有些误差很明显，例如两个单独数字化的行政单位的边界不吻合。其他误差不大容易发现，例如，有些内边界或道路不在地理信息系统数据集。因此，地图产品的质量控制在极大程度上须依赖对原始材料（地图、航摄照片等）和数字化数据的目视比较。为了达到这一目的，理想地说，印制数字地图采用的比例尺应与原始地图一样。然后，既可将原始资料与印制的地图放在一起进行比较，也可将它们叠放在看板台上进行比较。任何有规律的误差均说明数据转换规程有问题，应当立即加以解决。切勿由编制数据的绘图人员进行手工误差检查。

2.192. 应编制记录质量控制步骤的资料。一般来说，硬拷贝日志表是记录数据质量的最恰当的手段，尽管实现了自动化，也可采用数字表格。日志表应载明已完成的质量控制程序、完成时间、完成人、经核对的数据的编制人以及检验结果。应编制手工及自动检验日志。这些日志不仅记录数据的精确性及其线性特征，而且能够指出哪些绘图人员须继续接受培训。

2.193. 连贯一致的质量控制规程肯定能使最终产品的精确度令人满意。但大多数项目通常还要实施称做质量保证的最后一个步骤，这个步骤包括进行另一轮检查和解决问题的最后过程。有关质量保证问题的讨论见 E 节。

(f) 将国家领土划为具体的操作区

2.194. 完整的数字点查区数据库由数以千计的单元组成。对于国土面积较大的国家，将所有点查区多边形存储在同一物理数据层内通常不切合实际。相反，国家领土可分成多个点查区。这样，在权力下放的人口普查行政结构内，不同地区机构及同一地区机构的不同普查人员可以开展合作，同时创建数据库的各个部分。如果国家数据库的各子数据库的边界能够取得一致，随后即可合并各子数据库，制作区、省或国家地图。不过，由于这个过程涉及手工连接跨越两个或两个

以上的片区的连接特征，因此要求拥有相应的优势。

2.195. 对于国土面积较大的国家，绘图工作权力有可能下放。在这种情况下，点查区自然由各地区人口普查机构负责普查的面积界定。例如，某个国家可将人口普查绘图工作交给四个区级普查机构，总机构同时履行总体协调机构的职能，并作为其中的一个区级机构。在每个区级普查机构内，数据库可进一步分为小型数据库。小型数据库的工作通常对计算技术的需求不大。将数据库分为许多小数据库还能够让若干点查员同时创建各自的小数据库。

(g) 数字化的行政底图

2.196. 如果决定采取权力下放的方法，国家人口普查局首先应创建适用于国家各个行政级的国家边界模板。例如，人口普查办公室应创建、购买或委托制作省、区数字空间边界，最好包括小区域边界。这些边界的精确度应当非常高，并且应配有使它们适用于点查区大比例尺（例如，比例尺至少为 1:250,000）地图的详细说明。这些边界应用于整个人口普查绘图过程，并且应用于向这些行政级发布空间基准汇总人口普查信息。

2.197. 国家绘图机构可能已采用数字方式绘制出这类边界。如果是这样，这些边界将代表官方认可的国家数字行政底图（见前文第 3（b）节有关国家空间数据基础设施方面的讨论）。行政底图使用的代码应与人口普查数据库使用的代码一致。

2.198. 各点查区的正式区界应发布给主管点查区划界工作的机构。然后将点查区边界输入这些正式行政单位多边形内。这样做将可保证在随后进行任何汇总时，相邻区的边界完全吻合。如果区边界分别由各地方机构数字化，不可能完全吻合，因此要进一步大量编辑。此外，重复工作量很大，原因是同一条边界须分别由相邻地区普查机构或点查员数字化两次。

(h) 处理不相交的地区单元

2.199. 行政单位常常分为独特的单独空间单元或多边形。例如，某个地区可能由陆地部分和众多岛屿组成。对于人口普查数据处理而言，这种现象不是问题，因为适用于该地区的每个人口普查数据表仅有一份记录。但在地理属性数据库中，该地区将有两份或多份记录——每个多边形一份记录。如果人口普查属性信息连接多边形和地理属性表，这种现象将会产生许多麻烦。在关系型数据库系统中，人口普查数据记录连接地理信息系统数据库当中地区标识符相同的每个多边形。绘图平均值或密度不构成问题。整个地区的平均收入或人口密度相同。不过，如果某个用户想汇总各地区的人口总数，人口总数或住户数目等计数数据将构成问题。由于记录重复用于属于同一地区的每个多边形，有时会发生重复计数问题，最后得出的总数将过大。解决这个问题的方法有两种。

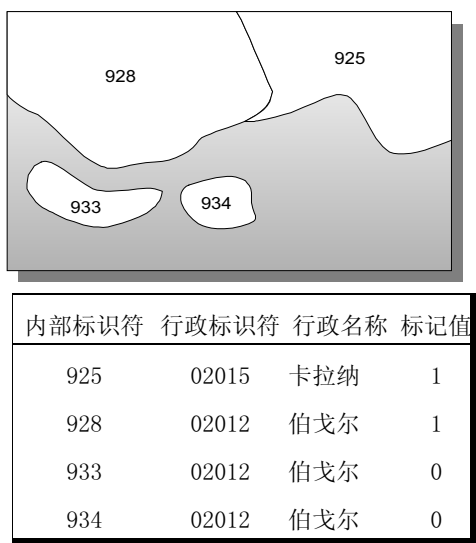
2.200. 有些先进的地理信息系统软件包给地区下了定义。地区可由一个或多个单个多边形组成，但在地理属性表中，每个地区仅有一份记录。系统可在自身内部跟踪哪个单个多边形属于哪个地区。在有些软件包中，各地区甚至可以重叠，尽管这不是人口普查应用程序的有用特征，因为点查区必须互不重叠。

2.201. 许多低端地理信息系统软件没有这个选项。在这种情况下，简单的解决方案是向地理属性表添加其他数据字段（“标记值”）。这个字段假定属于该地区的最大多边形的值为一，较小的多边形的值为零。在汇总或平均任何属性值前，用户首先可以仅选择在这个字段中的值为一的多边形。另外可以添加包括属于同一单元的多边形的数目的字段。使用地理信息系统软件包的频率功能或交叉列表功能可以迅速生成这一信息。

(i) 面积计算

2. 202. 如果人口普查数据库列入标准地理变量数目，其效用将得以提高。最重要的变量是各点查区或行政单位的面积。如果数据库能够正确地以相同的面积基准投影为基准，所有地理信息系统软件包都将计算多边形的面积。不过，依数字化边界的分辨率和精确度而定，地理信息系统测量结果的误差可能很大，原因是边界的密集程度非常高，以及有些岛屿过小而无法列入小比例尺地图。因此，如果有条件的话，最好使用国家绘图局编制的精确度较高的面积数据。

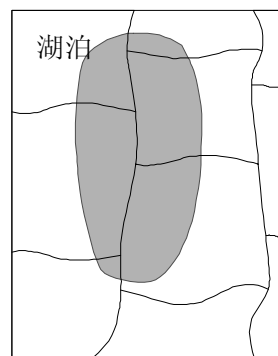
图 II. 13. 处理由若干多边形组成的行政单位



2. 203. 面积数据用来编制密度估算值，最重要的是编制人口密度估算值。已公布的面积数据通常指行政单位的所有法定边界内的面积，即总面积。有时，面积数据可在某种程度上致使密度估算值令人产生误解。举例来说，国家人口普查出版物报告了邻近一个大湖边的几个地区的面积。报告的面积包括湖岸到湖心的那部分面积（见图 II.14）。某些地区的总面积列入湖泊面积后翻了一番。因此，面积翻一番这一因素致使实际人口密度的估算值过低。例如，如果官方人

口密度统计数据用做资源分配的标准或用来确定政府计划的可行性，人口密度的定义可产生重大影响。

图 II. 14. 占取若干行政单位一大部分面积的湖泊



2. 204. 在存在上述问题的国家，人口普查办公室决定报告两个面积区域：一个是行政单位的总面积，一个是土地面积。土地面积指总面积减去水面面积及其他无人居住区，如自然保护区的面积。土地面积可让用户计算农业人口密度，反之亦然，并且计算出该地区居民人均占有耕地的公顷数目。利用恰当的地理数据层可以非常轻松地在地理信息系统内计算出这些面积数据，但须作出与上文提及的制图综合有关的解释，防止产生误解。无论在何种情况下，编制详尽的文件记录净面积的定义都是重要的。

2. 205. 由于大多数地理信息系统软件包将数据库的每个多边形看做一项单独记录，为由一个以上的多边形组成的行政或人口普查单元计算的地理信息系统面积数据对密度计算没有用处。相反，同属一个行政或人口普查单元的所有多边形的面积须予以汇总。利用适当的交叉列表功能在地理信息系统内可做到这一点。

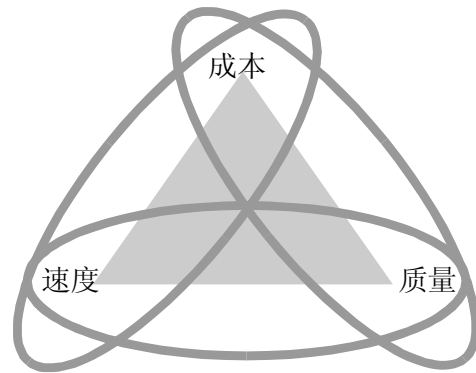
D. 数字地图数据库的开发

1. 概述

2. 206. 数字人口普查数据库的开发依据两个数据源：转换和结合可能采取硬拷贝或数字形式的现有地图产品，以及利用实地工作、航摄照片或卫星图像收集的其他数据。总的来说，数据转换这一术语用来指这些步骤（见 Montgomery and Schuch, 1994; Hohl, 1998）。

2. 207. 最佳数据转换策略取决于诸多因素，包括数据可用性以及时间和资源限制。项目成本、完成数据转换所需时间以及最终产品的质量之间总是存在着一种制约关系（图 II.15）。在这三项目标中，通常仅可能最大限度地实现其中的两项，而放弃第三项目标。例如，迅速创建一个高质量的数据库是可能的，但耗资巨大。编制有用数据的费用可以降到很低，但所需时间却很漫长。或者说，可以迅速开发数据库并降低开发费用，但最终产品的质量却很低劣。

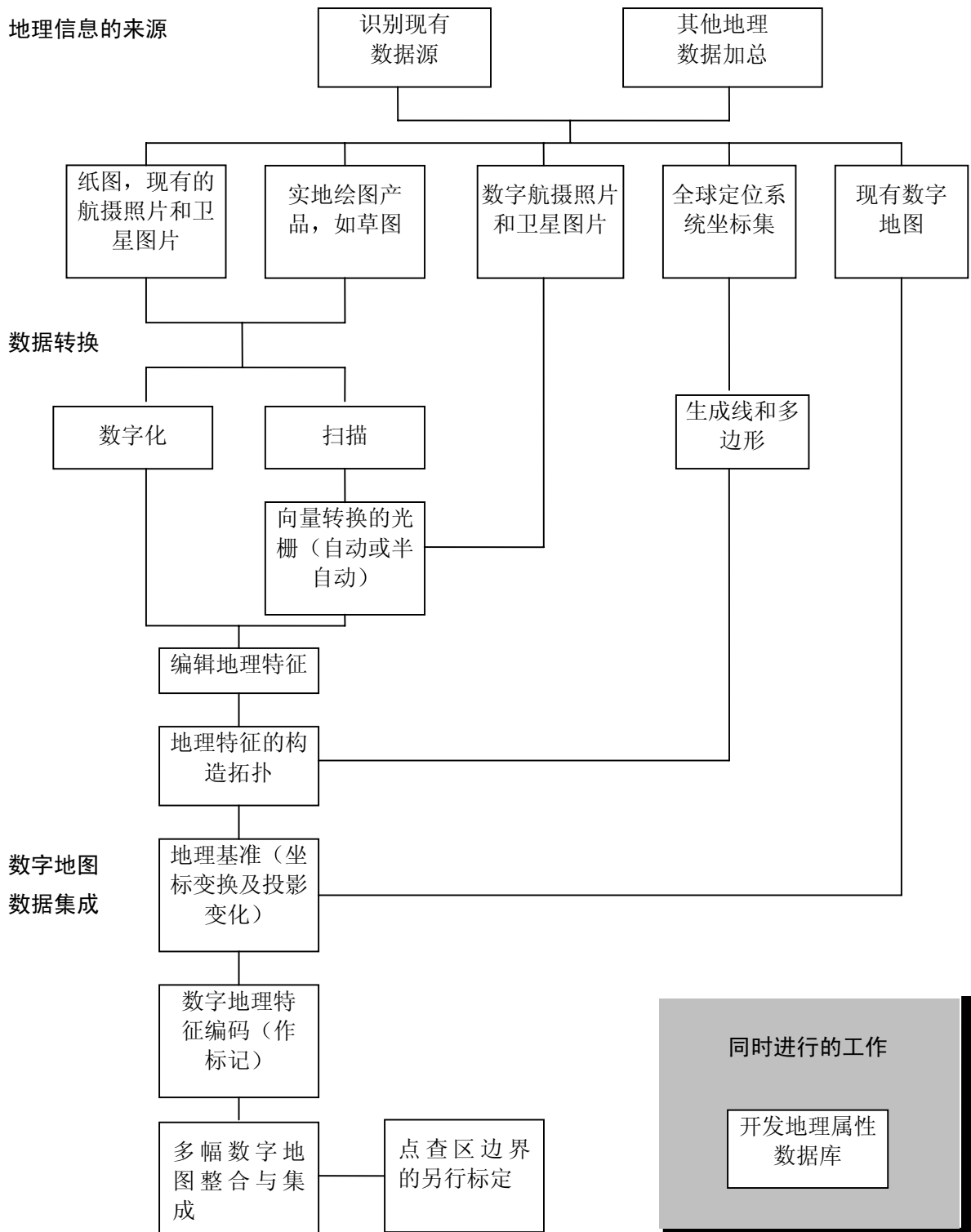
图 II. 15. 数据转换过程的相互制约
(Hohl, 1998)



2. 208. 图 II.16 概括了使完备的数字人口普查数据库得以开发的数据转换过程的基本步骤。对现有数字和硬拷贝源的调查结果是确定了数据间的差距。现有地图可能已过时，或者可用地形图的比例尺不能满足人口普查的要求。对于现有材料质量不达标的地区而言，必须制定实地绘图策略或其他一些数据收集方法。

2. 209. 人口普查所需地理特征的边界和点的方位（建筑物和村庄的方位、道路基础设施、河流以及点查区划界工作采用的其他信息）须根据已出版的纸图、草图、航摄照片或卫星图片采用数字方式标出。同时通过鼠式光标对各种特征进行跟踪，或者通过扫描把图像转换成向量形式。尽管数字化和扫描技术在不断改进，这项工作仍然是数据转换过程最乏味的工作。捕获数据后的工作步骤是编辑数据库拓扑结构以及正确绘图投影中的所有坐标的基准（这个步骤有时可融入数字化工作）。

图 II. 16. 人口普查地理信息系统数据库开发的各个阶段



2.210. 同时, 现有数字数据库, 如另一政府机构制作的产品以及采用全球定位系统实地收集的坐标须输入地理信息系统。全球定位系统坐标须从点位转换成表述道路或市区等线性和多边形特征的线和界线。将属性代码附加到全部数据库特征后, 可同时采用单独制作的数字地图创建整个地区的无缝数据库。完成的数据库——依绘图工作的范围而定——显示主要的物理特征、地标、基础设施、居民点及单个建筑物。根据这些信息, 人口点查员能够以地理参考信息为背景采用交互方式划定点查区的地界。

2.211. 在整个数据开发过程同时进行的一项工作是, 点查员须维护在数据库中描述的所有行政及点查区目录。这个计算机化的目录是地理属性表, 将连接完成的地理信息系统数据库。

2.212. 图 II.16 的流程图仅说明数据转换过程的诸多序列中的一个。在数据转换过程中, 特别是点查区边界被描绘成若干点。例如, 扫描和地理基准正确的航摄照片非常详细地表明, 点查员可以航摄照片为背景在屏幕上描绘点查区边界。点查区边界也可以用手工绘制在纸图上, 并与其他硬拷贝信息一起进行数字化处理。其他步骤也可以采用不同的顺序完成。例如, 大多数地理信息系统软件包在数字化过程的开始阶段支持地理基准的确定, 因此, 随后的阶段不必要采取其他步骤。

2.213. 无论选择使用哪种过程, 人口普查机构都应进行试点研究, 评估所采用的方法的可行性。评估主要涉及在样本小区对方法进行验证。试点研究能够尽早发现问题, 以便及时调整和改进技术和规程, 或者在最坏的情况下予以废弃。试点试验形成的材料也有助于制定时间表和编制预算, 因为这些材料能够更好地评估人员配备和设备需求以及完成各项工作所需的时间。

2.214. 试点区应代表国家尽可能多的地区。换句话说, 试点区的特征变化程度应当很大, 包括农村及城市地区, 居住方式典型化的地区、农业用地、浓密的植被区或制约实地数据收

集的其他特征。

2.215. 地理信息系统软件及设备销售商通常愿意协助进行试点研究, 因为他们希望, 如果自己的产品在试点研究期间经证明适用于人口普查绘图项目, 产品的销售将为他们带来收益。销售商还将提供基准数据, 这对于大量地图制作和数据库存取等大容量应用来说是重要的。有些技术可以轻而易举地在国家的某个地区得到验证。例如, 全球定位接收器的费用低廉, 人口点查员能够评估实地数据技术。不过, 小型试点试验场点的航摄数码照片费用过于高昂, 无法拍摄。在这种情况下, 可以使用情况相似的老式产品或航空摄影样片。

2. 用于点查区绘图的绘图数据源 (辅助数据的采集)

(a) 所需地图的类型

2.216. 几乎在所有情况下, 人口普查绘图方案均须参考硬拷贝地图来编制数字绘图数据库, 或更新现有的地理信息系统数据库。人口普查地理人员须获得国家的所有最新版图, 以及下列类型的地图 (见《美国人口普查局手册》, 1978, 第二章)。

- 国家概图, 比例尺取决于国土面积的大小, 通常在 1:250,000 和 1:5,000,000 之间。这些地图应标出重要居民区, 城区的方位, 重要道路、河流、湖泊、海拔及特殊参考点等主要自然特征, 并用于规划目的;
- 大、中比例尺地形图。这种地图的可用性因国家的不同而异 (见 Boehme, 1991; 和 Larsgaard, 1993)。有些国家制作了完全覆盖国土面积的地图, 比例尺为 1:25,000 或 1:50,000, 其他国家的最大的全图的比例尺仅为 1:100,000 或 1:250,000;
- 大比例尺城镇图, 标有道路、市区、公园等;

- 居民区各级行政单位的地图；
- 专题地图，标有上一轮人口普查期间的人口分布情况，或对人口普查绘图有用的特征。

2. 217. 为了将这些地图编入地理信息系统数据库，最好应为它们编制综合文件。文件内容包括地理基准信息、地图比例尺、投影和地理数据、地图编绘日期、编绘机构以及图例大全。不过，即使地图的地理基准不正确，只要标出与人口普查绘图有关的信息，也是有用处的。在这种情况下，附加信息产生的益处常常大于将这类数据合并到人口普查地理信息系统数据库所需的资源以及与这类产品有关的精度问题。

(b) 现有资源库存

2. 218. 获得的所有地图都应按照人口普查方案的组织由人口点查区进行详细记录和编排。《美国人口普查局手册》（1978，第六章）讨论了地图库存及图库的开发问题。

2. 219. 除了硬拷贝地图源以外，数字地图源可以不断从许多渠道获得。当然，数字地图的优点是易于使用，适用于各种人口普查绘图目的。不过，并不能始终完全肯定这一点。如果缺乏资料，通常不可能确定正确的投影信息，数据质量难以得到评估。应当同下述机构进行联系，看它们是否能提供有用的硬拷贝或数字地图：

- 国家地理机构/测绘机构。该机构是国家主管绘图工作的主要机构。但是，有些国家的测绘机构缺少编制大比例尺地形图或将地图转换到数字数据库所必需的资源；
- 军事测绘机构。在有的国家，主要测绘单位隶属军方。军事测绘单位在航空摄影及遥感数据的判读方面常常拥有雄厚的实力；
- 省、区及市政府。越来越多的地方政府机构利用地理信息系统管理有关交通、社会服务、公用事业及规划重要相关信息；

- 处理空间数据的各地理或私营组织：

- 地质或水文勘查机构；
- 环境保护机构；
- 交通机构；
- 公用事业和通信部门的公司；
- 地籍部门；
- 捐助活动。跨国或双边援助组织开展的项目级活动有时包括绘图活动。这类项目通常有办法购买并分析遥感数据或航摄影照片，这对绘图机构非常有用。

(c) 导入现有的数字化数据

2. 220. 在大多数情况下，最容易的数字空间数据转换形式是直接导入数字化数据。遗憾的是，迄今为止尚没有出台广泛认可的空间数据转换标准。因此，利用商业地理信息系统软件包的导入/导出功能，数据转换要依赖采用专用文件格式的数据的交换。

2. 221. 所有软件系统都能连接其他格式，但例程序的导入数量和功能因软件包的不同而异。由于软件开发商不愿公布其系统使用的确切文件格式，常常会发生一些问题。于是，竞争对手采用逆向工程设计方法来破解确切的文件格式，以便让用户导入外部文件。因此，导入例行程序有时不稳定，而且经常会丢失原始数据文件所具有的一部分信息。有时，最好采用另一种数据格式进行导入，不要试图直接导入另一软件包的交换文件。例如，Autocad 绘图交换格式（DXF）得到了大多数地理信息系统软件包的支持，并且编制了详尽的记录文件。因此，其他商业软件包的 DXF 导出和导入功能通常非常可靠。

2. 222. 如果人口普查绘图机构使用的是广泛使用的综合地理信息系统软件包，将会减少问题的发生。高端系统为许多交换格式提供导入功能的可能性更大。可能性更大的是，其他数据编

制人员能够以地理信息系统软件包的本机格式编制地理信息系统数据。导出能力的大小是选用地理信息系统软件的一个重要标准。另一种选择是使用第三方提供的转换软件包。

2. 223. 除了将数据文件从一种格式转换成另一种格式产生的问题以外, 使用现有数字数据最常遇到的问题是元数据不足或短缺。如果没有元数据信息, 就难以评估数字信息的质量。更糟糕的是, 如果地理参考框架信息丢失, 数据将不可能从外部数据集的坐标系转换到人口普查单位使用的坐标系。同样, 如果代码手册或数据字典遗失, 将难以判读地理信息系统数据集的属性表列入的地理及数据属性。如果数据的来源是外部, 人口普查局应始终要求提供大量记录文件。

2. 224. 需要解决的其他问题有: 定义和编码方案不同问题、不同绘图基准系统的使用问题、空间比例尺不一致问题, 以及精确度标准各异问题, 最后这个问题可导致在两个数据库间应匹配的特征被置换。为了充分利用现有数字地图, 解决这些问题可能需要进行大量的处理和编辑工作。

3. 其他地理数据的收集 (获取原始数据)

(a) 实地技术概述

2. 225. 尽管出现了如全球定位系统这样的技术, 传统的实地数据收集技能对于人口普查绘图工作来说仍然有用。一般来说, 地图须经受过培训的实地人口点查员进行更新。更新工作涉及草图的制作, 以及在随后使用 GPS 收集的信息确定草图的地理基准。传统的实地人口普查应用技术在《美国人口普查局手册》(1978, 第 5 章) 中详细介绍, 因此, 本手册不予讨论。

(b) 全球定位系统

2. 226. 近年来, 全球定位系统技术使实地

绘图领域发生了一场革命。由于全球定位系统接收器价格的下降, 全球定位系统方法已用于许多应用领域。最大的用户群在公用事业管理、勘察和导航等领域。但是, 全球定位系统还促使生物、林业、地质等领域内的实地研究取得了进展, 并且还不断应用于流行病及人口研究领域。此外, 全球定位系统日益成为人口普查绘图应用领域的重要工具。

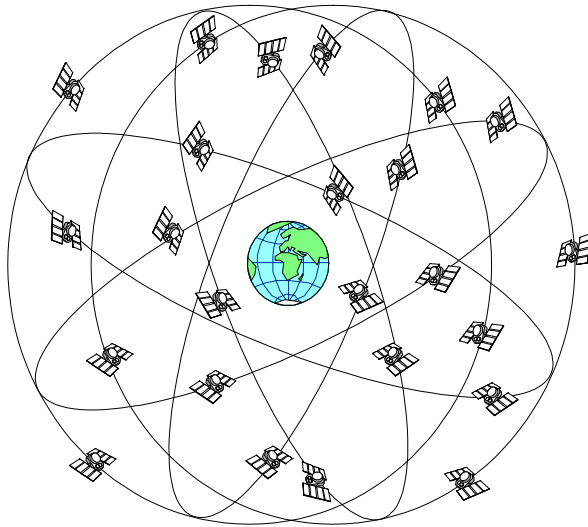
2. 227. 大多数讨论提到的所谓的“美国系统”指的就是全球定位系统。全球定位系统是使用最为广泛的系统, 它的使用为接收器制造商和勘察机构培育了一个大型商业市场。另一个卫星定位系统是俄罗斯制造的 GLONASS (全球导航卫星系统) 系统, 下文将对此进行讨论。

i. 全球定位系统的工作方式

2. 228. 全球定位系统接收器收集由 24 颗卫星组成的系统发出的信号。在这 24 颗卫星中, 21 颗是有源卫星, 三颗是备用卫星 (见图 II.17; 见 Leick, 1995; French, 1996; Schmidt, 1996; Kennedy, 1996; 以及 Dana, 1997)。名为 NAVSTAR 的系统由美国国防部进行维护。卫星在高度约为两万公里的六个轨道平面上围绕地球旋转。在任何特定时间都有 5 至 8 颗全球定位系统卫星位于地面用户的“视野范围”。

2. 229. 地面上的方位通过测量地面到几颗卫星的距离确定。全球定位系统卫星和接收器分别发出一个精确的同步信号 (所谓的伪随机码)。能够实现同步的原因在于卫星和接收器的时钟非常精确。接收器能够测出内部信号和从卫星接收的信号之间的延迟时间。这种延迟是信号从卫星传送到接收器的所需时间。由于信号以光速传输, 若想测量距离, 只要用延迟时间乘以光速即可。

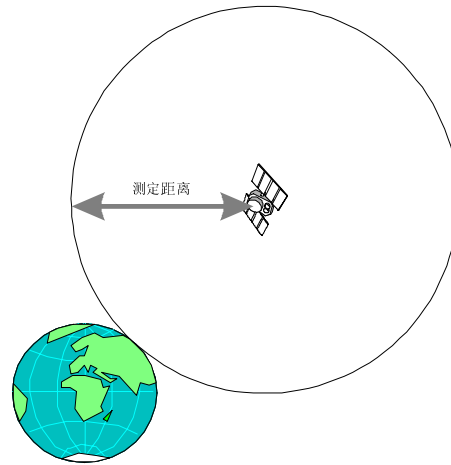
图 II. 17. 全球定位系统



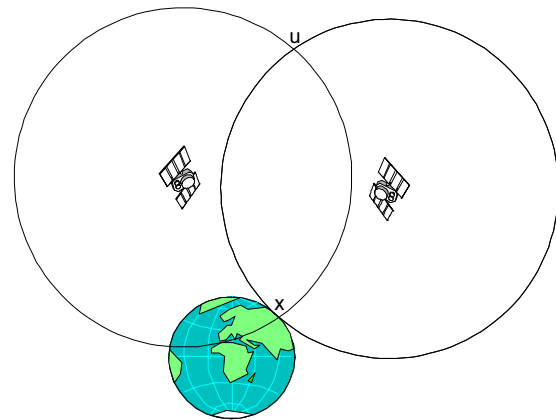
2. 230. 如果知道了若干颗卫星的距离，方位即可通过三边测量方法确定。由于地理上难以用三维方式表示方位，因此通过以下数据用二维方式简要说明三边测量法的原理。在第一组数据（图 II.18a）中，地表面上方仅有一颗卫星。卫星周围的圆周半径与全球定位系统用户和卫星间的测定距离相等。当然，无法确切知道我们在圆圈上所处的位置。

图 II. 18. 全球定位系统确定方位坐标的方法

a.

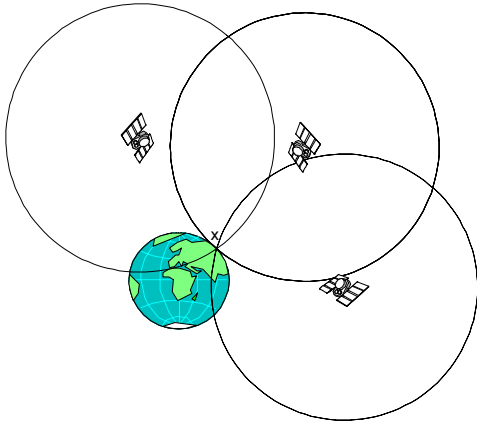


b.



2. 232. 不过，为了证实我们所处的确切位置，我们应确定到另一颗卫星的距离。三颗卫星周围的距离圆周仅有一个交会点，这一点就是我们所处的确切方位。

c.



2.233. 当然，在现实生活中，我们生活在三维世界中。如果仅测定到一颗卫星的距离，我们所处的方位可能在卫星圆周的任何地方。如果测定了两个距离，我们可能位于两个圆周相交后形成的圈内。最后，第三颗卫星与这个圈的交会点有两个。当然，这两点当中通常仅有一点切合实际。不过，为了提高方位估算值，因此进行第四次测量。第四次测量也有助于纠正接收器内部时钟目前存在的走时不精确的现象。相反，卫星上的原子时钟走时非常精确。

ii. 全球定位系统的精确性

2.234. 全球定位系统接收器的价格不贵，可提供比较准确的信息，显示出用户在地球上随时随地的纬度、经度和高度。据大多数低成本全球定位系统销售商声称，在民用方面，所记录的方位已能精确到 15—100 米范围内。根据美国国防部更加精确的技术规范衡量，记录方位的精确度达到 100 米范围内的可能性为 95%，精确到 40 米内的可能性为 50%。实际上，一般均能达到 30 到 50 米的精确度。高度信息在某种程度上不如经纬度可靠。根据经验估计，本文给出的精确度约为 80 米。

2.235. 影响精确度的因素有几个。其中的一个因素是卫星的数目和方位。理想地说，为了使几何计算值极为精确，卫星应遍布太空。实地

工作人员可通过查阅详细记录所有全球定位系统卫星时间表的年历，确定收集数据的最佳时间。其他误差源是改变穿过大气层的信号的大气干扰，以及所谓由建筑物或其他固体物体散射信号引起的多路误差。这种误差或多或少地表现为随机噪声（指方位上的随机和短期变动）（Lang, 1997）。

2.236. 但是，这些误差总共约占标准全球定位系统接收器全部误差的四分之一。迄今为止，最大的误差源是所谓的“选择可用性”。为了防止敌对国家使用高精度全球定位系统，美国国防部有意在信号中夹杂噪声。只有军方才能存取校正信息。今后几年将按计划逐步停止实施选择可用性，如下文所述，原因是有人采用各种手段提高了全球定位系统信号精度，所以原定意图因此而落空。尽管如此，即使不实施选择可用性技术，全球定位系统坐标的精确度也无法达到十分完美的地步。

2.237. 全球定位系统坐标的重复读数不一定能提高坐标估算值，其原因有两个，其一是由选择可用性引起的误差不是随机地分布在正确方位的周围，其二是大多数系统采用平均重复测量值的形式，减少了测定方位的偏差。每次测量后打开并关闭全球定位系统能够更好地显示精确度（见 Lange, 1997）。为了提高方位的精确度，必须在长时间（24 小时以上）内平均坐标读数。实际上，有更好的选择方法能够改进全球定位系统坐标。

iii. 差分全球定位系统

2.238. 对于精确度要求较高的应用而言，差分全球定位系统使用基站传输的校正信息，并采用已知的精确坐标纠正卫星信号。差分全球定位系统基站和移动全球定位系统设备收到的信号会产生同样的误差。因此，差分全球定位系统基站可比较计算所得方位及其已知正确方位之间的差值，并将这一信息发送给移动设备（见图 II.19）。利用差分全球定位系统可以达到的精度取决于系统和坐标收集规程。利用非常廉价的硬

件在较短的观察时间内能够达到的精度约为 3 到 10 米。使用昂贵的系统并延长收集每个坐标读数数据的时间能够使精确度达到亚米。

2. 239. 实施全球定位系统实时校正的选择方法有很多。许多国家的政府机构目前正在安装差分全球定位系统基站，不断广播校正信息。这种基站一般位于海岸区，用于导航目的。费用相对低廉的差分全球定位系统基站有时由各类用户群建设，例如说精耕细作农业领域的用户群。此外，有些价值几千美元的便携式高端全球定位系统装置可被改装成广播校正信息的差分全球定位系统基站。用户须找到一个方位精确的地方，然后在附近便可进行精确绘图。最后，校正信息也可由同步卫星广播，例如用于导航目的。将来，普通用户可能能够选择使用这些差分全球定位系统，因此随时随地都能够获得差分全球定位系统校正信息。

2. 240. 全球定位系统坐标后处理的复杂程度和费用通常降低。本文的用户使用标准全球定位系统接收器收集坐标。对每个坐标来说，接收器存储器记录了时间和使用的卫星。回到办公室后，用户可下载当时的校正信息，并将校正因数应用于收集到的所有坐标。在许多国家，校正数据文件的来源是商业和公共机构。如果不能从二级渠道获取这类信息，可在中央位置建造一座差分全球定位系统基站。例如，为了保障人口普查绘图工作的进行，可在首府建设差分全球定位系统基站，以便采用费用低廉的标准接收器在实地收集的坐标数据能够在随后得到校正。

iv. 全球轨道导航卫星系统

2. 241. 俄罗斯的全球定位系统是全球导航卫星系统，由俄罗斯联邦国防部控制。这个系统还基于由 24 颗卫星组成的星群，这些卫星在三个轨道平面上围绕地球旋转（全球定位系统有六个）。两个系统的特点非常相似。一个不同之处是全球导航卫星系统没有对民用用户实施“选择可用性”技术，也就是全球导航卫星系统以自主（即差分）方式测定的方位精确度比全球定位系统的高。尽管全球导航卫星系统项目在 1982 年开始实施，但整个星群到 1996 年早期才完成。其后，新卫星的发射时间被推迟，由于若干卫星发生故障，能够使用的卫星数目为 11 到 16 颗。

2. 242. 专用全球导航卫星系统接收器尚未得到普遍使用。不过，一些学术研究机构 and 私营公司开发了同时使用全球定位系统和全球导航卫星系统信号的定位系统。使用两个系统与使用一个系统相比意味着用户在自己的视野范围内随时随地都会看到更多的卫星。在部分地平线被遮挡的地方，如城市两边高楼耸立的街道、山区或林地，使用两个系统尤其重要。表 II.3 说明，与采用选择可用性的全球定位系统相比，全球定位系统和全球导航卫星系统结合使用能大大提高方位测量结果的精确度。尽管数据表明，与仅使用全球导航卫星系统相比，提高的幅度很小，但目前能够使用的全球导航卫星系统卫星为数甚少，这一事实意味着综合系统将提高其测量结果的可靠性。

图 II. 19. 差分全球定位系统

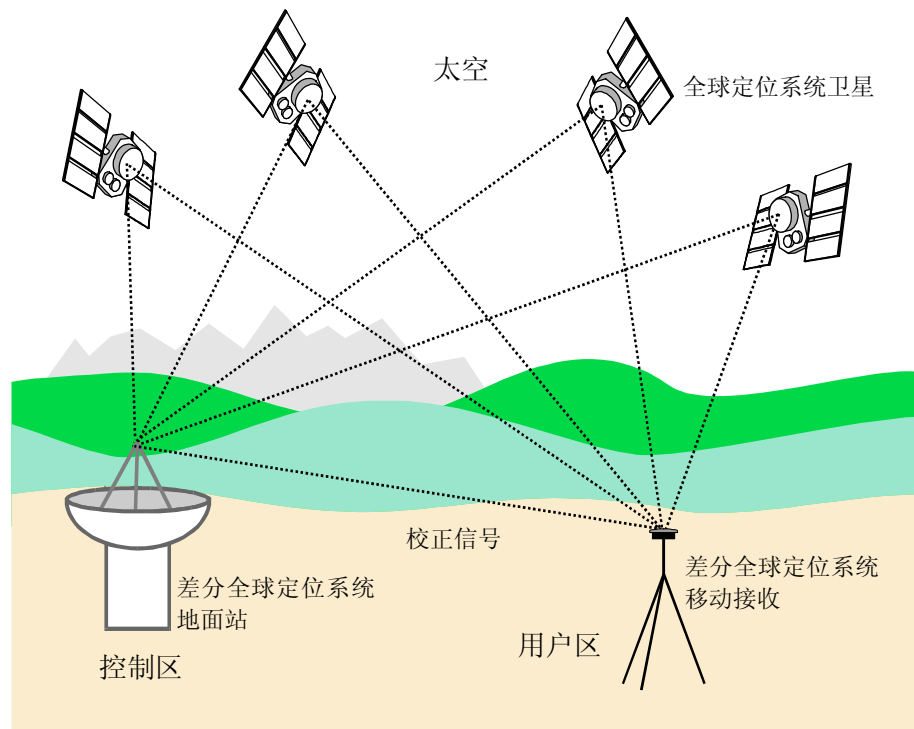


表 II. 3. : 全球定位系统和全球导航卫星系统定位的精确度

	水平误差 (米)		垂直误差 (米)
	(50%)	(95%)	(95%)
GPS (SA off)	6	18	34
GPS (SA on)	25	72	135
GLONASS	7-10	26	45
GPS and GLONASS	9	20	38

(资料来源: Misra, 1993, Hall 及其他人, 1997。)

v. 选择全球定位系统设备

2. 243. 商用全球定位系统接收器的价格和功能各不相同。技术规范决定测定方位所采用的精确度。接收器的功能越强大, 价格越高。用户须决定是否值得通过追加成本来提高精确度。在许多绘图应用领域, 标准系统的精确度非常高,

完全能够满足需要。接收器在用户界面友好、跟踪能力(对导航非常有用, 许多接收器能够画出简单的地图)以及地图投影和它支持的地理参考系统方面也不相同。在选择全球定位系统接收器时另外要考虑的因素是设备的耐用性, 功率消耗(由于电池价格昂贵, 汽车香烟点火器适配器非常有用), 坐标存储能力以及将存储的坐标转存到膝上型或台式电脑的简便性。

2. 244. 大多数销售商出售的是集成产品, 在全球定位系统接收器上集成了掌上型或笔记本电脑, 以便能够迅速在电脑屏幕上画出捕获的坐标, 要么仅在屏幕上画出坐标, 要么画在电脑存储的数字底图上。对于人口普查应用而言, 大量实地工作人员需要的设备有可能超过人口普查项目提供的资源。将坐标存储在系统内并且尽可能采用手工方式在数据表中记录备份数据能够降低成本。

vi. 人口普查绘图应用领域使用的全球定位系统

2. 245. 全球定位系统技术显然应用于一切绘图工作中，包括绘制人口点查员使用的地图（如 Tripathi, 1995）。有了差分全球定位系统，便可以用全球定位系统确定点查区边界的精确地理方位，并且可以具有成本效益的方式获得诸如服务机构或村庄中心等点状特征的方位。坐标可以下载，或用手工作方式输入数字化绘图系统或地理信息系统，也可合并现有的地理基准信息。

2. 246. 全球定位系统坐标用于人口普查绘图的确切方式因选用的人口普查绘图策略不同而异。全球定位系统可以点状模式收集坐标，例如，某个村庄的每栋建筑物或某个城市街道网络的交叉路口的坐标。在数据收集过程使用的地图或绘制的草图有助于回到办公室后判读坐标信息。另一种可能性是采用流模式收集全球定位系统坐标，在此期间，系统定期记录坐标。这样，步行、开车或骑自行车沿着道路行进便可自动记录线状特征。对于创建街道或道路网络数据库（见框注 II.3：厄立特里亚的例子），这种做法具有成本效益，尽管它取决于选用的数据质量标准，即所得线条的精确度是否符合要求。

2. 247. 在全球定位系统的应用过程当中，当然会发生各种各样的问题。在人口密度大的城区，标准全球定位系统可能发生的误差（多达 100 米）不能精确界定邻近的点查区。在这种情况下，必须使用差分全球定位系统或用其他数据源，如已出版的地图、航摄照片，甚至用在实地工作期间绘制的草图核对全球定位系统读数。有些城市，如多哈开发了全球定位系统基站系统，这个系统利用差分全球定位系统支持高精度绘图。但许多发展中国家尚没有这样的网络。由于卫星信号无法穿过固体物体，高楼林立或街道两边林木繁茂使接收大量卫星发出的信号难以进行。通过步行到较为开阔的地带并弥补所记录的坐标的偏差，受过培训的信号收集员仍然能够收到坐标信息。

vii. 集成的实地绘图系统

2. 248. 目前，共用事业及其他绘图部门的实地数据收集严重依赖地理信息系统。在许多应用中，全球定位系统集成了一台便携式计算机或个人数字助手。坐标一经捕获，即刻便显示在便携式计算机的屏幕上。如果计算机内存有数字底图，坐标可显示在屏幕上方。实地工作人员可以汇总任何需要的属性信息，并将这些数据存储在地理信息系统数据库。然后可在家中将地理信息系统信息输入地理信息系统。由于笔记本电脑及其他便携式电脑越来越廉价，集成的实地绘图系统不久便会成为用于人口普查实地数据收集的可行选择。同样，全球定位系统接收器的大小和成本不断减小和降低。在本手册成文之际，第一台可集成到手表内的全球定位系统宣布问世。将全球定位系统广泛集成在汽车和电子设备内也是可能的。

viii. 总结：全球定位系统的优缺点

2. 249. 全球定位系统的优点如下：

- 实地数据集的价格相对低廉，易于使用。现代化的装置几乎不要求进行使用培训便可投入使用；
- 收集到的数据可直接读入地理信息系统数据库，使中间数据输入或数据转换步骤成为不必要；
- 全球通用；
- 精确度高，可满足许多人口普查绘图应用的要求，采用差分校正方法，可以达到高精度。

2. 250. 全球定位系统的缺点如下：

- 在人口密度大的城区或林区，信号可能受阻；
- 标准全球定位系统精确度不能满足城市地区及捕获线性特征的要求，并且必须采用差分技术；

- 差分全球定位系统价格昂贵，实地数据收集所需时间较长，提高信息精确度的后处理较为复杂；
- 短期内的数据收集，也得投入大量全球定位系统设备。

框注 II. 3. 厄立特里亚的人口普查绘图

2. 251. 厄立特里亚在 2000 年进行的一轮人口普查期间，绘制点查员使用的地图广泛采用了全球定位系统（见厄立特里亚国家统计局办公室，1996）。国家统计局决定与加拿大统计局的专家合作制定人口普查绘图数字方法。交通、水文地理、地面点高度、分水线等基本特征根据比例尺为 1:100,000 的地图采用手工方式进行数字化处理。由于没有可靠的村庄和城镇地图，因此使用全球定位系统记录仅包括一个点查区（不到 100 户）的村庄的坐标。

2. 252. 对于较大的村庄和城镇，人口普查实地工作人员一边沿着居民点的所有道路和街道的中线步行前进，一边采用流模式记录全球定位系统坐标，居民点的仪器定期自动记录方位。同时，工作人员用手工绘制了基本草图，这有助于住户数目连接已填图村庄。

2. 253. 为了便于点查员随后判读地图，村庄的地标方位（寺庙、学校等）也作了记录。进行记录的办法是收集离地标最近的街道网络的坐标信息，并记录从该地到地标的偏差和方向。在较大的城镇，采用流模式使用基于车辆的全球定位系统记录城区。

2. 254. 实地绘图人员使用标准且价格低廉的全球定位系统接收器收集坐标数据。每天下班后，在价格低廉的膝上型电脑和磁盘上为这些数据备份。工作当中出现的一个问题是，怎样在偏远地区为全球定位系统电池充电。所有全球定位系统读数将使用国家统计局房顶的基站收集到的信息进行校正。将基站设在人口普查总局的优点有几个。一是能够保证校正数据源固定、恒定并且经过验证。二是由于总局电源稳定，安装在建筑物顶部的设备创造了一个可控的安全工作环境，因此为连续工作提供了保障。基站的方位离有些实地工作现场几百公里远不会给人口普查工作带来严重误差，尽管国土面积较大的国家可能需要若干个基站。

2. 255. 意味深长的是，有些村庄的全球定位系统坐标说明国家行政机构之间协调不力。结果使有些村庄位于指定行政单位的边界外。这类问题突出了人口普查机构和地方行政机构开展密切合作的重要性。这种合作也可扩大到先由地方行政官员审查人口普查局编绘的所有地图，再绘制最终地图。

资料来源：Larry Li，加拿大统计局，《个人通信》。

(c) 航空摄影

i. 航空摄影

2. 256. 航空摄影是精度要求高、任务期限短的绘图工作选用的方法（Falkner，1994）。

摄影测量学是一门通过摄影图像获取测量结果的科学，用于制作和更新基本地形图，进行农业和土壤调查，并用于许多方面的城市和地区规划工作。人口普查项目还经常使用航空摄影调查，迅速为没有最新地图或难以采用传统实地方法进行调查的地区制作地图。在人口普查开始前不久进

行的航空气调查，将为在尽可能短的时间内为点查区的划分提供最完善的依据。

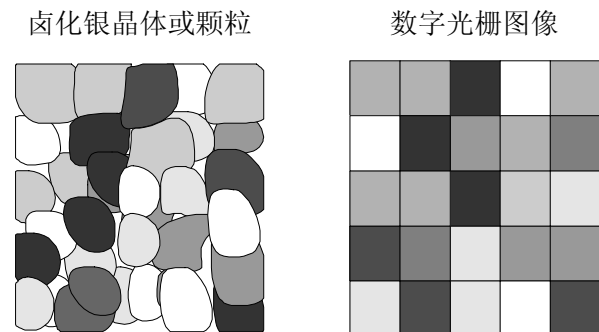
2. 257. 航空摄影在飞机发明后不久便一直用于绘图。早期的航空摄影使用标准摄影机。但不久，构造特殊的摄影机系统问世后将几何失真现象减到最少，并且安装在带有专用适配器的飞机上，因此，摄影机系统能够通过飞机地板上的小孔垂直拍摄地面。判读航摄照片的设备以及将从此类照片抽取的信息转换成地图的设备很快发展得非常先进。例如，判读立体图像对是制作高等等高线地图的主要方法。对航摄照片传统判读技术的详细回顾可参见《美国人口普查局手册》（美国人口普查局，1978）。因此，以下各段仅对计算机辅助航空摄影技术最近取得的成果进行介绍。

2. 258. 航空摄影是通过在低空飞行的飞机上安装的专用摄影机实现的（Michael，1997）。摄影机将图像拍摄在摄影胶片上。与数字传感器系统相比，胶片目前的分辨率仍然要高得多（即区分细小物体的能力）。由于数字成像领域取得的飞速发展，在不远的将来，这种现象势必会发生变化。以往，航空摄影项目的最终产品是地面某个区域的照片。根据设计，航空摄影的照片，其重叠部分要在 30%和 60%之间。摄影绘图人员对这些照片进行综合整理后，能够制作出覆盖整个地区的无缝镶嵌图。洗印出的航摄镶嵌图与地图的使用方法一样。这些图片可加注解，也可以供实地工作参考，此外能够通过数字

化处理创建或补充地理信息系统数据库的各种特征。

2. 259. 如图 II.20 所示，黑白摄影胶片上涂有一层明胶，其中嵌有细小的光敏卤化银晶体。这些晶体呈不规则状，且大小不等。相反，扫描图像是规则的像素组合（图像的组成部分）。

图 II. 20. 摄影胶片和扫描图像

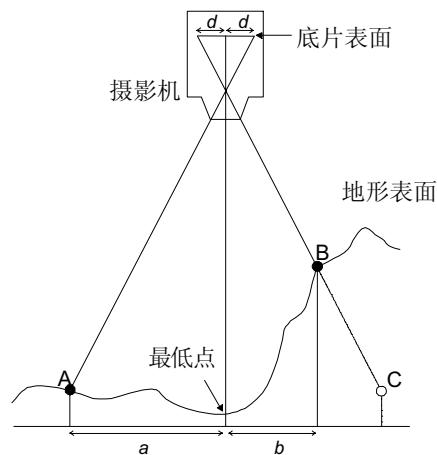


2. 260. 航摄照片类似于地图，因为拍摄到的是地表面各种特征的俯视图像。航摄照片与地图的不同之处在于，它们仅能表现地面上实际看到的特征，当然也没有人为的边界、专题信息以及注解。如果不做进一步处理，航摄照片达不到地图所具有的几何精确度。摄影机的角度和地形的变化使航摄照片的图像产生失真。因此，必须另外进行处理，才能制作出所谓的正摄影像地图，这种地图兼有地形图的精确度和照片的高清晰度（见 II.4）。

框注 II. 4. 数字化正摄影像地图的开发

2.261. 为了制作地图式的数字化正摄影像，在图片上造成的失真需要予以消除。这些失真来自摄影机的角度与地形的变化。由于地形变动而造成的失真可参见图 II.21 的说明（根据 Jones, 1997）。摄影照片从本质上来说，实际上是地球表面的一个透视投影的结果。点 B 与点 A 相比处于比较高的位置上。在实际情况下，B 点的位置从水平方向的最低点算起，距离为 b ，这个最低点处于摄影机镜头透视中心垂直以下的位置上。可是，反映到摄影机底片上的透视投影结果却给人们一种视觉上的误导：B 好像是位于点 C，因此，从作为 A 点的底片中心到距离 d 的投影是相同的。

图 II. 21. 由于地形所造成的失真



2.262. 为了纠正航摄照片上的失真，必须知道每一个点相对于地面的标高。标高可以通过一对对的立体航摄照片确定。这些航摄照片覆盖了地面上大致相同的区域，而且两幅照片在拍摄时稍微错开了一小段距离。立体测绘分析仪提供了相应的功能，操作人员可以借助它把立体对的图像正确标注，并将其中的三维空间特征位置抽取出来。目前一流水平的软拷贝地图制作系统具有非常高的自动化功能，可在图像处理过程中进行标注并消除失真，在校正过程中考虑各种因素和所有相应的参数，例如，空中摄影机的倾斜镜头的失真等。由此，操作人员可以从航摄照片中正确地抽取地理基准的数字化数据。输出的成品包括：从航摄照片直接生成地理信息系统数据，例如生成可以显示地形变化的网线框架式地图，或者生成数字化标高模型，后者是一种光栅图像，相对应于原始的航摄照片而言，通过其中的每一个像素值代表地面上相应点的高度。数字化标高模型不仅对人口普查绘图项目十分有用，这些数据集还在环境管理的保护以及自然资源的管理工作中，特别是水文地质方面，具有相当重要的用途和使用前景。

2.263. 在适当的地理基准系统中完成了上述标注过程并消除失真后，原始的航摄照片已经被转换成数字化的正摄影像地图。它们通常按 1:2,000 至 1:20,000 的地图比例制成，随拍摄高度和处理过程的精确性等略有变化。一幅幅相互连接的正摄影像可以通过数字化方式组合到一起，创建出一套无缝整体图像数据库，用于整个城市、地区或整个国家。绘图人员通过屏幕数字化处理从正摄影像中抽取或勾画出地理特征。或者，直接将其作为背景图，供现有的地理信息系统数据层使用。

ii. 方案实施与机构问题

2.264. 建立数字化的正摄影像需要在摄影测绘方面具有相当的专业技能，而一般普查机构不具备这些条件。因此，普查机构需要与其他国家单位签订合作协议，这些部门大多是地图测绘单位或空军的勘测单位。此外，还有一种办法是，把工作包给一家商业航测绘图公司。现在，已有几家国际性的地图绘制公司，他们可以提供飞机、摄影机和数据处理设备。

2.265. 然而，此类服务的价格不菲。但好在不只是人口普查部门一家需要航摄照片，它们对于很多其他部门也非常有用，例如服务设施的规划、城市地图更新和地籍项目等（参见，如 Ahmed, 1996: 以及 Clarke, 1997）。如果把费用分摊给有意加入的各政府部门，或者，甚至吸收一些私营部门，就可以大大地降低人口普查机构所要承担的费用。由于资源所限，有时不可能制作覆盖全国的航摄照片，但可为特定地区制作。例如香港统计局就曾利用航空摄影的手段估算在船上生活的居民人数（NIDI, 1996）。这个实例说明，可以利用这项技术计算那些难以直接进行点查的人口群。另外类似的例子还有，游牧人口群或难民群、飞速发展的市区，或者在正常情况下难以到达的地区。

2.266. 正如前面几段所述，开发正摄地图需要相当的技术力量和专业设备。相比之下，使用正摄地图并不要求接受很多严格培训。例如说，一个城市的地理数据库可能就是只读光盘上几张可以拼接的图像，通过任何标准地理信息系统或桌面地图绘制软件都可以将其无缝连接在一起并显示到屏幕上。这种数字化的正摄影像地图可以按标准图形格式（如 TIFF 标记图像文件格式）存储。因此，用户并不需要配备专用的图像处理软件。事实上，任何一种图形软件包都可以用于从这些图像中抽取所需特征，不过这样操作时，地理基准信息会有所损失。所丢失的信息通常包括图像的尺寸与真实世界坐标信息，它们存储在一个很小的首标文件内。借助于这些信息，大多

数桌面地图制作软件包都可以将这些图像标注到任何地理信息系统数据集中，只要这些数据集存储在相同的地理基准系统内。

iii. 航摄照片在人口普查绘图方面的应用

2.267. 正摄影像地图非常适合用于居住单位计数和人口估算。借助于航摄照片进行的房屋和人口统计有时被称为屋顶测算。在农村地区，居民点在航摄照片上可以很清楚地得以区分，房屋基本上处于分散状态，居住单位的数目可以相当容易地加以确定。如果有了每个家庭人口平均数的可靠估算值，即可得出对于普查目的来说足够准确的人口估算值。在市区，房屋非常紧密地靠在一起，住在多层楼房里的家庭数目就更难确定。即使存在种种困难和不确定性，如果对该区域有所了解或调查员受过一定训练，仍然有可能得到足够准确的人口数量估算值。然后，人口普查员可以划定点查区的边界，使每个点查区内包含一定数量的住宅单元。由于正摄图可以作为正确的地理基准，因此点查区的划分也可以借助已知参数按照合适的地图投影方法进行标注。这意味着，为了使数字化边界与其他地理信息系统数据保持兼容而不得不做的繁琐的协调地理基准工作就没有必要进行了。

2.268. 航摄照片的解释通常基于人的视觉解释。因此，人口普查地图绘制员没有必要接受高级的图像处理技术方面的专门培训。点查区的边界可基于航摄照片进行划分，为点查人员提供地理基准的附加地理特征也可从航摄照片中抽取。这种特征也可在计算机上通过交互方式予以界定，只要用鼠标或其他类似定位装置即可完成（参见图 II.22）。还有一种方法是，人口普查员可以把图片打印出来，在透明的（醋酸纤维或是聚酯纤维）塑料胶片上对特征进行追踪。也可以扫描这种图片，进行量化处理。这种处理方法需要一个额外步骤和更多的材料，但经过这种处理后，通常能提高成品输出的准确性（参见第 4 (b) 和第 4 (c) 中有关数字化和扫描问题的论述）。

图 II. 22. 在数字化正摄图上对普查区段的边界进行交互式界定



(资料来源：MIT/MassGIS 数字化正摄图项目 <http://ortho.mit.edu>)

2.269. 正摄影像地图还可作为背景，在上面显示全球定位系统所收集的点的位置，或其他数字化特征，如健康设施和运输网络等。除了制作点查区地图之外，还可将正摄图打印出来，发给点查员，帮助确定指定给他们的点查区的边界。

2.270. 有一个问题妨碍了这种技术在普查办公室内的应用，即，对于大面积、高分辨率的数字化正摄影像地图而言，工作中所涉及的数据量过大。为了便于工作，最好能制作一份分辨率相对较低的数字化航摄照片，只要其显示内容能够满足普查工作的需要即可，以方便处理和存储。数字化正摄图常常具有非常高的分辨率，每一像素的地面尺寸可以达到厘米一级（通常为 5~30

厘米）。通过对数字化正摄图重新取样，使每个像素的尺寸限制在 0.5~2 米范围内，这样的分辨率已足以满足在市区范围对点查区进行划分了。

2.271. 未来的航空摄影工作将是全数字化的过程，因此无需制作中间环节的印刷图片。一种使用飞行全球定位系统控制和数字分幅摄影机的系统已经可以投入使用（Bossler 和 Schmidley, 1997）。数字分幅摄影机采用电荷耦矩阵器件（CCD），可以生成 9,216×9,216 像素的图像，其实物定位准确度可达 1 至 4 厘米。由于取消了一些中间步骤，如照片印制和随后的扫描工作等，使用这项技术比使用传统的地图制作技术速

度更快，价格便宜。正如计算机的处理速度一样，数字相机的分辨率肯定也会不断提高。在不久的将来，准确、实时和全数字化的航摄地图制作技术一定会取代传统的航摄制图方法。

iv. 小结：航摄照片的优缺点

2.272. 航摄照片的优点为：

- 航摄照片可以提供大量细节，并可进行视觉解释。可同时显示许多地理特征信息，如道路、河流，以及建筑物等；
- 数据收集迅速，地图数据的加工制作快于地面测绘。最新的航摄照片可作为人口普查地图绘制工作的更为可靠的基础，不用像过去那样频繁地对地图进行更新；
- 对于交通不便或野外操作十分困难或十分危险的地区，可利用航摄照片制作这些地区的地图；
- 利用航摄照片制作地形图比利用传统的测绘技术的价格低。不过，由于人口普查地图的精度要求比地形图所要求的精度低，如果仅为普查目的而投入相当大的投资则没有必要；
- 印制出来的航摄照片对野外作业十分有用，它是一幅“更大的画面”。野外作业人员可以从更广阔的视野看到他们四周的地形。在显示地理信息系统数据集时，数字化航摄照片可以作为背景使用。

2.273. 航摄照片的缺点为：

- 航摄照片的制作需要昂贵的设备和专门技能，因此，人口普查机构需要依赖外部支持；
- 航摄照片还需要地貌特征名称信息，它们只能从过去的地图中抽取；航摄照片无法完全摆脱对野外作业的依赖；

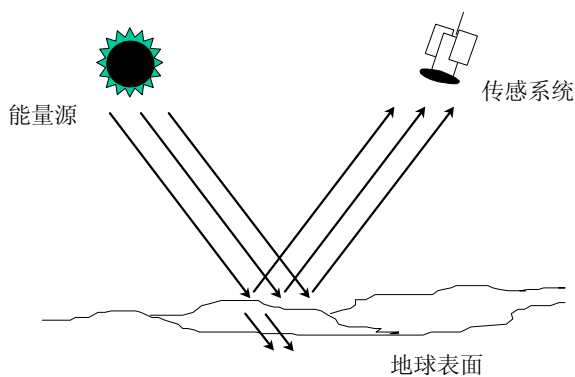
- 当地貌特征隐藏在茂密的植被或云层之下时，或当对比度不够，难以区分靠紧的地貌特征时，航摄照片的解释将发生困难（例如难以区分天然材料建造的住宅与周围的地面环境）；
- 数字化航摄照片包括大量的数字化数据，必须使用高性能计算机显示和进一步处理。

(d) 卫星遥感

i. 原理

2.274. 卫星遥感技术没有航摄照片的某些缺点，例如，对地面覆盖面相对较小，而且需要进行专门观测（Lillesand 和 Kiefer, 1994；Jensen, 1996；以及 Gebizlioglu 及其合作者, 1996）。卫星图像从基于空间的系统获得，其中的大多数图像通过所谓的被动光学传感器收集而来，这种传感器对地球表面物体的可见和不可见的电磁波谱反射进行测定（参见图 II.23 和图 II.24）。卫星系统不用摄影胶片记录反射的能量，而采用一种类似 CCD 数码相机的光电检测阵元件对电磁辐射强度进行测量，并将其作为一幅数字化的行列图像记录下来。

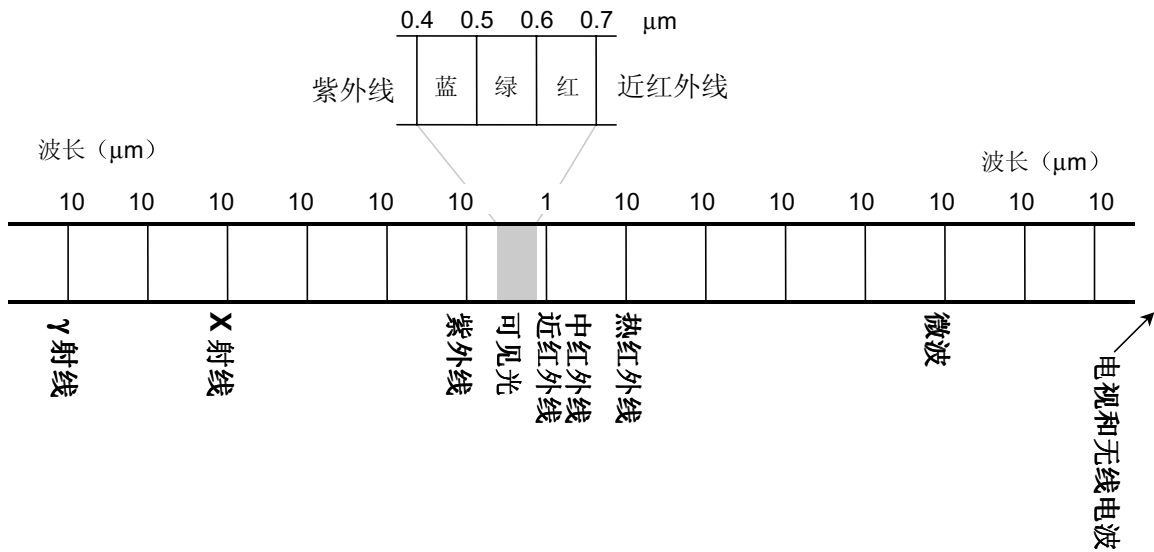
图 II.23. 遥感过程



2.275. 卫星传感器是按多谱或全谱模式进行工作的。多谱的意思是卫星要收集几种图像（或频带），其中的每一个图像仅对电磁波谱中某一部分（通常是可见光和与红外线范围接近的部分）的反射能量进行测量。通过把一幅图像分解成不同的频谱带和将不同的频谱带合成为一幅图像的分析能力，卫星传感器能够依据地面上不同

地貌特征的反射特性对地面物体进行分类。例如，稻田会在某一特定的带宽内显示出强烈信号，而建筑群则会在其他带宽上更清晰地得到表现。全谱卫星传感器能够在很宽的频谱范围内捕捉反射能量。所得的图像类似于黑白摄影照片。这种图像的分辨率通常高于多谱图像，因此更适合作为测绘应用的基础。

图 II. 24. 电磁波谱



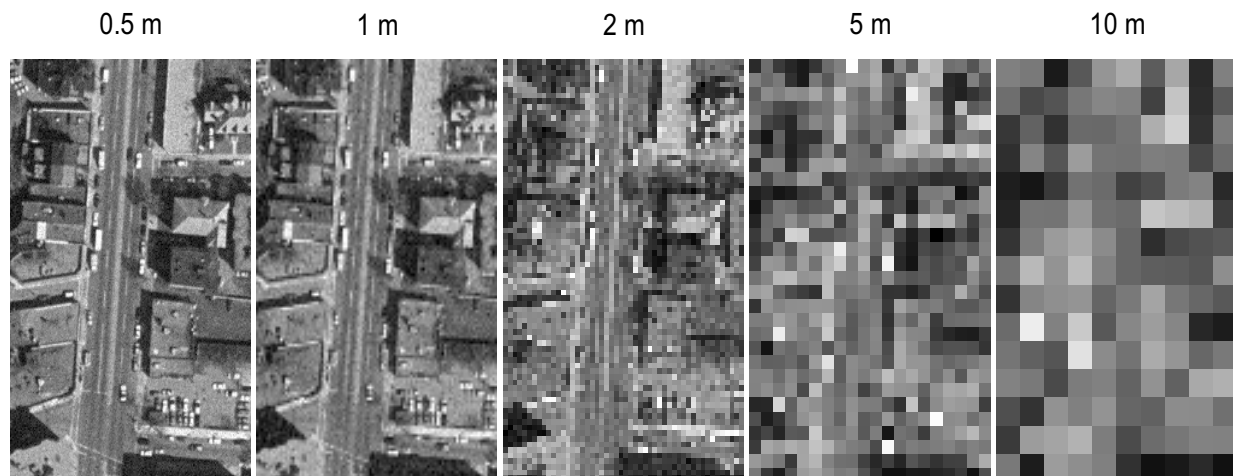
2.276. 传感器系统得到的数字化数据包括数字矩阵，表示地球表面相应位置上的反射能量级别。卫星将这些数据发送给地面接收站系统，并在系统内对数据进行几何校正和地理基准处理。处理后的数字化图像或打印图像可以通过观看进行解释，类似于上面讨论过的航摄照片解读。卫星数字图像可以显示在地理信息系统上，技术熟练的操作人员可以对其中的地貌特征进行界定。对于其他很多用途来说，例如观测土地利用情况或自然资源管理，则需使用统计技术对多谱图像进行分类。这些土地覆盖区预测分类基于已知种类的控制现场与其频谱特性的校准关系之上。

ii. 分辨率

2.277. 卫星图像的分辨率是按地面上一个像素的大小测定的。最常用的商业卫星的像素尺寸为 10~80 米，例如，地面观察卫星的全谱传感器和地球资源卫星的多谱图像测定技术均是如此。这种分辨率相当于 1:25,000 至 1:50,000 或更小的

地图比例。图 II.25 比较了各种不同尺寸的分辨率的效果，它们是从一幅数字航摄照片上模拟下来的，该图片的分辨率为 0.5 米，其他尺寸则是通过聚集形成。图像的覆盖区，其地面面积为 100×150 米。在分辨率为 2 米的情况下，每一座房屋甚至每一辆汽车都可以逐个区分，可是，像素尺寸如果再大就区分不出来了。从遥感数据中还可以抽取更多的信息，需要使用先进的图像处理技术，包括边缘检测算法和专用过滤算法。这样一类技术已经成功地运用于地图制作上，并且用于绘制发展中国家一些快速发展的城市的地图和探测新开发区发生的变化。卫星数据同样用于发展中国家的农村地区。这方面的一个很好的应用实例是，快速开发的地形图满足了尼日利亚在 1991 年进行人口普查时对地图的需要。他们从 90 幅地面观察卫星图像中制作出了大约 150 幅卫星图像地图，覆盖面积大约为 110,000 平方公里 (Satellitbild, 1994)。

图 II. 25. 不同像素尺寸在航摄照片和卫星图像中的效果比较



2.278. 最近, 高分辨率的卫星图像技术已经可以得到商业化应用。俄罗斯和印度的卫星分别提供了分辨率为 2 米和 5 米的图像。俄罗斯的一种基于摄影机的卫星图像系统 KVR 1000 所提供的大批图像已经用于城市土地使用率的地图制作以及城市地图的更新。在未来几年内, 一些私人国际财团将发射商用卫星, 声称可达到 0.82 米的图像分辨率 (Carlson 和 Patel, 1997)。这些公司预期, 分辨率如此高的图像技术正式投入使用后, 将会极大地拓宽卫星图像用户的基础设施。这些卫星图像将比航摄照片的价格更低, 并且更迅速。然而, 由于以前的卫星系统大部分是公共投资的, 因此不意味着商业运作的系统肯定能够获得足够的年收入, 以证实进行大量投资, 开发研制、发射和维护此类卫星系统是值得的。

2.279. 大多数商业运作公司打算提供几种可能方案, 以适应对卫星图像的不同要求。其中最为昂贵的一种是, 满足某一特定地区紧急需要的图像需求。因为需要很高的分辨率, 因此卫星仅覆盖地面上的一片小地区, 也就是沿卫星飞行路线所选定的区域。费用较低的服务是, 在时间要求不十分紧迫的情况下获取图像。最后, 经过一段时间, 卫星积累了相当数量的图像并建成了图像档案库, 其中某些图像的销售价格就会降低。图像制品的价格也与原料数据加工处理的深度和过程有关。其中包括辐射度校正、几何校正和地理基准制定, 它们中的一些与地面控制点有关, 有一些无关。与从通过卫星采集, 经过加工处理而成的数字化正摄图的价格相比, 初步采集的图像数据要便宜得多。

iii. 应用

2.280. 高分辨率卫星图像所能显示的地理细节与通过航摄数据库所建立的数字化正摄图相近。对于卫星图像来说, 一个最大的问题是, 获得一幅没有云层遮盖的图片十分困难, 相比之下, 低空飞行的飞机则十分灵活, 可以比较容易地躲过云层进行空中拍摄。借助无云层遮盖的高分辨率照片可以估计出房屋和人口的数量以及确

定点查区边界。一些分辨率比较低的卫星图像则无法提供足够的细节, 难以对住房数量进行计算。

2.281. Lo (1995) 根据每个选举区常住居民分类的像素比例, 估算出了香港九龙地区、位于人口密集市区内的选区的总人口数。尽管数据的高估和低估误差可以相互抵消, 总体误差非常低, 但人口普查数据对每个具体的报告区来说却难以接受 (参见 Clayton 和 Estes, 1980, Lo, 1986; 以及 Paulsen, 1992)。每个村庄或密集城市之外的主要自然地理特征也可以从分辨率低的卫星图像中抽取, 因此可为点查区地图的制作提供有价值的信息, 为农村地区点查区的划分提供足够的细节。Pazner 及其合作者 (1994) 提供了一份介绍性读物, 讲述了如何从遥感图像中抽取有用的信息。

2.282. 获取卫星图像与航摄照片相比虽然便宜一些, 但仍相当昂贵。高分辨率的卫星数据应与其他部门共同分摊费用, 或在没有足够地图覆盖的地区作为一种补充手段使用。

iv. 遥感数据的优点和缺点

2.283. 遥感数据的优点为:

- 能以相对低廉的价格获得低分辨率图像, 为非常大的地区提供最新信息;
- 可从这些图像中抽取大量信息;
- 可以更新广大农村地区的地形图; 例如, 对原有地图中缺少的新居民点或村庄予以确认。

2.284. 遥感数据的缺点为:

- 很多系统的图像分辨率不能满足人口普查工作的需要;
- 云层和植被覆盖限制了对图像进行解释;
- 地貌特征的对比不够鲜明时, 将很难区分, 例如, 很难区分农村地区的土路与传统的建筑材料;

- 图像处理需要大量专业技能。

4. 地理数据转换

(a) 将硬拷贝地图转换成数字化数据

2.285. 把硬拷贝地图上可见的地貌特征转换成数字化的点、线、多边形和属性信息的过程，称为数据自动处理或数据转换。到目前为止，在很多地理信息系统项目中，这是一种耗费大量时间和资源的过程。

2.286. 把硬拷贝地图或印制的航摄照片信息，或遥感图像的信息转换到一个数字化的地理信息系统数据库中涉及一系列步骤。虽然步骤顺序可能有所不同，但所要进行的程序大同小异。首先要在地图上选择点状和线状的地貌特征，将其转换成计算机内的数字化坐标值，然后通过大量的编辑，处理存留的误差和疏漏。之后，还要把数字化仪或扫描仪所使用的坐标的长度单位转换成原地图投影法采用的真实世界的相应坐标值。某些系统在数字化之前，可以确定地图投影方法。如果属于这种情况，那么，在数字化的过程中，坐标值就会自动随之转换。当然，最终结果都是相同的。

2.287. 下一个步骤是，为数字化地貌特征加上统一代码。例如，代表道路的线段需要一个代表路面状况的编码（土路、单车道、双车道公路等），或者赋予一个惟一的编号，以便与其他有关信息连接，例如，与街道名称表连接。在高端地理信息系统软件包中，这一步骤之后，还要建立数据库，亦称建立拓扑关系，也就是建立数据库内的各个地貌特征之间的关系。例如，对于一个道路数据库来说，系统要确定两条或多条道路的交叉点，并在交叉点上建立一个节点。对于多边形数据而言，系统还要确定哪些线段对各多边形的边界进行界定。数字化数据库完成并检验无误后，最后一步是添加附加属性。有些信息可以永久性地连接到数据库上，而有些关于每个数据库特征的附加信息则可以存成单独的文件，这些文件都根据需要与地理数据库连接。

2.288. 把硬拷贝地图的信息转换为数字化数据有两种主要的方法，一是手工数字化处理，二是扫描。第一种方法是利用光标或鼠标对地图上所有需要的点或线状地貌特征进行跟踪。手工数字化处理也可以根据一幅更新过的地图或做上标记的地图，对新建有的数字化地图进行更新。相比之下，扫描是一种自动把地图转换为一种数字化光栅图像的过程，以后这种光栅图像可以转换数字化线段。下面对两种方法分别予以讨论。

(b) 数字化处理

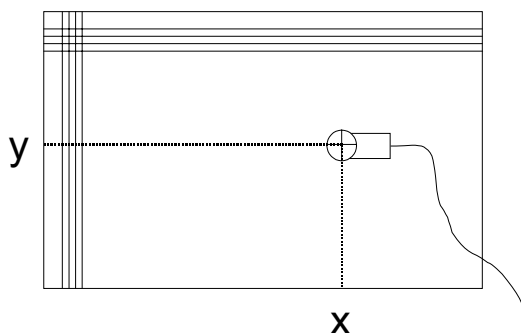
2.289. 对于空间数据的自动化处理来说，手工数字化处理在相当一段时间内是最为普通的方法。手工数字化处理需要一张数字化板，其大小从 30×30 厘米到 120×180 厘米。大型的数字化板有助于加快大型地图的数字化进程。用小块数字化板做大型地图的工作必须将地图分成几块，完成后再拼接到一起。在数字化处理过程中，通过定标带把地图固定到数字化板上。比较理想的地图更应该是平展的，既不要卷曲也不要折叠。纸张通常都会收缩，特别是在潮湿的条件下，这种收缩将导致纸张变形和出现凹凸，最终使数字化地图数据库产生失真。

2.290. 第一步是在地图上准确地定出几个控制点（通常至少四个）。这些控制点有两个目的。一是，如果一幅大型地图分几个阶段进行数字化处理，那么它必须在数字化板上移动多次，有了控制点就可以重新定位。二是要在底图投影系统中选择控制点的已知真实坐标。好的控制点应选择在经纬线的交叉点上，在多幅地形图上均可看到。在对点或线状地貌特征进行数字化处理之前或之后需要确定地理基准，在这个步骤中，要把在数字化板上量测到的厘米或英寸转换成真实世界中的坐标单位，通常是米或英尺。

2.291. 在选定控制点之后，运用一个可与数字化板通信的光标器，在地图上跟踪线状地貌特征。数字化板上有一套电路网格（它的部分形状参见图 II.26）。电路网格形成电磁场。光标器有一个金属线圈。数字化板与光标器之间发生相

互作用，一个是发射器，另外一个接收器。因此光标器能够确定与其最近的 x 方向的电线和 y 方向的电线。准确位置可通过插值法获得。经过数字化处理的地貌特征可立即送到计算机屏幕。操作人员可以看到已经捕捉到哪些边界，是否出现了很大误差。

图 II. 26. 数字化板



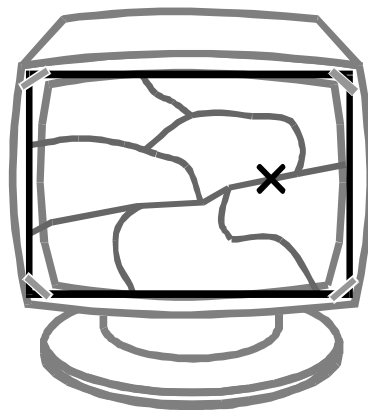
2.292. 坐标值是按照点、距离或流线的模式记录的。在点模式中，操作者每按一下光标器上的按钮，线条的方向就改变一次。对于曲线来说，所记录的坐标点的数目决定了出现在地理信息系统数据库中一条曲线的光滑程度。在距离模式中，坐标值是根据光标移动的规定距离自动记录的。而在流线模式中，坐标值是按照预先规定的时间间隔，在光标移动过程中自动记录。在距离和流线模式中，对于带有很多曲线的复杂线段存在一定危险，所记录的坐标点可能过于稀少，反之，对于长直线则可能产生出很多冗余点。一般来说，有经验的操作人员愿意使用点模式，自行确定坐标点的疏密程度。

2.293. 对于操作人员来说，数字化过程是一件既繁琐又令人疲倦的工作。因此，除了安排训练有素的操作人员之外，还要提供良好的操作环境和设施，并包括一台符合人体工程设计的合适的数字化仪。性能一致的地理信息系统软件宏指令可以辅助操作人员工作、提供良好的控制，有助于减少数字化过程中的差错，为以后的编辑工作打下良好的基础，缩短工作周期。

2.294. 在进行数字化处理期间，操作人员可以给所捕捉的每一条线或每一个点指定一个特征编码。例如，对于不同级别的行政管理区可以这样编码：用 1 代表省级边界，乃至用 3 代表区级的边界。在某些具有拓扑结构的地理信息系统中，用户必须为每一个数字化的多边形增加一个所谓的标记点，这个过程可以在建造拓扑结构之前进行手工或自动数字化处理时完成。这个标记点的作用是，在多边形和含有多边形相关数据的地理属性表之间建立链接（参见附录 I）。

2.295. 还有一种不用数字化板的数据输入方式，有时称之为盖头式数字化处理。操作者对一幅透明地图上的地貌特征进行跟踪，而该地图置于计算机屏幕上（参见图 II.27）。通过鼠标在地理信息系统数据输入模块或干脆在一个支持地理信息系统兼容格式的绘图软件包中，对线条和点进行数字化处理。当找不到数字化板或其他标准坐标输入装置时，这也是一种可行的方法。然而，只有在要求非常低的情况下，才可以使用这种方法。在另外一种盖头式数字化处理过程中，操作者通过扫描地图、航摄照片或卫星图像作为背景，利用鼠标跟踪地貌特征。这种方法能产生更准确的结果，具体情况将在下节讨论。

图 II. 27. 盖头式数字化处理



数字化的利弊

2. 296. 数字化的优点如下：

- 数字化容易掌握，因此无需昂贵的熟练劳动力；
- 数字化过程中可随时添加属性信息；
- 通过人工数字化处理，可获得高度的准确性；即与原图相比，一般不会丧失准确度。

2. 297. 数字化的缺点如下：

- 数字化单调乏味，很可能导致操作者过度疲劳，造成质量问题，因此可能需要大量的后续处理工作；
- 人工数字化处理速度比较慢。大规模的数据转换项目可能需要为数众多的操作人员和数字化表格；
- 与使用全球定位系统或空中摄影所收集的基本数据不同，数字化测绘的准确度必然受原始资料质量的制约。

(c) 扫描

2. 298. 对许多数据输入工作来说，扫描是数字化的一个可行的代替手段。扫描仪有多种类型，但工作方式基本相同。将图面朝下放置在扫描平面上，光线斜照在图上。一个感光装置将每个小格或像素反射的光强记录在非常精密的网格上。在灰度模式中，光强直接转换成数值，例如，转换成 0（黑）到 255（白）之间的一个数。在双值模式中，以光强阈值为准，将光强转换成白或黑（0 或 1）单元值。在彩色扫描仪中，光感装置分成三部分，分别感应红、绿、蓝三种颜色。当它们组合在一起时，三种颜色信号的相对强度就决定了像素的颜色。扫描的结果产生出原图的光栅图像，它能够储存在一个标准的图像格式里，如 GIF 或 TIFF 格式。在为图像加注地理信息之后——包括以实际使用的单位规定图像角坐标和像素的大小——图像就可以在许多

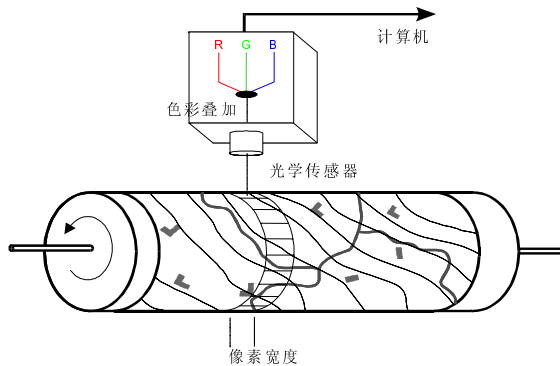
地理信息系统软件包中以现有的向量数据的背景出现。而从图像中抽取地理特征形貌的工作通常由人工或自动完成，并转换成向量数据。

2. 299. 常用的扫描仪有三种基本类型：

- 台式扫描仪，这是目前许多办公室中常用的设备。这类设备版面较小，因此，较大的图必须分成几部分扫描，然后由计算机拼合。文件面朝下放置在玻璃板上，摄像机和光源在玻璃板下顺着文件移动。台式扫描仪的优越性在于价格低廉、便于安装和维修。它们很适用于扫描文本文件（如数据表格）以后再用光学字符识别软件解读。它们也能将小的图表和地图等输入到计算机中。这类设备较不适合于大型地图的转换工作，在这样的转换中，会有许多大版面的地形和专题地图需要扫描。将这些地图分割成小部分进行扫描，然后在计算机里拼合，是一件耗时费力的事情，并且很可能因此产生大量错误。
- 滚筒式扫描仪价格比较昂贵，适于精度要求非常高的专业用途（如摄影制图或医学方面的应用）。将地图固定在一个旋转鼓轮上。然后，一个传感系统顺着地图移动，记下每个像素的光强或颜色（见图 II. 28）。滚筒式扫描仪虽然精度很高，但它们过于昂贵且速度相当缓慢。一次扫描可能需要 15 至 20 分钟。
- 进给式扫描仪是目前大型地理信息系统制作使用得最多的扫描仪。这种设备的传感系统静止不动，而地图在传感器阵列上横向移动。它的精确度低于滚筒式扫描仪，因为与扫描头的运动相比，图像进给的控制较难做到十分精确。但对地理信息系统制作来说，它的准确度通常已经足够，而成本却较低，图像扫描一般不超过 5 分钟。需要提请注意的一点是：进给式扫描仪的滚轮可能会对较陈旧的或易破碎的文件造成损坏。

图 II. 28. 滚筒式扫描仪的原理

(在 Kraak 和 Ormeling 之后, 1997)



2. 300. 操作人员对扫描仪进行的设定对输出图像的特性有巨大影响。选定最佳参数需要经过一定试验, 因为这取决于扫描仪的选项、被扫描的底图或照片的特征、以及预期的后续处理步骤。最重要的参数如下:

- 扫描模式。双值模式对单色图或草图是合适的, 对色分离的所有特征基本属于同一类型的图也同样适合。灰度模式能在地图上保留变量, 并可借助图像的继续处理, 在图表或图像处理系统中抽取仅具有一定反射值的特征。如果用彩色模式扫描地图, 这就会更加容易, 例如, 地图上所有用绿色表示的形貌可以用几个简单的指令抽取出来。
- 图像分辨率用每英寸点数 (dpi) 表示。一般扫描分辨率在 100 和 400 dpi 之间 (航摄照片通常使用专用扫描仪进行扫描, 分辨率较高)。较高的扫描分辨率能够保存较多的原始地图的细节, 在向量化的地理信息系统数据集中可得到较光滑的线条。但所得的图像尺寸较大, 需要更多的内存和磁盘空间; 扫描分辨率增加一倍, 图像尺寸要增加四倍。如何选择分辨率取决于源文件的性质、现有硬件和最终图像的计用途。

- 亮度、对比度和阈值。这些参数决定了最终图像的特点。亮度决定整体图像的明暗。对比度用于决定如何保存灰度和细微色调。对比度高使图像显得更加鲜明, 但也可能因此丧失一些变量和细节。阈值这个参数用于双值模式中, 决定原始文件中的灰值如何转换为黑白像素。有的扫描是为了产生对视觉有吸引力并能准确表达源文件的图像, 有的则是为了进行后续向量化处理, 扫描的目的不同, 参数选择也就不同。对后一种目的来说, 较高的对比度或亮度可以突出地图中的特征形貌, 因此有助于以后往向量格式转换。

- 伽马 (g) 校正。如果图像像素值比较规则地分布在全灰度范围内, 亮度和对比度就能比较好地进行控制处理。但情况往往并非如此。例如, 图像可能非常亮和非常暗的区域组成的。g 校正这项技术就是考虑到图像中灰度的分布, 从而自动进行调整, 使区域增亮或变暗, 或将单元值扩展到更广的灰度范围去。这项技术常常能够帮助保存图像中的细微变化。

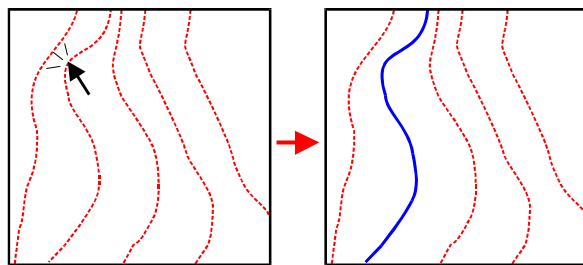
2. 301. 扫描源文件仅仅是第一步, 也是相当简单的一步。由于转换过程的最终结果是点和线组成的数字地理数据库, 在光栅图像上包含的扫描信息需要转换成坐标信息。这个过程叫做光栅向量转换。直到最近, 这个步骤还是扫描过程中的一个薄弱环节, 这也是数字化一直经常被优先选为数据输入方式的原因。软件开发、图形识别技术和处理速度方面的最新成果使这个领域有了重大的进展。

2. 302. 光栅向量转换的操作有自动、半自动和人工手动三种模式。在自动模式中, 系统将光栅图像的所有线条都自动转换为坐标序列。由于地图上的粗线到了光栅图像上就成了有几个像素宽的线条, 自动的光栅向量处理过程总是从线条细化算法开始。下一步是决定每一个给线条定

义的像素的坐标，接着，很可能就是除去多余的坐标——即用较少的坐标来表示直线。转换软件常常允许用户指定容差级。例如，只含有一个或几个像素的地方可能实际表示的只是源地图上的一个污点，因此可以自动消除。还有，如果图像是用彩色扫描仪扫描而成的，光栅向量软件常常允许用户指定配给颜色的线条代码。这对于抽取不同类型的特征形貌并入不同的地理信息系统数据层是有用的。例如，在源地图上，河流可能用蓝色表示，道路被画成黑色，而行政区划的界线则为红色。

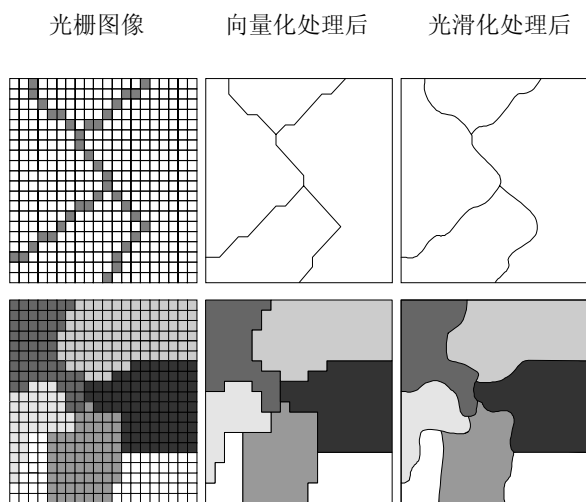
2. 303. 在半自动模式中，操作员点击每条需要转换的线（图 II.29）。此系统就循着这条线找到最近的交叉点，将它转换成一个向量表达式。这样做的好处是：操作者在地图上只需选择一组子集，例如，只选择所有的道路，而不要河流。最后，谈谈手动模式。扫描所得的光栅图像仅仅用做计算机屏幕上的底图。操作者利用鼠标随着扫描图像上的特征形貌建立坐标，这和以前提到的灵活的数字化方法相类似。

图 II. 29. 半自动向量化处理



2. 304. 如果线性特征或区域特征是自动由分辨率相对较低的光栅图像转换成向量格式的，所得线形可能会曲折粗糙，很不自然。通用的办法是利用地理信息系统软件包中备有的样条功能和概括功能使向量数据变得光滑。图 II.30 显示了线形和多边形数据集两个例子。

图 II. 30. 扫描图像数据的向量化和光滑化



i. 补充说明

2. 305. 在计划一个基于图像扫描的数据转换项目时，有许多要点需要考虑。有关扫描技术的广泛探讨可见于 Pazner 等人（1994）、Hohl（1998）和联合国（1997c）提供的资料中。下面仅列举其中主要的几点。

2. 306. 在扫描前妥善准备地图底本有助于显著改进输出质量。地图应该平整干净。地图上的任何胶带残余物都应除去，否则它们会在扫描仪面板上留下痕迹。地图上模糊的地理特征应用钢笔或其他标记笔勾描清晰。同样，操作员能回描选定的线形符号，填补有交叉阴影线的多边形，形成密实的线条和填补部分，便于自动向量化的进行。另外，这些改变也可以在向量化前在扫描的图像上操作。任何基于光栅的图形软件包都可用来做这项工作。然而，靠手工实现这些改变往往更加容易。修改时应该用水质标记笔或蜡铅笔，因为油质标记笔可能会对扫描仪的玻璃面板造成损坏，而石墨铅笔标示的记号会反光，使记号隐而不现。对于照片来说，布纹相纸比光面相纸会产生更好的效果。

2. 307. 当转换较为复杂、特征形貌繁多的地图（如地形图）、或质量差的地图时，经常增

加一个补充步骤。对于这类地图数据源，如果首先将所有需要的地图特征形貌在聚酯薄膜一类的透明介质上描一遍，就可以提高精确度和减轻后续处理的劳动强度。虽然它增加了操作员的工作负荷，但最后往往证明，描图能减少编辑和改错的时间，因此成为加快速度的手段。经过描绘的源文件用于扫描后比较清晰，而且仅包含真正需要的特征形貌。在大多数大规模专业扫描作业时经常需要这道工序。如果能取得源地图出版物的原始分色图，即可免去描图工作。制作全国系列地形图时常常能得到这些分色图。每张分色图只包含所印地图的特征子集，这就大大简化了将不同特征分离到不同数据层的工作。

2. 308. 尽管采取了这些准备步骤，在启动向量化程序前，扫描所得的图像可能仍然需要做进一步的处理。这类处理可能包括图像进一步增强，如锐化或加大对对比度，还有，去除斑点或在像素级进行交互改变。一个面向光栅的图形软件包或向量化软件都会提供所需的功能。

2. 309. 支持光栅数据的地理信息系统软件包能提供光栅向量的转换程序。但是，这些程序大多用于光栅地理信息系统和向量地理信息系统数据之间的转换，而不是将复杂的、扫描所得的图像转换为纯向量特征。对于一个大规模向量化项目来说，使用专用软件包较为合适。目前已有数种商品化和非商品化的光栅向量软件包问世（Graham, 1997；联合国，1997c）。对于此类产品，可供选用的功能各不相同。其中一些具有纠正扫描图像倾斜的功能、或识别地图注释字符的功能，将这些注释存储起来，作为所得向量特征的属性。各种产品的价格也相差甚远。例如，非商品化的产品 Map scan（联合国，1997c）就能提供昂贵的商品化软件所能提供的大多数功能。因此，数据转换工作人员就应该认真地将本

单位数据转换任务的需求与各类产品能够使用的功能进行比较，作出购货决定。

ii. 扫描的利弊

2. 310. 扫描的优点如下：

- 扫描的地图可用做向量信息的图像底图。例如，扫描的地形图可以和数字化的点查区边界合起来用于制作点查地图；
- 通过光栅向量转换软件，可以容易地对清晰的底图和原始分色进行向量化处理；
- 小版面的扫描仪价格相对低廉，并能提供快速的数据采集功能。

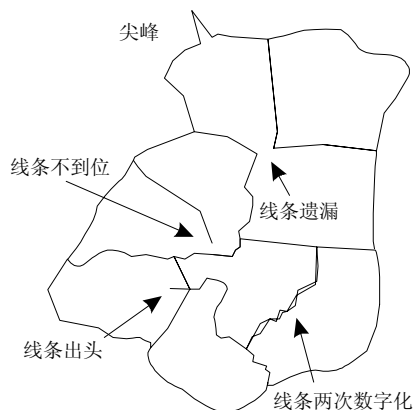
2. 311. 扫描的缺点如下：

- 用小版面的扫描仪转换大地图，需要通过枯燥乏味的劳动将各个部分拼合在一起；
- 大版面和高效率扫描仪十分昂贵；
- 尽管向量化软件的开发近年来取得了长足进步，但编辑和属性标注工作仍可能需要耗费大量的人力劳动。

(d) 编辑

2. 312. 将地理信息从类比形式转换为数字形式的目的是准确表达原始地图的数据。这就意味着地图上的所有连接线在数字化数据库里也必须相连。既不可遗漏任何特征形貌，也不可重复任何线条。手工数字化处理容易出错。最常见的错误见图 II.31。同样，在光栅向量转换后，断开的线段需要手工连接。例如，当在粗线表示的主干道上有细线符号画的小路或河流跨越时，就会发生线条断开的情况。如果将次要道路或河流抽取出来形成单独的地图层，在和主干道交叉处，道路网络上就会出现空白。

图 II. 31. 几种常见的数字化错误



2. 313. 图 II.31 所示的数字化常见错误中，有一些是可以避免的，办法是利用用户定义的数字化软件中的所谓“连接公差”。例如，用户可以指定，一根线的所有端点与另一线相距小于 1 毫米时，应自动与后者连接。一根线两次数字化时形成的细碎多边形也可自动消除。然而，用这个方法只能解决一部分问题。经过认真比较原始地图和数字化地图后，由手工改正数字化错误仍然是数据转换工作中必要的环节。

(e) 建立拓扑结构

2. 314. 建立数字地图的拓扑学结构有利于编辑工作。这可以使用户鉴别一些问题，如不完全闭合的多边形等。特征拓扑学可说明相连或相邻的地理特征形貌之间的空间关系，如在交叉点相连的道路等（参见地理信息系统附录 I）。用拓扑学建立的地理信息系统数据库包含对这些空间关系的鉴别和它们在数据库中的描述。实际的操作方法在各软件中有专门规定。存储拓扑信息可简化分析，因为许多地理信息系统操作并不真正需要坐标信息，而只是以拓扑学为基础。例如，一个地区的邻接区就可以用一个数据库表格来确定，表上为每根线列出了位于它的左右两侧的多边形（参见附录 I）。

2. 315. 用户一般不必考虑地理信息系统如何储存拓扑信息。假如数字数据库是经过清理的，也就是说，所有线条都已连接，多边形都已正确鉴别，地理信息系统的一个功能可用来建立拓扑机构和创建所有需要的内部数据文件。成功使用这一功能的前提是，地图数据库不得包含任何错误。拓扑学方法也就因此能够起到检验数据库是否完整的作用。

5. 数字地图的集成

(a) 简介

2. 316. 一个人口普查地图测绘项目应该利用一切适当的制图数据源。这些数据源很可能按照不同的地图比例和制图投影存储在不同的格式里。如果目的是要制作一个完整无缝的人口普查数字地图数据库，把这些参差杂乱的数据源集成在一起，则需要大量的有关地理信息系统数据集成方法的知识。以下章节将探讨便于数字地图数据集成的一些最重要的方法（更详细的信息参见 Hohl, 1998）。

(b) 制定地理基准

2. 317. 用数字化仪或扫描仪采集的坐标是从数据输入装置的原点（通常为左下角，单位为厘米或英寸）出发的 x 和 y 方向上测得的相对坐标。如果将几张邻接的地图事先进行了数字化处理，随后又将这些数字化地图在数据库里加以拼接，它们将明显配合不到一起。这些地图其实只能一张一张地画出来，因为对它们的信息加注都是在数字化仪的同一个坐标区段内进行的。同样，现有的已加注地理信息的同一区域的地理信息系统图层或用全球定位系统采集的坐标不能与数字化地图兼容，因为它们是用真实世界坐标系统加注信息的。为此，数字化的点线坐标需要从数字化单位转换为以米和英尺为单位的真实世界地图坐标（参见附录 II）。以前曾经指出过，在多数系统中，这个步骤要么是在数字化开始时、要么是在空间数据自动化完成后进行的。

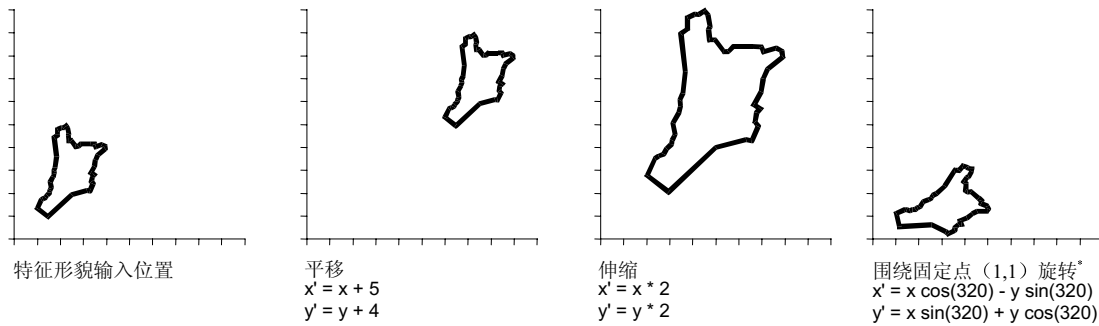
2. 318. 几乎所有地理信息系统软件包都提供加注地理信息所需的功能。用户需要指定几个已知其真实世界坐标的控制点。根据以数字化单位表示的输入坐标和真实世界输出坐标，系统则对实现下列变换的一组变换参数进行计算（参见图 II.32）。

- 平移。地理特征形貌被移至一个新的位置，办法很简单：给 x 和 y 坐标加（或减）一个常数值。x 和 y 的偏置量往往不

同；

- 缩放。将 x 和 y 坐标各自乘以一个因子，即可将特征形貌放大或缩小。比例通常相对于坐标系的原点确定；
- 旋转。地理特征形貌按一个给定角围绕坐标系的原点旋转。旋转能保证所得数字地图正确定位，即使地图纸在数字化仪上没有对正也不会发生问题。

图 II. 32： 平移、缩放、旋转

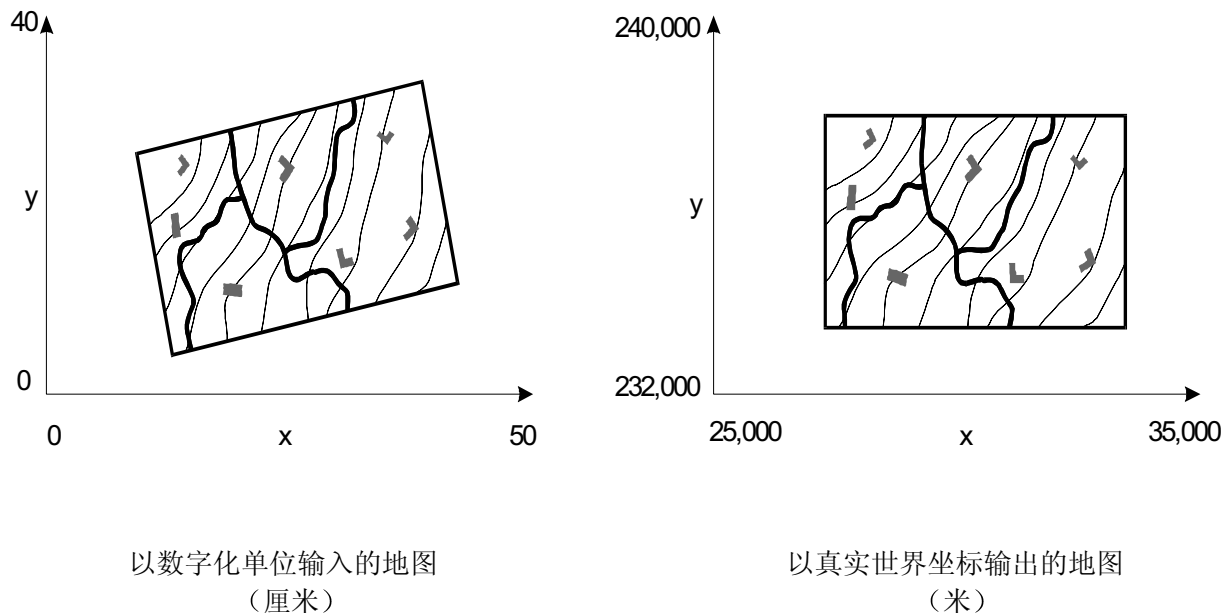


* 平移需要在围绕原点旋转之前和之后进行。
旋转为正的逆时针方向。

2. 319. 注意，数字化特征形貌的形状在上述变换中没有发生改变，正如将图像进行投影时形状没有改变一样。只有物体的相对尺寸和方位经过了修改。在正确的平移、伸缩和旋转参数计算出来以后，系统就将这些参数应用到数据库中的所有的点和线的坐标上。输出的是一张看起来

非常相似的地图，但现在使用的是原始地图的正确坐标系（参见图 II.33）。重要的是尽量降低操作中出现的错误。系统通常为每个点提供平移参数估算中的错误信息，这将有助于查找出在指定控制点的使用真实世界坐标的错误。更详细的技术细节参见附录 II。

图 II. 33. 以数字化单位表示的地图；以真实世界坐标表示的地图



2. 320. 如果不知道纸张形式的源地图的地图投影和坐标系，则会产生严重问题。遗憾的是，这类问题还经常发生，因为许多纸张式的地图，尤其是专题地图，并不包含这些信息。如果发生此类情况，有两个方法可以选择：尝试通过大量可能的地图投影进行比较（应优先尝试国家地图规划中使用的标准投影），或使用所谓的橡胶板法。

2. 321. 橡胶板法需要大量均匀分布在地图上的控制点。有时，一张国家和行政区划的数字地图、或者任何其他同样存在于这数字化地图里的清晰界定的点，都可以用来寻找相应点之间的联系。然后，系统就用输入和输出的坐标来计算更高阶的多项式变换。橡胶板法导致的误差一般都相当大，因此，只要有可能，就要避免使用这个方法。然而，在有些场合，输入地图与任何恰当定义的投影明显不吻合，橡胶板法就成了利用现有地理信息的可行方法。在制作人口普查图时，为人工绘制的草图加注地理信息就是一个很好的例子。附录 II 的 F 节列举了一个加注地理

信息的实例，对转换过程进行说明，例如，将一张数字化地图转换为正确加注的数字数据库的过程。

(c) 投影和数据的变化

2. 322. 在转换数字地图特征形貌坐标的同时不改变它们的形状，这样的变换过程关系到投影变化的问题。当从一个投影转换成另一个投影时，地图特征形貌的形状和失真实际上是存在的，尽管这些变化在大比例图中几乎难以觉察。

2. 323. 从不同的地图制作成的数字化地图，如果需要组合成无缝的数据库时，就必须改变投影。不同比例的地图往往使用不同的投影。还有一种情况是：地图社可能已经更换了在该国绘制地图的标准投影，使旧地图可以使用新近修改过的地图的不同投影。同样，地图社也可能已经修改了地理数据，建立了为该国制图用的参照框架，结果，例如说，旧地形图的坐标系就与新地图产生了细小的差别。

2. 324. 附录 II 对投影和地理数据进行了

更详尽的探讨。人口普查图制作社应该配备训练有素的制图员，或者，制图单位应该可能获得国家地图制作社专家的帮助，向他们咨询调整投影的最佳方法及有关问题，以此生产统一的国家人口普查图的底本。改变投影的实际操作所需的劳动量相对较少，因为所有商品化地理信息系统都提供所需的投影变化功能。

(d) 编码

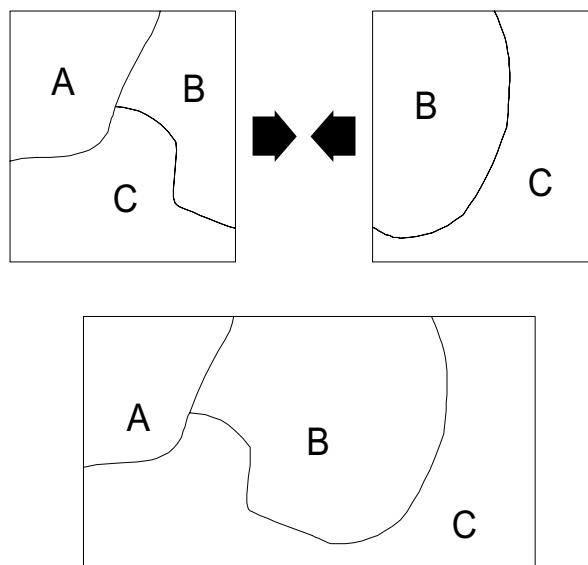
2. 325. 在完成上述步骤后，地图数据库则包含了点、线和多边形的结构集。每一个地理形貌特征，即每一点、线或面，都有一个惟一的标识符，供系统内部使用。用户通常不能访问这个内部标识符，更不能在外面对其进行修改。系统需要的是一个更有意义的标识符，能把地理形貌特征与为其记录的属性联系在一起。对于点查区和行政单位，这个联结是惟一的点查区或行政标识符，所有与人口普查有关的地理区划主文件中都具有这个标识符。

2. 326. 如何输入这个标识符，不同的软件有不同的规定。可在进行数字化时添加此符，办法是在形貌特征数字化前将其输入。也可以在稍后再添加，办法是通过交互式方法选择特征，通过菜单界面添加进去。对于多边形的特征，有些系统要求用户添加一个包含在每一面积单位里的标记点。概念虽然很简单，但编码所需的时间和资源可能相当可观。

(e) 分立地图块的集成

2. 327. 数字化测绘项目的目标是为一个大区域或整个国家制作无缝数据库。当制图比例为中到大时（如 1:250,000 或更大），底图的信息将包含在分立的地形图上。这些图块将分别进行数字化处理，所得的数字化地图块将在地理信息系统中集成到一起（参见图 II.34）。

图 II. 34. 连接相邻的数字化地图块



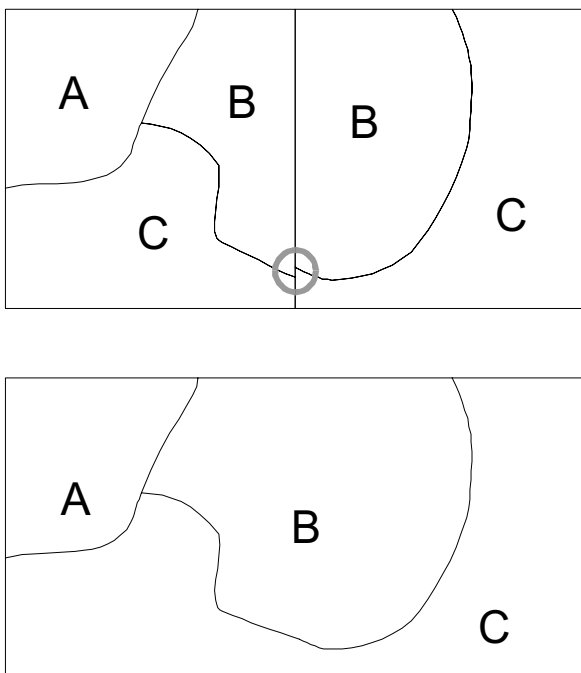
2.328. 这一过程通常很简单。但图与图之间的衔接很难百分之百地保持完美。一些跨越两张图的形貌特征（如道路或边界）在地图的边界上可能发生错位（参见图 II.35）。错误可能是在数字化过程中产生的，或者在源地图上甚至就已经实际存在了。例如，相邻的地图可能是不同时间制作的，因此，较新的特征，如新的道路等，就没有跨过地图边界继续画下去，或者用了不同的符号进行表示。

2.329. 假如没有按所需比例制作的完整覆盖全国的地图，但要拼合具有不同特征密度的不同比例的地图，这时问题就显得特别严重了。当拼合城乡接合部的地图时，常会遇到这个问题，因为大比例的城市地图需要和比例较小的农村地图配接。由于制图归纳方法的差异，在比例较小的地图上，某些形貌特征就有可能显示或不显示，或者它们的象征符号可能在两个地图系列中不一样。拼合这类地图需要认真判断和丰富的经验。

2.330. 修补这些错误的过程叫做边缘配接。通常用手工进行，涉及繁重的编辑工作。如果错位不太大，跨图纸的形貌特征又能相容，则可利

用某些地理信息系统软件包提供的自动边缘配接功能来连接这些特征。

图 II. 35. 连接相邻地图后的边缘配接



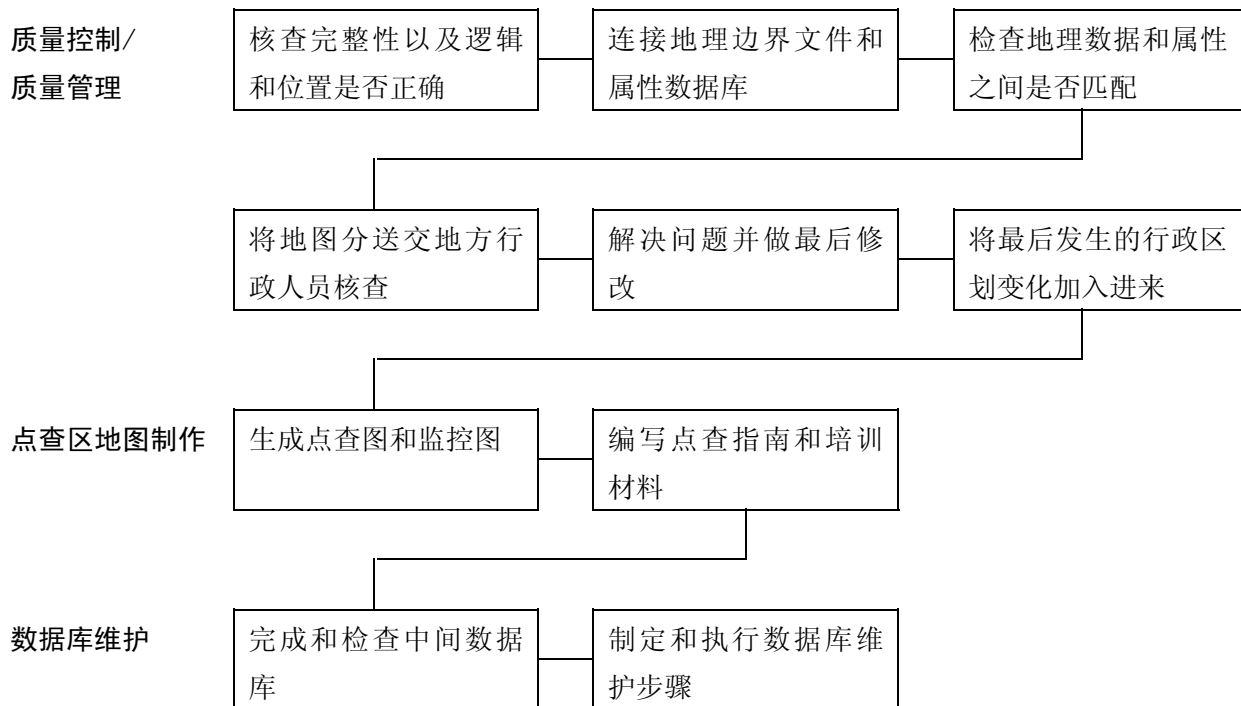
E. 质量保证、点查区地图制作和数据库维护

1. 概述

2.331. 人口普查数据的准确度和完整性极大地取决于点查员使用的底图质量。除了在数据转换时坚持质量控制和改进外，在将点查区图分配给点查员前要做的最后一件事是，彻底复查全部的地图产品。这一过程包括邀请地方行政人员核查行政区的划分是否正确。在最终产品生成前，所有遗留的问题和不统一现象都必须予以解决和消除。

2.332. 只要数字化数据库的质量令人满意，制作点查区图从概念上说也不复杂。很大程度上，这一步骤是一次逻辑上的挑战，因为必须将成千上万张地图与文字说明以及其他指导原则放在一起发布。

图 II. 36. 保证质量、制作产品和维护数据库阶段



2. 草图制作和质量保证步骤

(a) 边界线和属性文件的匹配以及总图的打印

2.333. 在最终的地图设计和打印准备工作中，如果边界数据集和地理属性文件尚未集成到一个相容的数据库中，则需要对其进行匹配。这一步骤也包括对边界数据和地理属性数据匹配是否正确的检查。如果两者均正确，针对地理属性文件里的每一个记录，就应该至少拥有一个地图特征（一点、一线或一个多边形）。如果情况并非如此，则意味着地图数据库有错误，即遗漏了一个点查区，或地理属性表含有重复记录或错误记录。假如一个属性记录有两个或更多的多边形，质量保证人员就必须查明有无违反操作规范的行为（参见以上 C.5 (h) 节）。

2.334. 地理数据和属性信息正确匹配以后，需要给地图添加标记，选择的地图符号必须能识别底图上的形貌特征（参见第三章第 C3 节有关绘制专题地图的内容）。标记工作可以利用地理

信息系统软件包或更专业的制图设计软件，以交互、半自动或自动的方式进行。在一个非常大的人口普查地图绘制项目里，为特性添加标记是耗时极多和烦闷无比的工作。尤其是当点查区图的设计相当复杂时（例如，综合多张数字化地图层以生成每一张点查区图），按人工工时和计算机资源计算，正确的标记布置所需的资源可能非常大。

2.335. 多数地理信息系统和台式绘图系统可提供自动标记布置功能。用户只需简单地指定用于标记的地理信息系统数据库属性表里的属性域即可，例如，指定街名或建筑物的标识符。系统会利用一些简单的规则为每一个特征或其附近安放标记。标记的大小通常由用户决定，而且，如果标记过于靠近，也可决定是否应将标记叠放在一起。然而，除了最简单的情况外，仍然需要手工进行一些标记的修正工作。

2.336. 为了完成庞大的点查区测绘项目，人口普查办公室可能应该考虑购买一个名称安放

专用软件包。这些程序能够进行较复杂的计算，确定出最重要的标记安放规则，规则包括：

- 标记之间没有重叠或重叠量最小；
- 特征和标记之间没有重叠或重叠量最小；
- 标记能明确说明特征（不模棱两可）；
- 总体图像效果美观，例如说，字体和大小都很合适。

2. 337. 软件包为安放标记提供了一些试探性规则作为基础，用户可根据专门用途对其进行修改。用户可以省去个别注释数据层里的、为特定的地理信息系统数据层设计的标记，而用地理特征数据层的标记进行覆盖。

(b) 质量保证

2. 338. 虽然在计算机屏幕上可以对统一性进行交互式检查，最终的质量保证工作最好还是通过打印出来的硬拷贝地图来进行。因此，应该制作大版面的地图，包含最终点查区地图上所有应该出现的信息。这些地图是为了最终质量保证和鉴定而制作的，应该由行政单位组织实施。如果打印出来的地图和最终点查区地图的比例相同，每个区就需要若干张这样的地图。

2. 339. 质量保证系指将数字化地图数据库产品发布给人口普查工作之前的最后一次检查。质量保证和质量控制类似，在 C.5. (e) 节中已经阐述。质量保证包括软件检查和人工检查。有些检查将针对所有产品进行，而更复杂和费时的检查将采用适当的验收抽样方法针对产品的某一子集进行。

2. 340. 数据转换过程的质量控制集中在边界和坐标的拓扑以及位置是否正确上。务必保证已经数字化处理和分别存储的边界无缝衔接。例如，地区图若存储在不同的数字化地图文件里，相邻地区之间的边界必须完全相同。质量保证强调的是，最终的地图产品要适合于点查工作。因此要在几个方面对数据库完整性进行检验，这些问题将在下面几段中论述。质量保证不是微不足

道的琐事，要耗费大量的时间和资源，人口普查办公室应相应安排好日程和预算。

2. 341. 人口普查制图人员进行的检验，应涉及以下验收标准检查：

- 易读性——地图上的所有注释必须清晰易读。有时，一张地图上画了过多的特征，导致街名和其他文本信息难以辨认。有些非关键文本标记可以省略，以提高地图的清晰程度。同样，必须清楚表明每个文本标记指代的特征。有时，可能需要通过箭头指明对应关系。
- 将数据层画到地图上时，先后顺序关系重大，因为，位于上面的图层可能会盖住较低的地理数据图层上的重要特征。
- 地图比例——例如，一张很大，但包含一个相对较小的拥挤区域的点查区图可能需要一张插页或者一张局部图，以保证所有细节都能识别。
- 来源和版权信息——为了生成点查区地图，需要建立数字化数据库，如果为此使用了具有专利的数据源，应该将其一一列出。

(c) 送交地方政府和行政单位审查

2. 342. 打印出来的点查区地图应呈送地方政府审查，这是至关重要的统一性检查。需要让人口普查机关内外的地方行政官员确认，所有较大城镇的居民点和分区是否已经纳入到地理数据库中。让地方政府参与这个过程的好处在于，可以由熟悉当地情况的人将地图复审一遍。在使用几种语言或方言的国家里，名称和拼写的习惯可能不同。地图经过地方官员审核，就可以减少由当地雇用的点查员辨析地图时出现的差错。

2. 343. 认可点查区地图上的行政区划边界也是审查过程的一部分。这些边界常常改变，给人口普查机构带来麻烦，这些机构需要为这些行

政区进行摘要统计。处理这个问题有如下几种办法：

- 理想的办法是通过政府颁布命令的方法，在人口普查前将行政区的划分冻结几个月。这就保证了人口普查期间参照框架的稳定。这个时期的实际边界就是制作人口普查表的依据。
- 第二个办法是，在人口普查前持续追踪行政区边界划分的变化。变化一但发生，立即将其反映到数字化地图数据库中。这样做的结果是，在进行点查时，边界正好就是当前的实际边界。然而，持续不断地监视变化并修改边界数据库需要占用额外的资源。
- 在有些国家里，边界的改变都会事先公布。这样，人口普查制图单位就可将这些地区的人口普查制图工作安排在较后的时间进行。
- 最后一个办法是，让人口普查制图单位规定一个冻结日期，过一段时间以后再修改全部边界，很可能要到人口普查结束之后才能进行。如果修改后的行政区划边界穿越了现有的点查区，这些单位的家庭调查表则必须按正确的单位重新分配。这意味着在点查后又增加了一个步骤，人口普查结果的发布也因此被推迟。

3. 打印点查区地图

2. 344. 对所有底图和点查区草图完成了审查和质量保证工作后，人口普查制图人员就要打

印最终的监控图和点查区图。监控图将显示几个点查区，并以较小的制图比例打印。为具体点查区规划平面进行布置的方法与人口普查手工制图法的剪切步骤类似（参见《美国人口普查局手册》，1978，第 149 页）。点查区图必须简单明了，因为使用它们的是看图经验有限的点查员。另一方面，它们又必须含有足够的信息，使操作者容易定位。点查区图应具备以下信息：

- 有待点查的整个区域，边界线要明确；
- 要显示出邻接区（即周边区）的一些部分，以便定位；
- 任何便于在点查区范围内定位的人口普查制图数据库中的地理和文本信息，如街道、建筑物、界标、水文概况等；
- 统一的图例，包括行政和点查区的确切名称和编码、指北箭头、比例尺和地理形貌特征符号说明。

2. 345. 图 II.37 显示了一张假设的城市点查区图的各组成部分。所有的特征都存储在空间参照系相同的各自的地图层里，或者形成图形模板。主要的组成部分为街道网络、建筑物和点查区边界层。此外，注释、符号、标记和建筑物的数量均存储在各自的数据层中，需要时可动态添加。最后一个组成部分是模板，由图表边线和所有点查区共同使用的图例组成。图 II.38 显示的是一张完整的点查区图，所有的组成部分都叠加在一张图上。比起这张样图来，点查区图包含的信息可以或多或少，视人口普查活动的范围大小和点查区的复杂程度而定。

图 II. 37. 数字点查区图组成部分示样

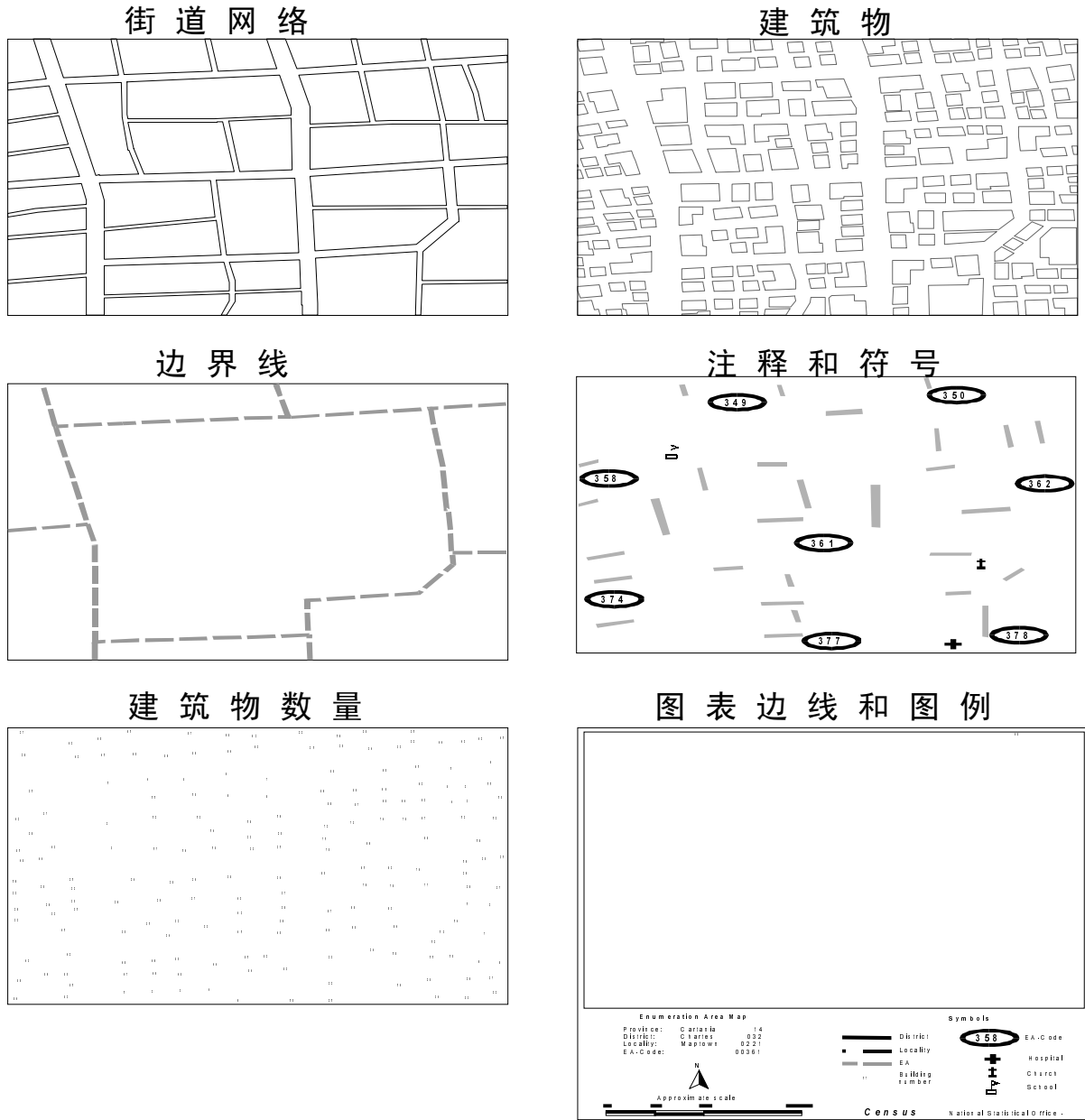
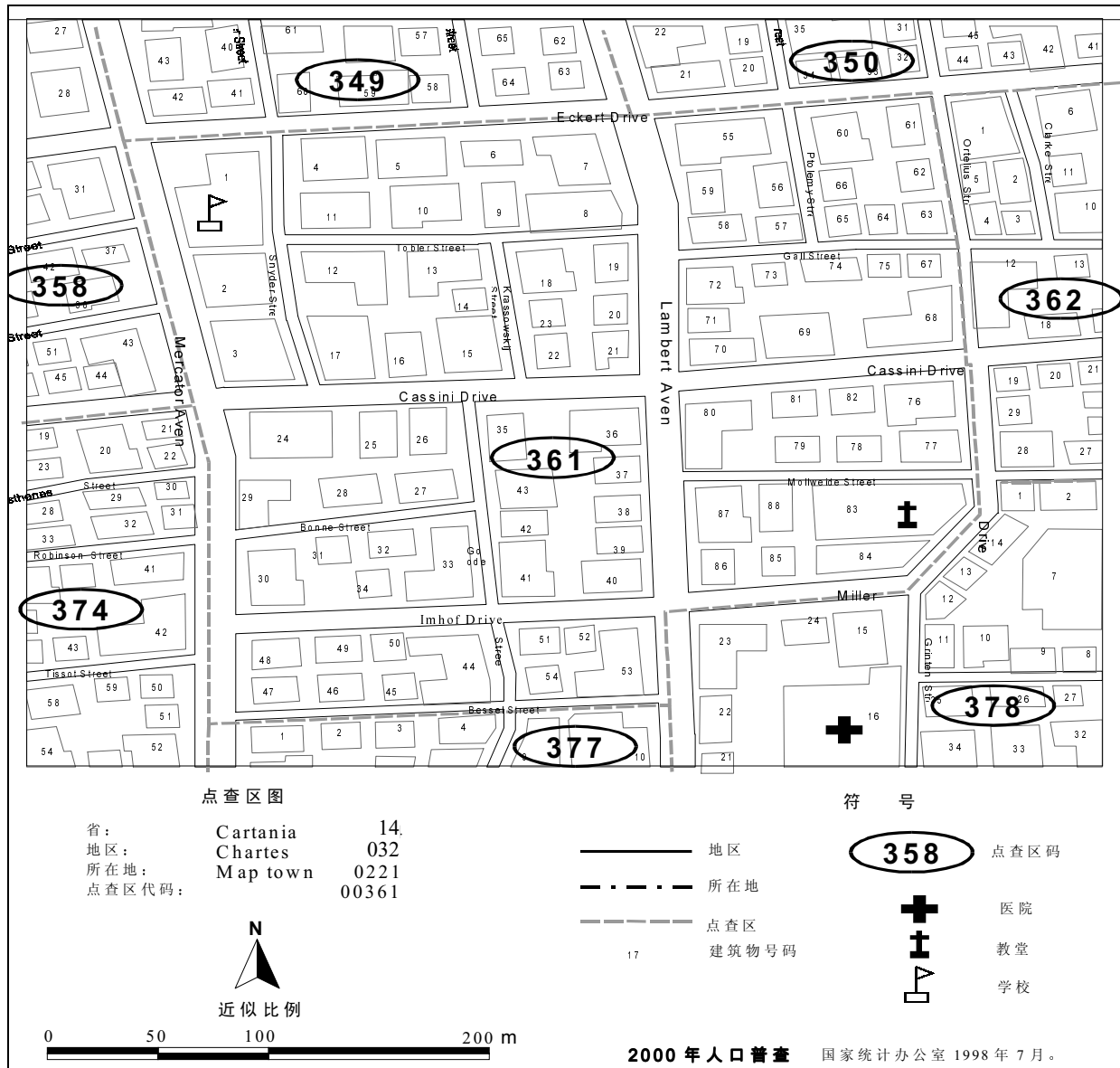


图 II. 38. 城市点查区划图实例



2. 346. 在许多国家里，点查区的地图设计可能比上面的例图更为简单。例如，不使用向量格式的完全集成式数字底图，而把地形图的光栅图像作为点查区边界线的底图使用。在有些场合，地图的特征形貌可能更为概括，例如，就用中心线表示街道，用多边形表示整个城市街区而不是单幢房屋。

2. 347. 必须对格式和颜色作出决定。倘若激光打印机能提供高分辨率，点查区图只要不太大和过于复杂，通常就可在 A4 纸或信纸大小的纸张上打印。与较大版面的打印机或绘图机相比，这样做的好处是成本较低而输出速度较高。由于需要制作成千上万张点查区图，这些都是应该考虑的重要因素。问题会发生在那些点查区非

常大的地区，这些点查区包含了一些既小又拥挤的小区。对于这些地区，必须打印版面较大的地图，或者在地图设计里加进插页，进一步显示点查区的稠密部分。

框注：II. 5. 联合王国为 2001 年人口普查制作区域地图

2.348. 在联合王国，人口地理普查项目负责将收集数据所需的地图提供给各区域的工作人员，使他们能够有效地管理普查表格的发放与回收。大约有 70,000 名点查员负责点查地区内的工作。分别有 2,000 名和 6,000 名人口普查员和助理普查员管理着点查地区群组 and 特定普查区。由普查区负责人（约 120 名）管理特定普查区群组。每一层次的工作人员都要配备有他们负责区域的详细地图。对于 1999 年的普查演练和 2001 年的普查活动，该地理项目运用了一套以地理信息系统为基础的系统对点查区和普查区进行规划和绘图。

2.349. 地图制作和要求。每一份点查地区或特定普查区图都要显示在比例为 1:10,000 的黑白光栅的底图上，以显示真实的周围邻线区。用单色线条勾画出点查地区、特定普查区或其他法定边界、点查地区和特定普查区的基准代码。对于特定普查区，还要标出行政区的名称。此外，要标明机构部门的标识、方位、地图比例以及版权等详细信息。每幅图最好为 A4 大小，以便携带，背景图的比例应在 1:1,250 在 1:10,000 之间。如果地图比例超出这个范围，则可印制到 A3 和 A2 的纸张上，对于特定的农村地区甚至要使用 A1 幅面。2001 年的普查需要提供大约 70,000 份点查地区地图（其中 90% 为 A4 页面，其他各种幅面的约占 10%）、2000 份特定普查区地图，以及其他更高级或临时性的印刷品。

2.350. 地图制作方法。联合王国地理普查办公室使用标准的商业地理信息系统软件，配有相应设施可供制作和打印地图。借助其自身配备的交互式程序，操作人员可以列出一份需要绘制的点查地区地图数量表，并启动成批绘制程序。这套处理过程为每一点查地区绘制一份地图，采用合适幅面的模板，以获得可接受的地图比例。这些图起初是按外部页面格式（postscript）制成的，但可自动转换成可移植的文档格式（PDF 格式），这种格式的文件尺寸较小、打印快。系统随后自动把 PDF 格式的文件送到打印机并放入一套存档的索引目录中。仅仅由于把外部页面格式文件转换成 PDF 文件格式就可把全部操作时间缩减到原来的 1/10。对于大量的数据文件来说，所节省的时间是相当显著的。

2.351. 这套改进系统有如下优点：

- 能把成批地图的绘制从选项到输出打印全部自动完成；
- 明显地缩短了端到端的打印时间；
- 与外部页面格式的文件相比，绘图文件的大小明显减小。一般能减小 70%，但也可能只能减小 20%；
- 在同一批打印中，可打印出不同大小的画面；
- 存档的文件便于检索，可以方便地利用 Acrobat 软件进行查看及重新绘制。

资料来源：联合王国，国家统计局。

2.352. 一幅设计良好的点查区图，采用黑白图即可满足工作需要。虽然彩色打印机本身相比而言不算太贵，但打印速度太慢，效率方面有局限，而且消耗材料相当昂贵。良好的黑白图文可以照相复制而不致丢失信息，这样，地方上的工作人员当需要添加点查区图复制件时，可以自行完成。当然了，如果资源条件允许，使用彩色可以使地图版面更加醒目。例如，在点查区边界处就可以利用明亮的颜色线条予以标出。

2.353. 每一幅点查区图要准备多个副本，还要为中央人口普查测绘办公室提供保存用的副本。每一幅点查区图都要提供给当地普查机关、监督员和点查员，总计约需 4 至 5 份副本。如果地图处理工作集中在一个或少数几个普查机构内，可以采取分发数字化地图文件的办法，而不必发放硬拷贝地图。传送这种文件给地方普查办公室可以利用磁盘、只读光盘或通过因特网发送。地方办公室不需要直接操作地图处理软件，只要把地图导出到一个常用格式的文件上即可（例如 PDF 格式），或将其嵌入到一般的字处理格式的图形文件之中。这样的文件可在任何一种通用的计算机系统上打印出来。这种办法可使地方普查办公室按其所需制作点查区图的多个副本，遇有丢失图件或临时需要的情况，可立即得到所需的文件。

2.354. 如果数据库本身一致，结构完好，点查区图的制作应能很快完成。打印点查区图并不要求使用高端地理信息系统软件包，应用相对较低廉的桌面地图处理软件即可胜任。运用软件中内置的宏语言，其中有些过程可以自动进行。例如，一点查区列表可以配上边界坐标，并标出坐标单位（所谓的地图周边范围）。软件将按指令完成该表所要求的制作任务，把包括数据层的内容放入到预先准备的，标有图例和其他周边信息的模板中，按要求打印出规定数量的副本。

F. 在人口统计点查期间运用地理信息系统

2.355. 数字化地图处理软件对一项成功的普查所做贡献主要发生在具体点查工作开始之前和结束之后。同时，就在人口统计的点查期间，地图处理系统也可发挥作用，支持后勤保障计划和监视普查进程。同时，点查过程给普查办公室提供了一个对数字化普查数据库再一次进行质量控制的机会。以下对这两方面加以讨论：

1. 运用数字化地图作普查的后勤保障

2.356. 在普查过程中，地图的使用出于多种目的。其中，地理信息系统在规划点查的起步工作和后勤保障方面也能发挥积极作用。为管理单位分配操作区、确定野外作业点的位置，以及安排野外考查员和点查员的行程等都是地理信息系统可以发挥潜力的方面。如果将数字化地图用于这些目的，普查制图单位则能很快开发出一个大致的地理信息系统数据库。该系统可以制作出居民点、道路、河流和管理分部的小比例地图，（1:500,000 或 1:1,000,000）。在大多数情况下，依据现存资源即可作出。即使比例为 1:1,000,000 的数字化地图——《世界数字图解》——也可以用于此项目（Danko,1992；Tveite 和 Langaas, 1995）。

2.357. 很多地理信息系统软件包具有网络分析的功能，借助这项功能，规划人员可以确定沿某道路网行进时的距离和费用。在城市化的地区，旅行不会存在什么大问题，可是在农村地区，过长的距离和自然环境将造成旅行困难，增大野外作业开支。在确定野外作业站的地点时，这也是一个要考虑的因素。野外作业站分管若干监督工作或小组负责人的所在区。野外作业站地点应选择在本地居民长途旅行的位置，以便地区普查管理员发挥监督作用。通过地理信息系统能统一观察各个地区，借以确定和显示各种可能的地区性分派任务的方案。

2.358. 将地理信息系统用于后勤保障不如把

数字技术用于执行实际普查制图任务那么迫切。很多这类任务借助普通出版的地图同样能够很好地完成。为此目的使用地理信息系统，可对旅行的时间和距离估计得更为精确，并且，普查人员可以迅速绘制出能够显示普查规划过程各个方面的图表。再有，为全国开发一套小型的粗线条地理信息系统数据库，对于制作详细的地理基准普查数据库来说是一场很好的演练。

2. 监督普查工作的运作过程

2.359. 在普查期间和随后立即进行的点查工作期间，总部工作人员将监督点查和数据编排过程。通常，地区人口普查办公室对点查活动完成信息和最初结果进行编译。总部收到这些信息后，对平稳运作和遇到问题的地区进行评估。

2.360. 有些国家实行一种所谓快速计算策略，即，将人口总数快速编排，然后同事前估计的数字加以比较。如果某些地区所报数字异常高或异常低，则需立即予以关注。按照传统习惯，这些评估是以表格形式编排的。如存在一个详细的数字化普查地图数据库，这些信息则可按地理区划予以显示。以通过这种方法能够很容易查出有问题的地区。

2.361. 实际上，任何适宜的摘要统计都可以通过一个标准关系型数据库进行编译。例如，一个用于说明报告区点查工作是否已经完成的指标，或每个地区有百分之多少已经完成点查报告

等。普查人员可以定期地把各条信息连接到地理信息系统数据库，为普查工作总监督员准备好地图输出。

2.362. 快速质量控制过程的关键在于快速的信息流动，从监督员到地区办公室，再从地区办公室到达总部。最快的信息交换办法是利用因特网。如果地方和地区的监督员有条件访问因特网，信息可通过网络，由一个受密码保护的数据库界面发送。

3. 在点查期间更新和修改点查区地图

2.363. 在准备点查区地图期间，即使采用一套质量全优的控制程序，也难以保证所有的地图完美无瑕。例如，在初始的野外作业期间，有些建筑、街道可能被忽略或者没有在地图标注正确。再者，野外制图工作需要实施普查的前几个月甚至几年之前进行。新的建筑物和基础设施无法标记到后来点查员使用的地图中。

2.364. 除了训练数据收集和基本的地图阅读技能之外，普查办公室还应告知点查员把点查期间发现的任何错误或疏漏标记到点查区地图上。在普查结束后，普查制图人员应该收集点查区地图，依据标记加以更改。同时要求修改数字化普查数据库，有时也需要进一步重新去现场进行核查。这样做可以保证普查办公室能够拥有该点查区最正确的信息，减少将来普查绘图工作的负担。

三、 点查之后

A. 介绍

3.1. 在上一章，我们讨论了利用地理信息系统支持人口普查点查工作的情况。以下部分将讨论一下人口普查办公室的各地理单位在普查之后和两轮普查之间所要完成的任务，此外，还要讨论如何发布和使用地理基准普查信息的问题。

3.2. 如果有完善的数字化人口普查地理信息系统数据库可供管理单位或统计单位使用，地理信息系统数据库便可很快地依靠集成方式完成。然而，在 2000 年前后，很多国家尚未使用数字化技术制作点查区地图。这些国家也可能开发数字化的地理基准普查数据库，制作符合出版质量要求的地图作为普查报告的配套图，送给需要从空间角度分析人口普查数据或满足内部需要的外部用户使用。数据库经过编译可满足各级管理层中某一适当层次的需求，或者满足其他大型统计地区的需要。在满足大型统计区的需要方面，制作一套数字化数据库的所需资源比为点查区制作一套完整的地图数据库要少。

3.3. 然而，本章所讲的大多数内容都是建立在这样的假定之上，即为了做好人口普查中的点查工作已经建立了一套完备的、用于点查区或居住单元的数字化数据库。为了证实开发这样一套数据库进行大量投资确实有必要，人口普查部门需要用一种长远的眼光看问题。普查开始之后，立即需要进行的工作只不过是下次点查工作准备绘图材料的第一步。

3.4. 本章主要讨论的内容是，普查结束后以及两次普查之间的地图数据库的管理以及产品的开发与发布。最后，还要讨论一些高级课题，例如如何绘制城市与农村地区的轮廓图，以及如何处理图形产品不兼容的问题等。

B. 普查结束后与两次普查之间的工作

1. 直接工作

(a) 整理点查员所做的更新和改动

3.5. 普查办公室应要求点查员，如果在点查工作期间发现点查区地图上的轮廓或底图上的地貌特征有任何错误或不一致之处，应作出标记。地方监督员在点查结束后应将点查区地图收集到一起，送交普查地图处理办公室。根据这些信息，人口普查地理单位可以修改作为点查区地图制作基础的地图数据库。这一过程有两项好处。

3.6. 首先，保证对数字化地图和硬拷贝地图进行汇总和开发时，所使用的点查区地图轮廓与地貌特征与点查过程的实际情况一致。其次，把点查区边界的修改结果输入到总的数字化地图数据库中，对将来基于相同或类似地理信息收集单位的人口普查工作和其他类似的数据收集工作提供方便。

(b) 协调信息收集单位与汇总或统计单位之间的关系

3.7. 人口普查地图绘制部门在点查工作结束后的最重要的责任是，在根据普查结果开发表格统计数据方面提供支持。普查数据应能满足不同加总区的需求，因为不同部门的人口普查数据的使用者希望利用不同的加总区作为规划和运作的基础。因此，点查区应按照不同的报告单位加总在一起，根据需要开发出各种系列广泛的普查产品。

3.8. 为了使数据收集单位与制表单位保持一致，需要开发等效或兼容文件。此类文件可为每一汇总单位列出相应的点查区，点查区是成品输出的一部分。这种列表一旦确定，即可通过标准数据库操作进行加总。

3.9. 如果能采用一致的编码方案，开发等效文件的工作就会比较容易。这里需要再次强调的是，要在开展人口普查绘图工作的早期阶段制定出一套直观和灵活的规定，为每一特定的点查区指定一个数字或字符代码，这一点十分重要。

3.10. 需要开发等效文件的产品输出单位的数量非常多。除了法律和行政单位（例如地区或省）外，还有很多计划或运营单位需要为其进行普查数据的编译工作。例如保健部门、学校地区、运输规划区、选举区、公用设施区、邮政区以及环境规划部门等（见图 III.1）。这些单位，在一定情况下与行政区完全重合，但经常出现与标准报告单位不一致的情况。此外，私营和

学术部门似乎总会提出一些特殊的加总要求。因此，开发一套用于生产和维护等效性文件的统一程序，就成为了人口普查地图绘制部门的一项重要任务。

3.11. 应该开发额外的兼容性文件，目的是对过去和现在的点查或统计报告区进行协调。因为数据收集和加总单位定期发生改变，普查数据的用户很难确定随着时间改变普查变量会有什么变化。因此，普查办公室的地图制作单位应当经常跟踪国家人口普查地理发生的改变，给数据用户提供兼容性文件，把过去和现在的普查数据协调在一起。

图 III. 1. 人口普查汇总和报告单位实例



2. 数据库的维护

(a) 数据库的存档

3.12. 当数字化普查总数据库内的错误和不一致问题得到全部处理后，应制作所有地理信息系统数据集的基准拷贝并进行存档。为了反映人口普查时的情况，在普查地理方面进行冻结，由此产生的数据库将作为所有地图输出的基础，包括基准地图、人口普查结果专题地图，以及用于发布传播目的从总数据库中抽取出来的数据。所有的普查结果以点查时的表格形式全部归入该数据库内的基准单元。这意味着要对整个文档和元数据彻底检查一遍，以便将来普查办公室能够回答有关数据方面的任何问题。数据库工作一旦完成，应立即把基准数据库保存在一个安全的地点。

3.13. 对于需要继续进行地图绘制工作的人口普查机构来说，这样的一套数据库可作为两次普查之间定期更新的基础。以下部分将对继续进行地图绘制的各种好处进行讨论。

(b) 数据库的维护：继续进行地图绘制的好处

3.14. 正如本手册前面指出的那样，只要能普查核心任务之外多方面利用为普查目的建立的数据库，数字化制图普查程序的收益就会超过其构建成本。不断更新数据库以备将来普查的需要，只需消耗很少的资源。只有国家人口普查地图绘制过程具有高度的连续性，才能确保最大发挥普查地图数据库的使用潜力和为最多的用户提供数据库。因此，持续的人口普查地理活动可以确保数据库开发时的投资产生收益。

3.15. 这项工作的特点是，人口普查地图绘制部门在普查完成时应立即进行数据库的维护工作。要持续不断地根据到手的新信息，对边界和其他地貌特征进行更新。在两次普查的间隔期间，应该进行一次明确的系统版本控制工作，对如何修改数据库和如何存档作出规定。例如，只允许一个工作人员或小组成员对主数据库进行修

改，避免不同人员对不同版本的数据库进行修改而造成需要调整的混乱局面。

3.16. 在两次人口普查的间隔期间，人口普查地图绘制部门应紧跟行业的发展趋势，了解其他人口普查机构采用的新方法。这有助于人口普查部门了解软硬件升级方面的投资决策。鉴于技术的飞速发展，需要不断投资，满足间隔期的普查工作的高质量要求。

3.17. 数字化地图绘制数据的开发，需要在计算机的使用、地理知识的掌握以及专业软件包的操作方面拥有特殊的专业技能。为使人员掌握地理信息系统的所有基本概念和操作方法而提供培训的代价也十分昂贵。因此，为了确保人口普查地图绘制项目的长期成功，保持人员的连续性也是一个关键性因素。普查机构要确定一两骨干人员作为部门技术力量，负责普查间隔期间的数据库维护工作，为其他统计应用提供地理信息系统服务（如简单的抽样调查）。通过这种方式，在下次点查工作中，实现人口普查地理信息系统的平稳衔接。例如，可以让骨干人员对临时招聘的数字化处理或野外作业人员进行训练。保留骨干人员还能降低工作的启动成本，因为新的地理信息系统专业人员总要花费一定的时间才能完全投入到人口普查地图绘制的工作中。

3.18. 需要再次强调的是，对于人口普查地图的绘制工作有一种长期观点十分重要。从长期战略着眼，在两次人口普查的间隔期间，为了维持绘图能力而补充资源的值得的。

C. 发布地理人口普查产品

1. 数据发布规划

3.19. 确定地图产品的输出及其发布日程需要与全部普查项目的时间安排密切协调。普查数据的汇总需要来自人口普查地理单位提供的地图信息。反之，专题地图和数字化地理数据库只有在普查数据完成后才能实现。

3.20. 如何选择适合的产品应基于对客户需

求的详细评估，也就是说要进行市场调查，这些工作应在普查规划的初期阶段完成。应尽早安排产品的发布计划并广泛公布，以获得用户的反馈意见。

3.21. 建立一个代表普查数据重要用户的顾问团十分有用，他们来自不同社区，对普查活动进行指导。他们的作用并不仅限于普查规划阶段，可以形成一种正式或非正式的永久性机制，以利普查机关与数据用户交换意见。本手册的序言中提到了利用小区域普查统计资料的实例，从这些实例中可以看出广大数据用户的一些特点和倾向，普查机关在其用户需求进行评估时应对此加以考虑。

3.22. 过去经验证明，在确定应当制作何种输出产品时，受普查数据用户欢迎的东西仅能作为一种有局限性的参考。需求是变化的，部分原因在于数据用户的技术能力发生了变化。上一轮人口普查得到的数字化地图数据库产品，到了当前一轮普查时很少能够使用，最重要的是当前一轮普查得出的产品。目前很多国家对硬拷贝地图的需求仍较大，而对数字信息的需求较少，这种局面在不久的将来肯定会有相当程度的改观。因此，人口普查地图绘制部门面对时刻变化的用户需求以及他们的特殊需要时，必须能灵活及时地作出响应和采取行动。

3.23. 在计划产品策略时，最好着眼于几年后的状况，要有前瞻性。例如，目前因特网在很多国家尚未形成数据发送和传播的主要渠道，但几乎可以有把握地说，几年之内，作为一种通信基础设施，因特网在世界范围内正在产生日新月异的进步和改善。此外，随着新型数据产品的出现，新的用户群体也会出现。为了增加普查数据采集带来的社会效益，普查机构要积极地发掘新的潜在用户群体，向他们介绍新型产品。

3.24. 普查部门还要尽量设法对产品和服务可能达到的需求总量作出估计，借以评估自身对顾客要求能提供服务的能力。当然，这中间有很多困难，由于引进新的产品需求会增加，并且当

新用户看到新的普查产品认识到对用户自身的潜力之后，需求量还会增加。所以，普查机构要做好准备，一旦产品发行出去，要能跟得上不断增长的需要。建议对普查数据用户的需求尽早作出清晰的界定：哪些是必须要满足的，哪些是应该要提供的，哪些不必予以考虑。依据概念清晰的优先顺序，有利于制定发布普查产品的日程安排表。

3.25. 一种开放式的数据传播政策有助于减轻普查机构的负担。所谓开放式政策就是以低价格或免费提供数据访问。有些国家，普查数据可以免费使用，私人服务提供商可以针对某些普查数据用户开发适合他们特殊需要的产品。这样，普查部门就可以集中精力制作委托给他们开发的主流产品。

3.26. 某些普查地理数据产品是为了满足内部和官方需要而制作的。其中包括等效文件和基准地图库，以及其他专项用途产品，如选举区地图等。在某些国家，将要求普查机构依据法律要求制作特定产品。这种产品可以基于某项法规定期制作，或根据临时申请完成，例如政府各部或国会指定的专项任务。

3.27. 其他更为一般的产品大批地发送给政府部门或私人企业用户以及广大公众。普查机构应尽量发掘更广泛的发行和传播渠道。

3.28. 以下将要探讨普查产品的输出类型以及如何传播的问题，包括按要求定制的产品、以硬拷贝或数字化形式发行的专题地图、数字化地图数据库、数字化普查地图册以及和因特网绘图等。尽管很多此类产品的输出都要求具备一定的专题地图绘制技巧，但本章以下讨论的内容仅涉及最一般的问题。附录V对专题地图的设计有更为全面而深入的论述。

2. 需要的产品

(a) 等效文件与兼容文件

3.29. 这种类型的文件前面已经提到过，是

人口普查地图绘制机构在点查工作结束后的首要职责之一。除了用于汇总普查数据之外，等效文件也可作为一种经常性的产品输出。数据用户可能需要了解某些点查区是否属于他所关心的统计区或行政管理区，或者哪些小区域统计单元能够组成更为加总的报告单位。

3.30. 发行等效文件产品时，既要有硬拷贝也要有数字化形式的产品。大多数与数字化普查数据打交道的用户，无论是确定地理基准，还是查找数据表格，都可以从计算机可读格式中受益，在数据库操作中直接使用这些文件。

(b) 基准地图库

3.31. 除了等效文件外，普查机构还应当制作出所有报告单位的基准地图。在某些国家，人口普查地图绘制部门依照立法规定，生产这样的地图供政府官员和普通大众使用。

3.32. 基准地图可以用数字化方式发行，以简单图形格式、外部页面格式或 PDF 格式发布。然而，并非所有的用户都能使用数字化文件。因此，也应根据要求以全套硬拷贝的形式提供基准地图。

3.33. 基准地图需要配以文字说明，详细描述每一个普查地理区域的特征。综合性基准地图文件的一个良好范例是美国人口普查局出版的《地理区域基准手册》。

(c) 地名字典和矩心文件

3.34. 虽然在一般情况下，应由国家地图测绘局负责发行地名字典，上面列出各地地名及其地理位置。然而，以普查为目的开展的大型国家地图测绘项目将为国家地名字典提供一个改进或信息更新的基础。在某些国家中，这类数据没有其他来源可供使用，只能从人口普查地图项目获得。如果普查地图绘制项目已经广泛进行过全球定位系统数据的收集工作，那么开发出一套列出所有地理名称的地名总汇或地名字典应当是顺理成章的事了。

3.35. 一部地名字典应以数字化形式存在和传播，以便直接查找地理坐标，并将地名相关信息输入到地理信息系统中。开发一套简单的查询系统也十分有用，用户可以通过查询系统找到一个特定地点的坐标，例如，查找一个指定省份内的某一个村庄的坐标。这类数据可以通过万维网提供使用，只要有一个标准的因特网数据库前端即可实现。

3. 用于出版目的的专题地图

(a) 地图的威力

3.36. 专题地图可以作为普查出版物印制。在讨论各种类型的专题地图之前，重述一下用专题地图对于展示人口普查结果的用途十分必要：

- 地图能够传达一种理念或思想。
- 地图经常意味着对文本信息提供支持，有些难以用文字表达的事情，借助地图显示的内容就能轻松地把复杂的事物解释清楚。
- 地图能引起看图者的好奇心。在报告中，地图能起到抓住人们视觉的作用，引起读者的注意，鼓励他们阅读与之配合的文字。
- 地图的简洁形式中囊括了大量信息。地图不仅能表达巨大的数字信息，而且还能说明空间概念。其他的表达或报告方式很难与地图的这种能力相比。例如，一幅表示中国或美国人口密度的地图，能显示 3,000 多个数据，将这样一幅地图打印在信纸大小的纸上，基本上不会对清晰度造成损失。但要把 3,000 多个数据塞进一页信纸，不但不容易，而且还会丢失信息。比如，高密度和低密度人口区各在何处这一问题，数字难以直接表现，而地图却一目了然。
- 地图可以用于描述、探索、确认、汇总，甚至装饰目的。地图可以服务于多种意向

和用途。在普查报告中加上地图可以起到说明的作用。人们只是单纯罗列普查结果，有时附加、有时不附加任何说明。普查数据在人口学家或地理学家的手中时可能会较为深入地运用，他们或许会通过地图查找不同数量之间的关系，比如，预期寿命与识字率之间有什么关系等。在最终的报告中，含有此类因素的地图可以派上用场。除了文字说明和图表之外，还有更多的材料供分析人员取得更多收获。总之，地图可以成为一种工具，用以确认某种结果。当然，仅仅依靠观察地图不一定能得出有意义的结论，地图只是多种工具中的一种而已。地图可以简单用于汇编目的，例如，用于显示一个国家所有学校或诊所的数量。当然，有了汇编目录，便可很快作出分析，例如，可以从中发现哪些地区的公共设施不足，等等。最后，地图还是一种时尚用品，因为它们通常很美观。我们可以看到大批地图悬挂在办公室的墙上，但几乎看不到把统计图表或数字表格挂在墙上的情况（生产调度部门除外）。

- 地图使人们愿意作出比较。无论是描述性还是探查性的专题地图，其重要用途就是跨越地理空间对事物进行比较。能够比较的事情很多，如：
 - 同一地图上的不同区域之间：哪里人口密度最高？
 - 在不同的地图之间：甲省的儿童死亡率是否高于乙省？
 - 对于同一地区的不同变量之间：不同地区的男女识字率是否存在差别、差别出现在哪一地区、差别有多大？
 - 在不同时期的同一地区的地图之间：自上次人口普查以来，出生率是否出现下降？

(b) 普查数据专题地图

3.37. 地理信息系统促使人们形成一种看地图的新观念，它与传统的地图学具有相当大的差别。在一台计算机上，可以很快生成多种地图并将其显示在屏幕上。它支持新的工作模式，对数据的有效性、数据格式的探索，以及数据分析均可进行优化。建立在计算机屏幕上的地图，通常称之为“虚拟地图”，以区别于印制或手绘的硬拷贝地图。在人口普查过程中，在数字化普查地图绘制的早期阶段，不必过多地关注传统地图的绘制设计。正如第二章所说的那样，要把工作重点放在数据库的开发和验证方面。即使是点查区地图的制作，通常也只是做些相对简单的绘图设计工作。点查区地图表示出一个点查员工作区的主要特征。

3.38. 一旦普查数据经过编译，普查办公室一般就要制作出符合出版质量要求的地图，用以展示普查结果，同时发布普查报告。这样的地图将面向范围更广泛的非专业群体。此后，要对地图进行更仔细的加工和设计，最终产品可以印制成册，也可以做成只读光盘，或因特网站发布。

3.39. 表 III.1.列出了一些可供选择的专题地图类型，可将它们放入普查地图册或放到普查机构的网站上（见联合国，1998）。很多其他类型的地图也可以考虑按专题出版，或者突出普查结果所涉及的国家地区有吸引力的方面。正如人口普查数据的分类汇总那样，既可根据各种特征，如性别、年龄、城镇、农村等进行分类，也可将地图分为各种不同的人口组分。如果以前普查的可比指标仍然有效，将不同时期的地图加以比较也能获得大量信息。

表 III.1. 用于普查地图册的专题地图清单

人口动态与分布

- 人口变化百分比
- 平均年增长率
- 人口密度（每平方公里人口数）

- 主要城镇的大小及分布
- 迁入率、迁出率和净迁移率
- 本国出生和国外出生数量
- 本国其他地区的出生数量

人口学特征

- 性别比率（每 100 个女性所对应的男性人数），也可以按年龄组
- 年龄在 0 至 14 岁的人口百分比
- 年龄在 15 至 64 岁的人口百分比
- 年龄超过 65 岁的人口百分比
- 育龄（15 至 49）女性的人口百分比
- 总依赖关系比率（年龄在 0 至 14 岁的人口与年龄超过 65 岁人口之和与年龄在 15 至 64 岁人口数的百分比）
- 婚姻状况
- 出生率
- 总生育率
- 死亡率
- 婴儿死亡率
- 自出生计算的预期寿命

社会经济特征

- 年龄在 10 岁以上人口的教育水平
- 有读写能力的人口比率
- 年龄在 10 岁以上文盲人口
- 失业率
- 失业人口（总数）
- 就业人口比率
- 根据经济部门划分的职业结构

家庭与住房

- 每个家庭平均人数

- 每个家庭的居室平均数量
- 住宅占有状况（自有、租赁、等等）
- 建筑材料类型
- 安全用水状况
- 用电状况
- 卫生设施状况

（资料来源：《人口和住房普查的原则和建议》第一次修订版，联合国出版物，销售号 E.98.XVII.8）。

3.40. 符合出版质量的普查地图通常只为那些相对集中的统计单位印制。人口普查部门可以出版国家的总体地图，根据省或地区说明各种指标的分布。此外，也可出版具体省份的详细地图。对于主要的城市地区，可以利用人口普查点或点查区一级的数据制作出非常详尽的地图。

3.41. 地理信息系统和桌面和绘图软件包具有相当充分的地图绘制功能，很多地图制作商已经转向全数字化的制作技术。然而，为了生产出高质量的地图产品，需要相当丰富的经验和专业技能。计算机提供的一些工具并不能替代地图绘制方面的专项训练。事实上，由于地图制作软件包在市场上的出现，导致地图大量增加，从而破坏了很多标准地图绘制的设计原则。起初，人们把这种现象归罪于早期地理信息系统软件包缺乏正规的地图绘制功能。但时至今日，人们看出，这个问题说明使用这类软件的用户没有接受过地图绘制技术方面的专门训练。

3.42. 在大多数的普查机关中，由专业地图绘制人员负责地图的制作、出版和发行。在接受了一定数字化地图制作技术培训之后，他们在计算机上制作高质量的地图时几乎没有什么困难。

3.43. 由于地理信息系统的桌地图制图软件的广泛传播和普及，日益增多的专题地图是由那些在地图设计原理方面未经过训练或几乎未受过

任何训练的专门人员制作出来的。为此，附录 V 提供了一套专题地图制作技术的概要。不论是对于负责地图绘制的骨干人员，还是对于那些在普查机构内外通过数字化空间数据库偶而进行一下地图制作工作的人，附录 V 均可提供有益的信息。地图绘制学和专题地图制作方面的出色参考书包括以下这些人的著作：Robinson 和其他人（1995）、Kraak 和 Ormeling（1997），以及 Dent（1999）。MacEachren（1994）曾专门针对在地图绘制学方面缺少正规训练的地理信息系统用户，出版了一本关于专题地图制作方法的有用的入门书。

(c) 专题地图的制作和出版

i. 产品类型

3.44. 在普查完成之后，统计部门将出品一批用于各种目的和符合出版质量的地图产品。例如：

- 标准基准地图，图中对人口普查数据汇总期间规定的每一个统计发布单位进行说明（见 C.2 (b) 节）；
- 插图地图，在印刷有关人口普查结果和普查方法的报告中作为插图的地图。在这种情况下，地图并非该出版物中的主要内容，而只是对文本的补充。通常采用黑白图，因为黑白图比全彩图容易制作而成本低廉。为了广泛地传播，此类印制品的印制数量相对较大，一般由人口普查部门的专门车间负责或包给外面的印刷厂印刷；
- 人口普查的地图册的印刷从小册子式的出版物到包括数十张地图的综合性硬拷贝地图册；
- 数字化人口普查地图册。这是一种成本效益很高的出版物，在广泛使用计算机的国家中，可以替代印刷件式产品。此类普查地图可以基于预先准备的静态地图，或通过一个简单的专题地图制作界面，让用户

选择地图的各种变量、分类方案、绘图符号和颜色、以及基本版面布置；

- 还可以在因特网上发布的地图。分静态和动态两种方式。静态方式与其他因特网上发布的图像或照片没有什么区别，而动态方式则借助于地图制作界面把专题地图的设计过程交给用户；
- 特殊用途地图。这是为了满足机构内或机构外的人口普查数据用户提出的要求而专门制作的。这种印刷品的数量不多，均通过本单位内的设备制作，例如激光或喷墨打印机；
- 宣传材料。例如宣传人口普查工作的幻灯片或大型招贴画，这类材料多得益于其中包含的地图内容。

ii. 地图制作工具/软件

3.45. 第一代地理信息系统软件包并未配备方便的地图制作工具。一般通过命令行式界面或宏语言进行地图制作。为了把文字加到地图上，用户必须在地图页面上为文本的所占位置规定坐标值，文本字体、字号和式样需要使用一套单独指令。新一代的桌面地图制作软件包在制图设计功能方面有了很大改进。用户在地图制作过程中可以选用多种字体、线条、各种填充图案和剪贴画。系统本身还配备了地图专用符号集，包括地形图和专题地图常用的点线符号。桌面地图制作软件的用户界面与标准图形软件的界面基本相同，用户可以从交互式菜单中选择不同的风格格式，通过鼠标对地图上的各种元素进行移动和缩放。屏幕显示与纸张上打印出的地图看上去相当一致，即所谓的“所见即所得”。

3.46. 目前的桌面地图绘制系统和地理信息系统所具有的绘制功能可以满足大多数用户的需要（如 Waldorf, 1995）。然而，在某些应用场合下，专业的地图绘制人员仍然喜欢把底图从地理信息系统内导出，然后将其导入到图形设计系统、桌面出版软件或图形软件包中。这类软件系

统或软件包具有灵活的图形处理功能，例如三维效果、渐变填充或透明化处理，这些功能为地图绘制人员的绘制和设计带来了更大的灵活性与方便性。从地理信息系统到图形软件的复制通常有两种方法。一是通过 Windows 操作环境所提供的标准剪贴功能，二是借助一种可以从图形软件导入的标准格式的中间文件（详见以下有关输出选项的章节）。

(d) 输出方式

i. 数字化文件

3.47. 所有地理信息系统和图形软件包都有让用户把地图版面导出为不同图形文件格式的功能。出于很多原由，这种方式十分有用，因为它可以使不同软件相互交换文件。例如，地理信息系统的底图和统计软件的数字表格均可导入到同一个图形软件包中，并在其中绘制和设计出最终的页面版式。文本处理软件可以导入经过最后加工的成品图形，并将其集成到报告或出版物中。本手册中提供的大多数图形都是通过这种方法制作而成的。图形文件可以安装或上载到网站上，作为静态地图图片，此外，还可作为文件附件通过电子邮件发送。

3.48. 图形文件格式（类似于地理信息系统中的数据结构）可以分为不同种类，有的支持向量图形，有的支持光栅图像或图像文件。分布在规则网格上的点或像素构成色彩及灰度上各不相同的光栅图像。连续变化的彩色色调或者灰度等级可以构成一幅照片式的图像。专题地图一般使用离散对象，因此显示时只需使用不多的几种颜色。

3.49. 向量图形格式把地理目标通过点、线、面和内部坐标系体现，即可与输出的幅面相关，也可以与其独立。有些文体格式可以同时处理光栅和向量对象。这些格式对于地理信息系统绘图十分有用，例如，可将线条和多边形组成的卫星图像层合并到一起。无论是光栅还是向量图形格式，在将其显示在屏幕或输出到打印机之

前，一律要对图形内容进行光栅化处理。因为从设计和构造上讲，上述两种输出装置都是光栅式显示设备。计算机的操作和打印机的驱动程序会自动地完成一切必要的处理。

3.50. 以下将要对常见的文件格式做一个简单说明。以下的这些格式并不完备和周到，因为现行的文件格式不下几十种（详细情况见 Murray 和 van Ryper, 1994）。

ii. 光栅图像格式

3.51. 地理信息系统或图形软件包均可以直接建立光栅图像。在有些情况下，另外有两种方法对建立图像非常有用。一种是在支持光栅图像的软件中使用屏幕抓取命令。这类“屏幕抓图程序”有时在保留原始色彩方面比地理信息系统或图形软件包内的导出功能还要优越。另一种选择是通过专业软件或硬件把图形转换成光栅图像。此类光栅图像处理器可以生成分辨率非常高的图像，能够保留向量格式图像的所有细节。然而，最后形成的输出文件可能非常大。

3.52. 文件的大小取决于两个因素：图像中的颜色数量和图像的压缩格式。例如，某一个图像格式只支持两种颜色（黑与白），那么，每个像素只需 1 位（比特）便可表达。用 8 位（1 字节）表达一个像素时，则可以存储 256 种颜色。高端显示器或高级图像格式用 24 或 32 位代表一个像素，则可以表现一千六百万种颜色以上。对于专题地图而言，一般使用几种不同颜色就足够了，但对于照片或具有照片真实感的图片，使用 16 位或者 24 位图像格式将更为有益。

3.53. 大多数图像格式均采用某些压缩形式以减少文件的大小。最简单的压缩方案是长线程编码，有时一些光栅式地理信息系统也使用这种技术。如果在图像的一行中有一连串相同颜色的像素，那么系统只要存储重复的次数和记录一次该像素就可以了。例如，一连串有 5 个像素，其颜色编号都是 4，只用两个数码代表就可以了，写成 5, 4，而不必记录为 4, 4, 4, 4, 4。

这里的颜色编码实际上只是一个索引代码，指向一个颜色表，该表保存在一个小文件头内，其中列出颜色的规定值，这类规定值总是基于某种通用颜色模型编排的。例如，最常用的一种 RGB 模型。

3.54. 几种标准光栅文件格式：

- **BMP 位图格式。**微软 Windows 采用的不受设备制约的位图格式，几乎在任何一种显示设备上均可通过 Windows 显示这种格式的图像。这是一种最基本的光栅文件格式，支持长线程编码的压缩方式。尽管如此，这种格式的文件尺寸通常要比其他格式大。
- **TIFF 标记图像文件格式。**这种格式是最广泛支持光栅图像的格式之一，支持多种不同的颜色数量和很多压缩方案。几乎所有支持图形的软件均可导入 TIFF 格式的图像，尽管有时导入不同硬件平台上建立的图像时会出现一些问题。TIFF 格式在地理应用方面具有特殊的重要性，在地理信息系统或桌面地图绘制软件包里显示卫星图像、航摄照片、扫描地图或其他光栅数据时，经常采用这种图像格式。由于需要有一套独立于平台的标准文件格式以便表达地球空间图像，结果开发出一套 GeoTIFF 标准。这套标准提供的信息参数包括在 TIFF 图像的文件头内，这些参数对所有与图像有关的地理信息进行描述，例如投影法、真实世界坐标、地图范围等，同时所有其他方面与标准的 TIFF 完全一致。GeoTIFF 受到大多数地理信息系统软件销售商、政府有关机构和部门，以及科研院所的支持。具体参数见 Ritter 的著作（1996）。
- **GIF 可交换图像文件格式。**这种格式设计用于跨越硬件平台进行光栅图像的交换。它所支持的压缩方案能显著地缩小文件尺寸，因此成为通过计算机网络进行交换的

最佳方式。事实上，CompuServe 当初开发这种格式时，就是为了用于早期网上公告版的服务。GIF 格式可支持 256 色，是通过网络浏览器进行浏览操作的两种光栅图像格式之一。大多数网页上非照片式的光栅图像均采用 GIF 格式。

- **JPEG 联合图像专家组图像格式。**这种格式是由联合摄影专家小组作为一种图像压缩方案开发出来的，支持数量众多的颜色或灰度，可以满足摄影照片或照片式图像的需要。JPEG 格式也得到网络浏览器的支持，用于在网页上显示照片。JPEG 格式具有一套可变的多种压缩方式。但这种压缩并非完全可逆，也就是说，经过高度压缩后的照片并不能完全再现原始图像的所有细节。

iii. 向量文件格式

3.55. 向量文件格式与地理信息系统内向量数据的关系更为密切。这种格式可以更为紧凑地表达线条或多边形数据，并能充分地保留原始的地理信息系统数据层的分辨率。一些标准向量图形格式如下：

- **WMF 视窗（Windows）图元文件格式。**Windows 图元文件格式是一种用于 Windows 操作系统下的图形文件格式，经常用于向量数据，但也能存储位图图像。增强型的 WMF 文件格式（EMF）是一种更全面和更灵活的 WMF 格式，开发这种格式主要目的是为了用于 32 位的 Windows 操作环境（如 Windows 95/NT）。在 Windows 的应用软件中，WMF 是一种最稳定的文件格式，经常用于导入和导出图形文件。在 WMF 格式还是 Windows 经常使用的一种图形格式，可以通过它把图形对象复制到剪贴板上，然后粘贴到其他应用文件中。
- **CGM 计算机图形元文件格式。**计算机图形元文件格式是一种用于存储二维图形数据

的国际标准格式。当初作为一种纯向量标准开发，但后来的版本也支持光栅图像。有三种类型的 CGM 格式：一种是字符编码器，以减少文件长度和增加传输速度；一种是二进制码，用于提高存取速度；第三种是明码通信文本模式，用于基于文件的编辑操作。

- **HPGL 惠普公司绘图语言。**惠普公司图形语言是一种文件格式，当初为了用于笔式绘图仪。在大版面喷墨打印机和静电打印机出现以前，笔式绘图仪是地理信息系统项目在打印大版面地图时广泛使用一种输出装置。
- **DXF 绘图交换格式。**绘图交换格式是由 Autodesk 公司开发出的一种文件格式，该公司是一家软件开发商，擅长计算机辅助设计和地理信息系统软件系统。当初设计这种格式是为了能让 Autodesk 自己的文件进行跨平台交换，现在 DXF 格式已经成为一种标准的交换格式，受到大多数地理信息系统软件和很多图形软件的支持。
- **PS 外部页面格式和 EPS 增强型外部页面格式。**严格说来，外部页面格式实际上是一种编程语言，用于描述纯文本文件的向量数据。外部页面格式由 Adobe 图形软件公司开发。对与大小无关的向量图形优化之后，外部页面格式文件也可用来处理光栅图像。这种格式的主要用途是作为输出格式向外部页面格式的打印机发送文件和图形。因此，外部页面格式基本上是一种输出格式。很多图形软件包也支持外部页面格式的导入，但由于外部页面格式的编码没有达到完全标准化，所以这样导入的外部页面格式文件一般不能再做进一步的编辑，如果它们开始是在不同的计算机程序中创建的，这种状况则会经常出现。当跨越硬件平台传递外部页面格式的文件时，更会出现这种局面。在个别情况下，即使在同个软件中创建的外部页面格式文件

也无法进行导入操作。

虽然无法对导入的外部页面格式文件做进一步的加工和修改，但大多数的软件都能将外部页面格式文件加入到一个文件中。但屏幕显示时看不到外部页面格式文件的内容，只能显示一个带有标记的方框。尽管如此，一旦将该文件送到一台支持外部页面格式的打印机上时，实际存在的外部页面格式文件的内容仍会一字不漏地打印出来。由于外部页面格式文件与尺寸大小无关，也就是说可大可小，所以导入的外部页面格式图形可以在编辑完成之后，充填到预先保留的空间内。

- **PDF 可移植文档格式。**可移植文档格式也是由 Adobe 公司开发的。当初的目的是为了能够在因特网上传播复合型文件，也就是说，文件中既有文本又有图形。凡是使用 Adobe Acrobat 打印驱动程序中的任意一种文本处理或图形处理软件均可创建 PDF 文件。PDF 阅读器可以从 Adobe 的网站免费下载。有的专家预言：PDF 格式将会取代外部页面格式文件成为用于高级图形打印的主流标准。PDF 的语言比外部页面格式简单，因此更容易对 PDF 文件进行点化和光栅化处理。图形文件如果要显示在计算机屏幕上或得到高分辨率的打印效果，就必须进行光栅化的处理。

iv. 个人打印机

3.56. 为了便于打印少量文本或质量良好的图片，人口普查办公室应当配备一台或几台打印机，以下对最流行的几种类型的打印机做一些简单的介绍（也可参见 Cost, 1997）：

- **喷墨打印机。**这种打印机通过一个喷嘴将带电的微小颜色液滴挤出并喷射在纸张表面。液态喷墨打印机采用液态墨水，经蒸发干燥，墨水经受液压由喷嘴送出。这种技术称之为脉动喷墨技术。相比之下，热

喷墨技术对喷嘴处的墨水小泡进行加热，当小泡足够大之后，强行通过喷嘴射向纸张表面。固态喷墨打印机的墨水需要经过融化后才能喷射到纸张上，到达页面之后会快速固化。固态喷墨技术在页面上形成的墨点要比液态喷墨技术所形成的墨点更为精细。喷墨打印机允许使用普通纸张，但为了达到更好的输出效果和质量，通常使用有专门涂层的专用喷墨打印纸。由于价格合理和便于操作，适用于多种幅面的输出，所以，喷墨打印机成了当前应用最为广泛的彩色输出装置。

- **热作用打印机。**这种类型的打印机要求配备专用纸张和有专门涂层的专用色带，色带依次通过热作用机头。由于机头的热升华作用将墨色融入纸面。这种方式有时需要三种颜色的色带（青、品红、黄），有时需要有四条色带（青、品红、黄、黑），因此，热作用机头需要在纸张上经过三遍至四遍。在热腊式打印机上，通过加热把彩色腊层附着到纸面上。在热作用的染色过程中，颜料扩散到可着色的表面上。染料扩散式打印机与热腊式打印机相比，能获得更高的分辨率和更多的色彩。
- **激光打印机。**这种类型的打印机通过激光束和光学机构对光电导表面进行有选择的放电。极性相反的带电墨粉被吸附到这层表面，分布在有电荷的位置上。墨粉通过转移作用在纸张面上固定下来。这种类似于静电复印的过程也可通过滚筒方式把图像加到纸面上。单色激光打印机达到的输出质量几乎与专业排版系统输出的产品不分上下。彩色激光打印机的价格直到最近才有所下降，使大多数进行图形处理的用户可以考虑使用。然而，激光彩色打印机的打印质量不是非常高，因此在小型和中型地理信息系统实验室内，作为一种普通的彩色打印机，彩色激光打印机尚难以取代彩色喷墨打印机。

- **静电打印机。**这种打印机将墨粉借助静电荷转移到非导电性的表面上，有的地方吸附墨粉，有的地方排斥墨粉。直接静电式打印机把电荷直接加到具有专门涂层的纸面上。不同颜色的墨粉需要各自单独的操作。所有颜色的墨粉都走过一遍之后，墨粉将融入纸张之内。另外还有一种静电加工方法，即彩色复印。彩色复印通过曝光时生成附着性静电荷的鼓筒或带装皮带实现。

3.57. 打印技术始终在不断发生改变，可供选用的产品类型非常多。在选择适用的打印机时，人口普查办公室需要考虑以下各项标准：

- 硬件成本、维护费以及打印每页纸的最终成本；
- 输出效率（每分钟多少页）；
- 输出分辨率，每英寸的点数、颜色数量和灰度等级；
- 打印尺寸；
- 支持的打印介质类型（普通纸、专用涂层纸、透明纸等）。

3.58. 很多地图的样稿或初稿并不一定要用彩色打印。事实上，很多小幅面黑白地图可以很容易地进行复印。激光打印机可打印 A4 或信纸大小的纸张，打印速度快并可获得很高的分辨率（600 dpi 或更高）。它们是打印报告和其他文件的理想手段，这些文本以文字为主，配有插图或地图。

3.59. 打印复杂地图则需使用彩色打印机，这种地图仅用单色灰度变化和符号方式难以充分表现。当前最常使用的彩色打印机为喷墨打印机，打印尺寸从最小的 A4/信纸大小一直到 60×90 厘米或 24×36 英寸的版面。它们可以输出 600 dpi 的高质量地图。对于喷墨打印机来说，打印速度仍然较慢。虽然目前彩色激光打印机的打印质量还超不过喷墨打印机，但在不久的将来，彩色激光打印机很可能取代喷墨打印机，成

为最流行的彩色打印装置。

3.60. 对于地理信息系统项目而言，如何选择一台合适的打印机，最重要的还是费用问题。但必须记住，购买打印机的钱仅是众多费用中的一笔，而且通常是比例相对较小的一部分。有时打印机本身的价格降低了许多，但墨盒和专用打印纸的价格仍然居高不下。有时，打印机制造厂家有意把硬件设备的价格压得非常低，但他们往往希望通过销售专用消耗品获取利润。除了购买时的价格外，打印每一标准页（例如，按页面5%的覆盖率计算）的所需成本也要进行比较。对此，可以参考计算机报刊杂志上公布的一些对比性资料。

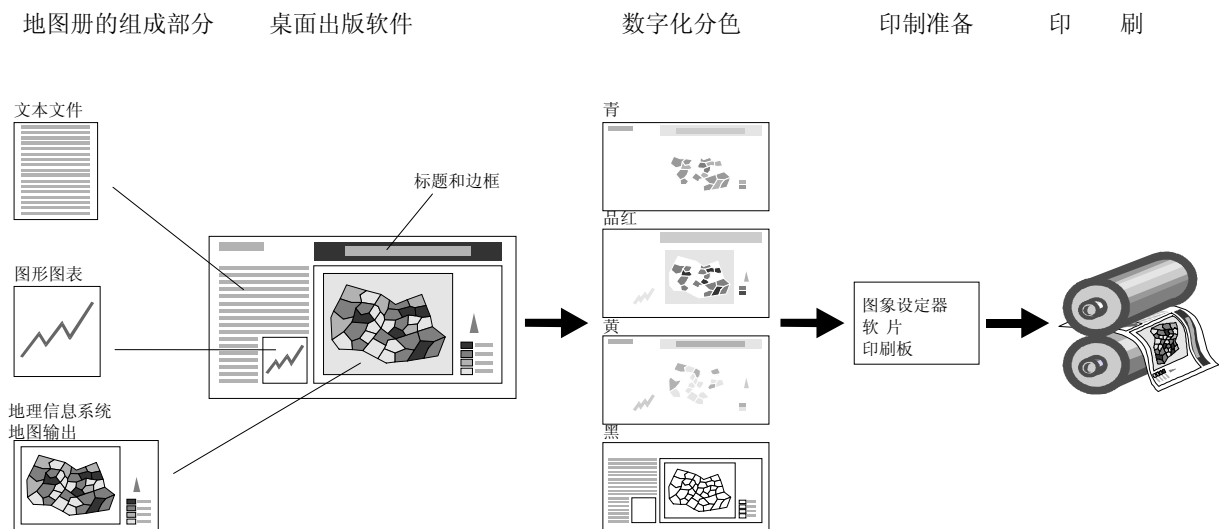
v. 商业化印刷

3.61. 对于大批量印制，个人打印机就显得太慢并且成本也太高。宣传册、招贴画以及人口

普查地图册就需要由内部的印刷车间或专业化印刷厂印制。如果印刷量相当大，采用印刷板或平板印刷机的传统印刷工艺仍然要比数字化的印制便宜和快捷。这种状况也许会在不久的将来有所改观。

3.62. 然而，制作印刷版之前的这段工艺，目前已经几乎全盘数字化了。数字化人口普查地图册的典型制作过程见下面的图III.2所示。在初始规划阶段，确定出文本、图片和地图等各项内容，然后由普查地图制作人员生成地图册内的所有地图和图形。这些地图与图形用外部页面文件格式保存，以便印刷。对于包含用外部软件生成的图形的复杂地图，其版面设计一般要通过高端图形软件完成。人口普查办公室的其他工作人员通过标准的字处理软件为地图、表格、参考资料添加文字说明。

图 III. 2. 数字化印刷过程



3.63. 第二步, 通过桌面出版软件对地图册中的所有组成部分进行组合, 对文字标题、图表说明、图片、文本以及图形进行排版, 使其组成引人注目的版面, 版面的大小要与产品的页面尺寸完全相同。这项工作既可内部完成, 也可拿到外面加工。

3.64. 最后的地图册版面设计一旦完成, 即可以数字化输出文件的形式加以保存。最普通的文件格式是封装式外部页面格式文件, 当然, 有些商业化印刷机也可使用某些软件指定的文件格式。很多高端图形软件和桌面出版系统也可进行分色处理, 各分色版既可存成各自的文件, 也可存入在同一文件中。实际印刷机使用四色印制版, 颜色分别是青、品红、黄、黑(即所谓的CMYK色彩模型)。地图和图形上的颜色按不同的百分比将四种颜色调和在一起。随后将数字文件送至图像设定器制成软片, 再从软片生成印刷版。一般来讲, 利用数字文件制作软片效果是最好的。激光打印机上打印出来的照相制版拷贝可通过翻拍技术复制, 尽管便宜一些, 但无法达到数字文件所具有的高分辨率。除非现有的生产线已经过调试, 一般都要先让印刷机出一份彩色清样, 对色彩进行评估后方可最后生产。

3.65. 与印刷前数字化处理(印刷材料的准备)有关的有用资料可参见 Romano (1996) 和 Cost (1997)。最近与绘图法有关的书籍, 如 Kraak 和 Ormeling (1997), 以及 Robinson 和其他人 (1995), 也对印刷前数字化处理进行了讨论。很多印刷硬件和软件的销售商也都通过各自的网站提供广泛信息以及其他资源。

4. 用于发布目的的数字地理数据库

3.66. 目前, 出版硬拷贝的人口普查地图产品, 仍是宣传地理人口普查结果的主要手段之一。计算机的普及程度在不同的国家不尽相同, 即使在计算机广泛使用的地区, 也有很多用户愿意阅读印刷式产品。在印制人口统计地图的同时, 人口普查办公室不应忘记制定一套数字化数据发布战略。

3.67. 对数字化数据库的需求将与日俱增, 该数据库中包含人口普查部门的数字化地理主数据库中的内容。在很多领域进行政策制定和科学分析时, 人口普查数据是一种重要资源。医疗保健服务的提供、教育资源的分配、共用设施的设计和基础设施的建设、以及选举计划和安排等就是一些应用实例, 政府有关部门在开展这些工作时, 必然要广泛参考小区域的人口普查资料。商家也会根据这些数据进行市场策划和选择恰当的销售地点。

3.68. 小区域人口普查数据有广大的潜在用户, 这意味着人口普查机构需要推行一套多层次的数字化数据的传播战略。一般来说, 我们可以区分以下类型的用户:

- 地理信息系统的高级用户。他们要把自己的有关医疗设施、学校区或销售区一类的地理信息系统数据与小区域人口普查数据结合到一起;
- 政府、工商界或私营部门中的计算机用户。他们需要广泛浏览人口普查数据库中的专题信息, 需要能生成专题地图, 需要对绘图参数进行简单处理。此外, 他们可能还需要利用一些简单的分析功能, 例如, 把人口普查的单位纳入到用户定制的区域;
- 初级用户。他们大多只想在计算机上看一看现成的地图, 或许进行一些简单的查询。

3.69. 第一类用户需要以综合性的数字化地理信息系统格式访问数据库中的空间信息和地貌特征性信息。人口普查部门需要提供综合性文件, 这些综合性文件要基于地理信息系统数据库使用的地理变量, 以及基于具体的人口普查变量。空间信息应以一种开放式的地理信息系统格式传播, 必须能够很容易地转换成任何一种商业化地理信息系统的格式。

3.70. 第二类用户需要在综合性的、预先打

好包的应用文件方面得到最好的服务，这些文体要能用于商业化或免费桌面地图软件。他们在文档说明方面没有更多的要求，因为他们并不打算改动数据库的地理参数，也不想进行更高级的地理信息系统操作。

3.71. 对于第三类用户，最好的数据传播战略就是制作出一套完备的数字化人口普查图册。这套图册可以包含一系列静态地图（例如用幻灯片的方式），或简单的地图界面，以进行一些最基本的查询。静态地图和简单的地图界面应该能够通过因特网访问。

(a) 数据内容定义

3.72. 为了发布地理信息系统数据库，第一步的工作就是对数据库的内容进行定义。为此，需要解决以下几个问题：

i. 发布何种层次的数据？

3.73. 为了发挥人口普查数据收集工作的总体效益，人口普查机构的目标应该是，根据地理分布状况，发布不包含个人隐私的、最基本一级的普查数据。即使在点查区一级，仍可能包括只有几家住户的特殊报告区，在这种情况下，则不能公开普查数据。如确有需要，选择的报告区数据必须删除或者予以重新编码。

ii. 是一个大型地理信息系统数据库，还是一系列人口普查数据库？

3.74. 一个高分辨率的人口普查地理信息系统数据库包括数以千计报告单位。如此大的数据量将超出一般普通数据用户的计算能力。在这种情况下，应考虑制作人口普查系列数据库，而不要发布单一的大型数据库。对于中等分辨率的数据库，例如区域性数据库，一个国家级的摘要式数据库即可满足提供国内社会经济状况信息的需求。对于主要地区或区域，可以建立独立的、足以显示点查区一级各项指标的数据库。对于主要城市地区来说，建立具体的数据库十分有用。

3.75. 最后，带有相关人口普查数据的国内

居民点的数据库会满足一部分用户的需要，他们不需要报告单位的地理信息系统数据库的空间分辨率。这种数据库至少要包括按城市地区分类的居民区，以及每个城镇的加总人口普查指标。最理想的情况是，把村庄一级的数据库建立起来，这样会给卫生健康、教育或农业部门的规划者带来很大益处。村庄一级的数据库可以地名字典为基础，如果人口普查地图绘制过程中已经收集了有关地名和位置的信息。

3.76. 为国家的下属部门提供数据库将会增加数据的用途。很多用户仅仅需要相对较小的区域普查信息。对于那些具有中等地理信息系统计算能力的用户，处理国家人口普查数据库的子集相对比较容易。对于那些数据访问费用高于复制成本的国家来说，应以大量非商业用户能够支付得起的价格，向他们提供一些较小的数据集。

3.77. 如果发布独立的数据库，要注意各个部分必须相互兼容。也就是说，各数据库的共享边界必须严格匹配。数据库的独立片断必须处于同一个地理基准系统中，具有同样的数据库属性定义。如果人口普查办公室的主数据库非常详细，向某些用户提供一套更通用的数字化普查地图版本将大有裨益。有些国家提供的数字化人口普查地图使用了不同的标称比例尺或坐标精度。对于有高精度和详细要求的用户可提高收费。

3.78. 很多商业化地理信息系统数据的制作者没有按照特殊投影，而是以经纬度（地理坐标）发布他们的数据。地理坐标是最为普通和最常用的基准体系，如果用户需要与其他数据层共同使用交界数据，可以很容易地将地理坐标转换成其他投影坐标。相比之下，地理信息系统软件一般不支持某些国家专用的投影和坐标系统。因此，用户在这种情况下进行地理分析应用时，则很难使用普查数据库。

iii. 如何确定边界的密集度与数据库的集成度？

3.79. 人口普查地理信息系统数据库的特点

是具有大量的属性字段。人口普查问卷上的信息可能要存储到数百个变量字段内，一般不可能将其放入同一张数据表中。一种比较好的办法是，按照地理属性选择一些最重要的指标，把其余信息量分列成一系列不同表格。外部表格可以按不同的题目排列，如人口统计、住户数据等等。需要时，用户可以利用通用地理信息系统识别符将表格链接到地理信息系统上。

(b) 数据格式

i. 坐标数据

3.80. 由于数据格式不同，各种地理信息系统软件之间有很大区别。每一种商用软件包都有自己的数据格式，因此需要一定的导入和导出功能，以便能对外部数据进行转换。有时，这些转换工具需要单独购买。

3.81. 尽管商用和公用地理信息系统团体都作出了努力（见“开放地理信息系统联合会”，1996），但迄今为止，仍未出现能够普遍接受和广泛使用的通用数据交换格式。当初，为了发行《世界数字化地图》（1:1,000,000 比例的全球基本地图）开发了 VPF 向量产品格式，本想将其作为通用的数据交换标准，但商业化地理信息系统开发商从来没有表示过欢迎。

3.82. 然而，几种由领先的地理信息系统销售商所开发的交换格式反倒成了大家实际认可标准，它们也得到了地理信息系统以外的其他软件系统的支持。以下简单介绍一下其中最重要的几种：

- AutoCAD 的 DXF 格式 (.dxf)：起源于计算机辅助设计领域，非常适于转换地理坐标数据，但在转换属性信息方面表现不佳。
- Arc/Info 导出格式 (.e00)：一种跨平台的地理信息系统数据库交换格式，由环境系统研究所 Arc/Info GIS 开发。导出的文件可以压缩，支持较小的文件尺寸。然而，

为了保证最大的兼容性，最好使用非压缩的导出格式。导出后的文件仍可使用标准压缩和存档程序（如 PKZIP）进行压缩。这种.e00 格式虽未公开发表，但很多地理信息系统软件已经为其开发了导入程序。

- ArcView 成型文件 (.shp)：这是环境系统研究所 ArcView 桌面地图绘制软件使用的一种比较简单的格式。一个.shp 文件数据库包括几个文件，有坐标数据、空间指数、属性数据等。这些文件格式已经公开发表，所以很多地理信息系统均能导入.shp 文件。
- MapInfo 交换格式 (.mif)：用于与 MapInfo 制作的文件进行交换的格式。MapInfo 是一套领先的桌面地图处理系统。MIF 文件符合 ASCII 格式，可以借助很多种程序对其阅读。
- MicroStation 设计文件格式 (.dgn)：Bentley 模块地理信息系统环境和地理学地理信息系统软件包所使用的文件格式。这种格式并不直接支持属性数据，但是提供了链接外部数据库表格的功能。通过一种单独的导入格式可将地理文件与属性文件结合到一起。

3.83. 上述所有各种格式均支持边界信息和属性信息。任何一种商业化地理信息系统至少能够导入其中的一两种格式。作为人口普查机构，比较理想的情况应该是，为公开发布的地理信息系统数据库提供若干种格式，因为用户的地理信息系统功能各异，软件平台多种多样，只有这样才能为各种类型的用户提供方便。选择一种发布格式时，应该了解人口普查数据的广大用户群体最常使用哪些地图绘制系统，并且要考虑数据格式的灵活性和可靠性。

3.84. 按照地理信息系统本身的内部格式（如 Arc/Info 或 MapInfo 格式）发布地理信息系统数据并非良策。原有格式的数据一般无法转换到其他操作系统内，可能遇到路径名不兼容的情

况，而其他地理信息系统软件通常不能导入这种地理信息系统数据专用格式。大多数的商业地理信息系统软件更倾向于采用可靠的数据交换格式。

ii. 表格数据

3.85. 大多数地理信息系统软件在属性数据方面支持多种文件格式。有的软件具备的功能可以把相关的数据库连接到外部的数据库管理系统。然而，为了发布数据，最好采用一种简单而广泛使用的文件格式。应用最广泛的格式是 DBASE 格式。大多数数据库管理和电子表格软件，以及人口普查表格处理软件包（如 REDATAM 和 IMPS）都采用这种格式制作。

3.86. 虽然以 DBASE 格式发表的表格数据能与其他地理信息系统软件广泛兼容，可它也有若干局限性。例如，字段名列于表格的第一行，限定不得超过 10 个字符。有关电子表格或者数据库管理的软件文献对兼容性问题进行了详细讨论。在表格布局方面，最重要的字段是通用标识符，借助标识可以把属性数据链接到报告单位的界面上。这个字段应该位于每个属性表的第一列。将数据集按某一标准排序是一种好方法，例如按地理标识符排序。

iii. 文档格式

3.87. 数据文档的文件格式也必须考虑。任何一位用户均可对纯 ASCII 文本文件进行阅读。但这种文本格式不支持图形和复杂的表格或格式化的文本。Adobe Acrobat 系统的 PDF 格式现已成为一种与平台无关的格式化文本发布标准。由于 Adobe Acrobat 阅读器可以免费获得，所以任何用户均可使用 PDF 格式的文件。

3.88 还有一个变通办法是，按网络浏览器的可读格式制作，因为网络浏览器也可以免费从 Microsoft 和 Netscape 获得。HTML 文件格式相当规范，当将其放在只读光盘或硬盘上时，即使不接通因特网也可以读取。

iv. 文件命名约定

3.89. 虽然 Windows 95、NT、Mac 和 UNIX 操作系统都支持长文件名，然而，对于所有数据和文档文件的发布最好还是遵照 DOS 系统规定的“8.3”文件命名规定。因为某些用户如果仍在使用 DOS、Windows 3.1 或老式地理信息系统软件，长文件名就会造成麻烦。短文件名可以最大限度地减少兼容性问题，例如，在老式的网络软件中短文件名基本不会发生问题。在文件命名方面使用一致约定，便于用户迅速找到所需的数据。

v. 文件的压缩

3.90. 地理信息系统的文件一般非常大，而且还包括表格数据，发布一整套文件将是一个巨大的工程量。对文件进行压缩可为数据发布提供很大方便，特别是通过因特网或磁盘发布时尤其如此。在 Windows 环境下使用最广泛的压缩软件是 PKZIP。几乎所有的计算机上都可以找到这个通用程序。对于在 UNIX 系统下压缩的文件，PKZIP 也可以从中读取。制作自解压文件对于没有经验的用户更为方便，因为它无需使用公用程序。然而，它们要在特定的操作系统上运行，只有在知道目标平台的情况下，才能使用这种自解压文件。

(c) 文档和数据字典

3.91. 与数据集一起发布的文档不一定像人口普查机构内的信息那样完备，机构内部的信息为所有数据库进行了编译（见第二章）。数据用户通常不必了解数据的系属来源或处理过程，重要的是要让外部用户容易理解和使用。因此，文档应该针对数据库中 与用户密切相关的方面作出清晰、简洁和详细的说明。只要人口普查机构拥有一个全面的数据库，为用户提供的数据文档就可以很快地编译出来。数据文档应包括以下信息：

- 数据集的名称和基准信息，包括所有数据来源；

- 数据集的解说内容；
- 行政部门与报告单位的说明及其隶属关系，报告单位与其他地貌特征（如居民点）的关系。包括每一类型的报告单位采用的统计定义的清楚说明。一份完整的、包括所有报告单位及其地理编码的清单十分有用；
- 软件和硬件要求；
- 通用数据格式、解压与安装说明；
- 地理基准信息（所有地理数据集必须在同一个基准系统中）：
 - 地图绘制投影方法及所需全部参数，如标准的平行线或子午线、伪东向偏移量和伪北向偏移量等；
 - 坐标单位（例如十进制、米、英尺）；
 - 源地图比例尺，即硬拷贝地图的比例尺，根据该比例尺对边界进行数字化处理；
 - 地理精度信息。例如，对源地图是否有数量精度的信息可供报告。如果无法对数据质量作出量化评估，也可用一般性词汇对精确程度进行说明；
 - 地理信息系统数据集的印刷版地图是对文档的有益补充。例如，它能检验用户导入地图的操作是否正确；
- 与互不相连的报告单位沟通的约定（例如，含有若干岛屿的地区；见第二章）；
- 有关产品信息，例如，更详细的人口普查地理信息系统数据库，或可用于边界的额外数据文件；
- 有关人口普查的出版物的参考目录；
- 为提供用户技术的联系信息；
- 卸责声明、版权信息、等等。

3.92. 另外，每一个地理信息系统数据集应该配备一部数据字典，其中载有每一个地理信息系统数据层或数据表的信息。应该列出的信息包括：

- 文件名和文件格式；
- 特征类型（点、线、多边形）；
- 坐标数据文件与相关外部属性数据表之间的关系；
- 要在属性表内和附加的外部表内的每一个字段中列出：
 - 字段名称；
 - 字段内容描述（例如，人口总数，1995）以及采用的精确统计定义。对于推导出的人口统计指标，应指出所使用的公式，例如，分子和分母变量使用的字段名；
 - 字段定义，包括变量类型（例如，实数、整数、字符），可接受的数值以及处理脱漏数值的约定；对于分类数据，编码方案要详细解释。例如，在一个居民点数据库内，一个数量叫做 TYPE 的字段，可以用“1”代表国家的首都，用“2”代表省会，用“3”代表区的行政中心，等等；
 - 可用的数据质量信息，用户可以通过这一信息判断数据是否适合于某项特定任务。

3.93. 数据文档和数据字典也可以合并为一本全面的用户手册。用户手册可以包括有关数据库内容、数据的谱系和数据质量方面的详尽说明。此外，还可应用实例的逐步说明。数据字典的样本见附录IV。

(d) 交付准备

3.94. 质量控制是最终成品发布前的一个重要步骤。在数据库最终版本制作完成，并且做成

了相应形式（例如压缩）之后，应在所有目标平台上对数据库进行测试（例如 Windows 环境、UNIX 和 Macintosh 等）。

3.95. 在编写完毕进行制作时，只读光盘是用于发布大型数据集最合适的介质。一张只读光盘可保存 630 MB 的内容，而大多数计算机都有光盘驱动器。光盘刻录机也不是太昂贵，因此可在单位内部制作数字化母盘。这有助于定制化数据集的传播，因为用户通常只需要少数几份拷贝。对于大范围发行的大型数据集，只读光盘有不少优越之处，如单位成本低、经久耐用、可在多种硬件平台上读取等。

3.96. 有两项技术将来会超过只读光盘技术。其中一项是 DVD（数字化视频光盘）。一张 DVD 可存储两吉字节以上的数据。DVD 的写录技术也正在飞速发展，虽然在制定共同标准方面还难以定夺，但几年后，这些问题都能解决。

3.97. 从更长远的观点看，大多数数据传播将会通过因特网完成。当前，限于带宽，非常大型的文件在传播上仍然受到阻碍。所谓带宽系指在一定的时间内所能传输的数据总量。目前下载时间仍然太长，令人难以承受。其中部分原因是很多国家的因特网基础设施不足或不完善。主要的瓶颈是家庭或办公室用于连接因特网的调制解调器。对于那些配有高速因特网访问能力的科研部门、政府机关、大型公司来说，大型文件的传送已不成问题。

3.98. 对于人口普查部门来说，通过因特网发布数据将大幅削减再制作成本。余下的只是软件界面开发、网站维护，以及逐渐增多的网络服务器资源占用费。届时，普查地理信息系统数据库的制作成本非常低，向用户提供服务时的收费也不会很高，甚至免费。但某些组织可能会收取在线数据使用费。收费的一个理由是为了补贴出书费用，为没有条件上网的用户提供出版物。另一个原因是，人口普查机构需要收回数据收集和人口普查数据的编译费用。

(e) 法律和商业化问题

i. 数据版权

3.99. 版权是一种专有的和受法律保护的制作、复制或销售一件作品的权利，此处的作品就是数字地理数据库。由于数字数据非常容易复制，因此，和印刷式地图相比，地理信息系统数据库的版权问题就成为了一个需要迫切解决的问题（见 Antenucci 等人，1991）。人口普查部门需要制定一套用于表格和图形式的普查信息的数据访问政策。

3.100. 版权涉及两个领域：道义上的权利和物质上的权利。道义权利保护作品的完整性，禁止对原作进行任意改动。物质权利系指经济或金钱利益，自产品的发行、复制、使用或改编。版权拥有者的权利将以许可协议的方式予以确定。

3.101. 版权问题涉及数字化数据产品的价格政策。在制定数字化空间数据的价格时，人口普查机构可以决定：

- 自行承担全部普查数据的收集和发布费用；
- 收取数据传播使用费（载体介质和发运费）；
- 全部或部分收回数据收集和编译费用；
- 除了收回地理信息系统的投资和实际数据开发成本外，进行创收。

ii. 地理数据商业化的利弊

3.102. 不同国家的版权法有很大差别。最极端的情况是，有些政府对公共部门制作的信息产品不拥有版权。他们的根据是，纳税人已经为数据收集工作付出了他们应缴的税款，因此不应再为使用这些数据而交费。这样做的结果是，公共部门免费提供他们所制作的地理信息数据或只收取复制费用。此外，任何商业机构可以对政府的信息产品进行再包装，以营利目的出售。

3.103. 美国就是这样一个例子。人们可以免

费访问公共数据，因此出现了一个庞大的服务行业，该行业以各种格式生产空间基准普查数据，用于向个人、商业团体，以及最有讽刺意味的是，向公共部门的用户销售。尽管公司对这些数据进行收费，但这种开放式的普查数据使用方式仍使大批公司进入市场。竞争降低了经过再包装的人口普查数据的价格，但同时增加了专用产品的范围。那些愿意自己动手转换数据的用户仍可继续免费使用各种数据。

3.104. 这种发展的好处是，人口普查数据得到了非常广泛的应用。用户数量的日益增加，促进了易用型桌面地图绘制软件的开发和增值服务的开展。这项发展取得了全面的经济效益，增加了税收，提高了信息访问能力和生产率，改进了公共和私营部门的决策效率。这些收益足以证明数据免费发放政策的正确性，相当于为私营公司进行补贴。

3.105. 在其他一些国家里，政府紧缩开支，对公共部门创收以支持部门运营造成了巨大压力。在地理基准普查信息方面造成的结果是，信息价格有时非常高。高昂的价格也许反映出这些数据所具有的商业价值，例如对金融机构和各种企业所具有的价值。但这样一来，小公司和非商业用户不得不退出普查信息市场，限制了普查数据的全面应用，结果减少了普查地理信息系统数据的效益。正如 *Prevost* 和 *Gilruth* (1997) 指出的那样，企图回收成本的努力使非商业用户无力承担人口普查地理信息系统产品的费用，从而导致非法复制数据集的现象发生。人们费尽心机地花费大量时间从原始材料中复制数据，或生产一些廉价的劣质数据。

3.106. 限制严格的许可协议也阻碍了普查产品发行和服务。这种做法降低了人口数据收集的福利作用。由于缺乏应有的附加作用，普查部门的收入也许稍有增加，但减少了国民经济的整体收入。事实上，在有些国家里，由于认识到高收费不但没有起到强化版权的作用，而且由于重要信息使用不足造成了社会效益的损失，因此采取了免费或降低收费的方法。

3.107. 当普查机构与私人数据制作商合作，或公共部门与私营部门将数据用于普查地图的制作时，常常在数据访问和二次利用方面受到很严格的限制。例如，普查机关与一家私营地图绘制公司签订了由私营公司承担部分费用的协议，但私人公司只有获得了地理数据的专有销售权后，才能收回投资（当然，这种情况对于普查机构来说不存在任何问题，他们从公司那里购买服务，而全部产品仍然是人口普查机构的财产）。

3.108. 如果数据来自其他的政府部门，如国家测绘局或地方政府，普查地图上则应详细标明定价、版权、数据来源，以及能够说明人口普查地图明确分类的资信信息。应尽量避免版权方面的冲突，当人口普查机关将来需要与这些部门进一步合作时尤其如此。

3.109. 在大多数的国家中，有一种折衷的处理办法，既不是最大程度地全部开放普查数据的访问，也不是对普查数据采取高收费政策，他们从两种极端做法中找到了妥协方案。例如，在那些愿意将彼此的数据纳入到对方产品中的各个国家部门之间进行特殊安排。国家普查部门可以与国家测绘组织达成协议，将道路、河流等数字化底图发送给人口普查地理信息系统数据的用户。另外，对于科研机构或其他非营利部门的用户给予折扣或价格上的优惠。还有一种办法是，只免费提供某些一般性产品，而对需要更多处理和有更多附加值的产品则采取收费制。

3.110. 在 *Rhind* (1997) 的著作中，有若干章节讨论了国家测绘部门在数字化世界里处理版权问题的经验，此外，还讨论了地理信息数据的发行策略。在 *Onsrud* (1992a 和 1992b)、*Rhind* (1992)，*Onsrud* 以及 *Lopez* 合著 (1997) 的专著中，讨论了成本回收策略正反两个方面的经验，以及空间数据库的开放政策。

iii. 可行性问题

3.111. 法院曾在若干案例中作出判决，如果由于地理信息导致事故或其他伤害，地理数据的

制作者要负法律责任。到目前为止，很多案例所处理的故事多是由于地形图上缺少必要信息或出现错误而造成的。例如，Lynch 和 Foote (1997) 提供的案例，海上发生飞机碰撞事故就是由于导航图上的错误所造成的。地图的设计和 信息内容取决于使用意图，然而，有时地图的使用超出了地图数据制作者的预期范围。这里，我们借用一下 Lynch 和 Foote (1997) 所举的例子。普查组织部门为报告单位提供数据时，一起配上街道网络的数据库。对于普查工作来说，对于道路信息的要求并不严格，在质量控制上，其精确度比用于紧急救护的路线图自然要相差许多。如果把这些有待完备的数据用于紧急救护这样非预期的使用目的，自然会出现事故。

3.112. 另外一个与可靠性有关的例子与普查数据的传播密切相关，这就是，信息传播是否会侵害个人的隐私。一般情况下，普查机关发表的都是加总一级的数据，不会泄漏个人、住户或小团体的信息。如果人口普查部门就若干小区的地理条件重新组织了这些微观数据，通过巧妙的地理信息系统操作就可能把低于最低披露层的分立出来。这类小区可能是点查区、邮政区、医疗保健区或教育区（见第 iv 节）。在某些国家，这些问题会作为当事人提起法律诉讼的理由。

3.113. 有趣的是，Johnson 和 Onsrud (1995) 说，由数据提供商销售地理信息系统数据和限制性使用二次开发的数据可增加可靠性。收费意味着数据提供商进行了担保，保证材料没有错误并且适用于预期目的。相比之下，把数据放到公共领域，会使人口普查机关免受索赔的威胁。

3.114. 在发布空间基准数据之前，人口普查部门应向法律专家简略咨询，拟定一份免责声明与数据产品一起发行。免责声明可以包括下列要点（见环境系统研究所，1995）：

- 声明信息在收集之时被认为是正确的，并且是从可靠来源收集得来的，但不对其精确性进行任何担保；

- 告诫人们，信息可能发生变化，恕不另行通知；
- 如果地理数据库的任何组成部分由外部单位创建，应该明确说明；
- 指出一旦使用本数据就意味着接受本免责声明和有关协议。

iv. 数据隐私性考虑：统计泄密的区差问题

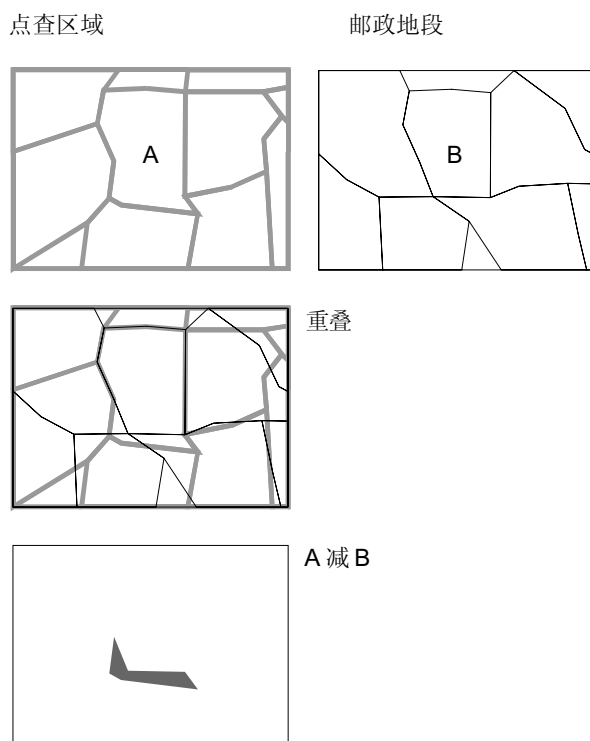
3.115. 不同的政府部门和外部的数据用户需要将人口普查数据集依照不同的小地理单元进行划分。例如，有的部门采用小邮政地段或小卫生保健作为其最基本的报告单位。为了满足这种需要，国家普查机构要按几种不同加总的地理小区发布普查信息，而这些不同加总的小区边界相互之间并无关联。如果边界和数据表是按照两个或更多的小区加总公布的，那么用户就可能利用地理信息系统所具有的简单数据表格处理功能，获取某些更小或极小地段的普查统计数据。这种新计算出来的微小地段的普查统计数据可能打破普查部门规定的人数限定范围，违反了隐私保密规定。这个问题就叫做统计泄密的区差问题（见 Duke-Williams 和 Rees, 1998）。

3.116. 除非重叠地段之一为零，如果边界重叠得毫无规律，便不会发生这种问题。在大多数情况下，用户不敢肯定零值实际上是正确的。因为大多数人口普查办公室采用了干扰技术或宽带编码技术，防止用户推导出人口稀少地区的小群人口的具体特征数字（所谓宽带编码技术就是只给出一个数据范围，例如，“<10”而不给出准确的小数目字）。

3.117. 如果来自某个地理小区地段的数据嵌入到另一个地理小区的地段中，而且用户又想知道两组小区的数据表，那么就会出现区差问题。例如，在图 III.3 之中，邮政地段 B 嵌入到点查区 A 中。由于这两个加总的边界是重叠的，我们因此可以确定在地理区域是在 A 而不是 B 中。通过数据表，只要从点查区 A 的计数中减掉邮政地段 B 的计数，就可推导出该剩余小区

内的人口普查数据。即使 A 区和 B 区的数值均不超出泄密范围，而新推导出来的小块地区则会明显超出。

图 III. 3. 统计泄密的区差问题



3.118. 为了避免数据泄密，普查机构应仔细审查相同地区内不同普查区域的边界划分。在我们所说的例子中，如果可能出现区差现象，则要采取额外的数据保护措施。Duke-Williams 和 Rees (1998) 仔细地分析过区差问题。基于分析和经验，他们提出了以下几个需要注意的问题：

- 表格采用最小一级的临界值。有些进一步的防护措施是对非常小的区域引入大量的干扰数据，或者对于小的数量采用范围定义，而不使用精确的数值。这种方法将减少发布小于小区单位数据集的人口普查数据的危险。
- 对于选定发布的主要普查地理单位，应越

通用越好。例如，如果国内的大多数机构使用小的行政管理区作为其主要基准，那么普查数据也应该按照这样的地理单位进行发布。

- 如果所发布的另一套地理区域远远大于主要的普查单位，泄漏私人隐私的风险则非常小。即使出现区差现象，最后的计数结果也不大可能超过安全范围。
- 如果分辨率大致相同的两个普查地理区域非常相似，也就是说大多数边界相同，出现区差危险的机会要大于边界非常不同的区域。

(f) 数字化地图产品的市场开发

3.119. 有些国家打算收回人口普查地理信息系统数据库的开发成本，而国内对小区域统计数据也有较强的商业需求，因此它们需要发掘与私人数据销售商签订市场协议的可能性。潜在的合作者包括当地主要地理信息系统软件生产厂家的发行商。大多数处于领先地位的地理信息系统销售商均制作和销售各种课题的地理信息系统数据集。这样不但能增加每年的收入，同时也能促进人们使用他们的软件，其方法是用他们的软件数据格式提供数据集。这些私人销售商有时可与国家测绘统计部门合作，共同制作专业规格的地理信息系统数据库。

3.120. 对于国家的统计部门来说，这样做有一定的好处。软件数据销售商可以通过他们的技术专长和可能的计算资源开发地理信息系统数据库的发行软件，以换取数据库销售的市场份额。国际软件销售商也可以参加，增加本国地理信息系统数据的销售。其他国家也可以通过国际公司或科研机构提出他们的需求。

3.121. 在与商业软件销售商合作过程中，一个可能出现的问题是销售商在发布数据时只使用他们自己的专用格式。普查机关一定要确保需要其他格式的数据用户同样能够访问这些数据。至于商业化发行的不合理之处前面已经探讨过。一

且把市场营销授予了私人公司，统计部门就无法以免费形式或低价格提供数据了。如果目的是尽量扩大传播，由部门本身自行开发与销售数据库则是最好的方法。

3.122. 其他的潜在市场伙伴是大学或其他从事信息发布的政府部门。在任何情况下，必须签订明确的市场营销和利润分成协定，避免以后发生问题。人口普查机构应根据数据制作成本、广告宣传以及销售费用对市场进行评估，确保达成一份既公平又能使双方共同受益的协议，这是公共与私营部门，或与另外的公共部门之间建立伙伴关系的基础。

(g) 对外宣传

3.123. 为了保证人人都能了解数据的可用性和销售的广泛性，国家统计局应制定一份对外宣传计划。可将计划的部分内容印成小册子和反映人口普查地图作用的招贴画，散发到中学、大学、企业公司、国家以及地方政府机关。

3.124. 人口普查部门也可以在全国各地组织一系列地区性用户研讨会。在研讨会上，人口普查人员可以向广大的潜在用户介绍如何使用免费或廉价的地图绘制软件对普查数据进行分析。

5. 数字化人口普查地图册

3.125. 通用性更强的地理信息系统数据库的使用者是具有相当的地理信息系统操作经验的用户，而数字化的人口普查地图则面向一般公众、学校以及其他非专业用户。下面介绍两种制作数字化人口普查地图册的方法。静态的人口普查地图册包括一组地图和普查部门准备的其他材料。用户可以改变查看顺序，但无法改变内容本身。而动态人口普查地图册把数字化地理信息系统数据库与人口普查数据结合在一起，构成一个简单的地图制作软件包。用户可以利用这些数据制作

出用户需要的地图，用户定制出的地图可以打印输出或复制到其他的应用软件中。

(a) 静态人口普查地图册

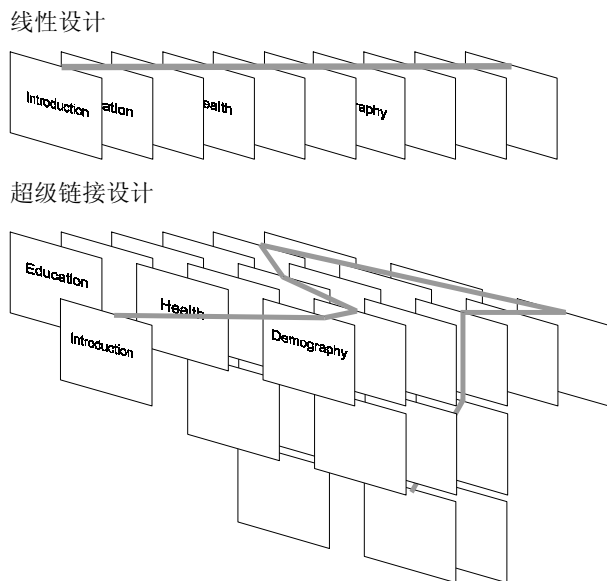
3.126. 一份静态数字化人口普查地图册可以把地图、表格、图表、以及照片或电影剪辑等多媒体产品集成到一起，形成漂亮而方便的使用环境。可以把这些内容放入一套标准的展示软件中。有些图形展示软件允许开发者生成一套可单独运行的图形展示产品，与免费的查看软件一起发行。大多数的展示画面或图形均能导出，制成PDF格式的文件，通过计算机可读媒介或因特网进行传播。地图由桌面地图绘制软件完成，借助一种图形交换格式，或在Windows环境下直接通过剪贴命令将其送到展示软件中。

3.127. 另一种展示平台是因特网浏览器。大多数计算机用户的机器里都有因特网浏览器，既可以利用它查看本地计算机上的文件，也可查看远程内容。地图和其他图形内容包括以GIF和JPEG格式存在的图片，它们可以按照地理信息系统的地图版面通过软件获得。

3.128. 经过设计编排可以构成线性系列展示。引导用户查看按照一条主线安排的一系列地图和图形。这种形式可用于相对较短的展示。如果展示较大数量的地图时也使用这种形式，人们必须有足够的耐心，等待那些他们不感兴趣的幻灯片一一放映完毕。

3.129. 大多数展示软件均可提供一种更好的选择，这是一种基于超级链接的方法。这种链接方式允许用户跨越不同的段落查看他们感兴趣的内容。因此可以集成一些额外的资源和信息，即使感兴趣的用户不多，但也不会妨碍其他用户。例如，在一幅有关地区人口项目的地图上，可以通过链接把项目的各种假定条件补充进去。

图 III. 4. 静态数字化人口普查地图册的不同展示方法



3.130. 超级链接的概念如图III.4所示，并与线性设计进行对比。在超级链接设计中，列出若干平行的课题，根据具体需要利用链接把它们相互联系到一起。例如，排在简介页（1）之后的是三个平行的主线或章节：教育、健康和人口。用户可沿着一条路线（图中用粗线条表示）从人口统计（2）开始，然后幻灯（3）之一显示地图、表格和图表以及人口比例低于 15 的图形。从这里，可以链接到有关儿童健康指标的第（4）项、有关教育设施的第（5）项，等等。

3.131. 超级链接式设计要求对展示内容进行非常仔细的设计，因为在相当多的链接之后很容易迷失方向。因此，在第一页上设计一个明确的导航工具十分重要。在利用这种概念进行信息设计方面，感兴趣者可参见 Wurman（1997）。

3.132. 任何使用过万维网的人对于超级链接都非常熟悉。事实上，不一定非要使用展示软件，一套静态的普查地图册也可以借助标准因特网浏览器的超文本语言予以实现。网页设计工具可以使开发人员在设计普查数据库时具有相当大

的灵活性。有一种工具可以使展示变得趣味盎然，例如，制作一幅可点击的地图。开始进入时屏幕上显示的是全国地图，根据指示点击有兴趣的省份，则可获得更详细的下一级地图。网络技术也允许包括多媒体的内容，也可以链接当前展示以外的信息，例如，链接到人口普查机构网页的其他部分，或者链接到其他的政府部门。当然，用户只有借助因特网才能对这些内容进行访问。

3.133. 使用网络设计工具有一个优越之处，这就是，静态人口普查地图册可以独立运行，同样的地图册既可放入只读光盘或磁带上发行，也可以放到人口普查部门的网站上供世界各地的用户浏览。更先进的因特网地图制作应用软件将在第 6 节中介绍。

(b) 动态人口普查地图册

3.134. 另一种静态人口普查地图册的发布方法是与地图制作软件一起发行数字化地图和数据库，让用户自己设计制作普查指标地图。当然，这种方法要求用户具有一定的地图绘制知识。一套动态人口普查地图册包括用于迅速制图和减少磁盘空间占用的数字化边界文件，它的分辨率低于完整的人口普查数据库的分辨率。这种封闭式属性表只包含一些选定的普查指标。用于地图制作的密度和比率应已计算完毕。

3.135. 这种方法适合于那些不具备数字化普查地理信息系统数据库使用技能的用户，而对于那些需要在地理普查信息使用方面更具灵活性的用户，通过一套预先打包的静态普查地图册就可达到这一目的。

3.136. 问题在于，这样的用户得不到地理信息系统桌面地图绘制软件包。因此，数据提供商应该随边界文件和数据一起提供一套易于使用的软件。所谓易于使用的意思是只需要很少的培训和经验即可使用。说得更具体一些，这种应用软件应是“即插即用”型的，安装之后，用户立即可能用它制作地图。

3.137. 有些普查机构自行开发地图查看软件，并将软件与他们的普查数据产品一起发行。然而，建立这样一套开发系统既十分昂贵又占用资源，因此不能全部用于数据的开发与传播。有些地理信息系统销售商目前正在出售地理信息系统软件工具箱，把它们放到一起就可以生成用户自行开发的应用软件，还有的把地理信息系统的功能集成在其他软件产品之中（例如，电子表格或数据库应用软件等）。

3.138. 还有几种新型的地图绘制软件可供使用，它们是免费的并且和数据库一起发行。其中的一种是 PopMap 软件，由联合国人口基金投资、联合国秘书处统计司的软件开发项目开发。PopMap 是一套专门配合人口工作应用的桌面地

图制作软件，但也可以将其他方面的信息集成在一起。这套系统配有地理数据输入选项（数字化和绘图选项），具有电子表格式的使用界面，可以处理属性数据，并具有扩展的地图绘制功能。软件的使用对象不是地理信息专家，而是一般用户，因此易学易用。

3.139. PopMap 促进了数字化地理普查数据库的开发，并借助可独立运行的地图绘制模块将开发的成品发放出去。人口普查部门可以制作出数字化普查地图册，和地图软件一起将最终产品免费提供给感兴趣的用户。对此有一个实例，即乌干达国家统计局办公室制作的数字化人口普查地图册（见框注 III.1）。

框注 III.1 乌干达的人口普查地图册

3.140. 乌干达于 1991 年开展了一次人口与住房情况普查。在普查数据处理完毕之后，普查办公室决定制作一套数字化的人口普查地图册，联合国统计司软件开发项目对此提供了初步的支持和培训。两位工作人员在一位技术顾问的帮助下，^a通过一台标准个人计算机、一块 12×18 英寸的数字化板、一台彩色打印机以及 PopMap 桌面地图制作软件，制作出了包括 38 个地区、163 个县和 809 县属单位的数字化地图。对于每个报告地区选择了 36 个普查变量加以综合编辑，并将地图集成到一起。对某些指标而言，1969 和 1980 年的数据仍然有效并可选用，利用它们完成随时间变化的状况分析。

3.141. 完成这套普查地图册用了不到 12 个月的时间。普查办公室制作出一套综合性的用户指南，并将地图册发布给国家和地方的政权机关以及私人用户。普查办公室通过相对较少的资源，提供了一套有用的普查数据产品，此外，还印制了大量与普查有关的文件。

^a参见 Vu 和其他人（1994）。

3.142. 某些地理信息系统销售商也制作免费使用的查看软件，并把这种简单的地图制作系统和数据库软件一起发行。实例之一就是由环境系统研究所的公司（Redlands，加利福尼亚）开发制作的 ArcExplorer 软件。ArcExplorer 有一个地图绘制界面，处理由 Arc/Info 和 ArcView GLS 软件所创建的数据。与 PopMap 相反，该系统没

有数据输入的功能，因此只是一个单纯的地理查看工具。

3.143. ArcExplorer 的界面很容易使用，系统提供了基本的地图处理功能，可用于制作专题地图，所需图形可以从位图或 Windows 的元文件格式导出。ArcExplorer 可以从本地硬盘或只读光盘读取数据。如果将计算机连接到因特网，

该软件也可以显示远程网站上的数据。软件的分析功能虽十分有限，但支持不同类型的数据查询，包括交互式或 SQL 指令查询，此外还支持地址匹配。

3.144. 动态普查地图册的文档需要包括与综合性普查地理信息系统数据库几乎相同的信息。但要记住，这些文档是为非专业用户编制的。一定要避免使用地理信息系统的专门术语。因为，这些用户并不想把数据库用于更高级的应用环境，所以这些文档的重点要更多地放在属性信息，而不是过多地涉及技术细节。

6. 通过因特网绘制地图

3.145. 很多国家的统计机构已经把万维网视为一种传播信息和数据的手段。网页的内容十分广泛，从普查结果的简单列表，到用户可以对专用表格进行复杂的交叉查询的成熟界面。

3.146. 因特网也适合于展示和发布地理信息。最简单的方法就是把统计办公室的静态地图一幅一幅地展示出来。例如，展示普查变量的系列地图可以通过桌面地图处理系统制作。大多数软件都允许使用标准图像格式，例如 GIF 或 JPEG 格式等，用户可以把自己的地图文件利用其中一种格式存储起来，然后和别的图形一样将其集成到网页上。这样的网站可以为数据用户提供有用的信息，但不允许他们处理数据，为某一特定地区定制地图。以下各节集中讨论用户与人口普查地理数据库的交互式操作。

3.147. 有关因特网地图绘制方法的详细讨论见 Plewe (1997) (还可参见环境系统研究所, 1997)。Foote 和 Kirvan (1997) 提供了一份更准确的概述。然而，因特网技术发展很快，所以查看最新成果应直接去主要地理信息系统软件供应商的网站，地理信息系统的主流产品在地理信息系统的商业杂志上有定期评论。

3.148. 大多数地理信息系统桌面地图绘制软件公司都通过标准的数据交换协议，自行开发独立于操作平台的因特网工具。统计部门通过此类

工具可以把地理信息置于服务器上，用户可以利用标准因特网浏览器对地图和查询数据进行交互式处理。因特网用户不必购买专用的地理信息系统软件，在因特网上直接访问地理信息系统数据。凡是通过地理信息系统存储和处理的数据，均可以通过这种方式发布和传播，其中包括向量地图、光栅图像和数据表。

3.149. 把因特网地图处理软件作为一种内部工具也十分有用，统计部门的工作人员可以通过局域网访问空间数据。他们不必购买商业地理信息系统软件的网站许可的情况下，通过浏览器软件访问中心服务器上的所有地理信息。

3.150. 通过因特网绘制地图，有三种方法：

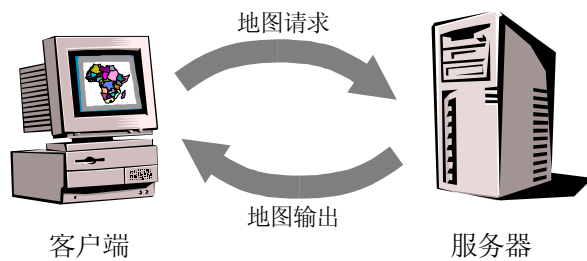
- 侧重服务器的策略。用户向存储数据库的服务器发出地图处理请求。服务器上的地图软件对请求进行处理，将绘制好的地图（比如用 GIF 格式）发给用户；
- 侧重客户端的策略。与上述过程相反，大多数的处理工作在用户（客户端）的本地计算机完成；
- 混合模式，即把服务器与客户端模式结合在一起。

(a) 侧重服务器的模式

3.151. 这种方式有时称之为“薄客户端/厚服务器”结构，它把大多数的数据处理任务交给了数据发布机构内的服务器。这一点类似于传统的主机终端结构方式，一台强大的中央计算机为一定数量的用户进行数据管理和存储，而用户与中心计算机相连则是一台处理功能薄弱的终端。

3.152. 图 III.5 简单地说明了侧重服务器策略的原理。用户连接到网站，并发出一项地图请求。用户要么通过地区或区域名称，要么通过坐标指定一块矩形确定出所需的地域范围，然后确定地图输出的参数，包括绘制地图时的变量、分类与色彩方案，以及能够提供地貌环境（如道路、河流或行政区边界）的其他数据层。

图 III. 5. 因特网地图绘制：侧重服务器的模式



3.153. 用户的请求通过因特网送至服务器，经路由到达地理信息系统软件包。地理信息系统软件可直接放在网络服务器上或驻留在与服务器连接的另一台计算机上，地理信息系统软件既可是因特网地图绘制商品软件，也可根据需要通过商品模块定制而成。该软件从数据库中提取所需数据，制成地图，然后以网页形式送回给用户。由于网络浏览器无法处理向量数据格式，因此一般以 GIF 或者 JPEG 格式将地图作为标准图形发出。用户如果需要对这幅地图进行修改，必须重新申请。

3.154. 侧重服务器的模式有以下一些优点：

- 因为空间数据可能非常庞大，而用户并不需要配备功能强大的计算机。如果服务器有足够的处理能力，即使相当复杂的地理信息系统处理过程，例如地址匹配或网络路由，也可以很快完成。对于用户来说，只需要有一个基本的因特网浏览器和因特网连接就可以了。
- 以压缩格式输出地图，文件尺寸要比传送给客户端的数据库小许多。
- 实现数据集成，因为用户无法对数据库本身进行处理，但他们总能获得最新的信息。
- 数据提供者可以更多地控制着用户看到的内容和查看方式。可以预先设置地图绘制版面，确保非专业用户也能得到可读的地图输出。

3.155. 这种模式的缺点为：

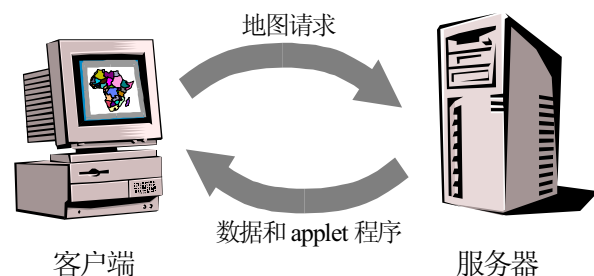
- 对地图的每一次改变均需再次提出请求。即使在地理区域显示上进行微小改动（如微调视角或尺寸缩放）也要进行一次专门请求。
- 网络访问高峰期，服务器繁忙，重复请求导致执行速度下降。
- 在用户计算机上资源得不到利用。

(b) 侧重客户端的模式

3.156. 侧重客户端的模式也成为厚客户端结构，把需要处理的大多数工作转移到用户的计算机上。服务器的主要任务是保存数据库和向用户发送数据库内的所需数据，有时可能还要发送一些地图处理模块。侧重客户端模式还可分为以下两种。

3.157. 第一种情况，用户计算机上不具备地图处理能力。用户发出请求后，服务器在送回地理数据时，还会发送一个小程序或 applet 程序（见图 III.6）。applet 是一段与平台无关程序，用 Java 编程语言写成，可以在标准的网络浏览器上执行。收到这些之后，用户即可脱离服务器，独立处理这些数据。在浏览地图的各个图层或改变地图设计时，不需要向服务器重新请求。

图 III. 6. 因特网地图绘制：侧重客户端的模式



3.158. 第二种侧重客户的模式。用户的计算机上有地图处理软件、applet 程序或浏览器插件。插件系指一种可以扩展因特网浏览器的工作能力的程序，例如使浏览器能够显示特定格式的文件。这种方式的优点在于每次用户访问地图服务器时不必下载地图处理软件。

3.159. 侧重客户端的模式的特点：

- 下载完数据和程序之后，用户无需再与服务器进行更多的通信。地图处理或分析可脱机进行。
- 可以利用用户计算机上的资源，加快处理过程。
- 在分析显示空间数据方面，给予用户更多的灵活性和自由度。

3.160. 其缺点为：

- 数据和程序文件的容量可能非常大，需要有快速的因特网连接能力。
- 尽管这种模式提供了更大的灵活性，但用户如果缺乏地理信息系统或地理方面的知识和训练，则难以充分发挥潜力。
- 这种模式允许用户存储一些原始的地理数据，向服务器发出请求后下载到计算机上。如果普查部门服务器上的地理数据全部或部分拥有版权，则会出现问题。

(c) 混合模式

3.161. 侧重服务器模式的优越性在于，可将相对简单的地图提供给大批非专业用户，适于普查部门向公众展示普查结果。此外，侧重客户的模式特别适合于使用局域网的少数用户，他们具有相对丰富的地理信息系统和地图绘制方面的知识，有使用复杂数据库的能力。因此，侧重客户模式适合普查部门的人员对地理信息系统数据进行访问。

3.162. 混合模式集中了两种策略的优点。它可在本地基础上为地图绘制查询提供灵活性，但

把大多数处理和分析工作交给服务器。这种模式要求客户端和服务器之间在处理能力方面具有一定的通信能力。

(d) 人口普查数据发布面临的机遇

3.163. 目前，有许多可供选择的因特网地图绘制软件。数据提供者可以购买支持标准数据集的现成软件。由于人口普查数据地图绘制软件属于一种相当标准的应用软件，国家统计局不难找到适合的解决办法。在比较复杂的应用方面，需要一套软件模块工具，供数据提供者自行设计服务器的界面。

3.164. 近年来，因特网地图绘制软件的能力大幅度提高。随着网络能力的增加，可将较大的数据集和程序同时发送给更多的用户。客户端与服务器方面的问题应该随着因特网的快速连接而得到解决。客户计算机在没有延迟的情况下与服务器频繁通信，几乎同时完成用户的请求。另外，对发布的数据集的大小方面的限制将越来越少。

3.165. 目前因特网地图绘制软件一般创建的是用户能够保存的 GIF 格式图像，未来的软件将能对用户计算机上现有的或下载的向量信息提供支持。一切取决于用户是否需要访问向量数据。很明显，在数据版权上存在分歧。如果人口普查局对数字化地理数据进行收费，使用因特网地图服务器上的向量数据时也要实行付费。

3.166. 对于普查数据来说，最佳的因特网数据访问和发布策略取决于用户自身的能力和专业知识。一套灵活的系统将为各种层次的用户提供服务：

- “强势用户”想获取整个数据库，安装在他们自己的使用商用地理信息系统软件的计算机上。对这类用户，要有方便的数据传播方式，例如购买只读光盘或从因特网下载“粗加工”的人口普查地理信息系统数据集；
- 主动的用户具有一定地理信息系统专业知

识但不具备地理信息系统的本地处理能力。这些用户想要下载部分数据库，以及下载一些执行任务时需要的程序模块（applets 程序）；

- 被动的用户只想获得预先设计好的地图。这类用户的请求由服务器进行处理，然后通过因特网以一种合适的文件格式将最终信息送给用户。可供选择的文件格式有很多种，例如适合于地图的光栅式图像文件或外部页面格式文件，以及适合于数据的电子表格或数据库文件。

3.167. 在因特网上，一套灵活方便的普查数据发布系统应具有以下特点：

- 用户自己确定感兴趣的地理区域，以下载数据的方式完成，或直接申请一幅地图。所需的地域范围可通过以下地址确定：
 - 地理区域名称，例如城市名、地区名或省份名；
 - 按地理坐标确定出的矩形；
 - 用户利用浏览和缩放功能通过交互操作确定的地区。例如，可以由一幅全国地图开始，将所需区域放大，然后在屏幕上画矩形或多边形，选出特定的地理区域。随着用户的放大操作，可以在地图上看到更多的细节。起初，地图只显示国家省份的边界，对其进行放大之后，出现下一级的边界和城市位置。选中某一城市，随后出现主要街道和市内点查区的边界。层层显示取决于地图的比例尺，对应于当前地图在用户屏幕上所占的范围；
 - 通过地理查询方式定义区域。例如，一个需要了解潜在客户地区特点的商业用户可能要求知道这样的信息：在以购物中心所在地为圆点、半径为 5 公里的区域内有多少人居住。政府规划部门可能需要了解一条即将建造的

公路两侧 5 公里范围内有多少人口以及有关数据；

- 用户规定所需变量和输出类型。选项中包括用户能够规定地图的基本版式。例如种类数量、分类方式和着色方法。或者，输出中可以包括用户为该地区选定的变量数据表。用户还可以决定是否要进行数据库和地理查询，是否需要分析模块，或者确定某一幅图或数据库结果是否符合预期要求；
- 数据库服务器对用户的请求进行解释，并创建一个相应的数据库子集。对于根据地理名称指定的地区，这一过程只是进行逻辑选择，例如某一特定地区内的所有点查区。如果请求的区域名称与标准普查地理层次不匹配，则需进一步处理。有些国家，居住单位的地理信息系统数据库已经建成或正在建立，所有住宅均以地理坐标联系在一起。服务器上的地理信息系统通过选择用户指定区域内所有住户的方法编译出用户化表格。如果无法完成这样的操作，服务器上的地理信息系统则需执行一次地域插值运算，有关技术，见后面 D 节所述；
- 将查询结果返回用户。返回的结果可以是基本数据，通过地理信息系统的 applet 程序对其进一步处理；或者返回一幅地图或数据库报告，供用户直接使用。当然，除了数据库或地图以外，还必须提供数据文档以及其他相关信息。

3.168. 由于各国有不同的数据发布和传播政策，服务项目可以免费或收费。如果只需得到一些已经编译完成的基本信息，则可免费提供，如果需要比较复杂的项目，则要根据工作量予以收费。

3.169. 如果用户的请求涉及微观数据，则会引起人们对数据隐私性的严重关注。和因特网的商业化应用一样，因特网的安全问题在网络普查

数据管理方面具有十分重大的意义。对于能够访问的人口普查微观数据，必须用防火墙对外部用户能够访问的具有加总普查数据的因特网主机进行隔离。

3.170. 显而易见，未来的数据发布界面会有长足的发展。如果因特网进入每个家庭、企业和政府部门，必须有快速的因特网连接手段才能满足大量用户的需求。很多国家目前尚未达到这种水平，但由于技术的高速进步和发展，用不了多久，很多国家均会出现通过因特网满足大多数数据请求的局面。有些人口普查机构追求积极的数据传播策略，其中就包括了本文探讨的一些重要因素。一个实例是美国用于 2000 年人口普查工作的、被人称之为“美国事实调查员”的数据访问和传播系统。根据美国人口统计局对该系统提出的设计要求，以地理学作为数据集成原则，在适当的情况下，以标准和非标准的地理区域作为矩心或坐标系统。

D. 高级课题：普查数据的地理分析

1. 城市地区定义/轮廓确定

3.171. 市区和农村区如何定义，国与国之间的差别极大（见联合国，1993）。一个最常用的办法是确定一个最少 300 人或最多 5,000 的人口临界值。另一种经常使用的方法是，按照功能意义界定城市居民区。如果一个城镇能对周围的偏远地区提供一定的行政管理、教育和商业功能，则可将其定为市区。

3.172. 在某些情况下，如能制定一个更通用的市区界定方法将非常有用。以行政单位为基础对城乡进行划分，意味着要把较大一片地区全部划为市区，即使包括大量农田和森林的地区，也依然被划为市区。因此，有些国家又制定了一条更为精密的划分标准，规定必须有相当密集的居民区，而且居民区内的绝大多数人口不是主要从事农业活动。最终划定的区域可称之为城市化地区或居民密集区。

3.173. 如果综合性数字化点查区的数据库有效并且可用，地理信息系统可以对这种区域的设计起到辅助作用。Ooishi 以及其他（1998）对日本的自动系统把基本单元块加总成为较大的区域进行了说明。基本单元块是一种用以编辑处理数据的最小区域。该系统在标准的地理信息系统软件中实现，使用的判定准则定义基于人口密度临界值的邻接条件。区域临界值用于确定是否将居民密集区包括在内或排除在外。把普查地块加总成密集居住区后，普查人员就可以对这些地区作出一系列普查统计，并将结果以表格或地图的形式公布。两次普查的人口地图还可显示出城市化地区的增加或减少。

3.174. 如果有国家大多数人口密集区的航摄照片或卫星图像，则可对城市化地区进行更形象的划分。如果这些图像是数字化图像，那么，通过跟踪建筑密集区与农业区、草原或森林区的分界线即可把市区界定出来。对于所有进入市区的点查区可以采用叠加点查区和加总数据的方法，或者，使用上节所述的某种形式的面积插值方法，推导出这些地区的统计数字。

2. 协调小区域统计结果和以前普查的类似信息

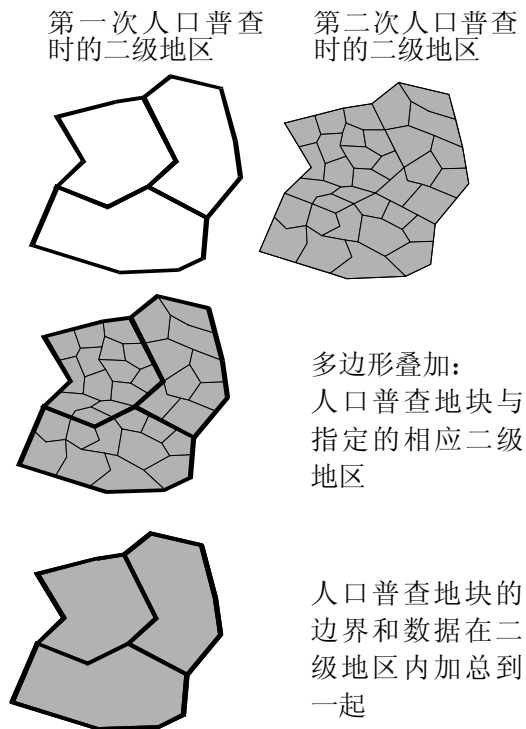
3.175. 普查信息反映的是一个国家在某一时间的人口和社会状况。为了得到国家某一指数的变量，需要把当前普查得出的数据与以往普查得出的信息联系在一起。通常要对全国性的加总指数和某些较大和相对稳定的地理区域（如州或省）指数进行比较。当然，地方政府和私人数据用户也可以从相应的信息变动中有所收益。

3.176. 不过，行政边界和普查边界经常随时间发生变化。加总的层次越低（从省到地区、行政区到点查区依次降低），两次普查之间的数字变化就越大。为了建立小区域数据的时间序列，需要对两次或多次普查中得出的地方级别变化图、摘要统计数字、边界和数据进行调整。下面是两种可能的做法：

(a) 把旧的点查区加总到新地区边界之上

3.177. 如果两次普查有一组边界是重合的，也就是说有一个“最小公分母”，则比较好办。例如，在最近的普查中，只有某些普查地块边界发生变化，但是地区或二级地区的边界并未改变，就属于这种情况。只需简单地把普查地块的数据加总到二级地区之上，即可对人口数据进行比较。然而，有时一些普查地块的自身边界并无变化，但被划归到其他地区。在这种情况下，我们必须确定第一次普查的哪些二级地区落入了第二次的二级地区中。地理信息系统的多边形叠加操作可以帮助我们解决这一问题（见图III.7.）。

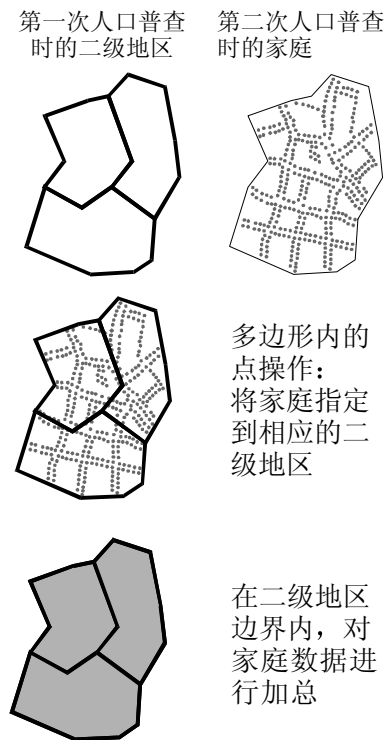
图 III. 7. 匹配较高层次边界时的数据加总方法



3.178. 如果普查部门已经按照地理信息系统格式生成了全国家庭或住宅单元的数据库，加总工作就会变得比较容易。每一个住处在地理信息系统数据库中均有一个相应点，以微观数据库中

的普查数据作为基准。对小区域单位数据进行协调的工作变成了地理信息系统内的一个多边形点。然后，把属于同一报告单位的家庭数据加总到一起（见图 III.8.）。一个点的位置不仅可以代表家庭，而且还可代表点查区的矩心。虽然这些区域的准确边界不大容易得出，但对较大二级地区或类似区域进行加总可以得到比较合理的估算结果。

图 III. 8. 利用点数据进行数据加总



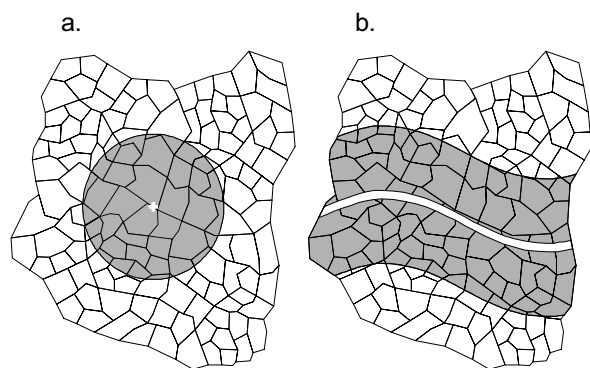
(b) 在边界不相容的地方进行面积插值处理

3.179. 如果两次普查的报告单位边界在有些加总地理层次上互不吻合，则需进行某种形式的面积插值处理，以获得相互兼容的人口普查数据。面积插值处理是一种数据转移过程，例如从一组地区单元转到另一组不兼容的地区单元。

3.180. 两组地区可以是同样类型的地区，例如，两次普查之间做过较大调整的普查单元；两

组地区也可以非常不同，例如，人口普查数据需要按土地覆盖面积或流域进行估算。当把数据库查询界定为空间邻近操作时，也需进行地域面积插值运算。当需要获得某些人口居住特征时，例如获得一个点位置（如一座医院）的圆周距离内所有常住人口的特征（见图 III.9a.）或一条经常泛滥的河流两侧一定距离内的人口特征（见图 III.9b），首先要确定缓冲带。对较小的普查单位的人口普查数据进行插值运算，即可得出缓冲区的数据。

图 III.9. 计算报告单位边界不匹配的区域数据



3.181. 对面积插值技术的说明，见 Flowerdew 及其他人（1991）、Goodchild 及其他人（1993）和 Fisher 及 Langford（1995）。在以下段落中，具有可用数据的地带，称为源地带，对于需要估算和推导数据的第二组地带，称为目标地带。此外，还有第三组地带，称为控制地带。哪一种面积插值法最合适，取决于我们假定的变量是否均匀分布在源地带、目标地带还是控制地带。下面各段分别讨论这样三种情况。例子中的插值法是人口数值插值法，其实，任何一种变量都可以进行插值运算。

3.182. 然而，需要指出的是，没有任何插值法可以对于目标地带的社会经济指数作出无误差

的估算。事实上，对于有高精度要求的场合，误差大得往往令人难于接受。因此，只有在其他较为精确的方法（例如小数据收集单位再加总法）不奏效的情况下，才宜使用面积插值法。

i. 均值的源地带

3.183. 最简单的情况是，我们可以合理假定源地带的人口分布是一个常数。人口普查部门经常按内部均值方式设计报告单位。所以这项假定一般是合理的，除非有极端的地形条件，如陡峭的山区、沼泽或者沙漠等，才会出现非常不平均的人口分布。如果人口密度均等这项假定在每一个源地带都可信，那么则可认为，比方说，源地带 A 的 65% 与目标地带 I 重叠，则源地带 A 的人口中的 65% 将进入目标地带 I（见图 III.10）。换言之，人口是按照面积的比例分布到源地带与目标地带之间的重叠区。因此，这种方法又被称做面积加权法。

3.184. 为了明白这种方法的道理，请看图 III.10、表 III.2 及以下说明。我们所需的信息是源地带与目标地带之间重合面积，而已知的条件是每一源地带的人口总数。用标准的地理信息系统多边形重叠操作很快就能得出这些数字。地理信息系统把代表源地带和目标地带的多边形放到一起，并计算每一块新多边形的面积。表 III.2 第一栏显示的就是得出的结果。其中的面积数字以平方公里为单位，现在需要转换成重合的比例。例如，源地带 A 的 65% 落入目标地带 I，而 35% 落入目标地带 II。剩下的工作就是把重合比例乘以源地带的人口数，得出目标地带的估算值。例如，目标地带 I 的人口估算值为 $0.65 \times$ 源地带 A 的人口数再加上 $0.75 \times$ 源地带 C 没有任何面积与目标地带 I 相重合。其结果为 28,500。

图 III. 10. 面积插值法：匀值的源地带

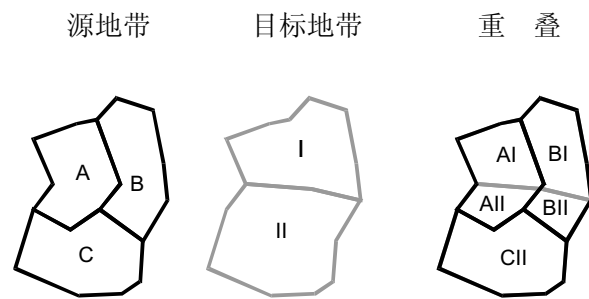


表 III. 2. 面积插值法：匀值源地带的计算方法

	<u>重叠（平方公里）面积</u>			<u>重叠比例</u>		源地带	目标地带	
	I	II	总计	I	II	人口数	<u>人口数</u>	
						I	II	
A	117	63	180	0.65	0.35	15 000	9 750	5 250
B	150	50	200	0.75	0.25	25 000	18 750	6 250
C	0	210	210	0.00	1.00	12 000	0	12 000
总 计	267	323	590			52 000	28 500	23 500

3.185. 以上叙述说明了面积加权的原理。其实，在地理信息系统内有一个更容易的办法可以实现这套运算：

- 首先，求出源地带的人口密度，然后通过地理信息系统用源地带的面积除以总人口数即可得出结果，并存入地理信息系统数据库属性表中的一个数据字段内。
- 然后进行多边形和重叠操作，让地理信息系统对每一块相交得出的新多边形的正确面积进行计算。
- 把第一步得出的人口密度值乘以新面积的数值，从而得出每一个新多边形的人口估算值。剩下的工作是，把属于同一个目标地带上各个重叠面积的人口数加在一起。

3.186. 一般来说，面积单元内的人口密度值不是常数，因此由此得出的目标地带人口估算值总会存在误差。有时，这种误差相当大，因此需要根据每一地区的具体条件考虑使用这种面积插值方法是否适合。

3.187. 如果已知非人口居住区的具体信息，在面积加权过程中则要考虑进这个因素。首先应把这些空白面积减掉，例如湖泊、农作物土地、茂密的森林区或其他非居住区（这些面积的测量值可从地理信息系统中的附加图层得到），以提高目标地带人口估算值的精度。这种技术用地图绘制的术语说，叫做“开空”。为了获得更为真实人口密度数值，绘图人员先遮盖住非人口居住区，然后制作出等多值线图（实例可参见 Plane 和 Rogerson, 1994）。

ii. 匀值的目标地带

3.188. 如果目标地带而非源地带的人口密度是均匀的常数，面积加权法则不会得出很好的结果。例如，源地带相对较大，人口密度不均匀，而目标地带代表的却是土地利用或土地覆盖的类别，这些人口覆盖类别（如市区、农业区和森林）的人口分布相当均匀。然而，只要目标地带的数目少于源地带的数目，即可采用统计回归法计算出目标地带的人口估算值。

3.189. 更具体地说，目标地带的人口密度可按穿过原点的线性回归系数估算，而原点不是一个常数。因变量是源地带的人口数，预测变量是源地带与目标地带重合的面积。先用相应的重合面积乘以估算的密度值，再把所有与目标地带重合的面积加在一起，即可得出目标区的人口数，回归算法可在任何电子表格或统计软件上实现。

3.190. 图 III.11 和表 III.3 列举了一个实例。需要估算三个目标地带的人口总数，并假定三个地带的人口都是均匀分布的。已知每一源地带的总人口数。通过地理信息系统的重叠操作得出源地带与目标地带的每一块重合面积。线性回归法产生的系数（人口密度）估算值为 16.0、15.5 和 21.5。将各数值乘以相应的目标地带的总面积得出 18,179、17,422 和 38,194 的人口估算值。这些数值加在一起等于全部面积上的已知人口总数。由于回归运算不够精确，有时会产生很大的误差。通过简单的一致调整，可解决这一问题。

图 III. 11. 面积插值法：匀值目标地带的计算方法

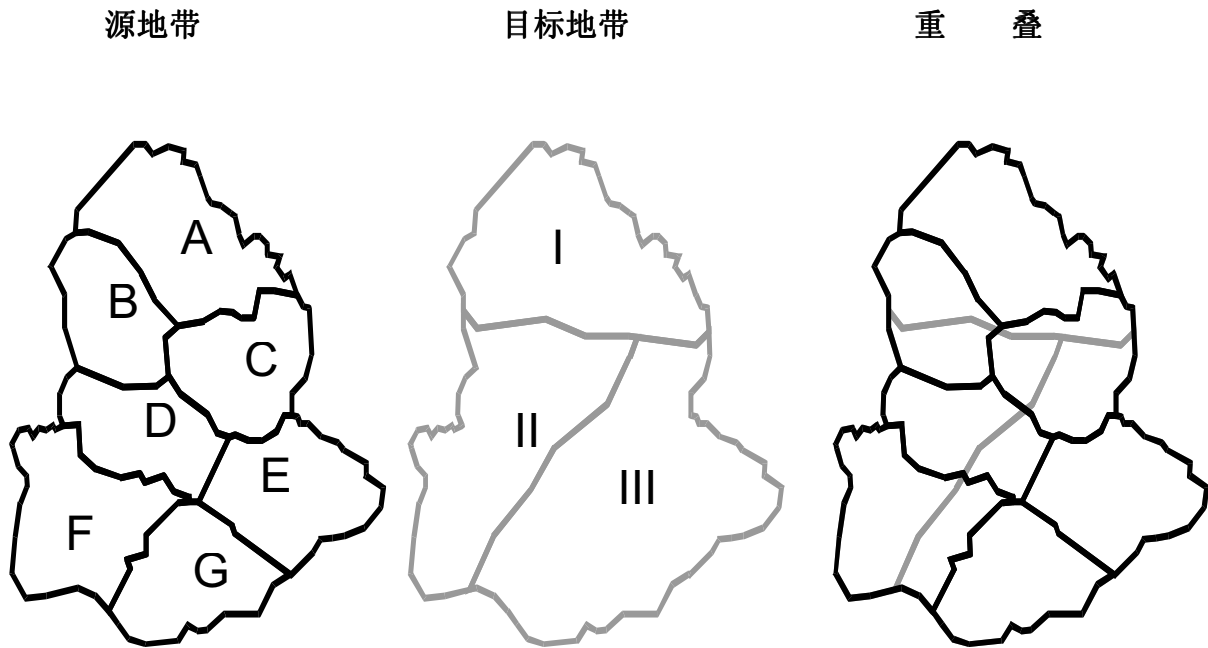


表 III. 3. 面积插值法：匀值目标地带的计算方法

源地带	人口数	重叠面积 (平方公里)			总 计 面积 (平方公里)
		目标地带			
		I	II	III	
A	9 692	735	0	0	735
B	14 614	258	198	0	456
C	7 422	140	131	268	539
D	5 092	0	330	151	481
E	11 686	0	466	212	678
F	6 503	0	0	539	539
G	19 561	0	0	707	607
总 计	74 570	1 133	1 125	1 777	4 035
估计密度		16.0	15.5	21.5	
估计人口数		18 179	17 442	38 194	

3.191. 如果目标地带的数目大于源地带的数目, 则需作出进一步的假定, 或者对目标地带进行加总。在大多数情况下, 各个行政区域之间的人口密度变化不是非常大, 从地理信息系统导入必要的数据库后, 即可通过电子表格程序进行回归计算。如果被研究的地区的人口密度非常低, 则可能出现负的回归系数, 即负的人口密度。出现这种情况时, 需要采取特殊的回归技术, 或把受影响的目标地带的密度设置为零, 或使用其他外部估算值 (例如硬性规定一个估计值)。

iii. 均值的控制地带

3.192. 最后, 如果源地带和目标地带的人口密度都不能假定匀值状态, 则可以加入辅助信息, 例如, 一个可将人口密度视为常数的地区性地理信息系统数据库。这类的实例有数字化的土地利用图 (Moxey 和 Allanson, 1994) 或分类遥感图像 (Langford 和其他人, 1991)。这种控制地带的方法把均值目标地带的回归估算方法与适合于均值源地带的面积加权法结合在一起。

3.193. 只要控制地带的数目小于源地带的数目, 控制地带的人口密度就可以通过以上所述的穿过原点的线性回归法进行估算。和前面所说的面积加权法一样, 根据这些估计的人口密度, 可以通过控制地带和目标地带之间的重合面积估算出目标地带的人口数。在第二步中, 目标地带的数目不受源地带数目的限制。

iv. 小结

3.194. 以上所说的三种不同的面积插值技术以及参考文献中建议的各种方法, 为把数据从一组面积单元转换到不兼容的另一组面积单元提供了一套全面的工具。然而, 应该再次强调的是, 鉴于各地区人口密度和辅助信息的质量的不同, 由此造成的误差可能相当显著。在需要高精度的数据时, 如果可能, 从较高分辨率一级收集附加信息是一种比较好的方法。

3.195. 此外, 还有许多其他的面积插值方

法。其中有些不对目标地带的人口数进行直接估算, 而是先把源地带的人口数分布到一张细腻的网格上, 即形成一个光栅式地理信息系统数据层, 覆盖到所研究的区域上。对于这一方法有几项可能的原则。

3.196 可以假定人口密度分布得非常平滑。在任何一个给定的区域中, 可以设想, 在具有较高人口密度地区周围居住的人口数量, 要高于附近较低人口密度地区周围的人口数量。这就是 Tobler 的平滑加强防护插值法的原理 (Tobler 1979)。“加强防护”的意思是大规模保留, 系指一个地区内所有单元格中的人口数加到一起等于已知的总人口数, 经重复插值运算后, 生成表面最平滑的人口密度分布。还有一种方法是, 把多边形转换成光栅数据的过程中, 以某些附加信息为基准, 如土地使用率、道路基础设施、居民点格局以及其他的人口密度的指标。有关这种方法的讨论及详细情况, 见 Bracken 和 Martin (1989)、Martin (1991)、Langford 和 Unwin (1994) 以及 Deichmann (1996)。

(c) 临时地理信息系统数据库

3.197. 从长远的观点看, 普查机关应尽量减少不同普查统计报告单位之间的不兼容性。这是一种涉及跨时间收集和管理数据的目标战略。理想的解决方案是建立临时地理信息系统数据库, 利用它把不同时间收集到的边界信息和其他数据连接起来 (见 Langran 的综合评论, 1992)。有三种基本策略可用于处理基准空间数据库内行政边界或报告区边界发生变化的情况:

- 分别保存每个时期的边界数据集;
- 根据最近的边界对历史数据进行统一;
- 在数据库内按完全时间序列集成信息。

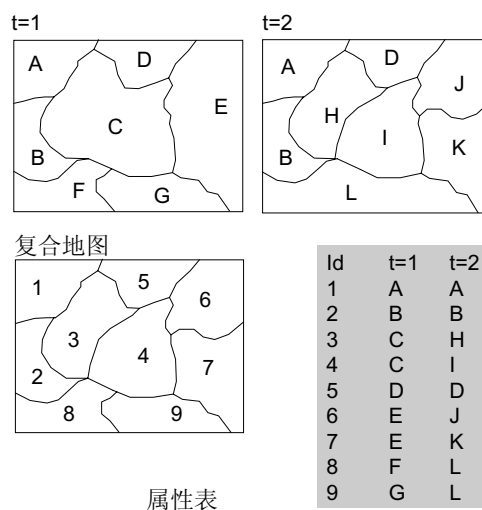
3.198. 第一种方法。将每次普查的行政边界存入一个单独的地理信息系统数据层。这种方法的缺点是每一时期的数据之间没有直接联系, 为

了计算两次普查之间的随时间发生的边界变化，则需要进行相当多的附加处理操作。

3.199. 第二种办法。调整不同时间的数据，使之符合最近普查时的行政边界。如果上次人口普查的小区域已合并成新的大报告区，可以通过数据加总的方法解决。然而，经常会发生这种情况，有些地区在两次普查之间一分为二，或出现了全新的边界。无论那一种情况，建立时间一致的序列数据时均要求有一套数据匀值化方案。或者把每一地区加总到最低的和相互匹配的两组边界上（“最小公分母”），或者如上所述，采用某种面积插值方法。

3.200. 第三种方法。建立一个完全集成的时空数据库，把随时间发生变化的边界信息全部存入数据库（见图 III.12）。在这样一个系统里，空间数据集包含一组基本的多边形元素，在任意的特定时间，每一个多边形只属于一个行政单位。这些基本的多边形构成所谓的时空复合实体，也就是说，覆盖了所有有关的边界数据库。每个多边形都有一个惟一标识，而且在转换表中，每个多边形都有一个或多个记录，该表记录着每一个区域单位在各个时期属于哪一个特定的行政单位。对于任何一项查询，系统从转换表中选择出适当的记录，并把具体时间属于同一区县的基本多边形加总到一起。然后，将得出的数据集链接到特定的数据表上，供相应的人口普查活动绘制地图或进行更多的查询使用。

图 III. 12. 简单的时空数据库

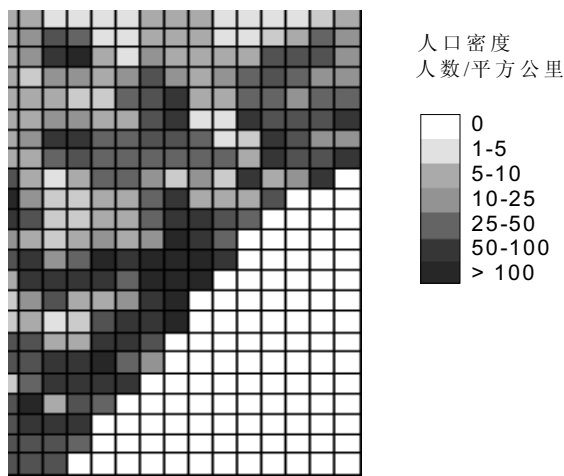


3.201. 这种数据模型有一套随时间变化的边界记录。然而，它并不直接解决创建连续时间序列普查指标的问题。由于每次普查的数据表都是相互独立的，常常互不兼容，所以当对不同时间的人口普查数据进行比较时，仍需某种形式的面积插值处理。

3. 通过网格分配人口数据

3.202. 点查区和行政单位在地理信息系统内是以不规则的多边形表示的。对于某些应用来说，这些报告单位的不定形状和大小是很大的缺陷。因此，有些国家的统计部门为了解决这个不足，开发了规则的网格状的普查数据库（见图 III.13）。网格单元的大小取决于不同的国家，联合王国为 100 米，日本和大韩民国为 1 公里，而其他一些国际数据库为 5 公里。

图 III. 13. 分布在规则网格上的人口密度



3.203. 过去，这样做是因为计算机对网格式的数据比较容易存储和处理。从根本上说，光栅式地理信息系统数据本身就是一个很长的数据值表，因此无需存储边界坐标。数据表的小表头告诉计算机每一行有多少个（列）数据值、边界坐标以及以实际尺寸为单位的网格大小。光栅式地理信息系统数据地图可以按照规则的数组行列，以数据值或文本符号的形式通过在线打印机轻松地打印出来。

3.204. 网格化的人口数据还有一些其他优点。很多环境数据集就是以网格形式存储的，例如标高和气象指标。因此，把两种数据均存成网格形式可为人口和环境指标分析提供极大的方便。所有报告单位具有相等的面积也为专题地图制作提供了更统一的外表。对此，良好的实例有中国人口地图册中的网格化人口密度图（人口普查局，1987）以及瑞典全国地图册中的人口密度

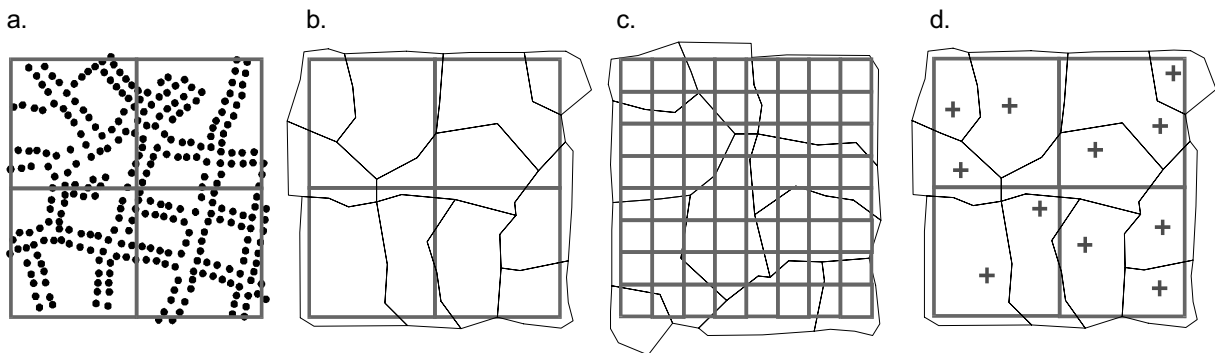
图（瑞典统计局，1993）。

3.205. 根据普查报告单位提供的数据建立网格单元时有几种方法（如 Ohtomo, 1991）。如果每个家庭或住房单元都能分配到网格中，即可达到最精确的结果（图III.14a）。有些情况下可以直接进行，当人口普查部门具有与微观数据集链接在一起的地理基准地址注册表时，尤其如此。随着全球定位系统设备价格的下降，人们可以期望，更多的国家在人口普查期间能为每个点查员配备一套全球定位系统设备，以便获得住宅的准确坐标，与住户的其他参数一起保存。如果使用手工操作，需要配备能够辨认每个居民点的大型地图。很明显，这是一种极端劳动密集型的工作，很难有哪个普查机构能够动用如此巨大的资源创建网格格式数据库。

3.206. 如果有一半以上的区域进入了网格，则可采用第二种方法，即把普查报告单位分配到单元格中（见图III.14b）。另一方面，某一大点查区可能正好与若干个相当小的单元格重合在一起（见图III.14c），此时，可将点查区数据全部放入包含点查区人口矩心的单元格中。人口矩心必须以交互方式进行分配。它定义了点查区中的一个代表点，应该与最大的人口聚居区保持一致。另外一种方法是，把点查区的数据均匀地分布在所有的单元格里。

3.207. 所谓的矩心或代表点也可直接用于把点查区数据分配到单元格中。分析人员也可以选择另一种分配方式，把点查区数据分配到代表点所在的单元格中。使用人口加权代表点比使用地理信息系统计算出的几何矩心能取得更好的结果（见图 III.14d）。

图 III. 14. 生成网格式人口数据的各种方法



3.208. 最后，我们还可以通过前面介绍的面积插值法对网格式普查数据进行估算。在此，源地带是人口普查点查区，而目标地带则由代表规则网格的多边形数据层组成。只要点查区规模不大，直接利用面积加权法就能取得满意的结果。和所有其他方法一样，这种技术也可通过标准的地理信息系统叠加功能实现。

3.209. 关于数据存储，有两种方式。一种是把网格存为向量格式，其中每个方格实际上就是一个正方的多边形。这种存储方式很容易把普查

指标存入到地理信息系统数据库的多边形属性表内。但这样一来，光栅式地理信息系统的很多优点，如快速、简单、与环境数据集兼容等，都无法发挥。另外一种方法是使用地理信息系统软件包，它即能兼容关系型数据库的向量格式，同时也有网格的各种功能。这种方法只需一套网格，其中的每个单元格均有一个指向属性表的惟一标识符，属性表中包括所有普查指标。地理信息系统可以访问其中的任何一项指标，用于地图绘制或各项分析。

书目和参考资料

- Ahmed, M. M. (1996 年)。地理信息系统及其在埃及的统计应用, 《伊斯兰国家间经济合作学报》, 第 17 卷, 第 1-2 期, 第 25-39 页。
- Antenucci, J. C. 等 (1991 年)。《地理信息系统: 技术指南》。纽约: 范诺斯特兰德·莱因霍尔德公司。
- Aronoff, S. (1991 年)。《地理信息系统: 管理前景》。渥太华: WDL 出版社。
- 美国土木工程师学会 (1994 年)。《制图术语汇编》。马里兰州贝塞斯达: 美国摄影测量和遥感学会及美国土木工程师学会。
- Batini, C., S. Ceri 和 S. B. Navathe (1992 年)。《概念数据库设计》《实体关系办法》。加利福尼亚州雷德伍德城: Benjamin/Cummings。
- Batty, M. (1992 年)。《第三世界计划机构分享资料》, 国家地理信息和分析中心技术报告 92-8。纽约州布法罗: 国家地理信息和分析中心, (ftp://ftp.ncgia.ucsb.edu/pub/Publications/Tech_Reports/92/92-8.PDF)
- , D. F. Marble 和 A. Gar-On Yeh (1995 年)。《地方/区域计划中的地理信息系统培训手册》。日本名古屋: 联合国区域发展中心。
- Becker, P. 等 (1996 年)。《地理信息系统开发指南》。当地政府对地理信息系统演示的赠款, 埃里县水务局。纽约州布法罗: 国家地理信息和分析中心, 地理信息系统资源集团公司。 (www.geog.buffalo.edu/ncgia/sara/)
- Ben-Moshe, E. (1997 年)。将国家地理信息系统项目纳入人口普查的规划和实施中。欧洲-地中海 2000 年人口普查新技术讲习班, 3 月 16 至 20 日, 以色列马阿莱哈哈米沙。 (www.cbs.gov.il/mifkad/euromedit.htm)
- Bertin, J. (1983 年)。《图像符号学: 图形、网络、地图》。威斯康星州麦迪逊, 威斯康星大学出版社。《图像符号学》, 原文为法文, 1977 年, 巴黎。
- Boehme, R. (1991 年)。《世界地形制图详细目录》。联合王国埃塞克斯: 埃尔塞维尔科技出版社。
- Bond, D. 和 L. Worrall (1996 年)。“地理信息系统、空间分析和公共政策——英国的经验”, 《国际官方统计协会第五次独立会议的会议论文集》。7 月 1-5 日, 雷克雅未克。
- 等编辑 (1994 年)。《地理信息系统、空间分析和公共政策》, 会议论文集。联合王国科尔兰: 北爱尔兰大学。
- Bossler, J. D. 和 R. W. Schmidley (1997 年)。“机载系统有望使制图工作大幅度前进”, 《地理信息系统世界》, 第 10 卷, 第 6 号, 第 46-48 页。
- Bracken, I. 和 D. Martin (1989 年)。“普查中心数据产生空间人口分布”, 《环境与计划 A》, 21, 第 537-543 页。
- Brewer, C. (1994 年)。“制图和直观化的颜色使用准则”, 摘自《现代制图的直观化》, A. M. MacEachren 和 D. R. F. Taylor 编辑。伦敦: 培加蒙出版社。

- Broome, F. R.等(1995年)。美国人口普查局自动制图: 1980-1994年(第一和第二部分),《制图与地理信息系统》第22卷,第2期。
- 美国人口普查局(1978年)。《用于普查和调查的制图》,统计培训文件ISP-TR-3。华盛顿哥伦比亚特区:美国商业部人口普查局。
- (1997年)。《1998-2002年十年一次普查的信息技术业务计划》。华盛顿哥伦比亚特区:11月7日,美国商业部人口普查局。
- Bugayevskiy, L. M.和 J. P. Snyder(1992年)。《地图设计:参考手册》。伦敦:泰勒(与)弗朗西斯公司。
- Canters, F.和 H. Decler(1989年)。《世界展望》、《世界地图设计详细目录》。纽约:约翰·威利父子公司。
- Carlson, G. R.和 B. Patel(1997年)。“地球空间图像的新纪元曙光”,《地理信息系统》,第10卷,第3期,第12-15页。(www.geoplace.com/print/gw/1997/0397feat.html)
- Clarke, D.(1997年)。“为南非重建绘制地图”,摘自《世界框架》,D. Rhind编辑。联合王国剑桥:国际地理信息公司。
- Clayton, C.和 J. Estes(1980年)。“作为人口普查点查精确性的检查手段的图像分析”,《摄影测量工程与遥感》,第46期,第757-764页。
- Coiner, J. C.(1997年)。“卡塔尔企业地理信息系统模型的可转让性:越南和牙买加的经验”,《1997年地理信息系统/全球定位系统会议论文集》,3月2-4日,多哈。(www.gisqatar.org.qa/conf97/links/f3.html)
- Cost, F.(1997年)。《数字印刷指南》。纽约州奥尔巴尼:德尔马出版社。
- Dana, P. H.(1997年)。《全球定位系统概述》,得克萨斯州奥斯汀:地理学家工艺项目(在线)。(www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/gps_f.html)
- Danko, D. M.(1992年)。“世界项目数字图”,《摄影测量工程与遥感》,第58卷,第8期,第1125-1128页。
- Deichmann, U.(1996年)。空间人口数据库设计与模型制作回顾,技术报告TR 96-3。加利福尼亚州圣巴巴拉:国家地理信息和分析中心。(ftp://ncgia.ucsb.edu/pub/Publications/tech_reports/96/96-3/)
- Dent, B.D.(1999年)。《制图学》、《专题地图设计》第5版。爱奥瓦州杜布克:Wm. C. Brown出版社。
- Duke-Williams, O.和 P. Rees(1998年)。“普查办公室能否为多个小地区出版统计资料?对统计公布中区别问题的分析”,《国际地理信息学报》,第12卷,第6期,第579-605页。
- 厄立特里亚国家统计局(1996年)。“普查地理程序的初步设计”,阿斯马拉:国家统计局。
- Espejo, A. B.(1996年)。“地理信息系统在墨西哥普查中的使用”,《用于人口普查和大规模人口普查的创新性技术专家小组会议的会议论文集》,4月22-26日。海牙:荷兰综合学科人口研究所和联合国人口基金。
- 环境系统研究所(1995年)。“环境系统研究所软件的数据出版准则”,《白皮书》。加利福尼亚州雷德兰兹:环境系统研究所。(见www.esri.com网站)

- ____ (1997年)。“因特网上的地理信息系统的未来”，《白皮书》。加利福尼亚州雷德兰兹：环境系统研究所。（见 www.esri.com 网站）
- 欧洲联盟统计处（1996年）。“统计与地理”，《Sigma——欧洲统计季刊》（夏季）。
- Falkner, E. (1994年)。《空中制图：方法与应用》。佛罗里达州博卡拉顿：CRC出版社。
- 联邦地理数据委员会（1997年a）。《框架介绍与指南》。华盛顿哥伦比亚特区：联邦地理数据委员会。
- ____ (1997年b)。文化和人口数据小组委员会。华盛顿哥伦比亚特区：联邦地理数据委员会。（www.census.gov/geo/www/standards/scdd/index.html）
- Fisher, P. F.和 M. Langford (1995年)。用蒙特·卡洛模拟法制作地带系统之间的地区插值的错误模型，《环境与规划 A》，27，第211-224页。
- Flowedew, R., M. Green 和 E. Kehris (1991年)。“在地理信息系统中使用地区插值法”，《区域科学论文》，第70期，第303-315页。
- Foote, K. E.和 A. P. Kirvan (1997年)。地理信息系统网，国家地理信息和分析中心地理信息系统学基本课程。（www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/ul33/ul33.html，1998年7月13日发布）
- Fothergill, S.和 J. Vincent (1985年)。《国家状态：八十年代英国地图集》。伦敦：潘神图书公司。
- French, G. T. (1996年)。《了解全球定位系统》。马里兰州贝塞斯达：地理研究。
- Gebizlioglu, L. Ö., H. M. Aral 和 N. Teksoy (1996年)。“遥感对官方统计的影响”，《伊斯兰国家间经济合作学报》，第17卷，第1-2期，第1-23页。
- 加拿大地球数学（1994年）。《国家地形数据库、标准和规格》。魁北克：国家测绘、制图和遥感组织，加拿大自然资源。
- 地理信息系统世界（1998年）。《地理信息系统参考资料》。科罗拉多州柯林斯堡：地理信息系统世界。（自1989年以来每年更新）。（www.geoplance.com）
- Goodchild, M. F., L. Anselin 和 U. Deichmann (1993年)。“社会经济数据的地区插值框架”，《环境与规划 A》，25，第383-397页。
- Graham, L. A. (1997年)。“现代魔术：光栅向量转换的各种方法”，《地理信息系统世界》，第10卷，第7期，第32-38页。（www.geoplance.com/gw）
- Hall, T.等（1997年)。“全球定位系统与全球定位系统加全球导航卫星系统定位效果的比较”，1997年导航学会全球定位系统会议论文集，9月16-19日，密苏里州堪萨斯市。（satnav.atc.ll.mit.edu/papers/timsept97/sep97tim.html）
- Heine, G. (1997年)。地理信息标准。卢森堡：欧洲委员会 XIII/E 局。（www2.echo.lu/oii/en/gis.html）
- Hohl, P.编辑（1998年)。《地理信息系统数据转换、战略、技术、管理》。新墨西哥州圣菲市，Onward出版社。
- Jensen, J. R. (1996年)。《数字图像处理简介：遥感前景》第2版。纽约：普兰蒂斯·霍尔公司。
- Johnson, J.和 H. J. Onsrud (1995年)。“费用回

- 收值不值? ”, 《城市与地区情报系统协会年度会议的会议论文集》, 7月, 得克萨斯州圣安东尼奥。(www.spatial.maine.edu/onsrud.html)
- Johnson, L. E. (1997年)。“成功实施的因素”, 《地理信息系统世界》, 第10卷, 第2期, 第57页。
- Jones, C. (1997年)。《地理信息系统与计算机制图》。联合王国埃塞克斯郡哈洛: 朗曼集团公司。
- Kennedy, M. (1996年)。《全球定位系统与地理信息系统: 介绍》。密歇根州安阿伯: 安阿伯出版社。
- Kraak, M. J.和 F. J. Ormeling (1997年)。《制图——空间数据的直观化》。联合王国埃塞克斯郡哈洛: 朗曼集团公司。
- Lang, A. (1997年)。“精确度规格影响应用的成功”, 《地理信息系统世界》, 第10卷, 第8期, 第58页。
- Lange, A. (1997年)。“将低成本全球定位系统接收器投入测试”, 《地理信息系统世界》, 第10卷, 第6期, 第36页。
- Langford, M., D. J. Maguire 和 D. J. Unwin (1991年)。“面积插值问题: 在地理信息系统框架内使用遥感技术估算人口”, 摘自《地理信息的处理: 方法与潜在的应用》, E. Masser 和 M. Blakemore 编辑。联合王国埃塞克斯郡哈洛: 朗曼集团公司。
- 和 D. J. Unwin (1994年)。《在地理信息系统内生成和绘制人口密度平面图》, 《制图学报》, 第31期(6月21-25日)。
- Langran, G. (1992年)。《地理信息系统中的时间》。伦敦: 泰勒(与)弗朗西斯公司。
- Larsgaard, M. L. (1993年)。《非洲、南极洲和欧亚大陆的地形制图》。犹他州普罗沃: 西部地图图书馆协会。
- Leick, A. (1995年)。《全球定位系统卫星测绘》第2版。纽约: 约翰·威利父子公司。
- Li, L. (1997年)。“居住框架的可行性研究”, 《地理信息系统/土地信息系统会议论文集》, 11月19-21日, 科罗拉多州丹佛市。
- Lillesand, T. M.和 R. W. Kiefer (1994年)。《遥感和图像解译》第3版。纽约: 约翰·威利父子公司。
- Lo, C. P. (1986年)。《应用遥感》。伦敦: 朗曼集团公司。
- (1995年)。“通过高清晰卫星图像自动估算人口和居住单位: 地理信息系统办法”, 《国际遥感学报》, 第16卷, 第1期, 第17-34页。
- Lynch, M.和 K. E. Foote (1997年)。“与地理信息系统有关的法律问题: 地理学家的工艺项目”。奥斯汀: 得克萨斯大学。(wwwhost.cc.utexas.edu/ftp/pub/grg/gcraft/contents.html)
- MacEachren, A. M. (1994年)。《地图原理: 符号化与设计入门》。华盛顿哥伦比亚特区: 美国地理学家协会。
- (1995年)。《地图如何起作用: 代表性、直观化与设计》。纽约: Guilford出版社。
- Martin (1991年)。《地理信息系统及其社会经济应用》。伦敦: 罗特列奇公司。
- McDonnell, R.和 K. Kemp (1995年)。《国际地理信息系统字典》。联合王国剑桥: 国际地理信息公司。
- Michael, J. (1997年)。“数字正摄影——原

- 理、项目设计、问题、用途、精确度、经济学”，《1997年地理信息系统/全球定位系统会议的会议论文集》，3月2-4日，多哈。（www.gisqatar.org.qa/conf97/links/hl.html）
- Misra, P. (1993年)。“全球定位系统和全球导航卫星系统在民航中的综合使用”，林肯实验室学报，第6卷，第2期，第231—248页。（satnav.atc.ll.mit.edu/papers/LLjournal/Misra.html）
- Moellering, H.和 R. Hogan 编辑 (1997年)。《空间数据库转让标准 2：评估标准的特点和全世界国家标准和国际标准详细介绍》。阿姆斯特丹：国际制图协会、培加蒙出版社、埃尔塞维尔科技出版社。
- Monmonier, M. (1993年)。《详细制图：人文和社会科学的说明性制图》。芝加哥：芝加哥大学出版社。
- ___ (1996年)。《如何依靠地图》第2版。芝加哥：芝加哥大学出版社。
- Montgomery, G. E.和 H. C. Schuch (1994年)。《地理信息系统数据转换手册》，科罗拉多州柯林斯堡：地理信息系统世界。
- Moxey, A.和 P. Allanson (1994年)。“空间广延变量的面积插值——替代技术的比较”，《国际地理信息系统学报》，第8卷，第5期，第479—487页。
- Murray, J. D.和 W. van Ryper (1994年)。《图像文件格式大全》。加利福尼亚州塞瓦斯托波尔：O'Reilly 合伙人公司。
- 国家研究委员会 (1997年)。《空间数据与社会的未来：讲习班总结》。华盛顿哥伦比亚特区：国家科学院出版社。（www.nap.edu/readingroom/books/spa）
- 国家地理信息和分析中心 (1998年)。《地理信息系统基本教程》。加利福尼亚州圣巴巴拉：国家地理信息和分析中心。（www.ncgia.ucsb.edu/giscc）
- 国家卫生统计中心 (1997年)。《美国死亡率地图集》。华盛顿哥伦比亚特区：国家卫生统计中心、疾病控制和预防中心。
- 荷兰综合学科人口研究所 (1996年)。《人口普查和大规模人口统计创新技术专家小组会议论文集》，4月22-26日，海牙：荷兰综合学科人口研究所和联合国人口基金。（www.nidi.nl/innotec/index.html）
- Nordisk Kvantif (1987年)。《数字地图数据库》、《经济学与北美洲用户体验》，挪威阿伦达尔：北欧国家联合项目——数字空间信息给社区带来的好处，VIAK A/S。
- ___ (1990年)。《地理信息经济学》。赫尔辛基：国家测绘委员会。
- Ohtomo, A. (1991年)。“小区域统计数据库”，第二期人口数据库和有关问题区域间讲习班，1月14-19日，雅加达。纽约：联合国技术合作促进发展部和统计处。
- Onsrud, H. J. (1992年 a)。“支持公开访问公众所有的地理信息”，《1992年地理信息系统法》，第1卷，第1期，第3-6页。（www.spatial.maine.edu/onsrud.html）
- ___ (1992年 b)。“支持公众所有的地理信息的费用回收”，《1992年地理信息系统法》，第1卷，第2期，第1-7页。（www.spatial.maine.edu/onsrud.html）
- ___ 和 X. Lopez (1997年)。“推广数字地理数据、产品和服务所涉及的知识产权：欧洲联盟与美国办法之间的冲突与共同点”，摘自《地理信息：欧洲尺寸 I》，I. Masser 和 F. Salge 编辑。伦敦：泰勒（与）弗朗西斯公司。

- Ooishi, T.等 (1998 年)。“人口密集区的自动普查系统”, 第八次环境系统研究所软件用户年会的会议论文集。加利福尼亚州雷德兰兹: 环境系统研究所。
- 开放地理信息系统联合会 (1996 年)。《开放式地理信息系统指南: 可共同操作的地理处理法介绍》。马萨诸塞州韦兰: 开放地理信息系统联合公司。(www.opengis.org)
- Openshaw, S.编辑 (1995 年), 《人口普查用户手册》。联合王国剑桥: 国际地理信息公司。
- 陆地测量部 (1993 年)。《address-Point 用户指南》。联合王国南安普敦: 陆地测量部。
- Padmanabhan G., J. Yoon 和 M. Leipnik (1992 年)。《地理信息系统术语汇编》, 技术报告 92-13。加利福尼亚州圣巴巴拉: 国家地理信息和分析中心。
- Paulsen, B. (1992 年)。《卫星遥感和地理信息系统分析在城市的应用》, 城市管理方案讨论论文第 9 期。华盛顿哥伦比亚特区: 世界银行。
- Pazner, M., N. Thies 和 R. Chávez (1994 年)。“简单的计算机成像与制图”。安大略省伦敦: Think Space 公司。
- Plane, D. A 和 P. A. Rogerson (1994 年)。《人口的地理分析》。纽约: 约翰·威利父子公司。
- Plewe, B. (1997 年)。《地理信息系统在线: 信息检索、制图与因特网》。新墨西哥州圣菲: OnWord 出版社。
- 人口普查办公室 (1987 年)。《中国人口地图集》。香港: 人口普查办公室和中国科学院地理研究所, 牛津大学出版社。
- Prévost, Y.和 P. Gilruth (1997 年)。《撒哈拉以南非洲地区的环境信息系统》, 2025 年非洲的结构单元, 第 12 号论文集。华盛顿哥伦比亚特区: 世界银行; 纽约: 联合国开发计划署和联合国统计处。
- Rajani, P. (1996 年)。“简单模型反映地理信息系统的市场细分情况”, 《地理信息系统世界》, 第 9 卷, 第 12 期, 第 130 页。
- Rhind, D. (1991 年)。“清点人数: 地理信息系统的作用”, 摘自《地理信息系统的原则和应用》, D. J. Maguire, M. F. Goodchild 和 D. W. Rhind 编辑, 第 1 卷, 第 127-137 页。伦敦: 朗曼集团公司。
- ____ (1992 年)。“数据访问、收费和版权及其对地理信息系统的影响”, 《国际地理信息系统学报》, 第 6 卷, 第 1 期, 第 13-30 页。
- ____ 编辑 (1997 年)。《世界框架》。联合王国剑桥: 国际地理信息公司。
- Ritter, N. (1996 年)。GeoTIFF 网页。(http://home.earthlink.net/~ritter/geotiff/geotiff.html)
- Robinson, A. H.等 (1995 年)。《制图要素》第 6 版。纽约: 约翰·威利父子公司。
- Romano, F. J. (1996 年)。《数字化印刷准备袖珍指南》。纽约州奥尔巴尼: 德尔马出版社。
- Satellitbild (1994 年)。“参考项目: 尼日利亚全国人口普查”。瑞典基律纳: 瑞典航天公司。(www.ssc.se/sb/ssc_sb.html)
- Schmidt, J. J. (1996 年)。“地籍登记所用的手持式全球定位系统评估”, 《地理信息系统/土地信息系统会议论文集》。11 月 19-21 日, 科罗拉多州丹佛。
- Snyder, J. P. (1982 年)。《美国地质测量使用的地图设计》。华盛顿哥伦比亚特区: 政府印刷局。

- ____ (1993 年)。《使地球变平：两千年的地图设计》。芝加哥：芝加哥大学出版社。
- 瑞典统计局 (1993 年)。《瑞典全国地图集》。斯德哥尔摩：SNA 出版社。
- Steffey, D. L. 和 N. M. Bradburn 编辑 (1994 年)。《信息时代的人数清点》。华盛顿哥伦比亚特区：国家科学院出版社。
- Suharto, S. 和 D. M. Vu (1996 年)。“普查和调查的计算机化制图工作”，《用于人口普查和大规模人口普查的创新技术专家小组会议的会议论文集》，4 月 22 至 26 日。海牙：荷兰综合学科人口研究所和联合国人口基金。(www.un.org/Depts/unsd/softproj/papers/sv01.htm)
- Thygesen, L. (1996 年)。“地理信息系统与官方统计——增效还是冲突？”《国际官方统计协会第五次独立会议的会议论文集》，7 月 1-5 日，雷克雅未克。
- Tobler, W. R. (1979 年)。“地理区域的平滑加强防护插值法”，《美国统计协会学报》，第 74 卷，第 367 期，第 519-530 页。
- Tripathi, R. R. (1995 年)。“使用全球定位系统更新和改进普查基本图”。在技术支持系统/科学和技术委员会数据收集、处理、传播和利用讲习班上的发言，5 月 15-19 日，纽约。
- Tufte, E. R. (1983 年)。《定量信息的直观显示》，康涅狄格州柴郡：图像出版社。
- ____ (1990 年)，《想象信息》，康涅狄格州柴郡：图像出版社。
- Tveite, H. 和 S. Langaas (1995 年)。“地理行式数据集的精确度评估：世界数字图表情况”，《第五次斯堪的那维亚地理信息系统研究会议的会议论文集》，6 月 12-14 日，挪威特龙黑姆。(另见，http://ilm425.nlh.no/gis/dcw/dcw.html)
- 联合国 (1988 年)。《亚太经社会地区生育率地理学》，亚洲人口研究汇编，第 62-K 期。曼谷：亚洲及太平洋经济社会委员会。
- ____ (1993 年)。《世界城市化展望》，出售品号 93.XIII.II。
- ____ (1997 年 a)。《用于人口统计的地理信息系统》，方法研究，第 68 期，出售品号 E.97.XVII.3。(www.un.org/Depts/unsd/demotss/intro2.htm)
- ____ (1997 年 b)。《PopMap 用户指南和参考手册》。(www.un.org/Depts/unsd/softproj/index.htm)
- ____ (1997 年 c)。《地图扫描手册》。(www.un.org/Depts/unsd/softproj/index.htm)
- ____ (1998 年)。《人口和住房普查原则和建议，订正版第 1 版》，统计文件，第 67/Rve.1 期，出售品号 E.98.XVII.8。
- 联合国环境规划署 (1997 年)。《地理信息系统和图像处理软件概况》。南达科他州苏福尔斯：环境评估方案。(http://grid2.cr.usgs.gov/survey)
- Vu, D. M. (1996 年)。“人口地图：供发展中国家使用的地理普查软件”，《用于人口普查和大规模人口普查的创新技术专家小组会议的会议论文集》，4 月 22-26 日。海牙：荷兰综合学科人口研究所和联合国人口基金。(www.un.org/Depts/unsd/softproj/papers/vdm961.htm)
- ____, P. Gerland 和 D. Castillo (1994 年)。“人口地图——迈向更好地利用和散发人口数据的一步——全国普查地图集个案研究”，第 37 期工作论文，地理信息系统工

- 作会议，9月27-30日，荷兰沃尔堡：欧洲经济委员会统计委员会，欧洲统计学家会议。
- Waldorf, S. P. (1995年)。“商业制图：专门设计和制作”，《制图与地理信息系统》，第22卷，第2期。
- Waters, H. (1995年)。“发展中国家制图绘制项目的可行性研究”，《制图学报》，第32期，(12月)，第143-147页。
- Wood, C. H.和 C. P. Keller 编辑(1996年)。《制图设计：理论和实践展望》。纽约：约翰·威利父子公司。
- Worrall, L. (1994年)。“对地理信息系统投资的正当理由：当地政府的观点”，《国际地理信息系统学报》，第8卷，第6期，第545-565页。
- Wurman, R. S. (1997年)。《信息设计》。纽约：图像公司。

附录 I. 地理信息系统

A. 地理信息系统概述

地理信息系统系指一套基于计算机的工具，用于输入、存储、管理、检索、更新、分析和输出信息。地理信息系统的信息与地理位置或区域的地貌特征有关。换言之，地理信息系统让我们回答事物在何处，或在某一特定位置有什么事物的问题。

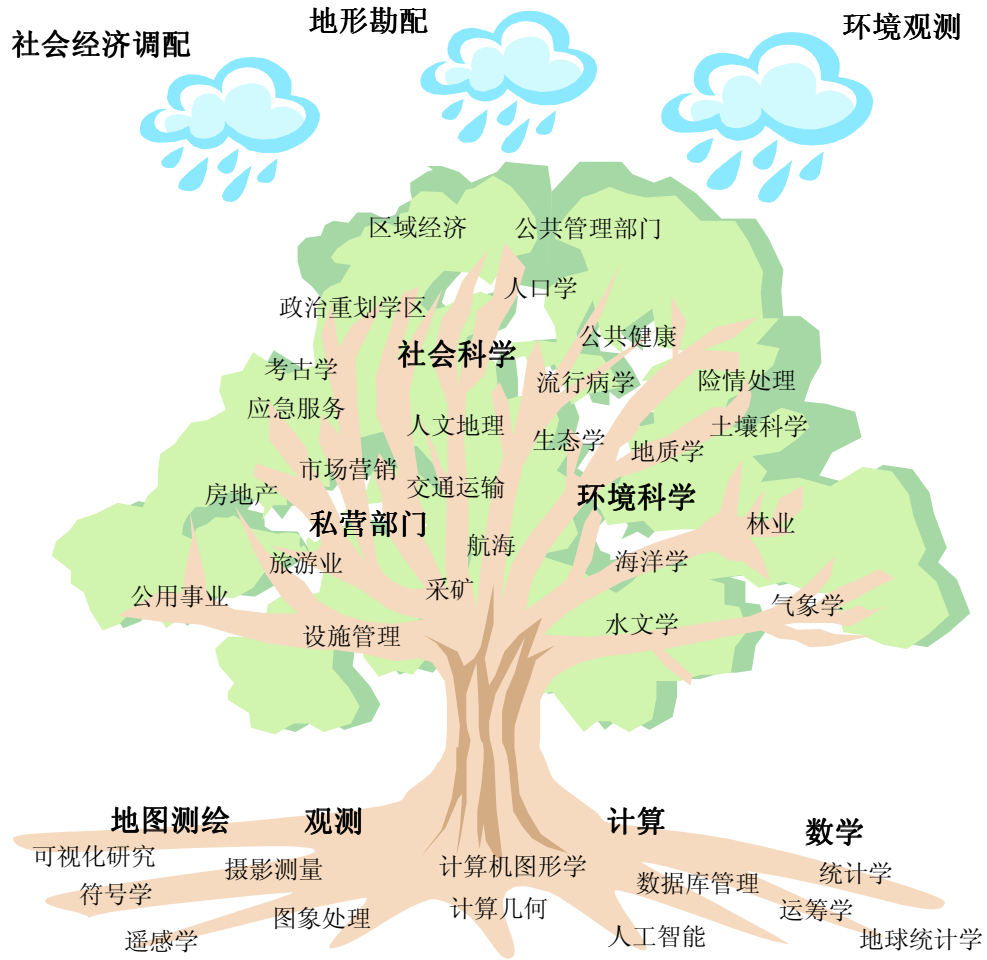
“地理信息系统”一词在不同的语境中有不同的含义，既可指处理空间信息的整套软硬件，也可以指专用于处理地貌信息的具体软件包，还可以指一个国家或地区在地理方面的应用程序，如一套综合性地理数据库。最后，它有时还可能用来说明一种涉及地理数据处理、计算和方法的

研究领域。例如，有些大学已经开设了具有地理信息系统学位的课程，“地理信息学”正在不断用于与基于计算机的地理软件和程序有关的更多的科学研究。

很多领域对地理信息系统的建立均作出了贡献，如图 A.I.1 所示。测绘行业对测量和表达真实世界的地貌信息提供了多种尺度和工具；计算机科学提供了地理信息存储管理的框架结构，并和数学一起提供了处理表达真实世界地貌信息几何对象的各种工具。通过社会经济、环境和地形研究积累出的大量数据，地理信息系统可在各种广泛领域得到应用，如考古学或海洋学，乃至包括市场营销或房地产在内的商务领域。

图 A. I. 1. 地理信息系统的基础

(根据 Jones, 1997)



产品目录类型的应用广泛见于公用设施部门，如电话公司通过地理信息系统数据库对其基础设施进行管理和维护。另一个实例是地区和地方政府使用的地理命名系统。在其他一些领域，地理信息系统用于支持数据收集。将数字化地图绘制用于人口普查和数据传播无异是本手册中最为恰当和典型的例证。大多数分析性应用见于科研部门以及很多实用领域，例如自然资源管理或市场营销。森林开发公司通过地理信息系统维护林木的采伐和销售，再有，零售公司利用复杂的空间分析选择客户或为新店面选址。

1. 硬件、软件和数据

硬件和软件问题在第二章的人口普查地图绘制部分已经讨论过。一般来说，与用于其他面向图形的、以处理大量数据为特点的应用相比，地理信息系统所需的硬件基本相同：高端 PC 兼容计算机或工作站、一台大型高分辨率显示器和通用的输入装置——键盘和鼠标。大版面的数字化仪式和扫描仪用于把纸张印刷的地图转换成数字化数据库。建筑师和图形设计师也使用这类工具。大版面绘图仪和台式打印机用于地图输出，以供显示和直观分析。

地理信息系统软件近年来发展迅速，从难于掌握的命令行式的系统发展到便于学习的菜单驱动软件，任何人只要稍加培训即可使用。用于地理信息系统分析的高端软件包可以创建新型数据库并执行高级的空间数据分析。对于中档软件而言，目前有多种桌面地图绘制软件，它们结合了标准的 Windows 界面，在数据输入、管理以及输出分析结果方面具有广泛的操作能力。最后，对于低端软硬件来说，可以选用地理数据浏览器。用户在使用这种软件时虽不能改动数据，但却拥有多种显示功能。这类软件有些是免费发布

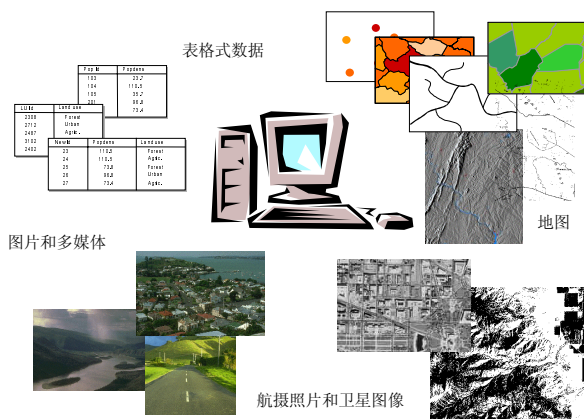
的，属于性能卓越的数据传播工具。

最近的一项进展是，几家地理信息系统销售商出售的与地理信息系统有关的例行程序或“对象”工具箱。用户利用它可以在具有行业标准的、面向对象的编程环境中根据自己的需要定做应用软件。它们既可以是一套独立的系统，也可以集成到其他的软件包中。其中有些产品还包括用于开发基于因特网的地图制作应用软件所需的工具。

当前，地理信息系统软件发展趋势集中在两个方面：因特网地图制作和模块设计，它们可将地理信息系统功能集成到如何应用软件中。用户通过自己的网络浏览器和根据命令下载的软件，很快能在远程地球空间数据库上进行地理信息系统数据的查询和分析。在高端应用方面，进一步把地理信息系统与关系型数据库管理系统结合在一起。正如地理信息系统软件通过关系型数据库管理系统存储和处理属性信息那样，某些数据库管理系统也已经包括一定的存储和处理地理对象的功能。地理信息系统与其他信息系统之间的区别可以逐渐消失。

数据是供地理信息系统应用软件使用的燃料（见图 A.I.2）。很多最普通的地理信息系统数据集是传统的纸张地图的数字化对等物，如显示道路、河流、标高以及居民点情况的地形图。专题信息包括以行政单位为基准的社会经济属性，以及展示植被或土地利用状况、汇水或集水区边界等计算指数的说明性地图。数字化地图上的任何地理目标均可通过极其详尽的、与数字化空间数据库连接在一起的数据表加以说明。有时，只需少量的属性信息就可以说明一组地理特征。而在其他情况下，例如人口普查数据库，系统存储的属性信息可能十分丰富。

图 A. 1. 2. 存储在地理信息系统内的各种类型的信息



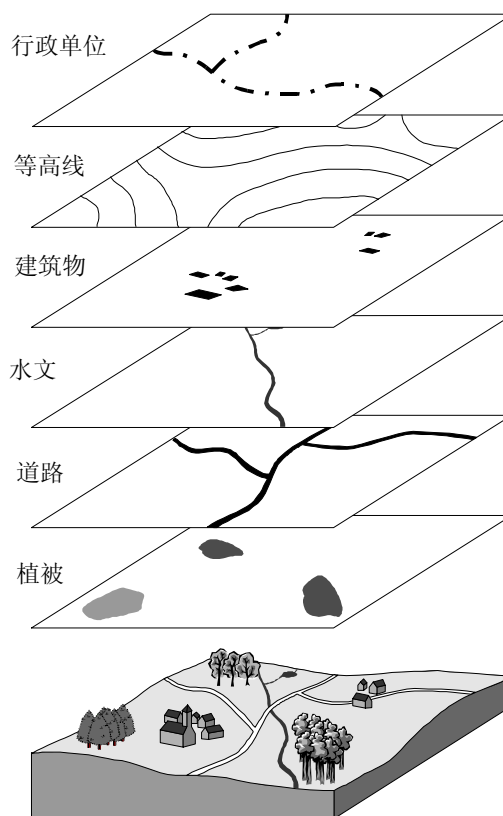
遥感是地理信息的另一来源。低空飞行的飞机拍摄的照片以及卫星发回的图像也可与其他空间基准信息集成在一起。有时，这些图像仅作为背景用于专题地图或地形图，但更常见的情况是，解释和提取图片中所包含的信息，然后作为数字化地图信息存储起来。最后是多媒体信息，如照片、图像、文本、乃至声音等均可集成到地理信息系统内。通常，这种集成通过热连接的手段实现。用户利用交互方式通过击点某一地貌特征即可查看有关地理位置的照片或录像。

2. 地理数据层

地理信息系统数据库是对真实世界的一种基于计算机的表达方式，地理信息系统软件提供的是对空间界定的地貌特征信息进行组织的工具，而数据层是地理信息系统的基本组织原则。和地形图不同的是，地理信息系统没有把所有的空间特征存储在同一个地方，而是把类似特征按组结合在一起，存储在一系列数据层中（见图 A.1.3.）。

综合性地理信息系统数据库包括很多由实际地貌特征组成的层，如道路、河流和建筑等，以及一些在地面上看不到的具有界定特征的数据

图 A. 1. 3. 数据层——作为索引系统的空间的



层，如行政区边界和邮政区域边界等。另外，地理信息系统软件允许用户在现有的数据层上新建一些数据层。例如，一个新的数据层可以显示由标高线数据推导出来的流域范围，或者某个医院四周规定距离内的所有街区。

在建立多层地理信息系统数据的过程中，地貌信息值可以从一系列不同的地形图和专题地图中提取。另外，野外观测数据以及卫星和航摄影片提供的遥感数据通常与地图数据一起集成。地理信息系统提供的工具把所有不同数据集成在由地理坐标系统定义的通用基准框架内，使用户能够把不同类型的数据组合到一起，根据几个数据层的内容创建新信息，或进行涉及多个数据层数据的复杂查询（见 C 节）。这种以地理位置作

为链接，集成各种不同来源数据的能力有时称为“以空间作为索引的系统”。这的确是地理信息系统最重要的优点之一。

B. 地理信息系统数据模型

尽管各种各样的信息都可以存入地理信息系统，然而在地理信息系统数据库内只有少量几种空间信息的表达方法。为了开发地理信息系统应用软件，真实世界的特征值要转换成便于计算机存储和处理的简化表达形式。对此，有两种数据模式，一种是内部数字化表达方式，这种模式是高端地理信息系统软件采用的主流模式；另一种是向量数据模式，把大量不连续的地貌特征符号化，例如房屋、道路或区域等。还有一种是光栅数据模式，通常用来表达连续改变的现象，如标高或气候，此外还可用于存储卫星图像或航摄照片。尽管很多辅助性的数据集适合用光栅模式存储，对人口普查应用来说，向量数据模式同样更为有用。

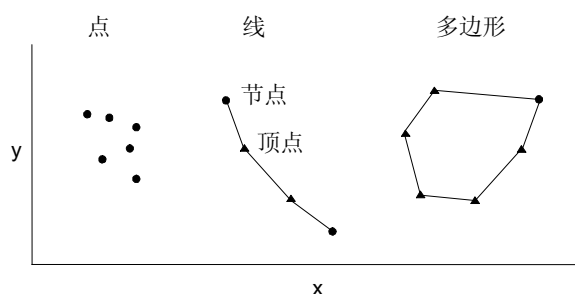
1. 向量

向量地理信息系统用来表达真实世界的一组几何元素：点、线和多边形（见图 A.I.4）。在计算机数的据库中，一个点用 x, y 坐标表达。一条线是一系列顺序排列的 x, y 坐标，其中，端点通常称为节点，而中间各点则称为顶点。多边形或面积则用一系列封闭的线段表示，在这个回路中第一个点与最后一个点是等同的。点，可

以用来表示房屋、水井或测量控制点；线条，可以代表道路、河流一类的特征；而点查区或区域等，则以多边形表示。

最简单的存储数据的向量数据模式不必在地貌特征值之间建立任何联系（见图 A.I.5），这种模式有时称为“意大利面条模式”（如 Aronoff, 1991），因为线条在数据库内重叠而不相交，像面条一样堆在碗里。更复杂的拓扑式数据模式可存储数据库内不同特征值之间的关系。例如，将交叉的线条分开并在相交处增添一个节点。为了避免邻接的多边形边界出现两次定义的情况（每一封闭的多边形各定义一次），因此规定线段只能存储一次，同时把多边形分别处于线段的左侧还是右侧这样的信息一起存储起来。关于节点、线段和多边形之间的关系信息存储在属性表内。

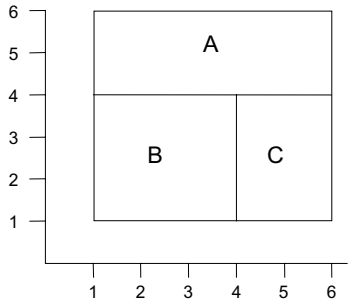
图 A. I. 4. 点、线和多边形



可

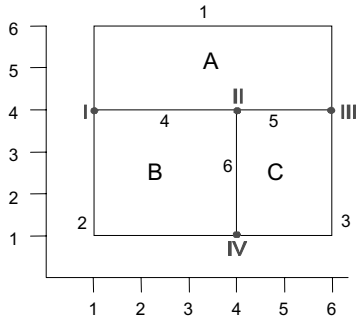
图 A. I. 5. 向量数据模型：面条模型与拓扑模型的对照

“面条式”数据结构



多边形	坐标
A	(1,4), (1,6), (6,6), (6,4), (4,4), (1,4)
B	(1,4), (4,4), (4,1), (1,1), (1,4)
C	(4,4), (6,4), (6,1), (4,1), (4,4)

拓扑式数据结构



O = “外部”多边形

坐标	X	Y	线
I	1	4	1,2,4
II	4	4	4,5,6
III	6	4	1,3,5
IV	4	1	2,3,6

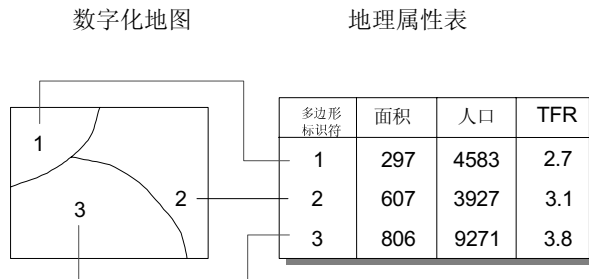
多边形	线
A	1,4,5
B	2,4,6
C	3,5,6

线	来自节点	至节点	左侧多边形	右侧多边形
1	I	III	O	A
2	I	IV	B	O
3	III	IV	O	C
4	I	II	A	B
5	II	III	A	C
6	II	IV	C	B

只要我们看一看空间数据库能够解决什么问题，拓扑式数据结构的优点就十分明显了。一个拓扑型结构的空间数据库能够进行快速查询，查找单独的数据对象以及它们与其他数据对象的关系。例如，迅速确定一个特定点查区的所有邻接区，此时，系统将找出界定该点查区的线段列表，并找出与这些线段连在一起的其余所有点查区。

高端地理信息系统软件包采用全拓扑型数据结构，使得诸如多边形重叠一类的复杂操作成为可能。在重叠操作中，要把两个向量数据集，如行政区和流域边界，组合到一起。由于两方面输入的数据集出现相交，因此生成一些新的较小的多边形。大多数桌面地图制作系统使用比较简单的数据结构，因此，定义为封闭回路的多边形的交界线段就在数据库中存储了两次。

图 A. I. 6. 向量型地理信息系统中存储的空间和非空间数据



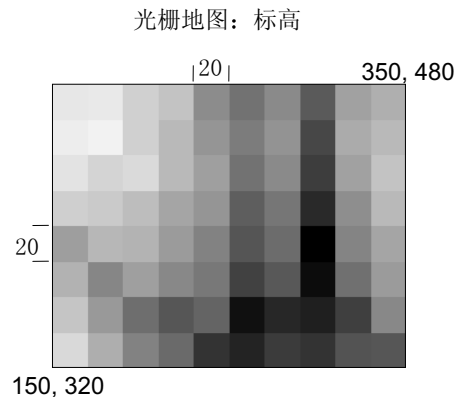
数据库内的每一地貌特征值均赋予了一个唯一的标识符，藉此把几何特征与数据或属性表内的相关条目链接在一起（见图 A.I.6）。用户可以把地貌特征信息增添到相应的数据库记录上。对于代表房屋的点，用户可以列出通信地址、房屋类型以及是否配备电气和卫生设施的清单。在点查区数据库内，用户可以增添官方行政代码、常驻单位数量，以及任何为该点查区编译的人口普查数据。出于实用目的，大多数地理信息系统均采用关系型数据库，分别存储属性和非空间信息（第二章曾比较详细地讨论过这个问题）。属性文件与数字化地理数据紧密地集成在一起，并通过地理信息系统或关系型数据库管理系统进行访问。

有些桌面地图绘制软件在这两个极端情况之间，即在最简单的“面条模式”和最复杂的全拓扑模式之间达成了妥协。它们虽非全拓扑型的，但仍然可快速计算邻接和连接信息。它们综合了简单数据模式容易编辑的特点与拓扑向量地理信息系统数据模式分析能力强大的特长。

2. 光栅

光栅地理信息系统软件把空间分成行列相交的规则数组。数组或网格中的一个单元格有时称为像素，即图像的元素，并显示出该数据模型在遥感和图像处理中的原始状况。在大多数的光栅系统中，某一指定位置的属性值（如标高）就存储在光栅内的相应单元格之中。因此，标高光栅数据库干脆就是一长串的标高值。系统需要的附加信息只是光栅图像的行数和列数、按真实世界单位规定的（例如米或英尺）单元格（通常是一个方块）的大小，以及整个光栅的某一角的坐标值（见图 A.I.7）。此类信息通常存储在数据结构的文件头内，或另存成一个小文件。通过这些信息，系统可以计算出网格的尺寸。例如，右上角 x 的坐标则为 $150+10\times 20=350$ 。系统利用这些信息可以把其他地理数据层与光栅网格正确地注册在一起，例如，从网格顶部提取向量地貌特征值。

图 A. I. 7 光栅数据文件实例



ASCII 光栅文件

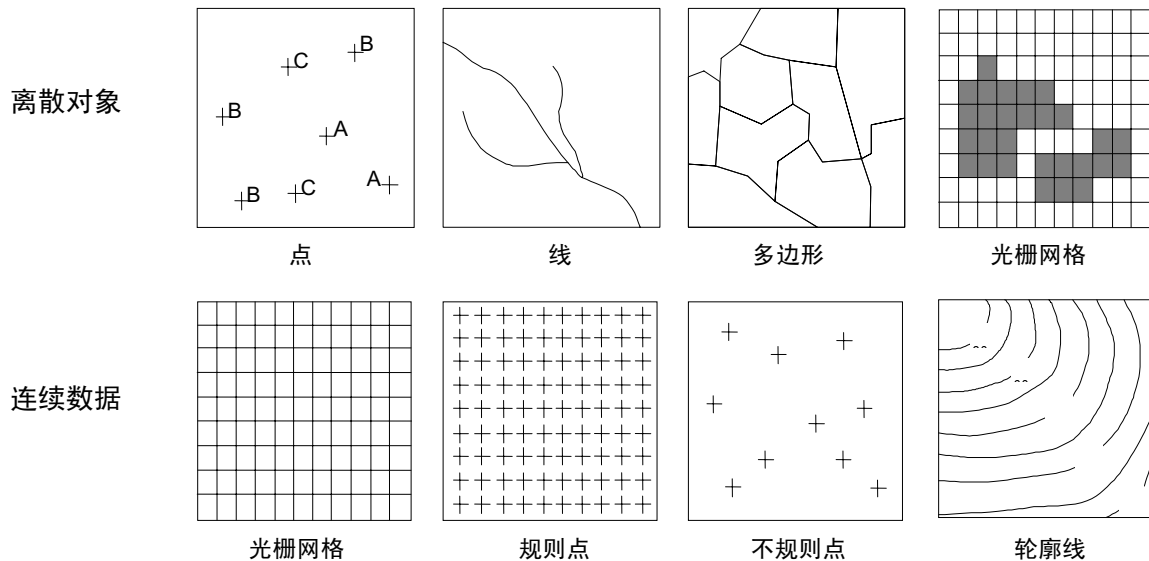
列数	10									
行数	8									
左下角 x	150									
左下角 y	320									
单元格尺寸 (方格)	20									
	219	313	407	462	681	783	689	877	595	540
	297	274	407	501	642	744	650	955	556	501
	336	391	368	501	603	783	689	994	595	462
	414	430	485	579	642	861	767	1072	673	501
	609	508	524	618	720	900	806	1267	712	579
	531	703	602	696	759	978	884	1189	790	618
	453	625	797	891	837	1173	1079	1111	985	696
	375	547	719	813	1032	1095	1001	1033	907	891

如果光栅中有很多相同的数值，那么这种存储方法的效率则非常低。例如，离散对象有时也存成光栅格式。光栅格式的地区图将在每一个单元格中显示该地区的标识符，或单元格内的总人口数。很明显，很多连续的单元格中经常含有同样的数值。因此，大多数的光栅式地理信息系统均采用某种数据压缩形式。其中最简单的就是长线程编码，系统在这种方式下仅存储两个成对的

数值：数据值和该数据值所重复的次数，从而大大减小了文件的尺寸。

光栅数据经常用于存储连续多变的数据，或具有多种连续灰色调的图像。正如离散对象可以通过光栅格式显示那样，连续的数据也可以用向量数据结构表示。最好的例子是轮廓线，它在地形图中表示标高。其他的例子见图 A.I.8.。

图 A. 1. 8. 向量和光栅均可用于显示离散和连续数据



3. 向量与光栅数据模式的优缺点

光栅数据模式的长处在于简单。在光栅式地理信息系统内，很多地理数据的操作比较容易并且执行速度较快。与标高或水文数据一样，模式化的连续数据都是通过光栅式地理信息系统实现的。光栅数据模式的缺点在于，光栅数据集的大小与所能表达的空间特征的精度之间常常无法兼顾。用非常致密的光栅网格可以细致入微地表示边界上的所有曲线，但需要极大的磁盘空间。

大多数的地理信息系统可以按照两种数据模式操作。采用哪一种数据模式更好取决于应用环境。对于人口普查和很多其他社会经济应用来说，更宜采用向量模式。向量数据结构可以更紧凑地表示界定社会经济对象的点和多边形。它与数据库管理系统之间的紧密联系，能够支持以大量属性信息为特点的社会经济方面的应用。例如，人口普查或调查经常涉及成百上千个变量，它们与一定数量的空间特征，如人口普查区、村庄或调查集群等，密切相关。最后，向量式地理信息系统数据库打印出的成品更接近传统技术印制的地图。

即使如此，光栅数据的处理能力在人口应用方面的重要性与日俱增。某些用于区分点查区边界的输入数据就是以光栅形式输入的，例如，第二章讨论过的通过遥感图像建立或更新人口普查地图的工作就是如此。不过，两种数据模式的选择通常不是“水火不相容”的。现在，很多地理信息系统数据库均支持两种类型的空间数据。例如，可以用光栅数据作为背景，在上面绘制线条和多边形的地貌特征。因此，遥感图像或标高表面与相关信息可以同时显示在计算机屏幕上，以便确定点查区的轮廓。

4. 精确度和准确度

精确和准确这两个词虽然经常互换使用，但仍有不同的含义。准确意味着没有差错。例如，在讨论空间项目时，地理信息系统数据库内的准确点坐标是根据地球表面的点的真实位置标注的。而精确度指的是，在测量过程中，区分两个微小数量或微小距离的能力。例如，如果我们的测绘工具只能测量出米一级的坐标，那么地理信息系统中的点位置最多只能归入相近的以米为单位的单元格中。如果有更精确的测量工具，则可

以精确到厘米或毫米。

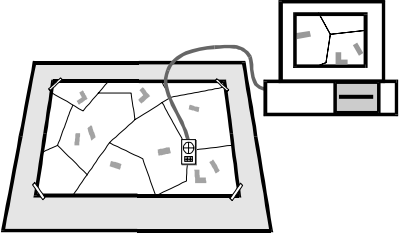
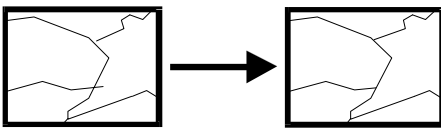
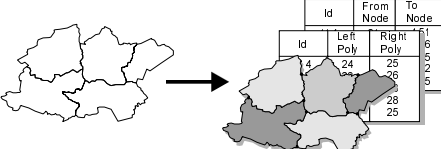
实际上，向量地理信息系统的坐标精度可以说是无限的，因为它们可以使用双精度数据类型存储地理坐标（此处的双精度系指用 8 个字节表示一个浮点数）。而空间坐标的准确性大部分取决于数据采集工具。工程上或研究大地板块构造时使用的测绘工具，最高精度可达到一毫米。然而，地理信息系统使用的大多数数据，由于数据来源的原因，准确性都不会太高。比如，有的数据来自纸张式地图，有的来自手持式全球定位系

统，有的甚至来自野外作业使用的草图。这种情况下，其准确性只能以米来计算，绝不可能达到毫米一级。

C. 地理信息系统的能力


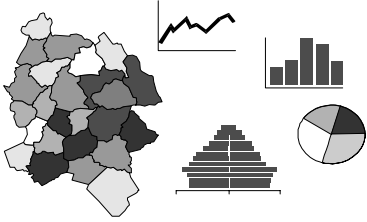
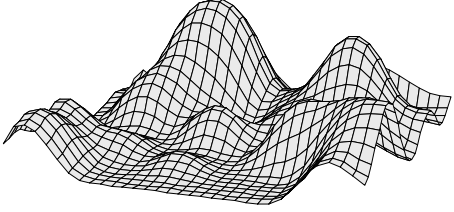
下面的表格概括了地理信息系统工作能力的情况。这个表格很不完备，因为高端地理信息系统软件，甚至桌面地图绘制软件还有很多用于数据输入、处理、分析以及显示的专用功能。

数据输入和管理

<p>线条跟踪， 坐标数据输入</p>	<p>仍然是目前最常用的借助于数字化板的坐标数据输入方式。用鼠标在纸制的地图上跟踪线条并将捕获的数据存入地理信息系统或数字化软件。此外，还可对地图进行扫描，建立光栅位图，然后转换为向量格式。</p>																						
<p>编辑</p>	<p>对线条进行数字化处理以后，对数据进行检查，排除错误。常见的问题有，线条连接不良（不到位或过头）、线条丢失、重复处理等。其中的一些操作可在地理信息系统中自动进行。</p>																						
<p>建立拓扑结构</p>	<p>经过数字化或向量化处理过的线条之间没有任何联系。地理信息系统软件可以计算数据集内特征点之间的邻接与连接关系。</p>	 <table border="1" data-bbox="1226 1480 1388 1606"> <thead> <tr> <th>Id</th> <th>From Node</th> <th>To Node</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>24</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>24</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>28</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Id	From Node	To Node	1	6	5	2	5	3	3	2	5	4	24	25	5	24	26	6	28	25
Id	From Node	To Node																					
1	6	5																					
2	5	3																					
3	2	5																					
4	24	25																					
5	24	26																					
6	28	25																					

<p>地理基准与投影变化</p>	<p>数字化的线条以厘米或英寸为单位，需要转换成真实世界使用的、与原地图坐标系单位相对应的单位，例如米或英尺。为了进行数据集成，数字化地图的投影方法也需要做相应的变化。</p>																																																																							
<p>光栅与向量之间的转换</p>	<p>大多数地理信息系统商品软件均支持某种格式的光栅图像。因为每一种数据模式适合于不同的任务，所以应该具有将一种模式转换为另一种模式的功能。光栅到向量的转换功能用于自动转换扫描的地图。相反的操作，即向量到光栅的转换，在光栅式地理信息系统进行分析和模式化操作时需要使用。</p>																																																																							
<p>属性数据管理</p>	<p>数据库内的每一个地貌特征值都有一个唯一的标识符，用于链接有关地理属性的外部信息。为了能处理和分析属性表格，地理信息系统通常与一个相关数据库管理系统集成在一起。</p>	<table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="4">区</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>District</th> <th>D_Pop</th> <th>Prov_Id</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0101</td><td>Palma</td><td>89763</td><td>01</td></tr> <tr><td>0102</td><td>S. Maria</td><td>45938</td><td>01</td></tr> <tr><td>0103</td><td>Vera b</td><td>78383</td><td>01</td></tr> <tr><td>0201</td><td>Bolo</td><td>98302</td><td>02</td></tr> <tr><td>0202</td><td>Jose</td><td>67352</td><td>02</td></tr> <tr><td>0203</td><td>Malabo</td><td>102839</td><td>02</td></tr> <tr><td>0204</td><td>Chilabo</td><td>129388</td><td>02</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th colspan="3">省</th> </tr> <tr> <th>Prov_Id</th> <th>P_Pop</th> <th>Region</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>214084</td><td>112</td></tr> <tr><td>02</td><td>397881</td><td>113</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th colspan="3">省</th> </tr> <tr> <th>F_Id</th> <th>R_HH</th> <th>Region</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>23</td><td>1249</td><td>112</td></tr> <tr><td>24</td><td>2458</td><td>113</td></tr> <tr><td>...</td><td>...</td><td>...</td></tr> </tbody> </table>	区				Id	District	D_Pop	Prov_Id	0101	Palma	89763	01	0102	S. Maria	45938	01	0103	Vera b	78383	01	0201	Bolo	98302	02	0202	Jose	67352	02	0203	Malabo	102839	02	0204	Chilabo	129388	02	省			Prov_Id	P_Pop	Region	01	214084	112	02	397881	113	省			F_Id	R_HH	Region	23	1249	112	24	2458	113
区																																																																								
Id	District	D_Pop	Prov_Id																																																																					
0101	Palma	89763	01																																																																					
0102	S. Maria	45938	01																																																																					
0103	Vera b	78383	01																																																																					
0201	Bolo	98302	02																																																																					
0202	Jose	67352	02																																																																					
0203	Malabo	102839	02																																																																					
0204	Chilabo	129388	02																																																																					
...																																																																					
省																																																																								
Prov_Id	P_Pop	Region																																																																						
01	214084	112																																																																						
02	397881	113																																																																						
...																																																																						
省																																																																								
F_Id	R_HH	Region																																																																						
23	1249	112																																																																						
24	2458	113																																																																						
...																																																																						
<p>重新分类、加总</p>	<p>地理信息系统允许根据通用标识符对地貌特征值进行加总。例如，对几个点查区进行分组，构成人口大致相等的普查作业区。</p>																																																																							
<p>子集的建立、切块处理</p>	<p>除了根据查询选择子集之外，地理信息系统也可以建立特定的子集，利用所谓的切块操作。</p>																																																																							

显 示

	<p>制作地图输出展示只是地理信息系统地图绘制功能的一种应用。地图绘制中的符号处理，对于在屏显示和分析，以及区别不同的地貌特征也十分重要。</p>	<p>地图绘制功能</p>
<p>图像与向量数据的合并显示</p>	<p>图像与光栅数据有多种不同的来源：扫描的地图、遥感图像，以及光栅式地理信息系统数据，它们都以某种网格形式加以存储。同时显示向量和光栅数据可为分析提供有价值的工作环境，能够从光栅数据中有选择地提取地貌特征。</p>	
<p>链接到统计图表</p>	<p>对空间数据进行以数据为主的分析通常采用地图绘制与属性数据检查相结合的方法。统计图表特别有用，将其放到地图上时，尤其如此。</p>	
<p>各种表面的三维立体显示</p>	<p>诸如标高或降雨量乃至人口密度等连续数据可以通过不同形式予以显示：光栅网格、轮廓线或模拟出的三维可视化图形，通过网状框架形成地貌特征。</p>	

查 询

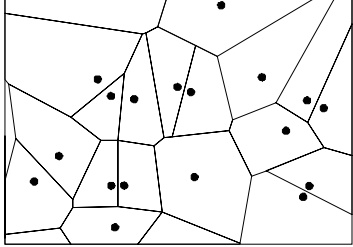
<p>空间数据库的查询</p>	<p>“在……有什么？何处是……？” 这些问题是地理信息系统能够回答的最基本的地理问题。按照简单的浏览模式，用户可以在数字化地图上选择地貌特征并获得有关信息。反之，用户也可以选择符合判据（判别准则）的地貌特征，并将其显示在地图上。地理信息系统通常链接到数据库管理软件上，查询操作以SQL 概念为基础。在地理信息系统内，也可根据诸如距离等地理关系进行查询（在该地 X 公里之内是什么？）或基于两个或多个地理信息系统数据层提问（哪些建筑位于这个点查区？）。</p>	<table border="1" data-bbox="1159 415 1338 583"> <tr><td>标识符</td><td>0012376027</td></tr> <tr><td>名称</td><td>Limop</td></tr> <tr><td>人口</td><td>31838</td></tr> <tr><td>人口密度</td><td>37.5</td></tr> <tr><td>家庭数量</td><td>8719</td></tr> <tr><td>诊所数量</td><td>8</td></tr> </table> <p data-bbox="1107 680 1325 768">人口密度是否大于 100 人/平方公里?</p>	标识符	0012376027	名称	Limop	人口	31838	人口密度	37.5	家庭数量	8719	诊所数量	8																								
标识符	0012376027																																					
名称	Limop																																					
人口	31838																																					
人口密度	37.5																																					
家庭数量	8719																																					
诊所数量	8																																					
<p>属性汇总操作</p>	<p>通过数据库操作，可以从地理信息系统数据集的地理属性表中提取出有用的统计数字总数或综合多个表格的数据。例如，计算表格内一个字段的的最小值、最大值以及平均值。或跨越表格中的两个或多个字段，生成每项综合属性第三个字段所需的总计数量。例如，还可以计算一个国家的某个地区之内，每一种土地用途的总面积。两个或多个地理信息系统层合并之后，通常需要通过多边形重叠操作进行跨表格处理。</p>	<table border="1" data-bbox="945 1213 1227 1348"> <thead> <tr> <th>标识符</th> <th>地区</th> <th>土地用途</th> <th>地区</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>532</td> <td>森林</td> <td>中部</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>615</td> <td>农业</td> <td>中部</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>328</td> <td>森林</td> <td>北部</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>市区</td> <td>南部</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1127 1419 1390 1444">按地区划分的土地使用总面积</p> <table border="1" data-bbox="1114 1449 1386 1541"> <thead> <tr> <th></th> <th>森林</th> <th>农业</th> <th>市区</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>北部</td> <td>1279</td> <td>2791</td> <td>2143</td> </tr> <tr> <td>中部</td> <td>1347</td> <td>4125</td> <td>987</td> </tr> <tr> <td>南部</td> <td>0</td> <td>1324</td> <td>3427</td> </tr> </tbody> </table>	标识符	地区	土地用途	地区	23	532	森林	中部	24	615	农业	中部	25	328	森林	北部			市区	南部		森林	农业	市区	北部	1279	2791	2143	中部	1347	4125	987	南部	0	1324	3427
标识符	地区	土地用途	地区																																			
23	532	森林	中部																																			
24	615	农业	中部																																			
25	328	森林	北部																																			
		市区	南部																																			
	森林	农业	市区																																			
北部	1279	2791	2143																																			
中部	1347	4125	987																																			
南部	0	1324	3427																																			

空间数据交换

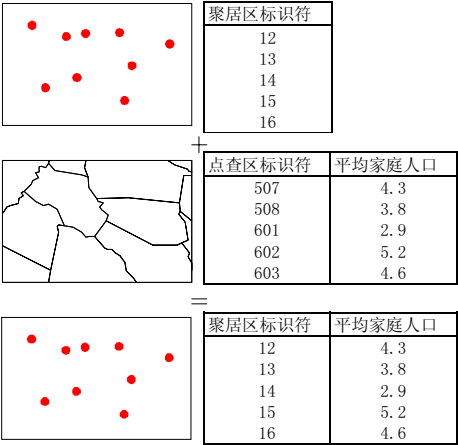
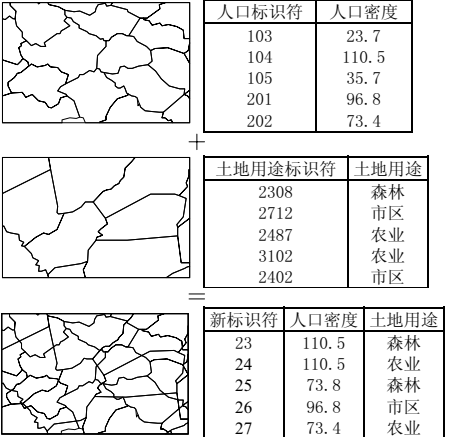
<p>插值</p>	<p>插值有时称为基础交换，利用这一方法可以根据样品数据建立一个完全覆盖区。例如，根据气象站的一套雨量记录表面建立显示整个地区降雨量的光栅表面。对于社会经济应用来说，更重要的是所谓的面积插值法。例如，运用某一地区的人口数估算出另一个边界不一致的环境监测区的人口数。</p>	
-----------	--	--

距离操作

<p>简单的距离计算</p>	<p>计算距离是地理信息系统的基本操作之一。距离可按直线计算，也可以按道路网络的距离计算。例如，根据地理信息系统道路数据库，可以估算出距离和旅行时间。</p>	<p>距离: 3.2 公里 旅行时间: 10 分钟</p>
<p>缓冲区</p>	<p>一种特殊的距离操作是建立缓冲区。缓冲区可以围绕点、线或多边形建立。而且可以根据属性值进行加权。例如，铺设过的道路可以比土路得到更多的缓冲区。缓冲区常常用于空间查询。例如，为了确认河流两岸 3 公里范围内血吸虫病例的数量，在指定多边形内加入一个缓冲区，数据库查询便可依照次序执行。</p>	
<p>寻找最近的地貌特征</p>	<p>如果需要确定特定类别内最近的地貌特征，则要综合运用数据库查询与距离计算方法，例如，需要计算某一地区内所有地点到最近医院的距离。得出的地理信息系统数据集通常称为可访问性表面。</p>	<p>到最近医院的时间</p> <ul style="list-style-type: none"> < 1 小时 1-2 小时 2-3 小时 > 3 小时

<p>杰森多边形</p>	<p>另一种类似“寻找最近的地貌特征”的变体功能是把整个地区划分成若干个多边形，并指定最近的设施。得出的各面积单元称为杰森多边形。这项功能经常用于建立简单的汇水区或就近服务区。</p>	
--------------	--	--

数据层的合并

<p>多边形中的点线操作</p>	<p>很多地理信息系统能够帮助回答的问题都要求把几个数据集的信息合并在一起。例如，我们可以用一组点坐标代表人口普查时遇到的人口聚居区，把调查得到的信息与点查区得到的数据组合在一起。地理信息系统将确定每个点属于哪一个点查区，并将人口普查数据补充到调查点的属性记录中。</p> <p>某些操作可以汇总一组地区内点或线的地貌特征属性。例如，可以利用家庭调查采样（点）确定每一个医疗保健区的平均生育率。</p>	 <table border="1" data-bbox="1138 764 1268 898"> <thead> <tr> <th>聚居区标识符</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td></tr> <tr><td>13</td></tr> <tr><td>14</td></tr> <tr><td>15</td></tr> <tr><td>16</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1138 915 1393 1045"> <thead> <tr> <th>点查区标识符</th> <th>平均家庭人口</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>507</td><td>4.3</td></tr> <tr><td>508</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>601</td><td>2.9</td></tr> <tr><td>602</td><td>5.2</td></tr> <tr><td>603</td><td>4.6</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1138 1073 1393 1205"> <thead> <tr> <th>聚居区标识符</th> <th>平均家庭人口</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td><td>4.3</td></tr> <tr><td>13</td><td>3.8</td></tr> <tr><td>14</td><td>2.9</td></tr> <tr><td>15</td><td>5.2</td></tr> <tr><td>16</td><td>4.6</td></tr> </tbody> </table>	聚居区标识符	12	13	14	15	16	点查区标识符	平均家庭人口	507	4.3	508	3.8	601	2.9	602	5.2	603	4.6	聚居区标识符	平均家庭人口	12	4.3	13	3.8	14	2.9	15	5.2	16	4.6												
聚居区标识符																																												
12																																												
13																																												
14																																												
15																																												
16																																												
点查区标识符	平均家庭人口																																											
507	4.3																																											
508	3.8																																											
601	2.9																																											
602	5.2																																											
603	4.6																																											
聚居区标识符	平均家庭人口																																											
12	4.3																																											
13	3.8																																											
14	2.9																																											
15	5.2																																											
16	4.6																																											
<p>多边形重叠</p>	<p>把两个区域地貌特征的地理信息系统数据结合在一起称为多边形重叠。系统将对数据集进行合并，并根据重叠区建立起新的区域。得出的新数据区包含原有两个数据集的属性。属性保持不变（如分类信息或比率），还是划分给新的多边形（如计数数据）取决于数据类型。</p> <p>多边形重叠操作常用于跨表格合并，例如，按土地用途计算人口普查数据等。</p>	 <table border="1" data-bbox="1138 1367 1349 1499"> <thead> <tr> <th>人口标识符</th> <th>人口密度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>103</td><td>23.7</td></tr> <tr><td>104</td><td>110.5</td></tr> <tr><td>105</td><td>35.7</td></tr> <tr><td>201</td><td>96.8</td></tr> <tr><td>202</td><td>73.4</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1138 1520 1360 1652"> <thead> <tr> <th>土地用途标识符</th> <th>土地用途</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2308</td><td>森林</td></tr> <tr><td>2712</td><td>市区</td></tr> <tr><td>2487</td><td>农业</td></tr> <tr><td>3102</td><td>农业</td></tr> <tr><td>2402</td><td>市区</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="1138 1673 1382 1801"> <thead> <tr> <th>新标识符</th> <th>人口密度</th> <th>土地用途</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>23</td><td>110.5</td><td>森林</td></tr> <tr><td>24</td><td>110.5</td><td>农业</td></tr> <tr><td>25</td><td>73.8</td><td>森林</td></tr> <tr><td>26</td><td>96.8</td><td>市区</td></tr> <tr><td>27</td><td>73.4</td><td>农业</td></tr> </tbody> </table>	人口标识符	人口密度	103	23.7	104	110.5	105	35.7	201	96.8	202	73.4	土地用途标识符	土地用途	2308	森林	2712	市区	2487	农业	3102	农业	2402	市区	新标识符	人口密度	土地用途	23	110.5	森林	24	110.5	农业	25	73.8	森林	26	96.8	市区	27	73.4	农业
人口标识符	人口密度																																											
103	23.7																																											
104	110.5																																											
105	35.7																																											
201	96.8																																											
202	73.4																																											
土地用途标识符	土地用途																																											
2308	森林																																											
2712	市区																																											
2487	农业																																											
3102	农业																																											
2402	市区																																											
新标识符	人口密度	土地用途																																										
23	110.5	森林																																										
24	110.5	农业																																										
25	73.8	森林																																										
26	96.8	市区																																										
27	73.4	农业																																										

附录 II. 坐标系统和地图投影

A. 简介

前面对地理信息系统概念的评述强调了空间数据集成的好处。通过把不同类型的地理信息组织成数据层、测量值、查询方法、模型化处理以及可开展的其他类型的分析，可以利用来自很多不同作业区的数据。因此，人口普查数据可以与土地利用数据或农业生态数据组合在一起分析，或者，社会经济调查信息可以链接到基于患病风险的地理基准数据上。通过对不同数据层进行纵向集成，众多来源的数据相互链接的能力得以实现。这意味着所有地理数据集都以同一个坐标系为基准，不同数据层在顶部重叠时，可以正确地对准。

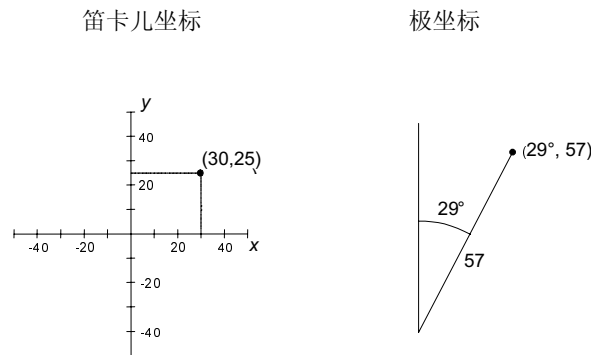
在建立地理信息系统数据库时（例如建立一个人口普查地理信息系统），数据开发者必须保证从硬拷贝数据源、数字化地名字典或野外作业期间获得的空间坐标与边界数据是根据一个正确的、称之为地理基准过程的坐标系进行标注的。这也保证了那些为近邻区域分别开发的数字化地图同时显示在计算机屏幕或打印在页面上时，能够实现完美的匹配。

对于通过传统技术绘制的人口普查地图，我们无需考虑太多，因为这种纸质地图（常常是现场绘制的草图）仅仅用于点查目的而已。这种地图不与其他数据集成，也不在任何的空间分析中使用。过去，坐标系和地图投影的知识不如现在这么重要。现在建立的数字化数据库将用于多种不同目的。本附录将对重要的地图绘制概念进行一番简单的介绍。地图绘制的教科书，如 Robinson 和其他人（1995）、Kraak 和 Ormeling（1997）以及 Dent（1999）均提供了很多补充信息。对该课题更为专业化的探讨可参见 Canters 和 Declair（1989）、Snyder（1993）以及 Bugayevskiy 和 Snyder（1992）。

B. 坐标

在地图绘制过程中，物体在地球表面上的位置根据坐标得以测量，这种方法称为地理坐标系。在二维几何中，最普通的坐标系即笛卡儿坐标系，根据法国科学家勒奈·笛卡儿（1596-1650）命名。坐标给出的是两个固定数轴上（ x 和 y ）的、从固定原点进行计算的垂直距离。这就是地理信息系统使用的坐标系，同时也更普遍地用于计算机图形软件中。还有一种定位方法是极坐标系，从一个固定的原点测量角度和距离（见图 A.II.1）。

图 A. II. 1. 平面坐标系和极坐标系

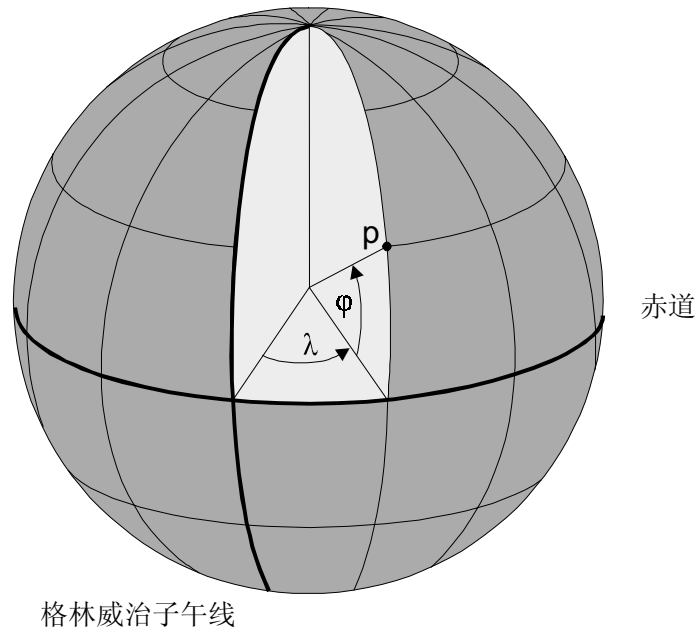


一幅平面地图，无论是在纸张上，还是在计算机屏幕上，总是把坐标显示在一个平面二维坐标系上，其坐标值按标准单位进行计算，如米或英尺。坐标通常以 x 和 y 命名，不过在地图绘制课本中，也常常使用东向和北向说法。然而，地图上的对象只是地球表面地貌特征的一种表示方法。由于地球是球形的，所以地球表面的坐标是按照球面坐标系测定的。更为具体地说，通常是采用纬度和经度坐标进行基准定位，从而构成了

一个球形的极坐标系。在这种坐标系中，任何一个点 p 的位置用两个角度加以界定，一个是纬度角 ϕ ，即相对于赤道平面的角度；另一个是经度

角 λ ，相对于 0° 平面或格林威治子午线测定（见图 A.II.2）。

图 A. II. 2. 球面坐标：纬度/经度基准系统



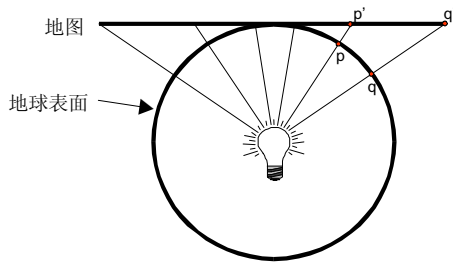
为了制作纸张印刷的世界或局域地图，这些球面的经纬度坐标需要按某种方式转换成平面坐标。在最近的一本关于地图投影法的书中，作者把三维地球的一部分表示成二维的过程称为“展平地球”（Snyder, 1993）。

地图投影法

把球面经纬度坐标转换成平面坐标的数学过程叫做地图投影法。顾名思义，我们可以想象一下投影的过程。例如，想象有一个光源位于地球的中心，并且地球的表面是透明的，我们在上面

勾画出了我们需要的地貌特征。在地球顶部放一张纸，沿着投影出来的地形轮廓重新描一遍，描在这个所谓可展表面之上。位于地球表面 p 点的地形特征点将位于地图上的点 p' 处。正如图 A.II.3 所示，地图上与地球模型离开越远的点，其相对于切点距离的失真程度就越大。例如，在地球模型上 p 和 q 两个点之间的距离比地图上 p' 和 q' 两个点的距离要小得多。位于赤道上的点无法通过这种方法进行投影，因为穿过赤道的光线是与纸面平行的。因此，这种投影法只能用于相对靠近切点的区域。

图 A. II. 3. 地图投影过程（水平投影法）图解

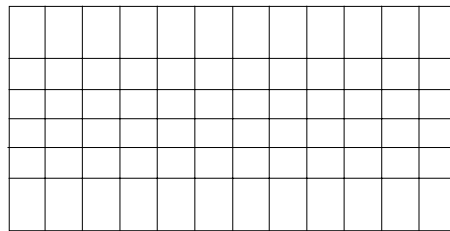
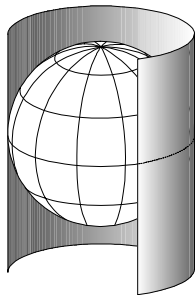


几百年来，地图绘制工作者开发出多种不同的地图投影法，这些方法可以按地图的放置方式或地图所包围地球模型方式加以分类。图 A.II.4 是一个概览，说明了三种地图投影法的构成。它们分别是圆柱法、圆锥法和水平投影法。如右侧地图经纬网所示，每种地图投影法都形成了一套独具特色的经纬度网格线。

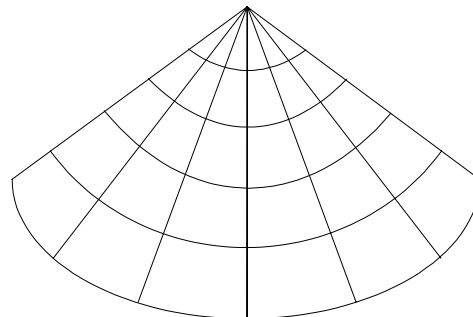
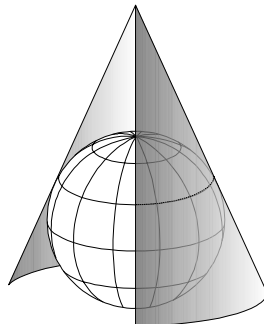
地图绘制工作者也可以选择可展表面与球体的接触位置，不论是圆柱面、圆锥面还是平面均可以选择。接触线和接触点的周围通常是尺寸和形状失真最小的区域。如果要制作一幅世界某一特定地区的专用地图，则可选择一下地图的投影法方位，以使地图能以最佳状态进行表达。

图 A. II. 4. 各种地图投影法

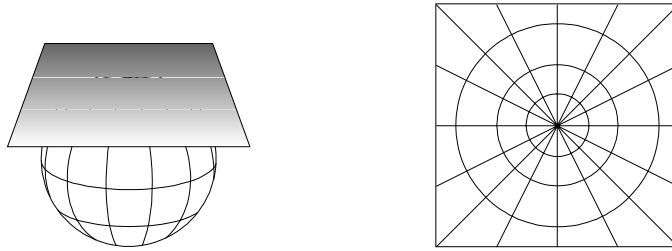
圆柱面法



圆锥面法



平面投影法

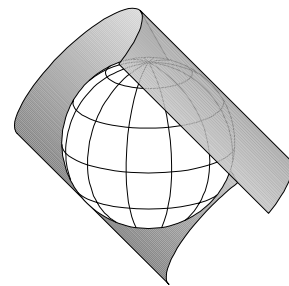
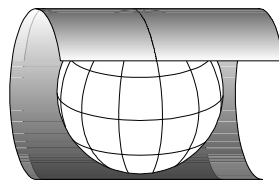
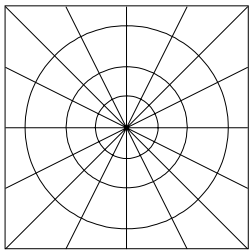


方位

常规（赤道）方向

横 向

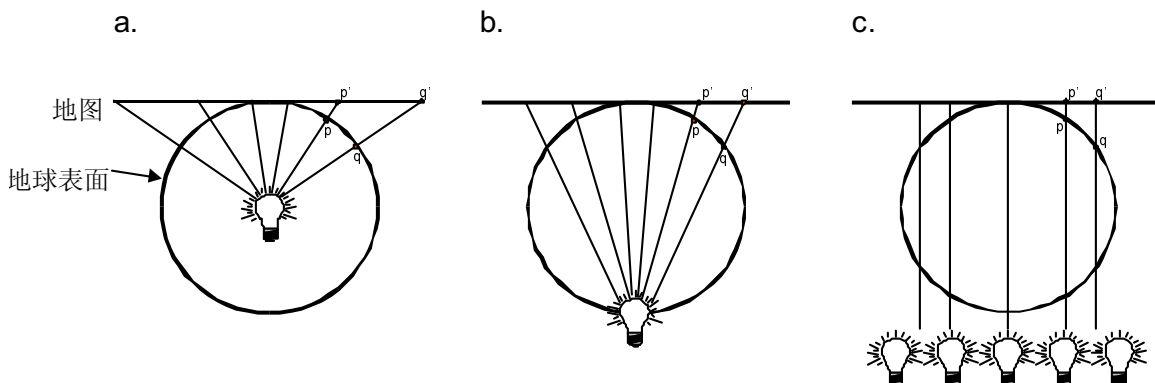
倾斜方向



假想的光源并不一定总是位于地球的中心（见图 A.II.5a），它也可放在远端的极点上（见图 A.II.5b）。此外，我们还可以想象光源不是点光源，而群体的面光源，它们位于与地图平行的平面基底上，一起发出投射光线（见图

A.II.5c）。按地图绘制行业的术语来说，这三种投影方式分别叫做：心射投影、极射投影和正射投影。从地图上 p' 和 q' 两个投影点可以看出，每一种假设，都会导致地图上的对应位置出现不同的失真。

图 A. 11. 5. 构成投影的各种方式



C. 地图投影的特性

尽管想象的光源是说明地图投影原理的好办法，但实际上，它们都经过数学的界定。根据一个特定的经纬度，通过一套公式即可计算出投影坐标系上一个对应点。绘图人员在建立地图投影时有多种不同选择，它们各有各的特点。如何将可展表面围绕到地球模型上、如何安排方位、如何设计想象光源的位置只不过是众多参数中的几项而已。

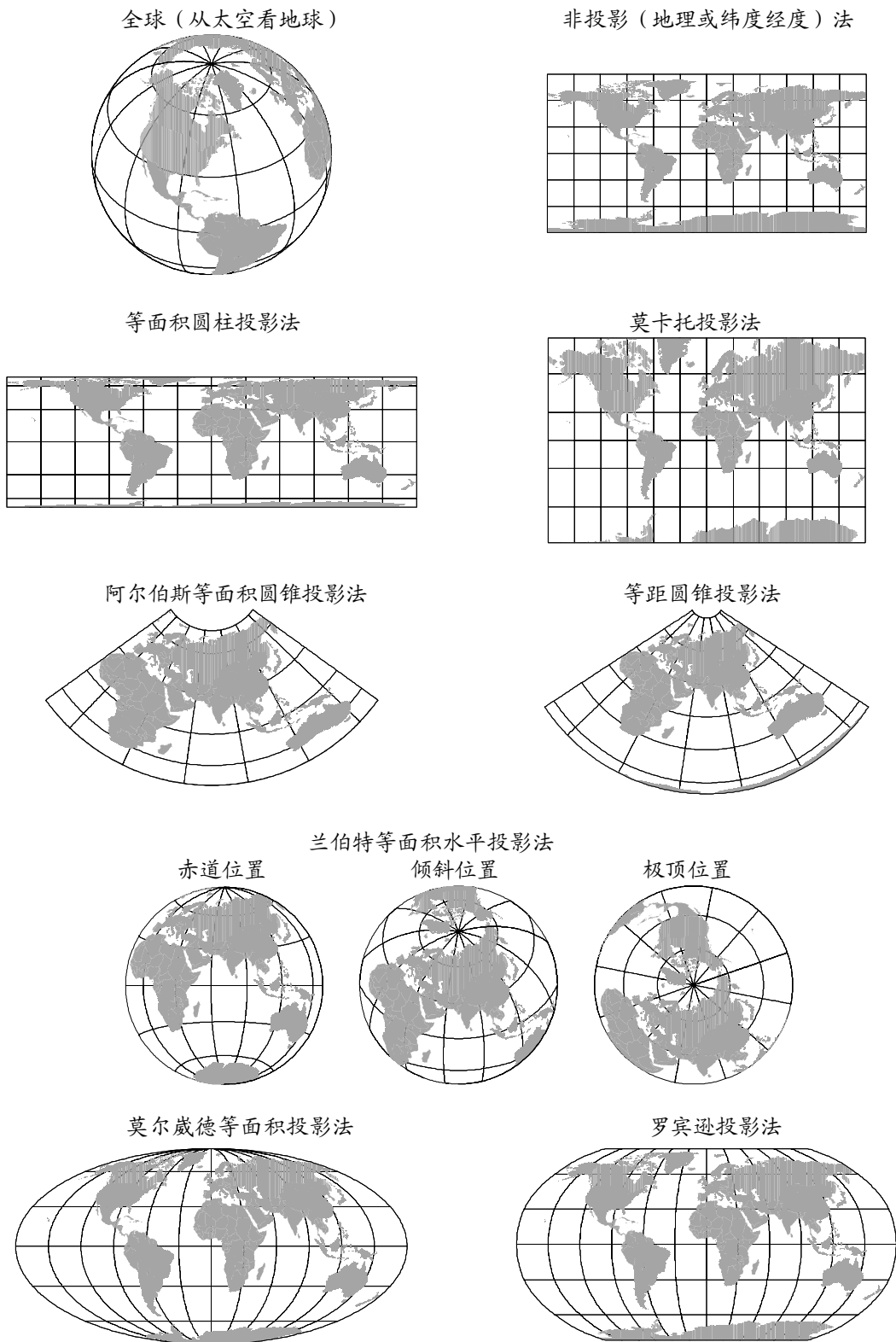
遗憾的是，没有任何一种方法可以完美地把球体坐标表示在平面地图上。也就是说，没有任何一种地图投影法能够全面地满足各种目的。每一种方法，仅在保持某些特性方面较好，而其他方面则十分糟糕。投影方式的不同会引起效果不同的失真。因此，地图投影法可以根据各自的特征进行分类，其中主要的有：

- 正确的面积。大多数的投影都会在地图上造成拉伸效果。而且这种拉伸在地图上的各个部位不是均匀的，例如，靠近世界地图极点处的地形一般看起来较大，大于赤道附近的地形。例如，阿拉伯半岛要比格陵兰岛大出几十万平方公里，但在很多地图上，格陵兰看起来比阿拉伯半岛大好几倍。地图上正确表达所有各种地块相对面

积的方法称为等面积投影法。莫尔威德投影法就是一个实例。

- 相等的距离。没有任何一种投影法可以把地图上两点之间的距离表达得准确无误。但需要记住的是，地理信息系统数据库的一种常用功能就是计算距离。对于一个小地理区域的大比例尺地图来说，造成的误差通常可以忽略不计。然而，对于一个国家或一个大陆的小比例尺地图，地理信息系统计算出的距离则不太可靠了，除非系统可以根据比例尺进行欧几里德距离计算，对误差进行补偿。即使等距投影也不能保证所有距离都能正确显示，只是能够正确表达而已，即正确表达某一点或两个点到所有其他各点的距离，或沿着一条或多条线发生的距离。等距圆锥投影法即其一例。但必须注意的是，要想非常准确地计算距离，通常只能采用精确的几何公式，而不是简单的欧几里德距离。这种计算基于经纬度坐标，即所谓大圆距离。
- 正确的角度。保形投影可以保证围绕所有点的角度以及小面积的形状不变，子午线与纬线以正确的角度相交。这些投影法对于航海或航空导航十分有用。莫卡托投影即其一例。

图 A. 11. 6. 常用的地图投影法



因此，所有地图投影法都是在各种所需制图方法中寻求妥协。对于任何具体应用来说，总能找到比另外一种方法更为适合一些的投影法。除了投影法本身的特点外，还要考虑到制图区域的大小、原始范围（比如南北方向与东西方向）的面积，以及该地区在全球中的位置（例如靠近极地、中纬地区还是赤道）。

地图教科书和很多地理信息系统手册都有全面详细的列表，说明应选用哪种投影方法最好。有时，最好的选择并不意味着能完美地保持它的特性。例如经常用于世界地图的罗宾逊投影法是一种折衷的解决方案，其设计意图基本上出于美学考虑，由于制作地图册。又例如，在其他情况下，由于只绘制相对较小区域的地图，因此任何一种投影法造成的失真对具体应用而言，均可忽略不计。

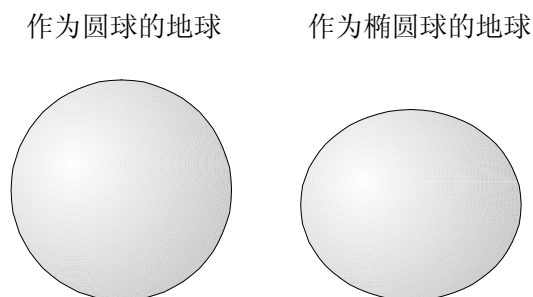
图 A.II.6 说明了一些广泛使用的地图投影法。在图的上部，地球显示为球形，还有一种非投影经纬度坐标法，地图似乎是在平面坐标上绘制成的。恰巧，很多地理信息系统数据发布软件发布的数字化地图数据，就是这种非投影式的“地理”坐标，用户通常能够直接把经纬度坐标转换成任何一种地图投影系统，但有时候，从某种地图投影转换成另一种投影则十分困难。

D. 更为精确的地图绘制方法：地理基准法

在从球形经纬度坐标转换成平面坐标的过程中，由于地球本身不是一个具有同一半径的完美球形，因此这种转换则更为复杂化。精确的测量表明，地球表面处于高度变化和持续改变之中。更重要的是，地球是扁平的，地球中心到北极（短半轴）的距离小于地球中心到赤道（长半轴）的距离。为了更为精确地绘制地图，要把地球更准确地界定为一个椭圆球或扁球，极点半径与赤道半径符合一种特定关系（见图 A.II.7）。在地图使用的基准坐标中，用于说明椭圆球和原

点方位的参数称为测地基准（根据地球测量学的测地学命名）。

图 A. II. 7. 圆球与椭圆球的对比



与椭圆球最近似的参数在地球的不同之处变化极大，因此界定出数百套不同基准。不过，每个国家的地图测绘部门在所有地图绘制活动中只采用一种标准，而绘制地区、洲际或世界地图时也仅使用少数几种标准。如果地图测绘部门更改了基准，会造成很多麻烦。近两个世纪以来，基准一直在不断重新界定，老地图基于过去的标准，而新的地图则可能使用新的和更为准确的标准。

对于覆盖大片地区的小比例尺地图或为某一具体目的绘制的草图来说，无需很高的精确度，不同基准造成的问题尽可以忽略不计，但对于大比例尺的精确地图，其偏差就非常巨大了。表 A.II.1 列出的是根据横向莫卡托（UTM）通用坐标系构成的联合国总部大厦的坐标，对于莫卡托坐标系下面还要详细讨论。联合国大厦的经纬度坐标是利用不同测地基准投影到同一投影图中的。直到最近，较老式的克拉克椭圆球在美国一直作为标准使用。使用克拉克椭圆球与使用世界大地测量系统（WGS）所得出的坐标值，南北方向的地面偏差大约为 300 米，或者说在一幅 1:25,000 的地图上相差 1 厘米。把地球按绝对球形计算和按椭圆球计算的偏差值超过 18 公里。

表 A. II. 1. 纽约联合国总部大厦按不同基准椭圆球投影后得出的坐标

基准	横向莫卡托通用坐标 (米)	
	东向 (x)	北向 (y)
克拉克, 1866	587141.3	4511337.
克拉克, 1880	587142.6	4511245.
WGS84	587139.0	4511549.
贝赛尔	587128.5	4511095.
圆球	586917.2	4529920.

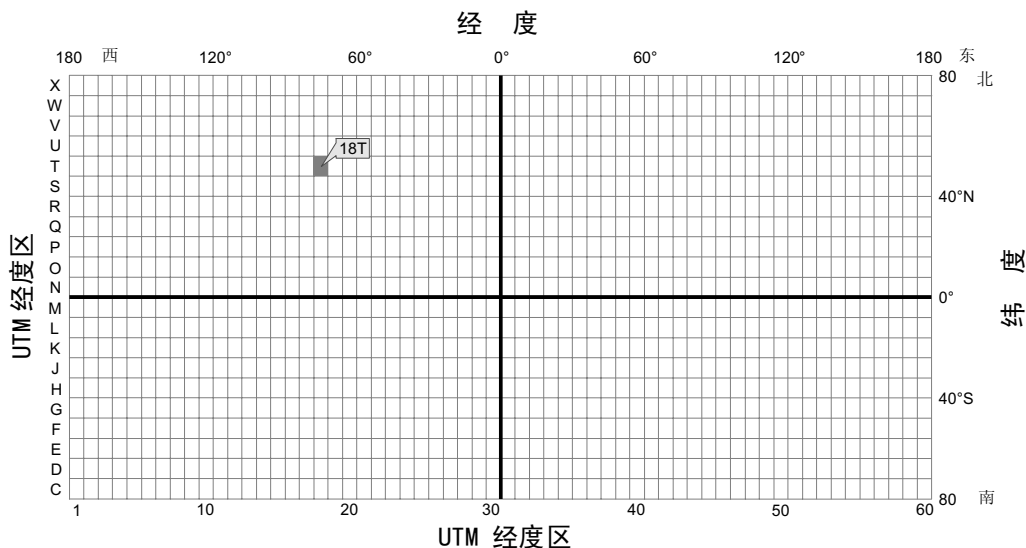
横向莫卡托通用基准体系

横向莫卡托通用基准是一个值得详细讨论的

地图基准体系, 是绘制大比例尺世界地图时最常使用的体系之一。它基于横向圆柱投影 (横向莫卡托), 其中柱面与地球模型沿子午线接触。对于世界不同地区, 可以选用不同的“本地”子午线, 因此在比例、形状以及正切线上的距离失真均很小。全世界的横向莫卡托通用基准体系包括 60 个经度区 (见图 A.II.8)。

每一经度区的宽度为六度的经度, 正切子午线两边各为三度。横向莫卡托通用基准区从西向东顺序编号, 其中 1 号经度区的范围为 180°W 到 174°W , 中心子午线为 177°W 。该经度区进一步划分为行, 每行的高度为 8 度。这些行从南到北以字母编号, 最南端为 80 度, 编号为 C, 依次类推。由于两极的失真非常严重, 因此在上述范围以外, 没有定义横向莫卡托通用基准经度区。

图 A. II. 8 横向莫卡托通用体系



坐标的计算以米 (或英尺) 为单位, 从中心子午线测量。沿东西方向的, 取东向值; 沿南北方向的, 取北向值。为了避免出现负数, 在东向值加上 500,000。出于同样道理, 北向值上加 1

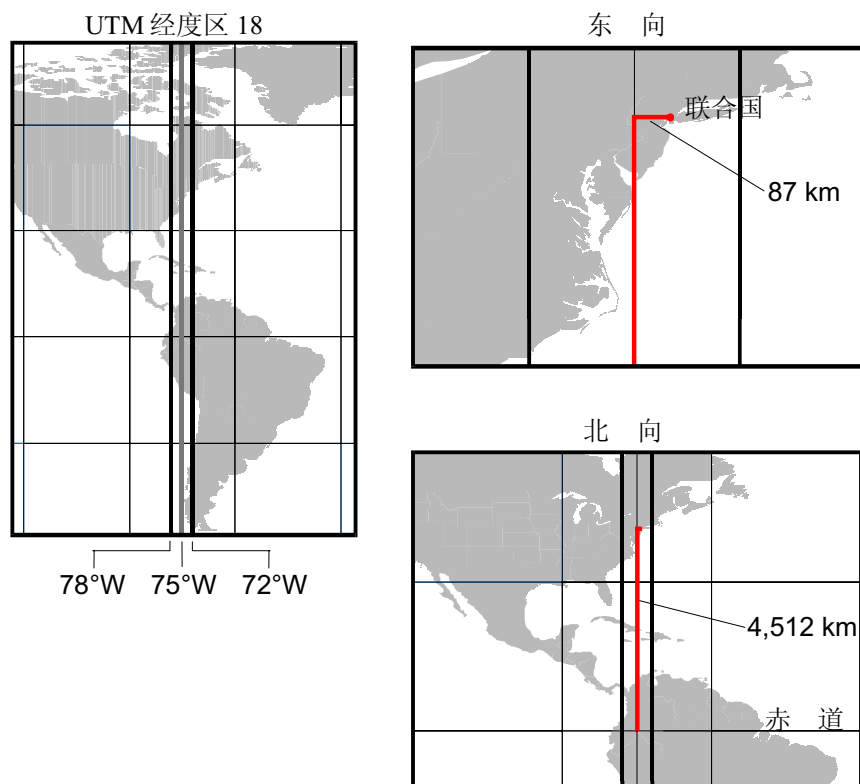
千万, 但是这项增加值仅在计算南半球的坐标时使用。这种偏移量, 称为“伪东向”和“伪北向”。

为了说明 UTM 体系的用途, 图 A.II.9 给出

一个实例。纽约联合国总部大厦位于北纬 $40^{\circ}45'01''$ 和西经 $73^{\circ}58'04''$ 。该位置处于 UTM 的 18T 经度区内，范围是西经 72° 至 78° ，北纬 40° 至 48° 。其 UTM 的 x 和 y 坐标以米计算，分

别为 587,139.0 和 4,511,549.7。这就是说，联合国大厦大约位于 UTM 经度区第 18 号中心子午线以东的 87 公里、赤道以北的 4,512 公里处。

图 A.11.9 联合国总部大厦在 UTM 参照系中的位置



E. 地图比例尺

出版印刷的地图在覆盖面积方面的差别极大。国家或地区一级的地图上只能显示一些最重要的地貌特征，地方性地图则可显示更多的细节，例如具体的房屋或溪流等。标准地图的覆盖面积按选定的制图比例尺确定。这个比例尺以地图上的距离与真实世界的距离之比的形式出现，例如，在一幅比例尺为 1:25,000 的地形图上，地图上的 1 厘米代表真实世界 25,000 厘米或 250 米的距离。

鉴于地图的比例尺是一个分数或比率，它所代表的地面距离越大，该地图的比例尺则越小。例如，一幅比例尺为 1:1,000,000 的地图就是一幅小比例尺的地图，因为 1 除以一百万后得出的是一个非常小的数值（0.000001）。相比之下，一幅比例尺为 1:5 000 的地图则是一个大比例尺的地图，因为 1 除以 5 000 后得出的数值（0.0002）相对较大。因此，小比例尺地图显示的是很大的面积，而大比例尺地图则强调的是很小的区域。实际上，小比例尺和大比例尺经常混淆，因为按口头上的说法，“大”和“小”

指的是覆盖面积或一个物体的尺寸，而不是分数本身的大小。例如，全球气象模型经常叫做大比例模型。所以，为了避免出现误会，可以将其直接称为“制图比例”。

某些常用的地图比例尺：

地图比例尺	地图上 1 厘米 所代表的实际距离	
1:5,000	50 米	较大比例
1:25,000	250 米	
1:50,000	500 米	
1:100,000	1 公里	
1:500,000	5 公里	
1:1,000,000	10 公里	较小比例

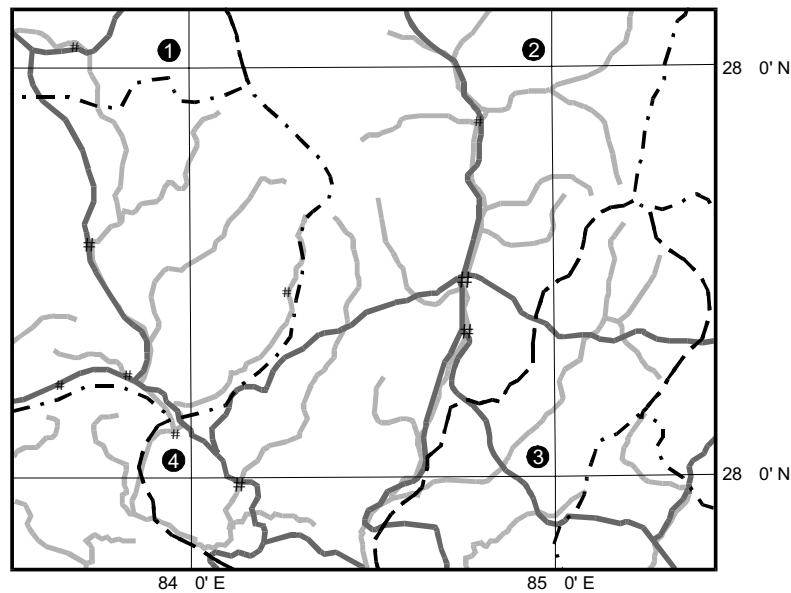
实际上，数字化的地理数据是没有比例尺的。地理特征坐标一旦输入到地理信息中，它们就可以按任何一种指定的比例显示。用户在处理数据的过程中，可以把地图放大和缩小，不露丝毫痕迹地迅速转换比例。尽管如此，重要的是需要记住，这些数据通常有其物质来源（纸质地图、图像等），而这些原始材料本身都是有比例的。例如印刷式地图，其比例尺不同，显示的详细程度也有很大的不同。使用 1:25,000 比例尺的地图可以显示出构成村庄的每座房屋，而在一幅比例尺为 1:500,000 的地图上，整个村庄，如果真能显示出来的话，只是地图上的一个点。

把地图上的地貌特征加以简化或加总的过程称为简约处理，这是地图制作中的一个重要组成部分。经过简约处理之后，蜿蜒曲折的乡间小路变成了直线，区域边界上的那些令人难忘的细节消失了。由于简约处理的结果，对比例尺为 1:250,000 的地图进行数字化处理，然后打印成一幅比例尺为 1:5,000 的地图就变得毫无意义了，同样，把取自比例尺差别较大的地图数据集集成到同一个数字化数据集的努力也是徒劳的。这说明，在一套数字化的地理数据系的文件中，标明地图的原始比例是极其重要的。此外，由于存在上述种种与地图比例尺的问题，在开展一项大型数字化地图制作工程时，应尽早确定成品输出的比例要求十分重要，这样才能使数据库的开发工作建立在足够的资料来源基础之上。

F. 地理基准实例

一幅地图经过数字化处理或扫描之后成为合适的地图单位坐标存储到地理信息系统内，与其有关的地理基准问题已在第二章讨论数字化地图集成过程时进行过探讨。为了说明地理基准问题，下面将通过一个具体实例进行说明。A.II.10 所示的地图经过数字化后形成若干个数据层。坐标以数字化的表格单位为基准，此处为英寸。对于该地理区域，为了与其他数字化数据一起使用数字化地图，需要将数字化仪使用的坐标转换成真实世界坐标，即对应于该地图的原始投影。不熟悉坐标系和地图投影的读者，可参阅本附录前面几节的内容。

图 A. 11. 10. 地图上的控制点



第一步是确定合适的控制点，这一步骤通常是数字化处理过程的一部分。控制点应恰当地分布到所需的区域上，以改善参数转换的估算值。这样做的意思是，它们不应放在一个区域内，更不应仅仅集中在地图的中央。除了道路、河流、行政机关以及城镇外，地图上要显示出一个由经纬线构成的、间隔为半度的规则网格。这个所谓的经纬网的交叉点正好作为合适的控制点，因为它们的坐标值很容易确定。在这张地图上，将四个选中的控制点按 1 至 4 顺序编号。它们的坐标值分别为 84.5、28.5；85.0、28.5；85.0、28.0 和 84.5、27.0。注意，由于地理信息系统程序使用的是平面坐标，所以必须把每对坐标值规定为经度/纬度（即 x/y）而不是纬度/经度。出于同样理由，需要把坐标规定为十进制的度数，而不是纸质地图或地名字典中通常采用的度、分、秒的格式。

遗憾的是，为了变换需要，我们不能直接使用经/纬坐标，因为纸质地图原本不是按照经/纬度平面标注的，只有非常少的地图采用这种标注

方法。事实上，纬度和经度网格并不包含直线，根据这一事实即可断定它们不属于平面坐标系。在本例中，地图的原始投影是阿尔伯斯圆锥等面积投影，其有关参数为：

- 标准平行线：北纬 27° 和 30°
- 中心子午线：84°
- 原点纬度：28°。

这些地图参数通常在地图的页面上标明。在进行坐标变换之前，首先需要把控制点的经/纬坐标转换成阿尔伯斯投影时的真实世界坐标。在大多数软件程序中，转换方法是列出每一对的经度/纬度数（因为经度是 x 坐标，而纬度是 y 坐标），然后放入文本文件中完成转换，或者，通过菜单界面，在系统投影转换模块中规定适当的投影参数。

当然，如果能够直接从地图上读取真实世界的控制点坐标，这项额外步骤就没有必要了。例如，地形图如果以 UTM 投影为基准绘制而成，即有这样的可能。还有一种同样的情况，即控制

点已经通过全球定位系统加以确定，因为全球定位系统可以自动把坐标转换到特定的地理投影之中。

现在，数字化板上有四个控制点的坐标对，以及真实世界的投影坐标，在本例中，单位为米。两组坐标值都列在表 A.II.2 中。例如，第一个控制点位于中心子午线（84°E）以东 49 公里和原点纬度（28°N）以北 55.5 公里处。

第三步是根据两组坐标值进行参数转换计算，大多数的地理信息系统软件都有这项功能。从技术上说，这些参数通过以下回归方程估算出来的：

$$x' = a + bx + cy$$

$$y' = d + ex + fy$$

其中： x' 和 y' 是真实世界坐标，而 x 和 y 是数字化仪上的控制点的坐标； a 、 b 、 c 、 d 、 e 以及 f 是将要估算的参数。在转换过程中，估算误差就是回归计算得出的余数。

表 A.II.2 列出了每一个控制点在输入坐标系（数字化仪使用的单位）和输出坐标系（以米为单位的阿尔伯斯投影）上的坐标对。另外，表

中还列出了转换误差（余数），误差是经过计算得出的，输出坐标的单位为米。可以看出，变换误差在 x 方向约 7.8 米，在 y 方向约 14.6 米。这些误差几乎从来没有为零。误差来源包括地图纸张收缩变形或折叠而造成的失真，以及对控制点坐标进行数字化处理时出现的测量误差。如果一个和多个控制点出现了非常大的误差，一般说明出现了重大错误，例如把 x 和 y 坐标弄颠倒了，或者控制点的标识符出现了错位。总之，这一步骤要非常仔细小心，因为它会极大地影响最终结果的准确性，从而影响最后地理信息系统数据库的可用程度。

表 A.II.2 还提供了一项指标，即转换的总误差，这是一项均方根（RMS）误差，根据输入和输出坐标系单位得出（分别是英寸和米）。出现很大的均方根误差表明，以输入和输出地图上的单位表示的控制点的位置与相对位置不对应。对于一个大型数据转换项目来说，应该规定一个可接受的最大均方根误差范围。何种程度可以接受，要取决于原始纸张地图的比例以及应用项目在准确度方面的具体要求。尽管人口普查地图不需要很高的精度，但地籍方面的应用必须满足相当高的标准。

表 A. II. 2. 参数转换

控制点	坐标值，按数字化仪的单位（英寸）		坐标准，按投影的真实世界的单位（米）		坐标值误差，按真实世界单位（米）	
	x	y	x	y	x	y
1	11.777	19.660	48 936.2	55 529.6	-14.59	7.80
2	26.670	20.661	97 871.5	55 835.2	14.60	-7.81
3	27.696	3.824	98 333.0	409.3	-14.55	7.78
4	12.751	2.810	49 166.9	102.3	14.54	-7.77
均方根误差（输入、输出）			0.005034, 16.524			

系统将在同一步骤中，把地图数据库内的所有坐标转换成输出坐标系统。然后，输出数据库将以原始纸张地图的坐标作为正确基准。此后，可将地图投影到不同的投影中，例如，根据一种不同标准投影，将其集成到综合数据库中。这里只是简要地说明了坐标转换的一般原理。尽管在实际工作中，这一切都是由软件实现的，但对地理基准所涉及的各个步骤有所了解，能有助于理解该步骤的重要性。

G. 实际考虑

任何一项大型数字化地图绘制工程（例如绘制人口普查地图）都需要把很多不同来源的地图信息集成在一起。因此，需要选择一个标准的投影和坐标系。理想的情况是，选择的基准体系应该与国家其他绘图行业使用的基准体系相同。大多数国家使用的标准投影和坐标体系都是根据国家的领土条件，针对不同比例尺的地图精心选择出来的。

几乎所有地理信息系统软件都有坐标转换功能，把一个基准体系的坐标转换成另一个坐标系（例如，从米转换到英尺，从数字化单位转换到地图单位），从纬度/经度转换到一种地图投影，或在不同的投影之间进行变换。这些软件还允许用户选择一种大地测量基准以及其他合适参数。在有些罕见的情况下，某种特殊投影得不到普通软件的支持，这时则需使用特殊投影软件。我们在第二章详细讨论过的全球定位系统也支持所选的地图投影以及最常用的大地测量基准。因此，野外作业时，即可按纬度和经度对，也可按某种投影体系收集坐标。

投影和基准信息通常包含在地形图内，然而对于数字化的地图数据集来说，有一个问题是，标准的地理信息系统格式并不需要明确存储投影信息。例如，人口普查机关可以获得地理信息系

统关于道路或水文方面的数据集，但却得不到地图投影方面的信息。如果把这样的数据与数字化普查地图合并在一起，它们之间的匹配不会十分完美。因此，不可能进行纵向集成，除非将两种数据集都纳入相同的投影系统。如果无法根据数据特点确定地图的原始出处，惟一的选择就是临时协调两套数字化地图，但结果可能出现严重误差。由此可见，在保存数字化地图数据集时，正确保存好文档和元数据（与数据有关的信息）是何等的重要。

最后一项需要实际考虑的事情是不同经纬度存储格式之间的相互转换问题。经纬度通常按度、分、秒的格式表示。例如，纽约联合国总部大厦的位置是北纬 $40^{\circ}45'01''$ 、西经 $73^{\circ}58'04''$ 。为了把这个经纬度坐标值输入到地理信息系统或地图投影坐标系统中，首先需要把坐标值转换成十进制的度数。也就是说，让它们看上去与普通的 x 和 y 式的笛卡儿坐标相同。以下以联合国总部的经纬度为例，说明如何把度、分、秒转换成十进制度数：

$$40 + \frac{(45 + \frac{1}{60})}{60} = 40.7502778$$

$$73 + \frac{(58 + \frac{4}{60})}{60} = 73.9677778$$

由于联合国总部的经度位于格林威治子午线以西，因此在十进制度数中以负数（即，-73.97）形式出现。同理，位于南半球的纬度值也要以负数表示。

再将纬度转换为度、分、秒，过程如下：

度：40

分： $0.7502778 * 60 = 45.016668 = 45$

秒： $0.016668 * 60 = 1$ 。

附录 III. 数据模型操作

本附录讨论数据模型操作问题，并包括一个数据字典详细内容的实例。人口普查部门通过数据字典可为地图数据库制作文档，用于人口普查。一个简单的、与人口地理普查产品一起发布的数据字典见附录 IV。

A. 关键术语定义

空间数据模型系指对地理实体以及地理实体之间关系进行的描述。所谓地理实体指房屋、行政单位以及河流等。在面向对象的数据模型中，其定义通常还包含对实体进行的操作。数据模型独立于任何具体软件包，因此，用户可以在任何综合性地理信息系统软件中进行数据模型操作。

空间数据结构系指建立一个具体的数据模型，包括用于表示不同实体类型的具体文件结构。例如，行政单位或水域用多边形表示，而多边形就是一系列坐标点，其中第一个和最后一个同是一个坐标点。有了数据结构，界定地理实体关系的软件才能运行。例如，一条道路恰好与一

个多边形边界的一部分重合，而该多边形定义的是一个行政单位。

数据格式是一个使用较为普遍的术语，通常指软件系统中具体一套数据结构。有些商用数据格式，由于得到广泛使用，因而成为一种事实上的标准。例如 DXF 格式（绘图交换格式）最初是为开发 AutoCad 软件制定的，但现在几乎得到了所有地理信息系统商品软件的支持。

数据字典是一个详细说明数据模型以及所有实体及其属性标定代码的主文档。

最后一项是数据库模式。数据库模式对空间实体的逻辑类系、属性表以及界定完整综合空间数据库的集成规则进行描述。

B. 模板实例

下列模板实例取自加拿大国家地形数据库的数据字典，其中包含了非常丰富的地理实体定义（加拿大地球数学，1994）。

表 A. III. 1. 用于定义空间数据模型所摘编的信息

实体名称	地貌特征的简称。
定义	地理实体的详细描述。
定域属性	此类属性仅有有限几个的预定义值，例如行政单位类型（区、省，等等）或者路面类型等。这些预先确定的代码即可能值的域。
变域属性	此类属性具有无限多的可能数值，因此它们的域不能限定，例如行政单位独有的标识符、单位的人口数量或河流名称等。
	每一属性由以下信息加以说明： 名称

	<p>类型 例如字母数字型 (A)、整数型 (I) 或实数型 (R)</p> <p>允许使用的字符或数字个数</p> <p>值域 定域属性的所有可能值及其定义列表；对于变域属性而言，即属性定义。</p>
<p>授权属性值的组合</p>	<p>对于定域属性，列出所有允许的属性组合。例如，对于行政单位来说，只有地区和省可能有正式的行政首府。所以，如果行政单位不是地区或省，列有首府名称的另一属性应保持空白。关于授权属性值组合的信息，对一致性的自动检查过程十分有用。</p> <p>如果该实体没有定域属性，则填入“无”。如果只有一个定域属性，所有的授权值都要列出。如果有几个定域属性，则列出所有的授权组合值。</p>
<p>关系</p>	<p>系指对地理实体与其他空间特征关系的描述。这一功能十分有用，例如，用来界定河流或道路如何与行政单位边界或点查区边界相重合。关系由以下几种特点界定：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 实体名称和实体几何性，如点 (P)、线 (L) 或面积 (A)； — 关系——例如，连接，一条线连接到一个点；或者，共享，一个区域与一条线共享一条边界； — 基数，又一对数值定义，确定一个实体可以涉及关系的最少和最多次数。例如，一条道路的交叉点与道路特征发生关系。在交叉点处至少有一条道路与其相连，从理论上说，最多可以有无限条道路与其相交。如果最大数不能确定，则以 N 来表示。因此道路与道路交叉的关系就是 (1, N)； — 相关实体的名称和几何性。 <p>注意：这里仅仅指地理特征之间的关系。在地理属性表和外部表字段之间的关系需要另行分别界定。</p>
<p>几何表示与最小尺寸 (米)</p>	<p>用于表示实体的几何特征。对于行政单位，几乎总是以面积表示 (即多边形)。然而，对其他地理特征而言，用何种几何元素表示空间实体取决于地图的比例尺。例如，一个村庄在大比例尺的地图上 (如 1:25,000) 的面积可表示出它的轮廓，但在小比例尺的地图上 (如 1:250,000) 可能成为一个点。在同样的比例尺下，大的村镇可能以面积表示，小的村落则可能以点表示。随着地理特征类型的不同，实体的最小尺寸可能指它们的表面积，宽度、长度或高度。</p>
<p>说明</p>	<p>为了定义实体所需的各项附加信息以及其他描述字段内的脚注。</p>

图解 为了说明一个实体模型化的方式，用一个图表明该实体与其他各种实体之间的关系。

数据库模板中最为重要的信息是对每一实体所作的定义，以及对所存储的地貌特征所有属性的详细说明。对于很多人口普查地图绘制项目来说，只有基本的数据库描述符可能就足够了。然而，对于一个进入国家地理信息系统数据库的普查数据库，建议在进行数据库设计时应多付出一些时间和精力，确保能够与其他部门或机关的信息兼容。

在这种情况下，行政单位或人口普查部门与其他地理特征之间的关系应当明确加以界定。

为了搞清数据字典的内容，表 A.III.2.给出了一个实例，说明了如何对行政单位数据层进行定义。这个例子仅用于说明目的。严格的规定将随各国的具体情况而有所不同。

A. III. 2. 实例——具有三级管理的国家行政单位

行政单位

具有法定边界的地理区域，设置的目的在于实行政管理或其他政府职能。

定域属性

行政单位类型 I (1) :

- | | |
|--------|---------|
| 1 — 省份 | 第一级行政单位 |
| 2 — 地区 | 第二级行政单位 |
| 3 — 地方 | 第三级行政单位 |

城/乡指标 I (1)

- | | |
|---------|------------------|
| 1 — 不适用 | 仅在地方一级区分农村或市区 |
| 2 — 农村 | 一个包含镇或市的行政单位 |
| 3 — 市区 | 一个具有支配性农村特点的行政单位 |

变域属性

行政单位标识符 I (14)

说明：在本数据库实例中，所有的属性信息（例如名称、别名、住户数量、人口等）均分别存入数据表内，该数据表通过行政单位标识符链接地理属性表。

授权属性值的组合：

省份，不适用
地区，不适用
地方，市区
地方，农村

说明：只有这些组合是可能的。例如，没有市区省份或农村地区。

关 系

行政单位 (P) 共享 (0, N) 道路 (L)

行政单位 (P) 共享 (0, N) 河流 (L)

行政单位 (P) 共享 (0, N) 水域 (P)

注：道路与河流以线 (L) 表示，行政单位以多边形 (P) 表示，道路河流可能与行政单位的边界重合。同样，行政单位的边界也可能与水域共用一条边界，例如一个用多边形表示的湖。(0, N) 指的是关系的基数。其含义是最少可能有零条道路与一个行政单位的边界重合，而最大值不确定 (N 代表任何数)。

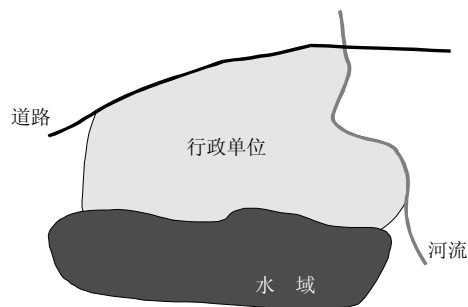
几何表示与最小尺寸

如果一个行政单位的面积小于或等于 1 平方公里，以一个点表示；如果大于一平方公里则用一个面积表示。

说 明

行政单位必须与点查区边界重合。行政单位应覆盖整个国家的全部领土。换言之，不能有任何一块国家领土没有分配到行政单位中。

图 解



附录 IV. 用于发布的数据字典实例

下面是一个数据字典的实例，由假想的国家波普兰迪亚发布的地区性人口普查地理信息系统数据库。该实例仅用于说明目的。真正数据字典的内容应当由国家人口普查部门精心设计，充分考虑到与国家有关的各种问题。

数据字典：地区性人口普查地理信息系统数据库

数据库名称	波普兰迪亚地区性数字化地理人口普查数据库。
数据来源	国家统计局办公室（NSO）、人口普查局、地图部（1996），波普兰迪亚国家人口与住房普查，1995。
数据库内容	<p>该数据库包括一个用于全国地方性地理信息系统数据层。地理信息系统数据库的文件发布格式为 ArcView 成型文件格式（环境系统研究院股份有限公司）、MapInfo 交换格式（MapInfo 股份有限公司），或普通坐标值文本文件。本文档参照 ArcView 成型文件版本。</p> <p>地区性地理信息系统层地理属性数据表（LOC.DBF）仅包括基本信息，如地区编码（LOC_CODE）以及属于其中的行政单位。两个外部数据表与地理信息系统数据库一起发布，一个包含人口普查得出的人口特征值（POP.DBF），另一个为住户属性（HH.DBF）。通过诸如 LOC_CODE 的公用字段，可将两个数据表链接到地方性地理信息系统数据库。除另有说明外，所有的数据均以 1995 年 7 月 1 日的人口普查结果为准。</p>
行政管理 与 报告单位	数据库包括 9 个省 123 个地区的 1,291 个地方信息。
软件和硬件要求	<p>可通过能够导入 ArcView 成型文件或 MapInfo 交换格式文件的任何地理信息系统或桌面地图绘制软件查看数据库。</p> <p>系统的最小配置取决于数据访问软件。一般来说，486MHz 或更快的 IBM 兼容的个人计算机、至少 8MB of RAM 内存即可满足需要。该数据库可通过只读光盘驱动器或计算机上的硬盘驱动器进行访问。需要 16MB 的硬盘空间。</p>
数据库发布格式	数据库以非压缩形式通过只读光盘发布，也可直接对数据库进行访问。
投影法	等距离维面投影法
标准平纬线	北纬 20°和北纬 60°

中心子午线	西经 140°
坐标单位	米
坐标偏置	无
原状地图比例尺	各种不同的比例尺。大多数城市地区的地图使用 1:25,000 或更大的比例尺；农村地区的地图使用 1:50,000 或更小的比例尺。
一般精确度信息	根据国家地图绘制部门的信息，坐标平均估计精度为农村地区 +/-100 米；城市地区 +/-30 米。
彼此不连接的报告单位	某些地点包括不止一个多边形。属性表包括一个字段（FLAG），对于主要多边形，基值为 1（只包含一个多边形的地方），对于次要多边形，其值为 0。为了避免人口普查数据加总时出现双重计数的情况，需要先把 FLAG 值为 1 的地方选出之后再行加总操作。
相关产品	NSO 曾公布过类似的用于点查区的数字化地理信息系统数据库。因为点查区的数目非常多，有为每个省分别建立的地理信息系统数据库。国家统计局部门应了解更多的信息。
参考资料	<p>国家统计局办公室（1995）。波普兰迪亚国家人口与住房普查，关于人口普查地理活动的技术报告，1995，人口普查局，地图部。</p> <p>国家统计局办公室（1995）。波普兰迪亚国家人口与住房普查，方法与管理报告，1995，普查局。</p> <p>国家统计局办公室（1996）。波普兰迪亚国家人口与住房普查总结，1995，普查局，地图部。</p>
联系信息	<p>国家统计局办公室人口普查局 地图部，用户服务部 邮箱 9999 塔罗塔，桑姆巴斯省 电话：99-99-99999 传真：99-99-99998 电子邮件：geog@census.gov.xx 网址：www.census.gov.xx</p>

地理数据文件

LOC. SHP—地方边界地理信息系统数据库

文件名:	LOC.SHP	
文件类型:	ESRI ArcView 成型文件	
特征类型:	多边形	
有关文件:	LOC.DBF	多边形属性表 (成型文件的一部分)
	POP.DBF	普查人口指标
	HH.DBF	普查住户指标
	LOC.SHX	ArcView 使用的内部地理索引文件

属性数据文件

LOC. DBF: 地方性特征值

文件名	描 述	字段规定	范围	编码	丢失值
LOC_CODE	正式地方编码。用于链接外部数据表 pop.dbf 和 hh.dbf。该地理码的构成为并列行政单位的标识符: 省 2 位+地区 2 位+地方 3 位。	整数, 8 位	正值	无	-999
AREA	地方的面积单位: 平方公里。	实数 6.1	正值	无	-999
FLAG	表明该多边形是否是该地方的主要多边形。对于含有两个和多个多边形的地方, 其中只有最大的一个或最重要的一个的值为 1。	整数 1 位	0-1	0-次要 1-主要	
URBAN	表明该地方划分为市区还是农村。	整数 1 位	0-1	0-农村 1-市区	-1
LOC_NAME	地方名	字符, 25 位	无	无	“未定”
DIST_NAME	地区名	字符, 25 位	无	无	“未定”
PROV_NAME	省份名	字符, 25 位	无	无	“未定”
AREA_TOTAL	地方总面积, 单位: 平方公里	实数, 10.3	正值	无	-999
AREA_LAND	地方陆地面积, 单位: 平方公里	实数, 10.3	正值	无	-999
AREA_WATER	地方水域面积, 单位: 平方公里	实数, 10.3	正值	无	-999

POP. DBF—普查人口指标

字段名	描 述	字段规定	范围	编码	丢失值
LOC_CODE	正式地方编码。用于链接外部数据表 loc.dbf 和 hh.dbf。	整数, 8 位	正值	无	-999
POP_TOT	点查人口总数。	整数, 7 位	正值	无	-999
POP_DENS	人口密度, 每平方公里人数 (POP-TOT/AREA)。	实数, 5.1	正值	无	-999
...

HH. DBF—普查家庭指标

字段名	描 述	字段规定	范围	编码	丢失值
LOC_CODE	正式地方编码	整数, 8 位	正值	无	-999
HH_NUM	住户数量	整数, 7 位	正值	FQ	-999
HH_HEAD	点查区户主性别	整数, 1 位	0-1	0-男 1-女	-1
...

附录 V. 专题地图设计

A. 简介

地图绘制人员把地图分成若干类型。普通地图的作用是为确定方位提供基准框架，主要显示地面上可以观察到的实际地貌特征。这些特征可以是自然形成的，如河流、山脉、海岸线；也可以是人工完成的，如道路、居民点等。基准地图也可以显示一些地面上人们看不到的内容，最典型的例子是行政边界，以及用来表示经纬度的网格。地形图也可归入普通地图或基准地图之列。它们在绘制人口点查区地图时十分有用，由于能够提供地貌特征信息，点查人员可以根据它们找到分派给自己的工作区。

更为适合表达人口普查结果的地图是专题地图。它们能显示地面上不容易直接观察到的物理或文化的分布情况。专题地图可以基于定性信息或定量信息。定性信息专题地图的实例如根据母语或宗教对人口分布情况进行说明的地图。定量信息专题地图有时也叫做统计地图，它说明的是地图所绘制的地貌特征的相对尺寸。例如选择代表国家各个城市的符号时，要根据每个城市的大小进行选择。还有一个例子是，报告区要根据人口密度在地图上以深浅不同的色调表示。大多数为人口普查目的制作的此类地图都具有这种性质。

B. 地图设计原则

尽管地图经常用于进行分析目的，但是它并不擅长表达精确的数据值。在地图上，数据值常常转换成一种直观符号。绘图人员必须把数据值划分成几个档次，以便管理和运作，不同的类别用不同的颜色或符号来表示，这就是说，地图显示的某些信息将会丢失。地图的优势在于显示趋势、相对数量以及指标的分布情况。如果要了解精确的数值，则更宜使用那些可以通过数据库查询的数据表格或数字化地图。

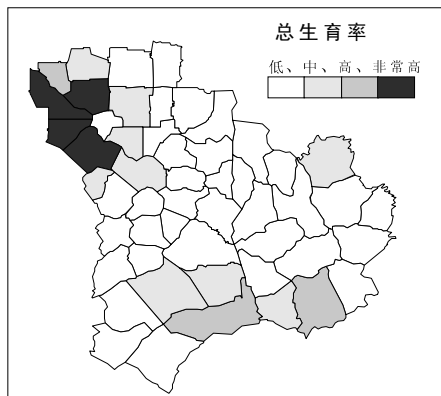
制作说明性地图是制作人员将思想或概念传达 XW 读者的一种设计过程（Monmonier, 1993）。这种过程类似于其他通过图表、图像或视觉手段进行定性或定量信息交流的形式。因此，一些指导图形设计的原则同样适用于地图制作。

简单、明了是最重要的设计原则。很多地图最后变得杂乱无章，因为绘图人员试图在一个很小的空间里塞入过多的内容。有一个概念十分有用，即最大数据油墨比的塔夫梯原则（Tufte, 1983）。我们可以将其用于地图制作，意思是要将大部分油墨用在表现地理数据，而不是绘制多余信息之上，不要有画蛇添足之笔。标题上的“……地图”或“图例”没有必要，许多方框、边界线，有时指北箭头和比例尺甚至也不需要。当然，和大多数原则一样，这一原则也有其局限性，为了便于理解，有些地图元素，如图例、简单的题目以及资料来源等也需要使用。

简洁还意味着不浪费空间。由于高分辨率的激光打印机已经十分普及，因此不必为显示所有细节而全部印制出大版面地图。地图设计得越好，打印的尺寸可以越小。为了节省空间，还要注意避免使用过大的字号、图例或边框。

注意视觉层次是另一个重要概念。这个原则适用于地图元素以及所有组成部分的安排。对于地图本身，颜色和符号的选择能够反映出数据值的主次顺序。例如在一幅说明儿童死亡率的地图中，数值最高的报告区应使用最强烈的彩色或最重的灰度等级，属于应该立刻抓住看图者注意力的热点。例如在图 A.V.1 中，从低到高的等级特意使用了由浅至深的灰度，突出“非常高”的一级。通过深色与周围浅色的对比，造成视觉上的层次。用深色调包围一个相对较浅淡的区域，也能产生同样的效果。下面我们来更详细地讨论一下地图颜色的问题。

图 A. V. 1. 通过选择颜色的灰度级构成视觉上的层次



地图绘制人员还可运用其他技巧把观察者的注意力吸引到地图上的特定区域。例如，把地图上最重要的地貌边界勾勒清楚，使它们从背景中显得突出。有时可利用注释或箭头指向特定部分，但这种做法常常会使地图显得杂乱。

对于整个地图的构成，这一原则也同样适用。地图中最重要的部分就是地理信息本身、标题和图例说明符号。这些应该是地图上最突出的特征，而其他地图元素要慎重添加。

最后一项需要注意的事情与地图绘制者的责任有关，即不要由于地图设计而触犯了人口中的任何群体。绘图人员需要了解和掌握不同地区或人口群的各种敏感特征。某些符号或颜色对国家不同的人种或种族群体会有一定的负面或正面含义。地图设计应避免使用与某些人口群体固定概念有关的各种符号。

1. 专题地图的基本要素

专题地图由若干部分组成。地图本身包括底图，显示诸如国家疆界等边界以及其他地貌特征，如主要河流和城市等。底图为读者提供了一个定位框架，便于将国家的一部分变量与另一部分进行比较。第二大要素是专题地图的铺陈，用以表现出某一变量的地理分布。

除了实际地图信息之外，一份符合出版质量的地图还应包括一些附加因素，包括：

- 标题和副标题。应该简短并具有高度的概括性。应避免使用“……之地图”一类的陈词滥调；
- 数据来源，可信度和制作日期。使读者对地图产生可靠感和信任感。有些机关定期出版的地图还可加上参考号和版本号供内部使用。其他与地图理解有关的说明信息亦应添加上去。对于版面地图，投影参数也需标明；
- 图例。说明地图中的变量如何转换成地图符号，例如，哪种颜色代表哪一范围的人口密度。不要忘记在图例中标明所用的测量单位，例如，“每平方公里人数”；
- 比例尺。便于用户在地图上测量距离。对于系列专题地图，如人口普查地图册，所有地图均按同一比例制作，因此不必在所有页上都注明比例信息。同样，对于那些尺寸较小、读者非常熟悉而不会去测量的地图也不必标注比例尺。使用形象化的比例尺，比简单地写上一个数字要好（如 1:1,000,000）。即使照片在复制过程中经过缩放，比例尺标仍然可用。反之，根据标称地图比例绘制地图是不正确的做法；
- 指北箭头。如果所有地图都是以北定向的，基准图上就不一定必须标明指北箭头。尤其是众所周知的地理区域，如全国地图，则更没有必要添加箭头了。如果为了更好地配合页面安排，对地图进行旋转处理，则一定要标明指北箭头；
- 地图边框和边界线。用以区分地图的不同要素；是否使用这些图形要素很大程度上取决于地图设计人员。过多的线条和边框会使地图看起来杂乱无章。只有各种地图元素容易混淆时，才使用额外的边界线；
- 地名和标志。用于辨认地貌特征或统计

- 区；
- 格子线。经纬线网格（平行线和子午线）用于在地图上确定方位。在小比例尺的地图上应当标出；
- 定位图。用于表现主图在更大范围内的位置。例如，显示地区人口密度时，可通过一幅小地图说明该地区在国家或省份中的具体位置；
- 内插图。与定位图类似，不同之处是以大比例显示。例如，省级地图外加一副省会地图，或更详细的小区域说明信息；
- 文字和注释。背景信息或说明，应做到简单扼要；

- 其他图形元素。如表示变量统计分布的直方图或地图制作单位的标识符号。

图 A.V.2 和 A.V.3 是两个含有很多专题地图要素的实例。图 A.V.2 是一幅假想国家波普兰迪亚的一级行政单位图。衬托地图的是用于地理基准的经纬网格，另外将首都、省会和主要河流作为基准补充进来。所有地貌特征都恰当地标出，不同类型的地貌特征采用不同的字号。地图下面有比例尺、说明专题特征的图例以及地图来源。如果有统计办公室标识，则可以添加到每幅地图上。没有指北箭头，理由有二：一、没有异常的方位定向，经线清晰，图的上部为北；二、由于所采用的地图投影法使经线向北方汇聚。也就是说，在不同方向的经线略有不同。

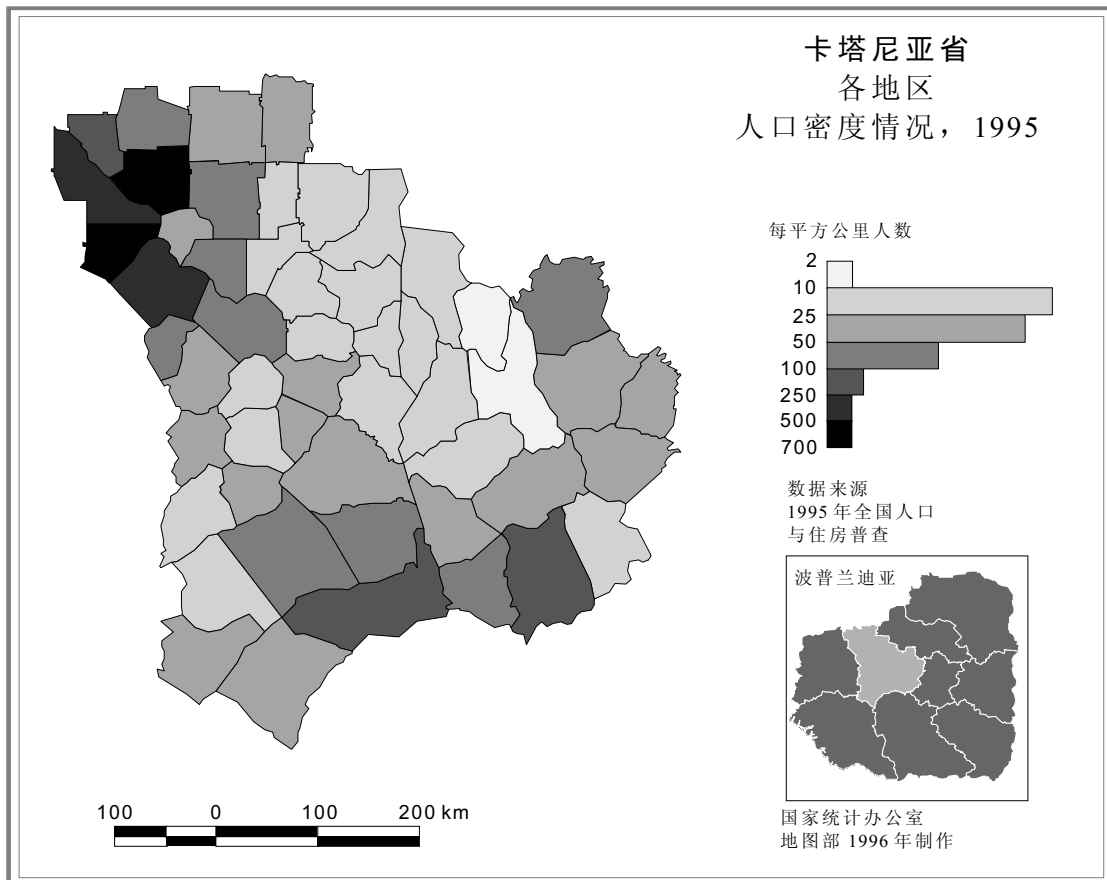
图 A. V. 2. 行政单位和主要城市地图实例



图 A.V.3 中的专题地图表示的是波普兰迪亚中一个省的人口密度。这类地图，例如在人口普查出版物中，通常附带按省显示人口特征的表格。这份地图设计得相当简练。题目点明了专题类型，副标题说明了地理区域。图例没有使用大小一样和不同颜色的方格，而是按人口密度等级以直方图的形式表示。这种表示方法不仅达到了传统上利用颜色代表数值的同样目的，而且还表

现出了该地区的数值分布比率。对于更为复杂的地图，即包含更多区域的地图，还可以把属于每一类地区的实际数目添加上去。为保持画面的清晰和简洁，本地图未标注数字。在图例和数据来源之下，有一个小小的定位图，表示该省在国家中的位置。在定位图内，一般不必添加国家标志，因为读者都能辨认出自己国家的形象。

图 A. V. 3. 人口密度专题地图实例



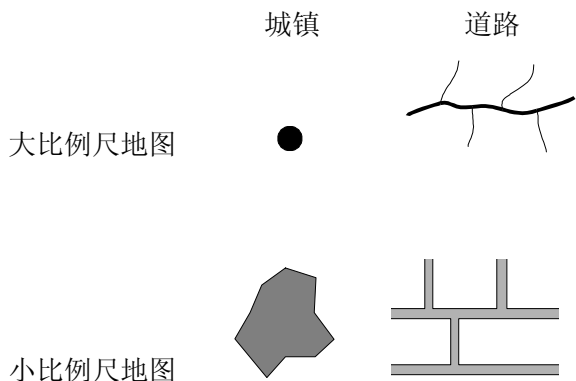
2. 测量级别和图形变量

(a) 空间维度

专题地图不仅显示地貌特征的位置，而且提供有关地貌特征的其他信息，即在每一个地理位置上的变量值。因此，专题地图不仅包括地理特征，而且包括这些要素的若干属性。这说明，在设计专题地图时，必须考虑地貌特征的空间尺寸，并且了解变量的测量水平。把握住这两项因素即可把地图制作得更有视觉吸引力，更便于准确理解。

地貌特征在地理信息系统数据库内用几何基本元素的点、线和面积等图元表示。对于一些不常用的地图，还需增加维度，考虑体积和时空的概念。有时，采用哪一种几何形状表示真实世界的地貌特征取决于地图或数据集的空间尺寸。例如，一个村庄或小镇在大比例尺图上可以表示为一块面积，但在小比例尺的省级或全国地图上只可能是一个点（见图 A.V.4）。一条道路在省级图上是单线，到了城市的街道图上，则变成了双线（即具有了面积特征）。

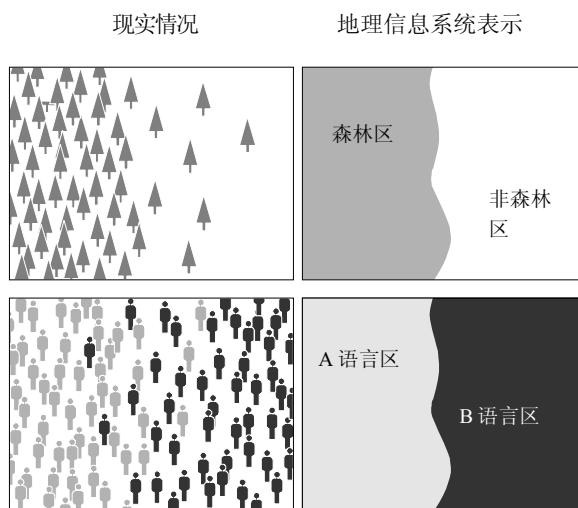
图 A. V. 4. 在显示空间特征物体时泛化的效果



需要注意的是，边界和位置并不总像一幅地图或地理信息系统数据库里那样清楚地界定。对于复杂的真实世界的地貌特征，常常需要泛化、简化或抽象化处理，才能将其纳入计算机数据库。例如，很多真实世界的地貌特征并没有清晰的边界。森林区与非林区之间经常有一个过渡区存在。如果把森林表示成具有面积特征的物体（而不是用点来代表每一棵树），肯定会丢失一定的信息（见图 A.V.5）。

在社会经济领域里也有类似的情况，在种族或语言群体分布方面也会遇到边界定义不当或模糊不清的局面。尽管有时候，这类群体具有非常明确的分布格局，但每一特定地区的边缘地带总会存在不同种族或语言群体杂居的情况。地图绘制人员有时用斜线涂盖的方法代表此类难以界定的边界，但在地图上仍无法解决要把边界画在何处的问题。

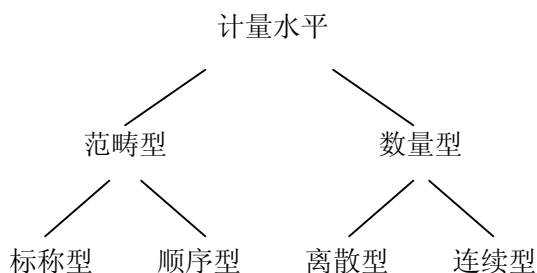
图 A. V. 5. 为了便于地理信息系统进行表达，复杂的现实状况有时需要简化



(b) 计量水平

同样重要的问题还有如何计量地图绘制过程中所需变量的问题。主要区别是范畴型与数量型信息的区别（见图 A.V.6）。类型数据可依次分为标称数据或顺序数据。标称数据，亦称定性式数据，直接描述地貌特征的类型，但在类型之间不存在自然的顺序。例如房屋的类型包括石制或木制框架结构。而顺序数据则意味着可以排出档次和级别，尽管档次或级别的差距并不明确，但仍能按顺序排列。例如，基于调查结果，可以把人们的生活水平分为低、中、高三个等级，但我们可能说不出低级和中级之间的差别是否与中级和高级之间的差别一样。

图 A. V. 6. 变量的计量



如果能对各种类型之间的差别加以量化，即可获得数量型数据。离散型数据可以清点，例如清点每个家庭的卧室数目或总人数。连续型或比率型变量可以取得任何希望的数值，因此能达到很高的准确度。对于人口普查数据，连续变量通常是加总人口普查单元计算的各种指数，如人口密度、拥有安全饮用水的人口比例或总的生育率等。

(c) 图形变量

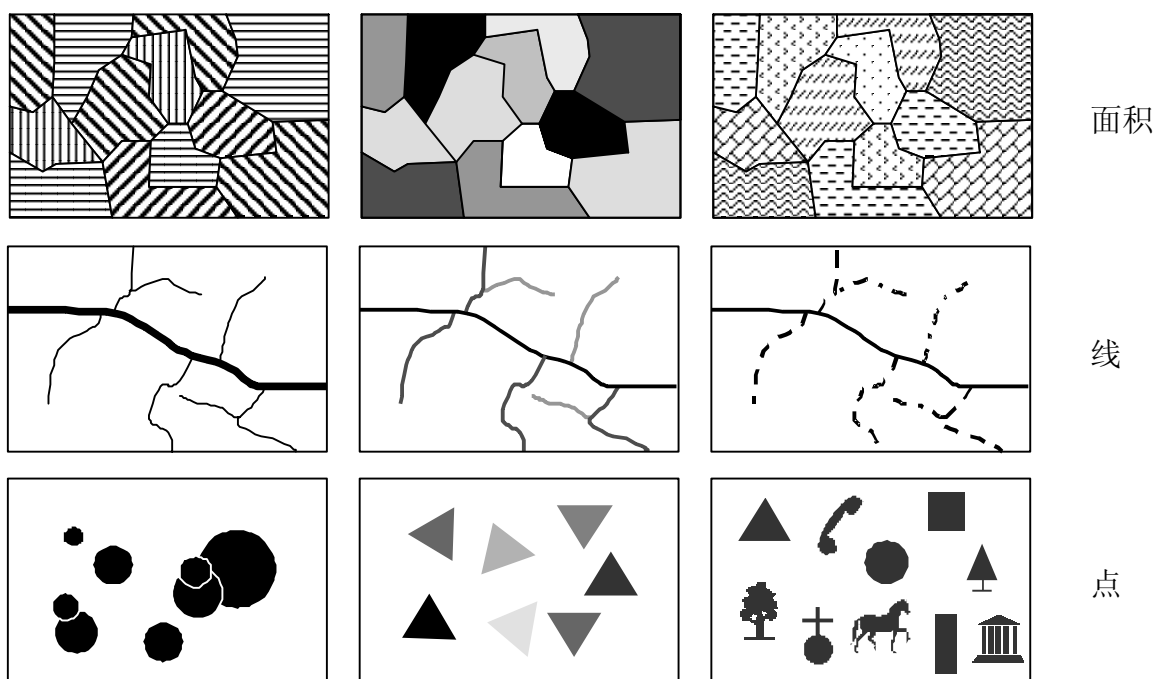
在专题地图上，图形符号向观察者展示出地貌特征在数值或类型上存在的差别。地图绘制使用的符号概念与 Bertin 针对图形设计开发的符号

概念基本相同（Bertin, 1983 以及 MacEachren, 1995）。Bertin 说明了以下各种图形变量的区别：

- 大小。大小是区别顺序或数量差别的标志。大小对于点状或线状特征最为重要，例如，为了显示乡镇或城市大小使用逐渐变化的圆圈，或为了显示地区间移民量的大小而使用宽度不等的线条或箭头。
- 方向。方向用于表现面积特征的交叉阴影。此外，几何点的特征也可显示成各种方向。方向并不意味着变量规模大小上的差别，因此显示标称数据时十分有用。
- 纹理。纹理指的是在面积与面积之间表现出多种变化的连续图案，用来表示顺序数量之间的差别。这是一种非常有用的简化方式，当输出装置无法打印彩色或灰度级别时，可用纹理进行补偿。纹理还可以用来表示两种变量叠加在一起的分层信息。当然，地图的清晰度可能因此受到损害，但对开拓分析应用仍非常有用。
- 形状。形状对于点状特征最为重要。在商用地理信息系统和桌面绘图软件中，有大量的符号集和字符集可供使用。有一些是地图绘制行业众所周知的代表公共建筑的符号，如寺院或医院等。
- 颜色。颜色最适合表现数量差别和程度顺序差别。在地图设计过程中，颜色的选择是最重要的问题之一，对此，以后还要进行更仔细的讨论。

从原则上讲，这些维度中任何一项都可以应用到所有类型的地貌特征：即点、线、面积之上。但是在大多数实例中，仅用图形变量的一个子集代表不同的地貌类型。图 A.V.7 给出了一些实例。专题地图选择的图形变量要与地图绘制过程中使用的指数测量类型保持一致。例如，在数值表达方面，最重要的是大小和颜色。用点状符号的形状或面积特征纹理表示不同的标称值。

图 A. V. 7. 表示多边形、线和点的图形变量



3. 专题地图的类型

(a) 离散式地貌特征图

编译后发布的人口普查数据包括很多诸如地区或点查区一类的加总性报告单位。等值线图能够最好地从地理方面表现这类数据。“等值线 (choropleth)”一词是从希腊字 *choros* (地方) 和 *pleth* (值) 演变而来的。等值线图用以表示离散报告单位数据, 而离散报告单位通常从数据的实际空间分布确定 (如行政区边界)。用来表示每一报告单位的符号 (颜色和图案) 取决于单位数值。等值线图不同于所谓的面积式地图, 报告单位在后者的情况下取决于数据, 例如, 在一幅显示森林覆盖率的地图上, 报告单位根据森林区与非林区的边界划分。

前面图 A.V.3 中已经有一个等值线图的实例。建立等值线图的第一步是把报告单位数据值的全部范围分成一套不同的类别。每一类别中,

指定一种颜色或深浅不同的图案。鉴于点查数据所具有的自然顺序, 因此在颜色和色调深浅的选择方面有一定的逻辑可循, 例如颜色从浅到深或从稀疏到致密。这样做的目的是让用户对每一报告单位值的大小有一种直观感。用于涂绘等值线图的符号可通过多种方法确定, 取决于变量的类型、数据值的范围以及打印地图的输出装置。符号选择非常重要, 因此下一节还要详细讨论。

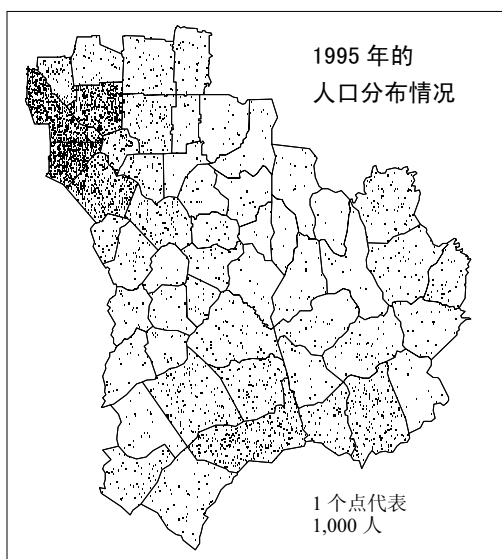
等值线图擅长表现数据值在地图上的总体分布, 以及比较不同地图上的分布情况。一般不可能获得每个报告单位的准确数值, 因为颜色和灰度仅能表示类似值的范围。准确信息最好能以数据表格的形式表达, 或者在地理信息系统内通过交互方式获得。

用于制作等值线图的数值几乎总是以比率的形式出现。它可以是与地理有关的比率, 例如通过用人口数除以面积得出人口密度; 也可以是一般性的比率, 分母不是面积而是一个数值, 例如

人口出生率就是指每千人的大致出生数目。在大多数情况下，我们根据某一社会经济变量绘制地图时，报告单位的大小并非完全一样。例如，地区或省份在面积和人口方面经常存在相当巨大的差异。如果根据计数变量（如人口总数而非人口比率）绘制地图，那么最大的地区将使用最深的颜色，即使其人口少于其他地区时也是如此。因此，不宜按绝对值绘制等值线图。

还有一种说明清点数据的方法是点式地图。1830年，法国在绘制全国人口分布图时首次使用了点式地图。在点式地图上，一个符号点代表一个或多个变量单位。例如，每个点可以代表1,000人或1,000个家庭。通过这种方法，把变量数值以密度不同的小圆点表示在报告单位上。图A.V.8就是通过点状地图表示人口分布状况的实例。

图 A. V. 8. 点状密度地图



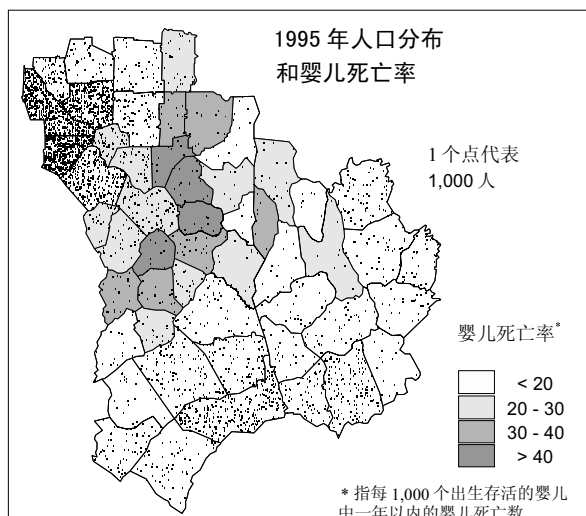
如何放置这些点有两种方法。制图人员可以基于每一地区实际人口的分布情况选择点的位置。例如人口稠密的市区或市区周围放置很多的点，而人口较少的农村则放置较少的点。有时可以根据土地使用情况确定每个报告单位的点密度。还可以使用实际遮盖法，在无人居住的地带，如水体、繁茂的森林或自然保护区不使用点。

另外一种方法是每个区域内随机地放置点。这种情况下，点的密度反映的仅是总值密度。地理信息系统和桌面地图绘制软件提供的点密度功能通常为随机置点方法。用户只能控制点的大小以及采用何种符号表示一个点。尽管简单的圆点最清楚，但人们还是经常愿意挑选一个能代表变量特性的符号。

有些大学编写了一些借助其他数据层帮助布点的专用程序，但目前尚未用于商业软件中。手工布点可以发挥制图人员关于变量分布的专业技能，但过于麻烦。

点状地图是一种表达密度信息的有效方式，只要布点方式遵循地图变量的实际地理分布状况，或在每一报告区内均匀分布即可。这种方法有一个非常大的优点，即复印或打印的效果非常好，因为它们都是单色黑白图。点密度图可与等值线图一起使用，同时代表两个变量，见图A.V.9的实例。图中的实例说明，高人口密度与高婴儿死亡率之间并无关联。在这种情况下，点的密度不要太高，防止区域内的颜色或灰度不易辨认。

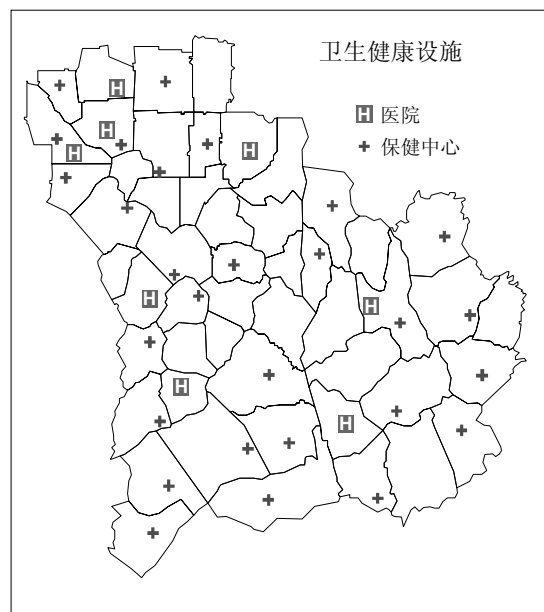
图 A.V.9. 点密度图与等值线图的组合



(b) 标称点数据

点状图中最简单的情况就是每个点代表一个离散元素，例如一个农场或一个医院。这种标称点数据代表的是特征物的类别而不是计数或尺寸大小的属性。在简单的点符号图中，点的位置能正确地反映出地理元素的所在位置。利用大小、颜色或符号可以说明不同类型的特征物，如图 A.V.10 所示的保健中心与医院的分布情况。也可以用简单的几何形象代表不同类型的点状特征物，如圆圈、方块或三角。有些桌面绘图软件或地理信息系统软件允许用户自己为地图的特征物指定一个相配的符号。如图 A.V.10 中的地图表示的是两种健康设施的分布情况，为了便于理解而使用了不同的符号。符号一般为字母或位图，大多数软件都有自己的字库，其中含有很多不同的地图符号，如交通运输、公用设施等。有些系统还允许用户导入自己设计的位图符号。

图 A.V.10. 绘制离散点对象图

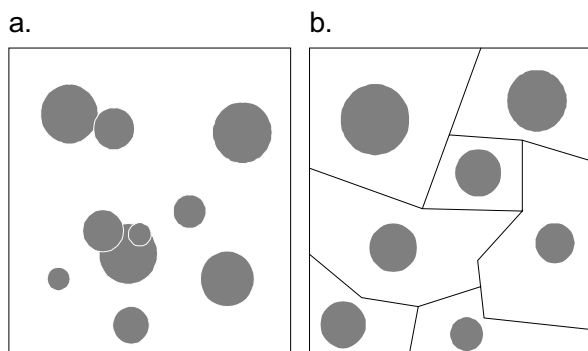


(c) 比例点符号

点状符号也可以用于代表特定地点中的数量。例如，常见的人口普查地图可以显示主要城市的位置及大小，所用的圆圈和方块的大小与该处变量值的大小成比例。这种地图称为比例符号地图或者分级符号地图。这种地图适于表现某种变量的绝对值，不适于表现相对值，如密度、比率等。

有两种类型的分级符号图。第一种情况是，用数据指代城市或家庭等点状特征物。符号的位置与特征物的位置相对应（见图 A.V.11a）。第二种情况是，用符号代表地区一类的面积特征物的数值。在这种情况下，需要在每个报告区内选定一个代表地点（见图 A.V.11b）。需要注意的是，大多数系统都会在每个圆圈之外画一个晕圈，以便区分靠得很近的符号。系统进行操作时，先画出最大的圈，以防覆盖住小的符号。

图 A.V. 11. 用于点状和面积特征物的比例符号

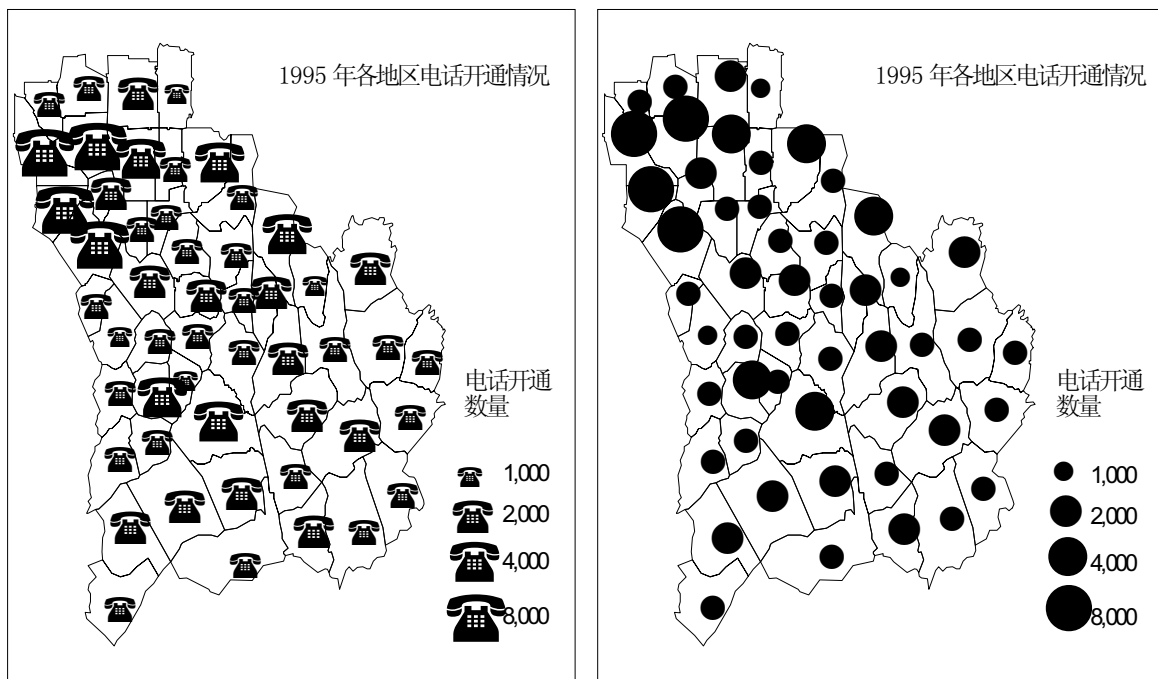


正如以前所述，计算机地图绘制软件允许用户选择一个能反映地图专题的符号。这种形象化的符号可以使地图看起来更活泼。然而，过于复

杂的符号会分散人的注意力，忽略地图表达的主要信息：不同区域的变量相对值。我们可以比较一下同一专题地图的两种不同版本，表示的都是电话数量，见图 A.V.12。尽管这个电话符号已经相当简单，但很难判断变量的大小，因此左图不如右图直观醒目。制图人员常常要掌握好一个尺度，既要使信息容易理解，又要有吸引力，必须在两者中间寻找平衡。从几乎所有的例子来看，比较好的效果采用的都是简单符号，使读者的注意力集中在所研究的变量大小之上。

比例符号也可以同时代表两个变量。例如，圆圈的大小可以代表报告区内的住户数量，颜色或灰度代表安装电话的住户百分比。再强调一次，地图绘制人员一定要避免地图负担过重的现象。如果报告单位的数量非常多或单位非常小，最好把两个变量分别显示在不同的地图上。

图 A.V. 12. 图画式符号与简单图形符号的对比



圆圈之外，其他常用符号还有方块和三角形。通过改变三角形的方向，可表示具有方向性的变量，例如，每个报告单位的迁入或迁出人口数（见图 A.V.13）。如果配以不同颜色或灰度则更容易辨认。

与分级符号地图有关的还有一类地图，其中的数值差用标准化符号的数量表示，每一个地理单元均画有这种标准化符号。例如，总人口数可以按图 A.V.14 的样子表示。在专题地图的绘制中，这种地图十分常见。但要注意，图画式符号很容易使画面变得杂乱不堪和难以解读。当有大量不同信息值存在时，使用比例符号会取得较好的效果。

图 A. V. 13. 用简单的图形符号表示流动的规模和方向

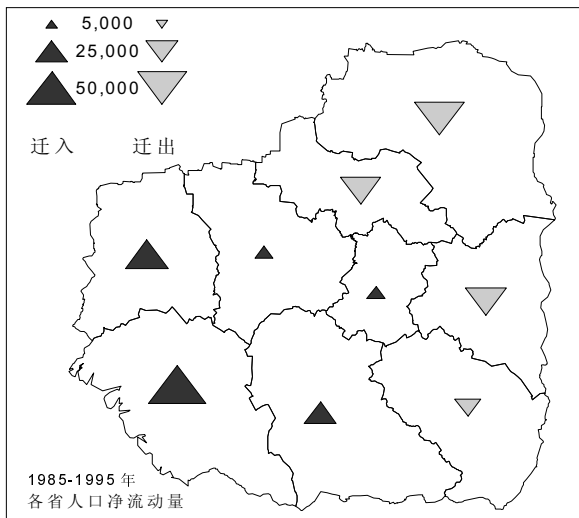
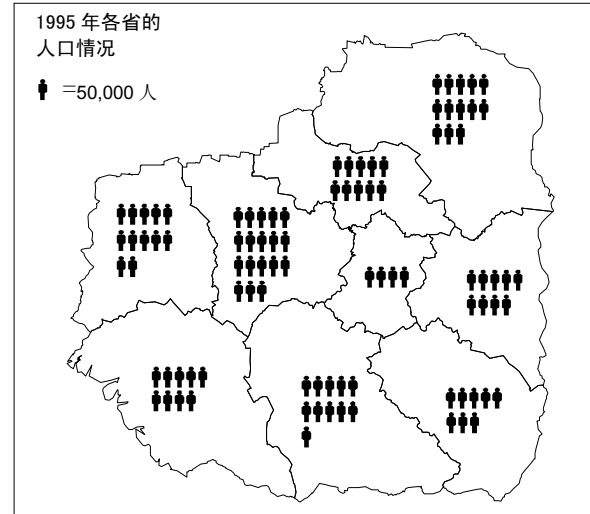


图 A. V. 14. 通过不同的地图符号数量表示每一种特征的数据值



(d) 图表式地图

由于桌面地图绘制商品软件和地理信息系统软件所具有的图表调用功能，在显示每种地理特征的统计信息方面经常采用图表方式。和前面讨论过的几种地图类型一样，图表式地图很容易出现信息过度拥挤的现象，不过，很多出版的地图已经出现了这样的实例，读者很难或无法从中读取有用的信息。

最常见的图表式地图有饼图、棒图或柱图式地图。以饼图式地图为例，饼图本身的大小一般取决于所反映的变量，饼图的尺寸代表分母的大小。图 A.V.15 中的实例显示的是各主要宗教群体的人口分布情况。饼图的大小根据总人口数而变化。因此，图例中需要给出两类信息：用颜色或灰度代表每一宗教群体；用饼图的大小代表人口总数。

图 A. V. 15. 饼图式地图

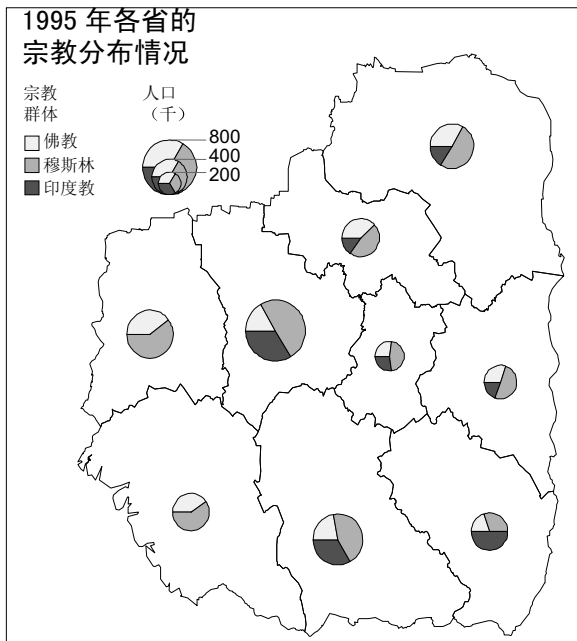
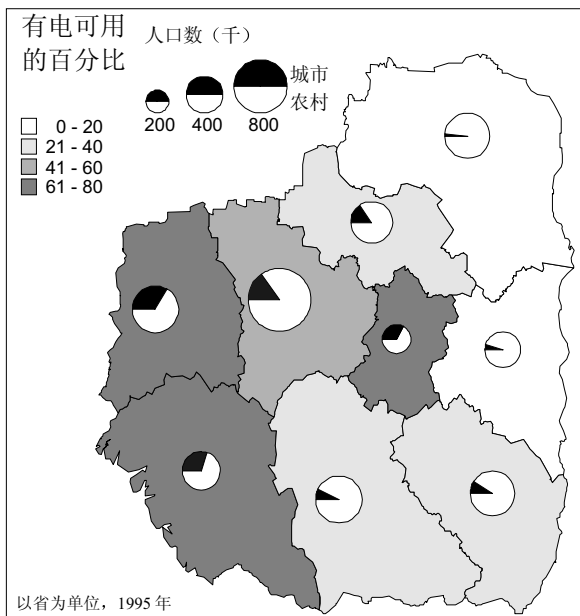
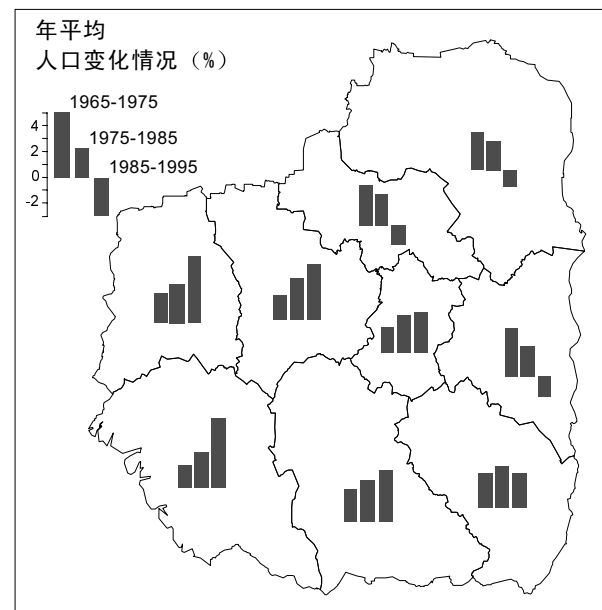


图 A. V. 16. 等值线与饼图结合的地图



如果地理观察值较小，并且只有非常少的人口群体，图表式地图可以取得最佳效果。例如，只包括两种类别的饼图可以和简单的等值线图一起说明几个变量（见图 A.V.16）：供电能力的不同分布情况、各省的人口总数以及城乡人口比例。从图中可以看出，那些城市人口多的省份，其使用电力的人口数量也多。设计良好的地图，不仅不会出现符号、颜色以及灰度过度拥挤的现象，而且能进行多种变量分析。然而，饼图式地图很容易出现不易理解的现象，因此只限于在没有过多符号和信息类别的情况下阐述地图信息。

图 A. V. 17. 通过直方图（柱图）显示不同时期的变化

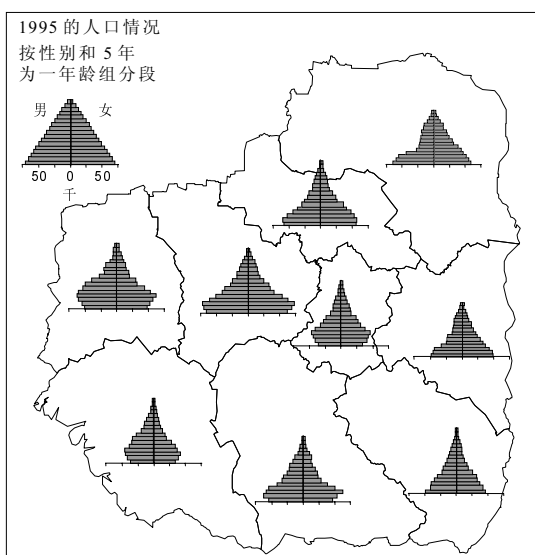


图表式地图还可以表现随时间变化的各种趋势。以图 A.V.17 中的地图为例，该地图展现的是三次人口普查发现的各省人口变化的平均年度百分比。地图中的竖条非常简单，既没有边框也没有基线，人口的增减一目了然。正如以前所述，我们需要了解的是随时间发生的变化趋势而非精确的数值，而表达精确的数值最好使用表格。

人口金字塔是另外一种非常适合表现人口普查数据的图表式地图。这种金字塔式地图可与报告单位的底图配合使用，表明国家各地区人口年龄与性别的分布状况（见图 A.V.18）。人口金字塔是一种非常复杂的图表式地图。这意味着只有地图中的地区数量不多时才能合理地使用。一般来说，只有国家级以下的人口普查地图才使用人口金字塔。另一个实际问题是，商用地理信息系统和桌面地图绘制软件不能自动生成金字塔式地图，必须通过外部建立。例如，首先通过电子表格建立数据，然后在图形软件中将其添加到底图上，或利用桌面地图绘制程序的版面设计模块进行最后合成。

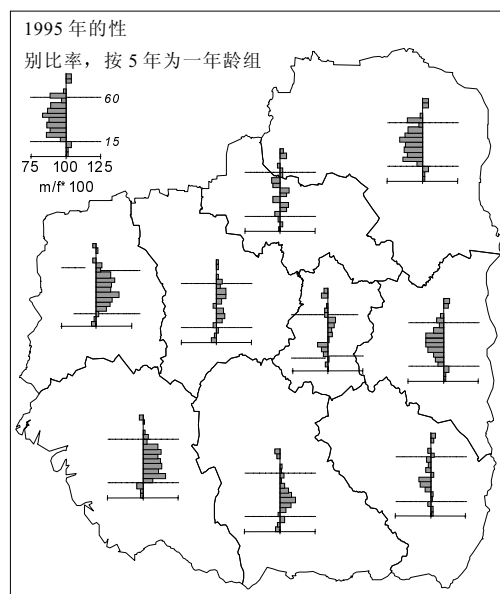
如果在金字塔的形状上进行一定变化，即可用于显示几个地区的情况。如果各地区的年龄和性别分布都相当一致，那么地图说明也就没有太大的必要了。从图 A.V.18 中我们能够看出，东南省份的生育率在过去 15 年间下降了，而东北省份则没有下降。再有，在东北省份，人口性别比率有偏离正常的迹象。在那些有经济活力的年龄段的人口，女性多于男性。在西南部，这种状况看上去正好相反。

图 A. V. 18. 人口金字塔组合图



性别比率的变化可以用另外一种棒图加以说明，见图 A.V.19。该图显示出每一个省份男女人口的冗余和欠缺数。在人口金字塔地图中只能看到趋势，而在此图中则表现得更加清楚了。然而这种图解方式相当复杂，看上去不是很有吸引力。关于性别比率的其他表现方法，本附录的后面还要讨论。

图 A. V. 19. 在地图上显示人口性别比率



(e) 流量式地图

移民是人口学中的一个变量，表示人口在一个国家内从一个地区向另一个地区的迁移（国内移民），或从一个国家向另一个国家迁移（国际移民）。在地图上表示移民有很多方法。可以通过等值线图表示迁入、迁出的移民量或净移民率。移民量可以用分级符号图加以表示（参见前面的图 A.V.13）。还有一个办法是，如果可以获得有关移民的完备信息，可以使用流量图，亦称流线图。这种地图可以表现移民的若干侧面：移民流动的路线和方向（来自何处、去往何

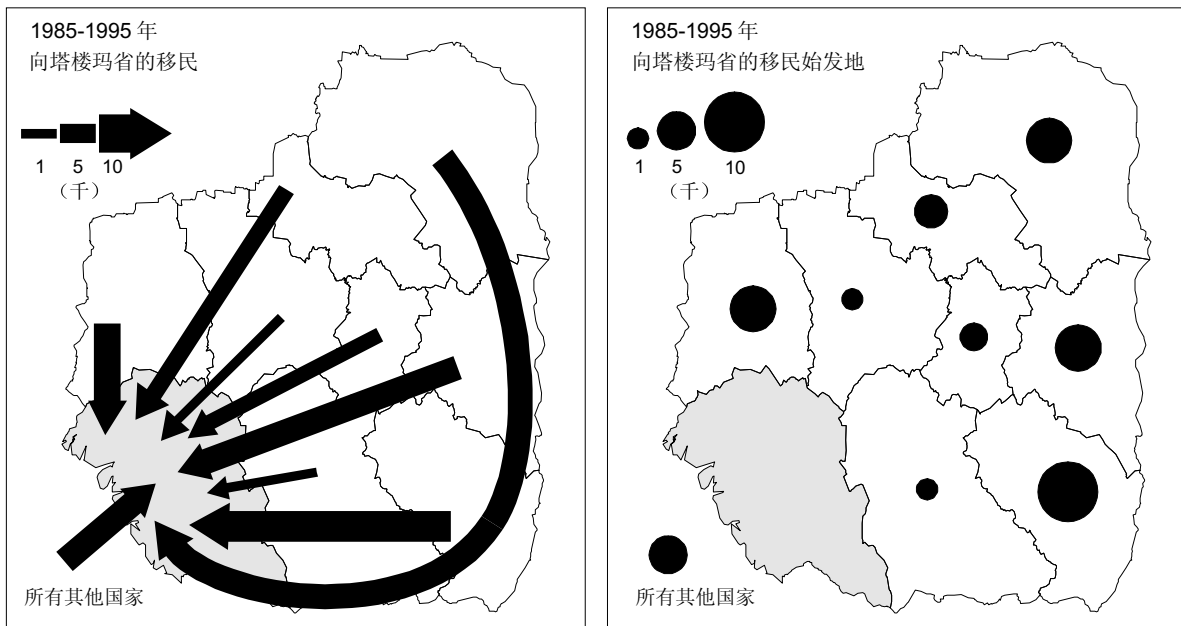
处)，可用箭头符号表示走向；以不同宽窄的线条表示移民流量等。

移民图很快就可以变得非常复杂。即使我们列举的实例中只有 9 个报告单位，但流量线就可能有 72 种不同方向，尚未将国际移民和省内移民计算在内。因此，各种流动路线一条不少的全国地图几乎没有。有几种变通方法。一种是忽略最小的移民流，只表现最大和最有意义的移民流。再一个办法是分省制图，仅表现省和省之间的移民流动情况（见图 A.V.20）。就这个例子而言，如果制作全套地图，需要画出一共 18 幅地图。即使一幅简单的地图也会搞得拥挤不堪。

如果起始区和目的区相距遥远，制图员还得画出各种蜿蜒曲折的弧线。

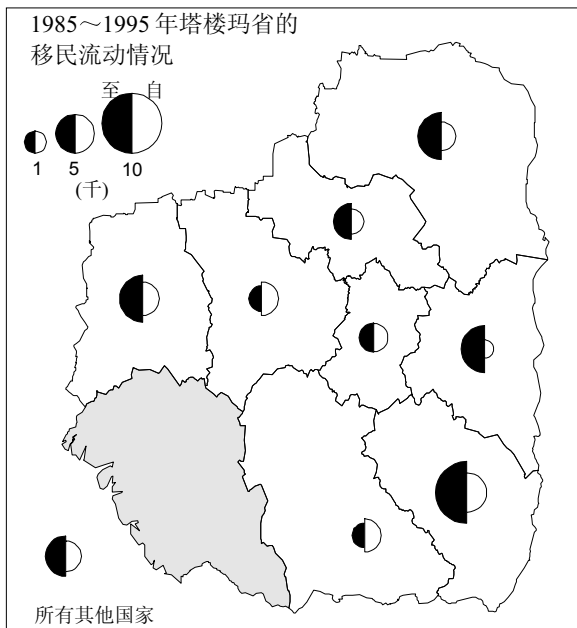
在使用箭头符号的流量式地图中，人们会受到箭头宽度和长度的引导。长而细的箭头看起来比短粗的箭头更有势头，只要总面积足够大就会出现这种效果。地图绘制人员通过这种方法表示来自远方的各种移民流动时，读者很难从长短不一的箭头中看出哪个更值得关注。如果要侧重来自各地区的移民绝对数量，还有其他更合适的办法。例如，通过表示起始地或目标地的分级符号说明移民流动的数量（见图 A.V.20）。

图 A. V. 20. 各种表示地区间移民流量的方法



采用特殊类型的分级符号，一张地图可以同时显示每个省迁入和迁出的移民，如图 A.V.21 所示。不同颜色或不同灰度的半圆，用以区分迁入或迁出。

图 A. V. 21. 移民迁入和迁出的表示法



(f) 连续现象地图

以前各节所说的各类地图都适用于以离散地貌特征为基准的数据，地点和区域等。但有些地理现象是连续的，例如，气温和标高线的数值就是如此，沿空间平滑变化。而且，我们还可以把人口分布或多或少地看做是一种连续变量。报告区比较随机，而且这些单位的表格化加总值把空间变化隐藏到每个单位之内。人口地图和地理信息系统数据集有时也把人口密度的分布情况显示为连续性的变化，并且这种现象正在日益增多。

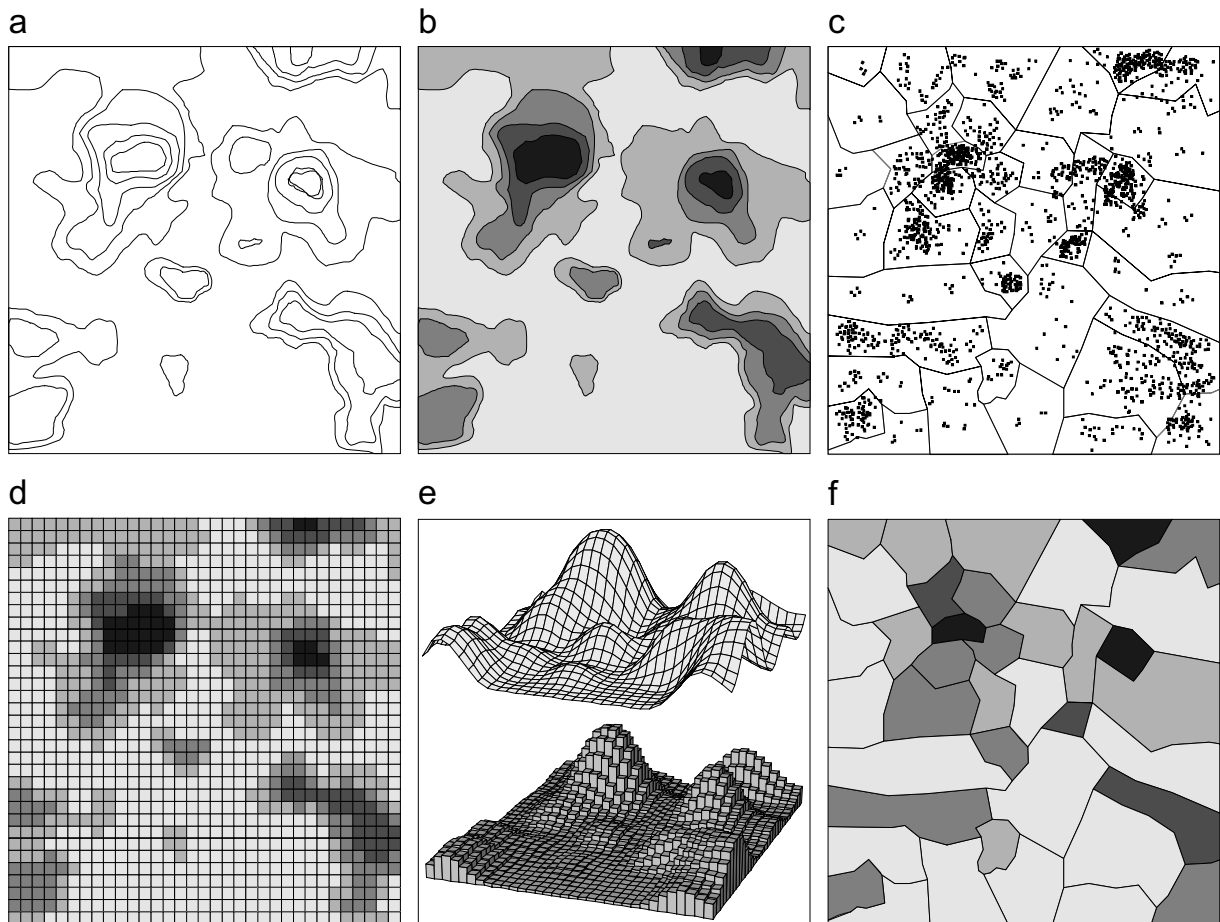
纸张地图或计算机数据库几乎无法表示真正的连续性。即使我们能从理论上为国家的每一个具体点推导出不同的数值，为了绘制地图，我们需要对这些数据进行离散化处理。图 A.V.22 说

明了几种离散化处理方式。

表现连续数据最常用的方法是借助于等值线或规则光栅网格。等值线 (isolines) 一词起源于希腊字 iso，意思是相等，它是连续数值构成的线段，有时也称为轮廓线 (见图 A.V.22a)。它们在地形图上用于表示高度。轮廓线地图也可以涂成不同的灰度，使它们看起来更像等值线图 (见图 A.V.22b)。颜色可以用来表示两条轮廓线之间的数据范围。点状图也可以来提供更连续的人口分布视野或类似的变量形象。正如前面所述，大多数地理信息系统软件是通过在每个报告单位之内随机置点的方法生成点状式地图的。在这种情况下，点状式地图与等值线地图相比，并没有获得更多信息。但如果这些点是按照土地覆盖状况或村庄的位置放置的，则有可能获得更为连续的变量分布图像 (见图 A.V.22c)。

为了进行模型化处理和分析，连续数据在地理信息系统内通常存储为规则的光栅网格 (见图 A.V.22d)。选择网格单元格的大小，使其足以保持数据集内的变量特征，但细腻的网络将使文件尺寸变得非常大。最后，计算机地图绘制软件以及一般图形软件有许多方法能把连续变化的数据集表示成一个表面。图 A.V.22e 中的两个例子说明的是网状框架模型和二维棒图。这类技巧在表现基于数字化标高模型的地形信息方面非常有用。有时，用这类图说明人口分布情况也很不错。在这类地图中，小山和山峰代表高密度人口聚集区，而山谷则说明该处人口稀疏。对于人口以及类似的社会经济信息，经常难以获得表面各处真实的空间分布情况。人们能很直观地理解标高的高度，但很难把表面高度与各自的变量值联系在一起。因此，一般来说，更适合的做法是多使用一些地图绘制技巧。为了便于比较，图 A.V.22f 提供了一幅报告单位不是根据数据分布情况确定的等值线地图。

图 A. V. 22. 各种表示连续性数据的地图绘制方法



C. 数据分类

以上各节讨论了地图绘制人员在地图上表示专题信息时使用的工具。地图设计者必须选择图形变量以及与该变量相适应的专题地图类型。有些实例中，符号类型与变量值之间有一对一的匹配关系。例如，在仅仅表示少量的标准类型时就属于这种情况，其中点状符号的大小近似但形状不同。然而，即使是分类数据，也经常需要用相同的图形符号表示几种具有类似数值的地貌特征。例如，单身家庭和多人家庭都可以用同样的点状符号表示。数值型的数据几乎毫无例外地需要进行分类处理，然后才能根据符号尺寸和颜色进行匹配。

将数值接近的观测值归并到一起并以相同的图形符号表示的过程叫做分类或数据分类。这个过程类似于统计工作的分类，做法是将各种数值分组，使同一种类的观测值尽量相同，不同种类的观测值尽量不同。计算机地图绘制软件提供了一些缺省方法，将符号分配给数值或数值范围。这些缺省方法可能适合、也可能不适合地图绘制变量，而最常见的情况是不适合。自动分类工具经常导致不恰当的情况出现，甚至对地图设计造成误导。因此以下段落将对一些分类方法进行较为详细的探讨。

数值型数据类别通常是相互邻接的数值范围。类别的数目取决于几个因素：数据分布情况（即数据集内数值的变化）、数据表达的预期精

确度，以及输出设备分辨细小颜色和纹理差别的能力。使用更多的类别不一定能对专题地图起到改善作用，因为它增加了观察者分辨各种类别的难度。更重要的是确定类别范畴，以便准确反映数据集的变化。

究竟哪种分类技巧更为适用取决于变量的数据分布情况。既要保持准确，又要使统一分布的地图数据集（即高、中、低三种数值的数量基本相等）具有视觉吸引力的方法对于有很多低值和少数高值的、反差极大的数据分布不会取得良好效果。

为了制作符合出版质量的地图，数据应该根据统计图表进行评估。遗憾的是，地理信息系统和桌面地图绘制软件的统计图表制作能力十分有限。不过，它们可以导出数据，供图表功能丰富的电子表格软件或统计软件使用。

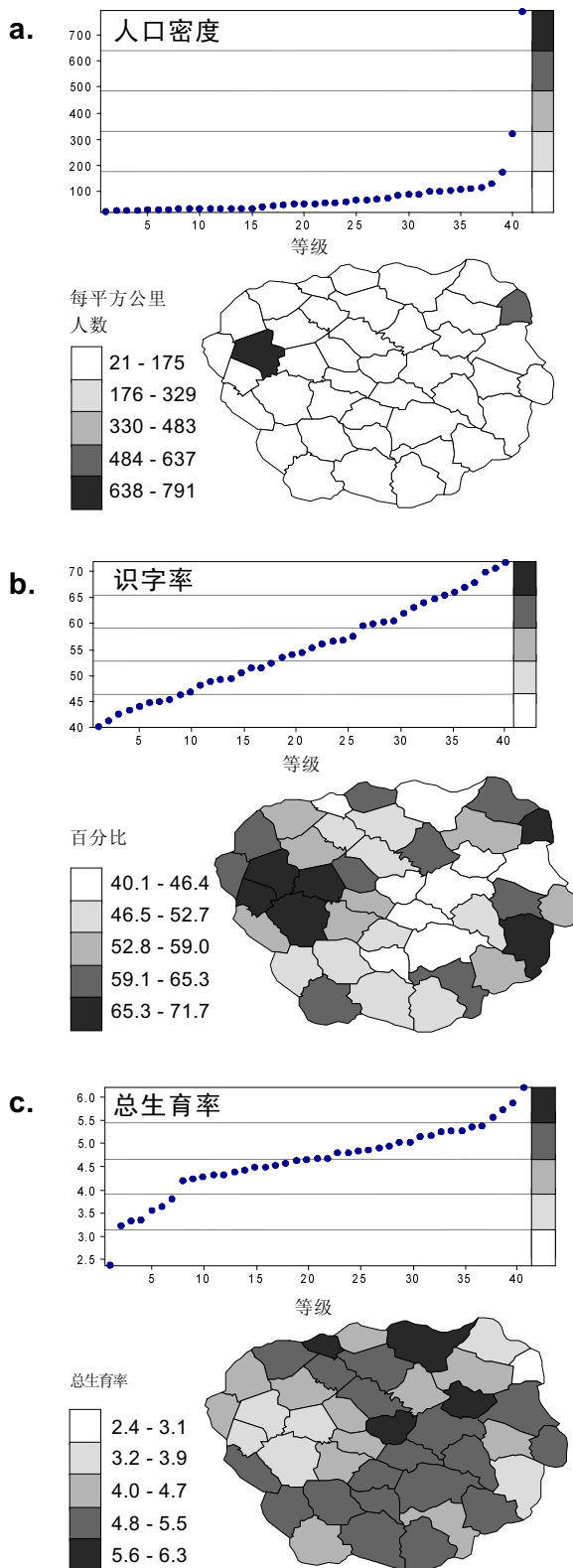
在确定分类范围时，一种最有用的图表是等级序列图。所有数据点根据数值从低到高地排列，依次绘制，x 轴表示每一个观测值的等级，y 轴表示数据的数值。相邻数据点之间的垂直间隙或自然中断是良好的分类界限，但和希望得到的类别数量相比，经常出现过多或过少的间隙。

以下几页提供了一些常用的分类方法实例，其中的三个变量具有不同的统计数据分布。人口密度变量分布得非常不平衡。其中很多小数值的范围在每平方公里 21 到大约 110 人之间，并且只有几个非常高的数值。最大的数值（791）几乎是次高值（320）的两倍半。这种现象在人口密度方面十分常见。例如，高密度区可能是农业省份的首府。第二个变量是该地区的识字率，这一数值分布相当均匀，从等级序列图的观测值线段上看，几乎是直线，没有极端的数值。

第三个变量实例是总生育率。从等级尺寸图上看，在最低的观测数值上出现激增，中间一大段激增减少，在接近右侧的地方，再次出现高位观测值激增的现象。这说明了一种所谓的正常分布，特点是过高或过低的数值均比较少，众多的观测值处于中间范围。当然，这些例子只是为了起到说明目的。在其他地理区域，同样的变量可能会有非常不同的分布状况。

这些例子说明，一幅地图的外观在很大程度上取决于分类方法，这些方法可能适合于特定的数据分布，也可能不适合。它所强调的是，在使用地理信息系统软件提供的自动分类功能时要谨慎小心。

图 A. V. 23. 相等的问题



1. 序列数据分类

最简单的分类方法之一就是把数据值范围分成相等的问题距（见图 A.V.23）。地图制图人员首先确定出需要使用多少级别。数据值的范围（用最高值减去最低值，然后除以种类数量得出增量）也叫公差。第一级的范围是从最低值到最低值加增量，随后的各级是在上一级高限范围值上加一个增量。图例中的低精度数字有时需要四舍五入。

对于人口密度变量而言，最低值为 21，最高值为 791，因此范围为 770。由于我们需要使用 5 个种类，因此公差为 770 除以 5，得 154。第一级从 21 到 175，下一级从 176 到 329，依此类推。

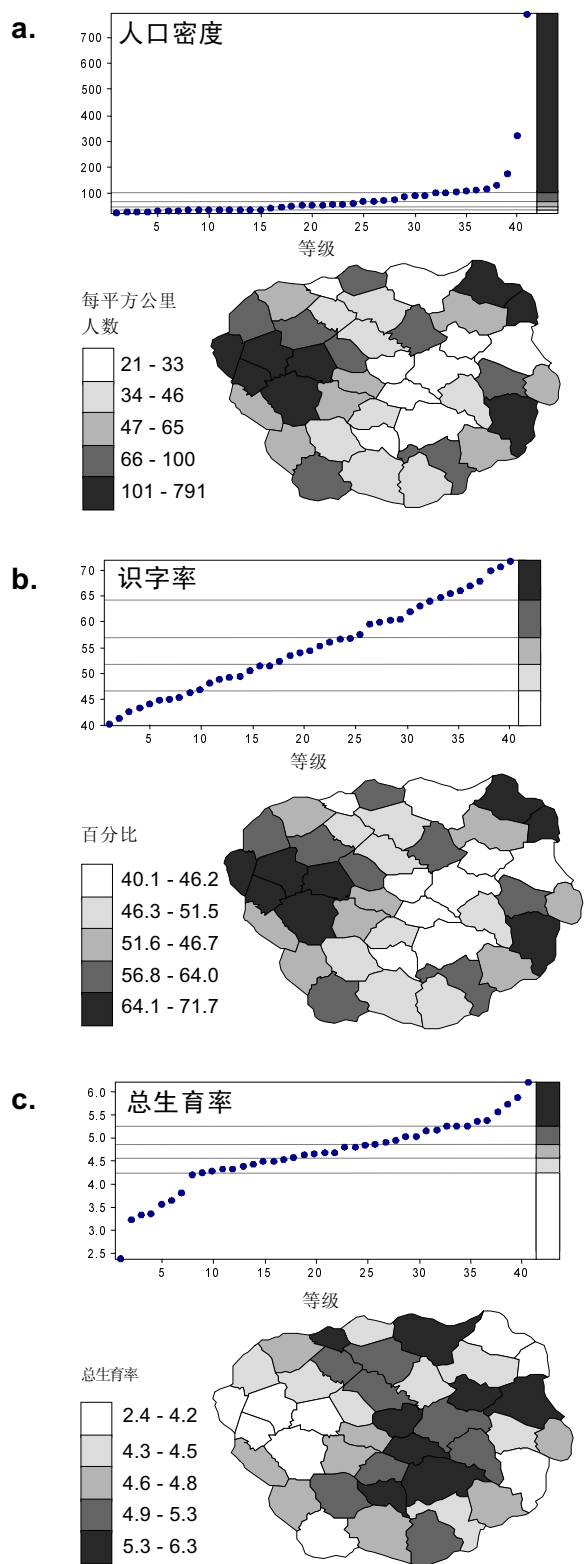
这幅人口密度地图说明了问题出现的原因。数值范围受一个非常大的数值的影响。公差过大造成第一级范围几乎包括了两个观测值。显而易见，制作这种地图没有多大意义。

然而，这个方法用于表现均匀分布的识字率则能取得比较好的效果。数据集划分后，每一级包含大致相等的观测数量，由此产生的地图能够很好地表现各地区的识字率分布情况。

最后是总生育率地图。它的问题与人口密度图相似，但没有那么严重。只有一个观测值在最低一级的范围内，整个图被中间级别范围的数值所占据。然而凑巧的是，第二和第三级之间出现中断，第四和第五级在数据分布中也出现中断。

对于序列数据分类来说，除了等距法之外还有其他的分类方法。有一种分类方法使用了几何递增原理，如 0-2、2-4、4-8、8-16 等等。这种方法适合于人口密度变量那样的大反差数据分布。

图 A. V. 24. 分位点（等频）地图



2. 统计分类法

这种分类法使每个类别中含有大致相等的地理观测值，借助于分位点的统计要领实现，即将数据集分成同样数量的观测值类别。如果有四个类别，则称为四分类，如果有五个类别，则称为五分类，如此等等。

为了确定分位点，观测值的数目根据预定的类别数目进行划分。必要时，通过四舍五入得出最接近的整数。在等级序列上，第一 n 个观测值归入第一类，第二 n 个观测值归入第二类，如此等等。所有奇数均指定给第一或最后一个种类。

分位点制图技术在很多桌面地图软件包中均可实现，因此在地图制作中十分流行。

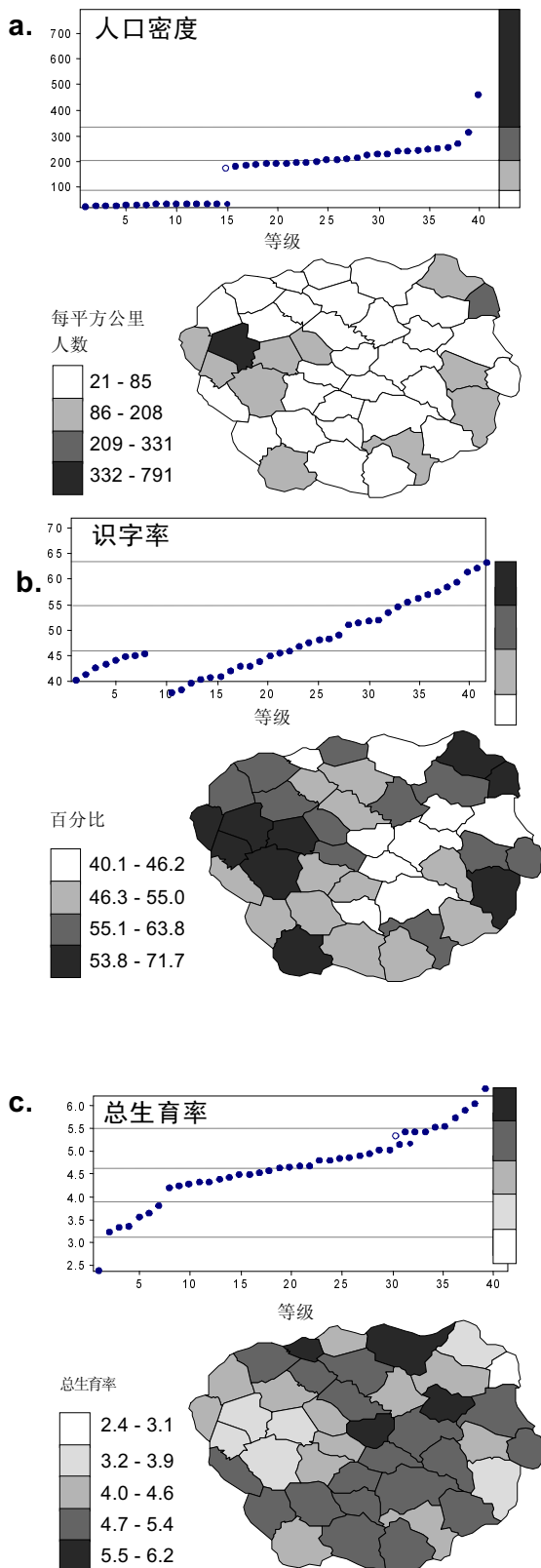
三个样例地图看上去都不错。从定义上看，各种观测值分布良好，因此所有地图均可充分利用所有灰度级。

我们来看一下数据分布情况，对于识字率来说，这种分类法似乎非常合适。事实上，这张地图看起来与等距法地图没有多大区别。

然而，在人口密度图和总生育率图中，我们可以看出，这种方法把类似的数值归入不同的类别。以总生育率为例，在最低数据组内（2.4~4.2），有两个最高值观测点与第二类的观测值比较相似。更有甚者，数值同样为 5.3 的三个观测值，一个归入到第四类范围，而另外两个归入到第五类（有些桌面地图绘制软件放松了数量观测值的判断标准，以避免出现这种情况）。

因此，使用分位点地图时也应当谨慎。常见的情况是，类似的数值归入到不同种类，不类似的数值却归入到同一种类。地图看上去虽然很吸引人，但这种印象可能造成误导。

图 A. V. 25. 标准偏差



另一种统计分类技术基于数据分布的概括性度量。一种方法是通过变量分布的标准偏差确定类别的范围。标准偏差根据方差平方根计算。方差根据数据值和总体平均值之间的平方差计算。例如，对于识字率这一变量，标准偏差值为 8.9。

地图类别以标准偏差为基础，因此可以显出具体的观测值，如将地区观测值与全省或全国平均值进行比较。

类别在平均值上减去或增加标准偏差得出。例如，识字率的平均值为 55。因此，级别范围的大小是常数，类似于等间距法。

对于识字率而言，第一个数据范围（40.1 至 46.2）与平均值来相比，是大于一个标准偏差，但是小于或等于两个标准偏差的数值，因为数据分布相当紧凑，所有的数值都在 \pm 两个标准偏差范围之内，并且只需要四个种类。如图 A.V.25b 所示，这种方法对识字率的数值分类，每个类别都有基本均匀的观测值数目，为地图带来良好的视觉对比。

可是，这种方法对于人口密度变量来说则不太适合。因为小数值很多，平均人口密度相当低（85.4）而标准偏差却相当高（124.8）。第一类别与平均值相比在一个标准偏差之内，因此实际范围在 -39.5 到 85.4 之间。另一方面，最高值（791）又高出平均值五个标准偏差之上。这样就必须分出更多的类别，而其中的大部分类别内一个观测值也没有，所以不能那样划分。要把所有高于平均值一个标准偏差的所有数值都列入同一类别中。显然，对于这个变量，标准偏差法不是良好的选择。

对于表示总生育率的变量，标准偏差法效果较好，平均值为 4.6，标准偏差为 0.8。然而，只有非常低的数值 2.4 进入最低的类别，低于平均值两个标准偏差以上。

标准偏差分类法具有直观的特点，因为它与

描述性统计技巧密切相关。如果数据分布正常，效果应该不错，方差相对较低，最多六个类别就可包括所有的数值。

标准偏差法可用于表达数据集内不同类型的趋势（见图 A.V.26 和 Dent, 1999）。图 A.V.25 中的实例采用了从浅到深的灰度等级。相对于图 A.V.26a 中所示的类别而言，这些图突出显示了人口密度、识字率和总生育率从低到高的数值递增。事实上，这就是标准偏差分类法最普通的应用。

这种方法更常用于强调离散趋势。例如表示收入水平，强调最贫困和最富裕的地区。在这种情况下，我们通过强烈的颜色和纹理指定给那些超过一个、两个乃至更多偏离平均值的地区，而把相对较浅的灰度指定给数据分布的中间地带（见图 A.V.26b）。

如果只注意偏离平均值的距离，不关心数值偏高还是偏低，那么两侧可以使用同样的颜色。如果我们需要注意数值是在平均值之上还是之下，两侧则要使用不同的颜色或纹理。例如，在一幅彩色地图中，低于平均值的类别可以指定为由浅到深的红色，而超过平均值的地方则涂成相应的蓝色。

在其他情况下，我们需要强调中间范围（见图 A.V.26c），例如 McEachren（1994）在 Fothergill and Vincent（1985）发表的对北爱尔兰地图研究结果就显示了清教徒与天主教徒的比例关系。在该地图上，数值约为 50%，这说明清教徒与天主教徒的人数大致相等。在地图中，中间等级以纯黄色强调，在天主教或清教明显占据主流的地区则以较为柔和的颜色表示（分别为绿色和橘红色）。

图 A. V. 26. 根据标准偏差等级的灰度

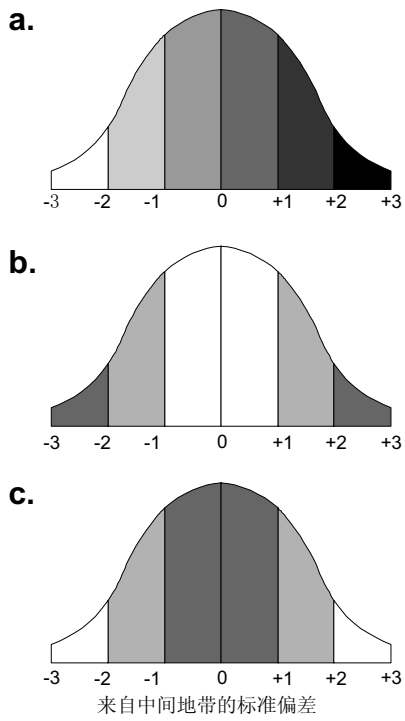
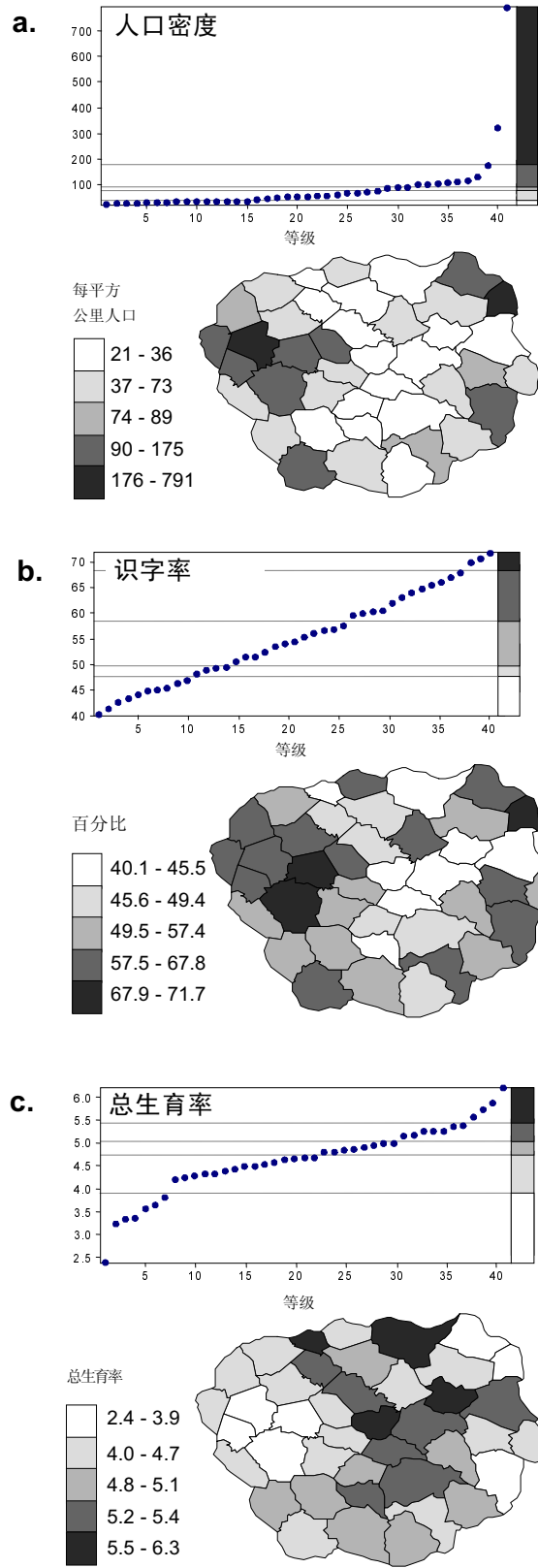


图 A. V. 27. 自然中断点



3. 自然中断

正如前面几个例子中所看到的那样,大多数方法生成的地图在变量表现方面多少都存在一些误差,得不到非常均匀的分布。经常出现把类似数值归入不同的种类或把差别很大的数值划归到一起的现象。从地图绘制的角度看,合理的数据分类方法应当把每个类别内的数值差降低到最低程度,而组与组之间差别最大。

这个目标可以实现,方法是直接观察数据的分布情况,然后选择类别的中断点。如何实现这一目标见图 A.V.27。对于总出生率的变量,这种方法十分直接,从它的分布中可以看出几个明显的中断。

然而,对其他两个变量则比较困难。对于人口密度来说,直接套用这种方法会把所有低值归入同一类别,而把较高的值放到不同的类别之中。因此需要调整,把低值范围的偏离值缩小,以求平衡。

同样,对于均匀分布的识字率变量,类别中断不是非常明显,观测值之间的数值差变化不大。

尽管有这些困难存在,但充分考虑到数据的分布特点,自然中断分类法一般能准确地表示出地图的数据,并获得良好的视觉效果。

除了依靠主观判断之外,还可以利用计算机确定自然或最佳中断点。有些地理信息系统和桌面地图软件提供这些功能,可以根据数据的分布情况自动确定自然中断点(Jenk 优化分类法)。此外,还可以统计软件的分类型或集群功能。

4. 无级别间隔的等值线图

所谓无级别间隔的等值线图并不要求制图人员选择分类方法。由于显示和打印技术的进步,计算机屏幕和打印机可以产生相当多的色调和灰度等级。对于没有类别或 n 个类别的地图来说,通过数据值本身即可直接确定出灰度等级百分比。例如对于百分比来说,可以将 0% (白色)

到 100% (黑色) 的灰度等级与每一个预测值对应在一起。尽管制作或印刷时可以生成足够数量的灰度等级,但建议最好避免使用白色作为一种灰度或颜色,因为底面的背景色就是白色。

实际上,这样做也可能得不到最佳效果。理由之一是很多变量的范围并不是从 0 到 100,仅仅把不多的数值集中在一个较小的范围内。可以通过“拉伸”数据分布的方法克服这一问题,用最浅的颜色代表最低值,最深的颜色代表最高值,这样制成的地图有利于读者阅读。

然而,一般来说,容易区别的灰度和颜色数量是有限的。连续色调方案仅为分析目的使用,一般的做法是将数据值分为不多的种类。

5. 外部数据分类

在有些情况下,分类方案是由外部给出。例如,绘制贫困程度分区地图时,制图人员使用的是平均收入的特定临界值,即所谓的贫困线,低于该线的地区则是贫困地区。还有一个例子是,分类方案已经确定,要与一幅已经印制完毕的地图进行比较,但该图的原始数据已经丢失。为了准确比较,例如比较一个国家各省的生育率,需要明确分类方法。

6. 一般性说明

从当前的简要探讨中得知,我们有很多数据归类的方法。大多数地理信息系统和桌面地图绘制软件均支持等间距、等分点、标准偏差和自然中断方法。另外,所有软件都允许用户自己定义数据分类法。

各种方法都有各不相同的优势和劣势,见表 A.V.1。究竟那一种方法最合适,取决于数据分布情况和地图的目的。一般来说,数据分布应通过统计图表进行评估,例如上面提到的等级序列图。最佳的类别数量以及最佳的中断点一般很容易找出。

应当指出的是,如果把几张地图放到一起比较(如按地区随时变化的性别比率、同一国家两

个省份安全用水地图等），各种类别之间的中断点则需保持恒定。为此，应选用户根据所有数据进行评估而自己定义的分类方案。如果目的仅是比较不同观测值随时间产生的升降，无需了解

实际数值，则可使用分位点法。例如，两幅四分法地图可以突出显示 25% 的地区最近一次和上一次人口普查的最高识字率。

表 A. V. 1. 不同分类技术的评估

分类方法	优点	缺点
等间距法	容易使用，适宜于均匀分布的数据。	在分类方案与数据分布之间没有关联。 因为类别间隔是固定的，相似的数值可能归入不同的类别，而不相似的数值可能归入同一类别。 不适合高反差的数据分布或具有界外值的数据集。
几何递增法	容易使用。 适宜于高反差的数据分布（如大量小数值和少量非常大的数值）。	必须由用户确定恰当的几何递增比。 因为类别间距是固定的，相似的数值可能归入不同类别，不相似的值可能归入同一类别。
分点（等频）法	有良好的视觉对比。 适宜于相当均匀分布的数据。	类似的或同样的数值可能归入不同的类别。
标准偏差法	适于表现集中在平均值周围的发散趋势。 可将每个类别与整体平均值联系在一起。 适宜于正常分布的数据。	高反差分布或含有界外值的数据集将导致使用大量的类别（如出现高于或低于平均值的几个标准偏差）。
自然中断法	相似的数值将归入同一类别。 类别的数目通常由中断点数目确定。	最终类别的范围可能非常不平均。 要求进行主观判断（依观察确定）。 无法对同时期的地图进行比较。

无类别等值线图法 无需定义类别之间的中断。
灰度和色调直接由数据值确定。
突出数据集内的连续数据分布。

大多数的外设只支持有限的可区别的灰度或色调。

具有不明显的灰度或色调微小差别，在复制或印刷时效果不好（如复印时）。

难以在大多数地理信息系统和地图软件包内实现。

D. 色彩选择

本附录讨论的地图实例使用的都是符号化灰度。印制黑白图和通过黑白复印机复印的地图成本低。但彩色将给予地图绘制人员更大的设计选择空间。彩色打印机价格持续下降，而且在不久的将来，会有更多的地图出现在网站或电子出版物上。因此在地图设计中，色彩将得到广泛应用。

为等值线地图定义彩色方案时，了解计算机解释色彩的原理十分有用。计算机定义色彩有几种模式。两种最常用的是色相—色调—饱和度（HVS）模式，以及红、绿、蓝（RGB）模式。色相一词指的是我们通常所说的颜色，例如“红”或“蓝”。从物理上讲，色相与反射光的频谱范围有关，可见光谱的范围从紫色开始，波长最短，然后是蓝、绿、黄、橙和红，红色的波长最长。色调也称为亮度（因此也有色相亮度饱和度之说（HLS））。色调确定的是差别，例如从淡粉与深红之间的差别，这些颜色的色相是相同的。最后是饱和度，饱和度是亮度或强度的尺度。低饱和度的颜色显得黯淡，高饱和度的颜色看起来则很纯正。

RGB 模式以不同深浅的红、绿、蓝叠加组合到一起构成新的颜色。计算机屏幕和电视机屏幕均采用 RGB 方法。三种深度相同的颜色混合后形成灰度。最低级别的红、绿、蓝混合生成黑色，最高色调的红、绿、蓝混合生成白色。

颜色的选择取决于变量的测量级别、地图类型以及制图人员想要传达的信息。人类善于区分

色相，不同色相使离散类别非常容易区别。例如，可以通过蓝色圆圈与红色圆圈对比，显示不同类型的学校。但在通过颜色区分地图符号时，必须考虑到色盲问题。色盲的人无法区别红和绿，这是最普通型的色盲，还有一种蓝黄色盲。还有一些人看不到光谱内的绿色。一般说来，不要在地图上使用红绿差别营造效果。

连续测定的变量，如人口、收入、比率或百分比等可用图形变量表示，构成特定的顺序。色调的差别（如从浅到深的同一种色相颜色）很容易联想到变量的变化程度。因此，较深的色调通常会联想到较高的数据值。例如，人口密度经常用红色调表示，低人口密度以浅红表示，高人口密度以深红表示。对于高反差的数据分布来说，色调并不与数据类别的数值直接构成比例关系。在上一节提到的人口密度变量例子中，如按照这种方法，很多非常浅的红色将指定给大量的低数值，而非常深的颜色指定给少数几个高数值。对于几何递增或类似递增方法则要使用步进式的色调差别加以表示。

如果一种分类方法包括了很多类别，打印机则很难通过容易区别的色调进行打印。这时，可将相近的色相归并到一起，得出所谓的部分光谱颜色范围。这里再以人口密度为例，可以从淡黄开始，逐步过渡到橙黄乃至大红。这里需要考虑的一件重要事情是，递增步进必须清楚，从较少的主色到较多的主色。如果地图将多种主亮色用于连续或顺序类别范围中的低值和高值，则不可能传达出明确的信息，导致观察者认识混乱。

还有一种应用是，不同色相可以适用于连续数据范围，这就是发散式数据格式。例如，一幅按行政单位列举的净移民数量地图，类别从高于负数（表示大量迁出），然后通过零点，到达一个大的正数值（表示大量迁入）。为了突出大的负数和大的正数地区（移民对人口产生了很大的冲击），可采用这样一种颜色方案，例如，从明亮的大红到浅红或粉红（表示人口迁出），然后经过白色（净人口迁移率为零），最后用浅蓝和深蓝表示最高的人口迁入率。

最后谈谈如何绘制多变量地图的问题，即如何同时表现多个变量效果。例如，一幅地图可以同时显示不同的识字率和生育率，所用的图例实

际上是识字率和生育率类别可能得出的矩形组合。制图人员必须找到一种合适的色彩方案，例如，用部分光谱相邻的色相表示不同的识字率，用色调变化表示生育率。遗憾的是，这样一幅地图很难理解。看图的人需要来回不停地查看图例，选着色彩与数据值之间的关系，同时还要分清是哪一种变量。因此，一般情况下，应该避免多变量地图。在 F 节包含一些表现地理多变量信息的变通方法。

现在回到我们刚才讨论的计量级的类型问题，表 A.V.2 概括了有关灰度和色彩的一些使用原则（还可参见 Brewer 1994）。

表 A. V. 2. 灰度级和颜色的选择

计量级		实 例	黑白图	彩色图
标称型	二值型	能否得到安全的饮用水	黑和白，或浅灰和深灰。	不同色相的强对比色，如蓝和红，黄和绿。
	类别型	主要语言（英、法、西班牙语等）	具有类似视觉感受的不同图案。	具有相同色调饱和度的不同颜色，没有任何先后顺序的暗示，如蓝、绿、黄、紫等。
顺序型		学历（小学、初中等）	顺序的灰度，各级间差别相对强烈。 纹理不同，能强调数据的顺序性更好。	某些色相或部分光谱范围，类别间的相差较大，例如淡黄、橙色、中红、深红。
离散型		家庭大小（1、2、3人）但不是平均的家庭大小	类似于顺序型数据，但家庭级之间差别较小，差别要能够分辨清楚。	类似于顺序型数据，但色调级之间差别较小，差别要能分辨清楚。
连续型	序列型	识字率（可以是0%至100%之间的任何值）	范围连续的灰度差别。灰度级与数据值可以成比例也可以不成比例。差别较小，但能够分辨清楚。	在同一色相内的连续颜色范围或同一部分光谱范围内。色调值差别不大，但仍可以分辨清楚。
	发散型	性别比率（低于1=女多于男；高于1=男多于女）	必须运用纹理/图案的差别。一侧灰度填实，另一侧使用纹理差别，可达到较好的效果。	自然色（白或灰）在中间，范围连续两种不同色相在两侧。如从浅到深的橙色用于低于1的数值，而从浅到深的绿色用于高于1的数值。

E. 地图图例的设计

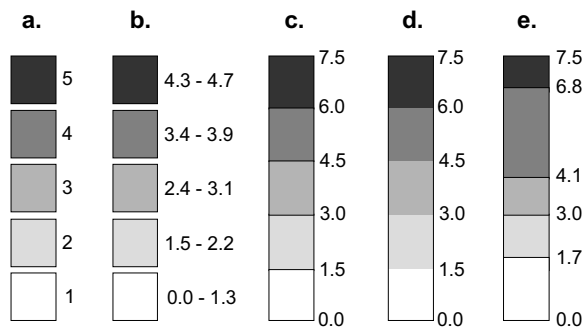
计量级可以反映在图例的设计中，图例提供数据值或数值范围的基准和使用的图例符号。地理信息系统和桌面地图软件有内置的图例设计功

能，能满足大多数应用的需要。然而，对于更仔细的设计需要，不论缺省图例在地理软件的版面模块内，或在外部图形软件中，我们均可修改。

图 A.V.28 列举了一些实例。对于类别数

据, 每个图例方格应保持独立 (见图例 a)。同样, 对于不连续的类型范围, 例如类型上限和类型下限之间有一个间隙时可用这种方式强调 (见图例 b)。但在一般情况下, 应该避免使用这类的图例。连续的图例方格强调变量的连续性, 例如比率或密度 (见图例 c)。为了进一步强调数据的连续性, 每个类别方格不必用框线封闭起来 (见图例 d)。对于连续的变量, 常有不规则的类型范围夹在其间, 见图例 e。

图 A. V. 28. 灰度地图内不同类型的图例

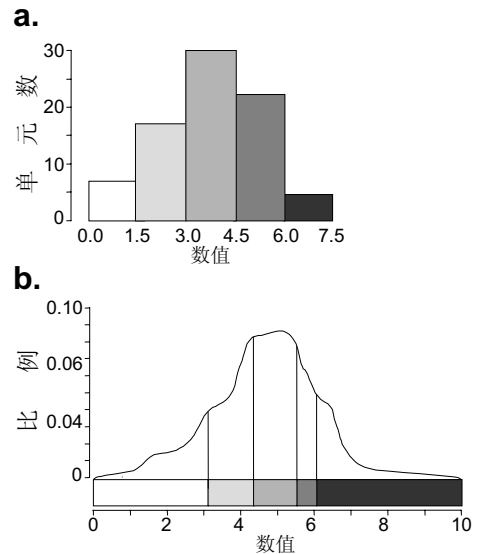


在图 A.V.28 中, 最后三个图例表示的是中断点而不是数据范围。当通过数据范围代表连续性分布时会遇到这样的问题, 同一个数据值出现在两个类别中: 例如, $0-10$ 、 $10-20$ 、 $20-30$ 。可以通过使用“小于号”解决这个问题, 使每一个值只出现在一个类别中, 写成 $0-<10$ 、 $10-<20$ 、 $20-30$ 。对于一端开放的类别, 可将“大于或等于”符号写成 <10 、 $10-<20$ 、 ≥ 20 。

图例也可以与统计图表集成在一起, 用统计图表概括变量数据的分布。把直方图中的条形涂成相应的颜色是常用的一种手段 (见图 A.V.29a)。如果各类的范围不完全相同, 直方图中的条形可以画成宽度各异的条。如果地理软件不支持直方图, 可以在图形程序中先行设计好, 或从电子表格软件或统计软件中制作出来后导入。有两种确定条形密度的方法。一个比较方

便的办法是使用地理单元的数目, 将地理单元纳入到该类别。有些桌面图软件把属于每个类别的单元数量显示在图例之内。这种方法有时会出现问题。例如地区的人口数差别极大。这时可放弃单元数量, 用棒图表示每一密度范围内的人口数量。当然, 这样一来, 直方图的形状会产生很大不同, 需要在地图上清楚说明数据处理方法, 或在配套的资料中加以说明。

图 A. V. 29. 用图例显示统计数据的分布



统计软件也可以通过密度计算图表现更连续性的数据分布情况 (见图 A.V.29b)。在密度曲线下的表面积总和为 1, 因此每一单项数据值的大致频率可从图中看出, 在美国人口死亡率图册中就采用过这种类型的图例 (见 NCHS, 1997)。

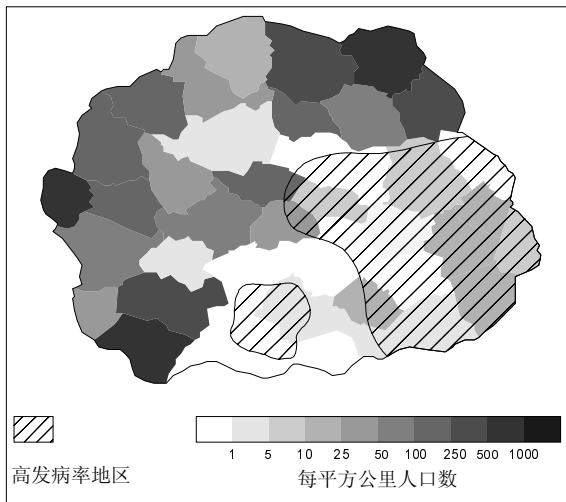
F. 说明问题的地图

1. 多变量地图

除少数例外, 前面的例子讲的都是每次显示一个变量的情况。这种方式在人口普查地图册中使用得最普遍。有时出于分析和搞清楚变量之间

关系的目地，也需要同时显示两个变量。在讨论颜色选择一节中有过希望通过复杂的色彩方案同时显示两个变量的实例，但地图看起来难以理解。还有一种变通方法前面也提到过，就是将图案放到涂色的等值线图的透明背景之上。如果重叠变量只有少数几种，或干脆是二值变量（如是/否），会取得很好的效果（见图 A.V.30）。

图 A. V. 30. 将实色和填充线符号组合在同一地图上表现两个变量

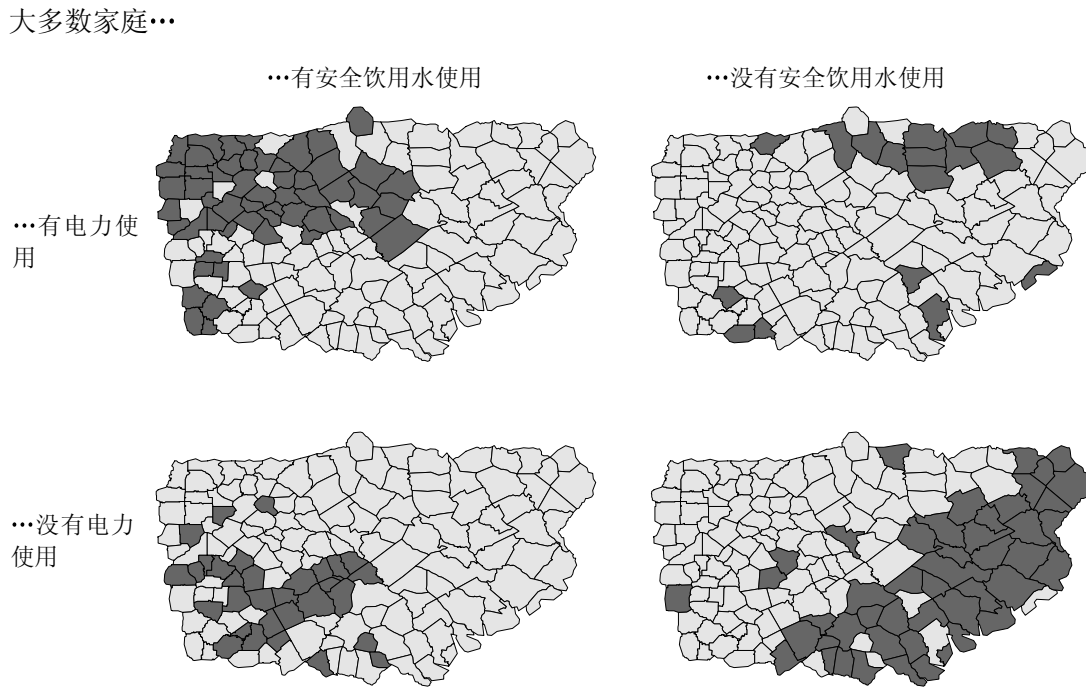


在统计数据分析中，仅就两个范畴变量中的少量数值分析时可采用交叉式的表格。这种表格也称关联表。一个双向表格的行与列表示两个变量的范畴，单元格内显示取自每个变量相应值的观测值。这种安排方式便于快速判断变量之间的关系。例如，可以把住房普查得出的两个变量转换成两个二值变量，用以说明该地区大多数家庭是否能享受到公共设施服务。这两个变量一个是有安全饮用水的家庭的百分比，另一个是有电力可使用的家庭的百分比。交叉表大致如下：

大多数家庭……			
	…有安全 的饮用水	…没有安 全的饮用水	总计
…能够使 用电力	55	17	72
…无法使 用电力	31	48	79
总 计	86	65	151

如果要表达这种地理信息，可以制作一幅具有四个类别的地图：每个类别代表交叉表内的一个单元格，但四个类别之间没有自然的先后顺序，读者很难发现地图图案的差异。一种更好的方法是，把双向表格直接转换成地图式表达手段。图 A.V.31 显示了一幅与双向表格等价的地图。每一幅地图相当于双向表中的一个单元格。这种地图不要求有统一的图例，因为灰度着色已能清楚地说明所需表达的区域。

图 A. V. 31. 与双向表格等价的地图



即使在一张很小的、大约三分之一页面的地图上，图案也能取得十分明显的效果。西北部的绝大多数地区均有安全饮用水和电力使用，而东南地区的大多数家庭则没有。在交叉表格中，非对角线的单元格通常是最有意义的。在某些东北地区，大多数家庭没有安全饮用水，但有电力使用。而西南地区的情况恰恰相反。

这种方法还可以扩大到更为复杂的表格，例如，一个变量取决三个值（如低、中、高），而另一个变量只包含两个类别。这种图没有必要画得很大。即使有很多地理单元（本例为 151 个地

区），小图也足够说明问题，因为只有两种颜色或灰度。

2. 小型多幅地图

用多幅地图编排数据也可有效地表现动态信息。图 A.V.32 根据四次连续人口普查图形说明人口的增加情况。人口密度图说明何处人口增长得最快。为了便于跨时间进行比较，类别的界限在所有的图上必须相同。也就是说，不宜采用基于数据分布的分类方案（如自然中断法）。人口密度图配有三幅小图，说明普查间隔期间的年人口平均增长率。

图 A. V. 32. 小型多幅地图——说明随时间产生的变化

1965-1995 年的人口状况

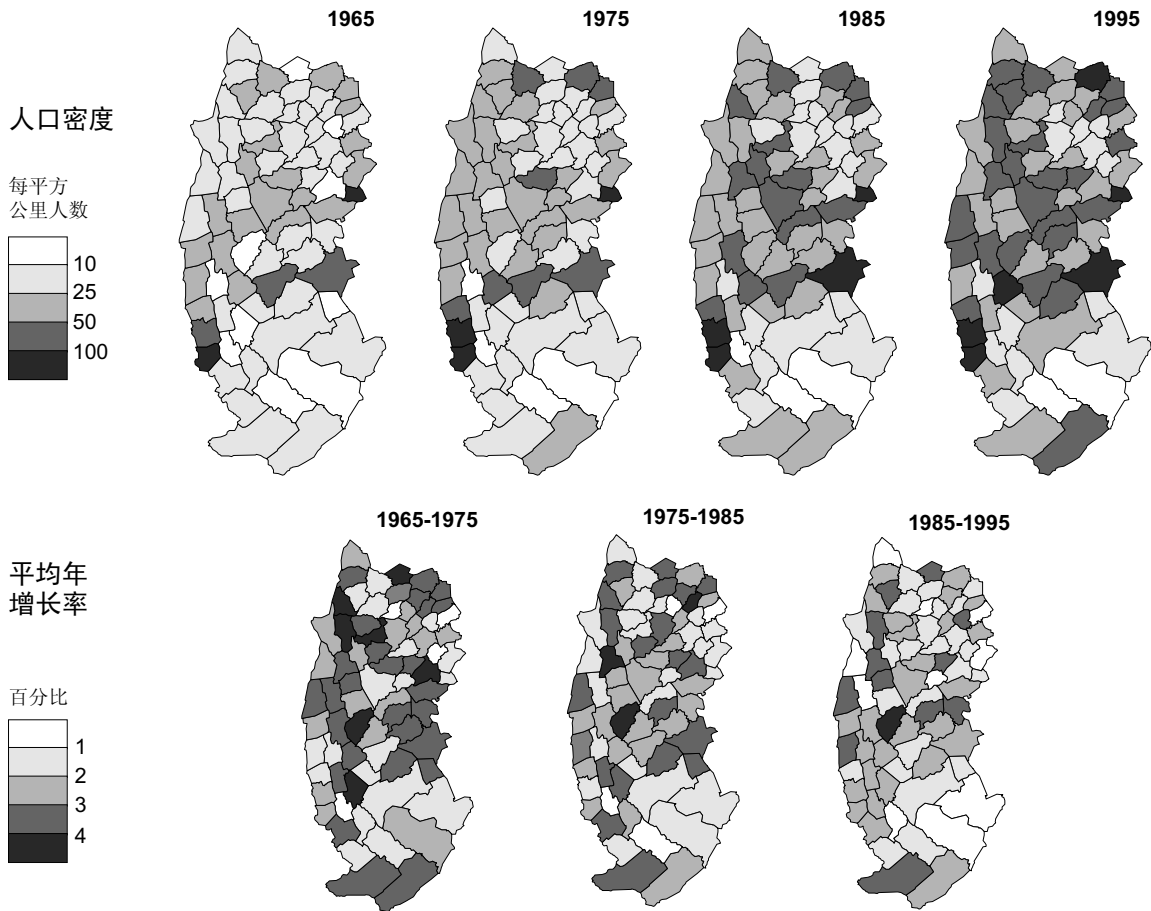


图 A.V.32.中显示的那些地图，术语上叫做小型多幅地图（Bertin，1983；以及 Tufte，1983）。同样的地图设计也可反复使用，用于表示每年或每一亚人口群发生的变化。由于所有的地图设计完全相同，观察者很容易迅速地理解其中的含义。因此地图设计者可以通过这种方法表示原本无法表示的更高密度的信息。通过小型多幅地图表达其中的关系，比把它们塞进一张复合地图上好得多。因为，即使复合地图上有许多复杂的图例，也很难阐述清楚。

另一个使用小型多幅地图的例子参见联合国（1997a）图 4.8。其中以 5 年为一个年龄组说明出尼泊尔境内 75 个地区的性别比率。整套图形包括 17 个小图，各种类别以性别比例平衡点为中心。在这幅地图的彩色版中，不同深浅的红色表示女性的冗余数，蓝色表示男性冗余数。黑白版采用实色灰度等级代表女性冗余数，不同密度的点代表男性冗余数。显然，颜色增强了地图表达信息的效果。虽然信息量很大，它们仍能很容易地迅速读懂，因为类似数值集中在一起十分醒

目。很明显，如果想从一份包含 1,275 项（17×75）数值的表格中获取同样的信息，和地图相比，使用表格要困难许多。事实上，这幅尼泊尔

地图所显示的那些明确趋势，正是移民活动随着人们的生活在这些地区造成的结果。

附录VI. 专业术语

准确度 (Accuracy) —— 抗误差程度。测量结果或表达数值与实际、客观存在的数值的吻合程度。在地理信息系统项目中，首先要做的一部分工作是要确定可接受的准确度的具体要求，并且制定出准确度的标准。不可将准确度和精确度混为一谈。后者系指在测量工作中区分微小数量的能力。例如，一个点的位置可以精确地测量到，例如小数点后 5 个有效位，但也许无法准确地进行测量（例如，可能偏离其实际位置好几米）。

地址 (Address) —— 分配给某个住宅单元、商用建筑物或其他任何建筑的号码或类似的标志。地址主要用于邮递服务，但对于行政管理也很重要。例如，在公民登记系统和人口普查中就要使用地址。

地址匹配 (Address matching) —— 利用街道地址，将一般属性信息匹配到一个街道网络的地理位置上。例如，将一个表格上的地址登记号码匹配到一幅综合性数字街道图上可以生成一个地理信息系统点层，从而显示出每个住户的位置。地址匹配有时也称为“地理编码”。

行政单位 (Administrative unit) —— 行使管理和行政功能的地理区。行政单位通常是通过法律行为确定和建立的。

航空摄影 (Aerial photography) —— 从空中平台（通常为低空飞行的飞机）拍摄照片的技术。有时也称为垂直摄影或正射摄影。航空照片可用于高准确度的摄影测量绘图。

航空测量 (Aerial survey) —— 借用航空摄影或其他遥感技术进行的制图测量。

美国信息交换标准编码 (American Standard

Code for Information Interchange (ASCII) —— 为便于在计算机之间和跨越操作系统进行字母数字数据和特殊字符交换而开发的计算机编码。每个字符都被赋予了一个字节编码，即 0—255 之间的一个值。

注释 (Annotation) —— 用来在地图上标定地理特征的文本。注释可以储存在地理信息系统内，并可以绘制在地图上并进行显示和打印。与属性表中的文本信息不同，注释仅用于制图显示而不用于进行分析。

弧 (Arc) —— 见“线”。

区域 (Area) —— 地球表面有一定界线的二维空间，它在地理信息系统中表现为一个多边形。

区域插值 (Areal interpolation) —— 将一个属性特征从一组报告区向另一组不兼容的报告区的转移。例如，根据区域人口的地理信息系统数据集对生态区内人口总数进行的估计即属于此种转移。

区域单位 (Areal unit) —— 一个常用于编辑和报告组合数据的自然或人工区域。例如土地覆盖区或点查区即为“区域单元”。

属性 (Attribute) —— 地理特征的特征。例如，可以连接到地理信息系统地理目标上的相关数据库表格中所储存的数字信息域或文本信息域即为“属性”。一个点查区的属性可以是该区独特的标志符、以平方公里为单位的面积、总人口数或者住户数量等。地理属性与一般属性有时是有差别的。前者储存在与地理坐标文件紧密相连并含有多个信息域（如内部标志符、要素编码和面积等）的数据表格中。而一般属性则通常储存在可以与地理属性表格相连

的单独数据表格中。

自动绘图/设备管理 (Automated mapping /facilities anagement(AM/FM)) —— 地理信息系统在主要解决工程和维修问题的公共事业和公共工程领域的一种应用。

频带 (Band) —— 多光谱遥感图像的一个分层，它可以显示在一定电磁波谱范围内测得的信号。参见“多光谱图像”。

弧秒 (Arc second) —— 经度或纬度的一秒，或者一度的 1/3,600。

带宽 (Bandwidth) —— 可以通过通信连接进行转换的数字数据的数量。

基本数据 (Base data) —— 见“框架数据”。

底图 (Base map) —— 显示可用做位置参考的基本地理特征的地图。典型特征包括道路、行政区边界和住宅区。底图用来编辑新的地理资料，也可以作为显示专题地图信息时的参考。

基站 (Base station) —— 全球卫星定位系统的数据接收站，其位置已被准确、精确地测定，它可以为移动式或全球卫星定位系统接收器播送和（或）收集差分校正信息。参见“差分全球定位系统”。

二进制 (Binary) —— 由两个数字组成或表示两个数字的数学进位制，如二元变量（例如“是”与“否”）中的一样。二进制同时也是计算机的一种编码形式，这种编辑的基础是只采用两个数值（0 和 1）且被称为“二进制数位”的具体信息。

比特、位 (Bit) —— 表现为 0 或 1 数值的二进制数字。

边界 (Boundary) —— 能够限定面积单元的范围或者两个区域交汇位置的一条线。边界在地理信息系统中表现为一条线，这条线可以定义为多边形的一条边。在地面

上，边界可以是看得见的，也可以是看不见的。也就是说，边界可以是实实在在的特征（如道路和河流），也可以仅仅由地理坐标确定。

每秒位数 (Bits per second(BPS)) —— 数字通信网络中表示传输速度的一种量度。

缓冲区 (Buffer) —— 地理特征（点、线或多边形）周围一定距离内的区或带。缓冲区运算是地理信息系统的基本性能之一。

字节 (Byte) —— 一个由 8 个二进制数字或数位构成、可通过计算机程序的进行处理的单元组。千 (K) 字节大体由一千个字节组成，兆 (M) 字节由一百万个字节组成，吉 (G) 字节由十亿个字节组成。

地籍信息 (Cadastral information) —— 为司法和税务目的而对土地所有权方面的过去、现在和将来的权利与利益进行描述的记录。地籍图可以显示土地区块的地理位置和范围。现在许多国家在进行地籍测量时都使用地理信息系统来存储这种信息。地籍信息也称为“土地标题信息”。

笛卡尔坐标系 (Cartesian coordinate system) —— 二维空间呈直角相交的直线坐标系。笛卡尔坐标系可以提供一个框架，将位置以 x/y 坐标的形式精确定位。

统计地图 (Cartogram) —— 根据报告单位内记录的变量值将这些单元换算后绘制出的地图。统计地图也称为“变量值与面积关系图”。

制图广义化 (Cartographic generalization) —— 通过减少地图体现细节抽取实际地理特征的过程。这一过程包括挑选、分类、简化和符号化。

制图法 (Cartography) —— 对地球表面某一部分进行二维化表达的艺术和科学。被表达的特征可能是真实的目标（绘制地形图），也可能是一些概念和更抽象的特征

(绘制专题地图)。

人口普查地理框架 (Census geographic framework) —— 人口普查机构在进行人口普查计数和数据制表时所用的地理信息收集和报告单位。该框架包括人口普查和行政单位的分级谱系结构、表示符号和编码, 以及不同单位之间的关系。

中央子午线 (Central meridian) —— 制图投影中定义 x 坐标原点的经线。

矩心 (Centroid) —— 一个多边形的数学中心。对于形状不规则的多边形而言, 矩心可以看做是“重心”。

链 (Chain) —— 见“线”。

通道 (Channel) —— 捕获卫星信号的全球卫星定位系统接收器中的电子组成部分之一。多通道接收器可以同时捕获和处理几个卫星发射的信号。

导航图 (Chart) —— 主要用于海上和空中导航用的图, 如航海图和飞行导航图。

等值线图 (Choropleth map) —— 将报告单位中记录的数值分配给许多分散类别或类型的统计图。可利用为每个类别选用的符号 (颜色或图案) 将这些报告单位隐蔽起来。

分类 (Classification) —— 将目标划分成具有相同或相似特征的组的过程。在制图学上系指将符号分配给相似或具有相似值的地图特征。分类是用来简化地图以改善制图员的信息沟通。

交换站 (Clearinghouse) —— 从国家空间数据基础设施的意义上说, 交换站是汇集和传播地理信息系统数据和元数据的仓库。

客户端 (Client) —— 使用存储在另一台 (通常为远程的) 计算机或服务器上的数据或软件的计算机称为客户端。

代码 (Code) —— 用于标记地理目标的字母

数字符号。代码还可用来标记属性类型如人口密度、土地利用等级或各种产业等。参见“地理代码”。

颜色模型 (Colour model) —— 在计算机内用数字表达颜色的方法。例如, 在 RGB 颜色模型中, 颜色是用红、绿、蓝的数值级别来表示的。例如, 纯红被定义为 255, 0, 0。其他颜色模型还有 HLS (色度、亮度、饱和度) 以及 CMY (青、品红、黄) 模型。

分色 (Color separation) —— 针对四种颜色 (青、品红、黄、黑) 中的每一种将图形文件分解成独立页面或文件的过程。分色是大多数专业印刷过程的基础。

列 (Column) —— 在地理信息系统的网络或光栅数据库中纵向排列的一组单元或像素。在数据库管理系统中, “列”是属性表格中的一个域或条目。

计算机图形元文件 (Computer graphics metafile (CGM)) —— 用于图像或向量数据交换的一种标准文件格式。

计算机辅助设计 / 计算机辅助设计和制图 (Computer-aided design/computer-aided design and drafting (CAD/CADD)) —— 为制图和设计, 特别是为工程学和建筑学领域提供工具的软件系统。CAD 系统采用图解坐标系, 因此与地理信息系统类似。

共形投影 (Conformal projection) —— 一种在每一个点上都正确保存了所有角度的制图投影。

连接性 (Connectivity) —— 在地形式的地理信息系统中, 两条或多条曲线在一个单一点或节点上的性质。

邻接 (Contiguity) —— 两个或多个地理特征彼此相邻或毗连。

连续地理现象 (Continuous geographical phe-

- nomena**) —— 在发生变化时, 无明显间断或中断的地理变量, 如温度和大气压。
“连续地理现象”与“离散地理现象”是相对的概念。
- 等高线 (Contour)** —— 在地图上将高度相等的点连接起来的线。参见“等值线”。
- 控制 (Control)** —— 见“大地控制”。
- 控制点 (Control point)** —— 在地图或航摄照片上, 或在数字数据库中, x , y 坐标 (可能还有高度) 上的一个已知点。控制点用来对地图特征进行地理学方面的登记。
- 控制部分 (Control Segment)** —— 系指全球定位系统监测网络和控制站, 以确保卫星信号的准确性。
- 坐标 (Coordinate)** —— 在二维或三维系统 (例如 x/y 或者 $x/y/z$, 其中 z 代表高度) 中描述一个点的位置的两个或三个数值。二维坐标有时称为“成对坐标”, 三维坐标有时称为“三联坐标”。在地理信息系统数据库中, 坐标代表地球表面上相对于某个其他地点的位置。
- 坐标几何学 (Coordinate geometry (COGD))** —— 土地测量员在对位置进行精确测量中所用的术语。
- 坐标系 (Coordinate system)** —— 在地图上或地理信息系统数据库中用来标定位置的基准系统。制图坐标系通过地图投影、基准椭圆、中央子午线、一条或多条纬线、可能还有 x 和 y 的坐标值更改等确定。
- 覆盖层 (Coverage)** —— 在地理信息系统中, 覆盖层有时指一个向量数据集, 在这个数据集中包含属于单一专题, 如人口普查单位或道路的地理特征。
- 数据捕获 (Data capture)** —— 将硬拷贝源的地理坐标数据或者借助信息域测量转换为计算机可读取格式的过程。数据捕获通常包括纸质地图或者航摄照片的数字化处理或扫描。
- 数据转换 (Data conversion)** —— 将数据从一种格式转换成另一种格式的过程。通常情况下, 数据转换系指将纸质地图信息转换成数字形式。从广义上说, 地理数据转换还包括将数字信息从一种地理信息系统文件格式到另一种地理信息系统文件格式的转换。
- 数据字典 (Data dictionary)** —— 描述数据库内容的数据目录。信息是围绕着属性表格中的每一个信息域以及属性表格的格式、定义和结构编排的。数据字典是并数据信息的一个重要组成部分。
- 数据格式 (Data format)** —— 通常指软件系统内特定的、可能获有专利的一套数据结构。
- 数据模型 (Data model)** —— 系指用户对一个可以描述数据库各个实体及其彼此关系的数据集所进行的概念化设计。
- 数据集 (Data sets)** —— 系指涉及单一专题的数值或数据库的目标逻辑加总。
- 数据标准化 (Data standardization)** —— 在共用的数据定义、格式以及各种数据层和数据要素的表达和结构等问题上达成一致的过程。
- 数据结构 (Data structure)** —— 数据模型的执行。这种数据模型由许多用来代表各种地理特征的文件结构组成。
- 数据类型 (Data type)** —— 属性表格中列的信息域特征, 例如字符、浮点以及整数等。
- 数据库 (Database)** —— 系指彼此相关并作为一个单元管理和存储的信息逻辑加总 (例如在同一个计算机文件中)。数据库和数据集这两个术语常常可以互换使用。地理

信息系统数据库含有实际地理特征的位置及其特点的信息。

数据库管理系统 (Database Management System (DBMS)) —— 设计用来对格式数据进行管理和操作的软件包。该系统可用于数据的输入、存储、操作、检索和查询。多数地理信息系统都使用相关的数据库管理系统来管理属性数据。

基准 (Datum) —— 制图学上定义坐标系的一套参数。具体而言，基准是测量和计算的参照物和基础。例如，一个国家的制图基准可以为该国的制图工作提供参照框架。

差分全球卫星定位系统 (Differential GPS (DGPS)) —— 在一个已被准确和精确确定的位置上，通过计算第二个全球卫星定位系统接收站（基站）的信号误差偏移量，以提高全球卫星定位系统捕获坐标的准确度的一套技术。对于由移动式装置捕获的坐标可以采用校正系数进行校正，校正的方式既可是实时的，也可以采取后处理方式（即利用经过时间标定的校正信息数据库）。在世界上某些地区，差分校正信息是从一系列永久性基站连续播送出来的。

数字化高度模型 (Digital elevation model (DEM)) —— 地球表面某一部分的高度信息的数字表达。数字高度模型通常是一个栅式数据集，数据集中为精细网络的单元存储了变程值。但也可以用向量格式储存变程。数字变程模型有时也称为“数字地形模型” (DTM)。

数字化正射照片 (Digital orthophoto) —— 通常是具有极高的分辨率并经过几何校正的数字化图像或航摄照片。数字正射照片也称为正射影像，它兼顾了航摄照片的清晰度和地形图的几何准确度。

数字化地形模型 (Digital terrain model

(DTM)) —— “数字化高度模型” (DEM)。

数字化表格 (Digitizing table) —— 用来从纸图或类似的制图资料中捕获坐标数据的计算机外围设备。数字化表格也称为“数字化仪”。

数字化处理 (Digitizing) —— 将纸质地图上的地理特征信息转换成数字化坐标的过程。数字化处理一般指利用能够捕获坐标并将其存储在地理信息系统数据库中的鼠标状光标，在连接数字化表格的纸图上进行人工描线的过程。

离散地理特征 (Discrete geographical features) —— 容易区分开的单个实体，例如房屋或道路。离散地理特征和连续地理现象是两个相对的概念。

分解 (Dissolve) —— 地理信息系统的功能之一，能将相邻的、对于特定属性来说具有相同值的多边形边界进行删除。例如，点查区多边形可以按其监控单元编码进行删除，从而产生监控图。

点图 (Dot map) —— 把数量或者密度用点表示出来的地图。一般情况下，每一个点都代表着确定好的离散目标（如人或者牲畜）数量。这些点可以随机布置在报告单位内，或用来说明变量的真实分布前情况。

图形交换格式 (Drawing exchange format, (DXF)) —— 由加利福尼亚索沙利托的 Autodesk Inc.公司开发的、用于描述图形或图案的 ASCII 格式。这种格式在开发之初是为了用于计算机辅助设计，现已变成地理信息系统数据交换的一种标准。

边缘匹配 (Edge-match) —— 地理信息系统中的一种手工或自动化编辑技术，可将相邻图幅中数字化的共用地理特征匹配在一起。边缘匹配是一种必要的技术，例如，

- 当几幅分别进行了数字化处理的地图进行拼接后，就必须采用这种技术将道路或者行政单元的边界连接起来。
- 椭圆球体 (Ellipsoid)** —— 在制图学上用以代表地球的三维形状。地球椭圆球体从中心到两级的距离（半短轴）要小于从中心到赤道的距离（半长轴）。椭圆球体也称为“旋转椭圆球体”。
- 实体 (Entity)** —— 某种类型的真实现象。在数据库管理系统中，系指共享相同属性的目标（例如人或住所）的加总。实体是在数据库初步设计阶段确定的。
- 实体关系模型 (Entity-relationship model)** —— 定义实体及其彼此关系的数据模型（例如，定义点查区与监控区之间的关系）。
- 点查区 (Enumeration area)** —— 用以汇总、编辑和传播人口普查信息和通常为最小的地理单位。点查区可以用草图上或者地理信息系统数据库中所描述的边界确定。这些边界在地面上可以是可见的，也可以是不可见的。点查区也称为“人口普查区块”或“人口普查区”。
- 等面积投影 (Equal area projection)** —— 一种制图学投影，投影时所有的区均按照与其实际地区的正确比例进行显示。
- 赤道 (Equator)** —— 制图学上的一条基准纬线，即南北纬度均为 0° 的纬线。
- 等距离投影 (Equidistant projection)** —— 沿着图上一条或多条曲线或从图上一两个点到所有其他点始终保持一定比例的一种制图学投影。
- 地理特征 (Feature)** —— 图上显示的或在地理信息系统数据库中存储的地理目标。地理特征可以是自然特征，也可以是人造的真实目标（一条河或一个住宅区）；同时也可以是想象的或定义的特征（如行政区边界）。
- 域 (Field)** —— 数据库表格中的列。
- 文件传输协议 (File transfer protocol (FTP))** —— 数字通信系统（如因特网）中交换计算机文件的一套标准。
- 流动图 (Flow map)** —— 显示人员或货物等沿一条线性轨迹运动的图件。
- 外关键字 (Foreign key)** —— 在相关数据库管理系统内，一个表格中所含的可识别另一表格“行”值的域或条目称为外关键字。通过确定相关数据库两个元素之间的关系，可以用外关键字将两个表格连接起来。外关键字是另一表格中的主关键字。
- 框架数据 (Framework data)** —— 系指在国家地理信息系统活动中所用的一套通用用途的地理专题或基本数据，例如行政区的边界、高度或者交通基础设施等。提出框架或国家空间数据基础结构这一概念的目的是为了协调一个国家框架数据的地理信息系统数据集的开发和标准化工作。
- 地名索引 (Gazetteer)** —— 地名及地理位置（通常为经纬度）清单。
- 广义化 (Generalization)** —— 见“制图广义化”。
- 地理编码 (Geocoding)** —— (a) 一种根据地址确定一个点位置的地理信息系统功能，参见“地址匹配”；(b) 在数字数据库中将地理代码分配给地理特征的过程。
- 大地控制网 (Geodetic control)** —— 由经过精确和准确测量的控制标志或参照标志组成的一个网络。这些标志可作为新位置测量的基础。大地测量网也称为“基准点”。
- 地理属性文件 (Geographic attributes file)** —— 与存储在地理信息系统坐标文件中的空间

目标紧密相连的一个数据库表格。地理属性文件或表格含有每个地理特征的特定信息，例如该地理特征的标志符、名称和表面积。某些系统中，这种文件也称为点、线或多边形属性表。存储在外表中的数据可以通过相关的数据库操作接起来。

地理代码 (Geographic code) —— 指定给一个法定单位、行政单位、统计单位或者报告单位的一种独特的字母数字标志符。

地理数据库 (Geographic database) —— 与地球表面位置有关的地理特征数据的逻辑加总。

地理谱系 (Geographic hierarchy) —— 在人口普查地图绘制过程中，将用于行政管理或数据采集的面积单元按通行方式套叠在一起的系统。例如，一个国家可分为若干个省，省又可再分为若干个区，以此类推直至最低的级别，这个最低级别可能就是点查区。参见“人口普查地理框架”。

地理信息系统 (Geographic information system (GIS)) —— 将计算机硬件、软件、地理数据和人员数据组合在一起的一套系统，用于获取、存储、检索、更新、处理、分析以及显示地理参考信息。

地理目标 (Geographic object) —— 由用户确定的、可以在地理数据库中进行表达的地理特征或地理现象，例如街道、土地区块、水井、湖泊等。

地理基准文件 (Geographic reference file) —— 一种以表格式存在的主文件，列有与人口普查和测量数据采集有关的所有地理实体的名称和地理代码，可能还包括其属性。

地理相符 (Geographically coincident) —— 两个或两个地理特征共用同一个位置或同一条边界的性质。例如，有些报告单位或统计单位同时也可能是行政管理单位。

地理基准 (Georeferencing) —— 确定页面坐标与实际坐标之间关系的过程。进行数字化处理后必须进行地理基准工作，例如将以数字化单位（如厘米或英寸）量度的页面坐标转换或用来绘制原始图件的实际坐标系。

地理空间的 (Geospatial) —— 一个有时用来描述地理信息或空间信息的术语。

地理静态卫星 (Geostationary satellite) —— 在地球表面一个点的上方保持固定位置的地球卫星，也称为“地球同步轨道卫星”。

地理标记图像文件格式 (Geo-TIFF) —— 见“标记图像文件格式”。

全球轨道导航卫星系统 (Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS)) —— 由俄罗斯联邦管理的、与美国的全球卫星定位系统相当的导航卫星系统。该系统与全球卫星定位系统非常相似但两者无法换用。有些接收装置将全球卫星定位系统和此系统的信号结合起来使用以提高坐标准确度。

全球卫星定位系统 (Global Positioning System (GPS)) —— 由绕地球运行的、发射用来准确测定地球表面地理信号的 24 颗卫星组成的系统。全球卫星定位系统广泛用于野外测绘、测量和导航。全球卫星定位系统由美国国防部管理。参见“差分全球卫星定位系统”和“全球轨道导航卫星系统”。

政府单位 (Governmental unit) —— 见“管理单位”。

分级符号 (Graduated symbols) —— 在专题制图学上，用来代表一个点或者一个报告单位内变量级的符号（如圆圈或正方形）。符号的大小与变量值成正比。

可交换图像文件 (Graphic interchange file)

- (GIF)** —— 一种图形图像的文件格式，最初的开发目的是要借助电子公告牌传输图像。利用这种文件格式可以有效地压缩文件尺寸。目前网页上大多数图形图像均采用这种格式。
- 格线 (Graticule)** —— 系指制图学上绘制在图上的、由经纬线组成的网格。
- 大圆 (Great circle)** —— 球被穿过球体中心的平面截成的圆称为大圆。例如，所有的子午线和赤道均为大圆。球面上两点间的最短轨迹是沿着穿过这两点的大圆上的轨迹。
- 格林威治子午线 (Greenwich meridian)** —— 作为基准的经线，即东经和西经均为 0° 的经线，该经线穿过伦敦郊区的格林威治镇。
- 网格 (Grid)** —— 一种地理数据模型，代表以均匀方格排列成网状的信息。网格上的每个方格都有一个数值，这个数值代表该位置上的一种地理现象（如人口密度或者温度）的实际值；网格的每个方格也可以表示一种类别或种类（如点查区标志符或土壤类型）。参见“光栅”。
- 地面真值 (Ground truth)** —— 野外测量中采集的信息，用于验证或校准遥感资料中抽取的信息。
- 平视数字化处理 (Heads-up digitizing)** —— 不使用数字化表格的一种数字化技术。它是利用屏幕鼠标，从背景显示的扫描图像上追索地理特征，或者是追索与计算机屏幕相连的透明介质（如聚酯薄膜）上所绘制的地理特征。
- 水道图 (Hydrography)** —— 与地表水（如湖泊、河流和水渠）有关的地理特征。
- 地势图 (Hypsography)** —— 与地形起伏或高度有关的地理特征。
- 图像 (Image)** —— 地球表面某一部分的显示。但是，图像通常是利用光学或电子传感装置生成的。例如，扫描的航空照片或者遥感数据通常可称为图像。就数据存储和处理而言，图像与光栅或网格极为相似。
- 基础设施 (Infrastructure)** —— 一个国家、州或地区的公共工程系统，包括道路、公共事业管线和公共建筑物等。
- 积分 (Integration)** —— 系指地理信息系统中，将来自非均质源的空间数据汇编成一个协调一致的数据集的过程。垂直积分系指地理信息系统将不同的、但以同一个坐标系定位的数据层组合在一起的能力。
- 因特网 (Internet)** —— 全球计算机联网系统。它可以提供各种数据通信服务，例如远程登录、文件传输、电子邮件、公告牌和新闻组等。因特网也是万维网的基础。
- 因特网协议 (Internet Protocol (IP))** —— 一套最重要的编码和规定，它们使通过因特网进行数字数据传输成为可能。
- 插值 (Interpolation)** —— 根据相邻位置上测得的值估算某位置上的变量值的过程。插值是用来根据点样信息求出一个完整的网格数据集（例如根据降雨测量站数据求出降雨面积）的过程。
- 交叉 (Intersecting)** —— 地理信息系统的一种功能，用来从地形学角度将两个空间数据层加总或者综合在一起，以便只保存这两个数据层共有区内的地理特征。
- 等值线 (Isoline)** —— 在所谓的等值线图上将数值相同的一些点连接起来的线。最明显的例子是等高线图，即显示出相等的高度（也称为等值线图）。
- Java 语言 (Java)** —— 一种计算机编程语言，用以生成可在多个平台（即操作系统）上运行的软件包。Java 程序（即小程序

序)可以通过因特网在远程计算机上发送或检索。

连接 (Join) —— 在相关数据库管理系统中, 将一个外关键字链接到外部表格中该码的主例上之后, 将数据库表格中的值附加到另一表格上的过程。

联合图像专家组图像格式 (Joint Photographic Experts Group (JPEG)) —— 这是一种主要用于摄影图像的图形文件格式, 可以大幅度压缩文件的大小。

土地信息系统 (Land information system (LIS)) —— 有时在地理信息系统应用中使用的术语。该系统含有某个特定地区的信息, 其中包括地籍资料、土地利用情况以及土地覆盖情况等。

纬度 (Latitude) —— 球面上极坐标的“y轴”。纬度以赤道南北两侧角度的度数进行量度。纬度线也称为纬线。

层 (Layer) —— 包含有属于同一专题地理特征(如道路或房屋)的单个地理信息的系统数据集。该术语说明地理信息系统对处于同一坐标系的不同专题层进行叠加和合成的能力。它也称为“覆盖层”(coverage)。

图例 (Legend) —— 在制图学上, 用来解释图上所示地理特征和变量的符号信息。其中包括用来解释地图的符号图案, 例如人口密度图上使用的浓淡不一的颜色和相应值的范围。

线 (Line) —— 一种一维目标。它是由一系列x,y坐标构成的地理数据类型, 其中第一个和最后一个坐标称为节点, 中间坐标称为极点, 有时线也可指一条弧或一条链。一条线与其他线相交形成的两个交点之间的部分称为线段或弧段。

多边形内线法 (Line-in-polygon) —— 地理信息系统的一种运行方法, 运用这一方法可

以将线特征与多边形特征结合起来, 以确定哪些线落在哪些多边形内。用这种方法还可将多边形的属性加到线表格中每一种相应的记录中(例如将道路放在一个区内), 同时也可求出每个相应多边形线属性的总数(例如一个区的道路总长度)。

局域网 (Local Area Network (LAN)) —— 将计算机在一个较短距离内(如同一座办公大楼内)连接起来形成的计算机网络。

逻辑准确度 (Logical accuracy) —— 对图上或地理信息系统数据库内多个地理特征之间的关系正确表达(如相邻或相连)的程度。一个地理信息系统数据库, 即使其位置准确度有限, 其逻辑准确度也可能很高。

经度 (Longitude) —— 球面上极坐标系的“x轴”。经度是以格林威治子午线东西两侧的角度度数进行量度。

地图 (Map) —— 通过在一个平坦表面(如纸张或计算机屏幕)对地球表面的某一部分进行描绘的表达方式。

地图编制 (Map compilation) —— 将制图测绘结果与资料进行组合、评估和解译以形成一幅新图的过程。

地图合成 (Map composition) —— 将地图元件装配在一起, 以形成一件制图产品的过程。该产品应当样式美观且能正确显示所代表的地理现象。

地图元件 (Map elements) —— 专题地图或地形图的组成部分, 如标题、图例、比例尺、指北箭头、网格线、边界线、图幅框边线等。

图幅范围 (Map extent) —— 图解单元中用来确定一个矩形的坐标。这个矩形包含了一个特定图解显示器中或地理信息系统数据库中所含的一切要素。也就是数字数据库中的最小和最大x和y坐标, 或者图解显

示器上显示的数据库的一部分。

地图投影 (Map projection) —— 将地面位置换算成表面坐标系的一种数字化方法。根据采用的数字公式的不同, 地图投影的性质也有所不同。有的投影保留了地球上各个地区的形状, 有的则保留相对面积、角度或者距离。

地图单位 (Map units) —— 在地理信息系统数据库中存储有坐标的测量单位, 例如厘米、米或者度、分、秒等。

子午线 (Meridian) —— 由相应的经度确定的参考线, 例如格林威治子午线。

元数据 (Metadata) —— 关于数据的数据。可以描述一个数据集的内容、质量、条件、格式、行数及其他相关特征信息的加总。

最小绘图单元 (Minimum mapping unit) —— 一般说来, 系指将要绘制在地图上的最小地理特征的大小。在给定地图比例尺时, 也可表示把紧凑的多边形特征显示为一个点或狭长多边形特征显示为一条线那样的尺寸或大小。例如, 如果一个城市在页面上的尺寸大于 3 毫米, 则可显示为一个多边形; 如果小于 3 毫米, 则可显示成一个点。

多路径误差 (Multipath) —— 全球定位系统信号在相邻构筑物 (如房屋或树木) 上反射和散射引起的全球定位系统读数误差。多路径误差一般出现在高精度测量中。

多光谱图像 (Multispectral image) —— 由许多频带或分层构成的遥感数据集。这些图像是在同一时间为同一地区拍摄的, 并且基本上是各自独立的图像。每个图像都显示出电磁谱的一个不同的谱段。

天底 (Nadir) —— 在航空摄影和遥感测量中, 直接位于摄影机镜头或者传感器下的地球表面的一个点。

网络分析 (Network analysis) —— 对地理信息系统数据库中代表某种目标 (如街道网络) 的一组曲线上的各个点或地址之间关系进行分析的方法。网络分析可用以确定位置并在紧急管理等情况下选定路线。

节点 (Node) —— 一条线性特征的起始点或终结点, 或者两条或多条曲线的交点。

正常化 (Normalization) —— 数据库设计中的一种构思方法。利用正常化方法, 通常建立数据库多个实体间的彼此依赖性和关系, 可以剔除一个复杂数据库的冗余信息。正常化可减少存储量, 避免数据库中的不和谐。

正射照片 (Orthophoto) —— 见“数字正射照片”。

叠加 (Overlay) —— 处于同一个地理参照系中的两个数据层的合并。可以为制图学显示目的进行叠加, 也可以将两个数据层进行真正的合并而创建一个新的地理信息系统数据集 (例如多边形叠加、或者多边形内点和多边形内线的合并)。

出头 (Overshoot) —— 在数字化处理过程中, 系指正将一条线延长到了它本应与另一条线相交的交点之外。由此产生的虚伪线段有时也称为“悬空线”。

全色图像 (Panchromatic image) —— 在很宽的电磁谱范围记录下信号的一种遥感图像。全色图像类似于黑白照片。

区块 (Parcel) —— 单一的地籍单位或地产。

摄影测量学 (Photogrammetry) —— 从照片中抽取测量信息和其他信息的艺术和科学。在绘图过程中系指从航摄照片或卫星图像中抽取实际地理特征信息的方法。

像素 (Pixel) —— 即照片要素, 类似于图像、网格或光栅图像中的一个单元。

平面坐标系 (Planar coordinate system) ——

确定位置的一种坐标系，该系统中两组直线呈直角相交且以一个选定的垂直交点作为其原点。参见“笛卡尔坐标系”。

平面图 (Planimetric map) —— 与地形图不同的、仅显示地理特征的位置而非其高度的一种地图。平面图可以显示与地形图所示相同的地理特征（地形和高度等值线除外），但通常只显示为特定目的而选用的某些特征。

绘图仪 (Plotter) —— 可以绘制图形文件的计算机外围设备，类似于打印机，但一般输出版面更大。

点 (Point) —— 尺寸为零的目标。数字地理数据库中用来代表那些尺寸太小无法以线或多边形形式显示的地理特征的 x,y 坐标。例如，住宅、水井或大楼常常以点显示出来。

多边形内点法 (Point-in-polygon) —— 这是一种地理信息系统运算方法，即将点要素与多边形结合使用以确定哪些点位于哪些多边形内。运用这种方法，可以将多边形属性加到点属性表格中每一种相应的记录上（例如将卫生服务区信息加到测量抽样点上），也可以求出每个相应多边形的点属性总数（例如每个地区的医院总数）。

多边形 (Polygon) —— 一种二维目标，即在向量地理信息系统中表现为一个序列系列的 x/y 坐标的面积特征。这些坐标点可以是包围这一面积的边线，也就是说多边形的第一个和最后一个坐标是相同的。

多边形叠加 (Polygon overlay) —— 一种地理信息系统运算方法，即将两个多边形数据层结合在一起，创造出一个新的数据层的方法。输出层由两组输入多边形的叠加区构成。这个新数据层包含了这两个输入数据集的属性。多边形叠加是地理信息系统的基本运算方法之一，常用来将从非均质

源得来的信息（如人口统计数据和环境数据）进行综合。

位置准确度 (Positional accuracy) —— 系指地图上或地理信息系统数据库中的位置相对于其在地球表面的实际位置正确记录的程度。逻辑准确度则不同，它指的只是表达地理特征之间关系的正确程度。

外部页面语言 (Postscript) —— 这是一种灵活的、高分辨率的页面描述语言，多用来将图形信息（如地理信息系统生成的地图）传送给打印机。压缩式外部页面格式 (Encapsulated postscript format, EPS)，包括为预览目的使用的小位图显示方式。

精确度 (Precision) —— 测量中区分微小差异的能力。在地理信息系统中，坐标的精确度是根据用来存储 x 和 y 坐标的数据类型确定的（通常为双倍精度，或者每个数字用 16 个字节）。

主关键字 (Primary key) —— 属性表格中专门用来区别特定实例、行或记录的一个或多个域。

协议 (Protocol) —— 电子通信系统中决定如何进行数据处理、数据交换和数据格式化的一套规则。类似于一种数据标准但只适用于操作过程。

四边形 (Quadrangle) —— 由成对的经线和纬线限宽边界的矩形区。

质量控制 (Quality control) —— 数据库开发项目或制图生产系统中为了保证所产生的数据或输出能够符合规定的精确度校准和使用标准而采取的步骤和方法。

分位点 (Quantile) —— 一种统计学或制图学分类方法，即将同等数量的目标划分成固定数量的类别。四类别系统称为四分点，五类别系统称为五分之点，十类别系统称为百分点。例如，数据分布的四个四分点中的第一个含有最低观测值的 25%。

半径 (Radius) —— 从一个圆的中心至其外边缘的距离。

光栅 (Raster) —— 代表呈规则行列排布的信息的一种地理数据模型，类似于网格或图像。光栅的格子通常是，但并非都是正方形。面积特征或线条特征可以用相同值的相邻光栅的组合来表达。

调整 (Rectification) —— 将图像或网格从图像坐标向实际坐标转换的过程。调整时通常要对网格单元进行循环计算和换算，因此需要重新取样或进行网格值的插值。它类似于向量数据的转换。

对准 (Registration) —— 将两幅图或两个地理信息系统数据层的特征进行匹配使之与目标吻合的过程。对准以一系列地面控制点为基础且涉及转换和橡胶板法 (rubber-sheeting) 处理。

参考图 (Reference map) —— 在人口普查地图绘制过程中，显示人口普查地理框架某一部分的地图产品 (硬拷贝或数字化地图)，例如一个数据加总单位或者一个统计发布单位。

关系型数据库管理系统 (Relational database management system (RDBMS)) —— 根据一个共有域 (主关键字和外部关键字) 可以将几个数据表格临时或永久连接起来的数据库管理系统。数据库中每一行、每项记录或每个实例都有一套固定的属性或域。每个表格都有一个专门识别每项记录的主关键字。这个表格也可能会有一个与外表中的主关键字相同的外部关键字。通过将外部关键字的值与外表主关键字中的相应值进行匹配实现关系连接。

遥感 (Remote sensing) —— 从一定距离以外 (即无物理性接触) 获取某目标信息的过程。遥感通常指利用卫星传感器或空中摄影技术获取图像的过程。

分辨率 (Resolution) —— 系指图形或数字数据库能够区分的最小细部的量度。在分辨率决定了地图比例尺的情况下，地图上地理特征的位置和形状的准确表示程度。对于光栅地理信息系统和图像数据而言，分辨率有时用来表示光栅大小或像素的大小。

行 (Row) —— 在地理信息系统中，系指一个网格或光栅地理信息系统数据库中呈水平排列的一组单元格或像素。在数据库管理系统中则指属性表格中的一项记录或者一个实例。

橡胶板法 (Rubber-sheeting) —— 一种通过非均匀方式修改地理信息系统数据库中目标形态和位置的方法。橡胶板法常用来将未知坐标系中的地理信息系统数据集置于已知的坐标系中。通过从输入数据集的位置到输出坐标系相应正确的基准点或控制点建立一系列链接实现这种调整。

运行长度编码 (Run-length encoding) —— 光栅、网格或图像数据的压缩技术。该系统不是存储具同一值的相同单元的每一个值，而是存储那个相同值及该值重复的次数。当光栅地理信息系统中存储离散目标时，这种压缩技术十分有用。

卫星图像 (Satellite image) —— 通过卫星上安装的摄影机或扫描器从地球轨道卫星上记录到的数字数据集。地理信息系统的卫星图像类似于光栅或网格数据集。

比例尺 (Scale) —— 在制图学上指图上距离与地面相应距离之间的关系。比例尺是以比值的形式实现的。例如 1:100,000 意味着地图上的 1 厘米等于地球表面上的 100,000 厘米。既然比例尺是一种比值，那么小比例尺地图可以显示较大的地区，大比例尺地图则可显示较小的地区。从更普遍意义上说，比例尺表明了观测或调查的程度，其对象可以从微观规模的现象到宏观

规模的现象不等。

扫描 (Scanning) —— 一种数据捕获技术，即借助光敏光学装置捕捉硬拷贝文件（如纸或聚酯薄膜文件）上的信息并将其转换成数字图像的过程。对于图形数据来说，扫描是数字化数据输入的一种替代办法。对一幅地图进行扫描后，利用光栅一向量转换软件或者在屏线点特征跟踪技术，通常可以将图像数据转换成向量格式。

示意图 (Schematic map) —— 见“草图”。

选择可用性 (Selective availability) —— 美国国防部故意使用的、旨在降低全球定位系统卫星信号准确度的一种技术。该项技术计划在今后几年内逐步停止使用。

服务器 (Server) —— 为向其他计算机（客户端）提供某种服务而使用的计算机。例如，网络服务器是万维网数据、软件或内容的中央存储器。

草图 (Sketch map) —— 通常为手绘的、显示给定地区主要地理特征的地图。这种图的位置准确度不高，因此可能无法正确显示目标的距离和大小。但是草图具有较高的逻辑准确度，也就是说它能正确地显示目标之间的关系。草图也称为示意图或线条图。

源资料 (Source material) —— 用来编辑图件或地理信息系统数据库的任何类型的数据和信息。源资料包括与自然和人造地理特征有关的野外观测资料、空中和地面拍摄的照片、卫星图像、草图、专题地图、地形图、水文地图、等变线图、草绘地图、图表、表格信息、书面报表等。

太空段 (Space segment) —— 全球定位系统位于太空中的一部分，即 24 颗全球定位系统卫星。

空间分析 (Spatial analysis) —— 从以地理特征为基础获得的数据中抽取有用信息的一

种技术。空间分析包括地理数据集积分、数据的定性和定量评价、以及模拟、解译和预测。在地理信息系统中，空间分析常指地理信息系统数据积分的方法，如多边形叠加或者邻域分析。广义上说，它包括多种空间过程模型（如迁移动力学模型）和统计学模型（例如用来解释观测值的空间排列和相互关系的回归模型）。

空间数据 (Spatial data) —— 有关地理特征的位置、大小、形态及相互关系的信息。在地理信息系统中，空间数据在技术上可以划分为点、线、面以及光栅网格。

空间数据基础结构 (Spatial data infrastructure) —— 参见“框架数据”。

空间数据传输标准 (Spatial data transfer standard (SDTS)) —— 在数据生产者和使用之间以及软件系统和文件格式之间进行地理信息系统数据集交换的一种数据和亚数据标准。现在已在执行或已经提出了许多国家标准和国际标准。

空间指数 (Spatial index) —— 地理信息系统或数据库管理系统为了加快空间要素的查询、分析运算和显示而采用的地理数据库中的一种供查找用的表格或配置。

空间互动作用 (Spatial interaction) —— 地理实体之间的相互依赖。空间互动作用常指货物、服务、信息或人员在各个地理位置之间的流动。空间互动作用分析是人员迁移研究中的一项重要工作。

球体 (Sphere) —— 类似于球的球状物体。地球可以近似地看作一个球体，但准确地说它实际上只是一个椭圆球体（参见“椭圆球体”）。

标准纬线 (Standard parallel) —— 制图学投影中用来定义 y 坐标原点的纬度线。

标准 (Standards) —— 在运算中，由某个机构建立的、用来确定准确度要求、数据交

换格式和软硬件系统的一套准则或规范。

结构查询语言 (Structured query language (SQL)) —— 在关系数据库管理系统中用来定义、处理和抽取数据的一种标准语法软件。

面 (Surface) —— 常用来描述地理信息系统光栅数据或图像数据的一个术语。它可以描述连续性的、平稳变化的现象 (例如高度或温度)。甚至人口密度有时也可以被描绘成一个光栅面。

符号 (Symbols) —— 制图学上用来代表地图特征的图案文件。符号类型有点、线, 以及某种形态的多边形。符号化系指对图解变量 (如形状尺寸、颜色、型式和结构) 的选择。

表格 (Table) —— 系指数据库管理系统中一套按行 (记录或实例) 和列 (信息域或项目) 排列的数据单元。列的数量通常是按照该表结构确定的固定值, 而行的数量则是可变的。

标记图像文件格式 (Tagged and image file format (TIFF)) —— 这是一种标准的图像或光栅文件格式, 它可以存储经过压缩或未经压缩的黑白图像、灰度图像或彩色图像。可以创建图像数据扫描仪和其他装置常用的标记图像文件格式输出。在地理信息系统中, Geo-TIFF 格式被作为标准的 TIFF 图像文件, 对遥感图像数字化直射照片或光栅全球定位系统数据集进行描述。它包括一个 .tiff 扩展名, 这个文件中含有图像的地理基准数据、实际单位单元格尺寸以及其他相关信息。

模板 (Template) —— 制图学上系指地图的周边元件 (边界、框线、指北箭头等) 的标准格式。在数据库管理系统中指为多种用途而建立的空白表格, 此种表格中只定义了域或条目。

专题层 (Thematic layer) —— 见“层”。

专题地图 (Thematic map) —— 表达一个专门概念、专题或标题的地图。专题地图可以显示定量或定性信息。

专题 (Theme) —— 系指地理信息系统中通常属于同一个题材组 (如道路或住宅区) 的一套地理目标, 并且这套目标存储在同一个地理信息系统数据库中。

拓扑积分地理编码参照系 (Topologically integrated geographic encoding and referencing (TIGER)) —— 由美国人口普查局开发、用以支持人口普查项目的一种数据格式。该系统的文件以内部格式出现并含有沿道路网络线、人口普查区段和区块边界分布的一系列地址的地理信息系统数据集。这个系统是为国家创建一个完整的数字化人口普查地理信息系统数据库的工作中所取得的重要成果之一。

瓷砖 (Tile) —— 在地理信息系统中有时用来表示存储在独立文件中但依次邻接的数字图幅的术语。瓷砖的形状可能是规则的 (如正方形或长方形), 也可能具有不规则边界 (如地区或省的边界)。将所有的瓷砖存储在同一个地理参照系中就可以将相邻的暂时或永久性连接起来。

地形图 (Topographic map) —— 一般由真实地理特征 (如高度等值线、河流、道路、住宅区、地理标志等) 构成的地图。由国家测绘机构按各种比例尺绘制的标准地图一般都是地形图。

拓扑结构 (Topology) —— 在地理信息系统中用来表示地理特征 (如点、线、节点、多边形) 之间空间关系的术语。拓扑结构的数据库不仅可以存储单个地理特征, 而且可以存储某些地理特征与类型相同或不同的另一些地理特征之间的关系。例如, 除了存储代表道路网络的一组曲线外, 该数

据库还可存储定义道路交叉处的节点，因此可用该数据库来确定沿几条不同路段伸展的路线。再如，该数据库不是将多边形作为封闭的环线存储（作为封闭的环线存储时需将相邻多边形的边界存储两次），而是将每条曲线只存储一次，同时将多边形在该曲线左右两侧的位置住处一道存储起来。这样做可以避免重复，有利地发挥许多地理信息系统和空间分析的功能。

转换 (Transformation) —— 通过编译、循环和换算将数字空间数据从一个坐标系向另一个坐标系的转化过程。转换可用来将数字化的数字图数据从数字化工具使用的单位（如厘米或英寸）换算成与源图的地图投影和坐标系一致的真实单位（如米或英尺）。参见“地理基准”。

网络传输控制协议 (Transmission Control Protocol (TCP)) —— 作为因特网建立基础的协议之一。

不到位 (Undershoot) —— 在数字化过程中，系指没有将一条线一直延长到它本应该与另一条线相交的交点而中途停止的现象。

通用横向墨卡托投影 (Universal Transverse Mercator (UTM)) —— 系指一种柱面地图投影，常用于大比例尺（即局部）的地图绘制。

用户段 (User segment) —— 全球定位系统中配备有各种类型全球定位系统信号接收器的那一个区段。

向量数据 (Vector data) —— 用点、线、面来代表目标位置和形状的一种地理信息系统数据模型，这些点、线、面基本上由 x, y 坐

标构成。

向量积格式 (Vector product format (VPF)) —— 由“美国国家地图与影像局”（前“国防部测绘局”）开发的一种向量地理信息系统格式。开发这种地理信息系统格式是想使其成为普遍接受的向量数据交换格式。

极点 (Vertex) —— 定义一条线的一系列 x, y 坐标之一。线的第一个和最后一个极点通常称为节点。

垂直积分 (Vertical integration) —— 见“积分”。

广域网 (Wide Area Network (WAN)) —— 借助高速通信链路或卫星将远距离计算机连接起来的计算机网络。

万维网 (World Wide Web, WWW) —— 由驻瑞士的欧洲原子核研究组织开发的、用于分配电子文件的系统。这些电子文件由许多位于世界各地的不同格式的文件组成，或针对这些不同格式的文件进行编制。电子文件按照标准化的超文本标记语言 (HTML) 生成，在用户计算机上借助网络浏览器解译这种超文本标记语言。超文本文件的位置可通过链路或被所谓的“全球资源定位符” (URLs) 的地址确定。万维网取得了飞速发展，正在变成文件和数据传输的一条重要渠道。专业地理信息系统软件使一个机构能够在万维网上提供地图服务。例如，远程用户可以利用位于发布机构网络服务器上的地理信息系统数据库设计和显示专题地图。

另外还有一些专业术语和词汇可以从 Padmanabhan 和其他人（1992）、美国土木工程师学会（1994）、McDonnel 和 Kemp（1995）以及 Dent（1999）等文献中查到。网上资源包括：

Canada Centre for Remote Sensing	www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/ref/glosndx.html
Geographer's Craft Project (University of Texas)	www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/gloss/glossary.html
GPS World magazine	www.gpsworld.com/resources/glossary.htm
Perry-Castañeda Library, University of Texas	www.lib.utexas.edu/Libs/PCL/Map_collection/glossary.html
United States Bureau of the Census	www.census.gov/dmd/www/glossary.html
United States Geological Survey	edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/glossary/index

附录VII. 有用的网址 (URL)

地理信息系统程序

Autodesk Inc.	San Rafael, Calif.,CA	AutoCAD	www.autodesk.com
Bentley Systems Inc.	Huntsville, AL	MicroStation	www.bentley.com
ESRI, Inc.	Redlands, CA	ArcInfo, ArcView, ArcExplorer, Atlas GIS	www.esri.com
Intergraph	Huntsville, AL	GeoMedia	www.intergraph.com
MapInfo Corp.	Troy, NY	MapInfo GIS	
Microsoft Corp.	Redmond, WA	MapPoint	www.microsoft.com
Oracle Corp.	Redwood Shores, CA	Oracle Spatial	www.oracle.com
UNSD Software Project	New York, NY	PopMap	www.un.org/Depts/un sd/softproj/index.htm
Siemens	Munich, Germany	SICAD Spatial Desktop	www.siemens.com
Smallworld Systems Inc.	Englewood, CO		
PCI Geomatics Group	Richmond Hill, Ontario, Canada	SPANS and PAMAP	www.pci.on.ca
ThinkSpace Inc.	London, Ontario, Canada	MFWorks	www.thinkspace.com
Vision* Solutions	Ottawa, Ontario, Canada	Vision*	

专业软件

Blue Marble Geographics	Gardiner, ME	Coordinate management and GIS development tools	www.bluemarblegeo.com
Caliper Corp.	Newton, MA	Maptitude, GLS+, TransCAD	www.caliper.com
Core Software Technology)	Pasadena, CA	TerraSoar (distributed geospatial databases) , ImageNet (online geo-spatial data distribution)	www.coresw.com

遥感图像处理系统:

ERDAS Inc.	Atlanta, GA	ERDAS Imagine	www.erdas.com
Earth Resource Mapping	San Diego, CA	ER Mapper	www.ermapper.com

Clark Labs	Worcester, MA	Idrisi GIS	www.clarklabs.org
MicroImages Inc.	Lincoln, NE	TNTmips	www.microimages.com
PCI Geomatics Group	Richmond Hill, Ontario, Canada	EASI/PACE, OrthoEngine	www.pci.on.ca
Research Systems Inc.	Boulder, CO	ENVI visualization software	www.rsinc.com

高分辨率卫星图像和正摄图

Space Imaging	Thornton, CO	Carterra and Ikonos satellites	www.spaceimaging.com
Earthwatch Inc.	Longmont, CO	QuickBird and EarlyBird satellites	www.digitalglobe.com
Orbital Imaging Corp.	Dulles, VA	Orbimage satellites	www.orbimage.com
EROS Data Center	Sioux Falls, SD		
Spot Image		Spot satellites	www.spot.com
Maps Geosystems	Munich, Germany	Aerial surveys (Africa, Middle East)	www.mapsgeosystems.com
EarthSat	Rockville, MD	Satellite and mapping services	www.earthsat.com

全球定位系统

Magellan Corp.	Santa Clara, CA		www.magellangps.com
Ashtech	Santa Clara, CA		www.ashtech.com
NovAtel Inc.	Calgary, Alberta, Canada		www.novatel.ca
Sokkia Corp.	Overland Park, KA		www.sokkia.com
Trimble Navigation Ltd.	Sunnyvale, CA		www.trimble.com

期 刊

GeoWorld, GeoAsia, GeoEurope, GeoInformation Africa, Mapping Awareness, Business Geographics	GeoWorld, Fort Collins, CO		www.geoplance.com
GPS World			www.gpsworld.com
International Journal of Geographical Information Science	Taylor & Francis, London, UK		
GeoInfosystems	Advanstar Pub., Eugene, OR		

Journal of the Urban and Regional Information Systems Association URISA, Park Ridge, IL <http://www.urisa.org/>

其 他

National Center for Geographic Information and Analysis Santa Barbara, CA GIS research center www.ncgia.ucsb.edu

International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) Enschede, Netherlands GIS Training Courses <http://www.itc.nl/>

European Umbrella Organization for Geographic Information (EUROGI) Netherlands www.eurogi.org

U.S. Federal Geographic Data Committee Reston, VA www.fgdc.gov

Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia & the Pacific www.permcom.apgis.gov.au/

Odyssey GIS papers

ESRI GIS jump station links to GIS applications around the world

GeoWorld business links

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم . استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何获取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经售处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.
