

24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14



“十四五”职业教育国家规划教材

广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材

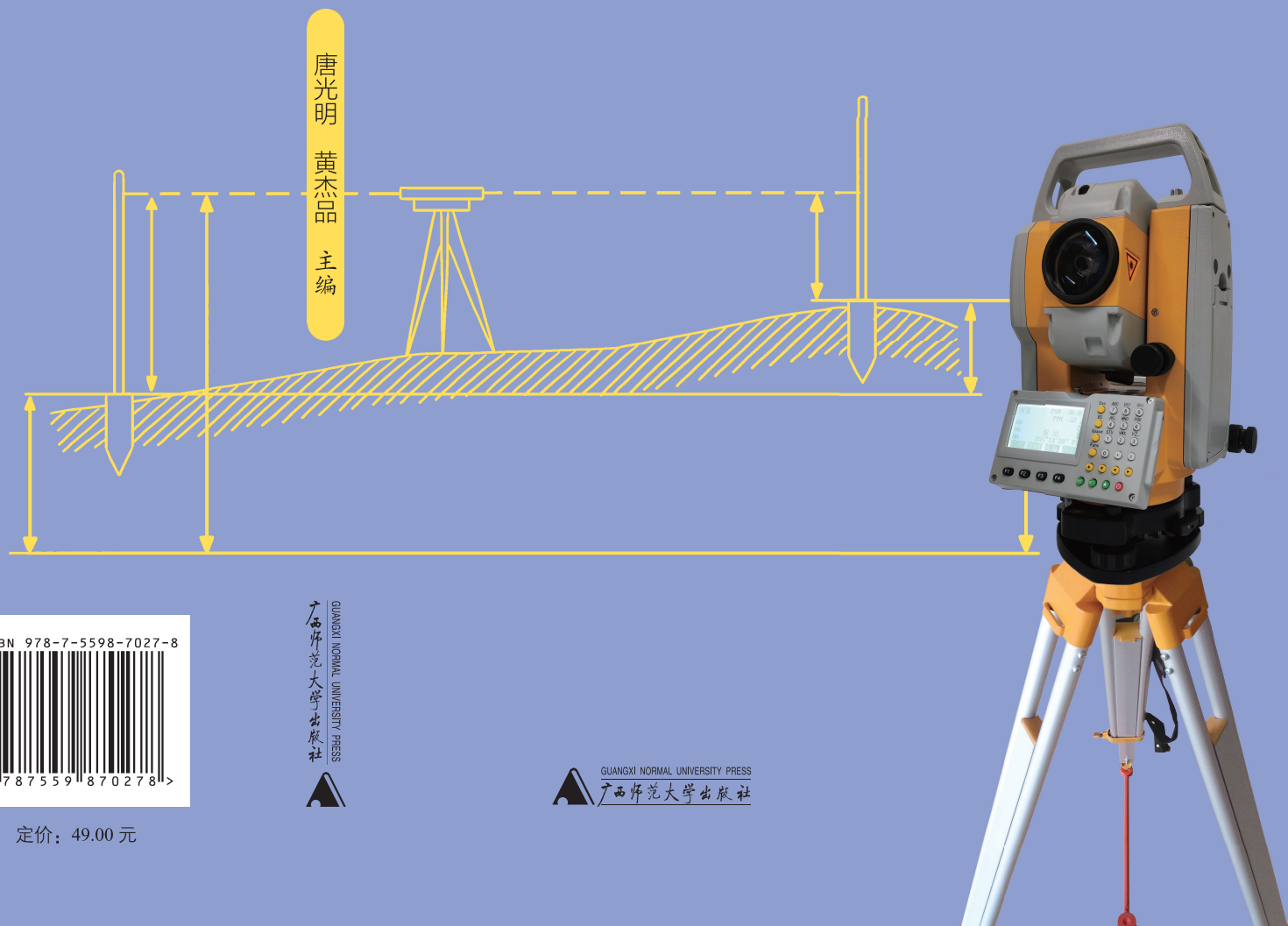


工程测量技术

GONGCHENG
GELIANG
JISHU

工程测量技术

唐光明 黄杰品 主编



唐光明
黄杰品
主编

总策划 施东毅 梁琪 张贻松
项目统筹 张贻松 闫丽
策划编辑 黄丽艳
责任编辑 闫丽
责任校对 方芳
责任技编 伍智辉
装帧设计 广大迅风·黄璐霜



定价：49.00 元

广西师范大学出版社
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS





“十四五”职业教育国家规划教材

广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材

工程测量技术

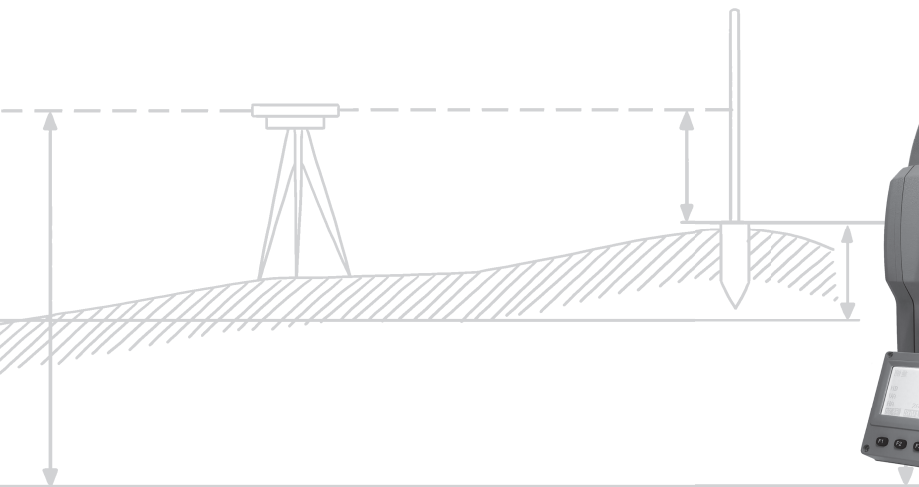
主 编：唐光明 黄杰品

副主编：黄春念 覃国鑫

编 者：陆雪丹 谢沛蓉 梁莉莉 李 剑 熊 宁

刘玲玲 莫荣生 姚兰怡 黄 勇 黄炎佳

温久民 韦俊部 梁 绕



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS
广西师范大学出版社

· 桂林 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量技术 / 唐光明, 黄杰品主编. -- 桂林 :
广西师范大学出版社, 2024.7 (2026.4 重印)
广西壮族自治区“十四五”职业教育规划教材
ISBN 978-7-5598-7027-8

I. ①工… II. ①唐… ②黄… III. ①工程测量—
职业教育—教材 IV. ①TB22

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 107774 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市五里店路 9 号 邮政编码: 541004)
网址: <http://www.bbtpress.com>

出版人: 黄轩庄

全国新华书店经销

河北龙大印务有限公司印刷

(三河市城南看守所西侧平香路 100 号 邮政编码: 065200)

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 18.5 字数: 366 千

2024 年 7 月第 1 版 2026 年 4 月第 2 次印刷

定价: 49.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社发行部门联系调换。

目 录

Contents

项目 1	测量基本知识	1
任务 1	地球的形状和大小认知	1
任务 2	地面点位的确定	6
任务 3	测量的基本工作和基本原则认知	16
项目 2	水准测量	20
任务 1	水准测量原理认知	20
任务 2	水准测量仪器的使用	26
任务 3	普通水准测量	35
任务 4	水准测量成果的整理	43
任务 5	三、四等水准测量	55
任务 6	水准仪的检验与水准测量误差来源认知	67
项目 3	角度测量	75
任务 1	角度测量原理认知	75
任务 2	全站仪的使用	80
任务 3	测回法观测水平角	85
任务 4	方向观测法观测水平角	91
任务 5	竖直角测量	96
任务 6	角度测量误差来源认知	101
项目 4	距离测量与直线定向	107
任务 1	距离测量	107
任务 2	直线定向	115



任务 3	坐标正算与坐标反算	122
项目 5	导线测量	127
任务 1	控制测量基本知识认知	127
任务 2	导线测量	133
任务 3	导线测量外业工作	138
任务 4	闭合导线测量内业计算	144
任务 5	附合导线测量内业计算	155
项目 6	地形图测绘	164
任务 1	地形图基本知识认知	164
任务 2	地形图识读	172
任务 3	全站仪测图	181
任务 4	地形图的基本应用	188
项目 7	建筑施工测量	195
任务 1	测设的基本工作和测设点位的方法	195
任务 2	施工控制测量基本知识认知	204
任务 3	建筑物的施工测量	214
任务 4	建筑物的变形测量	224
任务 5	建筑物的竣工测量	232
项目 8	道路工程测量	237
任务 1	道路工程测量基本知识认知	237
任务 2	道路中线和曲线测设	244
任务 3	道路纵、横断面测量	266
任务 4	道路施工测量	280
参考文献	288

项目 1

测量基本知识

“珠峰测高”“卫星导航”“高精地图”“自然资源调查监测”等测绘科技成果不断写入国家科技成就名册,推动自然资源科技“上天入地”“登峰下海”。以高质量发展擘画中国式现代化新蓝图的冲锋号已经吹响,要用测绘科技的画笔准确而生动地描出壮丽山河新面貌、绘出美丽中国新图景。

测绘行业在国民经济和社会发展中有着重要的地位和作用。测绘技术被广泛应用于土地利用规划、城市规划、房地产开发、交通运输、水利工程、海洋开发、地震预测、环境保护、资源调查、国土安全等领域。本项目是测绘学的基本知识简述,包括地球的基本知识、测绘学的工作任务以及测绘学的工作原则等,是学好本学科所必备的知识。

2020年12月8日,中国和尼泊尔政府共同宣布,珠穆朗玛峰最新高程(海拔):8848.86米。

此次珠穆朗玛峰高程测量工作,是由中国自然资源部第一大地测量队主导,从2020年3月2日启动外业测量,到5月27日成功登顶测量,总计奋战89天才完成。此次测量工作,运用了国产北斗导航系统(首次用于珠峰峰顶大地高度计算)、国产重力仪(首次实测峰顶重力值)、国产雪深雷达、航空重力技术、5G通信、高分卫星、实景三维等,提升了测量精度,直观展示了珠穆朗玛峰自然资源状况。此次测量,不仅精确测量了珠峰的新高度,推动了全球高程基准的建立,而且还获得了精确的峰顶重力值、雪深厚、气象和风速等珍贵数据。这些精确的测量成果,为研究珠穆朗玛峰地区板块运动、冰川变化监测、生态环境保护与监测提供了关键依据,同时也代表了我国测绘科技的重大进步。

任务 1 地球的形状和大小认知



微课“地球的形状和大小”



任务描述

测绘学的研究对象主要是地球的形状、大小和地表上各种物体的几何形状及其空间位置,测绘学目的是为人们了解自然和改造自然服务。本任务是了解地球的形状和大小,掌握水准面以及参考椭球体的概念,这是本门课的基础知识,也是今后测量理论

知识学习所必须掌握的知识。

任务目标

- (1) 了解地球的形状和大小。
- (2) 理解水准面、基准面的概念。——重点与难点
- (3) 掌握基准线的概念,知道参考椭球体。——难点
- (4) 丰富学生的科学基础知识,激发学生的学习兴趣和学习欲望,提高他们的学习主动性和积极性。

任务实施

知识链接

一、了解地球的形状和大小

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面,即岩石圈的表面。地球的自然表面极为复杂,有高山、丘陵、平原和海洋等,如我国西藏与尼泊尔交界处的珠穆朗玛峰高达 8 848.86 m (2020 年测量),而太平洋西部的马里亚纳海沟的斐查兹海渊最深达 11 034 m (1957 年探测)。这些高低起伏的差异与巨大的地球半径(平均约 6 371 km)相比仍可忽略不计。因此,地球表面(如图 1-1-1)是起伏不平的不规则曲面,地球是一个近似椭球体。



图 1-1-1 地球表面

二、理解水准面

地球表面水域面积占地球总面积达 71%，而陆地仅占 29%。设想将静止的海水面向陆地延伸，形成一个封闭的曲面，我们称为水准面(图 1-1-2)。水准面上任意一点的铅垂线方向都垂直于该点曲面，所谓铅垂线就是重力方向线，与铅垂线正交的平面称为水平面。当知道铅垂线方向也就知道水准面方向，而铅垂线很容易求得的，所以便以铅垂线作为测量外业工作的基准线。由于地球水面可高可低，因此水准面有无数个，为此，我们设想一个假想的处于流体静平衡状态的海洋面重合并延伸向大陆且包围整个地球的重力等位面，这个等位面称大地水准面，它是测量工作的基准面。大地水准面如何确定？我国采用平均海面作为高程基准面，所以说，平均海面就是大地水准面。它是指某地一定时期内每小时海面高度的算术平均值。我国将青岛验潮站 27 年观测的潮位平均值定为“1985 年国家高程基准”，作为高程的起算面，这个起算面就称为大地水准面。

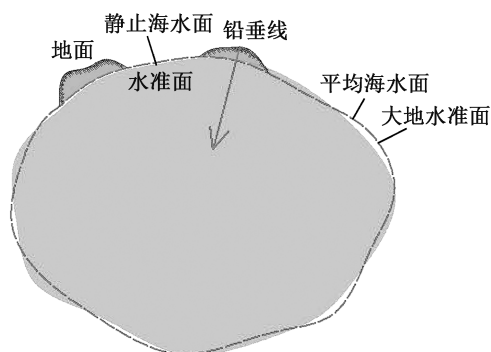


图 1-1-2 水准面

三、知道参考椭球体

1. 我国采用的参考椭球体

测量工作是在地球表面上进行的，如果将地面上的图形投影到不规则的大地水准面上再进行测量计算和绘图是不方便的，为此必须用一个和大地水准面的形状非常接近且可用数学公式表达的几何形体来代替大地水准面。长期测量实践表明，大地体近似于一个旋转椭球体。为了便于用数学模型来描述地球的形状和大小，测绘工作便取大小与大地体非常接近的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小，因此旋转椭球体又称为参考椭球体，它的外表面又称为参考椭球面(如图 1-1-3)。

我国目前采用的 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)，椭球体几何参数如下：

长半轴 $a = 6\,378\,137\text{ m}$

短半轴 $b = 6\,356\,752.314\,14\text{ m}$



$$\text{扁率 } f = (a-b)/a = 1/298.257\ 222\ 101$$

由于参考椭球体的扁率 f 很小,当测区面积不大时,可以把地球看作圆球,其半径取 6 371 km。

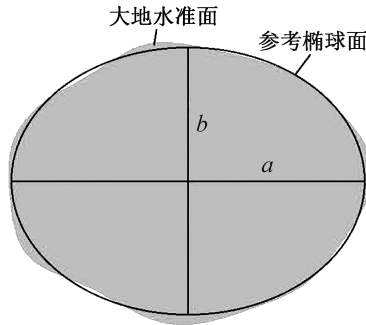


图 1-1-3 参考椭球面

2. 国际使用的参考椭球体

地球椭球的几何参数用长半轴 a 、扁率 f 表示即可。其值以前是用弧度测量和重力测量的方法测定,现代结合卫星大地测量资料可以得出更精确的结果。世界各国推导和采用的地球椭球几何参数很多,现摘录几种典型的地球椭球几何参数以作参考(见表 1-1-1)。

表 1-1-1 地球椭球几何参数

椭球	长半轴 a/m	扁率 f	备注
克拉索夫斯基椭球	6 378 245	1/298.3	苏联;1954 北京坐标系采用
1975 国际椭球	6 378 140	1/298.257	IUGG ^① 第 16 届大会推荐值;1980 西安坐标系采用
WGS-84 椭球	6 378 137	1/298.257 223 563	美国国防部制图局(DMA)
CGCS2000 椭球	6 378 137	1/298.257 222 101	中国;2000 国家大地坐标系采用

^① IUGG 为国际大地测量学和地球物理学联合会(International Union of Geodesy and Geophysics)。

技能操作 

学习知识链接,完成表 1-1-2 任务学习单。

表 1-1-2 任务学习单

任务内容: 地球的形状和大小认知	学生(小组):
步骤一: 填写下列思考与练习	
<p>一、简答题</p> <p>1. 简述地球表面的情况。</p> <p>2. 简述地球的形状。</p> <p>3. 什么是水准面?</p> <p>二、填空题</p> <p>1. 我国目前采用的 2000 国家大地坐标系椭球体几何参数, 长半轴 $a =$ _____, 短半轴 $b =$ _____, 扁率 $f =$ _____。</p> <p>2. 大地水准面是_____。</p> <p>3. 珠穆朗玛峰高达_____ (2020 年测量), 太平洋西部的马里亚纳海沟的斐查兹海渊最深达_____ (1957 年探测)。</p> <p>三、选择题</p> <p>1. 通常认为, 代表整个地球的形状是()所包围的形体。 A. 水准面 B. 参考椭球面 C. 大地水准面 D. 似大地水准面</p>	
步骤二: 总结本任务完成情况, 并由小组长(学生个人)汇报情况	



任务评价

任务评价见表 1-1-3。

表 1-1-3 任务评价表

评价项目	评价要点	满分/分	自评/分	互评/分	师评/分
态度 (30分)	遵章守纪:遵守纪律	10			
	团队合作:团结、和谐、互助	5			
	主动学习:积极主动、认真参与	5			
	安全生产:遵守安全规范	10			
学习过程 (60分)	能准确描述地球的形状	15			
	能理解水准面的概念	15			
	能理解大地水准面的概念	15			
	能理解水准面的特性	15			
反思与总结 (10分)	能说出本任务存在的难点问题以及已经理解的知识点	5			
	能说出水准面在生产工作中的作用	5			
合计		100			
平均得分					
备注					

任务 2 地面点位的确定



任务描述

工程测量最基本的内容是确定地面点的空间位置,所以应建立一个能表达地面点空间位置的定位体系。地面点是相对于地球定位的,如果选择一个能代表地球形状和大小且相对固定的理想曲面作为测量基准面,就可以用地面点在这个基准面上的投影位置和高度来确定地面点的空间位置。

本任务是学习用地面点在基准面上的投影位置和该点到基准面的铅垂距离(即平面坐标和高程)来确定地面点的空间位置。

任务目标

- (1)理解地理坐标系。
- (2)理解高斯平面坐标系。——**难点**
- (3)理解绝对高程、相对高程、高差的概念。——**重点与难点**
- (4)学会计算两点的高差。——**重点**
- (5)丰富学生的科学基础知识,激发学生的学习兴趣和学习欲望,提高他们的学习主动性和积极性。

任务实施

知识链接

一、掌握地面点的平面位置

(一) 确定地面点平面位置的方法

如图1-2-1所示,设想将地面上高度不同的 A, B, C 三个点分别沿铅垂线方向投影到大地水准面 P' 上,得到相应的投影点 a', b', c' ,这些点分别表示地面点在球面上的相应位置。

如果在测区范围内作水平面与水准面相切,过 A, B, C 各点的铅垂线与水平面相交于 a, b, c ,这些点便代表地面点在水平面上的相应位置。

由此可见,地面点的空间位置可以用点在水准面或水平面上的位置及点到大地水准面的铅垂距离来确定,即点的平面位置和高程。其中,点的平面位置就是点在水准面或水平面上的坐标。高程是指地面点沿其投影线到投影面的距离。

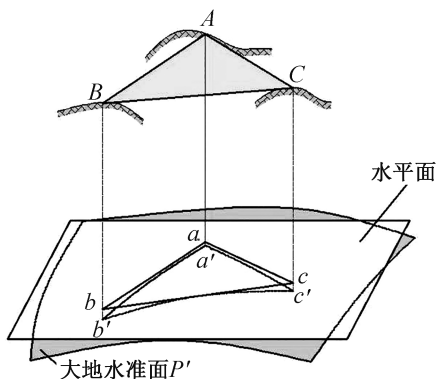


图 1-2-1 地面点的平面位置



(二) 地面点平面位置的表示方法

地面点的平面位置可用地理坐标或平面直角坐标来表示。

1. 地理坐标系

地理坐标系是一种球面坐标系,根据不同的基准面,又分天文地理坐标系和大地地理坐标系。

(1) 天文地理坐标系。

天文地理坐标系又称天文坐标系,表示地面点在大地水准面上的位置,它的基准是铅垂线 and 大地水准面,它用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示地面点在球面上的位置。如地面点 P 的坐标可表示为 (λ, φ) 。如图 1-2-2 所示, N, S 分别是地球的北极和南极。其连线为地轴, O 为中心点,也称为地心。通过地轴的任意平面称为子午面,子午面与参考椭球面的交线称为子午线或经线,通过英国格林尼治天文台的子午面称为首子午面或起始子午面;通过格林尼治天文台的子午线,称为本初子午线,或称起始子午线、起始经线,亦称首子午线;垂直于地轴的任一平面与参考椭球面的交线称为纬线。确定球面坐标 (λ, φ) 所依据的基本线为铅垂线,基本面为包含铅垂线的子午面。

①点的经度。如地面 P 点的经度是过该点的子午线与本初子午线之间的夹角 λ , 其计算方法由本初子午线向东或向西计算,数值在 $0^\circ \sim 180^\circ$, 向东为东经,向西为西经。

②点的纬度。地面 P 点的纬度即通过 P 点的铅垂线与赤道平面的夹角,用 φ 表示。数值在 $0^\circ \sim 90^\circ$, 赤道以北为北纬,赤道以南为南纬。

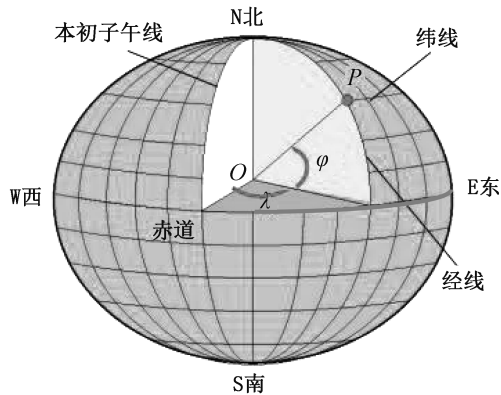


图 1-2-2 天文地理坐标系

(2) 大地地理坐标系。

大地地理坐标系是大地测量中以参考椭球面为基准面建立起来的坐标系。地面点的位置用大地经度、大地纬度和大地高度表示。其中,大地经度、大地纬度表示地面点

投影在参考椭球面的位置,如图 1-2-3 所示,地面点 P 的坐标可表示为 (L, B, H) 。

①点的大地经度。任意地面点 P 的大地经度是过参考椭球面上任一点 P 的子午面和首子午面的夹角 L ,称为该点的大地经度,简称经度。经度由首子午面向东为正,从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经;向西为负,从 $-180^\circ \sim 0^\circ$ 称为西经。在同一子午线上的各点,其经度相同,地面上任意两点的经度之差为经差,用 ΔL 表示。

②点的大地纬度。任意地面点 P 的大地纬度是过参考椭球面上任一点 P 的法线(与旋转椭球面垂直的线)与赤道面的夹角 B ,简称纬度。纬度由赤道面向北为正,从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬;向南为负,从 $-90^\circ \sim 0^\circ$ 称为南纬。在同一平行圈上的各点的纬度相同,地面上任意两点的纬度之差称为纬差,用 ΔB 表示。

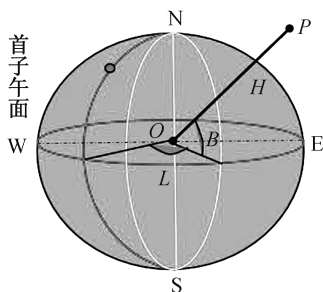


图 1-2-3 大地坐标系

2. 平面直角坐标系

在研究地球整体形状和大小,采用地理坐标表示地面点的位置较符合实际。但一般的工程测量中,采用地理坐标表示不够直观和方便,所以常将球面坐标按照一定的数学法则投影到平面上,形成平面直角坐标系,即测量工作中所称的投影。我国采用的是高斯投影法。

(1) 高斯-克吕格坐标系。地球表面是封闭且复杂的曲面,要把地球表面某一区域的形状和大小缩绘在平面的图纸上,这必然产生变形。为了让变形控制在一定范围内,必须采用适当的方法解决这个问题。

①高斯投影。如图 1-2-4 所示,设想用空心横圆柱套在地球椭球外,使横圆柱的中心轴通过圆球的中心,把圆球面上一条子午线与横圆柱相切,即这条子午线(中央子午线)与横圆柱重合,这就是高斯投影。

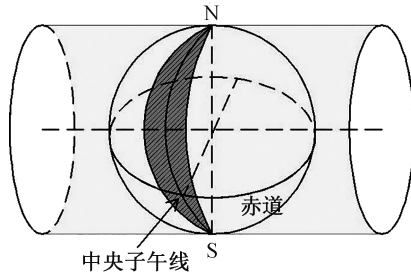


图 1-2-4 高斯投影

②分带投影。在高斯投影中,中央子午线的长度投影没有变形,但是球面上其余的曲线在投影后都会发生变形,且离中央子午线越远,长度变形越大。为了使投影后的变形不超过测量所要求的精度,投影的范围必须以中央子午线为中心,限制两边的宽度。我国常采用分带投影的方法来解决高斯投影这个问题,分为 6°分带法和 3°分带法两种,如图 1-2-5 所示。

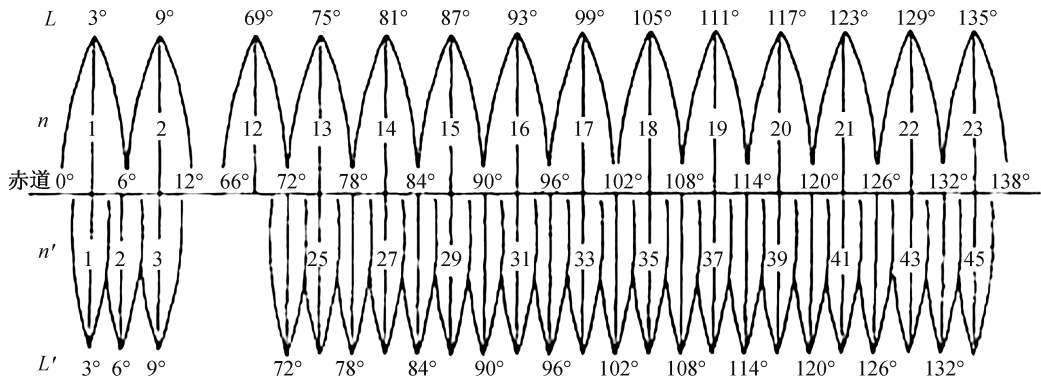


图 1-2-5 分带投影

6°分带法:6°带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:

$$L_6 = (6n - 3)^\circ \quad (1-2-1)$$

3°分带法:每 3°为一带,共 120 带,其 3°带中央子午线在奇数带时与 6°带中央子午线重合,每带的中央子午线经度可用下式计算:

$$L_3 = 3^\circ n' \quad (1-2-2)$$

(2)独立平面直角坐标。当研究小范围地面形状和大小(范围 $\leq 10 \text{ km}^2$),常把地球的投影面当作平面看待,为了便于测量与计算,常使用平面直角坐标表示。如图

1-2-6所示,在实际测量中,一般把原点选在西南角,使测区内点的坐标均为正值。如图 1-2-7 所示,测量工作以 x 轴为纵轴,向北为正,向南为负; y 轴为横轴,向东为正,向西为负。

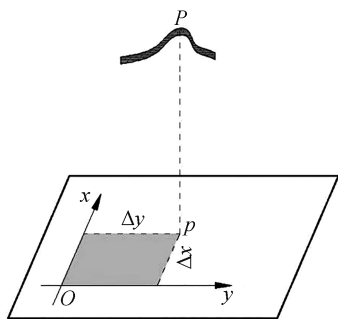


图 1-2-6 坐标轴及原点

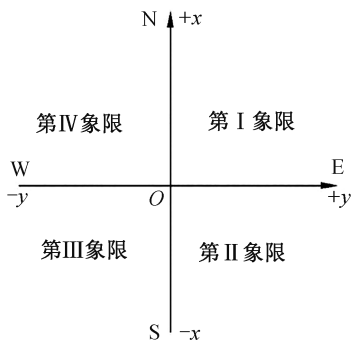


图 1-2-7 平面直角坐标系

(3)空间直角坐标系。随着卫星定位技术的发展,采用空间直角坐标来表示空间一点的位置已在各个领域越来越多地得到应用。空间直角坐标系是以地球的质心为原点 O , z 轴指向地球北极, x 轴指向格林尼治子午面与地球赤道的交点(图 1-2-8)。过 O 点与 xOz 面垂直,按右手定律确定 y 轴方向,如图 1-2-9 所示。

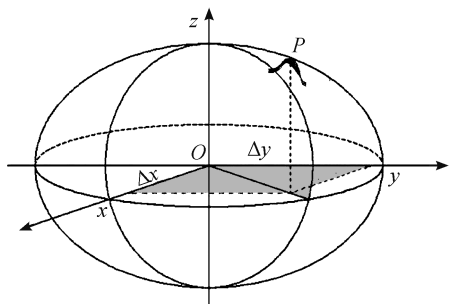


图 1-2-8 空间直角坐标系

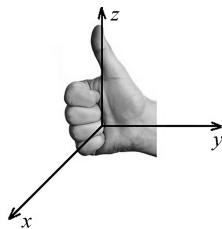


图 1-2-9 右手定律

二、掌握地面点的高程

(一) 高程的概念

地面点的高程是指地面点到基准面的铅垂距离,高程因选用的基准面不同而分为绝对高程、相对高程。如图 1-2-10 所示。

(1)地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为绝对高程或海拔,简称高程,用 H 表示,如图 1-2-10 中 H_A, H_B 分别表示 A, B 两点的绝对高程。

(2)某点沿铅垂线方向至任意水准面的距离,称为相对高程,用 H' 表示,如图

1-2-10中, H_B' 为 B 点的相对高程。

(3) 地面两点的高程之差称为高差, 以 h 表示。 A 点到 B 点的高差表示为 h_{AB} , 既是两点的绝对高程之差, 也是两点的相对高程之差, 即

$$h_{AB} = H_B - H_A = H_B' - H_A' \quad (1-2-3)$$

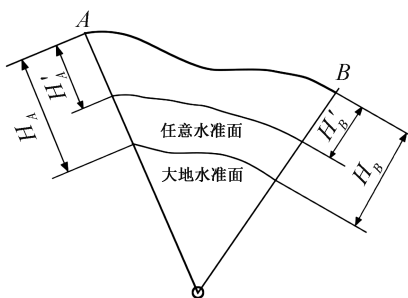


图 1-2-10 地面高程

(二) 我国常用的坐标系与高程基准

1. 国家大地坐标系

(1) 1954 北京坐标系。1954 北京坐标系为参心大地坐标系, 它是以前苏联的普尔科沃为基础, 经局部平差后产生的坐标系, 原点在苏联的普尔科沃。

(2) 1980 国家大地坐标系。1980 国家大地坐标系采用的地球椭球参数为国际大地测量与地球物理联合会第十六届大会推荐的数据, 坐标系的大地原点设在我国陕西省泾阳县永乐镇, 位于西安市西北方向约 60 km, 故称 1980 西安坐标系。

(3) WGS-84 坐标系。WGS-84 坐标系是一种国际上采用的地心坐标系, 坐标原点为地球质心, 它是一个国际协议地球参考系统, 是目前国际上统一采用的大地坐标系, GPS 广播星历是以 WGS-84 坐标系为根据的。

(4) 2000 国家大地坐标系。2000 国家大地坐标系是全球地心坐标系在我国的具体体现, 其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心。

2. 国家高程基准

(1) 1956 黄海高程系。由青岛验潮站 1950—1956 年的黄海验潮资料确定的平均海平面作为高程基准面, 由此建立的水准原点其高程为 72.289 m。现已废止。

(2) 1985 国家高程基准。由于 1956 黄海高程系采用的资料时间较短, 无法消除长周期潮汐变化的影响, 因此计算的平均海水面产生偏差。根据青岛验潮站 1952—1979 年的验潮资料确定的平均海平面作为高程基准面, 水准原点的高程为 72.260 m, 由此建立的覆盖中国的高程基准, 称为 1985 国家高程基准。

(三) 投影带的知识

1. 我国投影带

我国领土位于东经 $72^{\circ} \sim 136^{\circ}$, 共包括 11 个 6° 投影带, 即 13~23 带; 22 个 3° 投影带, 即 24~45 带; 我国在北半球, x 为正值, 而 y 有时正有时负, 为了避免横坐标出现负值, 习惯上把坐标原点向西移 500 km。如 A 点的横坐标 $y_A = 105$ km, 坐标原点移动后, $y_{A'} = 500 + 105 = 605$ km; 为了区别某点所在投影带, 在横坐标值(y)前应加注带号。如上述 A 点若在 27 带, 则其横坐标写为 27 605 km。

2. 投影带的计算

例 计算位于东经 $116^{\circ}28'$ 、北纬 $39^{\circ}54'$ 的某点分别所在 6° 分带和 3° 分带的带号, 及中央子午线经度。

解: 我国分度带是自西向东划分, 东经与西经值均为 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。

6° 分带的带号: $116 \div 6 = 19.333\ 3$ (这里不采取四舍五入, 小数点需进 1, 所以以东经算起带号为 20);

3° 分带的带号: $116 \div 3 = 38.666\ 6$ (这里不采取四舍五入, 小数点需进 1, 所以以东经算起带号为 39);

6° 分带的中央子午线: $(6 \times 20 - 3)^{\circ} = 117^{\circ}$, 即为东经 117° ;

3° 分带的中央子午线: $3^{\circ} \times 39 = 117^{\circ}$, 即为东经 117° 。

技能操作

学习知识链接, 完成表 1-2-1 任务学习单。

表 1-2-1 任务学习单

任务内容: 地面点位的确定	学生(小组):
步骤一: 填写下列思考与练习	
<p>一、简答题</p> <p>1. 地面点平面位置的表示方法有哪几种?</p>	

任务内容：地面点位的确定	学生（小组）：
<p>2. 简述高斯-克吕格坐标系。</p> <p>3. 独立平面直角坐标系与数学上的直角坐标系的差异是什么？</p> <p>二、填空题</p> <p>1. 首子午面或起始子午面是_____。</p> <p>2. 经度是过该点的子午线与本初子午线之间的夹角 λ，其计算方法由本初子午线向东或向西计算，数值在_____，向东为_____，向西为_____。</p> <p>3. 纬度即通过 P 点的铅垂线与赤道平面的夹角，用 φ 表示。数值在_____，赤道以北为_____，赤道以南为_____。</p> <p>4. 在高斯投影中，中央子午线的长度投影没有变形，但是球面上其余的曲线在投影后都会发生变形，且离_____越远，长度变形越大。</p> <p>三、选择题</p> <p>1. 进行高斯投影后，离中央子午线越远的地方，长度（ ）。</p> <p>A. 保持不变 B. 变形越小 C. 变形越大 D. 变形无规律</p> <p>2. 将椭球面上的经纬线投影到高斯平面上，（ ）长度没有发生变化。</p> <p>A. 赤道线 B. 中央子午线 C. 纬圈 D. 边缘经线</p> <p>3. 地面上某一点到大地水准面的铅垂距离是该点的（ ）。</p> <p>A. 绝对高程 B. 相对高程 C. 正常高 D. 大地高</p> <p>4. 两地面点的绝对高程之差称为（ ）。</p> <p>A. 高度 B. 高差 C. 高程 D. 真高</p> <p>四、计算题</p> <p>1. 已知某点 P 的高斯平面直角坐标 $x_p = 2\ 050\ 442.500\ \text{m}$, $y_p = 18\ 523\ 775.200\ \text{m}$，则该点位于 6° 分带的第几带内？计算 P 点所在 6° 分带的中央子午线经度。当采用 3° 分带时，计算 P 点所在 3° 分带的中央子午线经度。</p> <p>2. 已知 A 点的高程 $H_A = 102.253\ \text{m}$, B 点的高程 $H_B = 99.485\ \text{m}$，请问 A 点到 B 点的高差是多少？</p>	

续表

任务内容：地面点位的确定	学生（小组）：
3. 计算位于东经 $136^{\circ}28'$ 、北纬 $50^{\circ}29'$ 的某点分别所在 6° 分带和 3° 分带的带号及中央子午线经度。	
步骤二：总结本任务完成情况，并由小组长（学生个人）汇报情况	



任务评价

任务评价见表 1-2-2。

表 1-2-2 任务评价表

评价项目	评价要点	满分/分	自评/分	互评/分	师评/分
态度 (30分)	遵守守纪：遵守纪律	10			
	团队合作：团结、和谐、互助	5			
	主动学习：积极主动、认真参与	5			
	安全生产：遵守安全规范	10			
学习过程 (60分)	能理解地理坐标系	15			
	能说出绝对高程和相对高程的概念	10			
	能理解高差的计算公式	10			
	能完成高差的计算	15			
反思与总结 (10分)	能理解高斯平面坐标系	10			
	能说出本任务目标完成情况、存在的问题以及解决的方法	5			
	掌握我们常用的坐标系与高程基准	5			
合计		100			
平均得分					
备注					



任务3 测量的基本工作和基本原则认知



任务描述

任何一种测量工作,无论采用多么精密的仪器和多么完善的方法,测量结果中总会有误差,因此应采取有效的措施,遵守测量的基本原则,有效地将误差控制在允许范围内,并尽量防止误差的累积,以保证测量成果的质量。

本任务是了解测量的基本工作、测量中需要遵守的基本原则,以及对测量数据计算结果的取值原则。



任务目标

- (1) 了解测量工作的基本内容。
- (2) 掌握测量的基本原则。 **重点**
- (3) 掌握测量计算结果的取值原则。 **重点与难点**
- (4) 理解平面直角坐标的测定的工作基本内容。
- (5) 理解高程的测定的工作基本内容。
- (6) 建立学生对测量任务的工作框架,提高他们的学习主动性和积极性。



任务实施

知识链接

一、了解测量工作的基本内容

测量工作的主要目的是确定点的坐标和高程。在实际工作中,常常不是直接测量点的坐标和高程,而是先观测已知点(坐标和高程已知)与待定点(坐标和高程未知)之间的几何位置关系,然后计算出待定点的坐标和高程。

1. 平面直角坐标的测定

为测定地面点 P 的平面直角坐标,通过观测与已知地面点 A, B 相关的水平角 β 和水平距离 D_{AP} ,再根据已知点 A 的平面直角坐标和直线 AP 的方位角,最后推算出 P 点

的平面直角坐标。如图 1-3-1 所示。

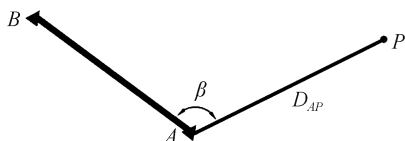


图 1-3-1 平面直角坐标的测定

测定地面点平面直角坐标的主要工作是测量水平角和水平距离。

2. 高程的测定

如图 1-3-2 所示,为测定地面点 P 的高程,通过先观测与已知地面点 A 的高差 h_{AP} ,再根据已知点 A 的高程推算出 P 点的高程,所以测定地面点高程的主要工作是测量地面上两点之间的高差。

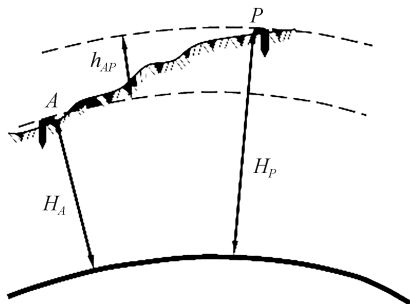


图 1-3-2 高程的测定

因此,水平距离、水平角和高差是确定地面点位的三个基本要素。测量的三项基本工作是距离测量、角度测量和高差测量。

二、掌握测量工作的基本原则

由于测量中不可避免地存在误差,会导致前一点的测量误差传递到下一点,这样会造成误差累积。另外,逐点传递的测量效率也很低,因此测量工作必须按照一定的原则进行。遵循的原则如下:在测量布局上,应遵循“从整体到局部”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。

三、掌握测量计算结果的取值原则

一般情况下,坐标、高程、距离需保留 3 位小数,其单位均为 m。

计算结果采用“四舍六入,五看奇偶”的方式,当遇到需取舍的数字为“5”时,先看“5”前面的数字是奇数还是偶数,再采取“奇进偶不进”的原则,即保留的小数尾数为偶数。



例 当计算结果为35 786.553 5, 35 667.454 5, 35 343.625 6, 35 242.445 4时, 若需保留小数点后三位数时如何取值?

解: 35 786.553 5——取舍尾数是第四位, 即为 5, 采用“奇进偶不进”的原则, 而其保留的第三位小数是 3, 3 为奇数, 所以进“1”, 故结果为35 786.554;

35 667.454 5——取舍尾数是第四位, 即为 5, 采用“奇进偶不进”的原则, 而其保留的第三位小数是 4, 4 为偶数, 所以不进位, 故结果为35 667.454;

35 343.625 6——取舍尾数是第四位, 即为 6, 采用“四舍六入”的原则, 其保留的第三位小数需进“1”, 故结果为35 343.626;

35 242.445 4——取舍尾数是第四位, 即为 4, 采用“四舍六入”的原则, 所以其保留的第三位小数不进位, 结果为35 242.445。

技能操作

学习知识链接, 完成表 1-3-1 任务学习单。

表 1-3-1 任务学习单

任务内容: 测量的基本工作和基本原则认知	学生 (小组):
步骤一: 填写下列思考与练习	
<p>一、简答题</p> <p>1. 请说出测量工作的基本内容。</p> <p>2. 请说出测量工作要遵循的基本原则。</p> <p>二、填空题</p> <p>1. 已知254.558 6, 265.425 5, 348.216 5, 这些数据是对某量测量的计算结果, 若需保留小数点后三位数, 取值分别为_____、_____、_____。</p> <p>2. A 点的坐标是(2 525 556.313 5, 50 156.212 5), 若 A 点的坐标保留小数点后三位数, 则其坐标应为(_____, _____)。</p>	

续表

任务内容：测量的基本工作和基本原则认知	学生（小组）：
<p>三、选择题</p> <p>1.测量工作的基本原则中“从整体到局部”，是对（ ）方面做出的要求。 A.测量布局 B.测量程序 C.测量精度 D.测量分工</p> <p>2.测量工作的基本原则中“先控制后碎部”，是对（ ）方面做出的要求。 A.测量布局 B.测量程序 C.测量精度 D.测量质量</p> <p>3.测量上确定点的（ ）是通过水平距离测量、水平角测量两项基本工作来实现的。 A.高程 B.相对高程 C.平面位置 D.高差</p>	
步骤二：总结本任务完成情况，并由小组长（学生个人）汇报情况	

任务评价

任务评价见表 1-3-2。

表 1-3-2 任务评价表

评价项目	评价要点	满分/分	自评/分	互评/分	师评/分
态度 (30分)	遵章守纪:严格遵守课堂纪律	10			
	团队合作:团结、和谐、互助	5			
	自主学习:积极主动,认真参与	5			
	安全生产:遵守安全规范	10			
学习过程 (60分)	能说出测量的基本工作	10			
	能说出测量需要遵守的基本原则	10			
	了解平面直角坐标的测定	15			
	理解测量计算结果的取值原则	15			
	会运用测量计算结果取值原则进行取值	10			
反思与总结 (10分)	能说出本任务目标完成情况、存在的问题以及解决的方法	5			
	掌握测量结果的取值原则	5			
合计		100			
平均得分					
备注					