



地理科学类专业实验教学丛书

# 地图学与GIS集成 实验教程

李仁杰 张军海 胡引翠 等 编著



科学出版社

地理科学类专业实验教学丛书

# 地图学与 GIS 集成实验教程

李仁杰 张军海 胡引翠 等 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书充分考虑了地图学、空间数据管理与可视化和地理信息系统原理三门课程的内在联系,凝练共性教学目标,系统设计实验教学内容,整合实验教学案例,共享实验数据资源,为学生提供系统、高效的专业技术、技能训练,是综合多门课程进行集成实验教学设计的初步尝试。本书主要包括四个部分:地图学原理系列实验、空间数据管理与可视化系列实验、地理信息系统原理系列实验、地形图野外应用系列实习。

本书可作为地理信息科学、自然地理与资源环境、人文地理与城乡规划、地理科学等相关本科专业的实验教程,也可供地理学及相关专业的研究生、教师、科研工作者和工程技术人员参考。

审图号:GS(2018)4832号

图书在版编目(CIP)数据

地图学与GIS集成实验教程/李仁杰等编著. —北京:科学出版社,2018.12  
(地理科学类专业实验教学丛书)

ISBN 978-7-03-059718-2

I. ①地… II. ①李… III. ①地图学-高等师范院校-教材②地理信息系统-高等师范院校-教材 IV. ①P28②P208.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第261702号

责任编辑:杨红 程雷星/责任校对:何艳萍

责任印制:吴兆东/封面设计:陈敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京彦诚则铭印刷科技有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018年12月第一版 开本:787×1092 1/16

2019年2月第二次印刷 印张:19 3/4

字数:468 000

定价:69.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

河北省地理科学实验教学中心建设成果

“地理科学类专业实验教学丛书”编委会

主 编：李仁杰

副主编：张军海 任国荣

编 委：（按姓氏汉语拼音排序）

常春平 丁疆辉 傅学庆 郭中领 韩 倩

胡引翠 李继峰 李仁杰 刘 强 任国荣

田 冰 王文刚 王锡平 严正峰 袁金国

张鉴达 张军海 郑东博

## 丛书前言

在移动互联网飞速发展的今天，学生可以获取的教学资源日益丰富，教学模式趋向多元化，慕课、微课、共享资源课、VR 教学等新型教学方式极大地方便了学生的课堂外自主学习。传统课堂教学面临前所未有的挑战，许多教师也在尝试引入这些新的教学资源和方法，以适应时代的发展。但无论如何，大学教育的一个核心教学思想不会改变，那就是通过教学过程帮助学生建构学科知识体系，培育专业学科素养和创新性思维。教学过程使用的各类教学资源中，教材是支撑这一核心教学思想的最重要资源。无论传统纸质教材与现在流行的电子书形式差别有多大，都必须达到支撑上述思想的标准。

地理学的特点是综合性和区域性，地球表层系统空间各个要素不仅具有自身的空间分布格局与特征，也同其他地理要素具有空间联系并相互影响。地理学科的专业教材不仅要专注于解析地理学某一支学科的知识体系，更应帮助学生建构与其他分支学科的关系。例如，自然地理学与人文地理学两门课程，既有相对独立的学科思想、理论和方法，也有共同的研究对象，我们可以借助全球变化研究中关于人类活动的环境响应等主题，实现两个分支学科关系的知识体系建构，进而培养学生综合性学术思维。

大学地理科学相关专业的课程实验是从理论到实践的教学过程，通过实验教学帮助学生深入理解其所建构的学科知识体系，完成基于理论方法解决实际学科问题的训练过程，并能够独立解决新问题，这是实验教学资源（特别是实验教程）应该实现的基本功能。

河北师范大学资源与环境科学学院的地理科学相关专业已有 60 多年的办学历史，一批批地理学者以科学严谨的学术探索和言传身教的人才培育为己任，笔耕不辍，出版了不少经典学术著作和优秀的教材。如今，学院继续蓬勃发展，2011 年获得地理学一级学科博士学位授予权，2014 年获批地理学博士后科研流动站，新的一批年轻地理学者也已经成长起来，风华正茂，希望能够继承优良传统，成就新的辉煌。恰逢 2015 年学院获批河北省地理科学实验教学示范中心，如何将优秀教学理念与方法向社会传播，实现优质教学资源的共建与分享，成为年轻一代教师们思考的重要问题。从当代地理科学发展的现状来看，大家一致认为，应该着重构建学生实践创新能力培养的多元化实验教学环境，将地理信息科学专业的实验教学作为示范中心重点培育的纽带项目，充分发掘互联网服务资源与功能，整合地理信息科学、自然地理学、人文地理学和其他相关学科的实验教学内容，逐步构建“多专业实验协同创新与环境共享的实验教学体系”，推进“教师科研创新引领下的实验教学改革模式”，全面实现示范中心教学资源共享。

任重而道远，我们必须脚踏实地，砥砺前行。地理科学实验教学系列教材的编著工作正式启动了。系列中的每本实验教程都不是对单一课程的独立实验描述，而是按照学科体系将学科知识关系密切的相关课程集成在一起，统一设计实验项目和内容。每本教程的内容设计与系列教材的总体架构，就是引导学生建构课程知识体系和培养学科思维模式的双层脉络。例如，地图学、空间数据管理与可视化和地理信息系统原理三门课程的集成实验，遥感导论与遥感数字图像处理两门课程的集成实验，测量学、全球导航定位系统原理和数字摄影测量

三门课程的集成实验，以及地理信息数据挖掘与软件开发相关的课程集成实验等。

特别需要说明的是，实验教材系列中还有一本有关典型实验数据集的教程，数据来源包括政府开放数据（如社会经济统计数据）、科学共享数据（如全球 30m 分辨率数字地形、地表覆盖数据）、志愿者地理信息数据（雅虎 YFCC 数据集）等，这些典型数据集不仅可以支撑众多相关课程的实验教学训练，还可以帮助学有余力的同学寻找科学问题，开展创新性地理研究探索。

这套系列教材的执笔者都对大学教育情有独钟，他们中既有已过知命之年阅历丰富的教授，他们不忘初心，继续编写教程令人敬佩；也有肩负行政管理、科学研究和本科教学多重任务的中青年骨干，他们在繁重的工作中不求名利，守望净土，让人欣喜；更有刚刚入职的青年才俊，他们初生牛犊、意气风发，使人振奋。整套系列教程完全编写完毕会超过 20 本的规模，以地理信息科学专业的 9 本实验教程为主，再加上前期积累较好的地理教育教学实践教程，作为引领启动的一期工程。二期工程将以地理学科相关本科专业的核心课程为基础，整合实验室基础实验和野外实习实验，并与一期工程的相关教程形成内容互补、体系呼应的整体成果。希望通过大家的努力，影响更多教师投入到系列教材编写中，为地理科学专业人才培养做出贡献。当然，我们不追求教程的形式，正如开篇所述，无论是纸质书还是电子书，还是直接发布到互联网进行共享和传播教程资源，最重要的是教程要有设计思想，要以合适的形式不断发展演进，主动适应快速变化的学科理论和方法，要能够支持慕课、微课和 VR 教学等各种新型教学模式，最终以培养学生的创新性思维和专业素养为最高价值目标。

李仁杰

2018 年 8 月

# 前 言

在有关地理信息科学专业课程设置的教学研讨中，“课程之间关系”的话题始终是核心。GIS 专业教师都有共同的认识：每门课程的讲授都应着眼于整个 GIS 专业课程体系，考虑本课程与其他课程的相互关系，帮助学生逐步建构完整的专业知识体系，使其具备综合运用多门课程知识和方法解决地理问题的能力。可以通过专业培养方案设计、集体备课、教研室研讨等多种形式，从不同方面协调课程关系，实现教学效益最大化。但是，教师在教授一门课程时，践行上述教学理念的方式、方法和程度差异很大。有丰富教学经验、知识面宽广的教师，能够在课程主线中轻松穿插其他相关课程内容，做到游刃有余、润物无声；也有不少教师视野不宽、照本宣科，只关注自己的课程内容，不关心其他课程；多数青年教师虽思维活跃、技术能力先进，却难以在短时间内达到既授人以鱼又授人以渔的境界和高度。

本书编著者对 GIS 专业的教学目标、教学内容、教学方法和教学理念进行了长期、深入的研讨，而且都有同时讲授几门相关课程的教学经历，客观上促进了大家更深入地思考如何在教学过程中建构课程关系。通过教学设计，为师生提供跨课程的集成教学资源，将课程关系显式地表达出来，是我们一直尝试解决的问题。教学实验是课程理论转为实践应用的桥梁，多课程集成设计的系列教学实验则是帮助学生建构课程关系的纽带。编写一本集成多门课程的理论教材涉及内容太多，实现起来比较困难，但支撑多门课程的集成实验教程无论在内容量度还是资源组织方面都具有可行性。以 GIS 专业相关课程为例，地图学、地理信息系统原理、空间数据管理与可视化、GIS 工程设计等多门课程中都有涉及坐标系统与地图投影的相关实验，但各门课程侧重点不同。地图学课程重点解析地理坐标系统与地图投影的原理，帮助学生熟悉常见地图投影的特点，了解投影适用性；空间数据管理与可视化课程着重从 GIS 软件设计角度探讨空间数据管理中的坐标系统定义，坐标系统在多源数据集成与可视化表达方面的价值等；地理信息系统原理课程中的坐标系统内容，主要与各类空间分析环境设置相关，体现坐标系统对于空间分析的基础支撑作用。

本书正是基于上述思考而编写的，从设计到出版历时 3 年有余。编写过程中，作者认真梳理地图学、空间数据管理与可视化（原计算机地图制图课程）、地理信息系统原理三门课程的相关实验内容，系统分析实验项目间的相互关系，整合设计实验数据资源，以实现一本教程支撑多门课程的目标。而且，本书设计之初就定下基调：不只是简单教会学生相关实验的操作步骤，而是让学生理解实验的原理，能够由一个软件拓展至所有 GIS 软件；不只是让学生理解一门课程知识，而是帮助学生建构面向多门课程的系统知识体系。因此，本书旨在训练学生快速适应新领域、新软件、新方法的能力，培养其解决空间问题的专业创新思维。

2015 年，河北师范大学资源与环境科学学院获批河北省地理科学实验教学示范中心。GIS 教研室全体教师积极参与示范中心平台建设，建议依托示范中心编写一套地理科学类实验课程群系列教材，地理信息科学专业的核心实验课程可以先期启动。已经进入设计阶段的《地图学与 GIS 集成实验教程》自然成为该项“工程”的引领者，为编写其他集成实验教程抛砖引玉，积累经验。本书的部分实验内容已经在相关课程中进行了实际应用测试，特别是空间

信息管理与可视化系列实验讲义，在地理科学和地理信息科学专业教学中已经使用了 3 次，反复修正其中的实验内容，优化实验数据资源。希望本书的出版，能够为系统化的 GIS 专业教学设计提供帮助和参考。

本书包括四部分内容：①地图学原理系列实验。主要包括地理坐标系统与地图投影、地图概括方法、地图符号设计、普通地图与专题地图表示方法等。②空间数据管理与可视化系列实验。主要包括空间数据组织模式与方法、配置与定义坐标系统、矢量数据生产、数据格式转换与多源数据集成、地理数据处理与质量检测、空间数据符号化与制图表达、地图图层标注与注记类管理、地图版面设计与成果输出等。③地理信息系统原理系列实验。主要包括空间数据结构、空间数据库设计与数据组织管理、地理信息元数据、空间数据选择查询与统计、矢量与栅格数据分析、数字表面模型、空间建模、移动与 Web GIS 应用系统观察等。④地形图野外应用系列实习。主要包括地图定向与位置判别、野外对照读图、路线读图、简易测量方法、野外填图等。

本书由李仁杰设计、统稿和定稿。具体编写任务分工如下：空间数据管理与可视化系列实验由李仁杰设计完成；地理信息系统原理系列实验由李仁杰、张军海和郑东博共同设计完成；地图学原理系列实验由胡引翠设计完成；地形图野外应用系列实习由胡引翠、李仁杰、傅学庆共同设计完成。

在本书编写过程中，作者课题组的多位研究生帮助完成了相关实验的测试和数据整理工作，包括已毕业的硕士研究生李照航（中国民主建国会石家庄市委员会）、智烈慧（河北工程大学地球科学与工程学院）、程丽萍（石家庄市环境保护局环境预测预报中心）、谷枫（航天恒星科技有限公司）、刘焯凌（北京师范大学环境学院在读博士研究生）、李岩（石家庄市城乡建设学校）等，以及在读硕士研究生运晓艳、张丽娜、王志鹏、杨璇、吴朝宁、梁晨晨、李帅、董鹤松等。另外，刘晓静、李建明、徐菁艺、路九悦和李彤五位在读研究生参与两次全面校对工作的耐心、仔细和一丝不苟的态度让我感动！本书编写过程中还有很多老师和同学提供了建议和帮助，不能一一列出，在此一并表示感谢！

GIS 发展非常迅速，软件版本更新也较快，本书的实验设计虽力求独立于软件版本并尽量适应新环境，但仍会存在不足或疏漏之处，恳请读者批评指正。

本书实验数据下载地址：<https://pan.baidu.com/s/1gf3Gpkc-2ofuBa42K2KCKg>，提取码：0q0i。也可以通过扫描二维码获得实验数据。



李仁杰

2018年7月25日



# 目 录

丛书前言  
前言

## 第一部分 地图学原理系列实验

实验 1-1	认识 GIS 软件中的地理坐标系统与地图投影	1
实验 1-2	地图概括方法(制图综合)	5
实验 1-3	基于 GIS 软件的地图符号设计	10
实验 1-4	普通地图与专题地图表示方法	18

## 第二部分 空间数据管理与可视化系列实验

实验 2-1	地图制图与 GIS 软件环境及数据来源	22
实验 2-2	地图编制任务中的数据组织模式与方法	30
实验 2-3	为地理数据配置与定义坐标系统	39
实验 2-4	基于扫描栅格地图的矢量数据生产	47
实验 2-5	基于多软件合作模式的矢量数据快速生产	55
实验 2-6	空间数据格式转换与多源数据集成	63
实验 2-7	地图数据处理与质量检测	77
实验 2-8	空间数据的符号化与图层渲染	93
实验 2-9	地图图层标注与注记类管理	106
实验 2-10	基于制图表达规则的图层渲染	117
实验 2-11	地图布局与版面设计	137
实验 2-12	地图成果输出与分享	149
实验 2-13	模板制图与数据驱动页面制图	154

## 第三部分 地理信息系统原理系列实验

实验 3-1	深入理解常用的空间数据结构	160
实验 3-2	地理数据库设计与数据组织管理	171
实验 3-3	管理地理信息元数据	182
实验 3-4	空间数据的选择、查询与统计	191
实验 3-5	基于矢量数据的空间分析方法	204
实验 3-6	网络数据模型构建与网络分析	218
实验 3-7	基于栅格数据的空间分析方法	233
实验 3-8	数字表面模型及其应用	249
实验 3-9	基于 GIS 的地理空间建模	263

实验 3-10 移动与 Web GIS 应用系统观察.....269

**第四部分 地形图野外应用系列实习**

实习 4-1 地图定向与位置判别.....277

实习 4-2 地形图野外对照读图.....283

实习 4-3 基于设计行进路线的野外读图.....290

实习 4-4 定向越野比赛.....293

实习 4-5 简易测量与现代测量方法.....296

实习 4-6 地形图野外填图.....301

主要参考文献.....305

# 第一部分 地图学原理系列实验

## 实验 1-1 认识 GIS 软件中的地理坐标系统与地图投影

GIS 中的坐标系定义是 GIS 系统的基础，正确定义 GIS 系统的坐标系非常重要。它是表示地理要素、影响和观察值位置的参照系统，是地图制图和空间分析的基础，对于多源数据集成和统一地图表达具有关键作用。

**实验目的：**初步了解 GIS 软件中对地图坐标系统的管理机制；掌握地理坐标系统和常见的地图投影坐标系统的基本特征，通过对同一区域数据进行不同类型的投影坐标系统变换，对比不同地图投影的变形性质和基本图形特征，体会制图区域、地图用途和比例尺等因素对投影选择的影响。

**相关实验：**空间数据管理与可视化系列实验中的“为地理数据配置与定义坐标系统”。

**实验数据：**ArcGIS 自带的世界地图模板及相关数据源。

**实验环境：**ArcGIS Desktop 中的 ArcMap。

**实验内容：**GIS 软件对地理数据坐标系统的描述方式；阅读 GIS 软件中坐标系统参数的内容；观察世界地图、中国地图和河北省地图常用的地图投影基本参数、经纬网特征和图形变形点。

### 1. GIS 软件对地理数据坐标系统的描述

GIS 软件一般采用坐标系统参数文件描述地理数据采用的坐标系统。ArcGIS 软件支持 Geographic Coordinate Systems（地理坐标系统）和 Projected Coordinate Systems（投影坐标系统）两种类型的坐标系统参数定义。地理坐标系是球面坐标系统，因此地理坐标系统参数主要包括地球椭球体和大地基准面的描述，并以经纬度为地图的存储单位。椭球体参数包括椭球长半轴、短半轴、扁率、偏心率等。投影坐标系统则是基于某种球面坐标系统的投影方式描述，因此包括地理坐标系统参数（椭球体和基准面）和地图投影两组参数。地图投影参数包括中央经线、西移、南移、线性单位等。

我国常用的地理坐标系统包括北京 54 坐标系、西安 80 坐标系、WGS-84 坐标系和 2000 国家大地坐标系；常用的投影坐标系统包括兰勃特投影、高斯-克吕格投影等。在 ArcGIS Desktop 软件中可以通过多个途径观察软件自带的常用坐标系统参数文件及其内容。例如，通过数据文件或地理数据库中的数据集属性对话框观察坐标系统参数文件的方法如下。

(1) 在 ArcCatalog 或 Catalog View 窗口中找到任意一个地图数据文件、地理数据库中要素类或数据集，作为观察坐标系统参数文件的目标对象。

(2) 右键选择该数据对象，在弹出的右键菜单中选择【Properties】菜单项打开该数据的 Properties 对话框窗口。

(3) 切换至对话框的“XY Coordinate System”选项卡,在“Current coordinate system”部分可以观察该数据的坐标系统参数定义信息。

(4) 同时,在对话框中以分组管理的方式给出了 ArcGIS 支持的常用坐标系统参数文件。其中,“Geographic Coordinate Systems”组包含的是地理坐标系统参数定义文件,“Projected Coordinate Systems”组包含的是投影坐标系。

(5) 点击进入不同层次的不同分组中,可以查看具体的坐标系统参数信息,例如,可以依次选择“Geographic Coordinate Systems”→“Asia”分组,进而选择分组列表中的“Beijing 1954”坐标系统参数文件,可以在对话框中显示该文件包含的坐标系统参数信息。

(6) 观察完成后注意选择“取消”按钮退出对话框,以免改变当前数据采用的坐标系统。

**实验案例:**观察 ArcGIS 软件定义的中国常用地理坐标系统和投影坐标系统参数文件。如图 1-1-1 所示,“Beijing 1954”(北京 54 坐标系统)、“Xian 1980”(西安 80 坐标系统)、“China Geodetic Coordinate System 2000”(2000 国家大地坐标系)等地理坐标系统参数文件位于“Geographic Coordinate Systems”组中的“Asia”分组中,WGS84 坐标系统参数文件则在“World”分组中;高斯-克吕格投影参数文件存储于“Projected Coordinate Systems”组下的“Gauss Kruger”分组中,基于不同大地基准的高斯-克吕格投影再定义不同分组。

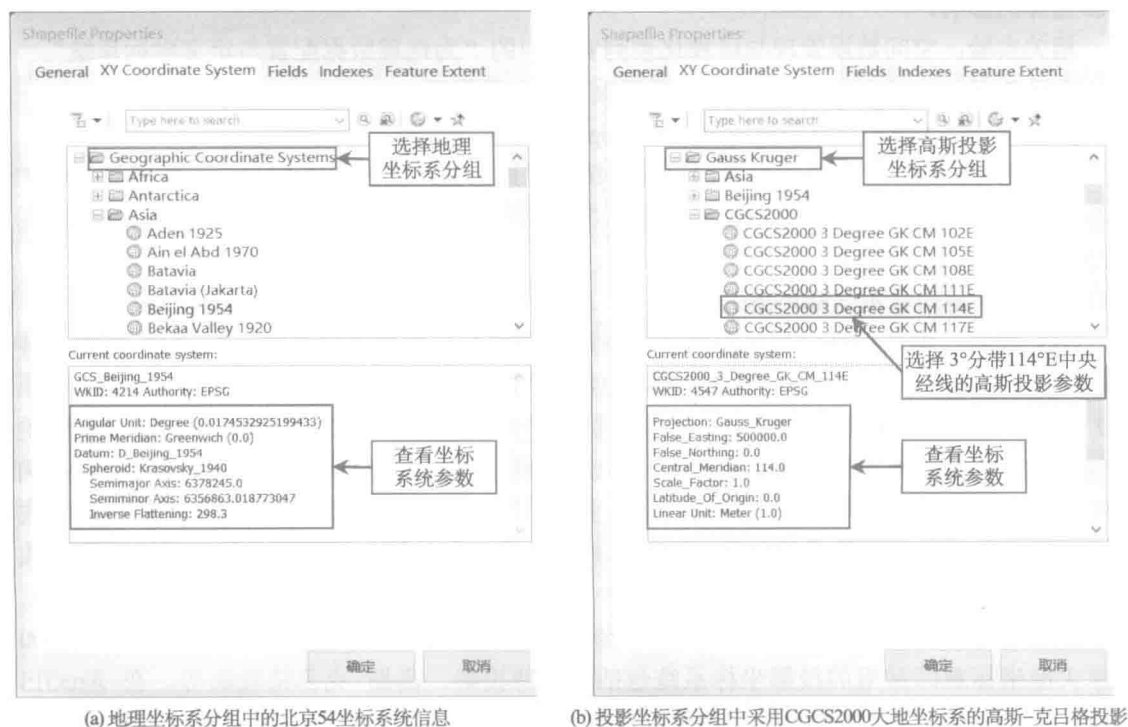


图 1-1-1 在要素类等数据的属性对话框中查看坐标系统参数文件信息

## 2. 观察常用的世界地图投影

我国编制世界地图采用的投影主要有多圆锥投影、圆柱投影和伪圆柱投影。圆柱投影中主要是等角正轴割圆柱投影及斜轴墨卡托投影。伪圆柱投影有等积和任意两种,常用等积伪圆柱投影有桑森(Sanson)投影、摩尔维特(Mollweide)投影、古德-摩尔维特(Goode-

Mollweide) 分瓣投影等。ArcMap 中提供的地图模板就包括了 Mollweide 等投影的世界地图。

基于 ArcMap 世界地图模板数据观察世界地图投影参数及图形特征的步骤如下。

(1) 启动 ArcMap 软件, 选择【File】→【New】菜单项, 或选择工具条【Standard】→【New】工具项, 可以打开“New Document”(新建地图文档)对话框。

(2) 在“New Document”对话框左侧的地图文档模板目录树中, 选择“Traditional Layouts”类中的“World”分组, 可以看到采用不同类型投影的大洲和世界地图模板。

(3) 选择其中的一个世界地图模板(如 Mollweide 投影), 点击“OK”按钮, 即可打开一幅世界地图文档。

(4) 右键选择该世界地图文档中包含的主数据框, 选择【Properties】菜单项, 打开“Data Frame Properties”对话框。在对话框的“Coordinate System”面板框中, “Current coordinate system”部分列出了当前地图采用的坐标系统参数信息。

(5) 仔细观察阅读当前地图坐标系统参数包括的地理坐标系统和投影坐标系统相关参数信息。

(6) 为当前地图选择其他地图投影方式, 进一步查看不同投影坐标系统的参数描述信息。同时, 对比不同地图投影方式下, 世界地图上的经纬线网形状、面积变形和角度变形的分布规律及特征等。

**实验案例:** 在 ArcMap 中利用世界地图模板生成世界地图, 观察摩尔维特投影(Mollweide Projection)、古德投影(Goode Projection)、罗宾逊投影(Robinson Projection)等常用世界地图投影的变形特征、经纬线形状特点等(图 1-1-2 和图 1-1-3)。利用 ArcGIS 提供的亚洲、欧洲等区域地图样例数据, 按照不同投影参考面(如圆柱投影、方位投影、圆锥投影等)和不同变形性质(等角、等距、等积、任意), 通过选择、修改地图投影参数, 观察各类投影的性质和特点。

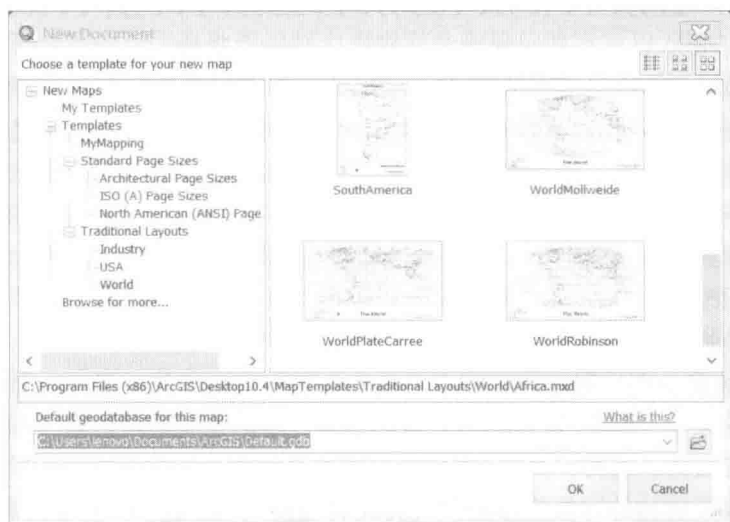


图 1-1-2 在 ArcMap 中新建地图文档对话框中访问世界地图模板

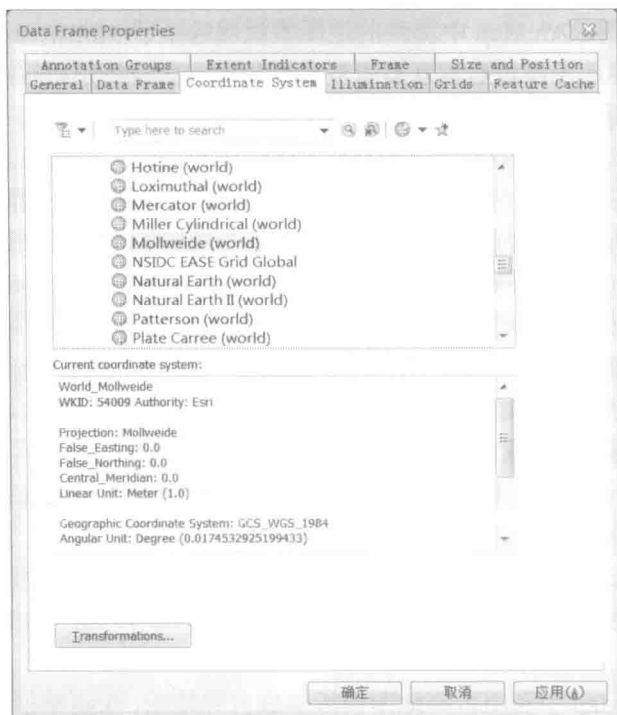


图 1-1-3 查看利用模板生成的摩尔维特地图的投影坐标系统信息

### 3. 观察常用的中国地图投影

中国全图常采用的地图投影有斜轴等积方位投影、斜轴等角方位投影、彭纳投影、正轴等积割圆锥投影（Albers）等。我国国家基本比例尺地形图中，1：100 万地形图采用兰勃特投影；1：50 万、1：25 万、1：10 万、1：5 万、1：2.5 万、1：1 万、1：5000 地形图采用高斯-克吕格投影。

实验练习数据中提供了中国地图数据，采用前面介绍的查看和动态改变世界地图投影坐标系统参数的方法步骤，利用 ArcMap 查看和动态改变该中国地图展现的投影坐标系统参数。

**实验案例：**利用 ArcMap 查看实验数据中的中国地图采用的“Lambert Projection”（兰勃特投影）坐标系统参数信息，注意投影使用的中央经线、标准纬线等基本参数，以及椭球参数信息（地理坐标系统描述部分）。从 ArcGIS 提供的坐标系统参数文件表中选择新投影参数文件，将当前地图改为 UTM（通用横轴墨卡托投影）等不同类型的地图投影。对比观察中国地图采用不同类型投影坐标系统时的经纬线形状特点和变形特征。

### 4. 观察常用的河北省地图投影

我国省级地图采用兰勃特（Lambert）投影和同一投影系统的阿伯斯（Albers）投影，二者均为正轴割圆锥投影。另外，高斯-克吕格投影也是河北地图编制中常用的地图投影类型。

**实验案例：**打开实验练习数据中提供的河北省地图文档，在 ArcMap 中查看河北省地图采用的“Lambert Projection”（兰勃特投影）坐标系统参数信息。从 ArcGIS 提供的坐标系统参数文件表中选择新的投影参数文件，将河北省地图展现所采用的投影改为采用 6° 分带中央经线 117° E 的高斯-克吕格投影；对比观察不同类型投影坐标系统下的经纬线形状特点和变形特征。

## 实验 1-2 地图概括方法（制图综合）

地图概括是地图编制的主要环节，必须处理好地理真实性与几何精确性、地图载负量与地图易读性、普遍规律性与区域特殊性等几个关系。地图概括程度主要取决于地图比例尺与地图用途，也受制图对象分布规律与制图区域特点、制图资料详细程度等因素影响。理解地图概括方法、原理和意义对于正确使用地图非常重要，在地图数据生产过程中合理使用地图概括方法，也是生产高质量地理数据的重要基础。

**实验目的：**通过观察不同比例尺和制图区域范围的地图，使学生理解并初步掌握地图概括的实质、原理、意义，以及地图概括的影响因子；通过实际数据生产的实践，掌握地图概括的主要方法。

**相关实验：**空间数据管理与可视化系列实验中的“基于扫描栅格地图的矢量数据生产”、“基于多软件合作模式的矢量数据快速生产”及“地图数据处理与质量检测”。

**实验数据：**多级比例尺标准中国地图、多级比例尺地形图、互联网电子地图、某区域高空间分辨率遥感影像等。

**实验环境：**ArcGIS Desktop；天地图、百度地图、高德地图、OSM 地图等各类互联网电子地图服务网站。

**实验内容：**利用不同比例尺国家标准地形图、原国家测绘地理信息局公布的标准中国地图、互联网电子地图服务等地图数据，观察、对比不同比例尺下的地图概括情况；通过不同比例尺的地图数据生产实践体会地图概括的过程。

### 1. 地图概括简介

地图概括又称制图综合，是地图编制中内容取舍和简化的原理与方法。通过有目的地取舍和简化，表示制图区域或制图对象最主要、实质性的特征和分布规律。地图概括主要分为比例概括和目的概括。取决于地图比例尺的概括称比例概括，比例尺越小，地图概括程度越高。目的概括通常要考虑编图目的及地物在所编地图上的地位和意义，有目的地选取和突出表现一些主要特征。

不同的地图比例尺直接决定制图区域内地理要素的选取指标和概括程度。同一类型的地理要素在不同地理特征的制图范围内，其重要程度和意义不一样，也会影响地图概括结果。地图概括的基本方法为内容取舍、质量特征的化简、数量特征的化简和形状化简。

**内容取舍方法：**根据各要素本身的特点及其在地图上的表示方法，地图编绘中常采用定额指标、等级指标、分界尺度指标等指标选取方法，选取主要的类别、主要事物，舍去次要类别、次要事物。

(1) 定额指标：规定图上单位面积内选取要素的数量，适用于居民地、湖泊、居民点等的选取。采用定额指标进行内容取舍的方法称为定额法。我国小比例尺地形图上，居民点通常选用定额指标法进行取舍。在 1:100 万地形图上，人口稠密区的图上居民点选取定额为 160~200 个/dm<sup>2</sup>，稀疏区为 90~120 个/dm<sup>2</sup>。

(2) 等级指标：按地理要素的等级高低进行选取（如居民地按行政级别或人口数量分

级)。例如,居民地中,规定选取乡镇及以上政府驻地,以下的舍去。

(3) 分界尺度指标:通过规定选取要素的最小尺寸(长度、大小、间隔等)作为要素取舍的标准。例如,规定图上河流长度的最小尺寸为 1cm,湖泊面积为  $2\text{mm}^2$ ,居民地人口数量为 500 人。

质量特征的化简:减少一定范畴内事物的质量差别,用概括的分类代替详细的分类。例如,质量特征化简时,可将含针叶树的落叶阔叶林带、落叶阔叶林带合并为温带落叶阔叶林区。

数量特征的化简:数量特征的化简就是减少事物的数量差别,增大数量指标的变化间距。例如,地形图上等高线的等高距,在 1:5 万地形图上为 10m,在 1:10 万上为 20m。

形状化简:主要用于线状和面状分布的地理要素。形状化简的方法有删除、夸大和合并。在不同比例尺地图上,居民点图形简化概括不同。例如,在 1:400 万地形图上,石家庄市简化为一个定点符号;在中比例尺地图上,石家庄市街区轮廓均可见;而在大比例尺 1:2000 地形图上,不仅能表示街区内各栋房屋建筑物的轮廓,还要标注房屋层数。

## 2. 不同比例尺国家标准地形图中的地图概括

国家基本比例尺地形图上表示的主要要素包括:测量控制点、水系、居民地及设施、交通、管线、境界、地貌、植被与土质等。以下重点介绍不同比例尺地形图上居民地、水系、交通、地貌的地图概括对比。

(1) 居民地:在新国家基本比例尺地图编绘规范中,居民地图形符号的使用不再将人口数作为使用依据,而是采用居民地平面图形大小与行政等级相结合的方式选用图形符号。图上面积大于等于  $30\text{mm}^2$  的居民地采用街区式表示, $4\sim 30\text{mm}^2$  的居民地用轮廓式表示,小于等于  $4\text{mm}^2$  的居民地采用圈型符号表示。在 1:500、1:1000、1:2000 地形图上,房屋一般不综合,应逐个表示;不同层数、不同结构性质、主要房屋和附加房屋都应分别表示。

(2) 水系:在新国家基本比例尺地图编绘中,河渠长度选取指标为  $5\sim 8\text{mm}$ 。1:2000 地形图上,河流在图上宽度小于  $0.5\text{mm}$  时以单线表示,大于等于  $0.5\text{mm}$  时依比例尺显示。

(3) 交通:在新国家基本比例尺地图编绘中,道路网格大小在居民地稠密区和较稠密区为  $1\sim 3\text{cm}^2$ ,居民地中密区为  $2\sim 4\text{cm}^2$ ,居民地稀疏区大于等于  $4\text{cm}^2$ 。1:2000 地形图上,路肩宽度图上大于  $1\text{mm}$  时,依比例尺显示。

(4) 地貌:1:1 万地形图上,基本等高距在平地为 1m、丘陵地为 2.5m、山地为 5m;1:5 万地形图上,基本等高距在平地为 5m、丘陵地为 10m、山地为 20m;1:10 万地形图上,基本等高距在丘陵为 20m、山地为 40m、高山地为 80m;1:25 万地形图上,基本等高距在丘陵为 40m、山地为 50m、高山地为 100m。

自主练习:利用实验数据中提供的 1:50 万、1:25 万、1:10 万、1:5 万、1:1 万等不同比例尺地形图,对比观察各类地理要素的取舍情况和图形概括情况。

## 3. 原国家测绘地理信息局公布的“标准中国地图”中的地图概括

原国家测绘地理信息局官方网站公布了公众可以使用的标准中国地图。标准地图依据中国 and 世界各国国界线画法标准编制而成,可作为编制公开版地图的参考底图。不同比例尺标准中国地图中包含的境界线、水系等地理要素的概括程度不同。

我国与越南国界线在 1:6000 万标准中国地图中的形状简化程度比在 1:2200 万标准中国地图中概括程度更高,形状更加简化(图 1-2-1)。



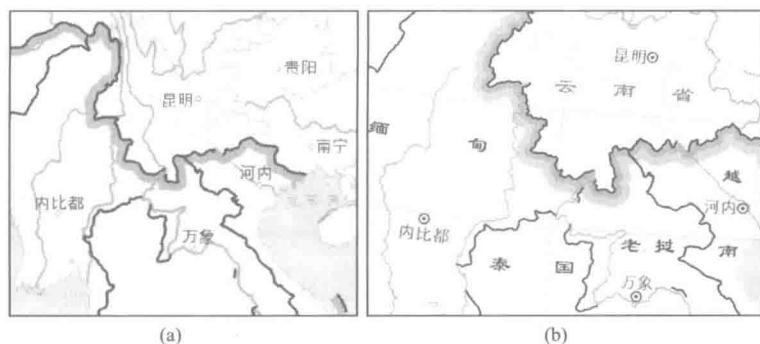


图 1-2-1 1:6000 万 (a) 和 1:2200 万 (b) 中国地图境界线概括和取舍对比

与 1:2200 万中国地图相比, 1:6000 万中国地图删除了一些按比例尺缩小的海岸线碎片, 也夸大了部分按比例应删除的小弯曲 (图 1-2-2)。

1:1600 万中国地图中, 居民地按市级及以上等级政府驻地选取; 1:2200 万中国地图中, 居民地概括到省级及以上政府驻地 (图 1-2-3)。

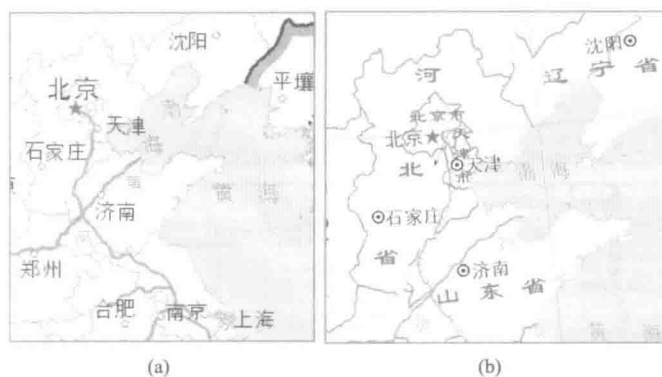


图 1-2-2 1:6000 万 (a) 和 1:2200 万 (b) 中国地图海岸线概括和取舍对比

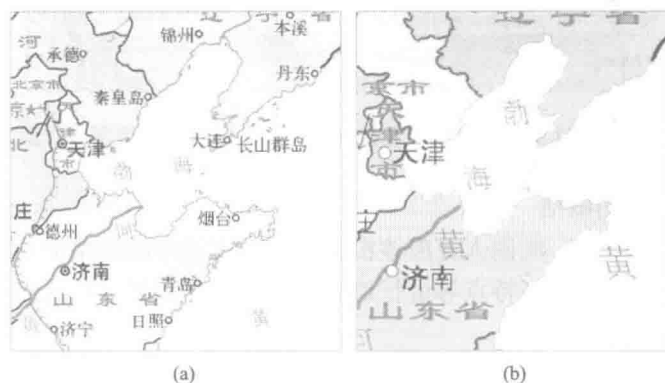


图 1-2-3 1:1600 万 (a) 和 1:2200 万 (b) 中国地图居民地概括和取舍对比

自主练习: 利用实验数据中提供的 1:1600 万、1:2000 万、1:3000 万、1:4200 万、1:6000 万等不同比例尺标准中国地图[或登录自然资源部网上政务服务平台(测绘地理信息)