

地形图与 3S 技术

李星照 编著

中国林业出版社

序

随着科学技术的进步,测绘研究的对象由地球表面延伸到地球内部和外层空间,并已涉及月球及其他星球;地形图的载体已由纸质转为磁盘存储,由模拟形式转为计算机管理的数字化形式,并朝着信息化测绘的方向迈进。以数字高程模型(DEM)、数字栅格地图(DRG)、数字线划地图(DLG)、数字正射影像(DOM)为代表的4D数字化测绘产品已规模化生产。由于全站仪、资源卫星和其他航天遥感器的出现,对地理空间信息数据的采集更加方便、快捷、丰富和逼真。加之运用虚拟现实(VR)技术进行环境仿真,数字地图已进入动态、时空变换、多维、可交换条件下的视觉效果和提高视觉功能的新阶段,可显示涉及时空变化现象和概念的动态地图。这些数字化、自动化、智能化、信息化的测绘产品是空间信息的重要载体,将地理空间信息的采集、编辑、量测、分析、存贮、管理、显示与应用高度集成,它包含极其丰富的自然景观、人文景观、社会和经济要素,以及其严密的数字基础,因而,这些成果是国民经济建设、国防建设、信息化建设和为人民群众服务的前期性、基础性的重要资料,是人们了解、认识和研究生存环境的先决条件。

全国第二次土地清查已于2007年7月1日开始,全国森林资源新一轮清查也陆续展开,地籍调查仍在深入,城镇化进程步伐正在加快。这些都是庞大的系统工程,涉及到各行各业,也涉及到数以万计的科技人员使用地形图(数字地图、影像地图)和3S技术。由中南林业科技大学李星照教授编著的《地形图与3S技术》一书,正是适应这些项目开展而编写的一本实用性强的好书。

本书对地形图(数字地图)、3S技术的基本原理及其集成应用等进行了全面系统的论述,内容全面,图文并茂,章节安排合理,脉络结构清晰,概念准确规范,理论和应用结合紧密,技术操作性强,叙述深入浅出、通俗易懂。

李星照教授在高校从事测绘学与3S技术的教学、科研和生产30多年,社会影响好,学术造诣深,实践经验丰富。本书是他长期知识和经验积累的结晶。

本书的编写也是省测绘学会工作重点之一。学会多次组织有关专家进行审阅和修正,最后定稿,完成本书。

本书对国土资源调查、森林资源调查、地籍测量、土地变更调查、湿地调查,以及与地理空间信息有关的各学科的科学研究的、空间技术研究等领域的科研人员、工程技术人员及地理学爱好者具有重要的实用价值和指导意义。

彭悦

2008年5月于长沙

前 言

对地面上任意物体，使用地形图图式语言，通过制图综合，按一定的数学法则投影到水平面（或椭球体面）上，并依比例缩绘于平面图纸上形成相似的图形缩影。这种既表示地物的地理空间分布、相互关联和状态、反映时空上发展变化，又能表示地球表面上任一点高程的图称为地形图。

由于科学技术的不断进步，特别是现代计算机科学与信息科学的突飞猛进，使得称为现代测绘标志的3S技术日臻完善，它使我们获取地理空间信息及数据分析的手段产生了根本变化，使传统的测绘科学产生了质的飞跃。测量学、制图学、遥感、地图学、摄影测量学和地理信息系统已融合成为一门新的学科，即“地球空间信息学”（Geomatics）。它使测绘成果由纸质地形图向数字化图直至信息化产品转变，把地理空间信息的采集、编辑、量测、分析、存贮、管理、显示与应用高度集成。

地形图（包括数字地图）上既包含了极其丰富自然景观、人文景观、社会和经济要素，又具有极其严密的数学基础，因此在地形图上能够进行量测和定量定性分析。基于地形图的这些特点，与3S技术集成应用极广，例如数字地球、数字中国、数字省、数字城市、数字林业、数字农业、数字水利、数字导航、电子政务、交通旅游、军队指挥等都离不开地形图；国土、城市、铁路、公路、水利、电讯、建筑工程等各行各业规划、设计、施工、管理也要依据地形图；防汛、洪涝灾害的防治、管理与评估；农林牧渔业病虫害的防治、管理与评估，森林火灾的防治、管理与评估，以及与地理空间信息有关的各学科的科学研究的、空间技术研究等领域也要以地形图为基础。这就是说地形图是国民经济建设、国防建设、精神文明建设、信息化建设的前期性、基础性的重要图面资料，是人们了解、认识和研究生存环境的先决条件。

全国第二次土地清查已于2007年7月1日开始，全国森林资源新一轮清查也陆续展开，地籍调查仍在深入，城镇化进程步伐正在加快……。这些都是庞大的系统工程，涉及到各行各业数以万计的科技人员使用地形图和3S技术。

作者根据自己长期从事测绘学和3S技术的教学、科研、生产的实践经验，在认真总结的基础上进行提升。围绕地形图与3S技术应用的主线，从地形图的基本概念入手，对地形图的数学基础、精度、地物地貌的表示方法、分幅与编号，RS技术、GPS技术、GIS技术，地形图的识读、量测、面积计算，地形图与3S技术的野外应用、数字地图及其应用等进行了全面系统的论述。

本书的编著是湖南省测绘学会工作计划之一，在编写过程中，省测绘学会一直很重视，给予了极大的关心和支持。学会秘书长吴生斌多次组织省测绘教育专业委员会主任、中南大学邹峥嵘教授，副主任，长沙理工大学郭云开教授等有关专家对书稿进行专题审阅和修正，又由湖南省国土资源厅党组成员、总工程师、省测绘学会理事长彭悦教授作序。在编写过程中，中南林业科技大学成人教育学院汪继勇院长提供了很好的外业调查经验和素材，湖南日

报社美编李妍、中南林业科技大学资源与环境学院研究生谢晓晓、肖芳对书中的图表编绘做了大量的工作。在此一并表示衷心的感谢。

本书面向国土资源清查、森林资源清查、地籍调查、土地变更调查、湿地调查，以及与地理空间信息有关的各学科的科学研究的科研人员、工程技术人员及地理学爱好者。

由于作者水平所限，书中可能存在不少缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2008年1月于长沙

目 录

序
前 言

第一篇 基础理论

第一章 地形图概述	(3)
第一节 地形图的定义及特性	(3)
第二节 地形图的分类	(6)
第三节 地形图应用概述	(6)
第四节 地形图的发展历史	(9)
第二章 地形图的数学基础	(18)
第一节 地理坐标	(18)
第二节 高斯—克吕格平面直角坐标	(20)
第三节 高程系统	(32)
第四节 地形图比例尺与比例尺精度	(33)
第三章 地形图的精度	(36)
第一节 概述	(36)
第二节 手工白纸测绘地形图的精度	(36)
第三节 航空摄影测量生产地形图的精度	(41)
第四节 数字化图的精度	(44)
第五节 数字正射影像地图的精度要求	(44)
第四章 地形图上表示地物地貌的方法	(46)
第一节 地物在地形图上的表示方法	(46)
第二节 地貌在地形图上的表示方法	(50)
第五章 地形图的分幅与编号	(58)
第一节 梯形分幅法	(58)
第二节 国家基本比例尺地形图新的分幅与编号方法	(62)
第三节 地形图分幅编号的历史沿革	(65)
第四节 相邻图幅编号的关系	(67)
第五节 矩形分幅法	(68)
第六节 图幅编号的应用	(69)
第六章 遥感 (RS) 技术	(72)
第一节 遥感 (RS) 概念	(72)
第二节 遥感图像的特性	(73)

第三节	遥感图像的特征	(73)
第四节	遥感图像的判读	(75)
第五节	遥感图像上典型地貌的判读	(81)
第七章	全球定位系统 (GPS) 技术	(85)
第一节	全球导航定位系统概述	(85)
第二节	GPS 定位的基本原理	(88)
第三节	GPS 定位基本模式	(89)
第四节	GPS 定位技术	(90)
第五节	GPS 测量面积	(98)
第六节	GPS 导航	(102)
第七节	Mio168/PDA 林业通 GPS	(105)
第八章	地理信息系统 (GIS) 技术	(114)
第一节	GIS 基本概念	(114)
第二节	地理信息系统的应用	(117)
第三节	GIS 与 RS 集成应用	(121)
第四节	GIS 与 GPS 集成应用	(122)
第五节	GPS 与 RS 集成应用	(122)
第六节	3S 技术集成应用	(123)

第二篇 技术应用

第九章	地形图的识读	(127)
第一节	地形图的图外注记	(127)
第二节	地物识读	(138)
第三节	地貌识读	(138)
第四节	社会经济要素的阅读	(140)
第十章	地形图上量测作业	(142)
第一节	地形图一般量测作业	(142)
第二节	在地形图进行工程设计时的量测	(145)
第三节	在地形图上计算土石方工程量	(149)
第四节	地形图在城市规划中的应用	(152)
第十一章	地形图上量算面积	(156)
第一节	图解法	(156)
第二节	机械求积仪法	(157)
第三节	电子求积仪	(159)
第四节	解析法	(165)
第五节	沙维奇法	(166)
第六节	面积量算中的几项改正	(167)
第七节	图幅元素及理论面积的计算	(169)
第八节	面积平差计算	(172)

第十二章 地形图与 3S 技术野外应用	(175)
第一节 地形图(影像地图)实地定向	(175)
第二节 在地形图上确定地面点位置	(176)
第三节 用 GPS 定位定向	(178)
第四节 数字遥感图像的判读	(179)
第五节 地形图的野外调绘	(180)
第十三章 数字地图及其应用	(201)
第一节 概述	(201)
第二节 数字化图的优点	(201)
第三节 数字地图的应用	(202)
附录 第二次全国土地调查土地分类图式、图例、色标	(212)
主要参考文献	(217)

第一篇

基础理论

第一章 地形图概述

第一节 地形图的定义及特性

一、地形图的定义

地球表面上有形形色色的城镇、村庄、房屋、道路、运动场、农田、旱地、河流、湖泊、海洋、森林、草地、沙漠等，我们把它称之为地物。凡是经人为活动形成的地物称为人工地物，天然形成的地物称为自然地物。地球表面上还有高低起伏、凹凸不平、千变万化的自然地面形态，如山岗、丘陵、平原和盆地，我们把它称之为地貌。地形就是地物和地貌的总称。

对地面上任意物体，使用地形图图式语言，通过制图综合，按一定的数学法则投影到水平面（或椭球体面）上，并依比例缩绘于平面图纸上形成相似的图形缩影。这种既表示地物的空间分布及其相互关联和状态在时空上的发展变化，又能表示空间任一点高程的图称为地形图（图 1-1）。



图 1-1 地形图

二、地形图的特性

(一) 有严密的数学基础和可量测性

地形图是按严格的数学法则编绘的,它具有投影、比例尺和定向等数学基础,从而可以在地形图上量测坐标、高程、长度、面积、体积等数据,使地图具有可量测性。

从不规则的地球自然表面到绘制成地形图,首先是要将自然表面上的物体沿铅垂方向投影到大地水准面上,但大地水准面是一个不规则的球面,无法用解析的方法精确描述,就需要用一个经过定位的旋转椭球面去代替,然后再把椭球面经过地图投影法则转换成平面。经过这些步骤,就可以将自然表面上的物体投影到平面上,并建立了坐标系统,这就成为地图的数学基础(将在第二章详细论述)。通过地图投影获得的地面物体图形,能够控制其变形性质,精确地确定其变形大小,使地形图具有更高的科学价值和实用价值。

对于在小范围(当半径小于 10km 时)的大比例尺地形图,是把这个范围的水准面视为水平面。如图 1-2 所示,将地面上的点 A、B、C、D、E,沿铅垂线方向投影到水平面上,各垂足 A'、B'、C'、D'、E'就是地面上 A、B、C、D、E 各点的水平投影(即平面位置),线段 A'B'、B'C'、...是地面上相应线段 AB、BC、...的水平投影; $\angle A'B'C'$ 、 $\angle B'C'D'$ 、...为地面上相应角 $\angle ABC$ 、 $\angle BCD$ 、...的水平投影;平面图形 A'B'C'D'E'是地面上任意图形 ABCDE 的水平投影,

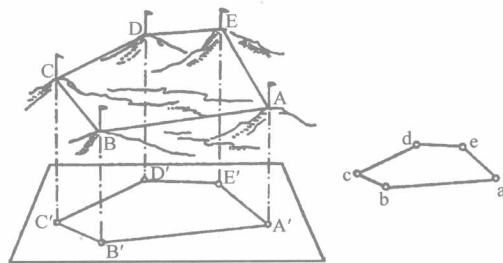


图 1-2 地面点在水平面上的投影

若按一定比例尺缩绘于平面图纸上便形成相似图形 abcde。显然水平投影图 A'B'C'D'E'与地面自然图形 ABCDE 通常是不相似的。这是由于地面上倾斜线段的水平投影必小于其原来长度,地面倾斜线段越陡,其水平投影越短。竖直线的水平投影积聚为一点,竖直面的水平投影积聚为一条线。只有地面图形各点都位于一个与水平投影面相平行的平面上时,地面图形与其水平投影才能相似。

(二) 使用地形图图式表达事物形成直观易读性

称为地形图语言的地形图图式,是根据国民经济建设各部门的共性要求和通用法则设计制订并发行的,它是与地面物体对应的经过抽象的符号和文字标记。

(1) 地面物体千差万别、并具有复杂的外貌轮廓,地形图图式则是根据这些地物类别进行抽象概括,按性质归类,使图形简化,即使按比例进行了缩小,仍具有形象清晰的图形。

(2) 对于实地形体小而又非常重要的物体,如控制点、路标、灯塔、独立树等,在地形图上则用非比例符号表示,能够准确地表示它们的位置和性质,且不受比例尺的限制。

(3) 对于事物的数量和质量特征,如水深、坎高、路面材料、宽度、居民地房屋的结构、层数、性质等,在地形图上是用专门的符号和注记来表达的。

(4) 地貌形态是用等高线来表示,隧道、涵洞、地下管线、水下建筑物等用特定图式来表达。

(5) 对于许多无形的自然和社会现象,如行政区境界线、经纬线、三北方向线、崩塌地等,在地形图上是用专门的符号和注记来表达。

(6) 对于地面上各种各样的地类属性及其空间分布范围,如森林、草地、稻田、旱地、苗圃等,在地形图上是用面积符号和注记来表达,非常清楚易读。

所以,地形图上采用地形图图式语言再现地表客观实体的信息,具有很强的直观易读性。

(三) 以制图综合法产生一览性

制图综合是地形图编绘者在制图时根据比例尺、地理位置和地形图的用途进行二次抽象,用概括和选取的手段突出地理事物的规律性和重要目标,在扩大读者视野的同时,能使地理事物信息一览无余。地面事物千差万别,在符号化过程中,将性质类似、大小相近的物体赋予同样的符号,即实施对地理事物的分类分级,完成了制图过程中的第一次抽象。随着地形图比例尺的缩小,地形图图面积也相应缩小,可能表达在地形图上的物体数量、等级、类别都要减少,这就要对地形图上的物体进行选取和概括。选取那些重要的、大的物体表示在地形图上,而舍掉那些次要的和较小的物体;同时还要将复杂的轮廓加以简化,对以质量或数量标志区分的众多等级合并和缩减,这是制图过程中对地理事物信息的第二次抽象。

以上是地形图的主要特性,它以相对平衡的详细程度表示地球表面各种自然和人文现象中最基本的要素(如水系、地貌、土质植被、居民地、交通网、境界及其他人文标志)。

三、地形图含义的引申

随着科学技术的进步,地形图的定义也在不断发展和深化。例如,人们的研究对象由地球的表面发展到地球内部和外层空间,并开始涉及月球及其他星球;地形图的数据源由于卫星和其他航天器的出现更加丰富;人们对自然事物的认识程度也在不断加深;电子技术的飞速发展及在测绘学中的广泛应用等,地形图的载体已由纸质转为磁盘存储,由模拟形式转为计算机管理的数字化形式,以数字高程模型(DEM)、数字栅格图形(DRG)、数字线划图形(DLG)、数字正射影像(DOM)为代表的4D数字化测绘产品已进入规模化生产。数字地形图运用虚拟现实(VR)技术进行环境仿真,已进入动态、时空变换、多维、可交换条件下的视觉效果和提高视觉功能的新阶段,可显示涉及时空变化现象和概念的动态地图。这些数字化、自动化、智能化、信息化的测绘产品,使数字地形图变成空间信息载体,为地形图的定义引入了更深更广的含义。

21世纪是信息化测绘时代。信息化测绘简单说,就是在数字化测绘的技术基础上,在完全网络化运行环境下,实现实时有效地向信息化社会提供地理信息综合服务的一种新的测绘方式和功能形态,最本质的内涵是实现实时有效的地理信息综合服务,它相对于数字化测绘技术体系具有以下标志性的跨越特征:

(1) 从“生产”到“服务”,即体系的功能取向是由测绘产品生产为主,转为地理空间信息综合服务为主,更多地面向多样化、灵活性信息产品的开发和深加工。

(2) 由“静态”到“动态”,即体系对地理信息的获取和数据库建设将由静态生产为主,转为动态变化监测和实时更新为主。

(3) 由“局域”到“广域”,即作为数据传输和信息交互的网络支撑运行环境,对于数字化测绘生产可以局域网为主;但对于实时有效的地理信息综合服务必须依靠广域专网或国际互联网,要实现数据传输和信息交互彻底的网络化。

(4) 由“专用”到“公用”,即体系的基础设施,包括测绘基准体系和基础地理信息

数据库系统等的使用,应由原来的供专业使用为主,升级改造为满足社会公共使用为主,实现测绘基础设施公用化。数字中国地理空间基础框架是信息化测绘的重要基础设施,应将其建设成为社会公共服务平台。

(5) 从“封闭”到“开放”,即体系的运行主体应从测绘系统内部扩展到其他应用部门、从公益性测绘保障体系内部扩展到地理信息产业体系,形成企业、事业单位、政府机构和用户大众协同动作的开放机制,实现信息服务的社会化。

(6) 着实推进信息共享,要切实从政策法规上为充分的信息共享创造有利条件,妥善解决信息共享中的安全问题和产权问题,建立信息共享相关的法规、标准体系和运行机制,实现信息共享法制化。

信息化测绘的特征,归纳表述为:功能取向服务化、数据获取实时化、信息交互网络化、基础设施公用化、信息服务社会化、信息共享法制化、技术体系数字化。

第二节 地形图的分类

一、按信息的载体类型分类

以纸张为载体的纸质地形图;以磁盘存储为载体的数字地形图(DLG)。

二、按比例尺种类分类

国家基本比例尺地形图是指 1:5000、1:1 万、1:2.5 万、1:5 万、1:10 万、1:25 万、1:50 万、1:100 万这 8 种地形图。

国家基本比例尺地形图按比例尺大小可分为大比例尺地形图、中比例尺地形图和小比例尺地形图 3 类。

大比例尺地形图为 1:5000、1:1 万、1:2.5 万、1:5 万 4 种;

中比例尺地形图为 1:10 万、1:25 万、1:50 万 3 种;

小比例尺地形图为 1:100 万 1 种。

值得指出是地形图比例尺并不能直接决定地形图的特点,其大、中、小也是相对的。例如 1:1 万、1:5 万在国家地形图系列中是大比例尺,而在城市规划和建设中则是小比例尺。

三、按照国家规定的保密等级分类

按照国家规定的保密等级分类,地形图可以分为秘密、机密、绝密 3 种。

第三节 地形图应用概述

从地形图的定义和特性的论述中我们已经明确知道,地形图能提供与地理位置有关的各种空间数据信息,广泛服务于经济建设、国防建设、科学研究、文化教育、行政管理、人民生活等各领域,是促进科教兴国战略、可持续发展战略、城镇化战略和西部大开发战略,促进信息化、工业化和现代化等实施的基础成果资料。例如数字地球、数字中国、数字省、数字城市、数字林业、数字农业、数字水利、数字导航、电子政务、交通旅游、电视天气预报

和军队指挥等方方面面都必须以地形图为基础；国土管理、土地利用、城市规划、铁路、公路、水利、电讯、园林、建筑工程等各行各业规划、设计、施工、管理也必须是以地形图为基础；洪涝灾害的防治、管理与评估、农林牧渔业病虫害的防治、管理与评估，森林火灾的防治、管理与评估，与地理空间信息相关的科学研究、空间技术研究等领域也必须是以地形图为基础。这就是说地形图是国民经济建设、国防建设、精神文明建设、信息化建设的前期性、基础性的重要基础资料，是人们了解、认识和研究生存环境和可持续发展的先决条件。下面简要介绍地形图在几个主要方面的应用，至于地形图的专题应用将在以后的章节中详述。

一、地形图在国民经济建设中的应用

(1) 地形图用于规划和管理。例如城市、工业、交通、农业等的建设规划和管理，以地形图为底图制作的各种规划图准确而直观地显示规划的发展前景。

(2) 地形图用于资源勘察、设计和开发。例如矿产、森林、水力、地热等资源的勘察、设计和开发，它们离开了地形图就会寸步难行。

(3) 地形图用于各种工程建设的勘察、设计和施工。例如修建铁路、公路、水利工程、工厂企业等工程项目的勘察、设计和施工，通常都要用到反映地面真实状况的地形图。

(4) 地形图用于农业土地利用和土壤改良。用地形图作为工作底图，然后再制作成各种专题地图，使人一目了然。

(5) 地形图用于地籍管理、房地产定级和交易。

(6) 地形图用于航海、航空、宇航和其他方面。这是为特殊用途而设计的特种地图。

二、地形图在国防建设中的应用

地形图是现代战争的重要工具之一，据不完全统计，第二次世界大战期间仅原苏联一个国家消耗的地图就达5亿多幅。现代条件下的战争，诸兵种协同作战，地形图的用量将更大。据有关资料估计，现在若组织一个军的战役进攻，需用地形图300万幅左右。即使在平时部队战备训练也需要大量的地形图。

军队使用地形图的情况十分复杂，总括起来有以下几个方面：

(1) 用于各种国防工程的规划、设计和施工。各种规划图通常使用比例尺较小的地形图，而施工图通常采用较大比例尺的地形图。

(2) 用于各项军事训练和演习，需要许多不同类型、不同比例尺的地形图。

(3) 用于各种战术作业，如研究战区敌我双方的地形，选择阵地、观察所、隐蔽地和接近地，工事构筑的设计和施工，确定兵器的布置，计算射击死角、判定方位，准备射击，确定进攻方向和移动的道路，空军的飞行、投弹，海军的作战、登陆等，无一不依靠地形图，而且往往是比例尺较大的地形图或特制的专题地图。

(4) 用于作战指挥，诸兵种协同作战与协调，往往比例尺较小，包括较大区域的地形图。

(5) 用于研究战略，如研究地形态势、交通条件、自然资源、居民情况、供应条件等，作为战略部署的参考资料，这类地形图通常都是小比例尺的、比较概括的。

(6) 现代化的军事手段，如导弹飞行、卫星侦察等，都和地形图密切相关。

三、地形图在科学、文化方面的应用

(一) 地形图是科学研究的重要图面资料

地形图能缩小显现广大区域于一张或若干张图纸上,用来研究各种自然和人文现象的分布、联系、状况和发展等都极为方便,成为科学研究的重要图面资料。

(1) 从地形图上可以发现某些地理规律,如从地形图引发“大陆漂移学说的建立”,由地形图上河名的变化发现日本古代的两个文化区,由地图发现黄河三角洲的变迁等。

(2) 地形图是新开拓地区地理考察的重要图面资料,从立项、实地考察,把考察结果标示到图上,到可行性论证研究,都离不开地形图。

(3) 在地质普查中,地形图是编绘各种比例尺的地质图、研究地质构造和矿产分布规律的不可缺少的图面资料。

(4) 地壳形变、地震监测、环境分析等各种科研活动也都离不开地形图。

(二) 地形图作为宣传教育的工具

地形图能以图解形式将事物信息定位表达在图上,是一种直观、生动的宣传工具,不仅在地理、政治、历史等教学中被广泛地利用,而且作为一种宣传工具用于社会,例如宣传国家建设成就,宣传农业、水利、城市建设的规划和成就,宣传革命纪念地或某项历史事件的进程等。

四、地形图在 GIS 方面的应用

GIS(地理信息系统)是 20 世纪 60 年代中期发展起来的一门新技术,它是一种在计算机软硬件支持下,将空间数据自动输入、存储、检索、运行、显示和综合分析应用的技术系统。GIS 是研究人类活动与资源环境间相互协调的规律,是以一种全新的思想和手段来解决复杂的规划、管理和地理相关问题。例如城市规划、商业选址、环境评估、资源管理、灾害监测、全球变化,甚至在现代企业中作为制定科学经营战略的一种重要手段。而地形图是 GIS 进行空间分析的前端重要基础数据源和地理空间信息的载体。

五、地形图在数字地球方面的应用

数字地球是美国前副总统戈尔于 1998 年 1 月 31 日在“数字地球——认识 21 世纪我们这颗星球”的报告中提出的一个通俗易懂的概念,它勾绘出了信息时代人类在地球上生存、工作、学习和生活的时代特征。

所谓“数字地球”,可以理解为对真实地球及其相关现象统一的数字化重现和认识。其核心思想是用数字化的手段来处理整个地球的自然和社会活动诸方面的问题,最大限度地利用资源,并使普通百姓能够通过一定方式方便地获得他们所想了解的有关地球的信息,其特点是嵌入海量地理数据,实现多分辨率、三维对地球的描述,即“虚拟地球”。通俗地讲,就是用数字的方法将地球、地球上的活动及整个地球环境的时空变化装入电脑中,实现在网络上的流通,并使之最大限度地为人类的生存、可持续发展和日常的工作、学习、生活、娱乐服务。严格地讲,数字地球是以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础,以宽带网络为纽带运用海量地球信息对地球进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述,并利用它作为工具来支持和改善人类活动和生活质量。

数字地球的技术基础之一是空间数据基础设施建设。经统计,世界上的事情有 80% 与地理空间分布有关,空间信息用于地球研究即为地理信息系统。为了满足数字地球的要求,将影像数据库、矢量图形库和数字高程模型 (DEM) 三库一体化管理的 GIS 软件和网络 GPS,可实现不同层次的互操作。而地形图是建设数字地球空间数据库的重要信息载体。中国正在建立 1:5 万和 1:1 万比例尺的空间信息基础设施,为数字地球、数字中国、数字省、数字城市、数字林业、数字农业、数字水利、数字导航、电子政务等方面早日实现数字化而努力。

六、地形图在其他方面的应用

- (1) 划定边界时,地形图被公认为是一种具有法律意义的附件;
- (2) 地形图是旅游的指南,各种交通旅游地图成为人们生活中不可缺少的物品;
- (3) 人民的日常生活和工作中,把地形图作为查阅地名、位置、距离、方位、行政区划等有关资料的参考;
- (4) 作为各级行政、专业管理的工具,作为各种总结、汇报的附图;
- (5) 天气预报、海浪预报使用的电子地图,已成为形象直观、家喻户晓的一种很好的形式。

第四节 地形图的发展历史

地形图是测绘成果的表现形式之一,而测绘学是一门古老的科学,是人们在长期的生产实践中总结、创造和发展,逐渐充实和完善起来的,成为一门拥有完整的理论基础和现代化技术手段的学科。

一、地形图的起源

地形图起源于上古时代,几乎和世界最早的文化一样有悠久的历史。在国外已经发现的最古老的原始地图是在巴比伦北面 320km 的加苏古城发掘出来的巴比伦地图,如图 1-3 所示,迄今已有 4 500 余年的历史。这是一块手掌大小的陶片,底格里斯河和幼发拉底河发源于北方的山地,流过南方的沼泽,中央是古老的巴比伦城。古埃及人用芦苇当纸张绘制地图,不过现今保留下来的这种地图很少,其中有一张埃及东部沙漠地区的金矿山图,是公元前 1330 ~ 1317 年期间绘制的古地图。

在中国,地图的传说可以追溯到 4000 年前的夏代或更早的时期。鼎地图的传说记载于《左传》,由于是“贡金九牧”而铸鼎,且鼎上铸有山川地形,奇物怪兽,故后人称为《九鼎图》。后来在《山海经》中,也有绘着山、水、动植物及矿物的原始地图。随着原始社会的逐渐解体和奴隶制度国家的建立,由于行政统治和军事征战的需要,在客观上促进了地图的发展。

3000 年前西周初期 (公元前约 1020 年),周召公建洛邑时绘制的洛邑城址地图,便是我国地图史上第一幅具有实际用途的城市建设地图。由于地图有明确疆域田界的作用,所以

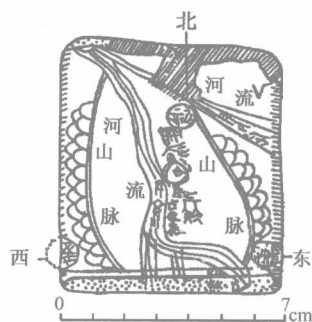


图 1-3 巴比伦地图

地图就被统治阶级作为封邦建国、管理土地必不可少的工具。《周官》一书中所说的“地讼，以图正之”，就是讲的地图在这方面的应用。也正因为如此，掌握这类图籍的官吏也普遍受到人们的尊敬，连孔子见了“负版者”也要下车行礼，表示敬意。《管子地图篇》对当时地图的内容和地图在战争中的作用都进行了较详细的论述，说当时的地图已经可以“鬲轘之险，滥车之水，名山通谷，径川陵陆丘阜之所在，苴草林木蒲苇之所茂，道里之远近，城廓之大小，名邑废邑困殖之地必尽知之，地形之出入相错者尽芷之”。他明确指出“凡兵主者，必先审知地图”，只有这样才能“行军袭邑，举措知先后，不失地利”。《战国策》还记载着荆轲用献督亢地图（即割地）去接近秦王，从而刺杀秦王的故事，可见封建统治者对地图的重视了。

我国周朝和春秋战国时期，地图已被用于社会实践和生产实践的各个领域，用图的范围扩大了，地图用途的不同，构成了不同主题的地图，这就是我国地图史上专题地图的萌芽。据《周官》记载，周朝专门设有管理地图的官员“职方氏”、“大司徒”、“土训”等，分别掌握土地之图、土地物产图、矿藏分布图等。

二、中国古代与近代地图的发展

地图经过春秋战国时期，在内容的选取和表示上都有了丰富经验。秦始皇统一中国后，对地图的需求量则进一步加大，从划分郡县，到行政和经济管理；从兴修水利、开凿运河等大型工程，到建筑遍布全国的交通要道，都离不开地图。所以，秦始皇很重视地图的制作和收藏。尽管秦王朝的统治只有 20 多年，但到汉灭秦时，秦地图的数量已相当可观。刘邦灭秦时，萧何先入咸阳，把大量的官家图籍接收过来，还专门建造一个坚固的石渠阁来保存这些地图。

1973 年湖南长沙马王堆三号汉墓出土的 3 幅地图，为我们提供了研究汉代地图的珍贵实物史料。3 幅图均绘于帛上，为公元前 168 年以前的作品。《地形图》是一幅边长为 98cm 的正方形彩色普通地图，其范围大体为东经 $111^{\circ} \sim 112^{\circ}39'$ 、北纬 $23^{\circ} \sim 26^{\circ}$ 之间，相当于今湖南、广东、广西等 3 省区交界地带。地图的主区为西汉初年的长沙国南部，今湘江上游第一大支流潇水流域、南岭、九嶷山及其附近地区。地图内容很丰富，包括山脉、河流、聚落、道路等要素。图上绘有 80 多个居民点（中心较大城镇为“深平”），20 多条道路，30 多条河流。采用闭合曲线表示山体轮廓及其延伸，并绘以高低不等的 9 条柱状符号，以表示九嶷山 9 座不同高度的主要山峰，如图 1-4 所示。《驻军图》是一幅高 98cm、宽 78cm，用黑、朱红、田青三色彩绘的军用地图。在简化了的地理基础之上，用朱红色突出表示了 9 支驻军的名称、布防位置、防区界线、指挥城堡、军事要塞、烽燧点、防火水池等军事地形要素。《城邑图》高约 40cm，宽 45cm 左右，图上绘有城垣范围、城门堡、城墙上的楼阁、城区街道、宫殿建筑等。

长沙马王堆汉墓地图的发现，给中外地图史增添了新的光辉灿烂的一页。它的时间之早，内容之丰富可靠，地图绘制原则和绘制水平及其使用价值，都处于当时世界领先地位。

在我国地图史上，魏晋时期裴秀（公元 224 ~ 271 年）的著作《禹贡地域十八篇·序》，标志着我国古代地图学的辉煌成就，奠定了我国地图学的最初基石。裴秀任过司空、地官，专管国家的户籍、土地、税收，后任宰相，他以当时《禹贡》为依据，进行了核查，绘制了 18 幅《禹贡地域图》，并将《天下大图》缩制为《方丈图》。更为重要的是，裴秀总结了