

测量学

全国高等农林专科统编教材

李修伍 主编

中国林业出版社



全国高等农林专科统编教材

测 量 学

李修伍 主编

林业、农业、果树专业用

中 国 林 业 出 版 社

出版说明

高等农林专科教育是高等农林教育体系中一个相对独立、不可缺少的层次。

我国高等农林专科教育，自进入80年代以来，有了长足发展，在校人数迅速增加，为适应发展的需要，改变教学多年来一直借用本科教材的局面，建设具有农林专科教育特色的教材体系，经国家教委批准，于1986年7月成立全国高等农林专科基础课程教材委员会，并在全国高等农林专科教育研究协作组制定的农林专科生培养基本要求和部分专业教学计划以及课程教学基本要求的基础上，首批组织统编了49门教材。

本批教材力求体现农林专科生培养基本要求，突出应用性，加强实践性，强调针对性，注意灵活性；遵循教学规律，具有科学性、系统性，由浅入深，循序渐进，理论联系实际，既具有广泛的适应性，又具有先进性和时代特征。

这批教材在适用农林专科教育的修业年限上，兼顾了二、三年制的需要，同时可供电大、函授等专科教育和中等专业学校教师，以及有关科技人员参考。

这批教材的编审出版是在国家教委高教司直接领导下进行的，并得到农业出版社、高等教育出版社、中国林业出版社、四川科学技术出版社、广西科学技术出版社、东北林业大学出版社的通力合作与大力支持，在此深致谢意。

本教材的编审出版，不仅是为了解决部分课程教学所用教材的有无问题，而更重要的是在新的历史条件下，为建设具有高等农林专科教育特色的教材体系探索路子，试图提供一些有益的尝试，故缺点错误在所难免，恳望各校在使用过程中提出宝贵意见，以便再版时作进一步修改。

全国高等农林专科基础课程

教材委员会

1990年

前 言

遵照国家教育委员会高教司有关教材编写的精神，在全国高等农林专科基础课程教材委员会的具体组织与领导下，经全国六所高等农林院校组成的《测量学》编写组于1988年11月在杭州会议上讨论通过的测量学编写提纲编写本教材。

本教材编写中，在保持本学科系统的基础上，注意加强基本理论、基本知识和基本技能，并突出实践性、针对性、应用性和灵活性。在内容的取材上，既考虑到农林院校有关专业的不同要求，又照顾了不同地区的需要；既详述了常规仪器的使用方法，又适当介绍了生产中已经应用的新技术、新仪器。在文字的表达上，力求做到由浅入深，通俗易懂，以利教学，便于自学。本教材共分十二章，内容包括测量学的基本知识、普通测量仪器的使用和图根控制测量的方法；重点阐述了罗盘仪测量、大比例尺小面积测图、地形图的应用和面积的量算；还具体介绍了平整土地、林区公路、排灌渠道等专业测量内容，在附录中列出了若干fx-180P型计算器的应用程序。

本教材适用于全国农林专科的农业、林业和果树等专业使用。也可以作为农林专科及其他专业开设《测量学》课程之用。教学时，可按专业特点和学时要求，安排不同的内容。

教材编写组具体分工如下：李修伍编写第一章、第八章；王镛编写第六章、第七章及附录二；陈学平编写第四章、第五章；陈广秀编写第十章、第十二章；许天钧编写第二章、第十一章及附录一；赵克民编写第三章、第九章。

本教材插图第一、二、三、四、五、六、七、八、九、十一章由赵克民同志描绘；第十、十二章由陈广秀同志描绘。

在编写本教材过程中，得到了许多兄弟院校、生产单位、仪器厂家等的支持和帮助，在此一并致谢。由于编者水平有限，谨请广大师生和读者对本书的缺点或错误给予批评指正。

编 者

1990年12月

目 录

第一章 测量学的基本知识	(1)
第一节 测量学的任务和作用.....	(1)
第二节 测量学发展概况.....	(2)
第三节 地球的形状和大小.....	(3)
第四节 地面点位的确定.....	(3)
第五节 平面图、地形图、地图和断面图.....	(7)
第六节 比例尺及比例尺精度.....	(8)
第七节 测量工作概述.....	(10)
第八节 测量计量单位.....	(11)
第二章 距离丈量	(13)
第一节 地面点的标志.....	(13)
第二节 直线定线.....	(13)
第三节 距离丈量.....	(15)
第四节 距离丈量的精度要求及注意事项.....	(17)
第三章 罗盘仪测量	(19)
第一节 直线定向.....	(19)
第二节 罗盘仪的构造和使用.....	(22)
第三节 罗盘仪的检验及校正.....	(23)
第四节 罗盘仪测量.....	(26)
第四章 水准测量	(33)
第一节 概述.....	(33)
第二节 水准测量的原理.....	(33)
第三节 水准仪及水准尺.....	(34)
第四节 普通水准测量的实施及有关问题.....	(38)
第五节 微倾水准仪的检验与校正.....	(44)
第五章 经纬仪测量	(47)
第一节 水平角测量的原理.....	(47)
第二节 光学经纬仪的构造.....	(47)
第三节 光学经纬仪的读数设备.....	(49)
第四节 水平角测量.....	(51)
第五节 竖角观测.....	(57)

第六节 经纬仪的检验与校正	(60)
第七节 用经纬仪进行间接测量距离及高差	(65)
第六章 测量误差的基本知识	(72)
第一节 测量误差概述	(72)
第二节 误差的分类	(72)
第三节 评定精度的标准	(75)
第四节 观测值函数的中误差	(76)
第五节 算术平均值的中误差	(80)
第七章 控制测量	(84)
第一节 控制测量的概念	(84)
第二节 经纬仪导线测量	(84)
第三节 小三角测量	(91)
第四节 测角交会	(100)
第五节 高程控制测量	(106)
第八章 大比例尺地形图的测绘	(111)
第一节 地物和地貌的表示方法	(111)
第二节 平板仪的构造及其使用	(116)
第三节 测站点的加密	(122)
第四节 测图前的准备工作	(127)
第五节 地形测图方法	(131)
第六节 地形图的拼接、检查、整饰与清绘	(136)
第七节 地形图的缩放和复制	(138)
第九章 地形图的应用	(143)
第一节 概述	(143)
第二节 地形图的分幅和编号	(144)
第三节 地形图的阅读	(148)
第四节 地形图的室内应用	(153)
第五节 地形图的室外应用	(158)
第六节 面积测算	(165)
第十章 平整土地测量	(177)
第一节 概述	(177)
第二节 原地面的高程测量	(177)
第三节 施工量的计算	(179)
第四节 计算土方量	(183)
第五节 梯田测量	(187)
第十一章 林区公路测量	(193)
第一节 概述	(193)

第二节	踏查与选线	(194)
第三节	路线中线测量	(196)
第四节	圆曲线测设	(198)
第五节	回头曲线测设	(206)
第六节	路线纵横断面测量	(208)
第七节	路线纵断面图的绘制与纵向设计	(212)
第八节	竖曲线设计	(217)
第九节	横断面图的绘制及路基设计	(218)
第十节	土石方量计算	(221)
第十一节	路基放样	(223)
第十二章	渠道测量	(226)
第一节	概述	(226)
第二节	渠道踏查及选线	(226)
第三节	渠道中线测量	(227)
第四节	纵断面水准测量	(227)
第五节	横断面水准测量	(227)
第六节	纵、横断面图的绘制	(228)
第七节	渠道设计	(229)
第八节	土石方量计算和施工放样	(237)
附录一	林区公路分级及主要技术指标	(243)
附录二	fx-180P 袖珍程序型计算器程序选录	(246)
参考文献		(252)

第一章 测量学的基本知识

第一节 测量学的任务和作用

测量学是一门测定地面点的平面位置和高程，研究地球表面的形状和大小的应用科学。

随着生产和科学技术的不断发展，测量学的任务和研究对象也日益扩大，并形成了如下若干分支学科。

大地测量学 研究测定地球表面广大区域以至整个地球的形状、大小和地球重力场的理论与方法的测量学科，叫大地测量学。由于它研究的区域广大，故必须考虑地球曲率的影响。近年来，随着卫星技术的发展，大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。

普通测量学 研究测绘地球表面较小区域的形状、大小的理论与方法的测量学科，叫普通测量学。由于它研究的区域较小，可以将此区域的球面视为平面。

摄影测量学 通过摄影像片所获得的地面影像信息，经过各种技术处理，绘制成地形图的测量学科，叫摄影测量学。摄影测量学又分为地面摄影测量学与航空摄影测量学。

工程测量学 研究工程建设中测绘工作的理论与方法的测量学科，叫工程测量学。

本教材属于普通测量学的范畴。普通测量学的基本任务有二：一是使用测量仪器和工具，通过实地测量与计算，将小区域内地面形状和大小，按一定比例尺绘制成图，这个过程称测绘。二是将图上已规划和设计好的工程或建筑物的位置，测设到地面上，这个过程称测设或放样。

测量学在国民经济、国防建设和科学研究等各个领域中都起着重要作用。

在国民经济建设方面，测量技术和测绘成果广泛地应用于各项建设事业中。厂矿企业、城乡建设和道路管线的设计与施工等，都离不开测量技术、地形图和其他测绘资料。

在国防建设方面，一切战略部署、战役指挥、战术进攻和各项国防工程的设计与施工等，都必需有测绘技术和测绘资料作保证。

在科学研究方面，研究地球形状和大小、地壳的升降、海岸线的变迁、地极运动、灾情监测、人造卫星的发射与回收等，更需要运用当代最先进的测绘技术与方法。

在农林业生产建设中，测量学同样具有重要的作用。如土地管理、土地资源清查、农业区划、农田基本建设、荒山荒地调查、苗圃地的布局与建立、果园的规划设计、林区的开发、局(场)址的选定、森林资源清查、林区道路的勘测等，都要有测量技术和测绘资料来满足规划设计和施工的需要。

总之，测绘工作是我国社会主义现代化建设不可缺少的基础性工作。特别是在新的历史阶段中，测绘工作必将发挥更大的作用。从事农林业的科技工作者，必须具有一定的测

量知识和熟练的测绘技术，以便在农林建设事业中作出更大的贡献。

第二节 测量学发展概况

测量学是一门古老的科学。尤其是有着悠久的历史 and 文化的我国，测绘科学的发展是很早的。据史书记载，早在公元前21世纪夏禹治水时就使用过“准、绳、规、矩”等测量工具。公元前4世纪战国时，我国就利用磁石制成世界上最早的定向工具“司南”，即指南工具。公元2世纪初，后汉张衡制成“浑天仪”，在天文测量方面作出了光辉的贡献。公元3世纪初，西晋裴秀总结前人制图方法，拟定了世界最早的小比例尺地图编图法则，称为“制图六体”。到了元代（公元1206年至1368年），曾拟定了测量纬度计划，并实测纬度27点。到18世纪清代，进行了全国范围内的大地测量，于1718年完成“皇舆全图”。此外，在工程建设中，如四川都江堰水利工程，南北大运河的开凿，西安、北京等古都的建筑，都创造和积累了极丰富的工程测绘经验。我国对整个测绘科学的发展曾作出了宝贵的贡献。

建国后，我国测绘事业得到迅速发展。国家成立了专门的测绘机构，建立了全国天文大地控制网，统一了全国大地坐标系和高程系，测绘了国家基本地形图，编制和出版了各种地图和地图集，制定了各种测绘规范和规程，培养了大批测绘人材。在工程建设中，如武汉长江大桥、治淮、治黄、川藏公路等的修建以及在农林水建设上，测量工作都发挥了应有的作用。在仪器制造方面，如精密光学经纬仪、竖盘指标自动归零装置的经纬仪，精密水准仪及自动安平水准仪，电磁波测距仪等都能制造并应用于生产上。电子计算机和航测仪器的制造，也达到或接近国际水平。

19世纪末，发明了航空摄影测量，它不仅使部分外业测图工作转入室内，从而降低了野外劳动强度，缩短了成图周期，而且能迅速、综合客观地搜集地面目标的情况，这对军事侦察、灾情监视、资源勘查更有重要意义。20世纪以来，测量学进入了前所未有的发展阶段。大地测量方面，由于航天技术的发展和运用，产生了卫星大地测量。它是采用地面接收站接收卫星在通过时刻所发出的卫星信息，经过数据处理来获得接收站的坐标。利用这种新技术解决大地测量问题，具有全球性、全天候、速度快、精度高、投资少的优点。由于电子计算机和遥感技术的应用，使测量实现了自动化、数字化和程序化。40年代制造了自动安平水准仪。70年代又广泛地利用电子、激光技术制造了一系列激光、红外、微波、雷达等测距仪以及有关的激光水准、准直和定位仪器。而且这些仪器正朝向自动化、全能化和微型化发展，测量学正经历着巨大的变革时代。

随着世界新技术革命的发展，对测绘科技产生了深刻的影响，传统的测绘技术、产品正在被新的技术、产品所取代，例如：大地测量利用卫星多普勒技术，形成全球定位系统（GPS）；传统的大地测量进入空间大地测量；摄影技术，在信息技术和航天技术的推动下，从模拟法逐步过渡到解析法，并正在向数字化方向发展；地图制图技术，由传统的手工业正走向机助制图和地图数据库以及地理信息体系；在工程测量中，电子测距仪已经得到广泛使用，微型计算机得到普及。国外电子经纬仪的生产，向自动化方向迈进了一大步。我们要不断学习新技术，更好地为社会主义现代化经济建设服务。

第三节 地球的形状和大小

测量学是以研究地球为对象，它选择的基准面，直接与地球有关。

地球表面是高低不平的，有高山、深谷、平原和海洋等。世界上最高的珠穆朗玛峰高达8848.13m，最低的马里亚纳海沟深达11022m。这样的高低起伏相对于地球半径6371km相比，可以忽略不计。由于海洋占整个地球表面的面积为71%，陆地面积仅占29%，因此地球总的形状可以认为被海水所包围的球体，以假想把静止不动的海平面延伸穿过陆地，包围整个地球，形成一个闭合的曲面，这个静止的海水面，称为水准面，水准面处处与铅垂线成正交。海水面有潮汐，时高时低，所以水准面有无数个，其中通过平均海水面的那个水准面称为大地水准面。作为地面点高程的起算面。

大地水准面包围的形体称为大地体，它非常接近一个两极扁平，赤道隆起的椭球。由于地球表面不平和质量分布不均，引起铅垂线方向变化，使大地水准面成为一个复杂而又不能用数学式表达的曲面。为了便于测量、计算和制图，在测量上选用一个与大地水准面的形体非常接近的数学形体来代替地球形体，这个形体是以椭圆绕其短轴旋转的椭球，如图1—1称为参考椭球，其形状大小以元素a、b、 α 表达。

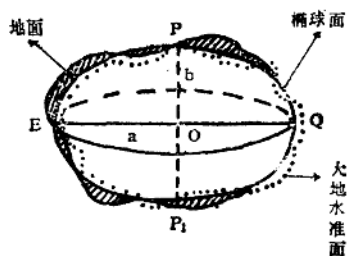


图1—1 地球的形状

我国以前采用苏联学者克拉索夫斯基测算出的参考椭球体的元素值。现采用的参考椭球数据是国际大地测量协会1975年推荐的。其值为：

长半轴 $a = 6378.140\text{km}$

短半轴 $b = 6356.755\text{km}$

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a} = 1/298.253$$

由于参考椭球的扁率很小，在普通测量学的范围内，可把地球作为圆球看待，其半径为6371km。

第四节 地面点位的确定

由于地面上的点都是位于三维空间的点，要确定地面点位是以选定的基准面为准，用三维坐标表示。在大范围内，用球面坐标系的两个坐标表示点投影到椭球表面上的位置。在小范围内，用平面直角坐标系中两个坐标表示点投影到水平面上的位置。第三个坐标是用点高于或低于大地水准面的铅垂距离表示，即为绝对高程。

一、坐标

(一) 地理坐标

在大区域内, 从整个地球来考虑点的位置, 通常是用经纬度来表示的。以经度和纬度来确定地面点的绝对位置, 称为地理坐标。

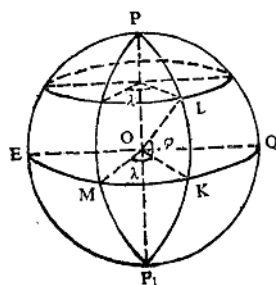


图1—2 地理坐标

如图1—2, PP_1 为地球旋转轴, O 为地心。通过地球旋转轴的平面称为子午面, 子午面与地球表面的交线称为子午线。通过地面某点 L 的子午面 $PLKP_1$ 与首子午面 PMP_1 之间所组成的二面角, 以 λ 表示, 称为该点的经度。经度由首子午面起向东向西各从 0° — 180° , 以东的称为东经, 以西的称为西经。我国领土位于东半球, 各地经度都是东经。

通过地心 O 与地球旋转轴 PP_1 垂直的平面 EQ , 称为赤道平面, 赤道平面与地球表面的交线称为赤道。过 L 点的铅垂线与赤道面 $EMKQ$ 之间的夹角, 以 φ 表示, 称为该点的纬度。纬度以赤道为起算面, 向北向南各由 0° — 90° , 以北的称为北纬, 以南的称为南纬。我国疆域全部在北半球, 各地纬度都是北纬。例如: 北京某点的地理坐标为: 东经 $116^\circ 20' 00''$, 北纬 $39^\circ 55' 57''$ 。

(二) 平面直角坐标

1. 假定平面直角坐标 在小区域内, 可以把球面当作平面看待, 在平面上确定一个平面直角坐标, 用直角坐标来确定点的位置, 如图1—3。

在测区西南角的适当位置任选一点为原点, 以通过原点的子午线方向为纵坐标轴方向, 通过原点并垂直于子午线方向, 为横坐标轴方向, 这样就构成了平面直角坐标系。纵坐标轴与南北方向一致, 指北者为正, 指南者为负。横坐标轴与东西方向一致, 指东者为正, 指西者为负。此外, 还可采用任意坐标, 如建筑物的轴线。测量上采用的平面直角坐标系的 x 轴和 y 轴与数学上的 x 轴和 y 轴互换位置, 象限编号顺序相反, 全部三角公式不需任何改变, 就能应用于测量计算中。

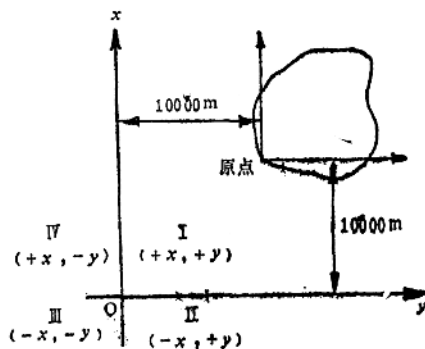


图1—3 假定平面直角坐标

为了在测区内不出现负的坐标值, 可根据测区具体情况, 将原点坐标值确定一个较大的数值, 使图形在第一象限内, 如图中 $x_{\text{原}} = 10000\text{m}$, $y_{\text{原}} = 10000\text{m}$ 。

平面直角坐标建立后, 可用统一坐标值 (x, y) 来表示地面上各点的位置, 即用坐标将地面上的点反映到图纸上。

2. 高斯—克吕格平面直角坐标 地球表面是一个曲面, 在大区域内, 不便采用正射

投影的方法，在平面上描述地面点的位置，而必须采用特定的地图投影方法，我国采用的是高斯投影，用高斯平面直角坐标系来确定地面点位。

高斯投影是一种等角横切圆柱投影，即圆柱面切于地球椭球的一条经线上，由椭球的中心将椭球面上的图形元素依等角条件投影到圆柱面上。为了使变形限制在一定的范围内，按经差将椭球表面划分成若干带，使圆柱面依次与每带的中央经线相切，并把各带的经纬线网依次投影到圆柱面上，如图1—4A，再沿过南北两极的圆柱母线切开展平，便得到各带的经纬线网投影到平面上

的图形。

高斯投影的特点有：

(1) 等角：即椭圆体面上的角度投影到平面上之后，其角度相等，无角度变形，但距离和面积投影后有变形。

(2) 中央经线投影后，仍为直线，且长度不变形，如图1—4B。这条经线作为平面直角坐标系的纵轴—— x 轴，而两侧其他经线投影后呈向极收敛的曲线，且与中央经线对称，距中央经线越远，长度变形越大。

(3) 赤道投影后也为直线，并与中央经线垂直，如图1—4B。这条直线作为平面直角坐标系的横轴—— y 轴。而南北纬线投影后呈弯向两极的曲线，并与赤道投影为对称。

高斯投影除中央经线无长度变形外，其余各经纬线都有变形。在同一条经线上，其长度变形随纬度的减小而增大。为了限制变形，必须采用分带投影。

分带投影是按一定经差将地球椭球面划分成若干个投影带进行投影，按经差 6° 划分的称 6° 带，按经差 3° 划分的称 3° 带。 6° 带自 0° 子午线起自西向东每隔 6° 分一带，带号依次为1, 2, 3, ……60。 3° 带是在 6° 带的基础上划分的，它的中央经线与 6° 带的中央经线和分带经

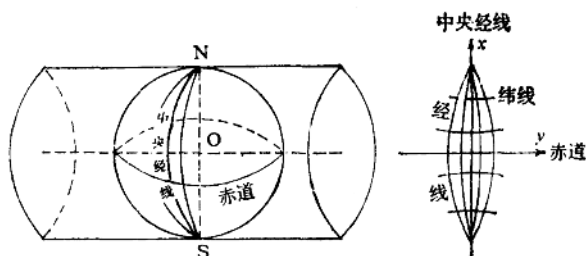


图1—1 高斯——克吕格坐标

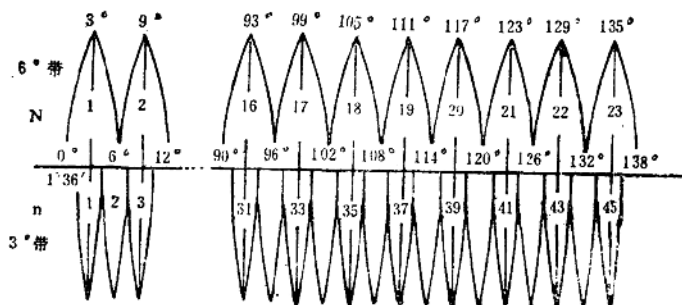


图1—5 投影带的划分

线重合,即自东经 1.5° 经线起,自西向东每隔 3° 为一带,带号依次为 $1, 2, 3 \dots 120$,如图1—5。我国位于东半球,经度范围从东经 70° 至 135° ,可分成11个 6° 带,即13—23带。或分成22个 3° 带,即24—46带。对于中小比例尺测图采用 6° 带,而大比例尺测图,就必须采用 3° 带甚至 1.5° 带。

在分带投影中,如已知我国某地所在的经度为 L ,求其所在的带号及中央经线的经度,可以分别按下列各式计算。

带号计算:

$$N = L / 6^\circ (\text{取商的整数} + 1) \quad (1-1)$$

$$n = L / 3^\circ (\text{取商的整数,如余数大于} 1^\circ 30' \text{要加} 1, \text{小于} 1^\circ 30' \text{则不加}) \quad (1-2)$$

式中 N 、 n 分别为 6° 带和 3° 带的带号; L 为已知我国某地经度。

带号与中央经线的经度关系:

$$\lambda_0 = N \times 6^\circ - 3^\circ \quad (1-3)$$

$$\lambda'_0 = n \times 3^\circ \quad (1-4)$$

式中 λ_0 、 λ'_0 分别为 6° 、 3° 带中央经线的经度。

例:已知某点的经度为东经 $113^\circ 08' 55''$,求 N 、 n 、 λ_0 及 λ'_0 。

解: $N = 113^\circ 08' 55'' / 6^\circ + 1 = 19$

$n = 113^\circ 08' 55'' / 3^\circ = 37 + 1 = 38$ (因余数大于 $1^\circ 30'$ 则加1)。

$$\lambda_0 = 19 \times 6^\circ - 3^\circ = 111^\circ$$

$$\lambda'_0 = 38 \times 3^\circ = 114^\circ$$

在高斯—克吕格投影中,按分带方法它们各自进行投影,故各带构成独立的坐标系。

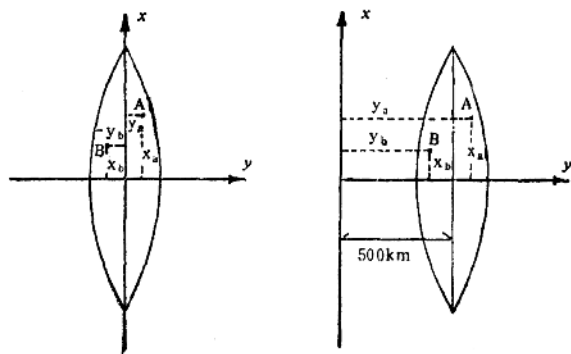


图1—6 高斯平面直角坐标系

以中央经线投影为纵轴,以 x 表示,赤道投影为横轴,以 y 表示,两轴交点即为各带的坐标原点。纵坐标以赤道为零起算,赤道以北为正,以南为负。我国位于北半球,纵坐标均为正值。横坐标以中央经线为零起算,中央经线以东为正,以西为负,横坐标有正有负。如图1—6A, $Y_A = 37680\text{m}$, $Y_B = -74240\text{m}$,为避免出现负号,将每带的坐标原点向西移 500000m ,则每点的横坐标均为正值,如图1—6B。

$$Y_A = 500000 + 37680 = 537680 (\text{m})$$

$$Y_B = 500000 - 74240 = 425760 (\text{m})$$

为了说明坐标值属于哪一个 6° 带或 3° 带内,则在横坐标值前冠以带号,这样的横坐标值称为通用坐标,如A点位于第20带内,其通用横坐标值 y_A 为 20537680m 。在横坐标值中不加 500000m 和带号的坐标称为自然坐标,如横坐标值 y_A 为 37680m 。

二、高 程

地面上任意点至水准面的垂直距离,称为该点的高程。如至大地水准面的垂直距离,称为该点的绝对高程或海拔。如图1—7所示, A 和 B 点的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。我国规定采用青岛验潮站1950年至1956年统计资料所确定的黄海平均海面作为全国统一的高程基准面。根据该面所建立的青岛原点推算全国所有高程,称为“1956年黄海高程系统”,青岛水准原点的高程为72.289m。现在,我国从1979年开始,决定采用青岛验潮站1952年至1979年统计资料计算确定平均海面的平均值,作为平均海面,命名为“1985年国家高程基准”。青岛水准原点按“1985年国家高程基准”起算的高程为72.260m。在局部区域内,为了说明地面高低变化,而引用绝对高程有困难时,也可以假定一个水准面,作为高程起算面。地面上任意点至假定水准面的垂直距离,称为该点的相对高程或假定高程,如图1—7中 H'_A 和 H'_B 为 A 和 B 点的相对高程。两点高程之差称为高差,以 h 表示, $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$ 。高差有正负之分,如 B 点高于 A 点, h_{AB} 为正,而 h_{BA} 为负。反之,如 A 点高于 B 点, h_{AB} 为负, h_{BA} 则为正。

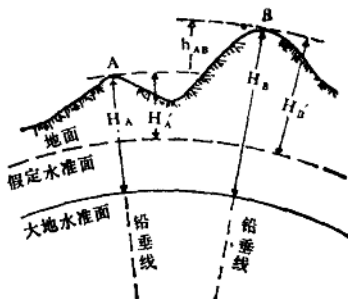


图1—7 点的高程

第五节 平面图、地形图、地图和断面图

一、平面图

当测区较小时,将地球表面当作平面看待,把地面上的房屋、道路、河流和田地等物体,沿着铅垂线投影到水平面上,并按一定比例尺缩小,绘成与地面上的形状相似的图形,即对应角相等,对应边长成比例。在图上仅表示地物平面位置的图,称平面图。

二、地形图

地形图是普通地图的一种,在平面图上,将地面高低起伏的形状,用等高线或其他符号表示出来,这种既表示地物的平面位置,又表示地貌形状的图,称地形图。

三、地 图

考虑地球曲率,应用地图投影的方法,将整个地球或地球表面上某一广大地区的图形,按比例尺缩绘在平面上的图,称为地图。该图具有严格的数学基础、符号系统、文字注记,并采用制图综合原则,科学地反映出自然和社会经济现象的分布特征及相互联系。

四、断面图

在地面上沿着某一方向线作一垂直平面，与地球表面相截所得的交线称断面线。为了表示该方向的起伏形状和大小，要在平面上绘出该方向的断面线，而必须按一定的比例尺倍数缩小后表示出来，这样给出的图称断面图。

第六节 比例尺及比例尺精度

在地面上进行测量时，地面上的图形在平面上的投影，均不能按其真实的长度表示在图上，而必须按一定比例尺的倍数缩小后表示出来，这种图上长度与相应实地水平长度之比，称为图的比例尺。如图上1cm等于地面上10m的水平长度，称为1/1000的比例尺。

一、比例尺的种类

(一) 数字比例尺

用分子为1的分数形式表示的比例尺，称为数字比例尺。设图上直线长度为 l ，相应于地面上直线的水平长度为 L ，则比例尺的公式为：

$$l/L = 1/M \quad (1-5)$$

式中分母 M 为缩小倍数。例如：地面上两点间的水平长度为1000m，在图上以0.1m的长度表示，则这张图的比例尺为 $0.1/1000 = 1/10000$ ，或记为1:10000。

比例尺的大小是由分数值决定的，分母越小，分数值越大，比例尺也就越大，反之，分母越大，分数值越小，比例尺也就越小。如 $1/200 > 1/500 > 1/1000 > 1/2000 > 1/5000 > 1/10000$ 。

根据数字比例尺可以进行如下的换算：

1. 设已知地面上A、B两点间的水平长度为100m，试求其在比例尺为1/1000的图上长度。

按式(1-5)可得： $l/100 = 1/1000$ ， $l = 100/1000 = 0.1m$ 。

2. 设在比例尺为1/2000的图上，量得A、B两点的距离为12cm，试求其相应的地面水平长度。

按上式可得： $0.12/L = 1/2000$ ， $L = 0.12 \times 2000 = 240m$ 。

(二) 直线比例尺

根据比例尺，以一定长度的直线，注记其代表的地面实际水平长度。这种以直线图像表示的比例尺，称为直线比例尺。如三棱尺就是直线比例尺的一种。

直线比例尺的画法是：先在图纸上绘一直线，并等分为若干段，每一段为一个基本单位，一般2cm为一个基本单位（即为实地水平长度的10m的整倍数），然后，在最左边一个基本单位长度内，再分为10或20等分，以最左边一个基本单位的右端为零，按测图比例尺，在各分划上注以相应于地面上的水平长度，如图1-8为1/500，1/1000，1/5000三种直线比例尺。

直线比例尺的用法是：将两脚规张开，量取图上两点间的长度，再移到直线比例尺

上,靠右边的针尖,对准0右边适当的分划上,使左边的针尖落在0左边的基本单位内,并读取左边的尾数,如图1—8中,在1/500比例尺上,A、B两点间的长度为14m,1/1000

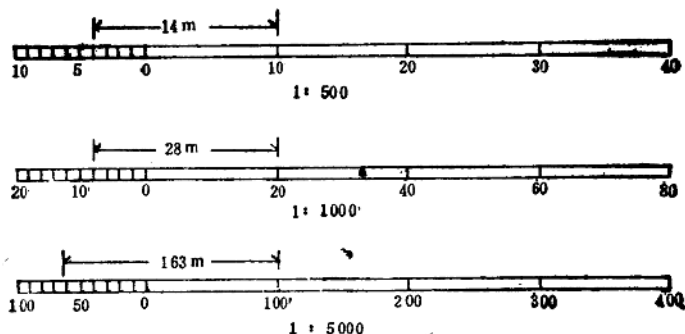


图1—8 直线比例尺

比例尺上,A、B两点间的长度为28m;1/5000比例尺上,A、B两点间的长度为163m。

使用绘在图上的直线比例尺在图上量距,可以不经换算,直接量得相应于地面的实际距离,并且还可以减小因图纸伸缩变形,而引起的量距误差。

(三)斜线比例尺(复式比例尺)

直线比例尺,只能直接读出基本单位的十分之一,而百分之一的长度,则是靠肉眼估读的。但是,斜线比例尺,就能准确地读出百分之一基本单位。斜线比例尺又称复式比例尺,在大平板仪箱内,就配有这种斜线比例尺,供测图精度要求较高时使用。

斜线比例尺的画法是:先画一直线AB,在AB直线上,按基本单位长度截取若干分段,过各分点作AB的垂直线,其长度为一个基本单位。将垂直线分为10等分,过各分点作AB的平行线,然后,将最左边基本单位的上线CD和下线AE各分成10等分,上下错开一个等分点,用一组平行斜线连接相应的点,再按1:10000比例尺(或其他比例尺)注出各分段相应的实地平距,即绘成1:10000的斜线比例尺,如图1—9。

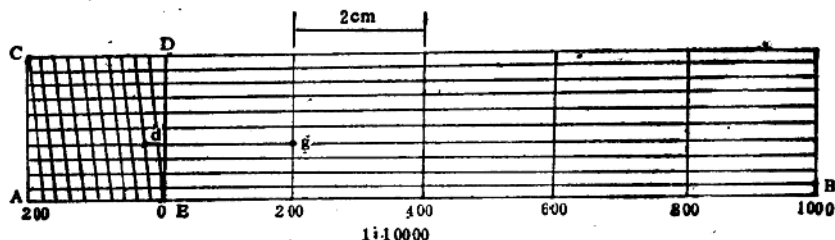


图1—9 斜线比例尺

斜线比例尺的用法是:用两脚规在图上截取两点间的长度后,将右针尖置于E点右边某一基本单位的分划上,与AB直线平行的上下移动两脚规,使左针尖,恰好落在E点左

边基本单位的斜线与横线的某点上,此时,两脚规的两个针尖在同一条横线上,如图1—9所示d、g两点,其长度为228m。

二、比例尺精度

在正常情况下,人眼在图上能分辨的最小长度为0.1mm,因此,图上0.1mm所代表的实地长度(即 $0.1\text{mm} \times \text{比例尺分母} M$)就称为比例尺精度。地面上的长度如果小于比例尺精度时,在图上就无法表示出来。

应用比例尺精度,在以下两个问题上可参考决定:

(一)按量距精度选用测图比例尺

设在图上需要表示出0.5m的最小地面长度,此时应选用不小于 $0.1/500 = 1/5000$ 的测图比例尺;

(二)根据比例尺确定量距精度

设测图比例尺为 $1/5000$,实地量距精度需到 $0.1\text{mm} \times 5000 = 0.5\text{m}$,过高的精度在图上将无法表示出来。

总之,比例尺精度是选定测图比例尺和确定实测详略的依据之一。现将各种不同的比例尺相应精度列表如1—1:

表1—1 不同比例尺相应精度表

比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
比例尺精度(m)	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00

第七节 测量工作概述

测量的目的,是为了确定地面点的平面位置和高程,以便根据这些点位测绘地形图、平面图以及为工程建设提供必要的资料。为了有效地控制在测量中产生的误差,及防止其误差的积累,必需遵循下述原则:在测量布局上,由整体到局部;在精度上,由高级到低级;在程序上,先控制后碎部。即在测区内先选择若干个具有控制意义的点,这些点称为控制点,由控制点组成的图形,称为控制网。用较高的精度测定各控制点的相对位置、高程,称为控制测量;然后,根据各控制点的位置,用低一些的精度测量各控制点周围的地物、地貌特征点的平面位置和高程,称为碎部测量。这样将整个测量工作,分为控制测量和碎部测量。由于碎部点的位置,是根据附近控制点独立测定的,所以,控制了误差的大小和传递范围,使整个测区的精度较为均匀和统一;还可以根据控制网图,把整个测区分成若干个图幅,分几个工作面同时施测碎部,这样可以加快速度,缩短工期。

测量工作,有外业与内业之分。在野外利用测量仪器和工具,在测区内进行踏查、选点、测定地面点间的距离、角度(方向)和高差,称为测量外业;在室内将外业测量成果,进行整理,计算和绘图,称为测量内业。

测量的基本内容,是研究测定地面点位的相互关系,测量的基本工作,是测角、量