

测绘专业训练教材



数字地图制图与 地理信息工程



总参谋部测绘局

解放军出版社

测绘专业训练教材

数字地图制图与地理信息工程

总参谋部测绘局

解放军出版社

京新登字 117 号

书 名：数字地图制图与地理信息工程

编著者：总参谋部测绘局

出版者：解放军出版社

〔北京地安门西大街 40 号/邮政编码 100035〕

印刷者：一二〇一印刷厂

发行者：解放军出版社发行部

开 本：850×1168 毫米 1/32

印 张：14.875

字 数：384 千字

版 次：2000 年 12 月第 1 版

印 次：2000 年 12 月(北京)第 1 次印刷

统一书号：125065·10

(如有印装差错,请与本社调换)

通 知

根据《陆军军事训练大纲》测绘专业部分的精神,我们组织编写了《数字地图制图与地理信息工程》一书,现印发使用。在使用过程中有何意见,请及时告诉我们,以便再版时修改。

总参谋部测绘局

2000 年 3 月

测绘专业训练教材编审委员会

主 任	李志光		
副主任	吴修功	成仁荣	赵满建
委 员	陈新保	梁 策	袁树友
	李世纲	史友余	贾文平
	徐广华	刘世友	

本书编著者

史瑞芝 郭建忠 万 刚

序

随着现代科学技术特别是高技术广泛应用于军事领域,现代高技术战争呈现出许多新特点:主战兵器向远距离、高精度、大威力方向发展,指挥控制向智能化方向发展,作战行动呈现出高速度、高强度、快节奏,战场空间进一步扩大。高技术战争的新特点不仅更加明确地告诉我们,军事测绘在高技术战争中已经突破了它单一的保障作用,而且使我们认识到,随着高技术发展,军事测绘会更全面地进入作战指挥、武器装备等各个军事领域。这就要求军事测绘技术装备要数字化、智能化,测绘生产要自动化,测绘保障产品要精度更高、品种更全。全军测绘部队要适应高技术战争的需要,加强训练势在必行。

军事测绘的训练工作是提高测绘部队综合测绘保障能力的基本实践活动。当前军事测绘正由模拟测图、解析测图向数字测图转变;地图生产初步实现了数字化与自动化,卫星测量与定位技术给传统的测量与定位手段注入了新的活力……面对着科学技术日新月异、知识更新周期日益缩短的新形势,无论是军事测绘生产作业人员,还是部队作战测绘保障人员,都亟需加强高新测绘技术知识学习,努力提高专业技术素质。

1996年《陆军军事训练大纲》测绘专业部分颁布施行。为贯彻执行本大纲,规范全军测绘部队的训练内容,我局组织测绘学院和有关测绘部队的专家,编写了这套与训练大纲配套的测绘专业训练教材。该教材的作者都是长期辛勤耕耘在教学、科研和生产第一线的专家、学者,具有深厚的理论功底和丰富的实践经验。他们以训练大纲为依据,以军事斗争和部队需求为牵引,以军事测绘新技

术、新装备、新方法在测绘生产和保障中的应用为重点,立足当前,着眼长远,广收博采,鉴往推新,注重选择高技术含量大、与测绘任务结合紧密的内容,从而使该教材具有很强的针对性、实用性与通用性。这套教材的出版,凝聚着全体编著者的辛勤汗水和创造精神,也饱含着军事测绘战线广大官兵的集体智慧,对全军测绘部队贯彻落实训练大纲,亦是一个有力的推动和促进。

测绘部队肩负着为我军作战、训练提供准确、及时、高效测绘保障的神圣使命,测绘部队又是知识、技术和人才密集的群体,客观上要求我们抓紧抓好专业学习和继续教育。通过学习,用军事测绘高新技术知识武装头脑;通过学习,了解和掌握军事测绘的高新技术、新装备、新手段和新方法;通过学习,培养创新意识、创新精神和创造能力,更好地适应军事测绘高新技术的发展和新形势下军事测绘生产与保障的迫切需要。

各测绘部队要根据训练大纲的统一要求,从实际出发,针对各专业、各岗位的不同和个人专业基础的差异,区分层次,科学计划,周密组织,严格要求,加强督促检查,做到人员、教员、内容、时间、教室、器材六落实,扎扎实实抓好训练大纲配套教材的学习。在学习中,各单位要注意总结经验,及时发现和解决学习中遇到的一些带有倾向性的问题,确保学习效果,全面推进测绘部队建设和保障水平迈上一个新台阶。

李玉光

2000年3月

前 言

在写这本书的时候,一个最深刻的感受就是本学科的发展实在太快了,与制图人员形影相伴的小笔尖、绘图墨……,印刷厂宽大车间里摆放的玻璃版、复照仪……;展点、编绘、清绘、刻绘……,照相、翻版、分涂、拷贝……,这似乎是昨天还在使用的工艺技术,却与今天完全是两个面貌。在撰写本书的过程中,尽管作者想把当时最新的内容写进去,完稿时却又发现,所谓新内容已不是最新的了,这用“日新月异”来形容是再合适不过的了。尽管如此,作者还是希望此书能作为代表目前制图学与地理信息工程发展水平的实用教材奉献给读者。

本书在撰写过程中,参考了相关资料和文献,并赴沈阳军区测绘大队进行调研,力求实用,由于编著者水平有限,加之时间仓促,书中肯定存在不足之处,甚至错误等问题,敬请读者批评指正。

本书是在总参测绘局的统一指导下完成的,并得到解放军信息工程大学测绘学院训练部和总参军事测绘杂志编辑部的大力支持和帮助。在写作过程中,王家耀教授、孙群教授、丛文卓副教授对本书内容提出了许多建议,对此表示深深的谢意。

编著者

2000 年 3 月

目 录

绪 论	(1)
第一节 数字地图制图技术的发展	(1)
第二节 地图出版技术的发展	(3)
第三节 地理信息系统的发展	(5)
第一章 数字地图制图的基本原理	(9)
第一节 数字地图的基本概念	(9)
第二节 数字地图制图的基本原理	(14)
第三节 数字地图制图的一般过程	(16)
第二章 数字地图制图设备和软件	(21)
第一节 计算机	(22)
第二节 数字地图数据输入设备	(24)
第三节 数字地图数据输出设备	(33)
第四节 计算机网络技术设备	(48)
第五节 数字地图制图系统的构成和分类	(53)
第三章 数字地图数据的获取与处理	(58)
第一节 地图数据概述	(58)
第二节 地图属性数据	(64)
第三节 矢量地图数据	(70)
第四节 栅格地图数据	(83)
第五节 地图关系数据	(97)
第六节 数字高程模型数据	(100)
第七节 数字地图的其它数据源	(108)
第四章 地图数据库系统	(118)

第一节	地图数据库概述·····	(118)
第二节	1:25 万地图数据库 ·····	(125)
第三节	1:5 万地图数据库 ·····	(136)
第四节	地面高程数据库·····	(137)
第五节	像素地图数据库·····	(138)
第六节	地图数据库的更新·····	(147)
第五章	数字地图的设计与编制·····	(149)
第一节	数字地图的设计·····	(149)
第二节	数字地图自动综合·····	(174)
第六章	数字地图的各种表现形式·····	(196)
第一节	地图数据的符号化·····	(197)
第二节	电子地图的设计与实现·····	(209)
第三节	虚拟地形环境仿真·····	(220)
第七章	数字地图生产·····	(234)
第一节	数字地图生产概述·····	(234)
第二节	军用数字地图生产概述·····	(241)
第三节	军用数字地图生产主要技术·····	(250)
第四节	《1:300 万军事地理挂图》生产主要技术 ·····	(256)
第五节	1:25 万协同图数字制图系统 ·····	(260)
第八章	地图电子出版·····	(264)
第一节	出版基础知识·····	(264)
第二节	出版编辑·····	(281)
第三节	排版·····	(304)
第四节	输出·····	(311)
第五节	色彩管理·····	(322)
第九章	晒版与印刷·····	(325)
第一节	晒版·····	(325)
第二节	打样·····	(335)
第三节	印刷·····	(336)

第四节	晒版及胶印的质量检测与控制·····	(340)
第十章	地理信息系统·····	(356)
第一节	GIS 的基本概念·····	(356)
第二节	GIS 的组成·····	(362)
第三节	GIS 的应用·····	(371)
第四节	应用型 GIS 的开发与管理·····	(375)
第五节	常用商品化 GIS 软件·····	(381)
第六节	GIS 与相关学科的关系·····	(395)
第七节	GIS 的发展方向·····	(400)
第十一章	空间分析·····	(404)
第一节	空间数据的量测分析·····	(404)
第二节	空间数据的叠置分析·····	(406)
第三节	空间数据的网络分析·····	(414)
第四节	空间数据的缓冲区分析·····	(427)
第五节	泰森多边形分析·····	(434)
第六节	数字高程模型分析·····	(437)
第七节	属性数据的统计分析·····	(447)
参考文献 ·····		(460)

绪 论

多少年来,地图作为了解客观地理环境的手段,一直是以纸质的形式被广泛地应用着,它清晰易读,一目了然,在军事上和国民经济建设中发挥着重要作用,曾被生动地比喻为指挥员的“眼睛”,部队行动的“向导”。为了适应计算机技术的发展,为了能在计算机环境下使用和生产地图,要求将地图上的内容以数字的形式来组织、存储和管理,这种形式的地图就是数字地图。数字地图的出现,使地图的制图技术、出版技术以及地图的应用技术都发生了革命性变化,整个学科呈现三个重大特点,一是地图生产已经摆脱了手工劳动,形成了从地图数据采集、地图数据处理、地图图形编辑到输出、出版的集成化地图生产模式;二是数字地图的品种日益增多,需求量越来越大;三是基于数字地图的各种应用系统和应用技术发展迅猛。面对这一新的发展和变化,数字地图的时代已经到来。

第一节 数字地图制图技术的发展

数字地图制图技术的发展已经历了 30 多个年头,大致可分为以下三个阶段。

一、酝酿探索阶段

这是数字地图制图的初始阶段,大约是 20 世纪 60 年代初到 60 年代末。这一阶段主要进行数字地图制图基本理论的探索和最基本制图设备的研制及改进,从而形成初期的数字地图制图系统。初期的数字地图制图系统的典型结构,是由一台手扶跟踪的数字

化仪、一台计算机和一台数控绘图机组成。制图资料(主要是地图和统计数据)通过手扶跟踪数字化仪和键盘转换成与制图有关的数字信息,这些信息按数字化的先后顺序存储在卡片或纸带上,经计算机处理后,在绘图机上绘出地图。制图软件基本上是绘制各种线条和各种地物符号的绘图程序。由于绘图线划质量较差,只能在少数单位做原理性实验,还不能应用到生产实践中去。

二、发展完善阶段

这一阶段大约从 20 世纪 60 年代到 20 世纪 70 年代末。主要是对数字地图制图系统作进一步的实验、改进和发展,使其逐步完善。这期间,正是电子技术的飞速发展时期,出现了各种新型的计算机地图制图设备,像半自动数字化仪、扫描数字化仪、鼓形绘图机、光学绘图机以及人机对话方式交互编辑设备等。数字地图制图软件也得到进一步发展,建立了多种绘图程序包,研究了各种典型制图问题的算法,建立了包含一定制图要素的数据库、地名数据库和地理信息数据库。这一时期数字地图制图系统应用成绩最明显的,是在各种专题地图的数字制图领域,如在地质、气象、人口统计、环境保护等方面的应用取得突破。其特点是不仅速度快,而且质量高,有的是手工难以完成的,这些发展也进一步促进了普通地图的数字化制图。

三、生产应用及跨学科、跨行业发展阶段

这一阶段大约从 20 世纪 80 年代中后期开始,随着计算机及数字地图制图软件硬件的发展,各种高档微机,高精度的图形图像输入、输出设备的出现以及图形工作站和计算机网络的广泛应用,再加上计算机软件功能也愈来愈强,为数字地图制图的发展和应用创造了一个非常有利的环境。与此同时,数字地图制图理论和技术也开始向生产的深度和应用的广度发展。在这期间,各种类型的地图数据库和地理信息系统也相继建立,并在地图的自动生产、环境评估、情况预测,以及决策、规划和管理中得到广泛应用。在数字地图制图技术得到广泛应用的同时,对于一些技术难点问题的研

究也取得了新的进展,如地图模式识别、地图制图专家系统等。

进入 20 世纪 90 年代以来,随着数据库技术、面向对象技术、图形图像处理技术、动画技术、多媒体技术和网络技术的发展、硬件性能价格比的进一步提高,以及遥感技术和空间定位技术的发展,为数字地图制图技术的发展和应 用展现了更为广阔的前景。一方面,开始使用全数字化地图生产技术进行地图生产,并逐步取代手工地图生产作业。另一方面,由于信息革命的到来,使得以生产基础地理信息为主要目的的地图制图学处于众多学科的交叉 口,数字地图制图技术向多个学科和领域渗透,不断扩展其应用范围。数字地图制图之所以发展如此之快,应用如此之广,是因为数字地图制图决不是复杂的数字地图处理设备与传统制图方法的简单组合,而是地图制图领域内的一次重大的技术革命,主要表现为地图制图作业流程的改变和地图产品的多样化。

从作业流程上看,计算机技术的使用,代替了太量的手工作业工序,不仅减轻了制图人员的劳动强度,而且减少了制图过程中由于制图人员的主观随意性而产生的偏差,提高了成图速度,缩短了成图周期,改善了成图质量,为地图制图进一步标准化、规范化铺平了道路。同时,由于数字地图本身易于存储、编辑、修改和更新等特点,从而提高了地图的使用精度,能根据地图用户的要求对地图内容进行补充和改动,以提高和改善地图的适应性、实用性和用户的广泛性。

从地图产品上看,地图的品种也出现了多样性,已从“静态地图”发展到“动态地图”,从“外观地图”发展到“可进入地图”。

第二节 地图出版技术的发展

地图出版是地图制图的后工序,它的任务是将制图得到的出版原图(出版信息源)进行出版加工处理,制成满足各种需要的地图产品。数字地图出版技术的出现是数字地图制图技术与电子出

版技术相结合的产物,其发展可分为以下三个阶段:

一、初期发展阶段

在 20 世纪 70 年代,数字地图制图处于初始发展阶段,用数字地图制图系统制作的出版原图是绘制在纸张或刻在绘图薄膜上的地图,也称模拟出版原图,其出版技术主要采用的是照相或电子分色出版工艺技术。在这一时期,对线划地图的分色主要采用照相分涂的方法,而对影像地图的分色采用电子分色机扫描分色的方法。

在此阶段,由于计算机技术的不断发展,20 世纪 70 年代末出现了数字式电子分色机彩色分色和修版工艺,它可以存储数字信息和进行拼版、修版等作业。但是,由于计算机对汉字的处理能力较差,用电子分色机联接彩色拼版系统作为印刷前处理,需要将文字作图像扫描,或文字采用照排机生成以后再与图形图像进行手工拼版,无法从根本上解决图文合一的彩色版面的制作。

二、印前电子出版技术应用阶段

80 年代末,随着计算机和激光技术的发展,出现了电脑排版与印前电子出版技术。这种系统包括出版信息输入、信息处理、信息输出三个大部分,可进行文字、图形和图像处理。

信息输入部分:其功能是将出版信息源提供的信息输入到计算机中。信息输入除了直接在计算机屏幕上绘制外,大多数的图像信息采用平面或滚筒式扫描仪扫描输入,而对于矢量地图,则大多是利用直接读取数字地图数据的方法进行输入。

信息处理部分:其功能是在计算机中利用相应的软件实现对信息的编辑加工、色彩设计、色彩校正、层次校正及图文合一的排版处理。

信息输出部分:其功能是将处理好的图文信息进行组版,然后利用发排系统将整页版面输出到感光胶片上,制成能够满足晒版要求的透明胶片。近几年来,由于直接制版技术的出现,还实现了将图文信息直接输出到印刷版上,制成可供印刷的印刷版的输出工艺。

印前电子出版技术主要体现在印前部分的数字化处理流程上,而后工序的印刷至印刷后处理过程仍然采用的是传统工艺。

三、全数字电子出版系统应用阶段

从 20 世纪 90 年代中期开始,印前电子出版技术发展走向成熟,而出版中信息处理的数字链开始向印刷延伸,数字式印刷机的应用,标志着出版印刷技术已经进入了全数字电子出版阶段。

全数字电子出版是将印前处理好的版面信息直接输出到印刷机上,直接得到印刷品,印刷整个过程中,信息的传输方式主要是数字流。

由于出版信息是以数据的形式进行处理和传输,缩短了出版周期,降低了出版成本,提高了出版质量,而且由于计算机网络化技术的发展,可以实现信息的远程传输和全球范围内的信息共享,真正做到按需印刷。同时,出版物的种类也趋向纸质印刷品与多媒体出版和网上出版等多种类出版物并存的状态。

第三节 地理信息系统的发展

地理信息系统(Geographic Information System 简称 GIS)概念的提出,要追溯到 20 世纪 50 年代。由于计算机科学的兴起和它在航空摄影测量与地图制图中的应用,使人们开始有可能使用计算机来采集、存贮和处理各种与空间和地理分布有关的图形和属性数据,并希望通过计算机对数据的分析来直接为管理和决策服务,这样就导致了 GIS 的问世,到目前为止,GIS 的发展经历了以下三个阶段。

一、20 世纪 60 年代的开始发展阶段

1956 年,奥地利测绘部门首先利用电子计算机建立了地籍数据库,随后许多国家的土地测绘和管理部门相继开发土地信息系统(LIS)用于地籍管理。1963 年,加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 博士首先提出了 GIS 这一术语,并建立了世界上第一个 GIS—加

拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。稍后,美国哈佛大学的 Howard T. Fisher 等研制出 SYMAP(Symagraphic Mapping System)制图系统。由于当时计算机技术水平不高,存贮量小,使得 GIS 带有更多的机助制图色彩,地学分析功能极为简单,当时的系统主要进行手扶跟踪数字化地图,进行地图数据的拓扑编辑,地图的拼幅,栅格数据与矢量数据的互相转换,并发展了基于栅格地图的操作方法。

早期的 GIS 发展的另一显著特点是许多与 GIS 有关的组织和机构纷纷建立。例如,1966 年美国成立城市和区域信息系统协会(URISA),1969 年又建立州信息系统全国协会(NASIS),国际地理联合会(IGU)于 1968 年成立了地理数据采集与处理委员会(CGDSP)。这些组织和机构的建立,对 GIS 技术的发展和传播起到了重要的推动作用。

二、20 世纪 70 年代的蓬勃发展

进入 20 世纪 70 年代以后,由于计算机硬件和软件技术的飞速发展,尤其是大容量存贮设备的使用,为空间数据的录入、存贮、检索和输出提供了强有力的手段。用户屏幕和图形、图像卡的发展增强了人机对话和高质量图形显示功能,促使 GIS 朝实用方向迅速发展。一些发达国家先后建立了许多专业性的土地信息系统和地理信息系统。例如,从 1970 年到 1976 年,美国地质调查局就建成了 50 多个信息系统,作为地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其它如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国也相继发展了自己的 GIS。

这一时期,以遥感为数据源的 GIS 逐渐受到重视。如 1976 年,美国喷气推动实验室(JPL)研制成功兼有影像数据处理和 GIS 功能的影像信息系统 IBIS(Image Based Information System)。1979 年到 1980 年,NASA 的地球资源实验室开发了 ELASGIS,可处理卫星影像数据和地图数据,并用于生产专题图。

与此同时,一些商业公司开始活跃起来,GIS 软件在市场上受