

测绘行业职业技能培训教材

地图制图

DITU ZHITU

(技师版)

国家测绘局人事司 编
国家测绘局职业技能鉴定指导中心

测绘出版社

测绘行业职业技能培训教材

地 图 制 图

DITU ZHITU

(技师版)

国 家 测 绘 局 人 事 司 编
国家测绘局职业技能鉴定指导中心

测 绘 出 版 社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

地图制图:技师版/国家测绘局人事司,国家测绘局
职业技能鉴定指导中心编. —北京:测绘出版社,2009. 6

测绘行业职业技能培训教材

ISBN 978-7-5030-1925-8

I. 地… II. ①国…②国… III. 地图制图学—技术培训—
教材 IV. P282

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 100574 号

责任编辑 杨莲莲 徐建春

责任校对 董玉珍 李 艳

封面设计 李 伟

出版发行 测绘出版社

社 址 北京市西城区复外三里河路 50 号

电 话 010-68531160 . 68512386

印 刷 北京建筑工业印刷厂

成品规格 210mm×297mm

字 数 550 千字

版 次 2009 年 6 月第 1 版

印 数 0001—1000

邮政编码 100045

网 址 www.sinomaps.com

经 销 新华书店

印 张 17.5

印 次 2009 年 6 月第 1 次印刷

定 价 55.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1925-8/P · 343

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

编写说明

测绘是经济社会发展和国防建设的一项基础性工作。随着经济社会的全面进步,各方面对测绘的需求不断增长,测绘滞后于经济社会发展需求的矛盾日益突出。为进一步加强测绘工作,提高测绘对落实科学发展观和构建社会主义和谐社会的保障服务水平,国家对测绘事业发展越来越重视,《国务院关于加强测绘工作的意见》提出:加大测绘人才培养力度,全面提高测绘队伍整体素质;加强测绘职业资格管理,积极实施注册测绘师制度;加强基础地理信息获取和服务队伍建设,形成一支布局合理、功能完善、保障有力的基础测绘队伍。

高技能人才是我国测绘人才队伍的重要组成部分,在加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动技术创新和科技成果转化等方面具有不可替代的重要作用。改革开放以来,我国高技能测绘人才工作取得了显著成绩,人才队伍不断壮大。但是,随着经济全球化趋势深入发展,科技进步日新月异,我国经济结构调整不断加快,人力资源能力建设要求不断提高,高技能测绘人才工作也面临严峻挑战。从总体上看,高技能测绘人才工作基础薄弱,与现代测绘技术的发展不适应。

国家测绘局《关于加强“十一五”测绘人才工作的意见》指出:认真贯彻落实中央《关于进一步加强高技能人才工作的意见》,大力加强技能人才的培养,力争用5年时间在测绘行业培养5000名左右高技能人才、1000名左右技师和高级技师;以职业院校和职业培训机构为依托,加大对技能人才的在岗培训、岗位技能培训,支持和鼓励职工参加各种职业技能学习;健全和完善技能人才考核评价制度,进一步加强测绘行业特有工种职业技能鉴定工作;大力开展多种形式的测绘职业技能竞赛、岗位练兵和技术创新活动,为测绘高技能人才脱颖而出创造条件;研究建立测绘就业和岗位准入制度,并探索把高技能人才的配备情况作为测绘单位资质评估和参加重大工程项目招投标的必要条件。

为推动测绘高技能人才队伍建设,配合测绘行业技师、高级技师的培训和考评工作顺利开展,我们组织编写了这套测绘行业职业技能培训教材。本套教材是测绘行业技师考评的指定培训教材,亦可供有关院校师生及其他测绘专业技术人员参考使用。

本套教材内容翔实,结构合理,统筹考虑和兼顾了测绘理论知识和实际测绘生产技能的关系,做到了理论联系实际,实现了知识和技能统一。该教材与国家职业标准紧密结合,对国家职业标准的基本要求、工作要求以及理论知识和技能操作所占比重,特别是工作要求中所涉及的职业功能、工作内容、技能要求和相关知识,都有直接的反映和体现。同时,教材中引入了大量技术实例,融入了大量测绘实际工作中的经验、方法和技术,贯穿了测绘规范的相关规定,加强了依据测绘规范进行生产操作的理念,重点突出了测绘生产过程中技术设计、作业方案、组织实施、数据处理、技术总结、质量检验、技术指导、技术培训等各个技术环节,注重实际操作能力培养,具有较强的实用性和指导性。

本套教材由国家测绘局人事司、国家测绘局职业技能鉴定指导中心组织编写,郑州测绘学校承担本套教材的编写工作。陕西测绘局、黑龙江测绘局、四川测绘局、中国测绘科学研究院、北京市测绘设计研究院、浙江省测绘局等单位承担本套教材的审稿工作。测绘出版社对本套教材的出版给予了大力支持。此外,在2007年12月出版的由浙江省测绘局主持编写的《房产测量》测量员版教材中已经涵盖了房产测量技师的培训内容,在技师版教材中暂未单独成册。

读者在使用过程中如发现问题,可书面向国家测绘局职业技能鉴定指导中心反映,以便今后修订过程中加以完善。

测绘行业职业技能培训教材编审委员会

2009年6月

测绘行业职业技能培训教材编审委员会

主任委员 李永春 赵继成 李玉潮

副主任委员 雷 斌 韩力援 李骏元 高锡瑞

委 员 任振宇 庞秋红 曾晨曦 胡秀琴

张彦东 常 玲 刘忠卿 崔 巍

薛雁明 王军德 杨国清 尚国旗

郑殿军 侯方国

主 编 李玉潮

副 主 编 李骏元 薛雁明

《地图制图》编审人员

执行主编 郑殿军

参 编 杨志军 陈 静 付 翔 梁国华

审 稿 黄 洁

前 言

本书依据《地图制图员》国家职业标准(6-01-02-03)编写,为测绘行业地图制图员职业技能培训教材,也可作为有关院校师生及其他测绘技术人员的参考资料。

全书分为七章,系统地讲解了采用当前最新技术进行地图生产和管理的基本理论和基本技术。其中第一章介绍了地图的基本知识,第二章讲述了地图投影的地图数学基础方面的内容,第三章重点介绍了地图符号和地图内容的表示,第四章和第五章分别详细讲解了普通地图和专题地图的编绘原理和技术方法,第六章主要讲述了地图制图数据处理及出版准备工作,第七章简要介绍了地图产品的生产与管理及论文撰写方面的相关知识。

本书由郑殿军同志主持编写。其中第一章主要由郑殿军同志编写,第三章和第六章主要由杨志军同志编写,第二章和第四章主要由陈静同志编写,第五章由付翔同志编写,第七章主要由梁国华同志编写。全书由郑殿军同志统稿。

中国测绘科学研究院黄杰研究员对本教材进行了审稿。

本书在编写过程中,得到了编委会的诸多指导,参阅了大量有关的教材和资料,听取了部分专家和老师的意见,特别是充分吸收了审稿专家的意见和建议。在此对提出意见的专家、老师、审稿专家及有关参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中定有不足之处。希望读者在使用过程中提出宝贵意见,以便进一步修改完善。

编者

2009年4月

目 录

第一章 地图的基本知识	(1)
§ 1-1 地图的定义和基本特性	(1)
§ 1-2 地图的分类	(2)
§ 1-3 地图的用途	(4)
§ 1-4 地图的基本内容	(5)
§ 1-5 地图的成图过程	(5)
思考题	(7)
第二章 地图的数学基础	(8)
§ 2-1 坐标网	(8)
§ 2-2 地图比例尺	(9)
§ 2-3 地图定向	(10)
§ 2-4 地图投影	(11)
§ 2-5 我国编制地图常用的地图投影	(26)
§ 2-6 地图投影变换	(28)
§ 2-7 地图的分幅与编号	(31)
思考题	(35)
第三章 地图符号和地图内容的表示法	(36)
§ 3-1 地图符号的基本概念、特性及功能	(36)
§ 3-2 地图符号的分类	(38)
§ 3-3 地图符号的视觉变量	(40)
§ 3-4 地图符号的设计	(43)
§ 3-5 地图内容的表示	(45)
§ 3-6 色彩基本知识及地图色彩设计	(58)
§ 3-7 地图注记的设计与配置	(64)
§ 3-8 数字地图符号的设计、建库和使用	(70)
思考题	(75)
第四章 普通地图的编绘	(76)
§ 4-1 制图综合的基本原理	(76)
§ 4-2 地形图各要素的制图综合	(83)
§ 4-3 地形图的编绘设计	(106)
§ 4-4 遥感资料在地图编绘中的应用	(115)
§ 4-5 地图集的编制	(118)
思考题	(124)
第五章 专题地图编制	(126)
§ 5-1 专题地图概述	(126)

§ 5-2 专题内容的特征	(129)
§ 5-3 专题地图内容的表示方法及其使用	(130)
§ 5-4 编制专题地图的制图资料	(148)
§ 5-5 专题地图设计及编制的基本方法	(149)
§ 5-6 自然地图的编制	(161)
§ 5-7 人文地图的编制	(179)
§ 5-8 系列专题地图的编制	(195)
§ 5-9 专题地图质量检查	(196)
§ 5-10 地图集的编制	(197)
思考题	(200)
第六章 地图制图数据处理及出版准备	(202)
§ 6-1 数字地图	(202)
§ 6-2 数字线划地图	(204)
§ 6-3 数字栅格地图	(206)
§ 6-4 地图数据库	(207)
§ 6-5 数字地图制图技术与方法	(214)
§ 6-6 纸质地图数字化生产与出版准备	(223)
§ 6-7 地图印刷的基本知识	(225)
§ 6-8 地图排版简介	(232)
思考题	(235)
第七章 测绘(地图)产品的生产与管理	(236)
§ 7-1 测绘项目申请(投标标书)	(236)
§ 7-2 测绘(制图)项目技术设计规定	(241)
§ 7-3 测绘项目技术总结编写规定	(249)
§ 7-4 测绘(制图与印刷)产品的检查验收	(256)
§ 7-5 技师评定中论文撰写的一般要求	(258)
项目案例 编制××省资源地图集总体计划	(264)
思考题	(268)
参考文献	(269)

第一章 地图的基本知识

§ 1-1 地图的定义和基本特性

地图是用图解语言表达事物的工具。过去,人们把地图看成是“地球表面(或局部)在平面上的缩写”。这种说法从“地图是以符号缩小地表示客观世界”这个角度来说是正确的,但它又不充分的,因为它没有说出同样是表达地球表面状态的产品如地面摄影像片、航空像片、风景图画等同地图的区别。

为了给地图下一个科学的定义,我们首先研究地图的基本特性。

一、由特殊的数学法则产生的可量测性

特殊的数学法则包含地图投影、地图比例尺和地图定向 3 个方面。

地图投影是用解析方法找出地表点在地球椭球体上的空间位置经纬度 (φ, λ) 同平面直角坐标 (x, y) 之间的函数关系。测量的结果是将地球自然表面上的点位沿铅垂方向投影到大地水准面上,由于大地水准面是一个不规则的、无法用数学语言描述的表面,学者们用一个十分接近它的可用数学方法描述的旋转椭球面代替它,地图投影的任务就是将椭球面上的经纬度坐标 (φ, λ) 变成平面上的直角坐标 (x, y) 。由于旋转椭球体仍然是一个不可展的曲面,投影的结果存在一定误差是难免的,地图投影方法可以精确地确定每个点上产生的误差的性质和大小。

地图比例尺是地面上某线段在地图上缩小的倍数。它是地图上某线段 l 与实地上相应线段 L 的水平长度之比,表示为

$$l : L = 1 : M \quad (1-1)$$

式中, M 为地图比例尺分母。

由于地球表面是曲面,所以必须限定在一个较小的范围内才会有“水平长度”。

地图定向是确定地图图形的地理方向。没有确定的地理方向,就无法确定地理事物的方位。地图的数学法则中一定要包含地图的定向法则。

使用了特殊的数学法则,地图就具有了可量测性,人们可以在地图上确定地理事物的方位、量测两点间的距离、区域面积,并可根据地图图形量测高差,计算出体积、地面坡度、河流曲率等。

二、由使用地图语言表示事物所产生的直观性

地图上表示各种复杂的自然和人文事物都是通过地图语言来实现的,地图语言包括地图符号、地图色彩和地图注记,就是用不同颜色和形状的符号加上相应的文字说明来表示地球表面的各种事物。由于使用了地图语言,实地上复杂的地物轮廓缩小后都可用清晰的图形语言来表达,实地上形体小而重要的目标可以设置单独的符号来表示,可以不受限制地表达出地面上被遮盖了的物体,可以表示出事物的数量、质量特征(如河流深度、流速,湖水性质)以及它们的名称,还可以表示出实地上无形的自然和社会现象(如磁力线、境界线、降雨量、产量、产值等)。所以,读地图通过读图例,就可直接读出地图中表达事物的名称、性质等,而无需像读航空像片那样去判读。

三、由实施制图综合产生的一览性

随着地图比例尺的缩小,地图面积迅速缩小,可能表达在地图上的地理物体的数量也必须随之减少,这就需要从地图上删除一些次要的物体。对于表达在地图上的物体,也要减少它们按数量标志或质量标志划分的等级,简化它们的图形,通过有目的地选取和简化,表示出制图对象主要的、实质性的特征和分布规律,这就是制图综合。由于实施了制图综合,不论多大的制图区域,都可以按照制图目的,将地图主题内

容一览无遗地呈现在读者面前,这就是地图的一览性。

在研究了地图的特性之后,可以给地图下一个比较完整的定义:地图是根据一定的数学法则,将地球(或其他星体)上的自然和人文现象,使用地图语言,通过制图综合,缩小反映在平面上,反映各种现象的空间分布、组合、联系、数量和质量特征及其随时间的发展和变化。

上述定义是地图的经典概念,它较为准确地描述了地图的特性及其同其他表述地球表层事物的手段之间的差别。但是随着科学技术的发展,在同地图相关的领域中发生了许多引人注目的变化。

(1)以计算机为主体的电子设备在制图中的广泛应用,地图不再限于用符号和图形表达在纸、薄膜、丝绸等介质上,它可以数字的形式存储于磁介质上,或经可视化加工表达在屏幕上;

(2)由于航天技术的发展,出现了卫星遥感影像,这不但给地图制作提供了新的数据来源,还可以把影像直接作为地理事物的表现形式,同时把人们的视野从地球拓展到月球和其他星球;

(3)多媒体技术的发展,使得视频、音频等都可以成为地图的表达手段。

这些变化引起了全世界地图学家们对地图定义的广泛讨论。在中外的文献上,我们可以看到如下的一些关于地图的新的定义:

在《多种语言制图技术词典》中对地图的定义是“地球或天体表面实体或事物,经选择的资料或抽象的特征和它们的关系,有规则按比例在平面介质上的描写”。国际地图学协会(ICA)地图学定义和地图学概念工作组的负责人博德(Board)和韦斯(Weiss)博士给出的定义是:“地图是地理现实世界的表现和抽象,以视觉的、数字的或触觉的方式表现地理信息的工具。”也有的学者简单地将地图定义为“地图是空间信息的图形表达”,“地图是信息传输的通道”等。显然,这些定义关注了地图作为地理信息表达工具的功能,突出了数字制图环境下地图表现形式的多样化,也考虑了地图向其他天体的拓展,但却忽视了地球的基本特性。从现代地球学的观点出发,可以这样来定义地图:“地图是根据一定的数学法则,将地球(或其他星球)上的自然和社会现象,通过制图综合所形成的信息,运用符号系统缩绘到平面上的图形,以传播它们的数量和质量,在时间上和空间上的分布和发展变化”(根据田德森《现代地图学理论》)。

以上的定义主要研究的是模拟地图,是以地图符号的形式表达在纸上的地图。由于地图的制作工艺已从传统的光化学-机械方法转变为全电子的数字制图工艺,在此还必须介绍另外两个新的术语:

数字地图——存储于计算机可识别的介质上,具有确定坐标和属性特征,按特殊数学法则构成的地理现象离散数据的有序组合。

电子地图——数字地图经可视化处理在屏幕上显示出来的地图。一般而言,电子地图包含多种数据形式,如视频、音频、动画等,它由软件系统支撑,可灵活查询、浏览各类信息。

不管是数字地图或电子地图,它们都是地图的不同表现形式,其基本特性相同。

§ 1-2 地图的分类

为了使用和管理的方便,需要把地图划分成各种类型。

一、地图按所表示的内容分类

地图按内容分为普通地图和专题地图两大类。

1. 普通地图

普通地图是以相对平衡的详细程度表示地表最基本的自然和人文现象的地图。它们以水系、居民地、交通网、地貌、土质植被、境界和各种独立目标为制图对象,随着地图比例尺的变化,其内容的详细程度有很大的差别。

普通地图又可以按不同的标志进行划分。

(1) 按比例尺划分

大比例尺地图:1:10万及更大比例尺的地图;

中比例尺地图:介于1:10万和1:100万之间的地图;

小比例尺地图:1:100万及更小比例尺的地图。

由于小比例尺普通地图上反映的是一个较大的区域中地理事物的基本轮廓及其分布规律,又称为地理图或一览图。中比例尺的普通地图介于详细表示各种地图要素的大比例尺地图和概略表示地理特征的地理图之间,称为地形地理图或地形一览图。按照这样的逻辑,大比例尺普通地图自然应当是地形图。然而,在我国对地形图赋予了特殊的含义;它们是按照国家制定的统一规格、相应的测图与地图编制规范生产的详细表达普通地理要素的地图。

最后还必须说明,按照地图比例尺的划分只是一种相对的习惯用法,对于不同的使用对象有不同的分法。例如,在城市规划中,把1:1000及更大比例尺的地图称为大比例尺地图,1:1万的比例尺被认为是小比例尺;在房地产行业 and 地籍管理中,使用地图的比例尺更大。

(2) 国家基本比例尺地图

在我国,1:5000、1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万、1:25万(原来是1:20万)、1:50万和1:100万共8种比例尺的普通地图,都是由指定的国家机构和其他公共事业部门按照统一的规格测制或编制的,其中1:5万及更小的比例尺的地图覆盖整个国土,1:2.5万地图覆盖发达地区,1:1万及更大的比例尺地图则分布在重点地区。它们统称为国家基本比例尺地图。有人把国家基本比例尺地图统称为地形图,这和国际上通用的概念是有差别的。

2. 专题地图

专题地图是根据专业的需要,突出反映一种或几种主体要素的地图,其中作为主题的要素表示得相对详细,其他的要素则围绕表达主题的需要,作为地理基础概略表示。专题要素可以是普通地图上固有的,但更多是普通地图上没有而属于专业部门特殊需要的内容,如土地利用、人口分布、工业产值、劳动力构成等。

专题地图按内容分为3大类:

(1) 自然地图

自然地图是以自然要素为主题的地图。根据其表达的具体内容分为地质图、地貌图、地势图、地球物理图、气象图、水文图、土壤图、植被图、动物地理图、景观地图等。

(2) 人文地图

人文地图是以人文要素为主题的地图。根据其表达的具体内容分为政区图、人口图、经济图、文化图、历史图、商业地图等。

(3) 其他专题地图

不能归属于上述类型而为特定需要编制的地图,如航空图、航海图、城市地图等,它们是既包含自然要素,也包含人文要素,用途相对专一的地图。

二、地图按包含的区域范围分类

地图按包含的区域范围分类时,可以按自然区划分为世界地图、大陆地图、自然区域地图等;按政治行政区划分为国家地图、省(直辖市、自治区)地图、市图、县图等;还可以按经济区划或其他区域标志来划分。

三、地图按用途分类

地图按用途可分为通用地图和专用地图。

通用地图:为广大读者提供科学或一般参考的地图。如各种行政区划图、交通图、旅游图、地形图等。

专用地图:为各种专门用途制作的地图,它们是各种各样的专题地图。如教学挂图、航空图、盲人地图等。

四、地图按使用方式分类

地图按使用方式可分为以下几类。

桌面用图:放在桌面上在明视距离使用的地图;

挂图:挂在墙上使用的地图,又可分为近距离使用的挂图(如参考用挂图)和中远距离使用的挂图(如教学挂图);

野外用图:在野外行进过程中,视力不稳定的状态下使用的地图。

五、地图按存储介质分类

地图按存储介质可分为纸质地图、胶片地图、丝绸地图、磁介质地图(光盘地图、电子地图)以及通过音频、视频形式表达的多媒体地图等。

六、地图按其他标志分类

地图分类还可以有其他多种标志,例如:

按地图用色效果分为单色地图、彩色地图;

按地图外形特征分为平面地图、三维立体地图、地球仪等;

按地图信息感受方式分为视觉地图、触觉(盲人)地图;

按地图组成方式分为单幅地图、系列地图、地图集。

§ 1-3 地图的用途

人们必须借助工具来研究复杂的地理现象,这种工具就是被称为地理学第二语言的地图。

地图可以使人们拓展正常的视野范围,用于记录、计算、显示、分析地理事物的空间关系,将读者感兴趣的广大区域收入视野。

专家们早就发现,在研究地球圈层内物质、能量、信息的状态和流动规律,研究地域间的差异和一致性时,地图是不可替代的工具。

使用地图是一门专门的学问,这将在我们深刻地理解和学会如何制作地图之后再进行讨论。这里仅就地图的基本用途给出最简要的说明。

一、在国民经济建设方面

- (1)各级政府管理部门的常用工具;
- (2)自然资源的勘测与开发利用,生态环境的保护和治理;
- (3)交通、水利等工程建设的勘测、设计和施工;
- (4)城乡居民区的规划和布局;
- (5)航空、航海等其他领域。

二、在国防建设方面

- (1)各种国防工程的规划、设计和施工;
- (2)军事训练和演习;
- (3)战争中用地图来研究敌我态势、地形条件、自然资源、交通条件、居民情况等;
- (4)卫星侦察、导弹飞行都需要用到地图。

三、在科教、文化方面

- (1)在地学研究中探索地理规律,开拓新的区域,记录科学成果;
- (2)在文化领域作为宣传教育的工具;
- (3)教育领域使用的各种教学挂图、参考图等。

四、在其他方面

- (1)在人们日常生活中作为查询有关资料的工具;
- (2)各种文件、报告的附图;
- (3)划定边界时具有法律意义的附件。

§ 1-4 地图的基本内容

地图内容可分成 3 个部分:数学基础、地理要素、整饰要素。

一、数学基础

任何科学的地图都应包含数学基础,在大比例尺地图上表现为控制点、坐标网、比例尺和地图定向。

控制点分为平面控制点和高程控制点。平面控制点又分为天文点和三角点,其中三角点是最重要的,在测图时,它们是图根控制的基础;编图时,它们成为地图内容转绘和投影变换的控制点。高程控制点指有埋石的水准点。

坐标网分为地理坐标网(经纬线网)和直角坐标网(方里网),它们都同地图投影有密切联系,是地图投影的具体表现形式。

比例尺确定地表物体与地图内容的缩小程度。它虽然只在整饰要素中标出,但在地图制作过程和结果中其作用无处不在。

地图定向通常通过地图坐标网来体现。

二、地理要素

地理要素是地图的主体,普通地图和专题地图上表达地理要素的种类有所区别。

普通地图:普通地图上的地理要素是地球表面上最基本的自然和人文要素,分为独立地物、居民地、交通网(主要是陆地上的道路网)、水系、地貌、土质和植被、境界线、地名等。

专题地图:专题地图上的地图要素分为地理基础要素和专题要素。

(1)地理基础要素是为了承载作为主题的专题要素而选绘的同专题要素相关的普通地理要素,它们通常要比同比例尺的普通地图简略,要素种类根据专题要素的需要进行选择,不一定都要包含普通地图上的全部要素种类。

(2)专题要素指作为专题地图主题的专项内容,它们通常要使用特定的表示方法详细描述其数量和质量指标。

三、整饰要素

整饰要素是一组为方便使用而附加的文字和工具性资料,常包括外图廓(地形图则附有分度带)、图名、接图表、图例、坡度尺、三北方向、图解和文字比例尺、编图单位、编图时间和编图依据等。

§ 1-5 地图的成图过程

地图是测绘学、地理学等空间信息研究、生产、记录与表达的成果形式,是测绘行业服务于社会的最普遍的媒介。在初步了解地图一般常识之后,下面讨论地图是怎样制作出来的。

一、制作地图的基本途径

制作地图有两条途径:实测地图,编绘地图。

1. 实测地图

实测地图又分为野外实测地图和航测法成图。

野外实测地图是利用测量仪器对地球表面的局部区域地物、地貌的空间位置和几何形状进行测定,按一定的比例尺缩小绘制成地形图。传统的测图方法是利用测角、测高仪器测定目标的方位、距离、高差,由测图员利用分度规、比例尺等工具确定目标点在图纸上的点位,按图式符号标准要求绘出图形。随着科学技术的进步,数字测图系统得到广泛应用,这是一种全解析的机助测图方法。数字测图系统以计算机为核心,在输入、输出设备的硬、软件支持下,利用全站型电子速测仪对地形空间数据进行采集,记录在电子手

簿、磁卡或便携机内,将数据输入计算机进行图形编辑、处理,在输出设备上就可以输出标准的地形图。

航测法成图是利用航空影像来测制地图。传统的方法是对航空像片进行几何纠正、镶嵌,地物的属性和控制都要经过外业的调绘和测量,在立体测图仪上完成地物地貌测绘,从而获得地形图。20世纪50年代提出了数字摄影的新概念并产生了解析测图仪,这是一种由数据库管理系统控制的数字测图系统。到了20世纪60年代,更发展了全数字摄影测量系统。它首先将影像数字化,然后运用计算机对数字影像信息进行处理和加工,获得所需要的图形和数字信息,在绘图仪上输出地图。航测方法不仅能生产地形图,还可以直接生产诸如土地利用图、植被图、水系图等专题地图。

2. 编绘地图

编绘地图是根据多种制图资料——实测地形图、统计资料、航(卫)片、政府公告、地理考察资料、作者草图等编制成为用户需要的各种类型的地图。编绘地图技术已完成了由传统的手工制图到全数字化的地图制图的转变。

二、用传统的方法编绘地图

传统的方法是用光学转绘技术将地图内容转绘到由地图投影构成的经纬线(或直角坐标)网络中,再用手对图形进行处理和描绘。

传统的地图编绘方法分成4个基本阶段:

1. 地图设计

编制地图的工作从地图设计开始。地图编辑在接受制图任务后,首先要进行地图设计。它的基本内容是:确定地图的使用对象及对地图的要求;然后收集、分析、评价制图资料,确定对资料的使用方法和程度,并对制图资料进行相应的加工;研究制图区域地理情况,以确定区域地理特征和特点;对地图投影、地图内容、表示方法、制图综合原则、制图工艺过程进行选择或设计。最后成果是编写出的地图设计文件。

2. 原图编绘

根据设计文件的要求,编绘员要计算经纬网交点的平面直角坐标,并用直角坐标展点仪在裱糊于硬底板的图纸上将其展绘出来;将地图内容(通常用照相、晒蓝图的方法)转绘(拼贴)到网格中,以确保制图目标的位置准确;对地图内容进行综合并用手工方式将处理结果描绘出来。这个阶段的最后成果是编绘原图。

3. 出版准备

编绘原图通常用多色描绘,由于边处理制图综合问题边进行描绘其图形质量达不到获得高质量印刷品的要求,为此要设置一个出版准备阶段。其任务是根据编绘原图制作出高质量的供出版用的原图(出版原图)以及同其配套使用的分色参考图。

4. 地图印刷

地图印刷的目的是复制出大量高质量的印刷图供广大读者使用。传统的印刷是通过出版原图照相(用刻图法制作的出版原图或者直接绘在半透明薄膜上的出版原图可省去照相这道工序)、翻版、分涂、制版、打样、审校、修版和印刷等工序,最后获得复制的印刷图。

在编制地图的4个阶段中,地图设计和原图编绘阶段,制图工作者进行了大量创造性劳动,由此得到了具有特定科学属性的地图产品。

三、计算机地图制图

以计算机及由计算机控制的输入、输出设备为主要工具,通过数据库技术和数字处理方法实现的地图制图称为计算机地图制图。由于在制图过程中,系统内部都是以数字形式传递地理信息并通过对数据的处理来完成图形变换,所以又称为全数字制图。

计算机地图制图是制图技术的变革,自然会引引起制图工艺过程的变化,但其制图理论,例如制图资料的选择,地图投影和地图比例尺的确定,地图内容和地图表示法,地图内容制图综合的原则等,同传统制图并没有实质性的区别。

用计算机制作地图的过程,随着软、硬件的进步会不断变化,目前分为4个阶段。

1. 地图设计

根据对地图的要求收集资料,确定地图投影和比例尺,选择地图内容和表示方法,确定图面整饰和色彩设计,确定使用的软件和数字化方法。最后成果是地图设计书。地图设计阶段也称为编辑准备。

2. 数据输入

又称为数字化或数据获取,其目的是将作为制图资料的图形、图像、统计数据转换成计算机可以接受的数字形式,以数据库的形式记录在计算机的可存储介质上,以供调用。

3. 数据处理

通过对数据的加工处理,建立起新编地图的以数字形式表达的图形。制图者通过使用软件对数据进行选取、变换、选色、配置符号和注记等处理。

4. 图形输出

图形输出阶段是将数字地图变成可视的模拟地图的形式,可以用屏幕的形式输出(如电子地图),也可以用打印机、照排机、绘图机等输出纸质地图及供制作印刷版用的分色胶片等。

思考题

1. 什么是地图,它有哪些特性?
2. 地图按内容可分为哪些类型?
3. 我国的基本比例尺地图有哪些?
4. 结合自己的工作和学习,谈谈地图有哪些用途?
5. 地图都包含哪些内容?
6. 地图的成图方法有哪些?

第二章 地图的数学基础

数学要素是指数学基础在地图上的表现,是一切地图所必须具备的最基本的地图要素。这是因为地图的精度首先是由地图的数学基础决定的,地图上表示各种地理要素的图形构成的几何规律和几何性质取决于数学基础。

地图的数学要素包括与地图投影有联系的坐标网、比例尺和测量控制点等。

§ 2-1 坐标网

地图投影的实质可以用地面点在旋转椭球面上的地理坐标(B, L)和它们在平面上的直角坐标(x, y)之间的解析关系式(2-2)来表达,它们在地图上的表现形式则是坐标网(或制图网),分为平面直角坐标网和地理坐标网。

坐标网是制作地图时绘制地图内容图形的控制网。当使用地图时,可以根据它确定地面点的位置和进行各种量算。

平面直角坐标网亦叫方里网(或公里网),用于准确指示点位,根据地图传达要义,快速量测方向和计算距离。我国地形图采用高斯-克吕格投影(大于或等于 1 : 50 万),图上的平面直角坐标网系根据高斯平面直角坐标系构成(见图 2-1)。根据地图用途规定,仅在 1 : 1 万至 1 : 25 万比例尺地形图上绘制平面直角坐标网,不同比例尺地形图上的平面直角坐标网的网格大小(边长)都有相应规定。

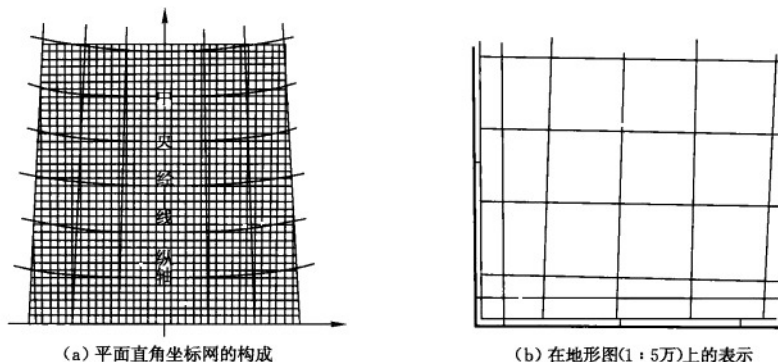


图 2-1 平面直角坐标网

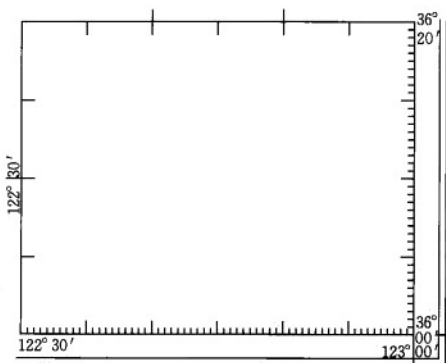


图 2-2 地形图上地理坐标网的表示
(以 1 : 50 万为例)

地理坐标网又叫经纬线网,用于确定地面点的地理坐标。

地理坐标具有深刻的地理学含义。经线相应于南北方向,纬线相应于东西方向。这些方向在地面上可以确定,在野外使用地图时可用其判定方位。地理坐标网的这种性质对于地形图尤其重要。

由于地图投影的不同,地图上的地理坐标网的构成形式是不一样的。在 1 : 2.5 万~1 : 5 万比例尺地形图上,内图廓线即是经纬线,图廓的 4 个角点注有经纬度数值;此外,在图廓的四周绘有间隔为 1' 的经纬线短线(分度带),将两对应边具有相同经纬度值的分点连接起来,即构成地理坐标网。在 1 : 25 万~1 : 100 万比例尺地形图上,除内图廓为经纬线外,图内也须按规定间隔(经差和纬

差)绘制经纬线。此外,在内图廓线和图幅的经纬线上还须按规定间隔用短线等分经纬线(见图 2-2)。这样做的目的,便于在纸介质地图上量测地面任意点的地理坐标。

§ 2-2 地图比例尺

地图比例尺是图上线段与该线段在椭球面上的平面投影的长度之比。由于地图投影必然会产生变形,所以严格地说,地图上各点的比例尺(称为局部比例尺)都不相同,同一点的不同方向的比例尺也不一样(等角投影地图上,各点的比例尺不同,但同一点不同方向的比例尺相同),只是在平面图(地球表面有限地区的大比例尺地图)上的比例尺可以视为固定不变的,因为此时可以不考虑地球的曲率。在地图上,通常标注统一的比例尺数值,这就是主比例尺或一般比例尺,实际上是投影到平面上的地球椭球模型的比例尺。对于实际上投影变形很小的地形图及长度变形很小的小比例尺地图来说,注明地图的主比例尺就够了。而对于包括大区域及主比例尺与局部比例尺差别甚大的地图,最好能指出保持主比例尺的一些经纬线网格点或线。这一般是在地图图廓外的整饰要素中给出。

一、地图比例尺形式

地图的比例尺是地图上主要的数学要素之一,它决定着实地的轮廓转变为制图表象的缩小程度。

地图上某线段的长度与椭球面上相应线段的平面投影长度之比,称为地图的比例尺,用下式(2-1)表示为

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L} \tag{2-1}$$

式中, M 为地图比例尺的分母; l 为图上线段的长度; L 为实地上相应线段的水平长度。

二、地图比例尺系统

各个国家的比例尺系统不尽相同,大多有以下几种形式。

1. 数字式

用阿拉伯数字表示。例如,1 : 100 000(或简写作 1 : 10 万),也可用分数式 $\frac{1}{100\,000}$ 表示。

2. 文字式

用文字注解的方法表示。例如,“百万分之一”(或简称百万分之一),“图上 1 cm 相当于实地 10 km”。

表达比例尺的长度单位,在地图上通常以 cm 计,在实地上以 m 或 km 计。例如,常常用“图上 1 cm 相当于实地 $\times\times$ m(或 km)”来表示比例尺。涉及航海方面的地图,实地距离则常常以 n mile(海里)计。

3. 图解式

用图形加注记的形式表示。例如,地形图上通常采用直线比例尺(见图 2-3)。

小比例尺地图上,由于投影变形比较复杂,往往根据不同经纬度的不同变形,绘制一种复式比例尺,又称经纬线比例尺或诺谟图,用于不同地区长度的量算。图 2-4 是变形随纬度不同而变化的纬线比例尺。

地图上通常采用几种形式配合来表示比例尺的概念,最常见的是数字式和图解式的配合使用。

地图上除注出数字比例尺(如 1 : 50 000)外,还配置有图解比例尺。图解比例尺是供图上量测距离用的,分为直线比例尺(地形图,如图 2-3)和复式比例尺(小比例尺地图,如图 2-4)。图解比例尺一般配置在地图(地形图)的南图廓外或图廓内的空白处(小比例尺地图,与图例等配置在一起)。

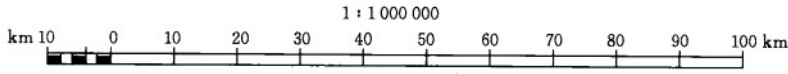


图 2-3 我国地形图上的图解比例尺及数字比例尺

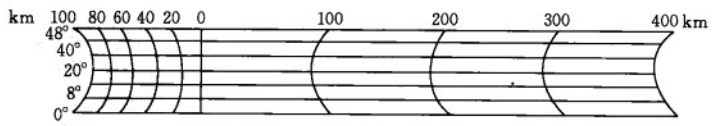


图 2-4 双标准纬线等角圆锥投影的纬线比例尺