

向传璧 主编

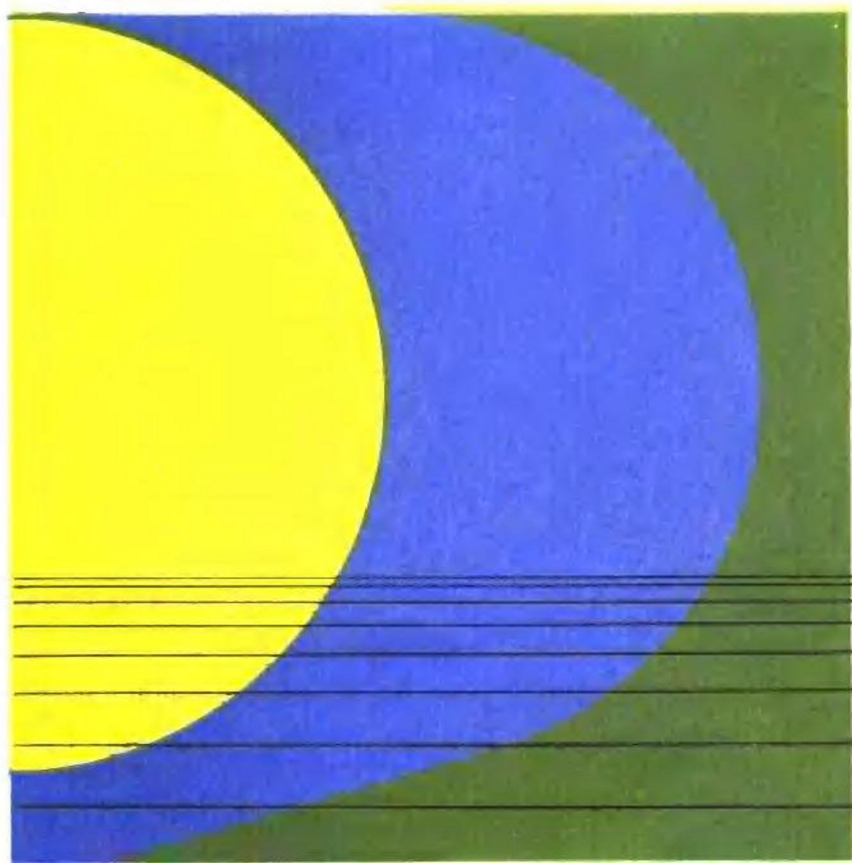
向传璧 韩明生

刘百忠 宫玉梅

高等教育出版社

编著

地形图 应用学



地形图应用学

向传壁 主编

向传壁 韩明生
刘百忠 宫玉梅 编著

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书运用现代地图学理论,紧密结合地形图应用的实际,从理论到方法,从形式到内容,比较全面系统地论述了地形图与地形图应用学、地形图数学要素、地形图地理要素、地形图辅助要素、地形图应用的准备、地形图量算与图上作业、地形图阅读分析和野外应用等地形图应用的基本原理和基本方法。

可以作为高等院校非测绘专业的地图学、测量学课程的教学参考书,同时也是地理、地质、国土、土地、农业、林业、水利、交通、工业、城乡规划、测绘、遥感、环保、军事、教育等部门用图者的参考用书。

地形图应用学

向传璧 主编

向传璧 韩明生 编著
刘百忠 官玉梅

高等教育出版社

新华书店总店北京科技发行所发行
北京地质印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 9.25 字数 240 000
1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷
印数 0001—1840
ISBN 7-04-003745-9/K·178
定价 4.25 元

序 言

地图作为信息的载体和传输工具，其信息量相当丰富，地图应用有着广阔前景。目前地图应用已成为具有现代意义的国际地图学研究的新课题，而被世界各国列为国家基本地图的地形图的应用，则是地图应用的基础，研究地形图应用对于发挥地形图的作用和应用地图学的发展具有重要的理论和实践意义。

地形图是精确、全面、详细地反映制图区域客观环境信息的图形-数学模型，它既是研究的手段又是研究的对象，利用地形图既可表达区域环境又可认识区域环境，在研究区域地理环境和人地关系过程中为人们认识、利用和改造客观环境提供可靠的地理依据。因此地形图的应用范围十分广泛，无论经济建设、国防军事、科研教学都须臾不可离；然而人们对地形图的了解并不充分，地形图的作用远未充分发挥。为了充分发挥地形图在我国“四化”建设中的作用，有效提高地形图的使用效益，我们编写了《地形图应用学》一书，以期抛砖引玉。

本书是作者多年来研究和讲课的成果，是关于地形图应用原理和应用方法的专著。本书从用图角度出发，注意运用现代地图学新的理论观点，紧密结合当前地形图应用的实际，以我国国家基本地形图为重点，比较详尽系统地论述了地形图应用的基本知识。全书共七章：第一章地形图与地形图应用学，第二章地形图的数学要素，第三章地形图的地理要素，第四章地形图的辅助要素，第五章地形图应用的准备，第六章地形图量算与图上作业，第七章地形图阅读、分析与野外应用。可作为高等院校非测绘专业地图学、测量学课程的教学参考书；可供地理及其他地学学科，国土整治与开发，土地调查、规划和管理，农业、林业、水利、交通、工业、城乡规划、测绘、遥感、环保、军事、教育等

部门科技人员和地理教师在应用地形图时参考。

本书编写时，依据我国国家基本地形图测绘（编绘）规范及图式，参考了国内外有关地图学及测量学著作，但不及一一注明；在编写过程中，又蒙著名地图学家陆漱芬教授、张力果教授，南京师大地理系王近仁副教授，哈尔滨师大欧竹斌副教授的鼓励和指教；著名城市规划专家任震英设计大师对本书编写极为关心，多次具体帮助；兰州市城乡规划土地管理局贺有利同志不辞辛苦校阅全稿并提出许多宝贵意见，为本书定稿做了很多有益工作；在此一并表示感谢。

本书由向传璧主编。参加编写的有：向传璧（西北师范大学）、韩明生（宁夏回族自治区遥感中心）、刘百忠（山西矿业学院）、官玉梅（西北师范大学）。由于我们专业水平和实践经验有限，不妥之处诚望读者批评指正。

编著者

1990年12月于西北师范大学

目 录

序言	(I)
第一章 地形图与地形图应用学	(1)
§ 1—1 地图的定义和分类	(1)
一、地图的特性和定义	(1)
二、地图的分类	(7)
§ 1—2 地形图的概念和特点	(11)
一、地形图的定义	(11)
二、地形图的特点	(12)
§ 1—3 地形图的分类和用途	(14)
一、地形图的分类	(14)
二、地形图的主要用途	(15)
§ 1—4 地形图的结构和成图方法	(18)
一、地形图结构梗概	(18)
二、地形图的成图方法	(18)
§ 1—5 地形图应用学的内容和前景	(20)
一、地形图应用学的研究内容	(20)
二、地形图应用的发展前景	(21)
第二章 地形图的数学要素	(24)
§ 2—1 地图比例尺	(24)
一、比例尺的定义	(24)
二、比例尺的表现形式	(27)
三、比例尺的大小和作用	(30)
四、地形图的比例尺系列	(32)
§ 2—2 地形图的分幅和编号	(33)
一、梯形分幅编号法	(33)
二、方形和矩形分幅编号法	(41)
§ 2—3 地形图的地图投影	(44)

一、百万分之一地形图投影	(44)
二、高斯-克吕格投影	(50)
§ 2—4 高斯平面直角坐标与图上坐标网	(54)
一、高斯平面直角坐标系	(54)
二、地形图上的方里网与经纬网	(56)
三、方里网的重叠	(58)
§ 2—5 地形图的图廓	(60)
一、内图廓	(60)
二、外图廓	(62)
三、分图廓	(62)
§ 2—6 控制点	(62)
一、大地点	(62)
二、图根点	(63)
第三章 地形图的地理要素	(65)
§ 3—1 地形图的地理内容	(65)
一、水系	(65)
二、地貌	(65)
三、植被	(70)
四、居民地	(70)
五、交通线	(71)
六、境界	(71)
七、其他要素	(71)
§ 3—2 地形图符号的基本原理	(72)
一、符号法表示地理事物的基本原理	(72)
二、符号法表示地理事物的基本原则	(73)
§ 3—3 地形图符号的构成要素	(75)
一、符号的形状	(75)
二、符号的尺寸	(76)
三、符号的颜色	(76)
四、符号的结构	(77)
§ 3—4 地形图符号的分类	(80)
一、按符号与实物形状的关系分类	(80)

二、按符号与地图比例尺的关系分类	(80)
三、按符号所代表事物的地理性质分类	(82)
四、按符号所表示要素的水平图形特点分类	(83)
§ 3—5 地形图图式及其使用	(83)
一、地形图图式的基本内容	(84)
二、地形图图式的使用	(84)
§ 3—6 地形图上地物的表示方法	(88)
一、居民地的表示方法	(89)
二、道路的表示方法	(94)
三、境界的表示方法	(98)
四、水系的表示方法	(101)
五、植被的表示方法	(113)
§ 3—7 地形图上地貌的表示方法	(115)
一、地形图上表示地貌的意义	(115)
二、地形图上表示地貌的要求和方法	(116)
三、等高线的原理和特性	(116)
四、等高距的选择和等高线的种类	(118)
五、地貌微观形态与其等高线符号的关系	(121)
六、变形地符号	(130)
七、高程注记及其高程误差	(133)
第四章 地形图的辅助要素	(135)
§ 4—1 图上注记	(135)
一、注记的作用和种类	(135)
二、注记的字体与字级	(137)
三、注记的配置规则与方法	(141)
§ 4—2 说明资料	(147)
一、图号和图名资料	(147)
二、行政区域资料	(147)
三、1954年北京坐标系与1980年国家大地坐标系	(147)
四、1956年黄海高程系与1985年国家高程基准	(149)
五、其他说明资料	(151)
§ 4—3 量图图解	(152)

一、直线比例尺	(152)
二、三北方向线图	(152)
三、坡度尺	(154)
第五章 地形图应用的准备	(157)
§ 5—1 地形图选图	(157)
一、明确工作任务、目的和技术要求	(157)
二、地形图比例尺的选择	(158)
三、拟定选购地形图计划	(160)
§ 5—2 求地形图图号	(161)
一、依据点的地理坐标求其所在图幅的图号	(161)
二、根据本图幅的图号求邻图幅的图号	(167)
三、调研区域地形图接合图的编绘	(169)
§ 5—3 地形图的质量判定	(172)
一、数学基础的展绘质量	(172)
二、地理内容的几何精度	(172)
三、地理内容的综合质量	(173)
四、地理内容的现势性	(173)
五、地形图的整饰质量	(174)
第六章 地形图量算与图上作业	(176)
§ 6—1 量算作业概述	(176)
一、地形图量算与图上作业的概念	(176)
二、影响图上量算作业精度的因素	(176)
§ 6—2 地形图上量算点的坐标和线的方向	(179)
一、应用直角坐标网量算点的直角坐标	(179)
二、应用地理坐标网量算点的地理坐标	(181)
三、依据直角坐标和三北方向量算线段的方向	(183)
§ 6—3 地形图上量算点的高程和线面坡度	(186)
一、依据图上等高线量算点的高程	(186)
二、根据图上等高线量算线面坡度	(190)
§ 6—4 地形图上量算距离	(195)
一、线段长度量算	(195)
二、曲线长度量算	(196)

三、倾斜线长度量算	(199)
§ 6—5 地形图上量算面积	(199)
一、量算水平面积的常规方法	(200)
二、数字式求积仪及其使用	(213)
三、倾斜面积量算	(229)
§ 6—6 地形图上量算体积	(231)
一、量算体积的基本原理	(231)
二、丘状体体积的量算	(232)
三、带状土工构筑物土石方量算	(233)
四、区域土石方量算	(234)
§ 6—7 地形图上某方向剖面图的绘制	(239)
一、剖面、剖面线和剖面图的概念	(239)
二、依据等高线绘制剖面图的原理和方法	(239)
三、剖面方向线的选择和剖面基线高程的确定	(241)
四、剖面图的垂直比例尺与水平比例尺关系的处理	(242)
五、剖面点的选取	(243)
§ 6—8 地形图上判定通视情况	(244)
一、两点间能否通视的判定	(244)
二、某点不通视区域的确定	(246)
第七章 地形图阅读、分析和野外应用	(248)
§ 7—1 地形图阅读	(248)
一、地形图阅读概述	(248)
二、地形图读图程序	(249)
§ 7—2 地形图分析的主要方法	(250)
一、目视分析法	(251)
二、量算分析法	(251)
三、图解分析法	(252)
四、计量分析法	(253)
五、比较分析法	(257)
六、逻辑分析法	(258)
§ 7—3 地形图野外应用	(258)
一、准备工作	(258)

二、地形图的定向(259)

三、确定站点的图上位置(262)

四、对照实地地形读图(265)

五、调绘填图(265)

六、站点上填图的工作程序(269)

附录 国家基本比例尺地形图分幅编号国家标准(271)

主要参考文献(283)

第一章 地形图与地形图应用学

§ 1—1 地图的定义和分类

地形图是地图的一类。为明了地形图的概念,应先了解地图的定义和分类。

一、地图的特性和定义

(一) 古地图的特点和定义

古地图只有地平面上方位和距离的表示,那时制作地图主要是解决地面的缩小、简化和描绘地势起伏等几个中心问题,中国古代著名地图学家西晋裴秀的“制图六体”就是针对这些问题而提出的经验总结。裴秀以后千余年间,由于社会需要,地图被广泛地应用于土地管理、外交军事等各个方面,裴秀的制图六体在此期间也得到了广泛的应用与发展,但从地图内容来看还只是概略地反映制图区域的地理表面知识。所以,前人认为“地图是地球表面在平面上的缩小图象”,这个定义反映了古代地图的固有特性,对当时的地图来说它是确切的。

公元十四世纪以后欧洲资本主义兴起,历史进入了文艺复兴、工业革命和地理大发现时期,人类的地理知识扩大了,地球是球形的概念得到证实和公认,过去概略的地图已不能满足社会的需要,从而出现了制图区域更广、内容更精详的新地图。十八世纪以后,由于社会经济和科学技术的深入发展,社会要求对各种自然和人文地理事物进行考察与制图,人类的活动也不只限于陆地,而是逐渐向海洋和空中发展。这时,不仅传统的地图得到了丰富和发展,而且地图的内容和类型也发生了很大变化。在这段历史时期,地图获得了很高的成就,主要是:(1) 大中比例尺实测地图——地形图相继在世界各国出现,这是地图发展史上的

一个里程碑；(2) 十五世纪前后，在平面上表示地球球面问题成为主要的课题，出现了数以百计的各种各样的地图投影，到十八世纪后期和十九世纪初叶，地球形状和大地地图投影的研究受到重视，从而奠定了制作地图的理论基础；(3) 地形图测绘工作促进了地形在平面上表示方法的研究，地图制图方法也从实践上升到理论；(4) 航空遥感应用于地形图测绘，有效地提高了成图速度和地图质量；(5) 十九世纪末到二十世纪初国际地理会议通过了编制统一标准的国际百万分之一幅图的协议，在协议号召下世界各国按统一的编图规范编制出版了本国领土的百万分之一地图；(6) 专题地图，地图集，地图制印等方面获得了很大发展。

总之，近代地图发生了质的飞跃，产生了新的特性。因此，古地图的定义对近代地图来说就显得不严密不完备了。说不严密，是它把近代不该是地图的也拉进了地图家族中来了，如风景画、风景照片、航摄像片等都是地面在平面上的缩小图象，但都不是地图；说不完备，是它把应该是地图的又没有包括进地图家族中去，如近代出现的表示地下和空中事物的各种专题地图，虽然都不是表示地球表面的物体，但都是地图。由此可见，用古地图的定义来说明近代的地图则不能概括全面，不能反映近代地图的基本特性。

(二) 近代地图的基本特性和定义

根据近代地图的发展状况，关于它的基本特性目前地图学界的认识已经统一，兹总结归纳如下：

1. 制作地图的特殊数学法则 地面和地图各有不同的特点，二者之间存在着三个主要矛盾：(1) 地面三维和图面二维的矛盾；(2) 地球球面与地图平面的矛盾；(3) 地面大与图面小的矛盾。要想在地图上描述地面的状况，就必须解决它们之间的矛盾，解决的方法是垂直投影、地图投影和比例尺。所谓垂直投影法就是将地面上高低不同的点、线和图形，用铅垂线投影到大地

水准面或水平面上的一种数学方法。大地水准面是平均海水面扩展而穿过陆地且处处与铅垂线正交的封闭曲面，从理论上可以证明，小面积的水准面可以用水平面代替。在垂直投影中可以把大地水准面或水平面叫做投影面，自然地面称为投影原面。投影面上的点、线和图形就是投影原面上相应点、线和图形的水平投影。用垂直投影法把地面转换为水平投影后获得了地面物体在水准面或水平面上的水平位置，从而解决了地面三维与图面二维的矛盾。

如果投影面是水平面，则可按一定比例尺把地面的水平投影缩绘于平面的图纸上而成为地图；但范围广大的大地水准面不能当作平面看待，这时尚须用数学方法将其转化为平面，然后才能把地面物体依比例尺表示在地图上。由于大地水准面是一个不规则的物理曲面，至今也无一种可以表达它的数学公式，因而不能在其上实施运算，为此就在以大地水准面为准的水平投影上（地面的各项三角测量成果上）加入若干归化的改正，将其归化到一个与大地水准面十分接近的参考椭球面上，即用一个确定的参考椭球面来代表地球的形状，这个代替地球的参考椭球面就叫地球椭球面。地球椭球面或球面是一个纯粹的数学表面，这样就可以根据一定的投影条件，运用特殊的数学方法建立起地球椭球面（或球面）与地图平面之间点与点的一一对应的关系式（投影公式）。根据投影公式就可以按照一定的比例尺把地球面上的点、线元素转化到平面或可展曲面（如圆柱面、圆锥面）上，即把地球球面上经纬线交点的地理坐标换算为平面上相应点的平面直角坐标，从而在图纸平面上绘出经纬网。这种建立地球球面与地图平面之间点与点的一一对应关系的数学方法，即把球面上的经纬网转化为平面上的经纬网的数学方法，在地图学上称为地图投影。在地图投影中，地球椭球面或球面叫投影原面，平面或可展曲面叫投影面。用地图投影的方法在平面上建立起经纬网之后，则可以把球面上经纬网格内的地理事物按比例尺转绘到平面上的相应

经纬网格内而制成地图。可见地图投影在地图成图过程中起着“基础”和“骨架”的作用。因此，垂直投影、地图投影和比例尺等是近代制作地图的特殊的数学法则，是象片、风景画等地面图象不完全具备而所有近代地图必备的特性。

2. 反映地理事物的特有的制图综合 在地图数学基础上转绘地理事物时又会遇到浩瀚地面与有限图面的矛盾，诸如丰富的地理事物与有限的地图容量之间的矛盾，事物的空间分布与地图的平面表达之间的矛盾，事物的千态万状与地图的图形显示之间的矛盾，等等。这些矛盾在地图制图过程中具体表现为两个方面关系的处理：（1）地图内容的详尽性与地图图面的清晰性的关系；（2）地理要素的几何精确性与地理事物的地理规律性的关系。为了正确处理上述矛盾和关系而采取科学的方法来确定地图内容的过程就是所谓制图综合。制图综合的方式主要有：取舍、概括和简化等。根据地图的比例尺、用途、主题和制图区域的地理特征等的不同，以需要表示的内容来限定地图的载负量，叫做取舍；为避免图面杂乱无章，使地图内容显示出良好的规律性和差异性，对制图对象进行科学分析、归纳推理，用一种概括的方法将地理事物按质量分类、按数量或质量分级，称为概括；对于呈线状和面状分布的要素，在研究其形状特征的基础上，科学地化简形状特征（保留典型的、从地图用途看是重要特征的碎部，删除非典型、无特征意义的弯曲部分，夸张表示不能依比例尺表示的具有重要特征的碎部，使化简后的图形在总体特点、弯曲程度等方面与原图形一致，轮廓形状与原形基本相似，重要特征点的相对位置准确），把复杂的形状转化为简单明了、清晰易读的图形，谓之简化。地图的内容就是经过选取、概括和简化的科学成果。任何地图内容都是经过制图综合的，而不可能也不必要毫无综合地摹写地面。但是，地图的制图综合与航片的地表信息储存和风景画的艺术夸张有着本质的区别，地图的制图综合是主动的非机械的，其综合是有条件的；而航片的显象则是被动机械的，

其影象取决于物理因素和机械功能；风景画是地面物体的艺术图象，画中物体的方位、大小和形状随着视点位置的不同而改变，因此不能确切表示物体的位置、距离和大小。所以，制图综合是地图表示地理事物的特有手段，是决定地图内容科学性的核心问题。

3. 表示地图内容的特定的地图符号 经过制图综合的成果是组成地图的地理内容。十八世纪中叶以后，地图的地理内容是采用水平投影为基础的地图符号来表示其分布和联系。地图符号就是用于表示地图内容的一定颜色的点之集（点、线、圆和由点组成的其他图形），因为地图符号具有相互联系和共同表达地理事物整体特征的功能，故又称地图符号系统。使用地图符号，不仅简化了物体图形，而且提高了物体的定位精度；既能将物体按任何比例尺缩小表示于图上，又可表示出依比例尺不能显示的小物体而仍能保证图面清晰易读；既可表示地面上的、有形的、现在的事物，又能表示地下和空中的、抽象的、过去和未来的事物；既可表示形形色色的地物，也能表示地貌而且不掩盖其他地物；既可表示物体的外形特征，也能反映事物的内部性质；既能表示事物的数量质量，又能反映事物的动态变化。所以，地图符号是地理事物在地图上的代码，是地图特有的形象语言。地图符号的采用大大提高了地图的表现力和应用效果，是地图区别于其他而且优于其他地面图象的又一基本特性。

根据上述地图的基本特性，地图学家们认为：地图是按照严密的数学法则，经过制图综合，应用地图符号，将地理事物转绘在平面上，表现各种自然现象和社会经济现象的分布和相互联系的图形。这一定义正确地表明了近代地图的本质特征。

（三）现代地图的发展及其定义探索

二十世纪中叶后特别是近一二十年来，随着科学技术的发展，电子计算机和宇航成果应用于地图生产和研究，使地图理论、地图制作和地图功用等方面都出现了飞跃蓬勃的发展，近代

的地图定义已不能充分反映现代地图的发展水平、实质和功用,因此洞察现代地图的发展特点,探索根据现代地图学的观点来确切地定义地图的必要性就出现了。

当前地图学已发展到一个崭新的历史阶段,其主要特点是:

1. 地图学理论体系新变革 现代地图学正处在一个发展变动阶段,旧的地图学理论已不能完善地解释新的问题,因而在理论上,有些地图学家把信息传输理论引入地图学研究中,形成了当前国际上比较有影响的“地图信息传输论”,“地图模型论”和“地图感受论”,使地图学理论更加充实、更加深化。

2. 制图资料获取手段大发展 近一二十年来从人造卫星、宇宙飞船、轨道站等航天手段获取信息用于制图,开拓了制图资料新来源,大大丰富了地图信息,缩短了成图周期,提高了地图质量,为地图和地图学的发展开辟了新途径和空间制图新领域。

3. 现代刻图法与机助制图的产生和发展 二十世纪五十年代,产生了地图制图的一种新的工艺方法——现代刻图法,从而开辟了获取供制版用底片的另一途径;近一二十年来,电子计算机和遥感技术应用于地图生产,出现了机助制图和遥感制图,大大地改变和加速了地图的生产过程,提高了地图的质量。

4. 制图新技术发展很快 近二十年来,在制图技术方面有了很大变化,主要是:(1)无银感光材料的应用;(2)喷射印刷、克劳马林法等地图制印新技术问世;(3)缩微摄影技术用于制作缩微地图;(4)屏幕显示地图的诞生。

5. 地形图发展成为一个独立的图类 第二次世界大战后,世界各国都有计划地测绘地形图,全球地形图的成图面积迅速增长,成图质量显著提高。现代地形图发展的主要特点是:(1)由于国防新技术的发展,各种比例尺地形图的作用有了新的变化;(2)地形图的地图投影、比例尺系列等在全世界趋向统一,地形图内容、图式符号、线划和色彩整饰等在各国内部统一化,形