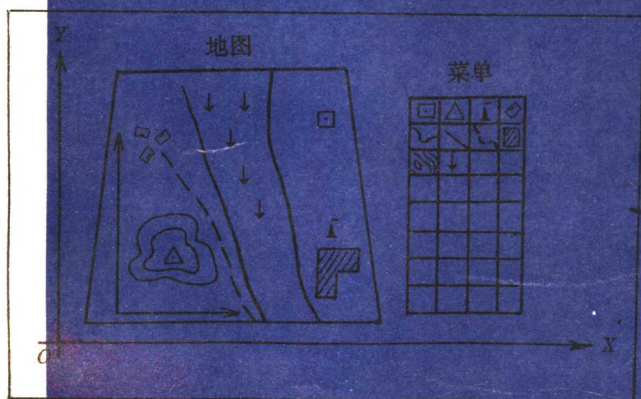


现代测绘科技丛书

电子地图技术与应用

刘光运 韩丽斌 编著

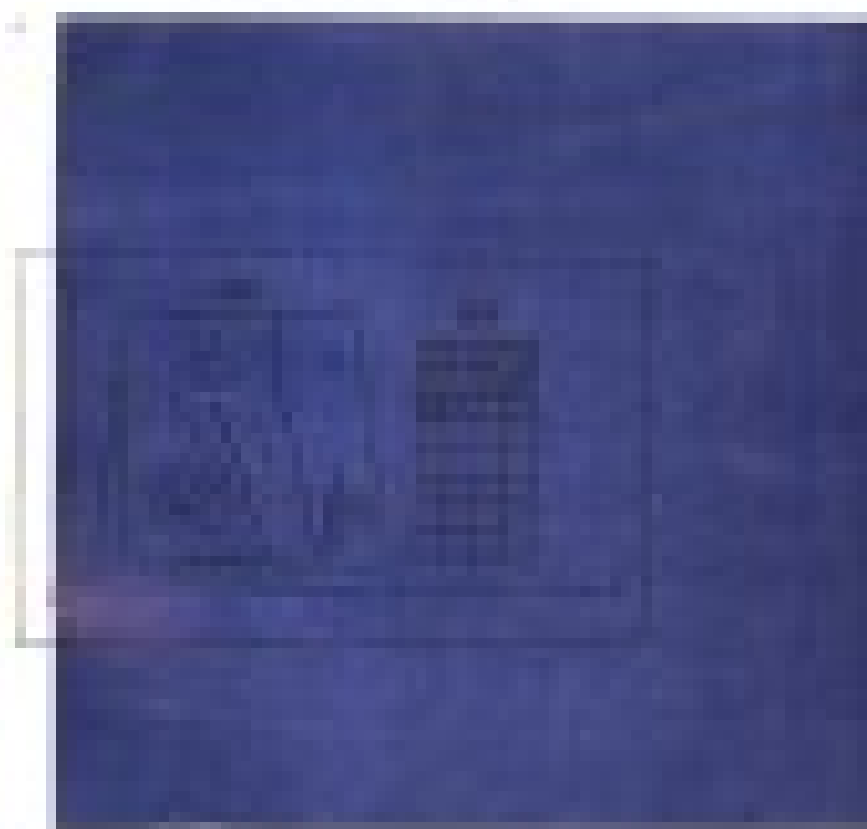


测绘出版社

国家出版基金项目

电子地图技术与应用

陈国雄 陈国雄 编著



中国大地出版社

现代测绘科技丛书

电子地图技术与应用

刘光运 韩丽斌 编著

内 容 简 介

本书较系统地论述了有关电子地图的基本概念、制作技术和实际应用。全书共分为6章,其内容分别为电子地图概论、电子地图设计、电子地图制作、电子地图的显示技术、电子地图的存贮与管理、电子地图的应用。

本书可供高等院校从事地理、地形研究的教员、研究生、科研人员和专业技术人员参考,也可作为大学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子地图技术与应用/刘光运,韩丽斌编著. —北京:测绘出版社,1996.9

(现代测绘科技丛书)

ISBN 7-5030-0857-1

I. 电… II. ①刘… ②韩… III. 计算机制图 IV. P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 09852 号

测绘出版社出版发行

(100045 北京市复外三里河路 50 号 (010)68512182)

北京市怀柔王史山印刷厂印刷·新华书店总店北京发行所经销

1996 年 11 月第一版·1996 年 11 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32·印张: 5.5

字数: 125 千字·印数: 0001—2500 册

定价: 11.00 元

《现代测绘科技丛书》

编委会委员名单

主任委员：陈俊勇

副主任委员：宁津生 高 俊 张祖勋
楚良才 陈永奇 华彬文

委 员：(以姓氏笔划为序)

于来法	方 恒	田应中
朱华统	李德仁	陈绍光
张清浦	林宗坚	陶本藻
钱曾波	黄杏元	梁宜希
喻永昌	廖 克	潘正风

出 版 说 明

《现代测绘科技丛书》是经国家测绘局批准列入我社“八五”重点出书规划的选题之一。其编写宗旨是对 80 年代以来测绘科技领域在新理论、新技术、新工艺等方面所取得的成果进行总结，整理成册，以期对改造传统测绘生产技术，提高劳动生产率 and 产品质量，形成我国现代测绘技术体系，发挥科技图书应有的作用；同时也为反映我国测绘科学研究水平，丰富我国测绘学术专著宝库服务。出版本套丛书也是为适应加速测绘科技成果转化为实现生产力的需要。

本套丛书按专题成册。专题有两种类型：一类偏重学术性，主要反映我国测绘各专业近十年来在理论研究方面所取得的、能代表我国先进水平的新成就和某些老专家毕生研究成果的专著，以及测绘前沿填补国内空白的著作；另一类偏重应用技术，是本丛书的主体，其内容是在理论指导下以新技术、新工艺、新材料、新产品研究成果的推广应用为主，个别的配有实用软件。

由于 GPS(全球定位系统)涉及测量界多方面的应用，内容较多，丛书中将分册配套编写，各册主题明确，内容相辅相成，组合起来 GPS 测量内容就显得比较完整，又发挥了各作者的专长。

丛书编委会于 1992 年 1 月成立，全体编委对丛书出版意图、读者对象，乃至每个选题及其内容都作了充分研究和讨论，在全国测绘界选择了有代表性的专家参加各个分册的撰写和审稿工作。按照计划，这套丛书的各分册将根据撰写完成情况先后定稿出版，陆续与读者见面。

前 言

电子地图是指监视器屏幕上显示的地图。这种地图是随着科学技术的发展和计算机及其显示器等外围设备的出现而产生的地图新品种，是地图发展史上新的里程碑。特别是光栅扫描图形显示器的出现和发展，为电子地图的进一步发展提供了实用化的技术基础。光栅扫描图形显示器具有色彩丰富、图形可编辑修改、画面可开窗放大和漫游、符号可闪烁显示等特点。这些特点都是电子地图产生、发展和应用所需要的，它不但可满足地图的平面显示，而且可适用于地图的立体显示。

有人把电子地图称为“活地图”。所谓“活”，就是指存取灵活，速度快；显示灵活，可多变；量测灵活，不用尺；分析灵活，辅决策等。可见它比纸质地图要灵活得多。由于这种灵活性，使得它首先被应用于军事指挥领域。在军队指挥自动化系统中，指挥员们已不再利用传统的地图来研究战场环境和下达命令，而是利用电子地图的快速显示、缩放、移动、修改、量测、分析和叠加军标等的灵活特性与卫星相联系，从屏幕上观察战局变化，用标示器指示量算距离，确定炮兵射击角度和雷达遮蔽角，利用屏幕指示部队行动方向等。指挥员的命令可下达至所有武装力量，并显示在他们的显示器上，如坦克内的电子地图、军事人员头戴的遮阳罩。这样，士兵将对自己和友军的位置了如指掌。在指挥员的显示屏上还可显示每个士兵的位置，士兵的小电脑及显示屏可供士兵受领任务和研究作战计划，士兵头盔上安装的电视摄像机可将战场上的动态传送至指挥员的屏幕上，使指挥员能获得实时动态信息，进行快速不间断指挥。此外，电子地图在国民经济中也正在发挥越来越重要的作用，如电视天气预报、土地利用、行

政区划和矿产分析等。

为了满足军事上、经济上对电子地图的不断增长的需求，近二十年来，各有关单位对电子地图进行了大量的研究工作，取得了许多科研成果。为了使这些科研成果尽快转化为生产力，促进测绘成果更好地为经济和国防建设服务，我们在自己科研成果的基础上，吸收了其他科研成果和著作的精华，编著了这本小册子。由于字数的限制，本书仅着重讨论电子地图的一般概念和制作技术方法，主要内容有：电子地图的定义、电子地图的类别、电子地图的设计、电子地图的生成、电子地图的显示、电子地图的存贮、电子地图的管理和应用等。读者对象为从事测绘事业的具有大专以上文化水平的科研、教学、生产单位的科技人员和在校研究生、大学生以及其他相关学科的有关科技人员。

本书的前三章是由刘光运教授编写的，后三章是由韩丽斌副教授编写的，全书统稿工作由刘光运教授负责。

本书承蒙唐棣、刘德钦两位同志审稿，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，书中难免有错误和不当之处，恳望广大读者批评指正。

作 者

1995年6月于郑州

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 电子地图的基本概念	(1)
§ 1.2 电子地图的类型	(6)
§ 1.3 电子地图的生成、存贮与显示	(11)
§ 1.4 电子地图的应用与发展	(17)
第二章 电子地图设计	(23)
§ 2.1 电子地图设计的基本概念	(23)
§ 2.2 电子地图设计的一般原则	(28)
§ 2.3 电子地图的技术设计	(31)
§ 2.4 电子地图的系统设计	(44)
第三章 电子地图的制作	(49)
§ 3.1 电子地图的制作准则	(49)
§ 3.2 电子地图的数据采集	(54)
§ 3.3 电子地图的符号化处理	(67)
第四章 电子地图的显示技术	(93)
§ 4.1 电子地图的图形显示	(93)
§ 4.2 电子地图的色彩显示	(114)
§ 4.3 电子地图的动态显示	(122)
第五章 电子地图存贮与管理	(128)
§ 5.1 电子地图存贮与管理的基本概念	(128)
§ 5.2 电子地图的数据存贮	(129)
§ 5.3 电子地图的数据编辑	(135)
§ 5.4 电子地图的数据检索	(145)
第六章 电子地图的应用	(150)

§ 6.1	电子地图的应用范围和方法	(150)
§ 6.2	电子地图在规划管理信息系统中的应用	(156)
§ 6.3	电子地图在军事中的应用	(159)
§ 6.4	电子地图在其它领域的应用	(165)
参考文献		(166)

第一章 绪论

随着信息革命及计算机科学的发展,计算机技术已深入到了各个学科领域,引起了许多学科的革命性变化,古老的地图学也不例外。计算机技术的渗入使地图学焕发出新的青春,诞生了许多新品种,电子地图就是其新品种之一。

§ 1.1 电子地图的基本概念

电子地图作为地图家族的新成员,引起了人们广泛的关注和兴趣,人们对它的认识和理解正在深化之中,它的作用将随着人们认识的深化而增大。

一、电子地图的定义

由电子计算机控制所生成的地图,其名称目前尚不统一。就“电子地图”而言,有的把它叫作“联机地图”,有的称它为“屏幕地图”,还有的称它为“无纸地图”,等等。但是,目前较普遍的称呼是“电子地图”。

“电子地图”命名来源现在无法考证,但就其字面意义分析,是由于它出现在 CRT 荧光屏上,而荧光屏上的地图图形是用电子束写在上面的,所以命名为电子地图。这种解释是就其表征而言的,并未深入到其内在含义。究其实质,电子束为什么会在荧光屏上画出地图图形来呢?根本原因是计算机程序指令在控制电子束的运行。正是基于这种认识,所以,人们往往把地图新品种中另一名家族成员——数字地图,与电子地图混为一谈。数字地图是指用数字形式描述地图要素的属性、定位和关系信息的数

据集合，而电子地图则是数字地图符号化处理后的数据集合。所以，电子地图与数字地图的根本区别点之一是地图要素的符号化处理与否。另外，电子地图具有显示速度快的特点，能很快将符号化了的地图数据转换为荧光屏上的地图图形，这也是其得名的又一原因。综上所述，我们可将电子地图定义为：具有地图的符号化数据特征，并能实现快速显示，可供人们阅读的有序数据集合。这些数据主要有两种：一种为描述符号图形平面位置的数据；另一种为描述符号图形色彩的数据。但为了符号图形更新的便利，也可以再增加一种数据，即符号的编码。

二、电子地图的意义

电子地图是 20 世纪 70 年代初伴随军队开始采用新的指挥方法——指挥自动化，而出现的一个新概念，其表征就是用监视器屏幕显示地图。

电子地图与纸质地图相比较，具有其独特的优点，这些优点包括：快、动、层、虚、传和量等。“快”就是能实现快速存取显示。目前，数据库存取一幅电子地图仅需几秒钟，而且随着电子计算机技术的发展，这种速度会更快，这比纸质地图的存取速度快得多。“动”就是可以实现动画，如闪动、颜色瞬变、屏幕漫游、开窗放大、镜头推移、拼接裁剪等，这些是纸质地图所无法实现的技术。“层”就是按地图要素分别进行显示，如居民地层、道路层、水系层、植被层、土质层、地貌层和境界层等，也可进行组合显示或综合显示。层下还可设级，例如可将道路层中的铁路定为一級，将公路定为二级，将大车路定为三级等，按级进行显示。这种等级分明、显示灵活的技术是纸质地图所不及的。“虚”就是应用虚拟现实技术将地图立体化、动态化，使人具有亲临其境之感，这种技术更是纸质地图所无法实现的。“传”就是利用数据传输技术将电子地图传至其它地方。“量”就是可实现图上的长度、面积、角度等的自动化量测。

由于电子地图具有上述诸优点，因而具有广泛的应用，特别是在电视天气预报和军队指挥方面，已成了必备的工具。在电视天气预报中，气象部门将每天各地区天气变化的情况用区域范围线标示在电子地图上，并在范围线中标出象形符号，就可使观众对某地区天气变化的信息一目了然。在军队指挥中，指挥员有了战区电子地图保障，就再不必去翻阅一大堆纸质地图来指挥作战了。他可以坐在电子计算机的荧光屏幕前观察屏幕上显示的电子地图，可随意进行开窗放大、漫游等操作，来研究分析战场环境和敌我态势，并实现自动标绘军标，制定作战计划等。因此，有人把电子地图称作“指挥员的得力助手”、“指挥员的眼睛”等，看来并不过份。总之，电子地图的出现为许多行业带来了新的变化，并且随着电子计算机和电子地图技术的发展，它将在国民经济建设和国防建设中发挥更大作用。

三、制作电子地图的设备

制作电子地图的设备分为硬设备和软设备。硬设备主要由输入设备、存贮设备、处理控制设备和图形显示设备等组成。软设备主要由系统软件和应用软件组成。如图 1.1 所示。

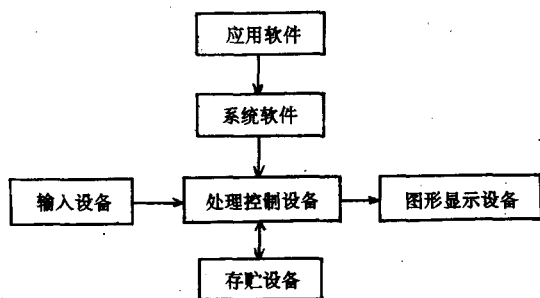


图 1.1 电子地图的设备组成

输入设备用于输入电子地图的原始数据，其中主要包括数字

地图数据、像素地图数据、数字图像数据、数字地面模型数据等。输入设备常配备的有手扶跟踪数字化仪、自动扫描数字化仪、软盘驱动器、网络线路等。手扶跟踪数字化仪主要用于纸质地图的数字化，所获得的数据主要是数字地图的数据。自动扫描数字化仪可用于纸质地图和图像的数字化，所获得的数据为像素灰度值和像素的位置。软盘驱动器主要用于输入由地图数据库拷贝来的数字地图数据、数字地面模型数据、数字图像数据等。网络线路能更快地从地图数据库获取上述几种数据。

存贮设备主要用于存贮电子地图的各类数据，其主要存贮设备有硬盘、软盘和光盘等。硬盘主要使用温盘，它对于环境的要求比较低，可以在较恶劣的天气情况下正常运转，且体积小，便于携带。软盘具有轻、小、易携带、便于数据和文件存取等优点。光盘是新出现的大容量存贮设备，且体积小，便于携带，对环境的要求也不高，是电子地图海量数据的理想存贮设备。

处理控制设备是制作电子地图的核心设备，它是由计算机的CPU来承担的。CPU具有运算、控制和随机存贮的功能，又称作主机。制作电子地图的有关软件都在主机上运行，由主机完成各种电子地图数据的运算和处理，同时协调电子地图原始数据的输入、存贮和处理后的电子地图数据的图形控制显示。由于电子地图的数据量大，为了加快海量数据的处理，提高显示速度，要求主机的运算和处理速度要快。

图形显示设备是供人们对电子地图产生视觉感受的随机设备，它具有将电子地图数据转换为荧光屏上的模拟图形和图像的功能。为了提高显示速度，要求图形显示设备的数-图转换速度要快；又由于电子地图的图形复杂，信息量大，还要求显示屏幕的分辨率要高。目前一般的图形显示的分辨率为 1024×1024 ，较高的为 2048×2048 。另外，为了用不同的颜色显示不同的地图要素，以便在同一屏幕上使显示的信息量增加，逼真地反映真实的景观，要求显示器为彩色。目前彩色显示器可显示的颜色有16~

256 种, 甚至更多。

根据图形显示的基本原理, 图形显示器可分为三类: 随机扫描刷新型显示器、随机扫描存贮管型图形显示器和光栅扫描型图形显示器, 随机扫描刷新型显示器是 20 世纪 60 年代初期出现的, 至今在应用中仍占有重要的地位。它是利用电子束在荧光屏上扫描的轨迹来显示图形, 电子束在荧光屏上扫描的路径随显示内容变化。由于使用的是短余辉的 CRT, 所以电子束的一遍扫描只能使一幅图形显现出很短的一个瞬间。要想使图形在屏幕上长时间稳定显示, 必须每秒扫描 50~60 次。电子地图的图形一般比较复杂, 所以不宜采用此类图形显示器。随机扫描存贮管型图形显示器是在随机扫描刷新型图形显示器的基础上研制的, 它所采用的 CRT 是存贮管。该管利用自己独特的极长余辉来存贮图形信息, 它的荧光粉一旦被激发, 便将保持发亮直至整个屏面被擦除。这种显示器的主要优点是不需要反复扫描刷新, 分辨率高。但缺点是图形不能部分被擦除, 显示器动态范围差, 一般用作黑白二值显示。因此, 电子地图也不宜使用这种显示器。光栅扫描型图形显示器是 20 世纪 60 年代后期发展起来的一种图形显示设备。这种图形显示器显示图形的方法不同于上述两类随机扫描型图形显示器, 它使用相邻像素串接法进行图形显示。这种显示器是目前应用最广, 也是最有发展前途的图形显示设备。它的主要优点是显示灰度层次多, 色彩丰富, 可以有效地消除闪烁现象, 图形便于修改和进行动态显示。所以, 该类显示器最适合于电子地图的显示。它的主要缺点是分辨率低, 因而显示的线条不很光滑, 且需要较大容量的帧存贮器。但随着显示器技术的提高, 这些缺点已得到逐步的克服。例如显示器的分辨率已由过去的 200×300 , 512×512 , $1\,024 \times 768$, $1\,024 \times 1\,024$ 发展到了目前的 $2\,048 \times 2\,048$ 等。

系统软件是指电子地图应用软件的支撑软件。这些软件包括操作系统、程序语言和编译程序、数据库管理系统、图形图像输入软件包、图形图像显示软件包、矢量汉字库和多媒体软件等。

应用软件是指在系统软件的基础上所设计的电子地图软件。它包括电子地图原始数据采集软件、数据存贮管理软件、数据的图形图像处理软件、电子地图符号库管理软件、图形图像显示软件等。

§ 1.2 电子地图的类型

一、电子地图的分类原则

根据电子地图的特点和用途来进行分类,是电子地图分类的基本原则。在特点上,电子地图有内容、比例尺、含域以及数据结构和显示过程等方面的不同;在用途方面,有军用、民用之分,在军用和民用中又可进一步按具体用途进行划分。

电子地图按其内容的不同,可划分为普通电子地图和专题电子地图两大类。普通电子地图是综合地反映地表物体和自然现象、社会现象一般特征的地图。其内容包括各种自然地理要素(水系、地貌、土质、植被等)和社会经济要素(居民点、行政区划、交通线、各种境界线等),但不突出表示其中的某一种要素。专题电子地图是着重表示自然现象或社会现象中的某一种或几种要素的地图,例如自然电子地图、经济电子地图、历史电子地图等。

电子地图按其比例尺的不同,可划分为大、中、小比例尺电子地图。参考纸质地图的比例尺划分方法,通常将1:10万及更大比例尺的电子地图称为大比例尺电子地图;将1:10万~1:100万比例尺之间的电子地图称为中比例尺电子地图;将1:100万及更小比例尺的电子地图称为小比例尺电子地图。普通的大、中比例尺电子地图又称作电子地形图,小比例尺电子地图又称作电子地理图。电子地形图表示的普通电子地图的内容较详细,电子地理图则较简略。

电子地图按其所含区域范围的不同,可划分为:包括全球的世界电子地图,包括一个洲或几个洲的大陆电子地图,包括某个

地区(例如中东)的区域电子地图,包括一个国家的全国电子地图,包括一个国家内部的某个等级的行政区划或自然区域的电子地图,例如省电子地图、市电子地图、县电子地图、某平原电子地图、某高原电子地图、某山地电子地图、某河流域电子地图等。

电子地图按其数据结构和显示过程,可划分为矢量电子地图、像素电子地图和屏幕电子地图。前两种电子地图要在屏幕上显示出来,都要通过屏幕电子地图才能实现,所以屏幕电子地图实质上是矢量电子地图和像素电子地图的表征。

电子地图按其用途,可划分为军用电子地图和民用电子地图。军用电子地图按兵种可划分为电子陆图、电子海图、电子航空图、电子宇航图等。按作战规模可划分为战略电子地图、战役电子地图、战术电子地图以及电子目标图等。民用电子地图按专业可划分为农业用电子地图、地质用电子地图、石油用电子地图、民航用电子地图、气象用电子地图、交通用电子地图、水利用电子地图等等。

二、矢量电子地图

矢量电子地图是指用矢量数据描述电子地图要素的图形位置和颜色的数据集合。设 A 为一幅矢量电子地图的数据集合, a 为该幅矢量电子地图某一要素的数据集合,也就是 a 为 A 的子集, $a \in A$, 则集合 A 可写成:

$$A = \{a | a_j, j = 1, 2, 3, \dots, m\} \quad (1.1)$$

子集 a 可写成:

$$a = \{M, Z, X, Y | x_i, y_i, i = 1, 2, 3, \dots, n\} \quad (1.2)$$

式中 m ——该幅电子地图所含要素的总量;

M ——要素编码;

Z ——要素图形的颜色码;

X, Y ——要素图形的点的平面坐标;

n ——某要素图形的点的数量。