

高等学校试用教材

测量学

(公路工程专业、桥梁与隧道专业用)

北京工业大学等 编

人民交通出版社

高等学校试用教材

测 量 学

(公路工程专业、桥梁与隧道专业用)

北京工业大学等 编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书系根据交通部1978年教材会议拟定的《测量学》教学大纲编写的。全书共分十六章。介绍了测量仪器的构造、使用和检验校正；阐述了由控制测量到地形图测绘的理论、方法和误差分析；结合工程实践分别介绍了公路、桥梁、隧道的测量工作；对摄影测量和近代测量技术也作了介绍。

本书作为高等工科院校公路工程专业、桥梁与隧道专业教材，也可供工程技术人员和测绘工作者参考。

高等学校试用教材

测 量 学

(公路工程专业、桥梁与隧道专业用)

北京工业大学等 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：19.75 字数：490千

1980年7月 第1版

1983年5月 第1版 第3次印刷

印数：11,671—23,370册 定价：2.05元

前 言

本书系根据交通部1978年教材会议拟定的公路工程专业、桥梁隧道专业《测量学》教学大纲编写的。编写过程中，由十一所院校的有关老师在总结了多年来各自教学经验与工程实践的基础上，经过几次会议的反复讨论、修改，最后定稿。

本书内容主要阐述了测量学的基本理论，全面地介绍了有关专业的工程测量内容，并结合专业需要介绍了目前国内、外的工程测量近代技术和仪器设备。各院校采用本教材时，可根据实际情况选用有关内容。本书叙述力求简明扼要，由浅入深，并结合生产实践作了必要的理论分析，利于实际应用与提高。

本书由北京工业大学文孔越、冯翊主编，西安公路学院姚伯泉、钟孝顺、金其坤主审。第一、十、十一、十六章由北京工业大学冯翊、文孔越、李之闻、高德慈编写，第二、三、四章由北京建筑工程学院马国庆、王光遐、郭昌慧编写，第五、八、九章由东北林学院任明照编写，第六、七章由重庆交通学院詹花煜、徐时涛编写，第十二、十三、十四、十五章由湖南大学邹永廉、邓德全编写。全书插图由北京工业大学娄隆后描绘。同济大学都彩生、南京工学院孙奎麟、哈尔滨建筑工程学院苏武成、河北工学院戚以训、福州大学黄玉椿等参加审稿。在编、审过程中，有关院校测量教研室（组）的老师参加了研究，讨论和审定，提出了许多宝贵意见，在此谨致衷心感谢。

本书作为高等工科院校公路工程专业、桥梁与隧道专业教材，也可供有关工程人员参考。

由于我们水平所限，加以时间仓促，本书一定有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

一九七九年一月

目 录

第一章 绪论	1
§1-1 测量学的任务和分类	1
§1-2 测量学发展简史	2
§1-3 地球的形状和大小	2
§1-4 地面点位的确定	3
§1-5 测量工作的基本原则	5
§1-6 用平面代替曲面的限度	5
第二章 距离丈量 and 直线定向	7
§2-1 概述	7
§2-2 丈量工具	7
§2-3 直线定线	8
§2-4 丈量方法	9
§2-5 丈量的误差及注意事项	11
§2-6 直线定向的基本概念	13
§2-7 罗盘仪	15
第三章 水准测量	17
§3-1 水准测量原理	17
§3-2 水准仪和水准尺	18
§3-3 水准测量方法	22
§3-4 水准测量误差和注意事项	24
§3-5 水准测量的校核方法	25
§3-6 微倾水准仪检验和校正	27
§3-7 精密水准仪	31
§3-8 自动安平水准仪	32
§3-9 我国水准仪系列	33
第四章 角度测量	35
§4-1 角度测量原理	35
§4-2 光学经纬仪	35
§4-3 水平角测量方法	39
§4-4 水平角测量误差及注意事项	41
§4-5 竖直角测量方法	43
§4-6 经纬仪的检验和校正	45
§4-7 游标经纬仪	48
§4-8 精密光学经纬仪	51

§4-9 我国经纬仪系列·····	52
第五章 视距测量 ·····	54
§5-1 视距原理·····	54
§5-2 视距测量方法·····	56
§5-3 视距测量误差和注意事项·····	58
§5-4 自计视距仪·····	59
§5-5 视差法测距·····	61
第六章 测量误差的基本知识 ·····	65
§6-1 测量误差的种类·····	65
§6-2 偶然误差的特性·····	66
§6-3 算术平均值原理·····	67
§6-4 测量精度的衡量·····	68
§6-5 误差传播定律·····	69
§6-6 算术平均值的中误差·····	73
§6-7 误差传播定律在测量上的应用·····	73
§6-8 用最或是误差计算中误差的公式·····	76
§6-9 权与单位权·····	78
§6-10 加权平均值及其中误差·····	79
§6-11 单位权中误差·····	80
§6-12 水准测量平差示例·····	82
第七章 控制测量 ·····	85
§7-1 概述·····	85
§7-2 导线测量·····	87
§7-3 闭合导线的计算·····	89
§7-4 附和导线的计算·····	96
§7-5 导线测量错误的检查·····	98
§7-6 小三角测量的形式、等级与选点·····	99
§7-7 基线丈量·····	101
§7-8 全网测回法测角·····	104
§7-9 小三角测量应满足的几何条件·····	105
§7-10 小三角锁的近似平差·····	106
§7-11 中点多边形的近似平差·····	110
§7-12 四边形的近似平差·····	113
§7-13 线形三角锁的平差计算·····	114
§7-14 前方交会定点·····	120
§7-15 后方交会定点·····	122
§7-16 高程控制测量·····	126
§7-17 高程控制测量成果的整理·····	130
§7-18 跨河水准测量·····	133
第八章 地形测量 ·····	135

§8-1 概述	135
§8-2 地物和地貌在图上的表示方法	135
§8-3 平板仪构造和使用方法	138
§8-4 图根点及其加密	143
§8-5 测图前的准备工作	145
§8-6 地形测图	146
第九章 地形图应用	153
§9-1 地形图的分幅和编号	153
§9-2 地形图的阅读	157
§9-3 地形图应用	160
第十章 摄影测量的基本知识	165
§10-1 航空象片的几何特性	166
§10-2 象片的判读与调绘	170
§10-3 象片的立体观察	171
§10-4 航空摄影测量的成图方法	174
§10-5 地面立体摄影测量	177
§10-6 摄影测量在公路工程中的应用	182
第十一章 真方位角的测定	184
§11-1 概述	184
§11-2 实用天文学的一般知识	185
§11-3 时和时的换算	188
§11-4 观测值改正	193
§11-5 真方位角测量	194
第十二章 公路中线测量	200
§12-1 路线交点和转点的测设	200
§12-2 路线转角的测定	202
§12-3 中线里程桩的设置	204
§12-4 圆曲线的主点测设	205
§12-5 圆曲线的详细测设	207
§12-6 单曲线遇障碍的测设	213
§12-7 复曲线	218
§12-8 回头曲线	220
§12-9 缓和曲线	222
第十三章 纵横断面测量	229
§13-1 基平测量	229
§13-2 中平测量	230
§13-3 横断面测量	233
§13-4 路线恢复与路基边桩测定	236
第十四章 桥梁施工测量	239
§14-1 桥梁施工测量的任务及基本测设方法	239

§14-2	直接丈量法测定桥梁中线	241
§14-3	桥梁三角网	241
§14-4	桥梁墩台中心定位	243
§14-5	桥梁施工阶段的水准测量	246
§14-6	桥墩主要部分放样及模板检查	246
§14-7	沉井观测	249
§14-8	桥梁墩台竣工测量	252
§14-9	桥梁上部构造的放样与施工观测	253
§14-10	桥梁墩台沉降及位移观测	258
第十五章	隧道施工测量	260
§15-1	概述	260
§15-2	隧道洞外控制测量	261
§15-3	路线引测进洞数据的计算	263
§15-4	隧道洞内导线测量与洞内中线测量	265
§15-5	洞内水准测量	269
§15-6	隧道开挖断面测量及建筑物放样	270
§15-7	竖井联系测量	271
§15-8	隧道施工及竣工后的沉降、位移观测	274
第十六章	近代测量技术简介	275
§16-1	红外线光电测距仪原理	275
§16-2	HGC-1 型红外光电测距仪	277
§16-3	激光地形测距仪	279
§16-4	激光经纬仪	280
§16-5	WILD DI3S 红外测距仪	281
§16-6	光电速测仪 TC1	283
§16-7	DJ ₆ -T ₆₀ 陀螺经纬仪	285
§16-8	应用电子计算机进行导线、小三角测量计算	289
§16-9	遥感技术及其在测绘事业中的应用	304
§16-10	卫星大地测量简介	307

第一章 绪 论

§1-1 测量学的任务和分类

测量学是一门研究地球形状和大小的科学，它一方面解决如何把地球表面的形状进行观测计算，用各种图形符号测绘到图纸上或提出一系列数据，为国民经济建设、国防建设及科学研究提供资料；另一方面是解决如何把图纸上设计的各种工程建筑物图形测设到地面上，作为施工的依据。

国民经济建设中，例如铁路公路线路的选择与修建、城市居民点以及工业企业的布置、水利灌溉工程的建设、各种资源的勘察开发、农业基本建设等等，都需要利用测量提供的资料和图纸进行规划设计，选定经济合理的方案，并通过测量方法配合各项工程的施工，保证设计意图正确执行。当新建一条公路，首先在勘察过程中，就要根据测量所取得的资料进行选线；路线方案确定后，要进行路线详细测设，这个阶段的测量工作有：中线测量、路线纵横断面测量、桥涵水文测量、地形测量等。其基本任务是：把路线位置标志在地面上，取得据以设计路基、路面和桥涵等构造物的资料。施工前，应进行施工放样测量；施工过程中，要经常通过测量来检查工程质量；工程完工后还要进行测量来检验竣工情况，并编绘竣工图纸，以满足工程的使用、管理、维修以至扩建的需要。

在国防建设上，例如国防工程的修建、战略战役的部署和具体军事行动的指挥等，都需要详细、准确的地形图和测量数据作为依据。

进行科学研究时，一些以地球为研究对象或与地球有密切关系的学科，如地球形状和大小的研究、地壳升降、海陆变迁、地震预报、以及近代航天技术的发展，都需要测量提供资料或作为研究手段。

总之，测量工作是进行现代化建设的一项重要的重要的先行工作。因此，我们常把测量比喻为基本建设的尖兵。

根据测量研究的对象及应用，基本上可以分成四类。

1.大地测量学：研究地球表面上一个广大区域甚至整个地球的形状和大小，建立国家大地控制网以及协助解决与地球形状、性质有关的科学问题；在计算与绘图过程中要考虑到地球的曲率。

2.地形测量学：研究对象是小区域地球表面的形状和大小，不考虑地球曲率，用平面代替地球曲面，根据需要测绘各种比例尺的地形图。

3.摄影测量学：研究利用摄影取得的地面象片制成各种比例尺地形图的方法，由于摄影的方法不同，又分为航空摄影测量和地面摄影测量。

4.工程测量学：研究测量学在各种工程建设中的应用，由于对象不同，可分为公路测量、建筑测量、矿山测量、水利测量等。

§1-2 测量学发展简史

测量学和其他科学一样,是劳动人民在生产实践中创造并随社会生产及其它科学的发展而发展起来的。我国有着悠久的历史和文化,测绘科学的发展很早。据史书记载,早在公元前二十一世纪夏禹治水时就使用过“准、绳、规、距”等测量工具。公元前四世纪战国时,我国劳动人民利用磁石制成世界上最早的定向工具“司南”。公元二世纪初,后汉张衡制造“浑天仪”,在天文测量方面作出光辉的贡献。公元三世纪初,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,曾拟定了测量全国纬度计划,并实测纬度27点。到十八世纪清代,进行了全国范围的大地测量,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量经验。

从世界范围来讲,六千年前的埃及人民在划分土地边界时就运用了简单的测量。到公元前三世纪,初步测定了地球的形状和大小,其后中国的指南针传到欧洲,制成棱针罗盘仪,成为重要测量仪器之一。十七世纪初,发明了望远镜,测量方法有了较大改进。到了十九世纪,地图投影学及误差理论方面有了很大发展,更由于数学、物理、天文学等的发展及工农业生产对测量的需要和促进,使测量有了较系统的理论与成熟的实践经验,逐步形成了独立的学科体系。二十世纪第一次世界大战时,为了迅速解决军事用图问题,发明了航空摄影测量,战后得到了广泛的应用,从而测量开始进入了机械化、自动化时代。

解放前,我国由于旧王朝的封建统治。测绘科学和其他科学一样,得不到应有的发展。当时全国没有统一测量管理机构,测绘单位各自为政,坐标、高程系统紊乱,测量人员缺乏,仪器完全依赖进口,测绘事业一直处于瘫痪状态。

解放后,在中国共产党的领导下,测量事业获得迅速发展。成立了测绘管理机构,领导和监督全国测绘工作,建立了全国天文大地控制网,统一了全国大地坐标和高程系统,测绘了广大地区的国家基本地形图,培训了大批测绘人员。建国以来,各大、中、小城市的建设,大型工程如长江大桥、成昆铁路、治黄、治淮、川藏公路、青藏公路的修建,以及农田水利建设等等,测量工作都发挥了应有的作用。在测量仪器制造方面,目前不仅能够制造一般的光学经纬仪、水准仪,而且能生产高精度的光学经纬仪、精密水准仪、激光测距仪及摄影测量仪器等。这些成就是巨大的,但从社会主义建设的需要及世界测绘科学的发展来看,差距还很大,必须加速这方面的研究,才能赶超世界先进水平。

目前由于科学技术的飞跃发展,测量工作发展的方向是:“野外作业装备机械化、测量制图自动化、资料储存数字化与微型化、测绘成果多样化”。例如在距离丈量及定向方面采用了激光技术,繁重的计算采用了电子计算机,微型集成电路的发展使得用数字显示角度、距离和高程的电子经纬仪的研制成功,其他如卫星大地测量,遥感技术在测量上的应用等等。因此我们要不断地学习先进科学技术,更好地为中国人民和世界人民服务。

§1-3 地球的形状和大小

测量是以地球为工作对象的,因此应该对地球的形状和大小有所了解。地球表面起伏不平,有高山、深谷、平原、海洋等,称之为地球的自然表面。由于地球表面71%是海洋,可

以假想把静止不动的海平面延伸穿过陆地,包围了整个地球,形成一个闭合的曲面,这个曲面叫作水准面;水准面的特点是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面。不同高度的水准面可以有无数个,而以通过平均海水面的那个称为大地水准面,由这个面所围成的几何形状称为大地球体,可以把它看作是地球的实际形状。

由于地球表层质量分布的不均匀,引起铅垂线方向的变化,以致大地水准面的形状是相当复杂的,为便于测量计算及制图,在测量学上就选用一个和大地水准面总的形状非常接近的数学形体来代表地球形体。如图 1-1,这个数学形体是椭圆 PQP_1E 绕其短轴 PP_1 旋转而成的旋转椭球体,又称地球椭球体。数世纪来,许多学者曾分别测算出地球椭球体形状和大小的元素值。目前我国采用的计算值:

长半轴(赤道半轴) $a = 6378.245$ 公里

短半轴(地轴半轴) $b = 6356.863$ 公里

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

近年来利用人造卫星国际联测资料来求得的椭球元素已有几种结果,例如1967年国际测量协会发表的元素值为: $a = 6378.168$ 公里, $\alpha = 1 : 298.25$ 。目前我国也正在利用人造卫星观测成果进行椭球元素的求算,预计不久的将来,将会得出更符合我国情况的元素值。

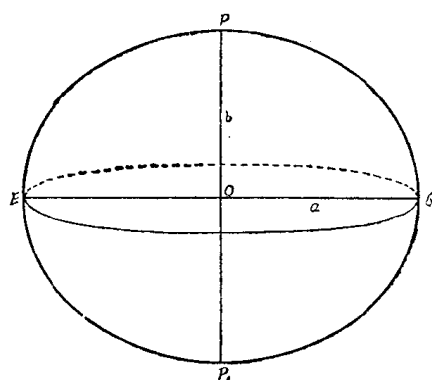


图 1-1

如果把地球近似地看成圆球,取其半径 $R = \frac{2a+b}{3} = 6371$ 公里,这个数值的精度已能满足一般测量的要求。

§1-4 地面点位的确定

地球表面的形状很复杂,测量上把地面上的房屋、道路、植被、河流等称为地物;把高低起伏的山岭、丘陵、峡谷等称为地貌;地物与地貌统称为地形。测量的任务就是要测定地形的位置并把它画在图纸上,或者把图纸上的建筑图形测设到地面上。如图1-2a是一幢房子的

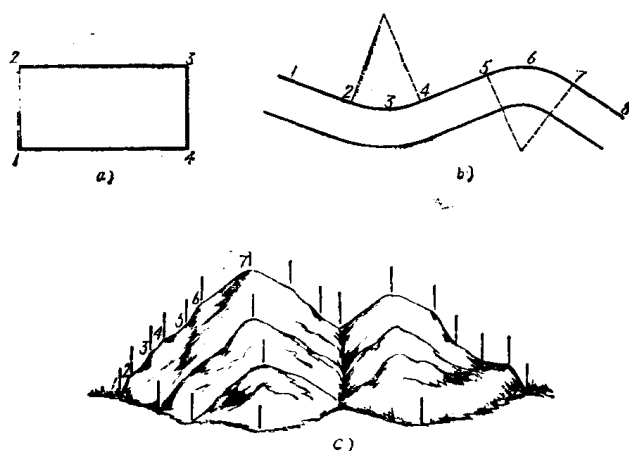


图 1-2

图形,它的平面位置是由一些折线组成,如果能确定四个角点1、2、3、4的位置,这幢房子的位置也就确定了。图1-2b是一条公路,它的边线有直线和曲线,如果测定了它的直线、直线与曲线的衔接点和曲线上的点1、2、3……的平面位置,也就确定了这条路的位置。图1-2c所示为一小山头,当1、2、3、4……等地面坡度变化点的平面位置及其高低测定后,这个山头的起伏变化情况就可以大致反映出来。

从上面几个例子中可以看出:地球

表面地形构成的基本要素是一些具有代表性的点子,如图 1-2 中的 1、2、3……各点,测量上把这些点叫做特征点,也就是平面方向的转折点与坡度起伏的变化点。测量就是要选定地形的特征点,研究点与点间的关系,而测量的基本工作就是在一定的精度要求下,采用适当的仪器和方法进行点位的测定。

地面上点位通常是以该点在球面或平面上的投影位置,以及该点到大地水准面的垂直高度来表示其空间位置。

一、点的地理坐标

地理坐标是以经度和纬度表示点在大地上水准面上投影的球面位置,它把整个地球置于一个坐标系中,所以又称为绝对位置。如图 1-3, PP_1 为地球自转轴又称地轴, O 为地心,通过地心与地轴垂直的平面 EKQ 称为赤道平面,赤道平面与地球表面交线称为赤道。通过地面上任意一点 D 与地轴组成的平面叫作 D 点的子午面,如图 1-3 中之 $PDKP_1$, 其与地球表面交线称为 D 点的子午线或经线,国际上公认通过英国格林威治天文台的子午面为首子午面,作为经度的起算面,相应的子午线为首子午线,如图 1-3 中的 PGP_1 , G 为格林威治。

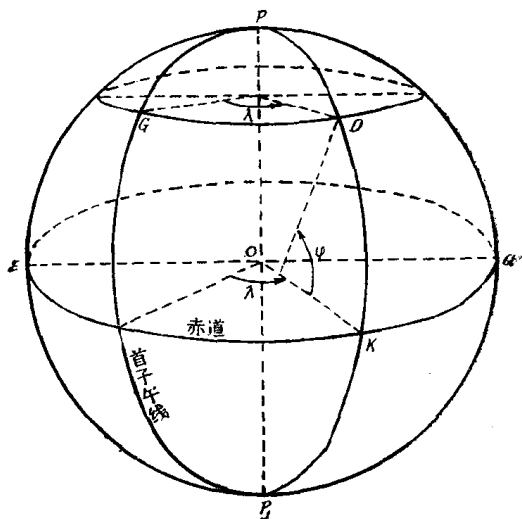


图 1-3

地面上一点的经度,即通过该点的子午面与首子午面所夹的二面角,一般用 λ 表示,自首子午线以东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为东经、以西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 为西经。通过该点的铅垂线和赤道平面所组成的角度称为该点的纬度,一般用 φ 表示,自赤道向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为北纬,向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 为南纬。

一点的经纬度确定后,它的绝对位置也就确定了。

地理坐标在大地、天文测量及地图制图中经常用到,但在普通测量中,测量面积较小,可以把部分球面看成平面,用一个直角坐标系来表示点的平面位置,称为相对位置。

二、点的高程

点的位置是空间位置,除了确定它的球面或平面的坐标外,在测量上还用高程来表示它的高低。地面上任一点到水准面的铅垂距离就是该点的高程。如果这个水准面是大地水准面,这个铅垂距离称为绝对高程,一般又称为海拔。我国是以青岛验潮站所确定的黄海平均海水面作为高程起算的大地水准面。如图 1-4, A 、 B 两点的绝对高程就是 H_a 、 H_b 。我国的珠穆朗玛峰海拔 8848.13 米,就是说它高出大地水准面 8848.13 米。

在局部地区,也可以假定一个水准面作为高程起算面,地面上一点到假定水准面的铅垂距离称为相对高程。如图 1-4 中 A 、 B 两点的相对高程分别为 H'_a 及 H'_b 。两点高程之差称为高差。如图中 A 、 B 两点高差为

$$h_{ab} = H_b - H_a = H'_b - H'_a$$

确定地面点高程的测量方法称为高程测量。

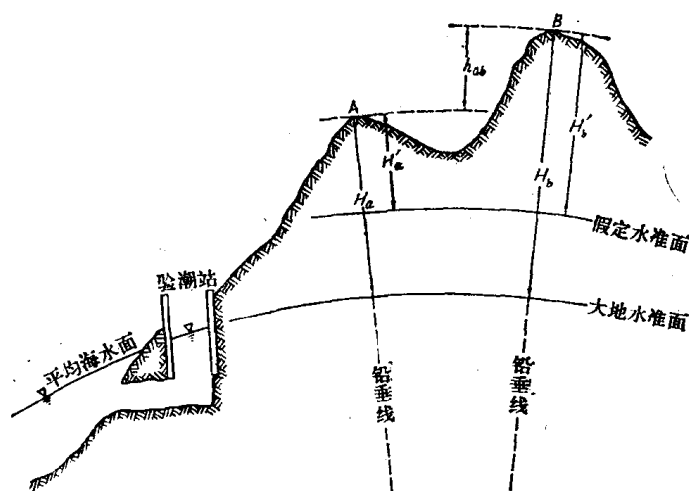


图 1-4

§1-5 测量工作的基本原则

当进行测量工作时，不论用何种方法，使用何种仪器，测量成果都会带有误差，根据测量成果的使用需要，各项测量成果都有一定精度要求，随之就有一系列的操作规定和校核方法。精度不够将不能满足工程设计需要，甚至发生质量事故；但不顾工程实际需要而精度要求过高，则将给测量的人力、物力和时间带来损失和浪费。

为了防止测量误差的逐渐传递、累积增大到不能容许的程度，首先要用较严密的方法、较精密的仪器施测一些“骨干”点子，保证整体的精度，再从这些点施测另外的点子。也就是：在测量布局上，“由整体到局部”；在精度上，“由高级到低级”；在程序上要“先控制后碎部”。这是测量工作应遵守的一个很重要的原则。

§1-6 用平面代替曲面的限度

如果把一个曲面展成平面，曲面上的图形是要变形的，所以当把地球大地水准面上的图形测绘到平面图纸上，也就是说假定测量是在平面上进行而不是在球面上进行时，只有当图形的变形不超过测量与制图的误差时，才是许可的，因此要研究用平面代替曲面的限度。

一、距离的影响

图1-5中，在半径为 R 的球面 P_1P_2 上取任意两点 A 、 B ， AB 在球面上弧长为 D ，球心角为 α 。过 A 作一水平面与球相切，由球心 O 作 OB 延长线与平面相交于 B' ，在平面上 AB' 距离为 D' ，则以平面上长度 D' 代替曲面上弧长 D 所产生的误差

$$\Delta D = D' - D = R \tan \alpha - R \alpha = R(\tan \alpha - \alpha)$$

将 $\tan \alpha$ 展开为级数，并略去高次项，得：

$$\tan \alpha = \alpha + \frac{1}{3}\alpha^3 + \dots$$

则

$$\Delta D = R \left[\left(\alpha + \frac{1}{3}\alpha^3 + \dots \right) - \alpha \right] = R \frac{\alpha^3}{3}$$

以 $\alpha = \frac{D}{R}$ 代入上式, 得

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R} \right)^2 \quad (1-1)$$

以地球半径 $R = 6371$ 公里, 及不同的 D 值代入上式(1-1)则:

$$\text{当 } D = 10\text{km 时, } \frac{\Delta D}{D} \approx \frac{1}{1220000}$$

$$D = 25\text{km 时, } \frac{\Delta D}{D} \approx \frac{1}{195000}$$

$$D = 50\text{km 时, } \frac{\Delta D}{D} \approx \frac{1}{48700}$$

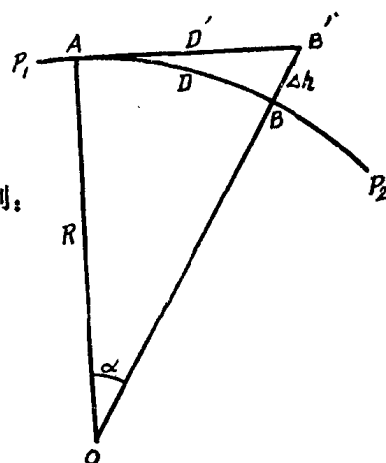


图 1-5

由上述计算可知, 当距离为 10 公里时, 以平面代替曲面所产生的误差为距离的 $1/1220000$, 而精密的距离丈量容许误差为其长度的 $1/1000000$ 。因此可以得出结论: 在半径为 10 公里范围内进行测量工作时, 用水平面代替水准面所产生的距离误差可以忽略不计, 即在此范围内水准面上的图形可视为水平面上的图形。实际上, 即使在半径 25 公里范围内, 一般土建工程测量把曲面当做水平面也是可以的。

二、高程的影响

在图 1-5 中, A 、 B 两点在同一水准面上, 其高程应相等。但 B 点投影到水平面上为 B' 点, 则 BB' 即为水平面代替曲面产生之高程误差。

设 $BB' = \Delta h$, 则

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2$$

即

$$2R\Delta h + \Delta h^2 = D'^2$$

所以

$$\Delta h = \frac{D'^2}{2R + \Delta h}$$

上式中, 可以 D 代替 D' , 同时 Δh 与 $2R$ 相比可略而不计, 故

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-2)$$

以不同的 D 值代入式 (1-2), 则

$$\text{当 } D = 1\text{km, } \Delta h = 8\text{cm}$$

$$D = 10\text{km, } \Delta h = 780\text{cm}$$

从以上计算可知: 地球曲率对高程影响是大的, 因此在高程测量时, 即使是较短的距离内也必须考虑地球曲率的影响, 要采取一定的操作措施, 或加曲率改正。

第二章 距离丈量和直线定向

§2-1 概 述

用各种尺直接丈量地面上两点间的水平距离或直接丈量斜距离再计算出水平距离称为距离丈量。测定两点间直线与子午线（南北方向线）的关系称为直线定向。有了距离和方向，两点间的相互关系就可以确定了。

两点间的距离除直接丈量可得到外，还可利用光学视距和电磁波测距等方法得到。直线方向可用罗盘仪磁针概略测定，也可用天文测量或其它方法测定。本章只讲直接丈量和罗盘仪定向。

测量工作中根据不同的要求，需要在地面上设立一些固定标志表示点的位置。使用期限较短的，可用木桩打入地下，桩顶钉小钉表示点的位置，如图 2-1 a。使用期限较长或需要永久保存的，可用铁桩、混凝土桩或石桩；在山区还可以在基岩上刻凿记号；点的位置以桩面上“+”字中心或镶嵌的铜芯为准，如图 2-1b

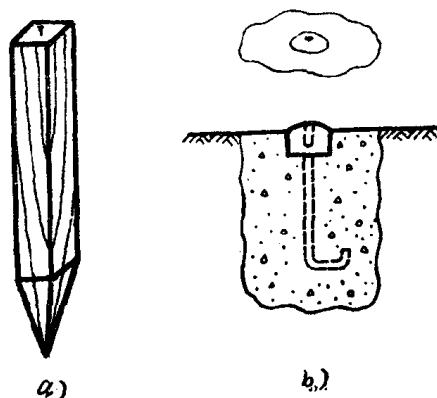


图 2-1

§2-2 丈量工具

(一) 尺

丈量距离的主要工具是尺。尺的种类很多，如图 2-2 所示的钢尺和皮尺，另外还有竹尺和测绳。选用什么尺，取决于工程所要求的精度。当精度要求较高时，要使用钢尺或竹尺；要求较低时，可用皮尺或测绳。

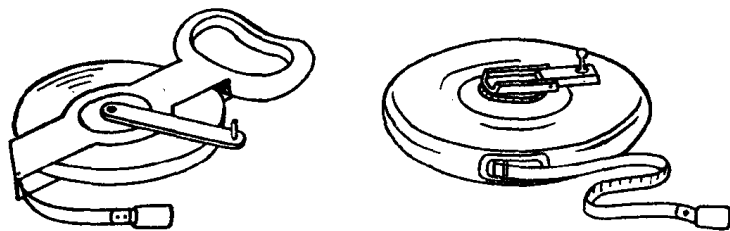


图 2-2

用尺之前，必须认清尺的刻划和零点位置。钢尺和皮尺长度为30米或50米，皮尺一般刻划到厘米，钢尺刻划到毫米。钢尺的零点刻线在尺内，皮尺则在尺拉环的顶端，如图 2-3。测绳长50米或100米，起始端一米之内有分米注记，其余为每米注记。

钢尺性脆易折，使用中应防止打结、扭拉和车轧；使用后要及时擦净、上油，以防生锈。使用皮尺要防水、防潮、拉尺勿用大力，尺在潮湿状态不要卷入尺盒，应先晾干；卷尺入盒时，应用中指和食指轻夹尺面，使尺平顺入盒。

(二)标杆和垂球架

标杆是长2米或3米的圆木杆，杆上按20厘米间隔涂上红白漆，杆的底部有铁脚以便插入地面，用做显示目标和定线，如图2-4a。

在地面起伏较大时，常用垂球及垂球架做铅垂投点和瞄准的标志，如图2-4b。

(三)测钎

测钎用粗铁丝做成，按每六根或十一根为一组，套在大环上，如图2-5。在丈量中用它标志尺端点的位置和计算所量整尺段数。

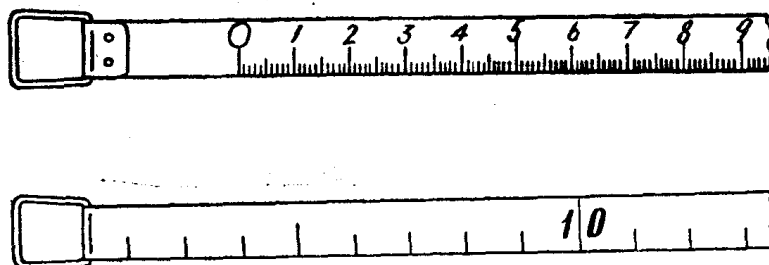


图 2-3

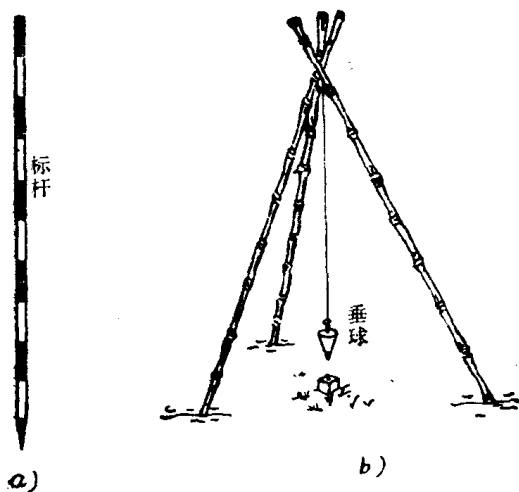


图 2-4



图 2-5

§2-3 直线定线

当两点之间距离大于尺的长度，需要分段丈量时，在两点间的直线上就要设立一些方向标志来标明两点间的直线位置，这个工作就是直线定线，所定的中间点称为节点。定线的一般方法是用眼串测标杆，称为目估定线；在精度要求较高时，可用经纬仪。下面分三种情况介绍目估定线的方法。

图2-6表示A、B两点间的定线方法：先在A、B两点立好标杆，观测员甲站在A点标杆后面一米左右，用单眼通过A标杆一侧瞄准B标杆同一侧，形成视线；观测员乙拿着一根标杆到欲定节点①处，侧身立好标杆，根据甲的指挥左右移动；当甲观测到①点标杆在AB同一侧并与视线相切时，喊“好”，乙即在①点做好标志，这时①点就是直线AB上的一点。同法可定出②点等位置。如需将AB线延长，则可仿照上法，在AB直线延长线上定线。

如果直线通过山谷，如图2-7，A、B两点虽然互相通视，但因标杆长度不够，不能直接定线，可按下述方法定线。首先甲在A点，按照AB方向指挥乙在①点立杆。而乙在B点，根据BA方向指挥甲在②点立杆。然后，在A②方向上立杆定出③点……。通过互相指挥就

可以在 AB 直线上定出很多点。

当 A 、 B 两点互不通视或不易到达，如图 2-8 所示直线通过山丘时，首先，甲选择靠近 AB 方向的一点 $①_1$ 立标杆， $①_1$ 点应尽可能靠近 A 点并能看见 B 点。甲指挥乙把另一标杆立在 $B①_1$ 线上的 $②_1$ 点， $②_1$ 点应靠近 B 点，并能看见 A 点。然后，乙指挥甲把标杆移到 $A②_1$ 线上的 $①_2$ 点……。这样相互指挥，逐渐趋近，一直到 $①$ 在 $②A$ 直线上， $②$ 在 $①B$ 直线上时， $①$ 、 $②$ 两点就都在 AB 的直线上了。

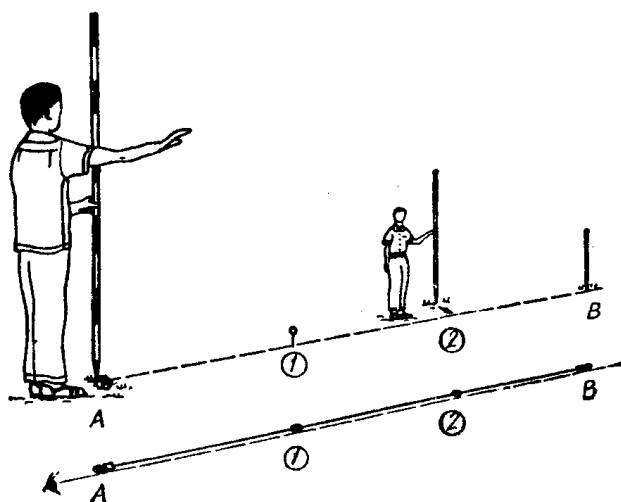


图 2-6

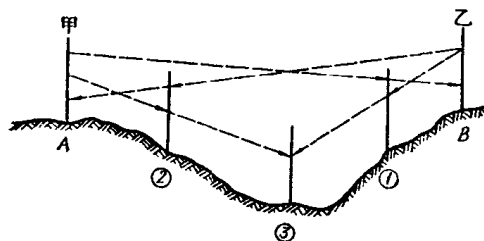


图 2-7

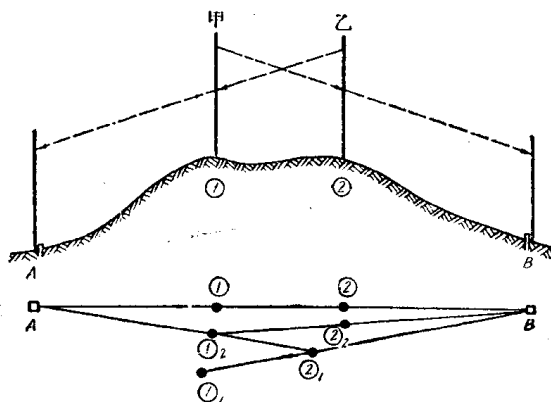


图 2-8

§2-4 丈量方法

丈量距离会遇到地面平坦、起伏或倾斜等各种不同的地形情况。但不论何种情况，丈量距离有三个基本要求：“直、平、准”。直，就是要量两点间的直线长度，不是量折线或曲线长度，为此定线要直，尺要拉直；平，就是要量两点间的水平距离，要求尺身水平，如果量斜距也要改算成水平距离；准，就是对点要准，丈量结果不能有错误，并符合精度要求。

丈量距离一般需三人，前、后尺和记录各一人。在地势起伏较大，丈量比较困难的地区，还应增加若干辅助人员。丈量人员必须协调一致，密切配合。现按平量法和斜量法具体说明如下：

一、平量法

1. 如图 2-9，先在 A 、 B 两点立标杆，标志出直线方向。
2. 后尺手拿尺的末端立在 A 点后面，前尺手拿尺的零端、标杆和测钎沿 $A \sim B$ 方向前进，走到约一整尺段时，停止前进并立标杆，听从后尺手指挥，把标杆立到 AB 直线上，做好记号。