

高等职业技术教育土建类专业“十二五”规划教材

建筑工程测量

主编 任伟



武汉理工大学出版社

高等职业技术教育土建类专业“十二五”规划教材

建筑工程测量

主 编 任 伟
副主编 陈 旭 赵书锋

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书是根据高等学校土建学科教学指导委员会、高等职业教育委员会制定的建筑工程技术专业教学标准、人才培养方案及课程标准编写的。

全书共分6个项目,15个学习型工作任务,主要内容有:项目一 测量定位系统的建立;项目二 常规测量仪器的技术操作与施测;项目三 控制测量;项目四 地形图测绘与地形图的应用;项目五 建筑施工测量;项目六 全球导航卫星系统(GNSS)。每个项目又由若干个学习型工作任务组成,适合项目教学法的实施,体现教、学、做合一的教学模式。

本书能够满足建筑工程技术、建筑工程管理、工程造价、工程监理、房地产经营与管理及道路桥梁工程技术等专业的教学要求,也可作为职工岗位培训教材以及其他相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/任伟主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.8

ISBN 978-7-5629-4905-3

I. ①建… II. ①任… III. ①建筑测量-高等职业教育-教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 185533 号

项目负责人:张淑芳 戴皓华

责任校对:刘 凯

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15.5

字 数:387 千字

版 次:2015 年 8 月第 1 版

印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷

印 数:3000 册

定 价:32.00 元

责任编辑:戴皓华

装帧设计:一 尘

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

前 言

本书是根据高等学校土建学科教学指导委员会、高等职业教育委员会制定的建筑工程技术专业教学标准、人才培养方案及课程标准为依据,在总结多年教学实践经验的基础上编写完成的。

《建筑工程测量》是高职高专建筑工程技术专业的一门专业核心课,它与“建筑施工技术”“土力学与地基基础”“房屋建筑学”及“工程制图”等课程联系密切,对培养学生的岗位职业能力具有重要的作用。本课程不仅学习建筑工程测量的基本知识和基本技术技能,尤其要重点学习和掌握建筑施工测量及建筑物(构筑物)变形观测等技术技能。

本书为“教、学、做一体”教材,全书分为6个学习项目,按照任务引领知识和技能,6个学习项目又分解为15个学习型工作任务。各项目 and 任务紧扣人才培养目标,突出以实用为主的教学原则,以达到学以致用为目的。每个工作任务又分解为若干学习情境,并在每个工作任务后面安排有相应的职业技能训练项目,适合项目教学法的实施,体现了“教、学、做合一”的新型教学模式。全书编写中力求将测量新知识、新技术、新规范融入教材,充分体现其先进性要求。

近年来,随着测绘科学和技术的飞速发展,测量方法的自动化和测量成果数字化已成为现代测量的发展方向,新的测量技术和仪器设备在测量实践中普及应用。按照“教、学、做一体”的教学要求,本教材在职业技能训练中,不仅安排了常规测量技能训练,还设计了“全站仪放样”“全站仪测导线”“全站仪后方交会”“数字测图”及“GNSS RTK 测量”等体现测量新技术的技能训练项目,具有较强的先进性、职业性和实用性。

本书由任伟担任主编,陈旭、赵书锋担任副主编,参加编写的其他人员有师杰、曾佳。其中,课程导入、项目一、项目二中的任务一和任务三由任伟编写;项目二中的任务二由曾佳编写;项目二中的任务四、项目四由师杰编写;项目三、项目六由陈旭编写;项目五由赵书锋编写。

在本书编写过程中,得到了武汉理工大学出版社和编者所在单位的大力支持与帮助,在此一并致谢!

由于编者的水平、经验有限,加之时间仓促,书中难免有错误之处,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

2015 年 5 月

目 录

课程导入	(1)
项目一 测量定位系统的建立	(4)
学习任务 地面点位的确定	(4)
思考与练习	(13)
测量实训章程	(13)
项目二 常规测量仪器的技术操作与施测	(17)
任务一 水准仪的技术操作与水准测量	(17)
情境一 水准测量原理	(17)
情境二 水准测量的仪器和工具	(19)
情境三 微倾式水准仪的操作规程	(25)
情境四 水准测量施测	(27)
情境五 水准仪的检验和校正	(38)
思考与练习	(41)
实训一 DS ₃ 微倾水准仪的认识与技术操作	(43)
实训二 连续水准测量施测方法	(44)
实训三 抄平测量	(45)
任务二 经纬仪的技术操作与角度测量	(46)
情境一 角度测量原理及其仪器	(46)
情境二 角度观测的方法	(56)
情境三 经纬仪的检验校正	(65)
思考与练习	(69)
实训一 DJ ₆ 型光学经纬仪的认识与技术操作	(70)
实训二 测回法观测水平角	(72)
实训三 竖直角测量	(73)
任务三 距离测量与直线定向	(75)
情境一 钢尺量距	(75)
情境二 视距测量	(78)
情境三 电磁波测距	(81)
情境四 直线定向与坐标计算	(82)
思考与练习	(85)
实训一 钢尺一般量距	(86)
实训二 电磁波测距	(88)
任务四 全站仪的技术操作	(89)

情境一 全站仪工作原理及其结构构造	(90)
情境二 拓普康全站仪的使用	(93)
思考与练习	(101)
实训一 全站仪的技术操作——坐标测量	(102)
实训二 全站仪的技术操作——坐标放样	(103)
项目三 控制测量	(105)
任务一 导线测量	(105)
情境一 控制测量概述	(105)
情境二 导线测量外业工作	(108)
情境三 导线测量的内业计算	(113)
情境四 全站仪导线测量	(120)
思考与练习	(122)
实训一 闭合导线测量	(123)
实训二 全站仪导线测量	(127)
任务二 交会测量	(128)
情境一 前方交会测量	(129)
情境二 后方交会测量	(131)
思考与练习	(133)
实训 全站仪后方交会测量	(133)
任务三 高程控制测量	(135)
情境一 三、四等水准测量	(135)
情境二 三角高程测量	(142)
思考与练习	(144)
实训 四等水准测量	(145)
项目四 地形图测绘与地形图的应用	(147)
任务一 地形图测绘	(147)
情境一 地形图的识读	(147)
情境二 大比例尺地形图测绘	(158)
思考与练习	(168)
实训 1:1000 数字测图	(170)
任务二 地形图的应用	(173)
思考与练习	(177)
项目五 建筑施工测量	(179)
任务一 建筑施工测量的基本工作	(179)
情境一 点的高程测设	(179)
情境二 点的平面位置测设	(181)
情境三 水平线测设与坡度测设	(185)
思考与练习	(187)

实训一 直角坐标法测设平面点位·····	(187)
实训二 高程测设·····	(188)
任务二 民用建筑与工业建筑施工测量·····	(190)
情境一 建筑物的定位·····	(190)
情境二 建筑物放线·····	(193)
情境三 工业建筑施工测量·····	(199)
思考与练习·····	(206)
实训一 框架结构建筑物定位·····	(207)
实训二 建筑物轴线测设·····	(210)
任务三 建筑物的变形观测·····	(211)
情境一 沉降观测·····	(211)
情境二 建筑物的倾斜观测·····	(213)
思考与练习·····	(214)
实训 框剪结构建筑变形观测·····	(214)
项目六 全球导航卫星系统(GNSS) ·····	(216)
任务一 认识卫星定位技术·····	(216)
情境一 GNSS 概述 ·····	(216)
情境二 几种主要的 GNSS 系统 ·····	(220)
思考与练习·····	(224)
任务二 GNSS 接收机的认识及使用 ·····	(224)
情境一 GNSS 接收机的认识 ·····	(224)
情境二 GNSS-RTK 技术及应用 ·····	(226)
思考与练习·····	(233)
实训一 GNSS 接收机的认识及操作使用 ·····	(234)
实训二 GNSS RTK 测量 ·····	(235)
参考文献·····	(237)

课程导入

测量学是研究如何确定地球的形状和大小,以及如何确定地面点的空间位置,并将地球表面各种地物、地貌及其他信息测绘成图的科学。随着社会生产和科学技术的不断发展,测量学逐渐专门化,亦随之分出多个分支学科。根据研究对象和应用范围的不同,测量学分为大地测量学、地形测量学、摄影测量学、工程测量学等学科。

(1)大地测量学 是研究在地球表面广大区域内建立国家大地控制网,精确测定地球的形状、大小及地球重力场等方面的测量理论、技术和方法的学科。大地测量为测量学的其他分支学科提供最基础的测量数据和资料,并为研究地球形状、大小、地壳变形及地震预报等提供重要资料。

(2)地形测量学 是研究测绘地形图的基本理论、技术和方法的学科。在地球表面较小区域内(不考虑地球曲率的影响),应用各种测量仪器,按一定的程序和方法,根据地形图图式规定的符号,将地物、地貌测绘在图纸上。

(3)摄影测量学 是研究如何利用摄影相片来测定各种地物的形状、大小、位置并获取其他信息的学科。即通过摄影像片和辐射能的各种图像记录手段,对地物进行处理、测量、判释和研究,以获取其形状、大小和位置以及关于环境的可靠信息。

(4)工程测量学 工程测量是研究各种工程建设和自然资源开发各个阶段中测量方法和理论的学科。其研究范围涵盖工程建设的全过程,包括勘测规划、设计阶段的控制测量,大比例尺地形图测绘,工程施工阶段的施工测量,大型设备安装定位测量,工程建筑物、构筑物运营管理阶段的变形监测等。工程测量直接为各项建设工程的勘测、设计、施工、安装、竣工、监测及营运管理等一系列工序提供保障服务。

尽管测量学的研究对象和应用范围有所不同,但测量学所要解决的基本问题都是地面点的定位问题,也就是确定地面点的空间位置。在测量工作中,地面点的空间位置一般用其平面位置和纵向位置来表示,即平面坐标和高程两个要素。

一、测定与测设

测量定位按照其工作的性质又分为测定和测设两个性质相反的工作过程。

测定就是用专门的测量仪器,通过调查、测量、计算、绘图等手段,获取自然地理要素或者地表的人工设施的形状、大小、空间位置等信息,并按一定比例尺、专门图式符号测绘成图。

如将图 0-0-1 所示测区内的山丘、房屋、河流、小桥、公路等测绘表达为地形图,需要测量出这些地物、地貌特征点的平面位置和高程,然后将这些地物、地貌按一定的比例尺、规定的符号缩小展绘在图纸上。测图工作就是测定。

测设就是将规划设计图上的建(构)筑物的空间位置、形状、大小,用专门的测量仪器设备和一定的测量方法,经必要的数据处理,通过打桩定钉,设置龙门桩、龙门板,撒灰线,撂底弹线、轴线传递、高程传递等形式在实地标定出来,作为工程施工的依据。例如,将图 0-0-1 中设计的三个建筑物 R 、 Q 、 P ,按设计要求在地面进行定位,这个过程就是测设,在工程上又叫放

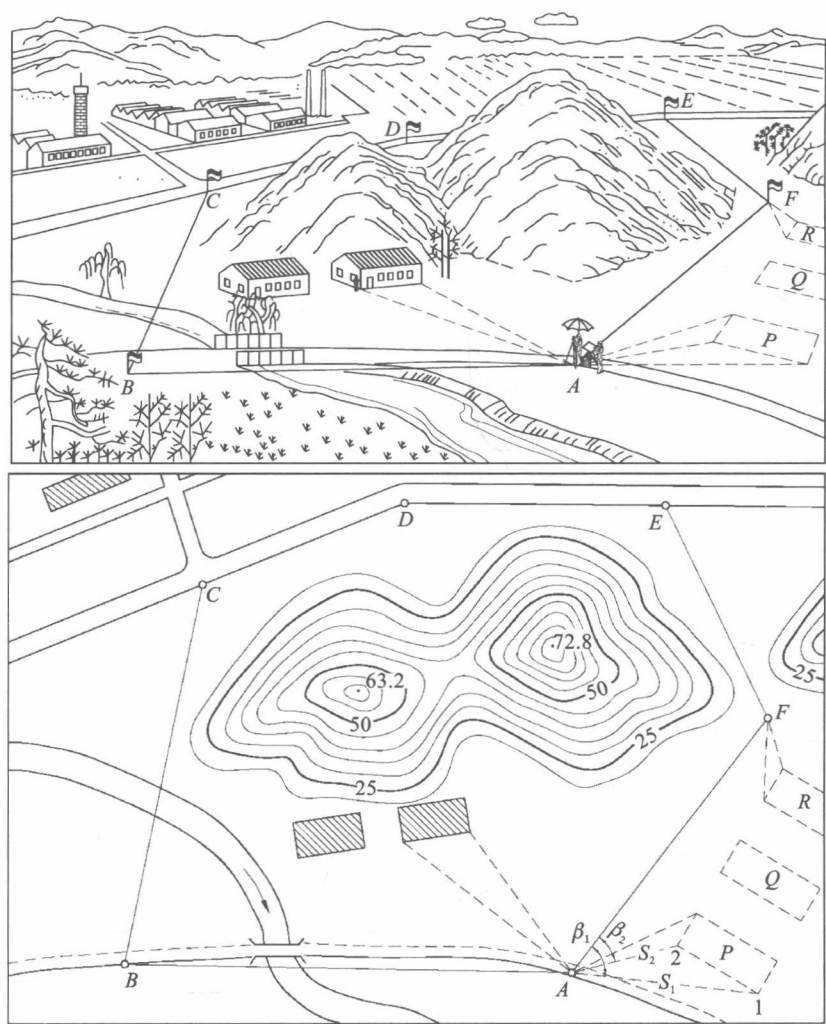


图 0-0-1 大比例尺测图

样。图 0-0-2所示即为建筑物放样过程。

二、建筑工程测量的任务

建设工程分类很多,建筑工程、道路工程、水利工程等仅仅是建设工程领域的一部分,建筑工程测量主要是为土木建筑工程提供测量服务,它包括建筑工程在勘测规划阶段、工程设计阶段、工程施工阶段及工程竣工和运营管理阶段所进行的各种测量工作。

工程建设一般包括四个阶段,即工程勘测、规划阶段,工程设计阶段,工程施工阶段,工程竣工及工程建筑物(构筑物)

运营管理阶段,测量工作贯穿始终。

建筑工程测量在工程勘测规划阶段和工程设计阶段的主要工作是测绘大比例尺地形图及地形图应用;在工程施工阶段和工程竣工及运营管理阶段,建筑工程测量的主要任务是研究如

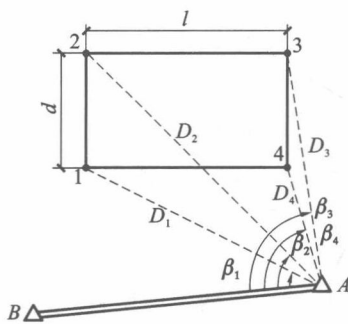


图 0-0-2 建筑物放样

何将图上设计的建筑物点、线、面、体位置测设、安装到工作面上,为施工提供依据;还研究如何精确测定、监测建筑物上一系列关键点的位置及其随时间变化的位移;研究建筑物在自身荷载和外力作用下随时间变化的规律,为确保建筑物的安全、稳定,验证设计理论和检验施工质量提供资料。

以上这些工作都是建筑工程测量的任务,所以说测量工作在工程建设方面的应用十分广泛。凡有工程建设的地方就需要工程测量,凡参与工程建设的人员都应该具备相关的测量知识和测量技能。工程测量在整个工程建设中起着先导性、关键性的作用。测量工作贯穿工程建设的全过程。

三、测量技术的发展

测量技术的进步与发展在很大程度上依赖于测量仪器的革新与发展,测量仪器的进步甚至会引起测量理论、测量技术、测量成果的进步和发展及测量应用领域的拓展。从 17 世纪到 20 世纪中叶,光学测量仪器体系逐步形成并得到了较快发展,同时带动了传统测量理论与方法的发展,使得模拟测绘技术趋于成熟。到 20 世纪中叶以后,随着电子技术的发展,测量仪器开始向电子化、数字化的方向发展。测量仪器和数据处理设备的每一次突破都相应带来测量理论和技术的一次飞跃。测绘已经走过了模拟测绘、解析测绘、数字测绘的发展阶段。

本课程将在以后的学习项目中重点学习各种常用测量仪器的技术原理和操作方法,特别是把测量新技术及其应用作为重要学习内容,并能够将其应用到工程建设中。

项目一 测量定位系统的建立

学习任务 地面点位的确定

任务介绍:

本任务主要介绍地球的形状和大小,地面点的平面位置及高程的表示方法,本任务的内容将为后续测量知识学习打下基础。

任务目标:

知识目标:了解有关地球形状的基本知识,什么是测量的基准面和基准线;掌握测量中常用的几种平面坐标系统及高程系统;掌握地球曲率对高程测量、距离测量及角度测量的影响;掌握测量工作的基本工作原则。

能力目标:培养学生确定地面点空间位置表示方法的能力;理解高斯投影原则及高斯平面直角坐标系的建立原则;掌握独立平面直角坐标系和高程系的建立原则和方法;掌握 1985 国家高程基准。

一、地球形状和大小

测量工作主要研究对象是地球的自然表面。为了确定地面点的空间位置,就必须选择一个基准面。要选择一个理想的基准面,必须了解地球的形状和大小。只有熟知地球自然形态、物理形态和数学形态,才能科学地建立定位的参考基准。

测量工作是在地球表面进行的。地球的自然表面有高山、丘陵、平原、盆地和海洋,很不规则,整个地球表面海洋约占 71%、陆地表面约占 29%,地表上最高的珠穆朗玛峰高出海水面达 8844.43m,最低的马里亚纳海沟低于海水面达 11022m,这样的高低起伏,相对于地球 6371km 的平均半径来说只能算是微小的起伏。总体而言,可以认为地球是一个由水面包围的球体。在这里,静止的水体表面叫作水准面。水准面有无穷多个,其中静止的平均海水面称为大地水准面。对一个国家或地区来说,经过若干个时期的连续验潮,确定平均海水面作为该国或该地区的大地水准面,也称为高程基准面。它是一个没有褶皱和棱角的、连续的封闭曲面。由大地水准面所包围的形体叫作大地体。通常认为大地体可以代表整个地球的形状。

水准面是一个重力等位面,它是一个处处与重力方向垂直的连续曲面。然而,由于地球内部物质分布不均匀,使得地面各点铅垂线方向发生不规则的变化,根据水准面的特性,大地水准面实际上是略有起伏且不规则的光滑曲面,如图 1-0-1 所示。显然,要在这样的曲面上进行

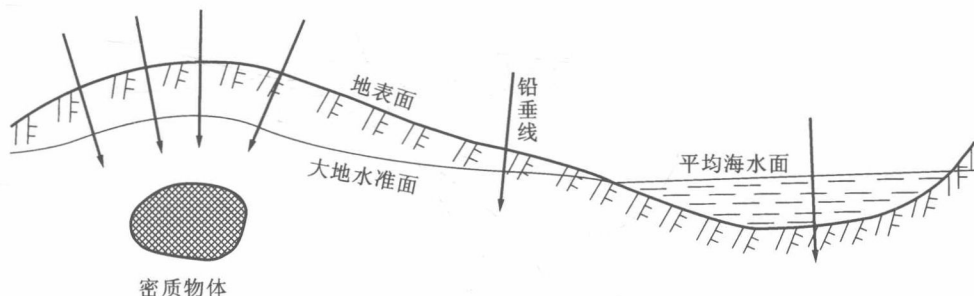


图 1-0-1 大地水准面

各种数据的测量、计算和进行成果、成图的处理是相当困难的,甚至是不可能的。经过长期的测量和研究表明,地球是一个沿赤道稍微膨大而两极略为扁平的椭球。根据卫星照片和卫星大地测量的资料分析,更进一步证明了大地体是一个椭球体,并且接近于一个椭圆绕轴旋转而成的旋转椭球体。因此,我们可以用一个能用数学式表达的旋转椭球体,与大地体进行定位,这个与大地体定位的椭球体,测量工作者称之为参考椭球体,其表面是一个数学曲面。

旋转椭球的数学模型可用以下方程表示:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad (1-1)$$

决定地球椭球体形状和大小的参数是椭圆的长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 α 。其关系式为:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-2)$$

目前,地球椭球体最精确的参数值为: $a = 6378137\text{m}$, $\alpha = 1 : 298.257222101$ 。我国 2008 年 7 月 1 日启用的 CGCS2000 地心坐标系,即 2000 国家大地坐标系就采用了该椭球参数。

1954 北京坐标系采用克拉索夫斯基椭球(Krasovsky ellipsoid)参数, $a = 6378245\text{m}$, $\alpha = 1 : 298.3$ 。

1980 西安坐标系采用 IUGG1975 椭球参数,即 1975 年 16 届“国际大地测量与地球物理联合会”推荐的椭球, $a = 6378140\text{m}$, $\alpha = 1 : 298.257$ 。

WGS-84 坐标系采用 IUGG1979 椭球参数, $a = 6378137\text{m}$, $\alpha = 1 : 298.257223563$ 。

由于地球椭球体的扁率 α 很小,当测量的区域不大时,可将地球看作半径为 R 的圆球。

$$R = \frac{a+b+a}{3} \approx 6371\text{km}$$

根据牛顿万有引力定律可知,在地球的自转运动中,地球上任一质点都要受到地球引力和离心力的双重作用,这两个力的合力称为重力,重力的方向线称为铅垂线。

铅垂线是野外测量工作的基准线。在地球的任意一点上,通过用细线悬挂重锤并维持重锤静止后细线方向来取得该点铅垂线的方向,如图 1-0-2 所示。

二、确定地面点平面位置的坐标系

(一)地理坐标系

地理坐标系是经纬度坐标系,也可称为真实世界的坐标系,它将地球看作一个球体,而经纬网就是“套”在地球表面的地理坐标参照系格网,即经线、纬线划分的坐标格网,如图 1-0-3 所示。点的位置就用经度和纬度表示。

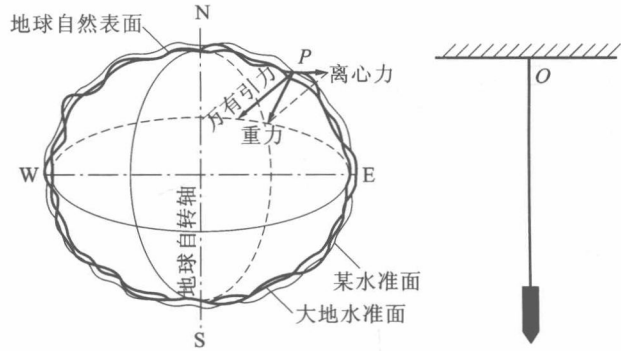


图 1-0-2 地球自然面和铅垂线



图 1-0-3 地理坐标(一)

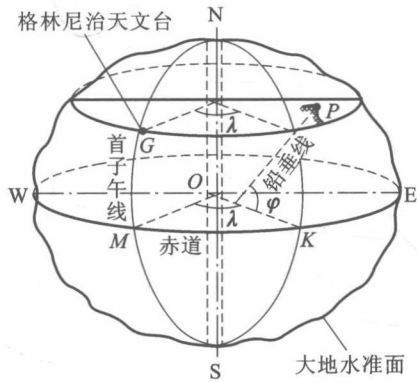


图 1-0-4 地理坐标(二)

1. 经线和经度

所有通过地轴的平面,叫子午面,子午面和地球表面的交线叫子午线,也叫经线。所有经线都在南北两极交会,所有经线都呈南北方向。经度是一个两面角,是两个子午面的夹角。为了度量经度选取一个起点面,经 1884 年国际会议协商,决定以通过英国伦敦近郊泰晤士河南岸的格林尼治皇家天文台(旧址)的一台主要子午仪十字丝的那条经线为起始经线,称为本初子午线,又称首子午线。通过该子午线的子午面称为首子午面。首子午面是经度的起算面。

某地面点 P 的经度,就是该点所在的子午面与首子午面间的夹角。图 1-0-4 中设 G 点为格林尼治天文台的位置,通过 G 点的子午面为首子午面。

经度的取值范围是 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$,自本初子午面起分别往东、往西度量,往东量值称为东经度,往西量值称为西经度。本初子午线是 0° 经度,东经度的最大值为 180° ,西经度的最大值为 180° ,东、西经 180° 经线是同一根经线,因此不分东经或西经,而统称 180° 经线。我国处在东半球,首都北京的经度为东经 $116^{\circ}23'$ 。

2. 纬线与纬度

通过地球体中心 O 且垂直于地轴的平面称为赤道面。它是纬度计量的起始面。赤道面与地球表面的交线称为赤道。其他垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线。

过地面点 P 的铅垂线与赤道面所夹的线面角就称为点 P 的天文纬度,用 φ 表示。

过地面点 P 的法线与赤道面所夹的线面角就称为点 P 的大地纬度,用 B 表示。

纬度的取值范围为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$,在赤道以北的叫北纬,以南的叫南纬。我国处在北半球,首都

北京的纬度为北纬 $39^{\circ}54'$ 。

(二)独立(假定)的平面直角坐标系

《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011)规定,面积小于 25km^2 的城镇,可不经投影,采用假定平面直角坐标系在平面上直接进行计算。

如图 1-0-5(a)所示,当测区范围较小时,可以用测区中心点 A 的水平面来代替大地水准面,在这个平面上建立的平面直角坐标系 xOy ,称为假定平面直角坐标系,或叫独立平面直角坐标系。

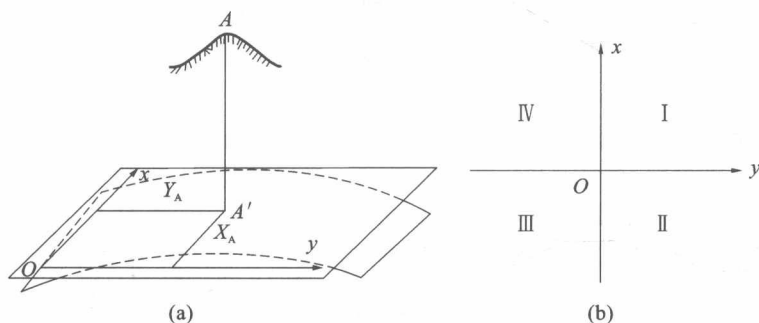


图 1-0-5 独立的平面直角坐标系

如图 1-0-5(b)所示,在独立平面直角坐标系中,规定南北方向为坐标纵轴,记作 x 轴, x 轴向北为正,向南为负;以东西方向为坐标横轴,记作 y 轴, y 轴向东为正,向西为负;坐标系的象限按顺时针方向编号;坐标原点 O 一般选在测区的西南角,使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值。

测量坐标系和数学上的笛卡尔坐标系虽然形式不同,其本质是一样的,数学中的三角函数公式可以直接应用到测量计算中,而不须作任何变更,如图 1-0-6 所示。

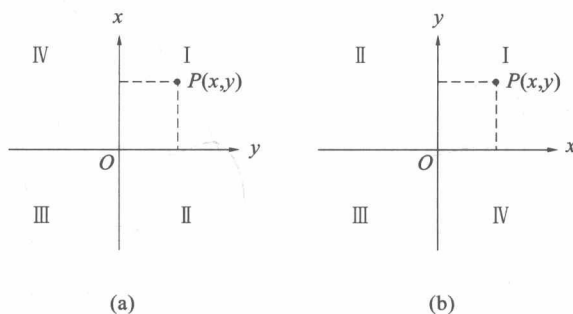


图 1-0-6 测量坐标系与笛卡尔坐标系的比较

(a)测量坐标系;(b)数学上的笛卡尔坐标系

(三)高斯平面直角坐标系

地理坐标对于局部测量来说计算复杂、烦琐,使用很不方便,因此,把球面问题化简为平面问题,是测量工作满足工程建设及社会事业发展需要的客观要求。

当测区范围大,必须考虑球面弯曲对测量结果的影响时,不能把测量区域当作平面来看待,必须考虑将球面变成平面所引起的各种变形。要把球面问题转换为平面问题,采用地图投影的方法将球面上的大地坐标转换为平面直角坐标,建立平面坐标系。

高斯投影是德国数学家高斯提出的一种投影方法。就是假设一个椭圆柱横套在地球椭球

体外并与椭球面上的某一条子午线相切,这条相切的子午线称为中央子午线。

假想在椭球体中心放置一个光源,通过光线将椭球面上一定范围内的物象映射到圆柱的内表面上,然后将圆柱面沿一条母线剪开展成平面,即获得投影后的平面图形,如图 1-0-7 所示。

1. 高斯投影分带

高斯投影虽然没有角度的变形,但长度、面积都发生了变形,离中央子午线越远,变形就越大,为了对变形加以限制,测量中采用限制投影区域的办法,即将投影区域限制在中央子午线两侧一定的范围内,这就是所谓的分带投影,如图 1-0-7 所示。

我国通常采用 6°带和 3°带两种分带方法。测图比例尺小于 1 : 10000 时,一般采用 6°带;测图比例尺大于等于 1 : 10000 时则采用 3°带。在工程测量中,有时也采用任意带投影,即把中央子午线放在测区中央的高斯投影。在高精度的测量中,也可采用小于 3°的分带投影。

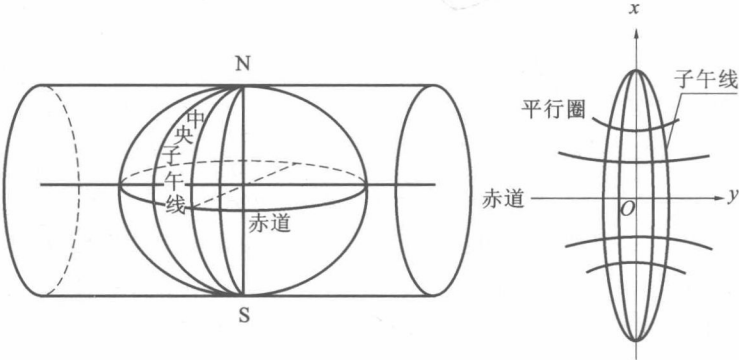


图 1-0-7 高斯投影

如图 1-0-8 所示,6°带投影是从英国格林尼治起始子午线开始,自西向东,每隔经差 6°分为一带,将地球分成 60 个带,其编号分别为 1、2、…、60。每带的中央子午线经度可用下式计算。

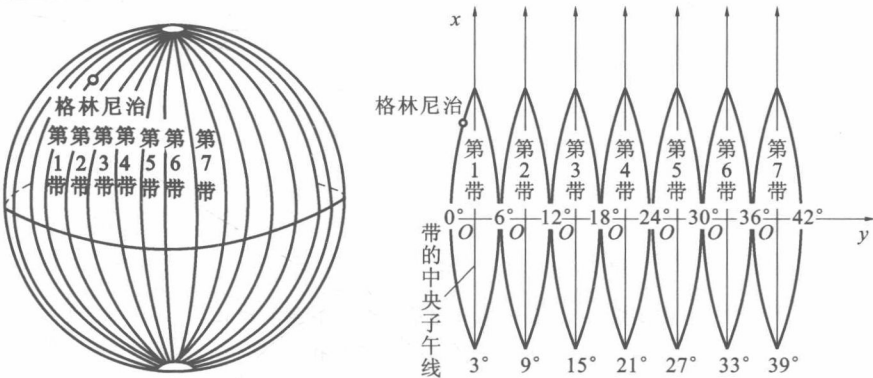


图 1-0-8 高斯投影分带

$$L_6 = 6N - 3 \tag{1-3}$$

式(1-3)中 N 为 6°带的带号。6°带的最大变形在赤道与投影带最外一条经线的交点上,长度变形为 0.14%,面积变形为 0.27%。

反之,若已知地面某点的大地经度 L ,也可以根据地面点的经度 L ,计算 6 度带的带号 N ,其公式为:

$$N = \text{Int}\left(\frac{L+3}{6} + 0.5\right) \quad (1-4)$$

式(1-4)中 Int 为取整函数。

3°投影带是在 6°带的基础上划分的。每 3°为一带,共 120 带。每带的中央子午线经度可用下式计算:

$$L_3 = 3^\circ N' \quad (1-5)$$

式中 N' ——3°带的带号。

我国领土位于东经 72°~136°之间,包括从 13~23 带 11 个 6°投影带;22 个 3°投影带,即 24~45 带。我国境内两种投影带的带号不重复。北京天安门在 6°带的第 20 带中央子午线西,中央子午线经度为 117°。

2. 高斯坐标系

通过高斯投影,将中央子午线的投影作为坐标纵轴,用 x 表示,将赤道的投影作为坐标横轴,用 y 表示,两轴的交点作为坐标原点,由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系,如图 1-0-9 所示。对应于每一个投影带,就有一个独立的高斯平面直角坐标系,区分各带坐标系,则利用相应投影带的带号。

由于采用了分带投影,各带自成独立的坐标系,因而不同投影带、不同的位置的点就会出现相同坐标。为了区分不同带中坐标相同的点,又规定在横坐标 y 值前冠以带号。由于我国位于北半球, x 坐标均为正值,在每一投影带内, y 坐标值有正有负,这使得计算和使用均不便,为了使 y 坐标都为正值,将坐标纵轴向西平移 500km(在赤道上 1°对应的长度大约是 111km,半个投影带的最大宽度最大不超过 334km)。把 y 坐标加 500km 并冠以带号的坐标称为通用坐标,而把没有加 500km 和未冠以带号的坐标,称为自然坐标。显然,同点的通用坐标和自然坐标的 x 值相等,而 y 值则不同。

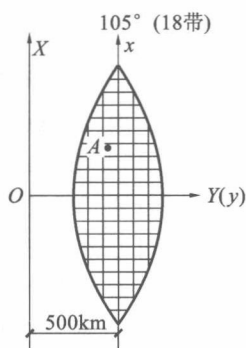


图 1-0-9 高斯平面直角坐标

如图 1-0-9 所示的 A 点位于第 18 投影带,其自然坐标为 $x=3395451\text{m}$, $y=-82261\text{m}$,它在 18 带中的高斯通用坐标则为 $x=3395451\text{m}$, $y=18\ 417739\text{m}$ 。可见,高斯投影后的自然坐标不能唯一确定地球表面点的位置,不同点在各带中肯定会有相同的自然坐标。

高斯投影中,只有通用坐标才能唯一确定地面点的位置。

三、确定地面点纵向位置的高程系

要确定地面点的空间位置,只有平面坐标系是不够的,还必须建立高程系,确定点的纵向位置高程。

前面我们介绍了大地水准面,地面点沿铅垂线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。如图 1-0-10 所示,地面点 A、B 的高程分别为 H_A 、 H_B 。

通常用平均海水面代替水准面且延伸到大陆内部。它包围的球体可以代表地球的形状和大小。可见选择这样一个面作为高程系的起算面是比较理想的。然而海水面是一个时刻变动着的曲面。为了求得平均海水面,须在沿海港湾设立验潮站,经过长期的连续观测海水面的高度,最后取其平均值作为该站平均海水面的位置。

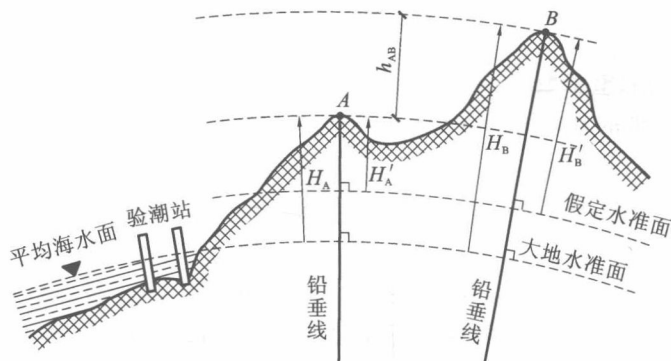


图 1-0-10 高程和高差

由于平均海水面不变,可随时联测使用,所以我们国家在青岛观象山上建立了一个与该平均海水面相联系的水准点,这个水准点叫作“中华人民共和国水准原点”,作为全国推算高程的依据。我国以 1950—1956 年间青岛验潮站 7 年记录的黄海平均海水面作为我国的大地水准面,用精密水准测量方法测出该原点的高程为 72.289m。由此建立的高程系统称为“1956 年黄海高程系”。

由于 1956 年黄海高程系验潮时间短,还不到潮汐变化的一个周期(一般一个潮汐变化周期约为 19 年),加上存在粗差,1985 年国家测绘局又根据该站 1952—1979 年间连续观测的潮汐资料进一步确定了黄海平均海水面的精确位置,再次测得水准原点的高程值为 72.260m,并将其命名为“1985 国家高程基准”,于 1987 年 5 月正式通告启用,同时“1956 年黄海高程系”即相应废止。各部门各类水准点成果将逐步归算至“1985 国家高程基准”上来。

当测区附近暂没有国家高程点可联测时,也可临时假定一个水准面作为该区的高程起算面。地面点沿铅垂线至假定水准面的距离,称为该点的相对高程或假定高程。如图 1-0-10 所示的 H'_A 、 H'_B 分别为地面上 A、B 两点的假定高程。

在土木建筑工程中,高程也可以称作标高。

地面两点间的高程之差,称为高差,用 h 表示。例如, A 点至 B 点的高差可写为:

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (1-6)$$

式(1-6)为高差的定义公式。由该公式可知,高差有正、有负,并用下标注明其方向。高差是两点间高程的增量,高差与高程的起算面无关。

B、A 两点的高差为:

$$h_{BA} = H_A - H_B \quad (1-7)$$

A、B 两点的高差与 B、A 两点的高差,绝对值相等,符号相反,即:

$$h_{AB} = -h_{BA} \quad (1-8)$$

高程的测量公式可由高差的定义公式推出:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (1-9)$$

即待测点的高程等于已知点高程加上已知点到待测点的高差。

四、用水平面代替水准面的限度

由于测量的主要工作是距离测量、角度测量和高程测量,所以用水平面代替水准面在测量上所产生的误差一般认为有距离误差、角度误差和高程误差三种。下面讨论区域面积达到多