

测 量 学

李明峰 主编



湖南地图出版社

测量学

李明峰 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

湖南地图出版社

测 量 学

李明峰主编

责任编辑:蒋连军

印务统筹:包亚东

湖南地图出版社出版、发行

南京雄洲印刷厂印刷

江苏省金威实业公司监印

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:340 千

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

印数:1-5000 定价:26.00 元

全国新华书店 经销

ISBN 7-80552-343-6/K·339

内 容 提 要

本书根据高等学校土木与建筑类各专业《测量学》教学大纲及国家最新测量规范编写，内容包括：绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小地区控制测量、地形图的测绘与应用、建筑工程测量、道路与桥梁工程测量以及地下建筑工程测量等。

本书具有较宽的专业适用面，不仅有较完整的理论体系，而且注重工程实用性，并力求反映当代测绘学科的最新技术。

本书可作为高等学校土木与建筑类各专业的通用教材，也可用作自学考试和电大、函大教学参考书，并可供土木与建筑工程技术人员参考。

前 言

为了适应高等学校土木与建筑类各专业《测量学》课程的教学改革需要,我们根据目前高等学校土木与建筑类各专业的教学大纲,并结合多年来的教学实践编写了本教材。全书共 12 章,分三大部分:第一部分(第一章~第五章)主要介绍了测量学的基本知识、基本理论以及测量仪器的构造和使用方法;第二部分(第六章~第八章)介绍了小区控制测量及大比例地形图的测图、识图和用图;第三部分(第九章~第十二章)为工程测量部分,详细介绍了建筑工程测量、道桥工程测量以及地下建筑工程测量知识。各专业可根据需要选用。此外,本书在有关章节穿插介绍了当前的测绘仪器和新技术,如电子数字水准仪、全站型速测仪、激光铅垂仪、全球卫星定位系统(GPS)以及数字化成图等。本书按照国家最新测量规范编写,力求做到简明、扼要和实用,并较多地融入当前的测绘新技术。为满足教学需要,每章之后附有习题。

本书由李明峰主编,参加编写的有南京建筑工程学院李明峰(第一、五章)、蒋辉(第二章)、袁博(第四章)、余顺水(第六章)、胡灿(第七章)、邵进达(第八章)、李吉生(第九章)、高俊强(第十章)、严伟标(第十一章)、武汉城市建设学院张瑞芳(第三章)、连云港化工高等专科学校吴清海(第十二章),全书的插图和排版由南京建筑工程学院林君建、郑国才和张重亮完成。

本书由南京建筑工程学院潘庆林教授主审。

在本书的编写过程中,同济大学刘大杰教授对本书的结构体系和具体内容提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

尽管我们尽了很大的努力,但书中还可能存在不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2000 年 6 月于南京

目 录

第一章 绪论	(1)
1—1 测量学的任务及其作用	(1)
1—2 地球的形状和大小	(2)
1—3 地面点位的确定	(3)
1—4 水平面代替水准面的限度	(6)
1—5 测量工作概述	(8)
习题 1	(10)
第二章 水准测量	(11)
2—1 水准测量原理	(11)
2—2 水准测量仪器及其操作	(13)
2—3 普通水准测量及其成果整理	(18)
2—4 DS ₃ 型水准仪的检验与校正	(23)
2—5 水准测量误差分析及注意事项	(26)
2—6 自动安平水准仪	(28)
2—7 电子数字水准仪简介	(30)
习题 2	(31)
第三章 角度测量	(32)
3—1 角度测量原理	(32)
3—2 DJ ₆ 型光学经纬仪及其操作	(33)
3—3 水平角观测	(37)
3—4 竖直角观测	(40)
3—5 DJ ₆ 型光学经纬仪的检验与校正	(44)
3—6 角度测量的误差及注意事项	(49)
3—7 DJ ₂ 型光学经纬仪	(53)
习题 3	(56)
第四章 距离测量与直线定向	(58)
4—1 钢尺量距	(58)
4—2 视距测量	(65)
4—3 光电测距	(67)
4—4 全站型电子速测仪	(69)
4—5 直线定向	(71)
习题 4	(74)
第五章 测量误差的基本知识	(76)
5—1 测量误差概述	(76)
5—2 评定精度的标准	(79)
5—3 观测值的精度评定	(81)

5—4 误差传播定律及其应用	(84)
5—5 权及其应用	(86)
习题 5	(88)
第六章 小地区控制测量	(89)
6—1 控制测量概述	(89)
6—2 导线测量	(92)
6—3 角度前方交会	(101)
6—4 三、四等水准测量	(102)
6—5 三角高程测量	(104)
6—6 全球定位系统 (GPS) 简介	(107)
习题 6	(110)
第七章 地形图的测绘	(112)
7—1 地形图的基本知识	(112)
7—2 测图前的准备工作	(123)
7—3 碎部测量的方法	(125)
7—4 地形图的绘制与拼接	(131)
7—5 大比例尺地形图数字化成图	(134)
习题 7	(136)
第八章 地形图的应用	(138)
8—1 地形图的识读	(138)
8—2 地形图应用的基本内容	(139)
8—3 地形图上面积的量算	(142)
8—4 地形图上土方量的计算	(146)
习题 8	(148)
第九章 测设的基本工作	(150)
9—1 已知水平距离、水平角和高程的测设	(150)
9—2 点的平面位置的测设方法	(152)
9—3 已知坡度线的测设	(154)
习题 9	(155)
第十章 建筑工程测量	(156)
10—1 建筑工程测量概述	(156)
10—2 施工控制测量	(157)
10—3 多层民用建筑施工测量	(160)
10—4 工业厂房施工测量	(163)
10—5 高层建筑施工测量	(166)
10—6 建筑物的变形观测	(170)
10—7 竣工总平面图的测绘	(173)
习题 10	(175)
第十一章 道路与桥梁工程测量	(176)
11—1 道路工程测量概述	(176)

11—2 道路中线测量	(176)
11—3 圆曲线的测设	(180)
11—4 缓和曲线的测设	(184)
11—5 路线纵、横断面测量	(189)
11—6 道路施工测量	(194)
11—7 桥梁施工测量	(198)
习题 11	(202)
第十二章 地下建筑工程测量	(203)
12—1 地下建筑工程测量概述	(203)
12—2 地面平面控制测量	(203)
12—2 隧道施工测量	(205)
12—4 地下建筑竣工测量	(211)
习题 12	(211)

第一章 绪 论

1-1 测量学的任务及其作用

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面（包含空中、地下和水下）点位的科学。其内容包括测定和测设两部分。测定是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算，得到一系列测量数据或成果，将地球表面的地形缩绘成地形图，供经济建设、规划设计、国防建设及科学研究使用；测设是指用一定的测量方法，按照一定的精度，把设计图纸上规划设计好的建(构)筑物的平面位置和高程标定在实地上，作为施工的依据。

按照研究的范围和对象的不同，测量学可分为大地测量学、普通测量学、摄影测量学、海洋测量学、工程测量学及地图制图学等。本书主要介绍普通测量学及部分工程测量学的内容，以便能为土木工程、土地管理、房地产开发、城镇规划与建筑设计等提供测量专业服务。

测量学是一门历史悠久的科学。早在几千年前，由于当时社会生产发展的需要，中国、埃及、希腊等国家的劳动人民就开始创造与运用测量工具进行测量。我国在古代就发明了指南针、浑天仪等测量仪器，为天文、航海及测绘地图作出了重要的贡献。

随着人类社会需求和近代科学技术的发展，测绘技术已由常规的大地测量发展到空间卫星大地测量，由航空摄影测量发展到航天遥感技术的应用；测量对象由地球表面扩展到空间星球，由静态发展到动态；测量仪器已趋向精密化、电子化和自动化。新中国成立 50 多年来，我国测绘事业得到了蓬勃发展，在天文大地测量、人造卫星大地测量、航空摄影与遥感、精密工程测量、近代平差计算、测量仪器研制及测绘人才培养等方面，都取得了令人鼓舞的成就。事实上，我国的测绘科学技术已居世界先进行列。

测量技术是了解自然和改造自然的重要手段，也是国民经济建设中一项基础性、前期和超前期的工作，应用十分广泛。它能为城镇规划、市政工程、土地与房地产开发、农业、防灾等领域提供各种比例尺的现状地形图或专用图等测绘资料；能按照规划设计部门的要求，进行道路规划定线、拨地测量以及各种土木工程的勘察测量，直接为建设工程项目的设计与施工服务；在工程施工过程和运营管理阶段，对高层、大型建(构)筑物进行沉降、位移、倾斜等变形观测，可以确保建(构)筑物的安全，并为建(构)筑物结构和地基基础的研究提供多种可靠的测量数据。所以，测量工作将直接关系到工程的质量和预期效益的实现，是我国现代化建设不可缺少的一项重要工作。

此外，测绘科学在国防建设和科学研究中也发挥着十分重要的作用：军事地图的制作、空间武器和人造卫星的发射，都必须依靠准确和全面的测绘与计算；空间科学技术的研究、地壳的形变、地震预报及地极周期性运动的研究等，都要应用测绘资料。随着测绘科技的发展和新技术的研究开发与应用，各个行业必将得到更多、更好、更及时的信息服务与准确、适用的测绘成果。

1-2 地球的形状和大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面很不规则,既有高达 8848.13m 的珠穆朗玛峰,也有深至 11022m 的马里亚纳海沟。尽管它们高低起伏悬殊,但与半径为 6371km

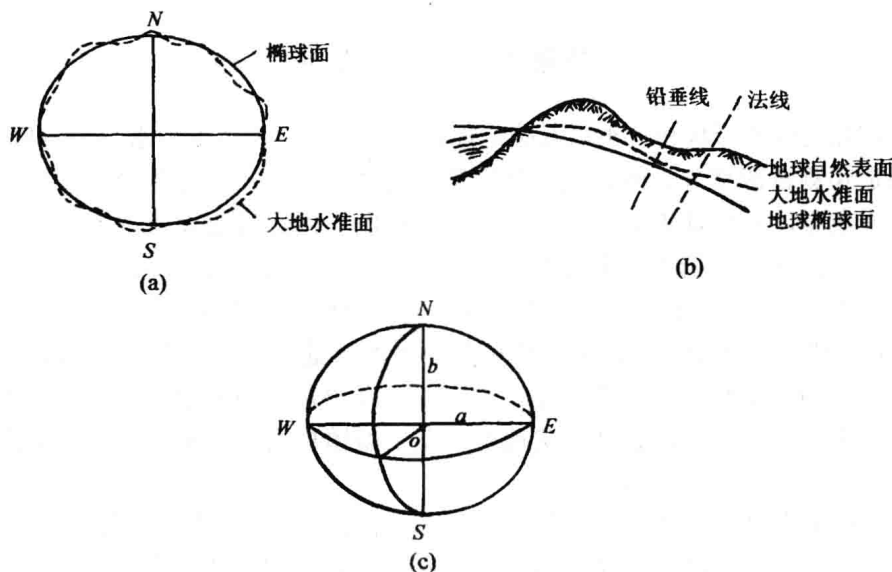


图 1-1 大地水准面与地球椭球

的地球比较,还是可以忽略不计的。此外,海洋面积约占地球表面总面积的 71%,陆地面积仅占 29%。因此,人们设想以一个静止不动的水面向陆地延伸,形成一个闭合的曲面包围整个地球,称这个闭合曲面为水准面。水准面有无数个,其中通过平均海水面的一个水准面称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体称为大地体,如图 1-1a 所示。

水准面是受地球重力影响而形成的,其特点是水准面上任意一点的铅垂线(重力作用线)都垂直于该点的曲面。由于地球内部质量分布不均匀,重力也受其影响,故引起了铅垂线方向的改变,致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面,如图 1-1b 所示。若将地球表面的图形投影到这个复杂曲面上,则其地形绘图或测量计算工作都是非常困难的。为此,人们经过几个世纪的观测和推算,选用一个既非常接近大地体,又能用数学式表示的规则几何形体来代表地球的形状。该几何形体是由一个椭圆 $NWSE$ 绕其短轴 NS 旋转而成的形体,称为地球椭球或旋转椭球,如图 1-1c 所示。

地球椭球的形状和大小取决于椭圆的长半径 a 、短半径 b 及扁率 α , 其关系式为

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

我国目前采用的地球椭球元素数据为: $a=6378140\text{m}$, $b=6356755\text{m}$, $\alpha=1:298.257$, 并以陕西省泾阳县永乐镇某点为大地原点,进行了大地定位,由此建立了新的全国统一坐标系,即目前使用的“1980 年国家大地坐标系”。

由于地球椭球的扁率 α 很小,当测区面积不大时,可以把地球当作圆球来看待,其圆球半径 $R=(2a+b)/3$, R 的近似值可取 6371km。

1-3 地面点位的确定

测量工作的实质是确定地面点的位置,而地面点的空间位置需要用三维表示,通常是用二维的平面(或球面)坐标和一维的高程来表示。因此,必须首先了解测量的坐标系统和高程系统。

一、坐标系统

表示地面点位在地球椭球面或投影在水平面上的位置,通常有下列三种坐标系统:

1. 地理坐标

地理坐标是表示地面点在球面(水准面)上的位置,用经度和纬度表示。按照基准面和基准线及求算坐标方法的不同,地理坐标又分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。图 1-2 所示为天文地理坐标,它表示地面点 A 在大地水准面上的位置,用天文经度 λ 和天文纬度 ϕ 表示。天文经度和天文纬度是用天文测量的方法直接测定的。

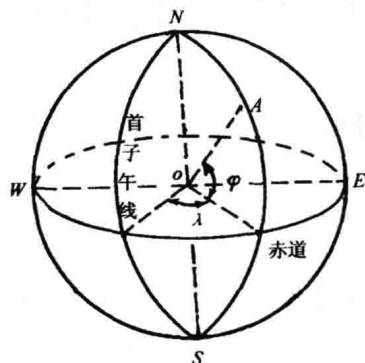


图 1-2 地理坐标

大地地理坐标是表示地面点在地球椭球面上的位置,用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。大地经度和大地纬度则根据大地测量所得数据推算求得。经度是从首子午线(首子午面)向东或向西自 0° 起算至 180° , 向东者为东经,向西者为西经;纬度是从赤道(赤道面)向北或向南自 0° 起算至 90° , 分别称为北纬和南纬。我国国土均在北纬,例如,南京市中心区的大地地理坐标为东经 $118^\circ 47'$, 北纬 $32^\circ 03'$ 。

2. 高斯平面直角坐标

上述地理坐标只能确定地面点在大地水准面或地球椭球面上的位置,不能直接用来测图。测量上的计算最好在平面上进行,而地球椭球面是一个曲面,不能简单地展开成平面,应按照一定的方法建立其平面直角坐标系,我国是采用高斯投影来实现的。

高斯投影首先是将地球按经线分为若干带,称为投影带。它从首子午线(零子午线)开始,自西向东每隔 6° 划为一带,每带均有统一编排的带号,用 N 表示,位于各投影带中央的子午线称为中央子午线(L_0);也可由东经 $1^\circ 30'$ 开始,自西向东每隔 3° 划为一带,其带号用 n 表示,如图 1-3 所示。我国国土所属范围大约为 6° 带的第 13 号带至第 23 号带,即带号 $N=13\sim 23$ 。相应地,在 3° 带中大约为第 24 号带至第 46 号带,即带号 $n=24\sim 46$ 。

6° 带中央子午线经度 $L_0=6N-3$, 3° 带中央子午线经度 $L'_0=3n$ 。例如,南京市处于东经 $118^\circ 47'$, 它属于 6° 带的第 20 号带,即 $N=(118^\circ 47'+3^\circ)/6^\circ=20$ (四舍五入取整数),相应 6° 带的中央子午线经度 $L_0=6N-3=6\times 20-3=117^\circ$; 它属于 3° 带的第 40 号带,即 $N=118^\circ 47'/3^\circ=40$ (四舍五入取整数),相应 3° 带的中央子午线经度 $L'_0=3n\times 40=120^\circ$ 。

设想将一个横圆柱体套在椭球外面,使横圆柱的轴心通过椭球的中心,并与椭球面上某投影带的中央子午线相切,然后将中央子午线附近(即本带东、西边缘子午线构成的范

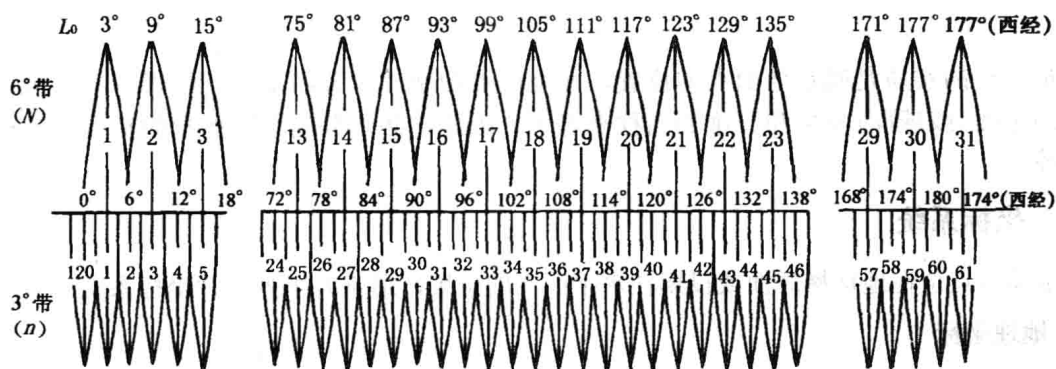


图 1-3 投影分带与 6° (3°) 带

围) 椭球面上的点、线投影到横圆柱面上, 如图 1-4 表示。再顺着过南北极的母线将圆柱面剪开, 并展开为平面, 这个平面称为高斯投影平面。在高斯投影平面上, 中央子午线和赤道的投影是两条相互垂直的直线。我们规定中央子午线的投影为高斯平面直角坐标系的 x 轴, 赤道的投影为高斯平面直角坐标系的 y 轴, 两轴交点 O 为坐标原点, 并令 x 轴上原点以北为正, y 轴上原点以东为正, 由此建立了高斯平面直角坐标系, 如图 1-5a 所示。

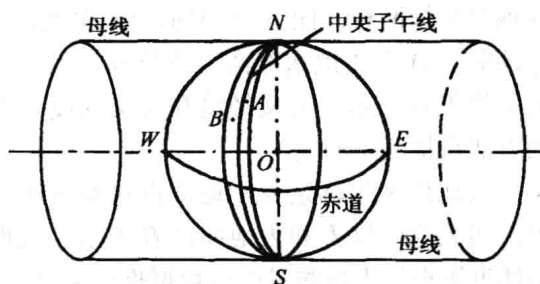


图 1-4 高斯平面直角坐标的投影

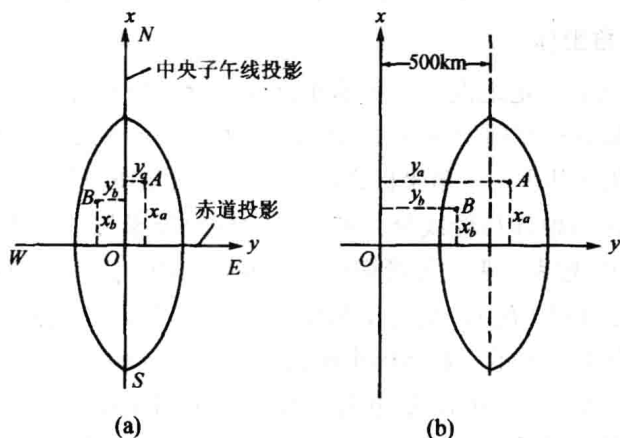


图 1-5 高斯平面直角坐标

在图 1-5a 中, 地面点 A 、 B 在高斯平面上的位置, 可用高斯平面直角坐标 x 、 y 来表示。

由于我国国土全部位于北半球(赤道以北), 故我国国土上全部点位的 x 坐标值均为正值, 而 y 坐标值则有正有负。为了避免 y 坐标值出现负值, 我国规定将每带的坐标原点向西移 500km, 如图 1-5b 所示。由于各投影带上的坐标系是采用相对独立的高斯平面直角坐标系, 为了能正确区分某点所处投影带的位置, 规定在横坐标 y 值前面冠以投影带带号。

例如, 在图 1-5a 中, B 点位于高斯投影 6° 带的第 20 号带内 ($N=20$), 其真正横坐标 $y_b = -124625.723\text{m}$, 按照上述规定, y 值应改写为 $y_b = 20(-124625.723+500000) = 20375374.277\text{m}$ 。

高斯投影是正形投影, 一般只需将椭球面上的方向、角度及距离等观测值经高斯投影的方向改化和距离改化后, 归化为高斯投影平面上的相应观测值, 然后在高斯平面坐标系内进行平差计算, 从而求得地面点位在高斯平面直角坐标系内的坐标。

3. 独立平面直角坐标

当测量范围较小时 (如半径不大于 10km 的范围), 可以将该测区的球面看作平面, 直接将地面点沿铅垂线方向投影到水平面上, 用平面直角坐标来表示该点的投影位置。在实际测量中, 一般将坐标原点选在测区的西南角, 使测区内的点位坐标均为正值 (第一象限), 并以该测区的子午线 (或磁子午线) 的投影为 x 轴, 向北为正, 与之相垂直的为 y 轴, 向东为正, 由此建立了该测区的独立平面直角坐标系, 如图 1-6 所示。

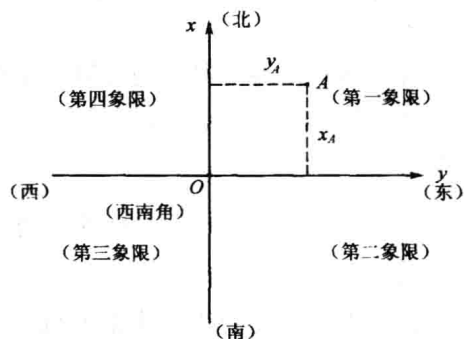


图 1-6 独立平面直角坐标

上述三种坐标系是以不同的方式来表示地面点的平面位置, 它们之间是相互联系的, 例如地理坐标与高斯平面直角坐标之间可以互相换算, 独立平面直角坐标也可与高斯平面直角坐标 (国家统一坐标系) 之间连测和换算。

二、高程系统

建国以来, 我国曾以青岛验潮站多年的观测资料求得黄海平均海水面, 作为我国的大地水准面 (高程基准面), 由此建立了 “1956 年黄海高程系”, 并在青岛市观象山上建立了国家水准基点, 基点高程 $H = 72.289\text{m}$ 。以后, 随着几十年来验潮站观测资料的积累与计算, 更加精确地确定了黄海平均海水面, 于是在 1987 年启用 “1985 国家高程基准”, 此时测定的国家水准基点高程 $H = 72.260\text{m}$ 。根据国家测绘总局 [1987] 198 号文件通告, 此后全国都应 “1985 国家高程基准” 作为统一的国家高程系统。现在仍在使用的 “1956 年黄海高程系统” 及其他高程系统 (如吴淞高程系统) 均应统一到 “1985 国家高程基准” 的高程系统上。在实际测量中, 特别要注意高程系统的统一。

地面点的高程分为绝对高程 (海拔) 和相对高程两种。地面点的绝对高程就是地面点

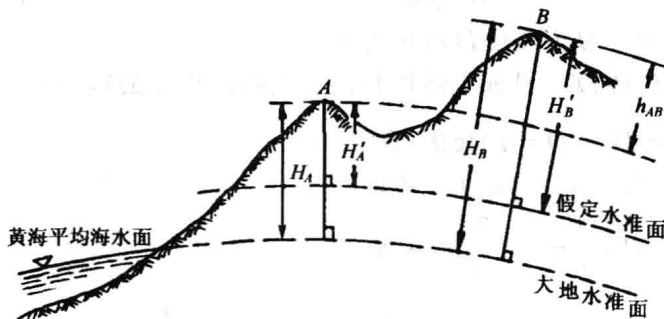


图 1-7 高程和高差

到大地水准面的铅垂距离, 通常简称为该点的高程, 一般用 H 表示。例如, 在图 1-7 中, 地面点 A 、 B 的高程分别为 H_A 、 H_B 。在个别的测区, 若远离已知国家高程控制点或为便于施工, 也可以假设一个高程起算面(即假定水准面), 此时地面点到假定水准面的铅垂距离, 称为该点的假定高程或相对高程。在图 1-7 中, A 、 B 两点的相对高程为 H'_A 、 H'_B 。

地面上两点间的高程之差称为高差, 一般用 h 表示。图 1-7 中 A 、 B 两点间高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

式中, h_{AB} 有正有负, 下标 AB 表示 A 点至 B 点的高差。上式也表明两点间高差与高程起算面无关。

综上所述, 通过测量与计算, 求得了表示地面点位置的三个量 x 、 y 、 H , 那么地面点的空间位置也就可以确定了。

1-4 水平面代替水准面的限度

普通测量中是将大地水准面近似地看作圆球面, 将地面点投影到圆球面上, 然后再投影到平面图纸上描绘, 显然这很复杂。在实际测量工作中, 在一定的精度要求和测区面积不大的情况下, 往往以水平面代替水准面, 即把较小一部分地球表面上的点投影到水平面上来决定其位置, 这样可以简化计算和绘图工作。

就理论上而言, 将极小部分的水准面(曲面)当作水平面是要产生变形的, 必然对测量观测值(如距离、高差等)带来影响。但是, 由于测量和制图本身会有不可避免的误差, 若上述这种影响不超过测量和制图本身的误差范围, 则用水平面代替水准面是合理的。本节主要讨论用水平面代替水准面对距离和高差的影响(或称地球曲率的影响), 以便给出限制水平面代替水准面的限度。

一、对距离的影响

如图 1-8 所示, 设球面(水准面) P 与水平面 P' 在 A 点相切, A 、 B 两点在球面上弧长为 D , 在水平面上的距离(水平距离)为 D' , 即

$$D = R \cdot \theta, \quad D' = R \cdot \operatorname{tg} \theta$$

式中 R 为球面 P 的半径; θ 为弧长 D 所对角度。

以水平面上距离代替 D' , 球面上弧长 D 所产生的误差为 ΔD , 则

$$\Delta D = D' - D = R(\operatorname{tg} \theta - \theta) \quad (1-1)$$

将(1-1)式中 $\operatorname{tg} \theta$ 按级数展开, 并略去高次项, 得

$$\operatorname{tg} \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \Lambda$$

因此,
$$\Delta D = R\left[\left(\theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \Lambda\right) - \theta\right] = R \cdot \frac{1}{3}\theta^3$$

以 $\theta = D/R$ 代入上式, 得

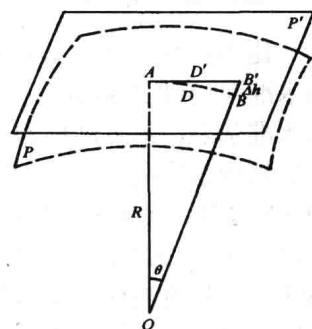


图 1-8 水平面代替水准面的影响

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

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

若取地球平均曲率半径 $R = 6371\text{km}$ ，并以不同的 D 值代入 (1-2) 式或 (1-3) 式，则可得距离误差 ΔD 和相应相对误差 $\Delta D/D$ ，如表 1-1 所列。

由表 1-1 可知，当距离为 10km 时，用水平面代替水准面(球面)所产生的距离相对误差为 1/1220000，这样小的距离误差就是在地面上进行最精密的距离测量也是允许的。因此，可以认为在半径为 10km 的范围内（相当于面积 320km²），用水平面代替水准面所产生的距离误差可忽略不计，也就是可不考虑地球曲率对距离的影响。当精度要求较低时，还可以将测量范围的半径扩大到 25km(相当于面积 2000km²)。

表 1-1 水平面代替水准面的距离误差和相对误差

距离 D/km	距离误差 $\Delta D/\text{mm}$	相对误差 $\Delta D/D$
10	8	1/1 220 000
25	128	1/200 000
50	1026	1/49 000
100	8212	1/12 000

二、对高差的影响

在图 1-8 中， A 、 B 两点在同一球面(水准面)上，其高程应相等(即高差为零)。 B 点投影到水平面上得 B' 点。则 BB' 即为水平面代替水准面产生的高差误差。设 $BB' = \Delta h$ ，则

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

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

上式中，可以用 D 代替 D' ，同时 Δh 与 $2R$ 相比可略去不计，则

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-4)$$

以不同的 D 代入 (1-4) 式，取 $R = 6371\text{km}$ ，则得相应的高差误差值，如表 1-2 所列。

表 1-2 水平面代替水准面的高差误差

距离 D/km	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
$\Delta h / \text{mm}$	0.8	3	7	13	20	78	314	1962	7848

由表 1-2 可知，用水平面代替水准面，在 1km 的距离上高差误差就有 78mm，即使距离为 0.1km(100m)时，高差误差也有 0.8mm。所以，在进行水准(高程)测量时，即使很短的距离都应考虑地球曲率对高差的影响，也就是说，应当用水准面作为测量的基准面。

1-5 测量工作概述

测量工作的主要任务是测绘地形图和施工放样,本节扼要介绍测图和放样的大概过程,为学习后面各章建立起初步的概念。

一、测量工作的基本原则

地球表面复杂多样的形态,在测量工作中将其分为地物和地貌两大类。地面上固定性物体,如河流、房屋、道路、湖泊等称为地物;地面的高低起伏的形态,如山岭、谷地和陡崖等称为地貌。地物和地貌统称为地形。测绘地形图或放样建筑物位置时,要在某一个点上测绘出该测区全部地形或者放样出建筑物的全部位置是不可能的。施工放样也是如此。但是,任何测量工作都会产生不可避免的误差,故每点(站)上的测量都应采取一定的程序和方法,遵循测量的基本原则,以防误差积累,保证测绘成果的质量。

因此,在实际测量工作中应当遵守以下基本原则:

1. 在测量布局上,应遵循“由整体到局部”的原则;在测量精度上,应遵循“由高级到低级”的原则;在测量程序上,应遵循“先控制后碎部”的原则。
2. 在测量过程中,应遵循“随时检查,杜绝错误”的原则。

二、控制测量的概念

遵循“先控制后碎部”的测量原则,就是先进行控制测量,测定测区内若干个具有控制意义的控制点的平面位置(坐标)和高程,作为测绘地形图或施工放样的依据。控制测量分为平面控制测量和高程控制测量。平面控制测量的形式有导线测量、三角测量及交会定点等,其目的是确定测区中一系列控制点的坐标(x 、 y);高程控制测量的形式有水准测量、光电测距三角高程测量等,其目的是测定各控制点间的高差,从而求出各控制点高程 H 。

三、碎部测量的概念

在控制测量的基础上,就可以进行碎部测量。碎部测量就是以控制点为依据,测定控制点至碎部点(地形的特征点)之间的水平距离、高差及其相对于某一已知方向的角度,来确定碎部点的位置。运用碎部测量的方法,在测区内测定一定数量的碎部点位置后,按一定的比例尺将这些碎部点位标绘在图纸上,绘制成图。

四、施工放样的概念

施工放样(测设)是把设计图上建(构)筑物位置在实地标定出来,作为施工的依据。为了使地面定出的建筑物位置成为一个有机联系的整体,施工放样同样需要遵循“先控制后碎部”的基本原则。施工放样常用的方法为极坐标法,此外还有直角坐标法、方向(角度)交会法和距离交会法等。

由于施工控制网是一个整体,并具有相应的精度和密度,因此不论建(构)筑物的范围多大,由各个控制点放样出的建(构)筑物各个点位位置,也必将联系为一个整体。

同样,根据施工控制网点的已知高程和建筑物的图上设计高程,可用水准测量方法测设出建(构)筑物的实地设计高程。

五、测量的基本工作

综上所述,控制测量和碎部测量以及施工放样等,其实质都是为了确定点的位置。碎部测量是将地面上的点位测定后标绘到图纸上或为用户提供测量数据与成果,而施工放样则是把设计图上的建(构)筑物点位测设到实地上,作为施工的依据。可见,所有要测定的点位都离不开距离、角度及高差这三个基本观测量。因此,距离测量、角度测量和高差测量(水准测量)是测量的三项基本工作。土木工程类各专业的工程技术人员应当掌握这三项基本功。

六、测量的度量单位

1) 长度单位

$$1\text{m}=10\text{dm}=100\text{cm}=1\,000\text{mm}, 1\text{km}=1\,000\text{m}$$

2) 面积、体积单位

面积单位是 m^2 , 大面积则用公顷或 km^2 表示。在农业上常用市亩为面积单位。

$$1\text{公顷}=10\,000\text{m}^2=15\text{市亩}, 1\text{km}^2=100\text{公顷}=1\,500\text{市亩}, 1\text{市亩}=666.67\text{m}^2$$

体积单位为 m^3 , 在工程上简称“立方”或“方”。

3) 角度单位

测量上常用的角度单位有度分秒制和弧度制。

(1) 度分秒制

$$1\text{圆周}=360^\circ, 1^\circ=60', 1'=60''$$

此外,某些国外进口测量仪器采用100等分制的新度:

$$1\text{圆周}=400^g, 1^g=100^c, 1^c=100^{cc},$$

两者换算公式是

$$1\text{圆周}=360^\circ=400^g$$

$$1^g=0.9^\circ, 1^\circ=1.111^g$$

$$1^c=0.54', 1'=1.852^c$$

$$1^{cc}=0.324'', 1''=3.086^{cc}$$

(2) 弧度制

弧长等于圆半径的圆弧所对的圆心角称为一个弧度,用 ρ 表示。因此,整个圆周为 2π 弧度。弧度与角度的关系如下:

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi}$$

则一个弧度对应的秒值为

$$\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 \times 60 = 206264''.806 \approx 206265''$$

在测量工作中,有时需要按圆心角 β° 及半径 R 计算该圆心角所对的弧长 L , 则

$$L = \left(\frac{\beta^\circ}{\rho^\circ}\right) \cdot R = \frac{\beta^\circ \cdot \pi}{180^\circ} \cdot R$$