



全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程测量

韩群柱 主编
撒利伟 余梁蜀 副主编
马 斌 主 审



科学出版社

内 容 简 介

本书是为高等学校土木工程类专业“土木工程测量学”课程编写的通用教材。全书共分为16章,其中第1章至第6章主要对高程、角度、距离和直线定向测量的基本原理、测量仪器的基本构造和使用、测量误差的基本理论进行了详细的分析;第7章至第11章主要论述了3S技术、小区域控制测量、地形图的测绘及应用的有关内容;第12章至第16章,在介绍土木工程施工放样基本工作的基础上,论述了工民建、道桥、水利、管道等土木工程的施工测量以及建筑变形测量。

本书可作为高等院校土木工程、交通工程、水利工程、城市规划、给排水工程、工程管理、建筑学、环境工程、地下工程等专业的教学用书,也可作为相关领域的工程技术人员的培训教材及实际技术工作的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/韩群柱主编. —北京:科学出版社,2011

(全国高等院校土木工程类系列教材)

ISBN 978-7-03-032863-2

I. ①土… II. ①韩… III. ①土木工程-工程测量-高等学校-教材
IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 240826 号

责任编辑:董安齐 任加林 / 责任校对:马英菊

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年5月第一次印刷 印张:22 1/4

字数:511 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新科>)

销售部电话 010 62134988 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

全国高等院校土木工程类系列教材 编委会

主 任 白国良

副 主 任(以姓氏笔画为序)

马建勋 刘伯权 何明胜 邵生俊 陈宗平

杨 勇 童安齐

秘 书 长 贾风云

副 秘 书 长 任加林 陈 迅

委 员(以姓氏笔画为序)

马 斌 马建勋 王士川 王志骞 王泽军

史庆轩 白国良 冯志焱 任加林 刘伯权

苏明周 杜高潮 李 进 李青宁 李建峰

李惠民 余梁蜀 何明胜 何廷树 邵生俊

张 荫 张 倩 张志政 陈 迅 陈宗平

杨 勇 赵 平 赵树德 赵鸿铁 姚继涛

贾风云 徐 雷 袁卫宁 郭成喜 梁兴文

韩晓雷 童安齐 曾 珂 廖红建 熊仲明

薛建阳

前 言

本书是按照高等学校土木工程类专业“土木工程测量学”课程教学大纲的要求,由西安理工大学和西安建筑科技大学两所高校多年从事本课程教学的教师在总结土木工程类各专业的特点的基础上,结合测绘领域的新技术、新方法编写而成。

土木工程测量学是土木工程类专业的技术基础课,本书以基本理论和基本概念为重点,力求理论与实践相结合,用通俗易懂的语言着重阐述土木工程测量学的基础理论和基本知识,详细分析土木工程测量中涉及的技术和方法,特别注重当今测绘行业新仪器、新技术、新方法的介绍,如全站仪、全球定位系统(GPS)、数字化测图等。本书也是编者多年来教学经验的总结和实践工作的结晶。

本书共 16 章,主要论述土木工程测量的基本理论和基本工作,以及地形测量、土木工程施工测量及建筑变形测量。其中第 1 章至第 6 章,主要对高程、角度、距离和直线定向测量的基本原理、测量仪器的基本构造、使用方法和误差形成进行详细的分析,并系统地阐述测量误差的基本理论和知识;第 7 章至第 11 章主要讲述 3S 技术、小区域控制测量、地形图的测绘及应用;第 12 章至第 16 章在介绍土木工程施工放样基本工作的基础上,着重论述工业与民用建筑、道桥、大坝、渠道、管道等土木工程的施工测量以及建筑变形测量,以供相关专业选学。

全书各章节内容由浅入深,循序渐进,突出了科学性、系统性、基础性、实用性和现代性。本书内容的编写兼顾了教学内容、学时安排、侧重点、仪器设备等方面各个专业的特点,突出了对学生实际工作能力的培养。本书既给教师在教学上更多灵活选择的空间,又满足了拓展学生知识面的需求。

本书由韩群柱(西安理工大学)负责策划和统稿,具体编写分工为:韩群柱编写第 1、4、9、10、15 章及前言和附录;撒利伟(西安建筑科技大学)编写第 5、13、14 章;余梁蜀(西安理工大学)编写第 8、11、12 章;陈莉静(西安理工大学)编写第 6、7 章;屈漫利(西安理工大学)编写第 3 章;唐冬梅(西安建筑科技大学)编写第 16 章;韩群柱和屈漫利共同编写第 2 章。西安理工大学的张舟舟、

张园园也为此书做了很多工作,在此表示感谢!西京大学马斌教授在百忙中审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见,特此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的不足和疏漏之处在所难免,热忱希望广大读者批评指正。

编者
2012年5月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 工程测量的任务	1
1.2 地面上点位的确定	2
1.3 用水平面代替水准面的讨论	9
1.4 测量工作的基本原则	10
1.5 现代测绘科学的发展	12
思考与练习	12
第 2 章 水准测量	13
2.1 水准测量原理	13
2.2 水准测量的仪器和工具	14
2.3 水准测量的实施	18
2.4 水准路线闭合差的调整与高程的计算	22
2.5 微倾式水准仪的检测与校正	24
2.6 自动安平水准仪、精密水准仪和电子水准仪	27
2.7 水准测量的误差分析	30
思考与练习	33
第 3 章 角度测量	34
3.1 水平角测量原理	34
3.2 光学经纬仪	35
3.3 电子经纬仪简介	40
3.4 水平角的测量	41
3.5 竖直角观测	45
3.6 光学经纬仪的检验与校正	48
3.7 角度测量误差分析	53
思考与练习	55
第 4 章 距离测量	56
4.1 钢尺量距	56
4.2 视距测量	64
4.3 光电测距仪简介	68
思考与练习	72
第 5 章 直线定向	73
5.1 标准方向	73
5.2 直线方向的表示方法	73

5.3	三种方位角之间的关系	74
5.4	坐标方位角的计算	75
5.5	用罗盘仪测定磁方位角	77
5.6	用陀螺经纬仪测定真方位角	79
	思考与练习	81
第6章	测量误差的基本知识	83
6.1	测量误差的来源和分类	83
6.2	偶然误差的特性	85
6.3	衡量误差精度的标准	87
6.4	误差传播定律	90
6.5	等精度观测的精度评定	93
6.6	不等精度观测的精度评定	95
6.7	土木工程测量误差分析实例	98
	思考与练习	101
第7章	3S技术简介及其在土木工程中的应用	102
7.1	遥感技术简介	102
7.2	地理信息系统简介	107
7.3	全球定位系统	110
7.4	3S集成技术	114
7.5	3S技术在土木工程中的应用	115
	思考与练习	117
第8章	小区域控制测量	118
8.1	控制测量概述	118
8.2	导线测量	121
8.3	小三角测量	130
8.4	交会定点	137
8.5	三、四等水准测量	139
8.6	三角高程测量	142
	思考与练习	144
第9章	地形图的基本知识	145
9.1	地图和地形图	145
9.2	地形图比例尺	146
9.3	地形图的分幅和编号	148
9.4	地形图地物地貌的表示和图廓外注记	155
	思考与练习	165
第10章	大比例尺地形图的测绘	166
10.1	测图前的准备工作	166
10.2	碎部测量	169
10.3	地形图的描绘	173
10.4	地籍图的测绘	178

10.5	全站仪	179
10.6	全站仪数字化测图	189
	思考与练习	195
第 11 章	地形图的应用	197
11.1	地形图的识读	197
11.2	地形图应用的基本内容	198
11.3	图形面积的量算	200
11.4	地形图在工程中的应用	202
11.5	平整场地中的土石方估算	206
	思考与练习	208
第 12 章	施工放样基本工作	209
12.1	施工放样的原则和准备	209
12.2	水平距离、水平角和高程的放样	212
12.3	测设已知坡度的直线	214
12.4	点的平面位置的放样	215
12.5	圆曲线的测设	218
	思考与练习	224
第 13 章	建筑施工测量	225
13.1	施工控制网的布设	225
13.2	民用建筑施工测量	229
13.3	复杂平面形状建筑物的施工放线	234
13.4	高层建筑施工测量	243
13.5	工业厂房施工测量	249
13.6	工业厂房构件安装测量	252
13.7	竣工总图的编绘	256
	思考与练习	258
第 14 章	道桥及隧洞工程测量	259
14.1	道路设计的勘测选线	259
14.2	中线测量	259
14.3	复曲线及缓和曲线测设	266
14.4	道路纵、横断面测量	276
14.5	道路工程施工测量	281
14.6	桥梁工程测量	286
14.7	隧道施工测量	290
	思考与练习	295
第 15 章	大坝、渠道及管道工程施工测量	296
15.1	施工控制网的布设	296
15.2	土石坝的施工放样	298
15.3	混凝土坝的施工测量	303
15.4	渠道测量	306

15.5	管道工程测量	311
15.6	顶管施工测量	317
15.7	大坝、渠道及管道工程的施工验收和竣工测量	319
	思考与练习	320
第 16 章	建筑变形测量	321
16.1	概述	321
16.2	建筑沉降观测	324
16.3	基坑回弹观测	329
16.4	建筑水平位移观测	332
16.5	建筑主体倾斜观测	334
16.6	裂缝观测	339
	思考与练习	340
附录		341
	一、常用水准仪与经纬仪的标称精度	341
	二、测量常用计量单位	341
	三、有效数字	343
主要参考文献		345

第 1 章 绪 论

1.1 工程测量的任务

测绘学是研究地球形状和大小、地球重力场、地球上自然和社会要素的位置、形状、空间关系、区域空间结构数据的学科,包括测量和制图两项主要内容。根据研究范围、对象和研究手段不同,形成了许多分支学科。

研究和测定地球形状、大小和重力场及其变化,以及测定地面点几何位置的学科叫大地测量学;研究地球表面较小区域内测量工作的基本理论和方法叫普通测量学。研究利用摄影和遥感手段获取目标物的几何和物理信息,用以测定目标物的形状、大小、空间位置,并判断其性质及相互关系的学科,属于摄影测量与遥感学的范畴;工程测量学是研究工程建设在规划、勘测、设计、施工和管理各个阶段中进行测量工作的理论、技术和方法的学科,是测绘学在国家建设中的直接应用;海洋测量学是以海洋水体和海地地形测量为对象所进行的测量和海图编制工作的一门学科;地图制图学是研究地图和地图编制及应用的一门学科。

测绘学在国民经济建设的各个领域的应用非常广泛,诸如资源调查、能源开发、城乡规划、环境保护、灾害预报和治理、航天技术、科学实验、国防建设等方面都需要应用测绘科学技术。即使在国家的各级管理工作中,测绘资料也是必不可少的基础信息。

工程测量的任务包括测定、测设和变形观测三个方面。

测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,求得地面点位数据,把地球表面的点位和几何形状绘制成地形图。在土木工程的规划、勘测、设计阶段等首先需要的是地形资料,因此需要测绘各种比例尺的地形图。工程竣工后,为了工程验收和以后的维修管理,还需要测绘竣工图。

测设是指把图纸上设计好的建(构)筑物的位置,用一定的测量仪器和方法在实地标定出来,作为施工的依据。在施工阶段,需要将设计的建(构)筑物的平面位置和高程,按设计要求以一定的精度测设于实地,便于进行后续施工。并在施工过程中进行一系列的测量工作,以衔接和指导各工序间的施工。

变形观测则是利用专用的仪器和方法对建(构)筑物的变形现象进行持续观测,并对其变形性态进行分析及对变形的发展态势进行预测的各项工作。对于一些有特殊要求的大型建(构)筑物,如大坝、桥梁、高层建筑物、边坡、隧道和地铁等,为了监测它受各种应力作用下施工和运营的安全稳定性,以及检验其设计理论和施工质量,需要长期进行变形观测。

土木工程测量是一门结合土木工程建设,研究测定地面(包括空中、地下)点位理论和

方法的学科,它包括在工程建设勘测、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作。它是直接为各项建设项目的勘测、设计、施工、安装、竣工、监测以及营运管理等一系列工程工序服务的。

土木工程测量属于普通测量学和工程测量学的范畴,它直接服务于土木工程建设,通过本课程的学习,要求学生掌握普通测量学的基本知识和基础理论;能正确使用常用的测量仪器;了解大比例尺地形图的成图原理和方法;在工程设计和施工中,能够正确使用地形图和有关测绘资料,具有进行一般工程施工测量的能力;了解建(构)筑物变形观测的原理和方法。

由此可见,工程测量贯穿于工程建设的始终,作为一个工程建设领域的技术工作者,必须掌握必要的测量科学知识和技能,才能担负起工程勘测、规划设计、施工及管理等工作任务。

1.2 地面上点位的确定

测量工作的主要任务之一是确定地面点的位置,是在选定的基准面上建立坐标系,通过测定地面点之间的相对位置关系来确定地面点位的坐标。

1.2.1 地球的形状和大小

所有的测量工作都是在地球表面上进行的,地球的自然表面既有高山、丘陵,又有盆地、平原和海洋,高低起伏,是一个复杂的很不规则的曲面。最高的珠穆朗玛峰高出海平面 8844.43m,最低的马里亚纳海沟低于海平面 11 022m。但是这样的起伏相对于平均半径 6371km 的地球而言还是微不足道的。地球的表面约 71% 是海洋,29% 是陆地。因此,海水所包围的球体基本表示了地球的形状。

假定有一个静止的海水面向陆地和岛屿无限延伸形成一个封闭的曲面,这个曲面称为水准面。地球上任一质点都受到地球自转的离心力和地球引力的作用,这两个力的合力称为重力,重力方向线称为铅垂线,它是测量工作的基准线。水准面同样受到地球重力的作用,是一个处处与重力方向线垂直的连续曲面,并且是一个重力等位面,即物体沿该面运动时,重力不做功(如水在这个面上是不会流动的)。由于水准面高低时刻在发生变化,因此水准面有无数多个。其中由静止的平均海水面向大陆、岛屿延伸所形成的封闭曲面称为大地水准面(图 1-1),大地水准面是唯一的。由于地球内部质量分布不均匀,致使铅垂线方向产生不规则变化,这就造成大地水准面实际上是略有起伏、不规则的、很难用数学方程表示的复杂曲面,这是大地水准面的特性之一。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,大地体与地球的自然形体是比较接近的,但大地水准面是一个复杂的曲面,在这样的一个复杂的曲面上进行数据处理是不可能的。为了研究方便,通常用一个非常接近大地体,并且可以用数学方程式表示的几何体来代替地球的形体,即地球椭球(图 1-2)。地球椭球是一个椭圆绕其短轴旋转而形成的椭

球体,故而地球椭球又称为旋转椭球,其参数方程为

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

式中: a —— 椭球体的长半轴;

b —— 椭球体的短半轴。

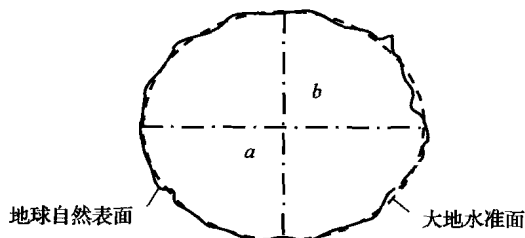


图 1-1 大地水准面

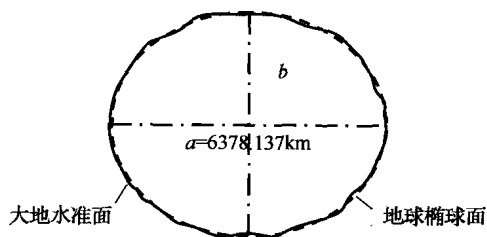


图 1-2 地球椭球面

椭球体的扁率 f 为

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

与大地体最为接近的地球椭球体称之为总地球椭球体,局部与大地体密合最好的地球椭球体称之为参考椭球体。我国 2000 国家大地坐标系采用的地球椭球参数为:

长半轴: $a = 6378.137\text{km}$;

扁率: $f = 1 : 298.257$;

地心引力常数: $GM = 3.986\ 004\ 418 \times 10^{14} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$;

自转角速度: $\omega = 7.292\ 115 \times 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

由于地球椭球的扁率很小,当测区面积不大时,可以把地球椭球近似作为圆球看待,其半径为 6371km 。

1.2.2 地面点位置的确定

在测量工作中,地面点的空间位置需要用三个量表示,即将地面点沿铅垂线方向投影到地球椭球面(或水平面)上,用地面点投影位置在地球椭球面上的坐标(两个量)和地面点到大地水准面的铅垂距离(高程)来表示地面点的空间位置。

1. 地理坐标

地理坐标是以经度和纬度表示地面点位置的,如图 1-3 所示,它的基准是铅垂线和大 地水准面,它用经度 λ 和纬度 φ 两个参数来表示 地面点在球面上的位置。过地面上任一点的铅垂 线与地球旋转轴所组成的平面称为该点的子午面,子午面与大地水准面的交线称为子午线,也称 经线。称过英国格林尼治天文台的子午面为首子 午面。过地面上一点的子午面与首子午面的二面 角称为该点的经度。在首子午面以东为东经,以 西为西经,同一子午线上各点的经度相同。垂直 于地球旋转轴的平面与地球表面的交线称为纬 线。任一点的铅垂线与赤道平面的夹角称为该 点的纬度。在赤道以北为北纬,在赤道以南为 南纬。

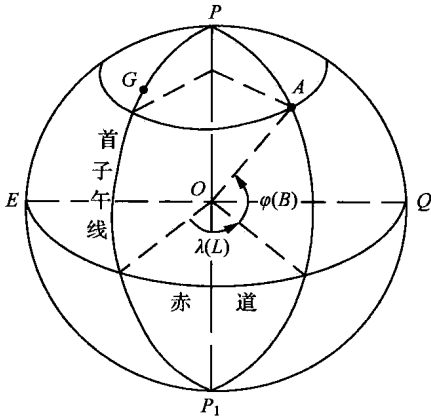


图 1-3 地理坐标系

2. 平面直角坐标

当测量的范围较小时(半径不大于 10km 的区域内),可把该部分的球面视为水平面, 将地面点直接沿铅垂线方向投影于水平面上,以相互垂直的纵横轴建立平面直角坐标系,纵 轴为 X 轴,与南北方向一致,以向北为正,向南为负。横轴为 Y 轴,与东西方向一致,向东 为正,向西为负。这样任一点平面位置可以以其纵横坐标表示,如坐标原点是任意假定 的,则为独立的平面直角坐标系。

地球椭球面虽然是曲面,但当测量区域较小时,可以用与测区中心点相切的水平面来 代替曲面,将地面点沿垂线方向投影到水平面上,用平面直角坐标表示其投影位置,如 图 1-4 所示。

在独立平面直角坐标系中,坐标象限按顺时针方向编号,其目的是便于将数学中的公 式直接应用到测量计算中,而不需作任何变更。为使测区内各点的 X、Y 坐标均为正值, 坐标原点 O 一般选在测区的西南角,如图 1-5 所示。

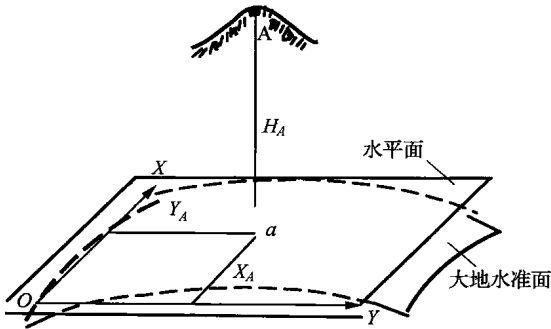


图 1-4 地面点位置的确定

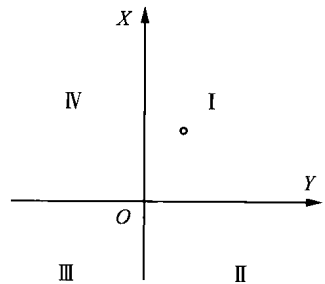


图 1-5 独立平面直角坐标系

3. 高斯平面直角坐标

利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系,也称高斯-克吕格平面直角坐标系。在我国区域内确定点的平面位置,一般采用高斯平面直角坐标。

高斯投影法是将地球按一定的经度差划分成若干带,位于各带中央的子午线,称为中央子午线,如图 1-6 所示。然后设想将圆柱面(投影面)紧套在地球外面,使圆柱的中心轴线位于赤道面内并过地球椭球的球心,地球椭球上某带的中央子午线与圆柱面相切,如图 1-7(a)所示。在保证投影前后等角条件下,将该带上的图形投影到圆柱面上,再将圆柱面沿母线剪开并展开成平面,便得到该带的平面投影,如图 1-7(b)所示。

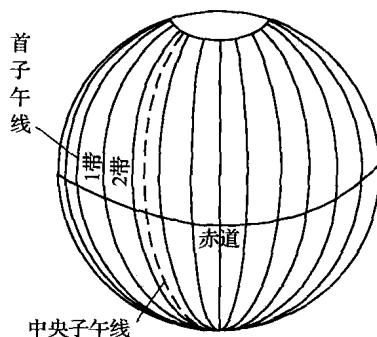


图 1-6 中央子午线

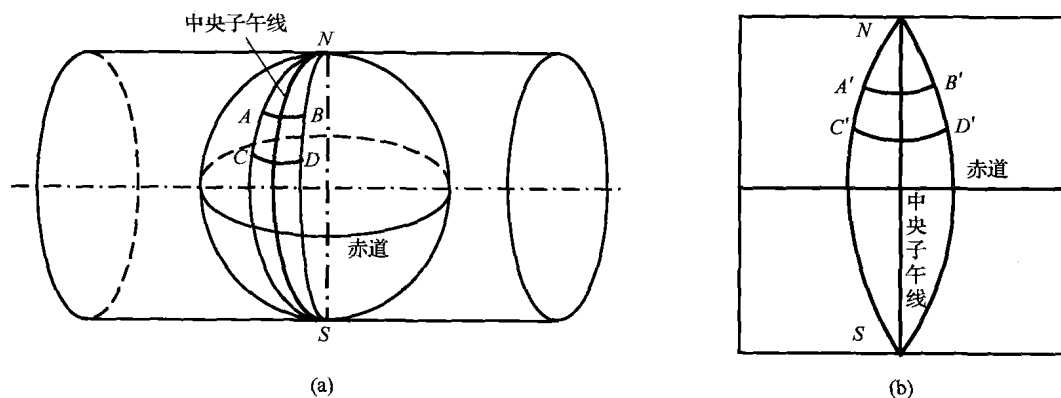


图 1-7 高斯投影

显然,高斯投影带的中央子午线和赤道的平面投影是两条直线,并且仍是相互垂直关系。距中央子午线越远的部分,其长度变形越大,两侧对称。为了控制投影变形的程度,保证测量精度,通常按精度差 6° 划分投影带,即从首子午线(通过英国格林尼治天文台的子午线)起,每隔经度 6° 划分一带,称为 6° 带,将整个地球椭球划分成 60 个带,带号从首子午线起自西向东依次为 1、2、3、...、60。将每 6° 带依次独立投影到平面上,那么,各带中央子午线的经度 L_0 可计算为

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1-3)$$

式中: N —— 6° 带的带号。

以中央子午线的投影为纵轴,称为 X 轴,向北为正;赤道的投影为横轴,称为 Y 轴,向东为正;两坐标轴的交点为坐标原点 O ,则构成了每带独立的高斯平面直角坐标系,如图 1-8(a)所示。

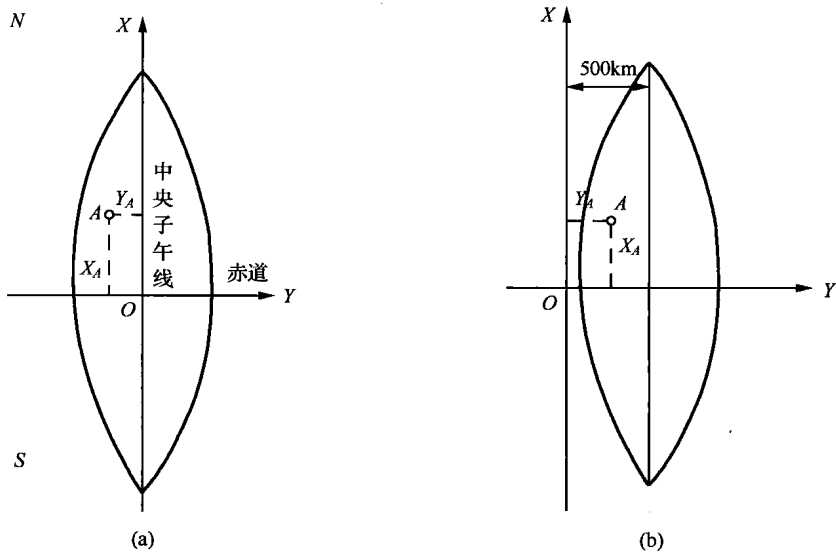


图 1-8 高斯平面直角坐标系

地面点的平面位置,可用高斯平面直角坐标 $X、Y$ 来表示。如图 1-8(a)所示, A 点坐标 $X_A = +136\ 780\text{m}$, $Y_A = -72\ 440\text{m}$, 该坐标值为坐标自然值。我国位于北半球, X 坐标均为正值, Y 坐标则有正有负, 为了使 Y 坐标不出现负值, 将坐标纵轴向西移 500km , 如图 1-8(b)所示。 A 点横坐标则变为 $Y_A = 500\ 000 - 72\ 440 = 427\ 560\text{m}$ 。为了标明地面点所属的投影带, 还规定在横坐标值前冠以投影带带号。这样, 地面点的坐标就由原坐标自然值变为坐标通用值。例如前面所述的 A 点位于第 21 带, 则其坐标通用值则为: $Y_A = 21\ 427\ 560\text{m}$ 。

为了满足大比例尺地形图测绘和精密测量的需要, 要求投影变形更小时, 可采用 3° 带投影。如图 1-9 所示, 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始, 每隔经度 3° 划分一带, 将整个地球椭球划分成 120 个带。每一带按前面所叙方法, 建立各自的高斯平面直角坐标系。各带中央子午线的经度 L'_0 , 可按下式计算为

$$L'_0 = 3^\circ n \tag{1-4}$$

式中: n —— 3° 带的带号。

4. 大地坐标

大地坐标是大地测量中以参考椭球面和法线为基准建立起来的坐标系, 用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点在地球椭球面上的位置。我国自 2008 年 7 月 1 日起启用 2000 国家大地坐标系, 其原点设在陕西省江阳县永乐镇。

5. 地面点的空间直角坐标

随着空间技术的发展, GPS(全球定位系统)卫星测量应用领域非常广泛。GPS 卫星测量获得的是地心空间三维直角坐标, 属于 WGS-84 世界大地坐标系(World Geodetic

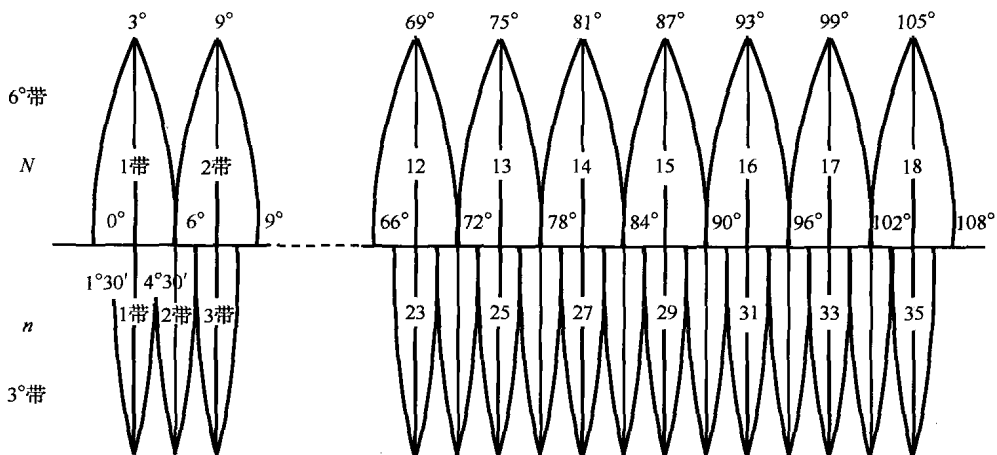


图 1-9 六度、三度分带

System, 1984), 它是一种国际上采用的地心坐标系。坐标原点为地球质心, 其地心空间直角坐标系的 Z 轴指向国际时间局(Bureau International de l'Heure, BIH) 1984.0 定义的协议地极(Conventional Terrestrial Pole, CTP)方向, X 轴指向 BIH 1984.0 的协议子午面和 CTP 赤道的交点, Y 轴与 Z 轴、X 轴垂直构成右手坐标系, 称为 1984 年世界大地坐标系, 如图 1-10 所示。

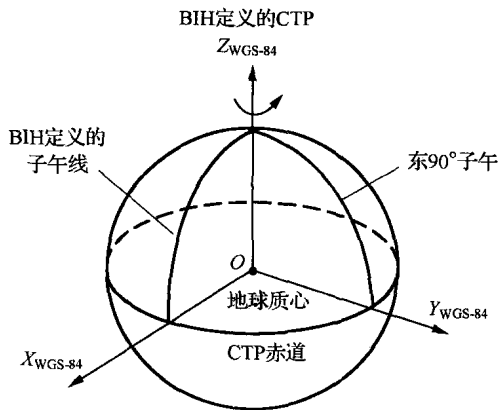


图 1-10 空间直角坐标系

由于地球自转轴在地球内部随着时间而发生位置变化, 称为极移现象, 国际时间局定期向外公布地极的瞬间位置。WGS-84 世界大地坐标系就是以国际时间局 1984 年首次公布的瞬时地极(BIH 1984.0)作为基准建立的坐标系统。WGS-84 坐标系是一个国际协议地球参考系统(International agreements Terrestrial Reference System, ITRS), 是目前国际上统一采用的大地坐标系。

我国的 1980 年、2000 年国家大地坐标系、城市坐标系以及土木工程中采用的独立平面直角坐标系与 WGS-84 世界大地坐标系之间是可以相互转换的。

6. 地面点的高程

1) 绝对高程

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程,简称高程,也叫海拔,如图 1-11 所示, H_A 、 H_B 分别表示地面点 A、B 的绝对高程。由于海水面受潮汐影响,大地水准面是一个动态的曲面。

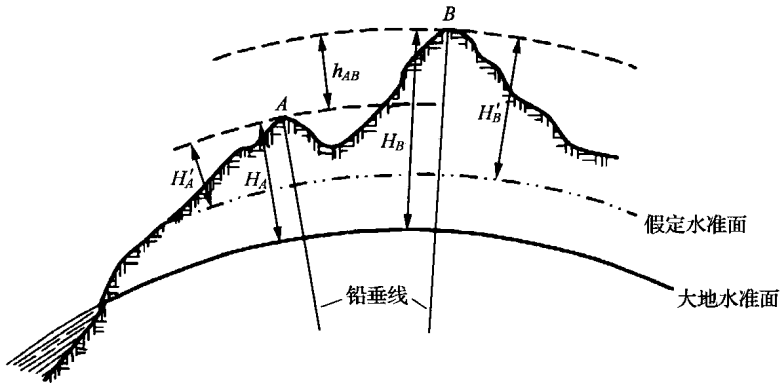


图 1-11 地面点高程

我国在山东青岛市大港 1 号码头西端设立验潮站,长期观测黄海海水面的高低变化,取其平均值作为我国大地水准面的位置,并在位于青岛市观象山建立永久的国家水准原点,这一水准点便是我国的海拔起点。根据验潮站 1952~1979 年获取的潮位资料,经多次严格的测量计算,确定出平均海水面,将它作为我国高程基准,依此测得国家水准原点的高程为 72.260m。这就是我国目前采用的“1985 年高程基准”。

2) 假定高程

对于一些引用绝对高程比较困难的地区或不需引用绝对高程的工程,也可以采用任意假定一个水准面作为高程起算面,即假定高程系统。地面点到某一假定水准面的铅垂距离,称为该点的假定高程,也叫相对高程。如图 1-11 所示,A、B 两点的相对高程分别为 H'_A 、 H'_B 。

3) 高差

地面两点间的高程之差,称为高差,故 A、B 两点的高差可写为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \tag{1-5}$$

由上式可知,两点之间的高差与高程的起算面无关。

1.2.3 测量的基本工作

地面点的位置通常是用平面坐标和高程表示的,如图 1-12 所示,A、B 为两地面点, D_{OA} 、 D_{AB} 分别为 OA 和 AB 的水平距离; α 为直线 OA 与坐标纵轴北方向所夹的水平角(直线 OA 的方向即坐标方位角); β 为直线 OA 与直线 AB 所夹的水平角,根据三角函数关系,A、B 的直角坐标为