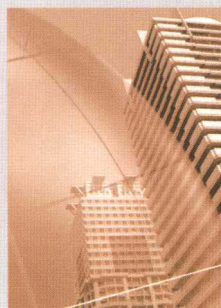


● Guidebook on Applying GIS in Urban Analysis



城市空间分析 GIS应用指南



宋彦 彭科◎著

- 基于**20**多项真实规划咨询分析任务
- 城市基础特征、土地利用、交通、环境、社会资源分析
- 城乡规划专业GIS参考用书
- 城乡规划从业人员实操手册
- 零基础到高手，一书轻松搞定

中国建筑工业出版社

城市空间分析 GIS 应用指南

Guidebook on Applying GIS in Urban Analysis

宋彦 彭科 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市空间分析 GIS 应用指南/宋彦, 彭科著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-112-17635-9

I. ①城… II. ①宋… ②彭… III. ①地理信息系统—应用—城市空间—分析 IV. ①TU984.11-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 002959 号

责任编辑: 焦 扬

责任设计: 董建平

责任校对: 刘梦然 张 颖

城市空间分析 GIS 应用指南

Guidebook on Applying GIS in Urban Analysis

宋彦 彭科 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永铮有限责任公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23 字数: 570 千字

2015 年 3 月第一版 2015 年 3 月第一次印刷

定价: 70.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-17635-9

(26843)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

20 世纪 60 年代起, 地理信息系统 (Geographic Information System, 简称 GIS) 技术开始兴起, 并逐渐在我国城市空间分析和管理领域得到广泛应用。GIS 是一种十分重要的空间信息系统。基于计算机硬、软件系统支持下, GIS 可对整个或部分地球表层 (包括大气层) 空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述。在城市空间分析与管理方面, GIS 分析的对象是城市及区域空间的多种实体数据 (如建筑、地块、街道等) 及其关系, 通过分析城市空间分布的各种现象和过程, 解决复杂的规划、决策和管理问题。近年来随着我国进入城市化快速发展阶段, 城乡建设规模达到空前的程度, 城乡空间管理工作负荷急剧增加, 应用现代信息技术辅助规划决策管理的需求日趋强烈。GIS 在资源管理和配置、城市规划和管理、土地信息系统和地籍管理、应急响应等多领域均发挥着重要的作用。

GIS 在城市空间分析与管理方面的应用具有非常显著的优势。首先, GIS 把其分析对象的空间位置和特征属性关联起来, 极大方便用户查询“在什么地方某分析对象有什么特点”。在 GIS 技术应用于城市空间信息管理之前, 城市规划师主要使用计算机辅助设计软件 (CAD) 来处理空间信息。CAD 的主要功能在于辅助空间图形处理, 其数据模型缺乏对属性数据的支持, 因此在数据分析、统计和查询等方面远不如 GIS。第二, GIS 对空间分析对象的统计、分析功能极其全面。并且, 这些空间分析功能的开展是基于统计及数学的一系列量化模型, 从而可对空间现象进行准确的描述与预测, 并辅助城市空间政策的科学化决策。应用 GIS 可极方便地回答以下问询: 基于城市内不同收入、不同需求的人口分布, 最需要公共交通设施的区域在哪? 基于地形与水网, 如何确定水污染扩展范围? 城市各种产业在何处集聚, 并与哪些因素相关等等。第三, 新互联网时代的来临更强化了 GIS 在信息查询方面的优势。很多城市或区域建立了在线交互式 GIS 信息共享平台, 这些平台不但允许广大公众查询空间信息 (如城市街道便利程度评分、地块法定用途等), 用户还可以根据这些平台提供的人口、经济、社会健康等方面的 GIS 数据绘制专题地图。随着大数据的发展趋势, 越来越多的 GIS 网络互动平台更是允许用户利用移动终端随时随地产生新的空间信息并上传至平台 (如行为踪迹、服务评价等), 进一步扩展了交互式 GIS 数据库的信息量及用途。

GIS 的功能特点难以尽数, 本书主要关心如何利用 GIS 功能更好地为城市规划服务。

在规划编制阶段, 规划部门需要根据城市一系列现状特征和发展趋势对城市空间进行合理布局, 确定土地使用性质和强度。GIS 的数据库和空间查询统计功能可以帮助规划师掌握城市社会、经济、人口、交通、土地权属等现状, 并对未来的城市功能的空间分配进行规划; GIS 的空间统计分析功能可以帮助规划师估测不同城市土地利用的规划方案给土地资源、环境和交通等带来的影响; GIS 的可视化表现功能可以帮助规划师快速生成情景规划图, 并向公众展示这些结果, 有助推动规划编制阶段的公众参与。

在规划管理阶段,规划部门不仅要对一些常规项目进行精细化管理,还要对一些突发问题进行快速判断和行动。西方发达国家的很多城市建成 GIS 土地及建筑信息集成系统,储存地块及地块上建筑物的权属、拥有人或使用人、法定使用强度及用途、土地保护(或限制开发)政策、土地价值、交易、功能转换等信息。这个系统集成管理分散在不同政府部门(如规划、国土、环境部门等)的关于土地利用的信息,支持应对不同管理任务的统一决策。这样的信息系统可大大方便规划业务审批。例如,在城市建设与改造项目报建审批过程中,可通过土地及建筑信息集成系统对申请工程项目进行准确定位,并查询其允许功能、所受环境保护政策限制等,辅助规划审批工作。GIS 系统还可以积极响应临时突发事件要求,通过图文互查、统计分析等支持快速决策。例如,一些城市建立 GIS 应急信息处理系统:社区一旦发生火灾、暴力等紧急事件,智能视频监控马上将感应到的信息传输到 GIS 应急信息处理系统上,并迅速激活对话框显示预警信息及应急预案,帮助救援人员迅速开展救援行动。

在规划评估及反馈阶段, GIS 可帮助规划师掌握土地利用的动态变化信息,判断城市发展的实际速度和规模与规划的偏差。通过比较不同年段反映城市发展的 GIS 数据(如土地利用、植被等),可清晰查看现状与规划愿景之间的差异。GIS 的空间分析功能还可帮助规划师对土地利用密度等土地指标、城市交通可达性等城市关心的指标进行计算,从而判断城市发展状况是否达到规划目标,为下一轮城市规划的编制提供有效的反馈信息。

尽管 GIS 在城市空间分析方面具备明显的应用优势,但其在城市规划领域至今未得到普及。造成这一问题主要有两方面的原因:首先,我国城市的 GIS 相关数据匮乏或不易获取,而各种城市空间分析需要综合数据,如基于各层地理单元(如地块、街道、社区、城市、区域等)的人口、经济、用地、环境、交通、数字高程数据等。数据不全限制了用户对数据包含的信息量、处理方式以及 GIS 软件对应的功能模块的了解,从而给 GIS 空间分析带来障碍。第二,目前 GIS 教学多以 GIS 模块、功能为单元推进,缺乏以分析任务为中心的教学流程。基于 GIS 模块的教学方式虽然有助于用户系统地了解各功能构成,但要求使用者对所有功能有全面的认识后才能应对各种分析任务,而不少规划及分析人员更需要有针对性地应用 GIS 解决某一任务。

针对以上两大障碍,本书具有两大特点:第一,重视数据对 GIS 应用起到的支撑作用;第二,本书内容围绕规划分析任务展开篇章。本书篇章结构围绕这两大特点组织如下:第 1 篇介绍一系列 GIS 基础概念,以及 GIS 数据在西方发达国家城市中的应用领域、更新方式、数据地理单元等;第 2 篇通过完成数据准备和绘制专题地图这两项任务,让读者熟悉 GIS 最常用到的三种功能——投影、地理编码和制图,为空间分析打下操作基础;第 3 篇为 GIS 与城市基础特征分析,介绍 GIS 如何辅助人口经济分析、城市土地变化分析和地形分析;第 4 篇为 GIS 与土地利用分析,通过三个最常见的土地利用分析任务介绍 GIS 如何参与到土地利用适宜度、土地利用政策分区与土地利用功能和土地开发潜力的分析决策;第 5 篇为 GIS 与交通分析,选择了两个热门的交通话题(职住平衡和公交服务路线及覆盖度)作为分析任务;第 6 篇为 GIS 与环境分析,介绍如何使用 GIS 进行最基本的植被、水污染、局地气候变化和景观视域分析;第 7 篇为 GIS 与社会资源分析,介绍利用 GIS 建立城市应急处理地理数据库、应对城市紧急灾害,以及运用 GIS 技术了解社会空间

分异程度和社会公共资源分配情况。

本书的重点部分(第3~7篇)分别就城市基础特征、土地利用、交通、环境、社会资源这五大主题展开对城市空间问题的探讨,每篇下设若干章,每章围绕一个主题任务讲述GIS如何辅助规划空间分析。这15项任务(章)的选题源于近年来规划研究实践中常见的、具有代表性的问题,包括人口空间分布、土地承载力和发展潜力、交通设施高效供给、环境污染、城市热岛效应,景观视域共享、社区人口分异、公共市政设施公正分配等。值得强调的是,第3~7篇的每一章均介绍了数据的出处,推荐了可供免费下载数据的网站,以引起读者对数据来源的重视,也便于读者在今后的规划实务中对如何获取相关数据提出建议。

本书的每一个GIS应用实例均有详细步骤说明,读者在进行专题练习前可仔细阅读概述部分的任务描述和流程图,从而了解每一项任务的目的和各项任务之间的关系。对练习中GIS专业名词感到生疏的读者,可以查阅书末的词汇索引,也可以查询GIS软件的使用指南。本书应用的地理信息系统软件为ESRI公司发布的ArcGIS 10.0版本。读者可以在ESRI公司网址下载免费试用版本。本书的练习光盘提供了每一章节练习所需的所有基础数据。同时从第3章开始,书中每章的黑白图与光盘中相应章节的彩图一一对应,方便读者参阅。

本书可作为高等院校城市规划等专业的本科生及研究生辅导教材,也可作为供城市规划及设计人员参考的实操手册。本书还可供从事城市规划研究的科研人员阅读参考。本书的顺利完成得到很多人的帮助。我们感谢美国加州大学圣巴巴拉大学地理系Michael F. Goodchild教授在本书题材选择方面提供的宝贵建议;感谢美国伊利诺伊大学香槟分校城市与区域规划系Bev Wilson教授对本书职住平衡、热岛效应、水文分析等章节任务实现方法方面给予的中肯意见;感谢美国北卡罗来纳大学教堂山分校城市与区域规划系博士生李超骥悉心校对本书所有实验章节;感谢深圳大学建筑与城市规划学院陈燕萍教授、仲德崑院长对教学及出版工作的大力支持;特别感谢本书的责任编辑焦扬为本书付出的辛劳。最后,我们还感谢巴尔的摩、波特兰、深圳等国内外大都市区政府及城市政府向本书作者无偿提供的空间数据。本书各章节素材来自作者在国内外教授多年的地理信息系统课程的实验案例,在这里一并感谢那些对实验安排、操作方法等方面提出宝贵意见的学生们。由于本书作者学识水平限制,书中难免有错漏之处,敬请读者不吝赐教。

宋彦 彭科

美国北卡罗来纳大学教堂山分校城市与区域规划系

2014年3月

目 录

前 言

第1篇 GIS简介

第1章 GIS概要及本书简介	3
1.1 概述	3
1.2 GIS基本概念	3
1.3 GIS构成	4
1.4 GIS基本要素	5
1.5 ArcGIS与其他软件的关系	8
1.6 本书城市空间分析与相应的GIS应用内容	9
第2章 GIS数据来源——以美国为例	13
2.1 概述	13
2.2 GIS数据类型	13
2.3 GIS数据地理单元	16
2.4 GIS数据更新	18

第2篇 GIS基本操作

第3章 GIS数据准备——投影与空间连接	23
3.1 概述	23
3.2 练习	24
3.3 本章小结	31
第4章 GIS数据准备——外部数据输入	32
4.1 概述	32
4.2 练习1——地理编码含街道地址的表格数据	33
4.3 练习2——经纬度坐标文本数据转化为空间点	44
4.4 练习3——空间校正基于地方坐标系统的CAD图形	47
4.5 本章小结	55
第5章 制作专题地图	57
5.1 概述	57
5.2 练习	58
5.3 本章小结	66

第3篇 GIS与城市基础特征分析

第6章 人口经济分析	69
6.1 概述	69
6.2 练习1——人口现状分析	70
6.3 练习2——不同空间单元的人口信息转换	80
6.4 本章小结	87
第7章 城市土地变化分析	88
7.1 概述	88
7.2 练习1——基于矢量数据的城市变迁分析	89
7.3 练习2——基于栅格数据的城市变迁分析	96
7.4 本章小结	117
第8章 地形分析	118
8.1 概述	118
8.2 练习	119
8.3 本章小结	127

第4篇 GIS与土地利用分析

第9章 土地利用适宜度分析	131
9.1 概述	131
9.2 练习	132
9.3 本章小结	148
第10章 土地利用政策分区与土地利用功能分析	149
10.1 概述	149
10.2 练习1——土地利用政策分析	150
10.3 练习2——土地利用功能分析	156
10.4 本章小结	161
第11章 开发潜力分析及3D表现	162
11.1 概述	162
11.2 练习	162
11.3 本章小结	174

第5篇 GIS与交通分析

第12章 职住平衡分析	177
12.1 概述	177
12.2 练习	177
12.3 本章小结	191

第 13 章 公交网络分析——行驶路线及覆盖度	192
13.1 概述	192
13.2 练习	193
13.3 本章小结	208

第 6 篇 GIS 与环境分析

第 14 章 植被分析	211
14.1 概述	211
14.2 练习	212
14.3 本章小结	219
第 15 章 水污染分析	220
15.1 概述	220
15.2 练习	221
15.3 本章小结	234
第 16 章 局地气候变化分析	235
16.1 概述	235
16.2 练习	236
16.3 本章小结	251
第 17 章 景观视域分析	252
17.1 概述	252
17.2 练习	252
17.3 本章小结	263

第 7 篇 GIS 与社会资源分析

第 18 章 建立城市应急处理地理数据库	267
18.1 概述	267
18.2 练习 1——背景资料搜集	268
18.3 练习 2——建立灾情关系	282
18.4 练习 3——查看灾情和抢修单位	295
18.5 本章小结	299
第 19 章 社会空间分异分析	300
19.1 概述	300
19.2 练习	301
19.3 本章小结	315
第 20 章 社区公共资源分析	316
20.1 概述	316
20.2 练习	317

20.3 本章小结	338
-----------------	-----

附 录

附录一 练习数据和计算机平台要求	341
1 硬件要求	341
2 软件要求	341
3 练习数据	342
附录二 词汇索引 (英汉对照)	343
参考文献	350

第 1 篇

GIS 简介

本篇介绍一系列 GIS 基础概念,以及 GIS 数据在西方发达国家城市中的应用领域、更新方式、数据地理单元等。

第 1 章 GIS 概要及本书简介

第 2 章 GIS 数据来源——以美国为例

第 1 章 GIS 概要及本书简介

1.1 概述

本章首先介绍进行 GIS 空间分析之前需要掌握的一些基本知识,包括 GIS 基本概念、GIS 基本要素、ArcGIS 与其他软件的关系等。本书的侧重点在于进行与城市空间相关的分析任务,而希望了解 GIS 系统概念及功能的读者可以参考《地理信息系统与科学》(Geographic Information Systems and Science)、《ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程》等 GIS 经典教程。

本章还介绍本书涵盖的各空间分析主题和每个主题中主要使用的 GIS 工具。本书第 2 篇介绍 GIS 操作中最基本的三项概念,分别是投影、数据输入和制作专题地图。本书第 3~7 篇介绍如何在 GIS 的帮助下进行城市基础特征分析、土地利用分析、交通分析、环境分析和社会资源分析等主题分析。本章介绍了选择这些主题的原因以及进行这些空间分析的 GIS 工具。

1.2 GIS 基本概念

1.2.1 GIS 定义与发展

GIS 是地理信息系统 (Geographic Information System) 的缩写。一般认为, GIS 是一项基于计算机操作的工具,早期的 GIS 定义为用电脑捕捉、存储、提取、分析和展示空间数据的数据库系统,并强调信息传达过程中的两大特征:空间性和系统性。这个定义也为几大应用 GIS 数据的权威机构采用,包括地质勘测部门、美国环境系统研究所公司 (Environmental System Research Institute, 简称 ESRI)、美国国家航空航天局 (National Aeronautics and Space Administration, 简称 NASA) 等。解构地理、信息和系统这三个词,可有助于了解 GIS 的含义。“地理”强调地理位置或者元素或现象的空间分布。“信息”指的是由各种属性构成的图像,代表元素或者现象。“系统”指的是一定逻辑关系下各种属性图像在空间中形成不可分割的整体。90 年代出现的地理信息科学 (Geographical Information Science) 的提法比地理信息系统更进一步。“科学” (Science) 二字强调 GIS 不只是作为一项应用软件,或者是生成复杂工具的软件, GIS 还涵盖一系列由于应用 GIS 软件而产生的分析过程。而这些分析过程会促使人们不断改进 GIS 软件,以增强人们科学认识新事物、新现象的能力。另外,90 年代还出现了规划支持系统 (Planning Support Systems, 简称 PSS) 的概念。PSS 包括所有与规划相关的用计算机进行的操作的技术,这促使 GIS 寻求与其他规划技术的整合。作为 PSS 组成部分之一的 GIS 需要考虑如何使自身与其他 PSS 的

组件（譬如模型和其他可视化工具）配合工作，以胜任更复杂的规划任务。总而言之，GIS 技术日渐成熟，并在多个经济部门和学科分支发展起来。当今数据存储技术的进步、计算能力的提升，以及新数据资源的产生都在推动着 GIS 技术的普及和提高。

1.2.2 GIS 功能

GIS 最主要的功能是数据编辑和整理、数据分析、地图创建和输出三项。

数据编辑和整理：编辑和整理功能是 GIS 软件的强项之一，分析者能够按自己的意图编辑数据，使编辑后的数据更符合项目的具体需要。除了增加字段、计算字段属性外，分析者还能直接编辑矢量数据的空间属性（譬如增减点、拉伸线、多边形等）。又如，将表格中储存的数据与空间数据集关联起来也是经常用到的 GIS 编辑功能，这样做可以使空间数据集获得更丰富的信息。

数据分析：空间数据的分析可以很好地解释一些空间分布现象，直接指导规划行为。例如，运用空间分析功能可以对环境资源条件进行评价。典型的例子包括分析温度变化的空间分布、水流污染情况、地形坡向坡度等。空间分析功能还可用于进行社会现象与社会资源分布评价。典型例子包括分析异质人群分布的空间离散性、设施位置的合理性等等。GIS 软件通过植入空间分析数据包满足了这些现实需求，为规划实践和研究提供了更多的依据。以 ArcGIS10 为例，约有 19 类 170 种空间数据分析工具。这些工具包括地理统计分析技术（插入、变差函数估算等）、全球和局部空间联系指数（Moran's I 或 Getis-Ord G）、地理加权回归（Geographically weighted regression）、数学运算以及逻辑运算等工具。

成果创建和输出：随着 GIS 功能不断升级，特别是空间分析功能的不断增强，制图功能是 GIS 众多功能中最基本的部分。同时，制图功能仍然是最重要、最常用到的功能，是规划师使用 GIS 时必须掌握的技能。专题地图通常需要表达一个或多个要素类型（点、线面、像元、像素），并以视觉方式传达空间分布的信息。地图输出可为图像格式（如 JPEG, TIFF），也可为 GIS 属性表（如 dBase、text、pdf 等多种方式）。下面的章节中将详细讨论制作专题地图的要素。

1.3 GIS 构成

GIS 主要由四部分构成，分别是硬件、软件、数据和人员。

硬/软件：硬件指的是运行 GIS 的计算机和输入输出设备。计算机可以是中央服务器，也可以是单独运行或者是加入互联网的个人电脑。输入设备主要指的是数字化仪、扫描仪和鼠标键盘等。输出设备主要指的是计算机屏幕、打印机、绘图仪、光盘、移动存储设备等。输入设备将纸质或电子数据输入计算机，输出设备将生成的地图以纸质或电子地图的方式显示出来。GIS 软件提供输入和储存地理信息的功能和工具。软件还提供其他功能譬如查询、运行分析和用图纸或报告显示地理信息等。ArcGIS Desktop 是目前最常用的 GIS 软件。该软件提供三个不同功能水平的产品，分别是 ArcMap、ArcEditor 和 ArcInfo。这三者所包含的分析工具由多到少依次为 ArcInfo、ArcEditor、ArcMap。本书应用的地理信息系统软件是 ESRI 公司发布的 ArcGIS 10.0 版本。读者可以在 ESRI 公司网址下载免费试用版本，其下载地址如下：<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial.html>。

数据：数据是使用 GIS 的基础。有关机构的调查结果表明，建设 GIS 的费用构成中，硬件、软件和数据上的比例为 1:1:8。由此可见数据收集、输入的成本之高，以及数据收集组织、校对工作的难度之大。GIS 数据由空间数据和属性数据两部分组成。数据可从商业数据提供商处购买，也可以自行生成，例如通过数字化技术将纸质的地理数据（如建筑、道路、行政区边界等）输入 GIS。数字化的过程常常枯燥和冗长，特别是处理输入大型数据的时候。值得指出的是，发达国家公共部门对提供大量 GIS 数据做出了贡献。第二章以美国为例，详细介绍 GIS 数据来源与架构。

人员：人员能胜任 GIS 操作需要进行系统的培训。运用 GIS 进行简单的空间数据编辑和地图生成任务并不复杂，只需要通过短期培训便可上手操作。应用 GIS 进行空间分析，一般来说，需要掌握一些空间地理、数理统计等方面的知识。在短期课程方面，ESRI 公司网址提供免费的课程教学链接 (<http://training.esri.com/gateway/index.cfm>)。读者可预约观摩这些课程。课程内容包括地图绘制、地理坐标系统基础知识、CAD 与 ArcGIS 的相互转换、在 ArcGIS 的 Desktop 中添加 python 插件等等。另外，一些美国综合性大学的网上图书馆和咨询中心也就一些最基本的 GIS 问题提供了免费观摩的影像。例如美国北卡大学网上图书馆提供了如何根据经纬度生成形文件、如何将外部表格与形文件关联起来等的视频操作过程，其网络链接为 <http://www.lib.unc.edu/reference/gis/faq/>。

1.4 GIS 基本要素

1.4.1 空间

GIS 需要就空间表达做一些基本的规定或假设，即设定坐标系统。坐标系统提供空间参照，判断对象在空间中的准确位置。坐标系统可以是二维的，也可以是三维的。人们最熟悉的坐标系统是笛卡尔 (Cartesian) 坐标系统。如图 1-1 所示，笛卡尔坐标系统由 X (水平) 和 Y (垂直) 轴组成，两条轴在原点 (0, 0) 汇合。该坐标系统是平面 (二维) 的。但是，当坐标系统用纬度 (X 轴) 和经度 (Y 轴) 表达，就不是使用的平面坐标系统，而是球面坐标系统 (球坐标)。球坐标是三维坐标的一种。球坐标的经度是东西各 180 度，纬度是南北各 90 度。笛卡尔平面坐标系统可以很容易地转换为三维坐标。

建立坐标系统则获得了定义空间关系的框架。为了将这个抽象的表达与地球表面的实际位置联系起来，还需要一套大地基准面 (geodetic datum) 和一个关于地球形状模型，即参考椭球体 (reference ellipsoid)。参考椭球体是关于地球形状模型。因为地球表面不是标准的正球体，其表面凹凸不平，且时刻处于运动当中。所以对于地球测量而言，地表是一个无法用数学公式表达的曲面。为了能应用数学方法正确地定义地球的表面形状，需要借助参考椭球体

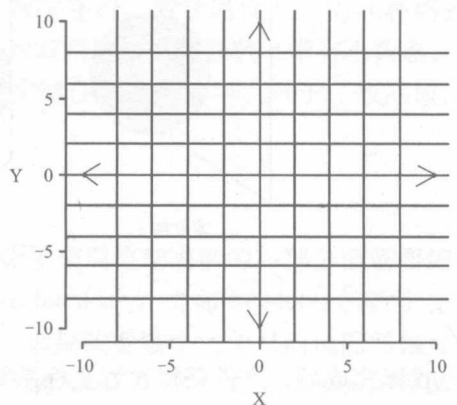


图 1-1

去逼近实际的地球形状。参考椭球体表面是一个规则的数学表面。椭球体的中心、方位以及地表上的点共同构成大地基准面，可利用特定椭球体对特定地区地球表面的近似形成该大地基准面。基准面可以是全球的也可以是本地的，均可把抽象的坐标系统和地球表面关联起来。最常用的全球基准面是 World Geodetic System of 1984 (WGS 84)。我们通常所说的北京 54 坐标系和西安 80 坐标系是在我国通用的两个大地基准面。美国最常用的大地基准面是 North American Datum of 1983 (NAD 83)。GPS 默认的基准面是 WGS 84。

1.4.2 投影

椭球体表面也是曲面，而日常生活中的地图及量测空间通常是二维平面，因此在地图制图和线性量测时首先要考虑把曲面转换成平面，譬如转换为笛卡尔平面坐标系。而要想将地球表面上的点转移到平面上，必须采用一定的方法来确定地理坐标与平面直角坐标或极坐标之间的关系。这种在球面和平面之间建立点与点函数关系的数学方法，就是地图投影方法。地图投影的方法如下图所示：假设在地球的中心有一盏台灯，向外发光，把地表元素投射到一个平面或者曲面上。把地理坐标系（纬度和经度）投影到平面坐标系，这也就无可避免地造成形状、面积、距离或方向的扭曲。因此在选择地图投影类型时需要做出取舍。选择哪种地图投影由分析者的最终目标或者使用的数据决定。

从投影方式可以把投影类型分为方位角、圆柱形和圆锥形三种。方位角地图在地球表面与二维投射平面正切的部分扭曲程度最小。这种投影方式的缺点之一是越远离正切部分，投射的扭曲的程度越大。圆柱形和圆锥形地图投影试图通过增加切点的数目，将这种扭曲的影响减低到最小。从投影效果可以把投影类型分为等角投影（conformal projections）、等积投影（equal-area projections）、等距投影（equidistant projections）和等方位投影（true direction projections）几种，如图 1-2 所示。其中等角投影维持属性形状的完整性，等积投影保持属性之间的尺寸比例关系，等距投影捕捉和保持距离关系，等方位投影最准确地保持方向关系。我国于 50 年代正式决定在大地测量和国家地形图中采用的高斯—克吕格（Guass-Kruger）投影属于等角圆柱投影。

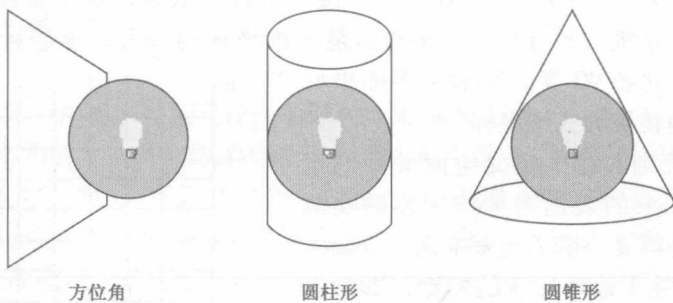


图 1-2

投影完成后，文件获得投影坐标系。地理坐标系是投影的基础，因此，投影后的文件仍然保留地理坐标系信息。未被投影的 GIS 文件元数据中会指出该文件采用的大地基准面和椭球体的类型。投影后的文件的元数据中不但包含地理坐标系信息，还包含另

外几项参数：①Projection（投影方式）：我国选用的是高斯—克吕格投影方式，因而我国 GIS 地图在 Projection 这一项中常常显示的是 Guass-Kruger；②Linear Unit：这一栏显示地图单位，我国这一栏通常显示的是米（meter）。应指出，许多 GIS 矢量或栅格文件缺乏地理坐标系统和投影坐标系统的信息。但是，只有具备了地理坐标系统的文件才能进行投影。投影后的文件才具有距离单位，从而有效进行空间分析。

1.4.3 空间数据格式

GIS 常用到的两种基本空间数据类型为矢量（vector）和栅格（raster）数据。

最基本的矢量表达方式是点，即一对 X/Y 坐标。点可以表达一系列城市规划感兴趣的元素，譬如公交站、公共设施等。线矢量数据可以表现线状元素，如溪流、道路、管道等。多边形矢量数据由一系列的线围合组成，可以表达街区、地块范围线等。表面矢量数据是三维数据，一般用宽度、长度和高程定义。矢量数据的突出优点有以下几点：能够以很高的精度储存空间属性的位置；数据结构紧凑、冗余度低；图形显示质量好、精度高；对已有的矢量数据集进行添加和修改相对容易。可是，矢量格式并不适于有些情况，如大面积的连续覆盖（地形图）。

最简单的栅格数据格式由行和列（或格网）组织的单元（或像素）矩阵组成，其中每个单元都包含一个信息值（如高程）。栅格可以用来表现离散数据，譬如土地利用类型，也可以用它表现连续数据，譬如温度、高程等现象。栅格数据也可以三维形式储存和显示，在表现高程时用到的不规则三角网（triangulated irregular network TIN）就是以三维形式储存栅格数据的例子之一。栅格数据格式具有以下优势：数据结构简单，由单元组成矩阵结构；可进行高级的空间和统计分析。栅格数据的缺点是文件通常比较大，可能给数据储存带来问题。另外，像元或像素的尺寸决定了分辨率，有可能难以区分地表的一些属性，特别是线性的属性（如道路、河流等）。

1.4.4 属性类型

GIS 的一个基本特点是能通过快速的操作来编辑与空间数据相连的属性数据。在与空间数据对应的属性表中，最主要的两种属性类型是文本和数字。文本由一系列字符组成，这些字符可以是字母或者数字。而数字属性只允许数字字符。数字属性又分为几种格式，包括整数、浮点（float）和双精度（double）。浮点和双精度格式允许数字带有小数点，但是允许的精度水平不同。双精度格式可以比浮点格式储存更长的数字。对于一般的应用，浮点格式已经足够满足需要储存的信息。

1.4.5 地图比例

比例的概念对制图非常重要。地图比例指的是为了表现地球表面的一部分而需要缩小的程度，它也经常被称为数字比例尺（representative fraction）。例如 1:24000 的数字比例尺说明地图上的一个单位等于实际的 24000 个单位。如果改变数字比例尺而地图图幅尺寸不变，地图显示的属性大小会变化，也就是说有大比例尺和小比例尺之分。小比例尺地图（譬如 1:100000）用在需要表现一个较大的地理范围，但是对细节要求不高的地方；相反，大比例地图（譬如 1:3600）则用于表现一个相对较小的地理范围，但是对细节要求