



应用型本科院校规划教材/土木工程类

主编 邵连河 张家平

测量学

Surveying

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业

哈尔滨工业大学出版社



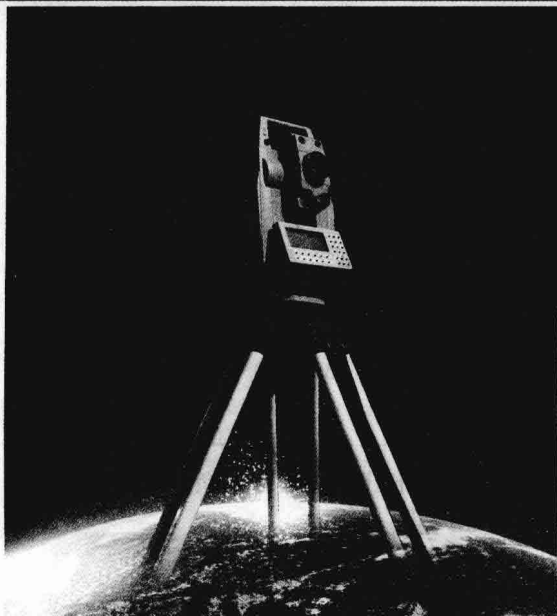


应用型本科院校规划教材/土木工程类

主 编 邵连河 张家平
副主编 盖晓连 于 冰

测量学

Surveying



哈爾濱工業大學出版社

内 容 简 介

本书扼要介绍测量理论,较详尽介绍测量技术与方法及现代测量仪器,具有较强的实用性和应用性。全书共分10章,内容涵盖普通测量学和工程测量学的基本方面。第1章主要介绍测量学的基本概念和基本理论;第2~4章主要讲述测量学的基本工作和方法,以及常规测量仪器的操作;第5章着重介绍全站仪、GPS以及3S集成等现代测量仪器与技术;第6章介绍测量误差的基本知识和基础理论;第7章主要讲述小区域控制测量的常用理论和方法,包括平面控制测量和高程控制测量的具体实施及计算;第8章主要介绍地形图的基本知识,大比例尺地形图的传统测绘方法和数字化测图方法以及地形图的应用等内容;第9章主要讲述施工测量的基本方法,民用建筑施工测量和工业建筑施工测量,以及建筑物的变形观测;第10章主要讲述道路中线测量,路线纵、横断面测量,道路工程和桥涵结构物的施工测量。

本书可作为高等学校土木工程(建筑、道路与桥梁、岩土工程等)、建筑环境与设备工程、建筑工程管理、给排水工程和交通工程等专业的应用型本科教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量学/郜连河,张家平主编. —哈尔滨:哈尔滨
工业大学出版社,2010.8
应用型本科院校规划教材
ISBN 978-7-5603-3070-9

I. ①测… II. ①郜…②张… III. ①测量学-高等
学校-教材 IV. ①P2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第157570号

策划编辑 赵文斌 杜 燕
责任编辑 张 瑞 唐 蕾
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 东北林业大学印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张14.5 字数331千字
版 次 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3070-9
定 价 27.80元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 王凤岐 王庄严 刘士军

刘宝华 朱建华 刘金祺 刘通学 刘福荣

张大平 杨玉顺 吴知丰 李俊杰 李继凡

林 艳 闻会新 高广军 柴玉华 韩毓洁

藏玉英

序

哈尔滨工业大学出版社策划的“应用型本科院校规划教材”即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学

习,而且满足就业市场对应用型人才的需求。应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的“应用型本科院校规划教材”,在选题设计上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

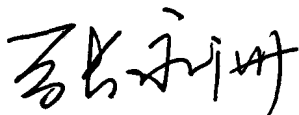
本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用

讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

“应用型本科院校规划教材”的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

黑龙江省教育厅厅长



2010年元月于哈尔滨

前 言

本教材主要面向和满足应用型本科院校土木工程专业(建筑工程、道路与桥梁工程方向)的学生使用,教材结构和知识体系遵循以基础理论够用、实用、管用为立足点,突出测量实践技能、专长和工程应用能力的培养为核心,强调学以致用和有利于学生创新意识的激发,以适应未来社会发展和专业岗位的要求。教材在编写过程中,特别注重体现以下几方面特点:

(1) 章节和内容的编排着重体现“简明实用”、“通俗易懂”、“循序渐进”的原则,以适应应用型本科院校学生的实际和特点;

(2) 强化“三基”原则,即基本概念、基本方法和基本技能;

(3) 突出“应用性”为核心和主线的原则,体现学以致用、理论联系实际以及为工程建设服务的目的;

(4) 力求体现当前测绘科学和土木工程发展的新知识、新理论、新技术、新设备和新成果,摒弃落后或即将淘汰的知识内容,做到常规和现代知识技术的彼此兼顾,以体现教材的时代性和先进性。

(5) 每章前有导读,即【本章提要】和【学习目标】,章后配有思考题与练习题,同时各章节中还配有一定数量的工程实例和算例,以帮助学生消化和理解所学知识。

本教材由东北石油大学华瑞学院、黑龙江工程学院、东方学院共同合作完成。参加编写的人员有:东北石油大学华瑞学院邵连河(第1章),黑龙江工程学院张家平(第5、9章),东北石油大学华瑞学院盖晓连(第7、10章),于冰(第2、3章),赵婧瑜(第6、8章),东方学院李军卫、贺文彪(第4章)。本书由邵连河、张家平任主编,盖晓连、于冰任副主编。全书由邵连河、张家平统稿。

由于编者水平有限,教材中难免存在疏漏与不足,谨请读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 测量学的任务与作用	1
1.2 测量学的发展概况	2
1.3 地面点空间位置的确定	3
1.4 测量工作的原则和程序	8
1.5 用水平面代替水准面的限度	9
思考题与习题	11
第2章 水准测量	12
2.1 水准测量的原理	12
2.2 水准测量的仪器和工具	13
2.3 水准仪的使用	19
2.4 普通水准测量	20
2.5 水准仪的检验与校正	28
思考题与习题	31
第3章 角度测量	33
3.1 角度测量原理	33
3.2 光学经纬仪	34
3.3 水平角测量	39
3.4 竖直角测量	44
3.5 经纬仪的检验与校正	47
思考题与习题	51
第4章 距离测量、直线定向及坐标计算原理	53
4.1 钢尺量距	53
4.2 视距测量	57
4.3 光电测距	59
4.4 直线定向	62
4.5 坐标计算原理	65
思考题与习题	66
第5章 现代测量仪器与技术	68
5.1 全站仪	68
5.2 全球定位系统	79
5.3 3S 集成技术与应用简介	93

思考题与习题	98
第6章 测量误差的基本理论	99
6.1 概述	99
6.2 衡量精度的指标	102
6.3 算术平均值及其中误差	104
6.4 误差传播定律及其应用	107
思考题与习题	110
第7章 小区域控制测量	111
7.1 概述	111
7.2 导线测量	113
7.3 三、四等水准测量	119
7.4 三角高程测量	123
思考题与习题	124
第8章 地形图测绘与应用	126
8.1 地形图的基本知识	126
8.2 大比例尺地形图测绘	135
8.3 地形图的识读与应用	143
思考题与习题	152
第9章 建筑工程测量	153
9.1 施工测量概述	153
9.2 测设的基本内容和方法	154
9.3 建筑场地的施工控制测量	160
9.4 民用建筑施工测量	164
9.5 工业建筑施工测量	169
9.6 烟囱与水塔施工测量	174
9.7 建筑物的变形观测	175
9.8 竣工测量	182
思考题与习题	184
第10章 道路工程测量	186
10.1 道路中线测量	186
10.2 道路纵横断面测量	201
10.3 道路施工测量	211
10.4 桥涵构造物测量	213
思考题与习题	219
参考文献	220

第 1 章

绪 论

【本章提要】 本章主要介绍测量学的任务与作用,测量学的历史和发展,地面点空间位置的确定方法,测量工作的原则和程序,用水平面代替水准面的限度等有关测量学的基本知识和基本内容。

【学习目标】 了解测量学的历史和发展;重点掌握与测量学有关的基本概念,地面点空间位置的确定方法以及测量工作的原则与程序。

1.1 测量学的任务与作用

1.1.1 测量学的概念

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位的科学,它的内容包括测定和测设两个部分。

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,或把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。

测设是指把图纸上规划好的建筑物、构筑物的平面位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

1.1.2 测量学的任务

测量学的任务主要有三个方面:①研究确定地球的形状和大小,为地球科学提供必要的数据和资料;②研究如何表达地球表面的空间信息;③将图纸上的设计成果测设到现场。

1.1.3 测量学的分类

测量学按照研究范围和对象的不同,分为以下几个分支学科:

1. 大地测量学

大地测量学是研究和确定整个地球形状和大小,解决大区域控制测量和地球重力场等问题的科学。

2. 普通测量学

普通测量学是研究地球表面小区域的测量理论、技术和方法的科学。

3. 摄影测量学

摄影测量学是研究利用遥感和摄影相片来测定地面物体的形状和大小的科学。又进一步分为航空摄影测量学、地面摄影测量学和卫星遥感测量学等。

4. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设在勘测、设计、施工和管理等各阶段中的测量学及其技术应用的科学。

5. 地图制图学

地图制图学是研究如何利用各种地图投影方法,将测量成果资料编绘和制印成各种地图的科学。

6. 海洋测量学

海洋测量学是研究海洋和陆地水域的测量和绘图的科学。

本课程主要学习普通测量学及工程测量学的相关内容。

1.1.4 测量学的作用

测量学在土建类各专业工程建设中有着广泛的应用。例如:在建筑工程、道路与桥梁工程、交通工程、管道工程、城镇规划等勘测设计阶段需要测绘各种比例尺的地形图,供规划设计使用;施工阶段,通过一定的测量方法利用测量仪器将图纸上已设计好的建筑物、构造物等在地面上标定出来,以便施工的进行;在工程结束后进行竣工测量,供日后维修和扩建使用,对于一些大型或重要的建筑物和构造物还需要定期进行变形观测,以确保其安全。

1.2 测量学的发展概况

1.2.1 测量学的发展简史

测量学是一门古老的科学,与人类赖以生存的地球密切相关。人类通过对天体运行规律的观测和对地球的实地测量,逐渐认识到地球是一个球体。

1687年牛顿根据自己发现的万有引力定律,提出了地球为椭球的理论,地球在离心力的作用下,应该是一个两极略扁的扁球,其形状与一个椭圆绕其短轴旋转而形成的椭球体极为接近。我国从1708年开始进行的大规模天文大地测量,结果发现纬度越高,每度子午线弧长越长。法国科学院1735年至1741年测量子午线弧线,其结果是高纬度处的曲率半径较低纬度处的大。这些事实都证明了牛顿学说的正确性。牛顿旋转椭球体的学说,为地球形状和大小的研究奠定了基础。

1.2.2 测量学的发展现状

20世纪中叶,科学技术得到了快速发展,特别是电子学、信息学、电子计算机科学和

空间科学等,在其自身发展的同时,给测量科学的发展开拓了广阔的空间和道路,推动着测量技术和仪器的变革和进步。测量科学的发展很大部分是从测绘仪器开始的,其后使测量技术产生了新的发展。

20 世纪 40 年代,自动安平水准仪的问世,标志着水准测量自动化的开端。之后,又发展了激光水准仪、激光扫描仪,为提高水准测量的精度和用途创造了条件。近年来,数字水准仪的诞生,也使水准测量中的自动记录、自动传输、自动储存和处理数据成为现实。

20 世纪 80 年代,全球定位系统问世,采用了卫星直接进行空间点的三维定位,引起了测绘工作的重大变革。由于卫星定位具有全球性、全天候、快速、高精度和无需建立高标等优点,被广泛用于大地测量、工程测量、地形测量及军事的导航定位上。世界上很多国家为了使用全球定位系统的信号,迅速进行了接收机的研制,现已生产出体积小、功能全、质量轻的第五代产品。

由于测量仪器的飞速发展和计算机技术的广泛应用,地面的测图系统由过去的传统测绘方式发展为数字测图,所以地形图是由数字表示的,用计算机进行绘制,使管理既便捷又高效,而且精度可靠。

1.2.3 我国测绘事业的发展

测绘事业的发展是伴随共和国一起成长的。在测绘工作方面,建立和统一了全国大地控制网、国家水准网、基本重力网,完成了大地网和水准网的整体平差;完成了国家基本地形图的测绘工作;进行了珠峰和南极长城站的地理位置和高程的测量;同时各种工程建设的测绘工作也取得显著成绩,如长江大桥、葛洲坝水电站等。出版发行了地图 1 600 多种,发行量超过了 11 亿册。在测绘仪器制造方面从无到有,迅速发展,已经产生了多种不同等级、不同型号的电磁波测距仪。我国全站仪已经批量生产,国产 GPS 接收机已经广泛使用,传统的测绘仪器产品已经配套下线。已经建成全国 GPS 大地控制网。各部门对地理信息系统的建立和应用十分重视,已经着手建立各行业的 GIS 系统,测绘工作已经为建立这一系统提供了大量的基础数据。

综上所述,我国的测绘事业实现了跨越式发展,已从传统的测绘技术体系发展为数字化作业技术体系,为国民经济建设和国防建设做出了不可磨灭的贡献,但是与国际先进水平相比还有一些差距,还需我们继续努力!

1.3 地面点空间位置的确定

1.3.1 地球的形状和大小

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面,但地球表面形状十分复杂。我们知道,地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%,世界第一高峰——珠穆朗玛峰高出海平面 8 844.43 m,而在太平洋西部的马里亚纳海沟低于海水面达 11 022 m。尽管有这样大的高低起伏,但相对于地球半径 6 371 km 来说仍可忽略不计。因此,测量中把地球总体形状看做是由静止的海水面向陆地延伸所包围的球体,即把地球的形状视为静止的

海水面向陆地内部延伸形成的闭合曲面称为水准面。

由于地球的自转运动,地球上任意一点都要受到离心力和地球引力的双重作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。水准面是受地球重力影响而形成的,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面,并且是一个重力场的等位面。与水准面相切的平面称为水平面。水准面可高可低,因此,水准面有无数多个,我们将与平均海水面吻合并向大陆、岛屿内延伸而形成的闭合曲面称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。

实际上,大地水准面是一个十分复杂的和不规则的曲面,因为地球内部质量分布不均匀,地球表面上各点的铅垂方向产生不规则变化,因此,无法在其上面进行测量和数据处理。为了测量的方便,测量学中通常选择一个和大地水准面非常接近的椭球体来代替大地水准面所形成的地球体,如图 1.1 所示。地球椭球是一个由旋转轴与地球自转轴重合的椭球绕其短轴旋转形成的几何形体,这个球体可以用数学式表示。长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 α 之间的关系为: $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

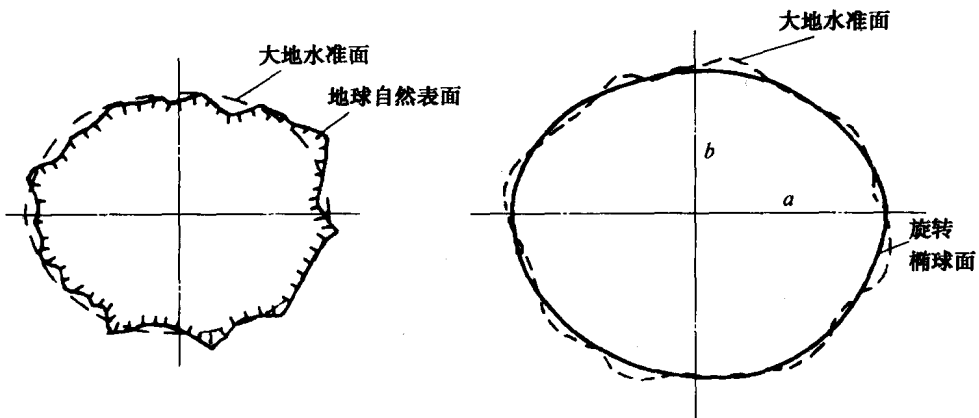


图 1.1 大地水准面

目前我国采用的椭球元素为:长半轴为 6 378 140 m,短半轴为 6 356 755.3 m,扁率为 1/298.257。并在陕西省泾阳县永乐镇确定了我国的大地原点,建立了全国统一的坐标系,称为“1980 年国家大地坐标系”。在测量工作中,如果测区范围不大时,可以将椭球体视为圆球,其平均半径为 6 371 km。

1.3.2 地面点的坐标系统

为了确定地面点的空间位置,需要建立测量坐标系。一个点在空间的位置,需要三个量来表示。在一般测量工作中,经常将地面点的空间位置用大地经度、纬度和高程表示,它们分别从属于大地坐标系和指定的高程系统,即使用一个二维坐标系与一个一维坐标系的组合来表示。随着卫星大地测量学的迅速发展,地面点的空间位置也可以用三维的空间直角坐标表示。

1. 大地坐标系

大地坐标系是以参考椭球面作为基准面,以通过格林尼治天文台的起始子午面和赤道面作为在椭球面上确定某一点投影位置的两个参考面。

过地面某点的子午面与起始子午面之间的夹角,称为该点的大地经度,用 L 表示。规定从起始子午面算起,向东为正,由 0° 至 180° 称为东经;向西为负,由 0° 至 180° 称为西经。

过地面某点的椭球面法线与赤道的交角,称为该点的大地纬度,用 B 表示。规定从赤道面算起,由赤道面向北为正,由 0° 至 90° 称为北纬;由赤道面向南为负,由 0° 至 90° 称为南纬。

2. 空间直角坐标系

以椭球体中心 O 为原点,起始子午面与赤道面交线为 X 轴,赤道面上与 X 轴正交的方向为 Y 轴,椭球面的旋转轴为 Z 轴,指向符合右手规则。在该坐标系中, P 点的点位用 OP 在这三个坐标轴上的投影 x, y, z 表示。如图 1.2、图 1.3 所示。

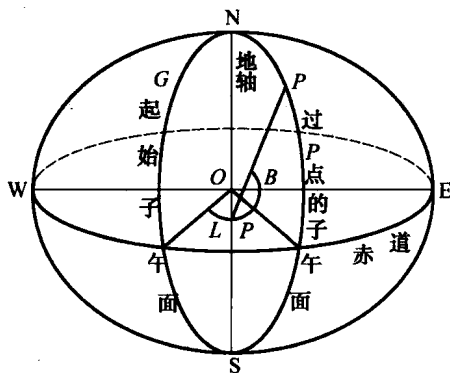


图 1.2 大地坐标系

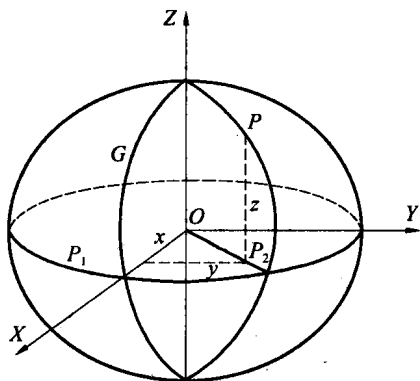


图 1.3 空间直角坐标系

3. 独立平面直角坐标系

在测区范围较小时,常把球面投影面看做平面,这样地面点在投影面上的位置就可以用平面直角坐标来确定。测量工作中采用的平面直角坐标系,如图 1.4、图 1.5 所示。

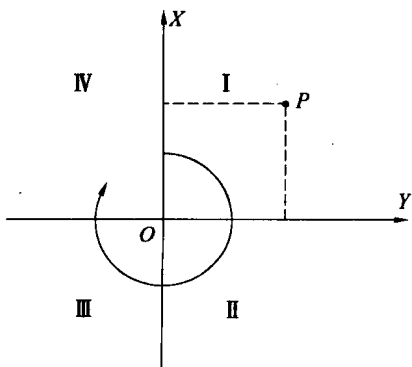


图 1.4 测量平面直角坐标系

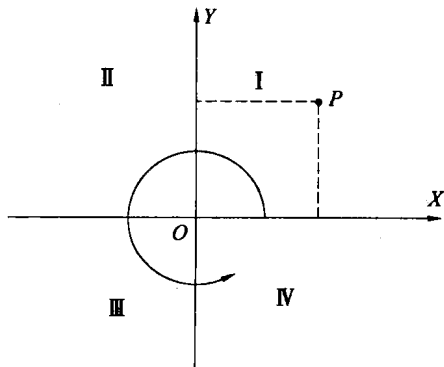


图 1.5 数学平面直角坐标系

规定:南北方向为纵轴 X 轴,向北为正;东西方向为横轴 Y 轴,向东为正。象限按顺

因此,水平角、水平距离和高差是确定地面点位置的三个基本要素。水平角测量、水平距离测量和高差测量是测量工作的三项基本工作。

1.4 测量工作的原则和程序

1.4.1 测量工作的原则

地球表面的复杂形态可分为地物和地貌两大类。地球表面上人工或天然的具有一定几何形状的物体,称为地物。例如:建筑物、构造物、道路、河流、湖泊等。地球表面上高低起伏的变化形态,称为地貌。例如:高山、丘陵、盆地等。地物和地貌总称为地形。

测量的主要任务有测绘地形图和施工放样。测绘地形图就是将地物的平面位置和高程以及地貌的高低起伏变化形态测绘到图纸上,并按一定的比例缩小,绘成地形图。施工放样是把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的平面位置在地面上标定出来,作为施工的依据。不论采用任何方式,使用何种仪器进行测定或放样,都会给其成果带来误差。为了防止测量误差的逐渐传递,累计增大到不能容许的程度,要求测量工作遵循在布局上“由整体到局部”、在精度上“由高级到低级”、在次序上“先控制后碎部”的原则。

1.4.2 控制测量

控制测量包括平面控制测量和高程控制测量。

1. 平面控制测量

平面控制测量可分为三角测量和导线测量。

三角测量是将选择的控制点连成三角形,并构成锁状和网状。测定三角形的三内角和其中某些边长(称为基线),然后推算控制点的坐标;或测定三角形的三内角和三边长,同样可推算三角点的坐标。过去,我国基本的平面控制网,主要采用三角测量的方法建立。三角测量分为四个等级,一等精度最高,由纵横交叉的三角锁组成。如图 1.9 所示。

导线测量是指将控制点依次连成折线或多边形,测定所有转折角和边长,从而计算导线点的坐标。导线测量按其精度分为精密导线测量和图根导线测量。精密导线测量可以代替同级的三角测量;而图根导线测量则直接用于加密测图控制点,在小区域内,也可以作为独立的测图控制。如图 1.10 所示。

2. 高程控制测量

高程控制测量分为水准测量和三角高程测量。

我国高程控制测量是用水准测量的方法建立的,按其精度分为四等。一等水准测量的精度最高,三、四等水准测量除了用于加密二等水准网以外,还直接为地形测量和工程测量提供高程控制点。

随着测绘科学技术的发展,用 GPS 技术和方法建立测区控制网正在逐步得到发展和普及,特别是在一些高等级工程或大型项目的设计和施工中。

(4) 国家统一坐标

我国位于北半球,在高斯平面直角坐标系内, X 坐标值均为正,而 Y 坐标值有正有负。为避免 Y 坐标出现负值,规定将 X 坐标轴向西平移 500 km,即所有点的 Y 坐标值均加上 500 km。此外为了便于区别某点位于哪一个投影带内,还应在横坐标值前冠以投影带带号,这种坐标称为国家统一坐标。

举例说明, P 点的高斯平面直角坐标 $X_P=3\ 275\ 611\text{ m}$, $Y_P=-376\ 543\text{ m}$,若该点位于第 19 带内,则 P 点的国家统一坐标表示为 $x_P=3\ 275\ 611\text{ m}$, $y_P=19\ 123\ 457\text{ m}$ 。

1.3.3 地面点的高程系统

为了建立全国统一的高程系统,必须确定一个高程基准面。通常采用平均海水面的大地水准面作为高程基准面,平均海水面的确定是通过验潮站多年验潮资料来确定的。

根据青岛验潮站 1950 至 1956 年七年验潮资料确定的高程基准面,我们称为“1956 年黄海平均高程面”,为此建立了“1956 年黄海高程系”,自 1959 年开始,我国统一采用 1956 年黄海高程系。

海洋潮汐长期变化周期为 18.6 年,随着时间的推移,经过 1952 年至 1979 年验潮资料的计算,确定了新的平均海水面,称为“1985 国家高程基准”。经国务院批准,我国自 1987 年开始采用“1985 国家高程基准”。

为维护平均海水面的高程,必须设立与验潮站相联系的水准点作为高程的起算点,这个水准点叫水准原点。我国水准原点设在青岛市观象山上,全国各地的高程都以它为准进行测量。1956 年黄海平均海水面的水准原点高程为 72.289 m,“1985 国家高程基准”的水准原点高程为 72.260 m。

一般测量工作是以大地水准面作为高程基准面。某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离,称为该点的绝对高程或海拔,简称高程,用 H 表示。在局部地区,如果引用绝对高程有困难时,可采用假定高程系统。即假定一个水准面作为高程基准面,地面点至假定水准面的铅垂距离,称为相对高程或假定高程。两点高程之差称为高差。所以,两点之间的高差与高程起算面无关,如图 1.8 所示。 H_A 、 H_B 为 A 、 B 点的绝对高程, H'_A 、 H'_B 为相对高程, h_{AB} 为 A 、 B 两点间的高差,即

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.3)$$

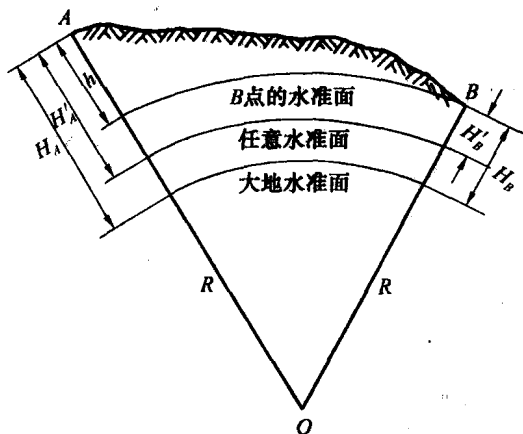


图 1.8 高程系统

1.3.4 确定地面点空间位置的三个基本元素

测量工作的基本任务是确定地面点的位置,即地面点的高程和坐标。通常并不是直接测量出地面点的坐标和高程,而是通过测量待测边与已知边之间的水平角、待定点与已知点之间的水平距离和高差,然后经过计算得出地面点的坐标和高程。

时针方向排列。

坐标原点有时是假设的,假设原点的位置应使测区内点的 X, Y 值为正。测量平面直角坐标系与数学平面坐标系的区别主要是:坐标系 X, Y 轴互换;坐标象限顺序相反。

4. 高斯平面直角坐标系

(1) 高斯投影

高斯平面直角坐标系采用高斯投影方法建立。高斯投影是由德国测量学家高斯于 1830 年至 1852 年首先提出,到 1912 年由德国测量学家克吕格推导出实用的坐标投影公式,所以又称为高斯-克吕格投影。

设想有一个椭圆柱面横套在地球椭球体外面,使它与椭球上某一个子午线相切,椭球柱的中心轴通过椭球体中心,然后用一定的投影方法,将中央子午线两侧各一定经差范围内的地区投影到椭圆柱面上,再将此柱面展开即成为投影面。故高斯投影又称为横轴椭圆柱投影。如图 1.6 所示。

(2) 高斯平面直角坐标系

在投影面上中央子午线和赤道的投影都是直线。以中央子午线和赤道的交点 O 作为坐标原点,以中央子午线的投影为纵坐标轴 X ,规定 X 轴向北为正;以赤道的投影为横坐标轴 Y , Y 轴向东为正,这样便形成了高斯平面直角坐标系。如图 1.7 所示。

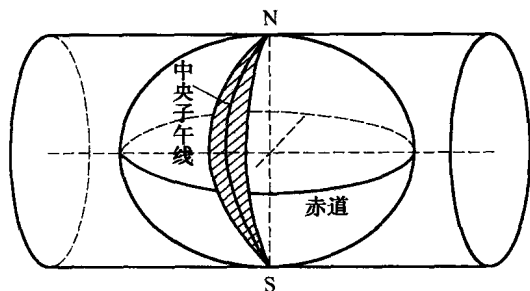


图 1.6 高斯投影

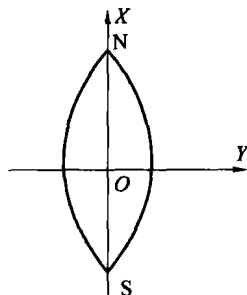


图 1.7 高斯平面直角坐标系

(3) 投影带

高斯投影中,除中央子午线外,各点均存在长度变形,且距中央子午线越远,长度变形越大。为了控制长度变形,将地球椭球面按一定的经度差分成若干范围不大的带,称为投影带,带宽分为 6° 、 3° ,分别称为 6° 带和 3° 带。

所谓 6° 带,即从 0° 子午线起,每隔经差 6° 自西向东分带,依次编号 1 ~ 60,各带相邻子午线称为分界子午线。带号 N 与相应的中央子午线经度 L_0 的关系为

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1.1)$$

所谓 3° 带,以 6° 带的中央子午线和分界子午线为其中央子午线。即自东经 1.5° 子午线起,每隔经差 3° 自西向东分带,依次编号 1 ~ 120,带号 n 与相应的中央子午线经度 l_0 的关系为

$$l_0 = 3n \quad (1.2)$$