

静 天 魁 编 著

等高线 地形图 应用指南

煤炭工业出版社

等高线地形图应用指南

静天魁 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书是有关等高线地形图实际应用方面的普及读物。全书从横向展开,逐一介绍了等高线地形图的各种用途及用法,其内容涉及道路工程、电力输送、农田建设、水利工程、建筑规划、地理水文、地质采矿、车事作战以及测量制图本身等十几个专业。书中举例翔实众多,文字通俗易懂,插图直观丰富,各专业使用等高线地形图的同志及有兴趣了解这方面知识的读者,都能从中得到借鉴与收益。

责任编辑:吕代铭

等高线地形图应用指南

静天魁 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₃₂ 印张9¹/₂插页1

字数208千字 印数1—6,120

1983年9月第1版 1983年9月第1次印刷

书号15035·2559 定价1.20元

前 言

等高线地形图的应用范围很大，用途很多，地质勘探、矿区设计、矿山建设、矿业开采要用它，道路工程、水利工程、建筑规划、电力输送、农田建设、军事作战、测量制图也都要用它。可是，常见的测量书籍中，很少详细介绍等高线地形图的实际应用，全面述及它在各专业作专门应用的则更不多见。因而，很有必要普及这方面的知识，比较集中地与系统地介绍一下有关等高线地形图的各种用途、应用方法及其原理，探讨一下它在应用时的某些特点和规律。出于这种考虑，笔者尝试性地编写了此书，以期供各有关专业人员工作时参考使用。同时，也为对此有兴趣的同志提供一些必要的阅读资料。为兼顾各方面读者的不同需求，本书在编写中除着意突出其实用性外，还适当保留了某些必要的理论阐述及公式推导。

本书讨论的范围，仅限于大比例尺等高线地形图；叙述的内容，则着重于各种专门应用。为将问题说得形象具体，书中编绘了较多的插图。

全书共分为十二章，各章内容自然独立，虽稍有穿插，但互不连贯。读者完全可以根据自己的需要和兴趣任意选读，无须拘泥前后章序。

第一章是基础知识，叙述与等高线地形图应用有关的一些概念；第二章是等高线地形图的基本应用，比较简单，但须掌握。这两章是本书的过门或前奏，如果读者谙熟这两方面的内容，那就可以跳过。

从第三章起，进入本书的主题——介绍等高线地形图的各种专门应用。其中，第三至第六章介绍的是技术性专门应用，这从它们的章名也可以看出。在等高线地形图上，作地形断面、求施工界线、求图形面积或体积，是解决各种图上问题不可缺少的技术手段，各类专业在使用地形图时，几乎都要用到。从第七章起到最后一章，介绍的是各种专业性应用，涉及了十几种专业内容。因内容繁多，不再一一列述，请读者自行查阅。

本书在写作过程中，曾得到我的老师、中国矿业学院孙振先副教授的热情指导和帮助，贵州省煤炭工业基本建设局赵心之工程师也曾提出宝贵的意见，所在单位的领导同志自始至终给予积极的支持，谨在此表示深切的谢意。

由于笔者学识浅薄，书中谬误不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

静 天 魁

1982年6月于六盘水市

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 引言	1
第二节 等高线表示地形的原理	2
第三节 比例尺、坐标及图幅	4
第四节 地形图符号	17
第五节 地形图读法	29
第六节 复制图纸的变形	32
第二章 地形图的基本应用	40
第一节 作各种专业用图的底图	40
第二节 确定点的平面位置	41
第三节 确定两点间的距离	44
第四节 确定直线的方向	47
第五节 确定点的高程	51
第六节 计算地形面的坡度	54
第七节 利用地形图实地定向、定点	61
第三章 地形断面	69
第一节 地形断面的一般作法	69
第二节 纵断面图	74
第三节 横断面图	77
第四节 投影剖面图	80
第四章 施工界线	83
第一节 施工界线的概念	83
第二节 求取施工界线的一般步骤	85
第三节 带状土工结构物的施工界线	95

第四节	类施工界线问题	102
第五章	面积问题	106
第一节	图上与实地面积的换算关系	106
第二节	利用图形顶点坐标计算面积	107
第三节	利用几何图形计算面积	110
第四节	用方格法测定面积	114
第五节	用支距法测定面积	116
第六节	用求积仪测定面积	121
第七节	面积计算中的各种改正	127
第八节	面积的划分	132
第六章	体积问题	136
第一节	概述	136
第二节	卧式台体体积的计算	137
第三节	立式台体体积的计算	138
第四节	波板体体积的计算之一——格网法	140
第五节	波板体体积的计算之二——断面法	155
第六节	波板体体积的计算之三——综合法	158
第七章	线路工程中地形图的应用	162
第一节	纸上定线的意义	162
第二节	道路最短路线的选定	163
第三节	地形条件对道路定线的影响	165
第四节	桥涵设计中地形图的应用	169
第五节	输电线路选线	172
第八章	军事学中地形图的应用	176
第一节	地形图在军事上的一般应用	176
第二节	点的通视	179
第三节	不可见范围	183
第四节	射击死角疆界	187
第九章	建筑规划设计中地形图的应用	189

第一节	建筑用地的地形分析	189
第二节	地形因素对建筑群布置的影响	194
第三节	城镇规划中建筑群的布置	200
第四节	厂区规划中建筑群的布置	204
第五节	地形因素对建筑群体内联系道路布局的影响 ..	210
第六节	给排水工程的规划	220
第十章	农业生产建设中地形图的应用	223
第一节	水库设计中地形图的应用	223
第二节	渠道布设	232
第三节	土地平整	238
第四节	梯田设计	245
第五节	种植规划和土壤调查	247
第十一章	地质、采矿中地形图的应用	250
第一节	地质填图	250
第二节	地质剖面图	257
第三节	在地形图上计算矿藏储量	260
第四节	地形图在采矿工程中的应用	263
第十二章	地形图的改造	273
第一节	地形图的缩放	273
第二节	分层设色地形图	281
第三节	晕滃图	282
第四节	地形面的阴影	284
第五节	晕渲图	287
第六节	地形轴测图	288

第一章 基础知识

第一节 引言

十八世纪中叶，法国地理学家毕阿士（Buache Philippe 1700～1773 年）在总结前人成果和经验的基础上^①，第一次提出了用等高线表示地形的起伏和高下；后来，日内瓦物理学家都克拉（Ducarla Bonifas 1738～1816 年）又把这种方法做了详细的校订并加以完善，使之更加实用。地形制图学上的这一变革，奠定了现代等高线地形图的基础。

表现地貌的这种新方法一出现，就显示了它的巨大优越性——准确、简易和可度量，于是，它很快就取代了表示地貌的其它方法。到十九世纪后半叶，在地形图的绘制中，等高线已经成为表示地貌形状的唯一方法，为世界各国所接受和采用，并在使用中得以日臻完善。

今天，等高线地形图已经成为人类认识自然、改造自然不可缺少的工具。毫无疑问，它对我国的社会主义经济建设和国防巩固，也是非常需要的。凭借着等高线地形图，科学工作者、军事指挥员、工程技术人员和各级领导者，就可以在室内、在原野、在工地、在战场，进行研究、布置、设计、运筹，在严密的科学基础上，优质高效地解决一系列实际问题。

当前，我国正进入一个新的历史时期，举国上下都在为

^① 1729年荷兰工程师克鲁圭（N. Cruqueus）发明了等高线。最初，仅用于表示河水的深度。

实现四个现代化而努力奋斗。如何科学地规划我们的国土、管理我们的经济，已成为当务之急。因此，认真地研究、探讨一下有关等高线地形图应用方面的问题，是有其现实意义的。

第二节 等高线表示地形的原理

人类的摇篮——地球，宏观为表面浑然光曲的椭球体。而实际上，它的表面却是个复杂而不规则的曲面。当然，在这个曲面上，各种地形变化（包括海底地形变化）的高度和它延展的长度相比，还是比较小的。例如，以海平面起算，目前，世界最高的山峰——珠穆朗玛峰，海拔才8848.13米；世界最深的海沟——太平洋马里亚纳海沟，深度也只有11034米，而仅我国的幅员，无论从南到北或从东到西，距离都不下于5000公里。又如，一般坦阔千里的平原，其较高处与较低处相差才100~200米；亘绵千里的山地，最大相对高差也不过1000~4000米。所以，要想在图纸上准确、严密地把它表示出来，是不容易。许多世纪以来，人们曾尝试过各种方法，遇到过各种困难，后来，终于摸索出一种适宜的方法：依照标高投影的原理，用等高线来表示地球表面的形貌。

在这种方法中，地形面是由一组假想的等间隔的水平面与地形面的诸截交线在水平基准面上的投影及其相应的标高表示的（图1-1）。因为同一截交线上各点的高程相等，所以把这些截交线称为地形面的等高线，它实际代表的是地面上相同高程各点的连线。习惯上，又将等高线在水平基准面上的投影直接称为等高线。

用等高线表示地形面，同其它任何科学理论和方法一

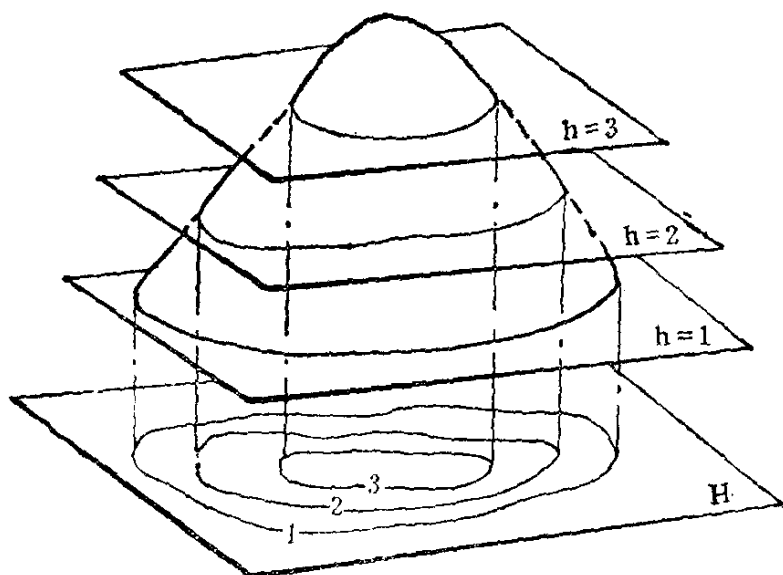


图 1-1

样，不是哪个人的凭空设想和杜撰，而是对地形面这一客观事物的科学抽象。久居湖岸的读者知道：湖水上涨后，一俟水退，在岸边往往留下一条由泥浆和悬浮物构成的痕线，连绵不断地缠绕在岩石或土坎上，人们称它为浸水线。由于湖水静止时，水面处处等高，因而在同一浸水线上，各点的高程是相等的。回顾前文不难理解：理想的浸水线实际上就是前面所说的等高线，并且是一条实实在在的线，它随着自然水面的升落而升落。细心的读者不禁会联想到：这些随意升落的自然水平面和前面叙述过的假想水平面组是何等的相似！克鲁圭、毕阿士等人的功绩，就在于把这些真实的、客观存在的自然水平面抽象化（变成许多假想的水平面）和规律化（使之成等间隔），并用这些假想的等间隔的水平面组去横割大地，把它们相割的交线——等高线投影在水平基准面上，从而表示出大地的形貌。

在地形标高投影中，通常选取海水面作为水平投影的基

准面。我国是以黄海平均海水面作为基准面的，它由青岛验潮站多年积累的海水观测资料求得。这个基准面也是我国高程的起算面，以其为零标高的高程系统称为“黄海高程系统”，并作为全国统一的高程系统。例如，珠峰的高程，就是相对黄海平均海水面计算的，这种高程叫绝对高程或海拔高度。在实际工作中，有时为了应用便利，或一时未和国家水准网联系上，也可以假拟一个高程系统，根据假拟高程系统计算的高程，叫相对高程。

由于海水面实际上是一个曲面(由地球的形状所决定)，等高线所在的等高面也必定是一个和它相似的曲面。但在大比例尺地形图所反映的区域半径不超过10公里的极小范围内，这个投影基准面可看作是平的，这样，和它平行的各等高面自然也就是平的。上述的考虑，经有关理论证实，完全是可行的。

在实地测绘中，这些地形等高线又是怎样获得的呢？这里不作介绍，有兴趣的读者可参阅地形测量方面的书籍。

第三节 比例尺、坐标及图幅

一、比例尺

绘制地形图时，由于描绘对象的巨大，不可能按照实地大小把它绘出，必须缩小成若干分之一才能绘在图纸上。地形、地物在图纸上的长度，和它们在地面上的实际长度（指水平长度或水平投影长度）之比，就叫作比例尺。不论绘制什么样的地形图，都得先定比例尺，然后才能进行测绘；反之，使用地形图时也得先知道图纸的比例尺，才能设想和判断出地形、地物的原始长短和面积。可见，应用地形图前，必须掌握比例尺的知识。

根据人们的应用习惯和需要，比例尺的表示方法有好几种，这在一般的测量书籍中均有叙述，本书只着重介绍一下应用较多的数字比例尺和直线比例尺。

用数字或分数比例形式表示的比例尺就叫数字比例尺。它的分数表示形式是

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L} \quad (1-1)$$

式中 M 是比例尺的分母， l 代表图上的距离， L 代表地面上相应之距离。

如果图上距离为 1 厘米，地面上相应的距离为 10 米，代入上式并化简成分子为 1 的无名分数，则有

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{1000}$$

这就是分数比例尺的一般表达式。

分数比例尺是与长度单位制无关的抽象值。因此，若已知地形图的分数比例尺，就可以在地形图上用任意单位制量其值，然后根据分数比例尺换算出实地长度。

为了便于书写，人们又把比例尺用比例的形式来表示。比例式实际是分数式的变种，只是把分数式中的分数符号“ $\frac{\quad}{\quad}$ ”换成了比例符号“ $:$ ”。例如，把前面的分数式比例尺写成比例式，即为 1:1000。其一般形式为 1:M， M 的意义同前。

比例式和分数式在规律和应用上没什么不同，它们合称为地形图的数字比例尺。

直线比例尺是图示比例尺的一种，实际上是一条绘有刻度的直线。普通使用的三棱尺，就是一副直线比例尺。在图上，直线比例尺这样制作：先画一条直线（图 1-2），然后在

线上画出彼此相等的诸线段，这些线段称为比例尺的基本单位。所谓比例尺的基本单位，即其长度相当于地面上一整数值之距离，最常取用的是2厘米。比例尺线段的总长，为基

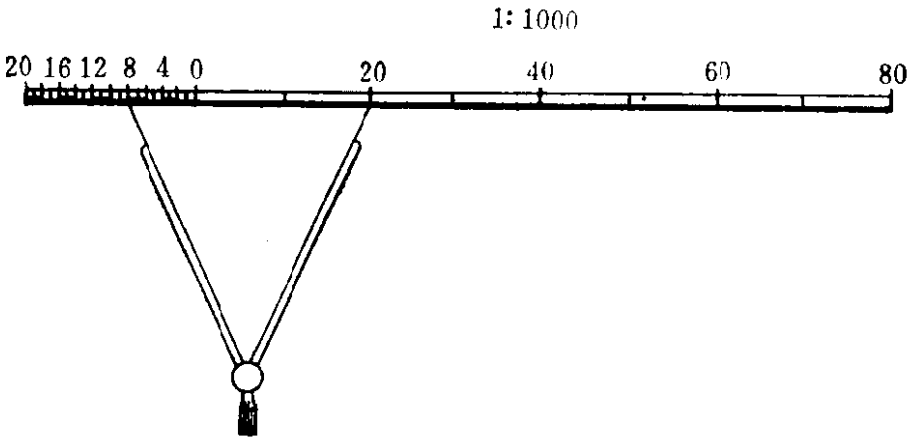


图 1-2

本单位的整数倍，一般不超过10厘米。为了便于度量，又将左起第一线段分为五等分(或十等分)，表示基本单位的五分之一(或十分之一)，它们称为直线比例尺的最小刻划；每一最小刻划的几分之几，在度量时用目估。整个直线比例尺的各分划，都按一定方向用地面上相应真实距离的数值加以注记，一般把左起第一、二两线段间的分划线作为计算距离的零线，第一线段由零向左注记，第二线段由零向右注记。

用直线比例尺求地形图上两点的实地距离时，可先用两脚规在图上量取两点间的长度，再以此开度(规脚尖端间的距离)在直线比例尺上比值(仍见图1-2)。比值时，使脚规的右脚尖准确地立在零线右边某一线段分划线上，此时脚规左脚尖应落在左起第一线段内，而两点间的实地距离就等于脚规两脚尖读数之和。如果图上两点间的长度不足一整线段，在左起第一线段内比值即可。

按地形制图学划分，地形图的比例尺还有大、中、小之分。一般把1:10000、1:5000、1:2000、1:1000、1:500等五种比例尺图称为大比例尺地形图；1:25000、1:50000、1:100000以及比1:100000更小比例尺的图则分别称为中、小比例尺地形图。在各种工程规划设计中，主要应用的是上述各种大比例尺地形图，这也是本书所探讨的范围。

二、坐标

在日常生活中，可能会遇到这样的情况：你拿着一张戏票到剧院去看戏，座位在哪里？一看票券，是六排9座。进了剧场，你一定是先循着排次找到第六排，再顺着座次找到第9座。这里的“六排9座”就是你在剧场内座位的标记——坐标。在地形图上，为了标明和区别不同地物、地貌的位置，也得采用类似上述的办法，建立图坐标。

地形图上的坐标，与测图时建立的地面坐标有着密切的关系。因为地形图是实地地形经过一定的测量方法缩绘在纸上的相似图形，所以图上的坐标定与相应的实地坐标相对应。

在地面上，表示点的位置的坐标系统有两种：地理坐标系统和平面直角坐标系统。在大比例尺地形图中，这两种坐标系统都有采用。

地理坐标是一种网络全球的统一坐标。在这种坐标中，地面上任一点的位置是用它在地球球面上的经纬度表示的，某一点的经纬度就称为该点的地理坐标，或称球面坐标。

地球上某一点L的经度，是指过该点的真子午面和起始子午面①之间所夹的二面角，一般用 λ 表示；而L点的纬度

① 国际测量会议确认：通过英国格林威治天文台某点的真子午面作为起始子午面，它是计算东西经度的共同起点，即经度的零度。

是指经过 L 的铅垂线和赤道平面的夹角，因为地球是椭球体，所以铅垂线不一定通过地球中心（图1-3）。

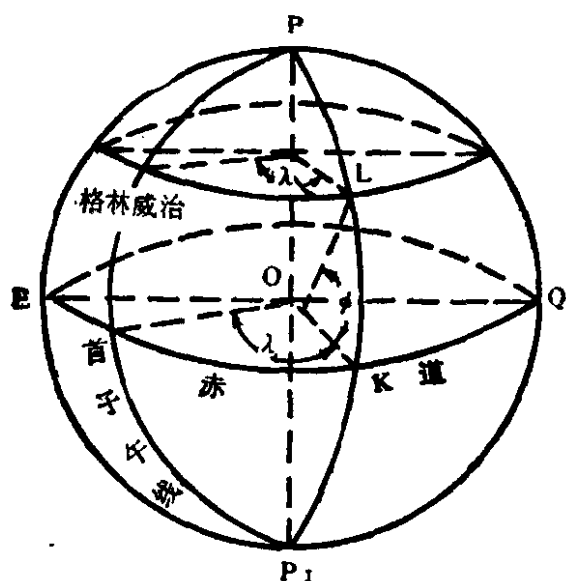


图 1-3

平面直角坐标，顾名思义只能在平面或可以认作平面的范围内建立。地球表面是一个不可展开的球面，既然球面展不成平面，就不能在地球表面建立一个统一的平面直角坐标系。也就是说，不可能在地球上找到一个这样的原点，根据它就可以用

平面直角坐标确定地球表面任何一点的位置。那么又怎样来解决这个矛盾呢？只有在“可以认作平面的范围”这句话上作文章。在测绘学上，把球面认作平面，是指当把球面上的图形按某种投影方法投射到平面上时，它的变形误差为我们所允许。为了在地球表面建立平面直角坐标系，人们依照这一原则，曾提出过许多种投影方法，其中，公认最好并已为世界各国所统一采用的投影方法，是高斯投影法。它的理论最初由德国大数学家高斯所建立，与其它各种投影方法相比，这种投影方法的投影变形要小些，且便于地理坐标与平面直角坐标的换算。在高斯投影中，地球球面被投影在一个与其滚动相切的横圆柱壁上，然后再被展开，这样，地球表面就被按一定的经度（ 6° 、 3° 或 1.5° ）划分成许多投影带●（图1-4）。在每一个投影带内，都以中央子午线和赤道的交点作为坐标原点。坐标值注记为：纵轴 X（即

投影后的中央子午线) 由赤道向北为正, 向南为负; 横坐标轴 Y (即投影后的赤道) 则从中央子午线起算, 向东为正, 向西为负。作一系列平行于 X 和 Y 的直线, 便组成平面直角坐标格网, 如图 1-5 所示那样, 地面点的坐标就可以依其在格网中的位置确定。由于每一带都有一个坐标原点, 同样的一对坐标值, 在任何一个投影带内都能找到一个对应点, 这

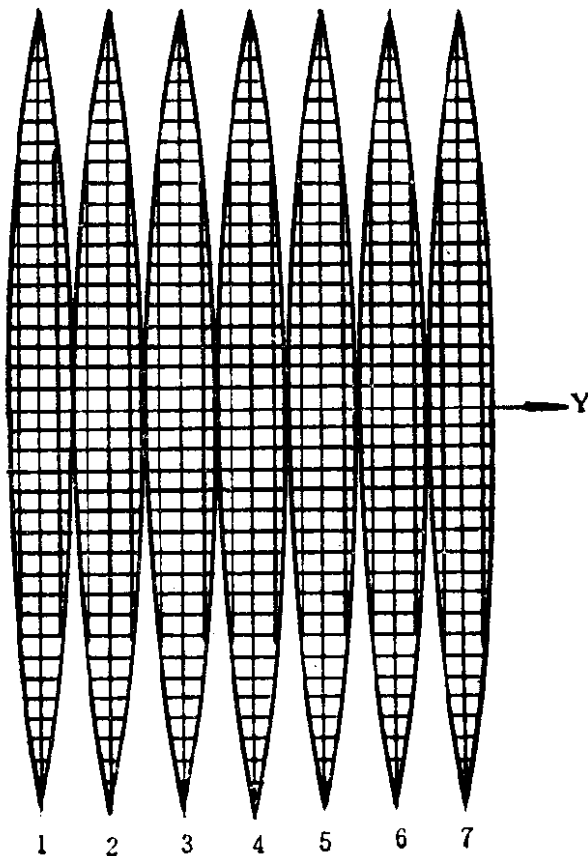


图 1-4

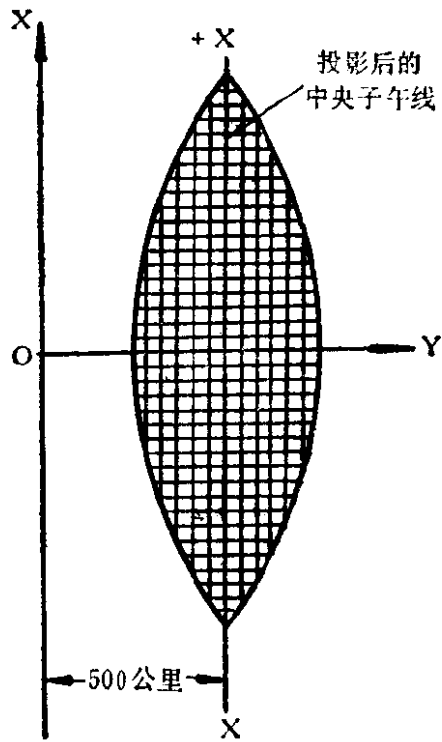


图 1-5

① 从格林威治首子午线开始, 自西向东, 地球表面被分为 60 个 6° 投影带 (第一带中央子午线为东经 3°), 分为 120 个 3° 带 (第一带中央子午线也为东经 3°), 带号也按此顺序排列。大比例尺地形图主要采用 3° 分带法, 有时也采用 1.5° 分带。