



高等职业教育测绘地理信息类“十三五”规划教材

# 地图制图技术

周园 主编 王野 栾玉平 副主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



高等职业教育测绘地理信息类“十三五”规划教材

# 地图制图技术

主 编 周 园

副主编 王 野 栾玉平

参 编 陈国平 李 猷



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

地图制图技术/周园主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2018. 8  
高等职业教育测绘地理信息类“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-307-20334-1

I. 地… II. 周… III. 地图制图学—高等职业教育—教材 IV. P28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 142233 号

责任编辑: 胡 艳

责任校对: 汪欣怡

整体设计: 汪冰滢

---

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 湖北民政印刷厂

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 15 字数: 359 千字 插页: 1

版次: 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-20334-1 定价: 36.00 元

---

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

本教材是根据高等职业教育测绘地理信息类“十三五”规划教材编委会的安排，为适应高职高专教育改革与发展的需要，结合测绘类专业的教育标准、培养目标及该门课程的教学基本要求编写的。

本教材以介绍地图的基本知识为重点，同时精心选绘了大量的插图，以便于学生理解和学习。在内容上力求实用性和通用性，做到理论知识适度够用、通俗易懂，结合我国地图制图的实际情况，加入了多种地图软件应用的内容，突出了实践应用能力的培养。全书共分为8章，内容包括地图概述、地图的数学基础、地图语言、地图概括、地图的表示、地图编制、地图评价与地图管理、地图分析与应用、常用地图制图软件介绍。本教材除了用于全国高职高专院校测绘类专业的基础教材外，还可以作为相关专业和工程技术人员的参考用书。

本教材的编写分工：辽宁水利职业学院周园编写第1章、第2章（第3节）、第3章；沈阳市勘察测绘研究院王野编写第4章；辽宁水利职业学院栾玉平编写第5章；昆明冶金高等专科学校陈国平编写第6章、第7章；湖北国土资源职业学院李猷编写第2章（第1、2节以及第4~6节）、第8章。全书由周园任主编并统稿。

本教材在编写过程中参考了许多有关的教材和资料，并得到了众多院校老师的热心帮助和支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于各方面的原因，书中错误和疏漏在所难免，恳请读者予以批评指正。

编 者

2018年1月

# 目 录

第1章 地图概述	1
1.1 地图的基本特性	3
1.1.1 由严密的数学法则产生的可量测性	3
1.1.2 由特定的地图语言产生的直观性	4
1.1.3 由科学的地图概括产生的一览性	4
1.2 地图的构成要素	5
1.2.1 数学要素	5
1.2.2 地理要素	7
1.2.3 辅助要素	8
1.3 地图的功能	9
1.3.1 地图的模拟功能	9
1.3.2 地图的信息载负功能	9
1.3.3 地图的信息传输功能	10
1.3.4 地图的认识功能	11
1.4 地图的分类	12
1.4.1 按地图内容分类	12
1.4.2 按地图比例尺分类	14
1.4.3 按制图区域分类	14
1.4.4 按地图用途分类	15
1.4.5 按使用方式分类	15
1.4.6 按其他标志分类	15
1.5 地图的发展历史	17
1.5.1 地图的起源	17
1.5.2 古代地图	18
1.5.3 近代地图	26
1.5.4 现代地图	29
思考题	32
第2章 地图的数学基础	33
2.1 地球的形状与大小	33
2.1.1 地球的自然表面	33
2.1.2 地球的物理表面	33

2.1.3 地球的数学表面	33
2.1.4 地球的正球体	35
2.2 坐标系与高程系	35
2.2.1 地理坐标系	35
2.2.2 地心坐标系	36
2.2.3 平面坐标系	37
2.2.4 我国大地坐标系	38
2.2.5 高程系	39
2.3 地图投影	40
2.3.1 地图投影的概念	40
2.3.2 地图投影的变形	41
2.3.3 地图投影的分类	44
2.3.4 方位投影	46
2.3.5 圆柱投影	51
2.3.6 圆锥投影	57
2.3.7 多圆锥投影	61
2.3.8 地图投影的选择	63
2.4 地图比例尺	64
2.4.1 地图比例尺定义	64
2.4.2 地图比例尺形式	65
2.4.3 地图比例尺的作用	67
2.4.4 地图的比例尺系统	68
2.4.5 地形图按比例尺分类	69
2.5 地图定向	69
2.5.1 地形图的定向	70
2.5.2 小比例尺地图的定向	71
2.6 地图分幅与编号	71
2.6.1 地图的分幅	72
2.6.2 我国基本比例尺地形图的分幅与编号	72
2.6.3 大比例尺地图的分幅与编号	75
思考题	77
<b>第3章 地图语言</b>	<b>78</b>
3.1 地图符号	78
3.1.1 地图符号的概念	78
3.1.2 地图符号的分类	79
3.1.3 地图符号构成要素	89
3.2 地图色彩	91
3.2.1 色彩的利用	91

3.2.2 色彩的选择	94
3.3 地图注记	96
3.3.1 地图注记的意义与作用	96
3.3.2 地图注记的种类	96
3.3.3 地图注记的要素	97
思考题	102
<b>第4章 地图概括</b>	<b>103</b>
4.1 概述	103
4.2 地图概括的基本方法	103
4.2.1 地图内容的选取	103
4.2.2 图形形状的化简	107
4.2.3 制图对象的概括	111
4.2.4 制图要素的移位	113
4.3 影响地图概括的主要因素	116
4.3.1 地图的用途	116
4.3.2 地图的比例尺	116
4.3.3 制图区域的地理特征	119
4.3.4 地图的载负量	119
4.3.5 地图的符号	121
4.3.6 制图资料	123
4.3.7 制图者	123
思考题	124
<b>第5章 地图的表示</b>	<b>125</b>
5.1 普通地图的表示	125
5.1.1 普通地图的类型及内容	125
5.1.2 自然地理要素的表示	125
5.1.3 社会经济要素的表示	137
5.2 专题地图的表示	144
5.2.1 专题地图的基本特征	144
5.2.2 专题地图的类型	145
5.2.3 专题地图的内容	148
5.2.4 专题要素的表示	148
思考题	160
<b>第6章 地图编制</b>	<b>162</b>
6.1 地图编制方法与过程	162
6.1.1 地图编制的几种常用方法	162

6.1.2	地图编制过程 .....	164
6.1.3	传统实测成图方法 .....	166
6.1.4	地图编绘法 .....	167
6.1.5	地图编绘的原则 .....	169
6.1.6	遥感制图 .....	169
6.2	地图设计 .....	172
6.2.1	地图总体设计 .....	172
6.2.2	地图资料的搜集与分析 .....	172
6.2.3	制图区域与制图对象的分析研究 .....	173
6.2.4	地图设计书或大纲的编写 .....	173
6.2.5	地图设计文件 .....	174
6.3	计算机地图制图 .....	174
6.3.1	计算机地图制图技术的发展 .....	174
6.3.2	计算机地图制图的基本流程 .....	175
6.3.3	地图分层 .....	176
6.3.4	图形要素编辑 .....	176
6.3.5	专题地图设计 .....	178
6.3.6	图面配置与输出 .....	179
	思考题 .....	179
<b>第7章</b>	<b>地图分析与应用</b> .....	<b>182</b>
7.1	地图分析 .....	182
7.1.1	地图分析的概念 .....	182
7.1.2	地图分析的作用 .....	183
7.1.3	地图分析的技术方法 .....	184
7.2	地图应用 .....	194
7.2.1	地图在地学及相关学科科研中的应用 .....	194
7.2.2	地图在国土资源调查与管理中的应用 .....	194
7.2.3	地图在生态环境保护与区划中的应用 .....	194
7.2.4	地图在灾害监测预报与防治规划中的应用 .....	195
7.2.5	地图在人文社会经济与可持续发展中的应用 .....	195
7.2.6	地图在交通与旅游中的应用 .....	196
7.2.7	地图在医疗卫生与生活服务业中的应用 .....	197
7.2.8	地图在工程建筑与区域规划中的应用 .....	197
7.2.9	地图在军事作战与国防建设中的应用 .....	197
	思考题 .....	198
<b>第8章</b>	<b>常用地图制图软件介绍</b> .....	<b>199</b>
8.1	AutoCAD 应用基础 .....	199

8.1.1	AutoCAD 简介 .....	199
8.1.2	AutoCAD 的工作界面 .....	200
8.1.3	AutoCAD 命令的输入方法 .....	202
8.1.4	AutoCAD 坐标点的输入方法 .....	203
8.1.5	简单的二维图形绘制方法 .....	204
8.1.6	AutoCAD 图形文件的管理方法 .....	204
8.1.7	创建布局 .....	205
8.1.8	管理布局 .....	205
8.1.9	创建打印样式 .....	206
8.1.10	打印图形 .....	206
8.2	MapGIS 应用基础 .....	206
8.2.1	MapGIS 简介 .....	206
8.2.2	MapGIS 系统的主要优点 .....	207
8.2.3	MapGIS 系统的总体结构 .....	207
8.2.4	MapGIS 系统的主要功能 .....	207
8.2.5	MapGIS 界面与参数设置 .....	208
8.2.6	扫描矢量化流程 .....	209
8.2.7	空间数据的编辑 .....	211
8.2.8	图形输出 .....	212
8.3	MapInfo 应用基础 .....	213
8.3.1	MapInfo 简介 .....	213
8.3.2	MapInfo 软件特点 .....	214
8.3.3	MapInfo 工作界面 .....	215
8.3.4	MapInfo 工作窗口及其操作 .....	217
8.3.5	MapInfo 图层的创建 .....	217
8.3.6	地图数据的获取 .....	218
8.3.7	布局窗口设置 .....	219
8.3.8	地图输出 .....	219
8.4	ArcMap 应用基础 .....	221
8.4.1	ArcMap 用户界面 .....	221
8.4.2	地图的基本操作 .....	222
8.4.3	ArcMap 图层的操作 .....	223
8.4.4	ArcMap 地图数据操作 .....	226
8.4.5	地图版面设计与输出 .....	227
	思考题 .....	229
	参考文献 .....	230

# 第1章 地图概述

## 【教学目标】

地图的起源历史悠久，它载录了人类对客观环境的认识，也反映了不同历史时期社会生产力和科学技术的发展水平。地图在社会生产实践中产生，又服务于社会实践，它既是人类认识客观世界的结果，又是人们认识客观世界的工具。通过本章的学习，需要掌握地图的基本特性，明确地图的构成要素和地图的分类方法，熟知地图的功能，了解地图的发展历史。

地图出现很早，几乎和人类对环境的认识同步，与人类的文化史同样悠久。地图与人类认识客观世界有着密切的联系，在社会生产实践中产生，又以自身的不断发展而服务于社会实践，它既是人类认识客观世界的特殊结果，又是人们认识客观世界的重要工具。

很早以前，人们认为地图是地球表面缩小到平面上的图形。这样定义既不确切又不全面，也不科学。首先，这个定义既适用于地球表面的任何照片、航片和卫片，也适用于风景画（如图 1.1 所示，同一地区风景画、风景照片、航空像片、卫星影像和地图的对比）；其次，这个定义会使地图局限于表示地球表面，而现代地图既能表示各种自然现

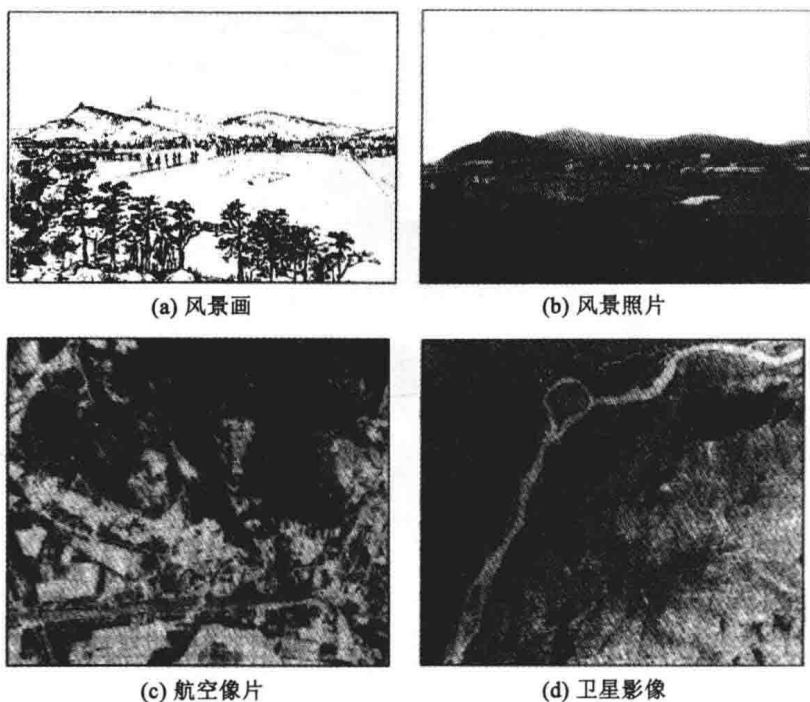
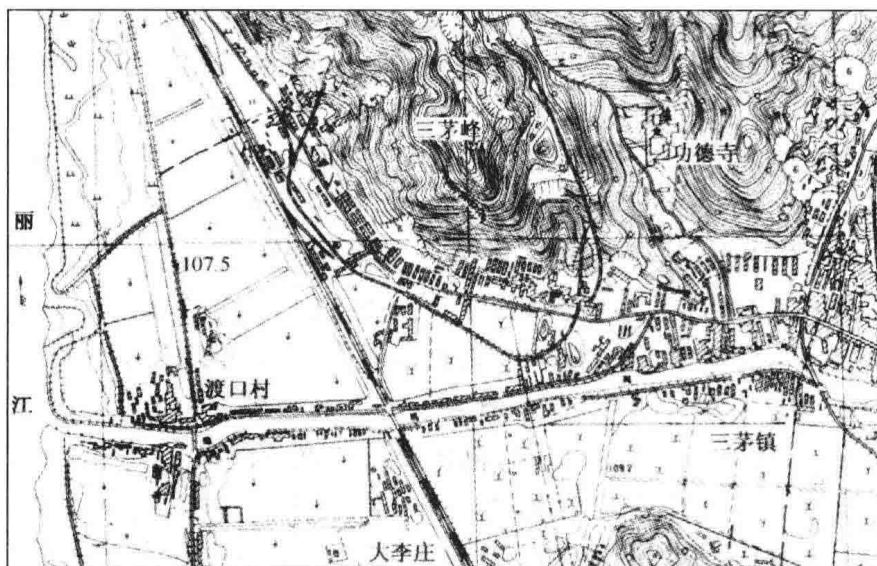


图 1.1 (a)



(e) 地图

图 1.1 (b)

象，也能表示人类政治、经济、文化和历史等人文现象的状态、联系和发展变化（图 1.2）。地图不但可以展示人类居住的整个地球，而且能显示出地表各部分的详细情景；既能表示一般的地理事物，又能表示某种特定现象，无论是具体的还是抽象的、现实的还

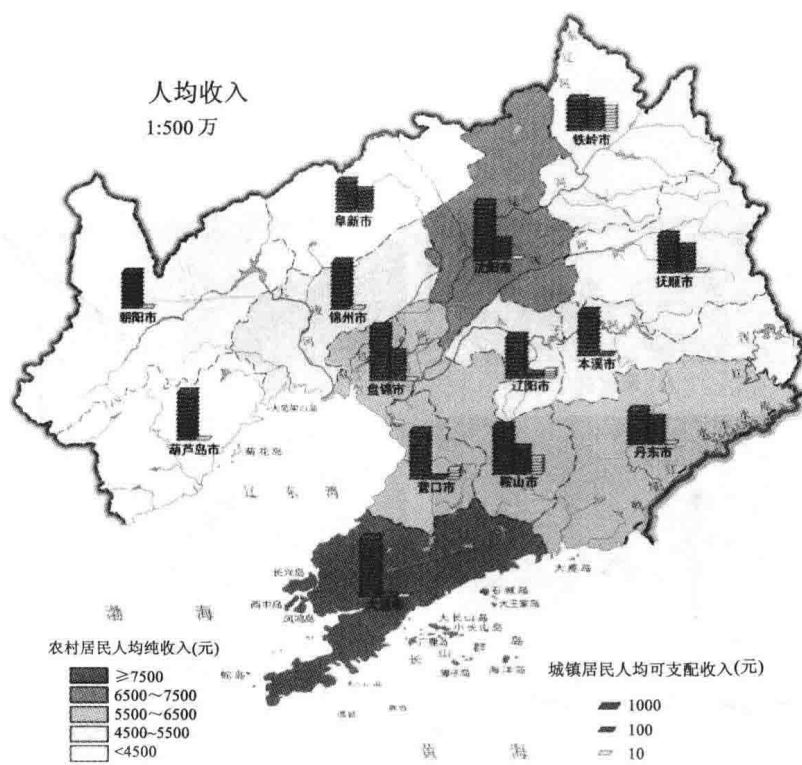


图 1.2 经济收入地图

是预测的、静态的还是动态的，都可以用地图进行表示（图 1.3）。

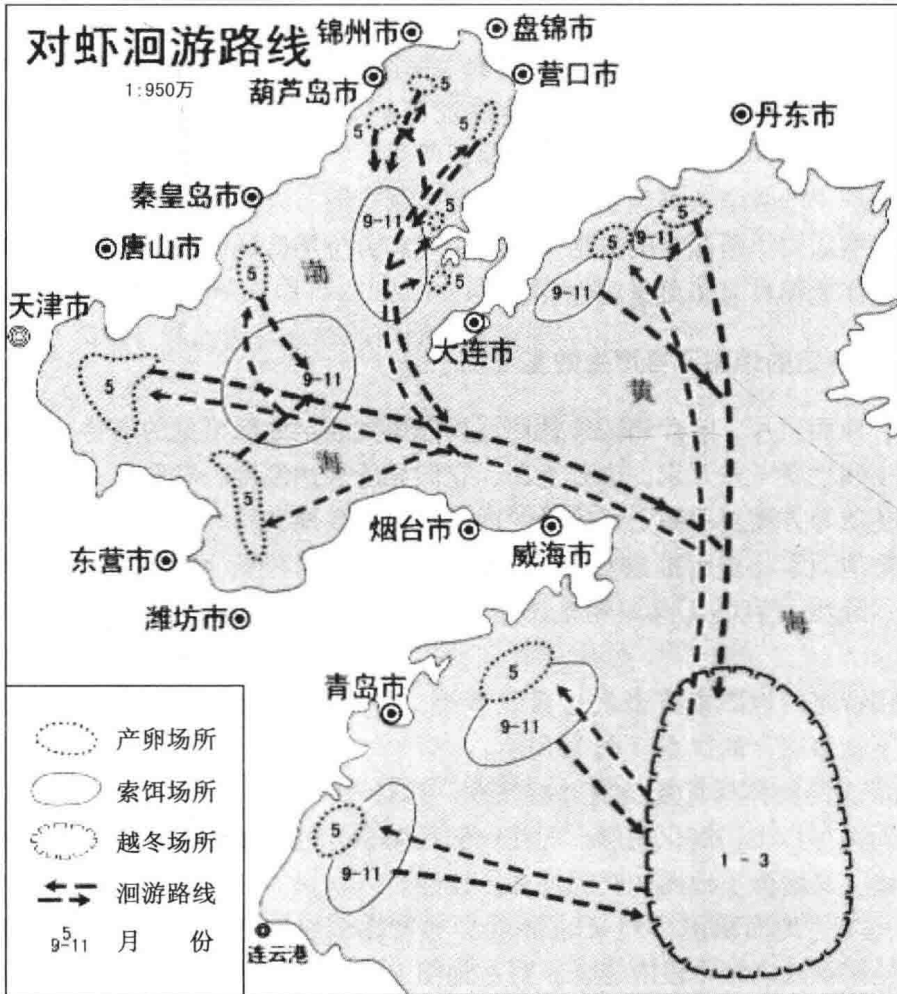


图 1.3 动物运动线路地图

随着社会的发展，地图的使用范围不断扩大，地图的科学价值也在不断提高，人们对地图的认识和理解也不断深入，逐渐归纳出只有地图才具备的一些特性，对地图的定义也就更加科学。

## 1.1 地图的基本特性

### 1.1.1 由严密的数学法则产生的可量测性

风景画和地面像片都是建立在透视投影基础上的，但随着观测者位置的不同，景物的形状和大小会产生比例上的变化，即离景物越近，图像就越大；离得远，图像就小，这种透视关系不符合可量测性的要求；没有经过处理的航空像片是一种中心投影，又因地面起伏和飞机飞行的缘故，不能保证像片上各处的比例尺都一致，也不能准确地确定地面物体

的位置，无法严密地定向。卫星影像也是如此。

地球的自然表面是极不规则的曲面，不可能无重叠、无裂隙和无变形地制成平面的地图，这就产生了从曲面到平面的矛盾。为了解决这一矛盾，需要运用数学方法将球面上的点投影到某种可展平面上，建立球面上点的经纬度和其在平面上直角坐标之间的解析关系，投影后可以控制其变形性质，精确地确定其变形大小，而且可严格地对地图进行定向，使地图具有更高的科学价值和实用价值。

地图是按严密的数学法则编制的，它具有地图投影、地图比例尺和地图定向等数学基础，从而可以在地图上量测点的坐标、线的长度和方位、区域的面积、物体的体积和地面坡度等数据，使地图具有了可量测性（图 1.1（e））。

### 1.1.2 由特定的地图语言产生的直观性

风景画、地面照片、航片和卫片是用写真的形式表示地面可见的事物，而地面上事物的形状、大小和性质千差万别，十分复杂，它们无法表达温度、日照、工农业产值、地质构造、土壤性质等方面。地图上所表示的内容则不是实地事物本来面貌的缩绘，而是用专门设计的、对地面事物进行抽象的符号来表达的。地图符号、色彩、注记等统称地图语言，它是表示地图内容的工具。用地图语言可使地图所表达的内容清晰、形象、直观、易读。

地图使用特定的地图语言来表达客观事物，与风景画、地面照片、航片和卫片相比较，具有以下众多明显的优点（图 1.1）：

（1）地面上的物体具有复杂的外貌轮廓，设计符号时，可进行抽象概括，根据内容和性质的不同进行归类，简化图形，即使比例尺缩小，也能有清晰的图形。这样既减轻了地图的载负量，又增强了地图的直观性和易读性。

（2）实地上占地面积很小但又非常重要的物体，如控制点、泉、灯塔、检修井等，在像片上无法辨认或者根本没有影像，而在地图上则可根据需要，用特定的不依比例的符号清晰地表示出来。

（3）像片上无法显示事物的数量和质量特征，如水质、水深、土地利用、路面材料、房屋的性质等，在地图上都可以通过一定的符号、颜色和注记表示出来。

（4）像片上无法显示地下的物体，如地下管线、矿藏、隧道、冻土层、地下建筑等，在地图上都可以通过专门的符号明确地表示出来；像片上也无法显示被植被遮盖的地貌情况，但在地图上则可以用符号、颜色等清晰地表示出来。

（5）无形的自然现象和社会现象，如经纬线、压力、降雨量、太阳辐射、居民地的人口数、利税、行政界线、历史变迁等，在像片上根本没有影像，但在地图上则可以用符号表示出来。

地图通过地图语言再现客观世界，浓缩存贮了大量信息，利用地图可以直观、准确地获得地理空间信息，因此地图成了人们认识和研究客观世界的重要工具。

### 1.1.3 由科学的地图概括产生的一览性

地球表面的地理事物和现象种类繁多，千差万别，十分复杂，而地图幅面是有限的，在地图上不可能把所有地理事物和现象都表示出来。随着地图比例尺的缩小，地图上的面

积也将迅速缩小，能表达在地图上的地理事物和现象的数量、种类、等级都要减少，所以地图所反映的地球表面上的各种地理事物和现象总是比实际要少得多。根据使用者对地图内容的要求，哪些内容需要表示，哪些内容需要舍掉，需要表示的内容又要详细到什么程度等，需要采取科学的方法，按照一定的条件和要求，对地图内容进行处理，这种对地图内容进行科学处理的过程，称为地图概括。经过地图概括，可以使地图的内容同地图的比例尺和地图的用途相适应，将用图者需要的内容一览无遗地呈现出来。地图概括是制图者对地图内容进行思维加工的过程，是对地图内容的抽象和升华。

根据地图所具有的上述三个基本特性，形成了现阶段广泛使用的地图定义：地图是按照一定的数学法则，使用地图语言，通过地图概括，以各种形式（图解、数字、触觉、虚拟，等等），表示自然地理、人文地理要素的载体。

## 1.2 地图的构成要素

地图的内容种类繁多、形式各异，凡是在空间分布的物体或现象，无论是自然的还是社会经济的，是具体的还是抽象的，是现实的还是历史的，是有形的还是无形的，是现知的还是预测的，等等，都可以用地图的形式来表示，归纳起来，所有的地图内容都是由数学要素、地理要素和辅助要素构成的，通常称之为地图的“三要素”。

### 1.2.1 数学要素

地图的数学要素，是具有按一定的数学法则构成的或具有数学意义的地图要素，起着地图的“骨架”作用。地图的数学要素包括坐标网、控制点、地图比例尺及指向标志等。

#### 1. 坐标网

地图上用于确定点位、方向、距离和拼接图幅等的一种网格。通过地图投影将地球椭球面转换成平面，用于表达地球椭球面上的要素和它在平面上各点之间的解析关系，是各种地图的数学基础，也是地图上不可缺少的要素。

地图的坐标网，又分为地理坐标网（称经纬线网）和平面直角坐标网（或称方里网）两种。

(1) 地理坐标网是以一定的经纬度间隔按某种地图投影方法描绘的经纬线网格，线上注有经纬度，便于确定点位的地理坐标（图 1.4），编制地图时，还可用作转绘地图各要素的控制基础。

(2) 平面直角坐标网（如图 1.5 中“+”）是由平行于投影带中央经线的纵坐标线和平行于赤道的横坐标线构成的，用来确定地图要素的位置和用于地图量算，其密度与地图的性质和比例尺有关。

由于地图投影的不同，地理坐标网常表现为不同的形状。又因地图的要求相同，有时在同一幅地图上绘有两种坐标网，或在图中仅描绘一种坐标网，而某些地图上也可以不绘坐标网，如制图区的范围很小，地图又不用于量测或只作为略图使用。

#### 2. 控制点

控制点是具有一定精确位置的固定点，包括天文点、三角点、导线点、GPS 点和水准点。控制点能保证将地球自然表面上的要素转绘到椭球面上，再转绘到平面上时，具有

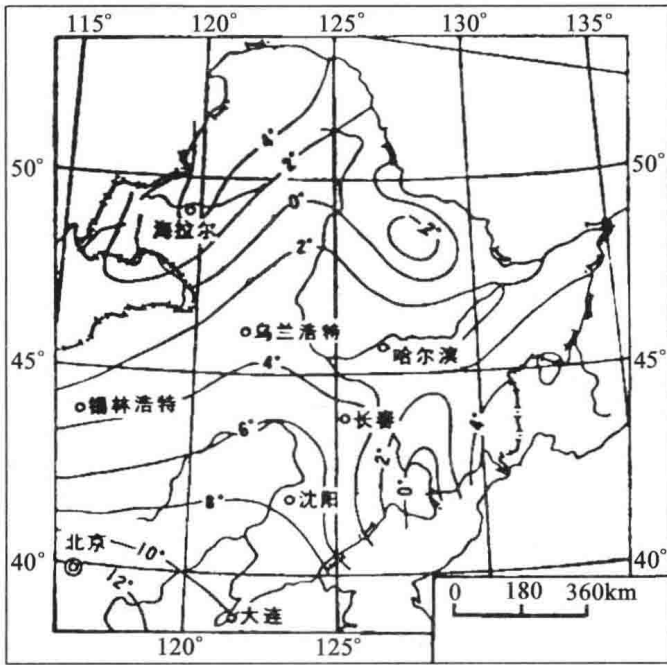


图 1.4 地理坐标网

精确的地理位置和高程。大地控制点一般在地图上不表示，仅在大比例尺地形图上才有选择地表示（图 1.5）。

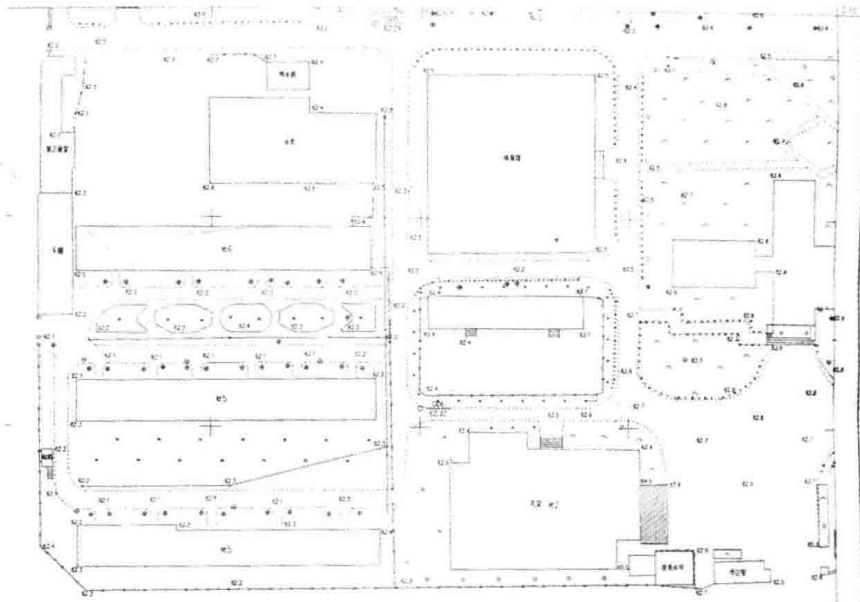


图 1.5 平面直角坐标网和控制点

### 3. 地图比例尺

地图比例尺是地图上的线段长度与实地相应线段长度之比，它表示地图图形的缩小程

度，又称为缩尺。它的表示形式主要有数字式、文字式和图解式。

#### 4. 指向标志

指向标志是指向北方向的标志线。制图时，通常采用图幅的正向（上图廓）为北方向，一般不需要绘指向标志；当不依图幅的正向为北方向进行制图时，就必须绘出指向标志，指定地图的北方向，如图 1.6 所示。



图 1.6 指向标志

### 1.2.2 地理要素

地理要素是存在于地球表面的各种自然和社会经济现象，以及它们的分布、联系和时间变化等，是地图所表示的主体内容。

地理要素根据其性质，可以分为自然地理要素和社会经济要素两大类，如图 1.7 所示。

#### 1. 自然地理要素

自然地理要素是指涵盖制图区域的地理环境和自然条件，如地质、地球物理、地势、地貌、水文、江湖、海洋、气象、气候、土质、土壤、植被、动物、自然灾害现象等。自然地理要素相对稳定，变化较小，它的种类和数量的多少优劣，是衡量该区域开发前景的一个重要因素。

#### 2. 社会经济要素

社会经济要素（或称人文地理要素）是指由人类活动所形成的经济、文化，以及与

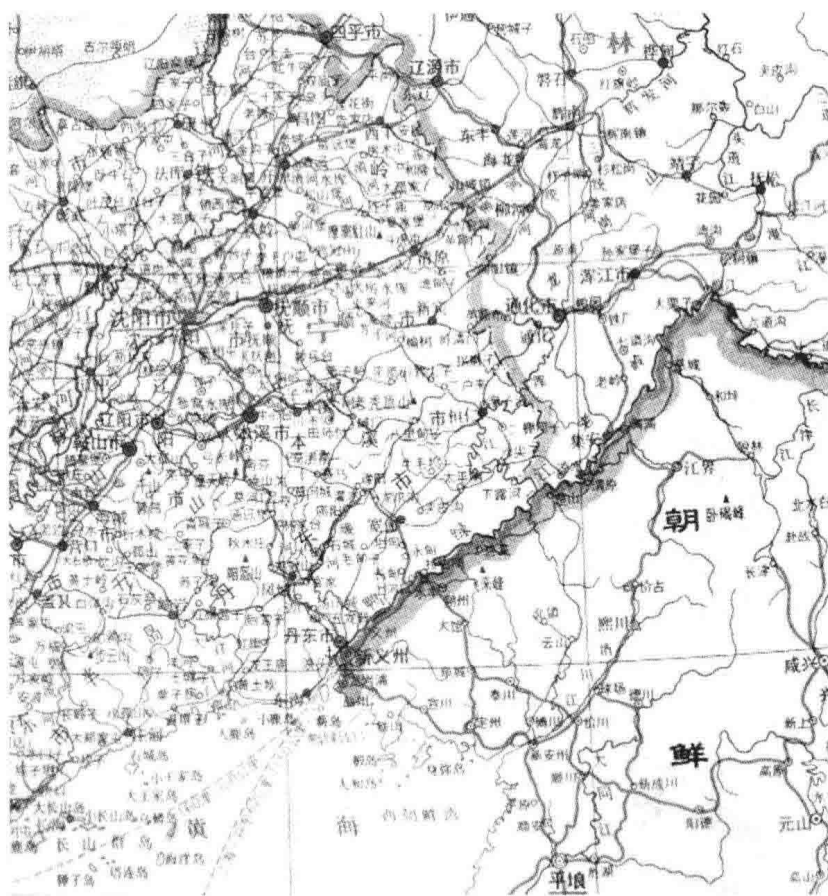


图 1.7 地理要素

之相关的各种社会现象，如居民地、交通网、行政境界线、人口、历史、文化、政治、军事、企事业单位、工农业产值、商务、贸易、通信、电力、环境污染、环境保护、疾病与防治、旅游设施，等等。社会经济要素的状况如何，深刻地反映了该区域的发展水平和社会文明的程度。

### 1.2.3 辅助要素

辅助要素是指位于地图内图廓以外，有助于读图、用图而提供的具有一定参考意义的说明性内容或工具性内容，也称图外要素。辅助要素包括工具性辅助要素和说明性辅助要素。地图的辅助要素可以提高地图的表现力和使用价值。

工具性辅助要素包括：图例、数字比例尺与图解比例尺、分度带、坡度尺、三北方向图、图廓、图廓间注记等。

说明性辅助要素包括：图名、图号、接图表、接合图号、出版时间、出版单位、编图所用资料、编图单位、附图、成图方法等。

在辅助要素中，图例是重要内容，图例是对地图符号的说明，图例应包括地图上使用的全部符号，符号的文字说明要尽量简练，符号的分组和排列顺序要有逻辑性。图例通常位于图边或图廓内空白处，对于多页地图来说，有时将图例印成单页形式。