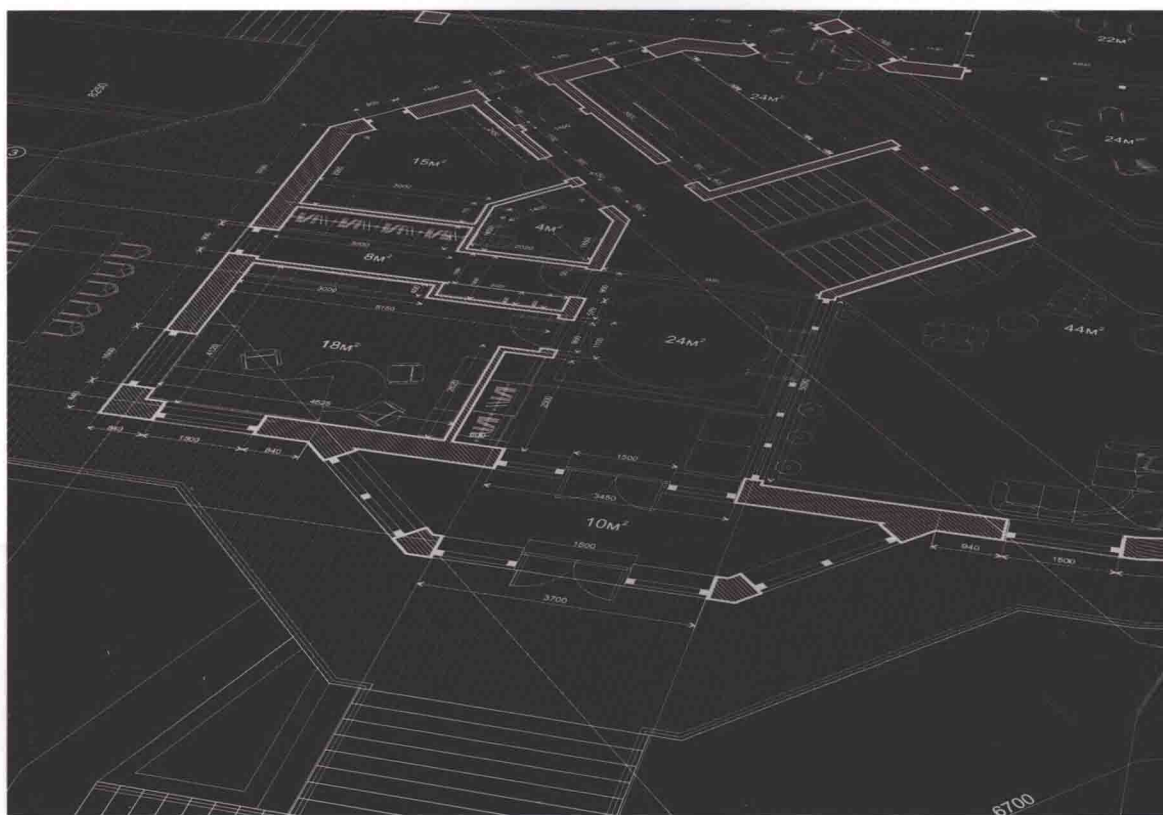


Jian Zhu Gong Cheng Ce Liang

建筑工程测量



郭秦 文静 主编

南开大学出版社

建筑工程测量

主 编 郭 秦 文 静

副主编 郭一江 李宏豪 李莎莎

参 编 周海波 王 迪

南开大学出版社

天 津

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 郭秦, 文静主编. —天津: 南开大学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-310-05194-6

I. ①建… II. ①郭… ②文… III. ①建筑测量—高等职业教育—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 206853 号

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人: 刘立松

地址: 天津市南开区卫津路 94 号 邮政编码: 300071

营销部电话: (022)23508339 23500755

营销部传真: (022)23508542 邮购部电话: (022)23502200

*

天津泰宇印务有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

260 × 185 毫米 16 开本 16.5 印张 385 千字

定价: 38.00 元

如遇图书印装质量问题, 请与本社营销部联系调换, 电话: (022)23507125

前 言

“建筑工程测量”是土建类专业课程体系中的一门重要的专业课,如何使该课程的设置与生产实践相适应,同时与土建类专业的人才培养目标相契合,是相关专业教学工作者一直在深刻探索的问题。

“建筑工程测量”的课程体系应打破原有课程体系中知识点繁杂、教材内容陈旧、实践内容少、教学方法落后的现状,而知识结构应从建筑工程测量的具体应用出发,以建筑物定位作为教学的切入点和核心,将新仪器、新技术、新规范纳入测量教学中,阐述其测量的基本理论和技术原理,强调按技术用途和工程类型来综合运用技术,做到举一反三,触类旁通,做到面面俱到;注重测量技术原理、方法的逻辑关系、连续关系和互补关系。强调测量知识在建筑工程中的实际运用能力,即通过实践将所学测量知识上升为应用能力。

在整个课程体系改革中,教材改革是重要环节,其内容应既要满足课程内容的教学需要,又不能局限在课程教学内容的范围之内,因为课程内容远远不能达到现代建筑测量知识的信息量。所以,我们在教材编写过程中从现代建筑测量技术的发展和市场经济对人才的需要出发,从学生学习建筑测量课程的完整性来考虑,对教材内容适当增加课外阅读内容及相关的常用测量知识,对整个结构体系做了调整,针对土木类专业实践性的要求,加入了新仪器的说明和实践指导,适当地增加了工程实践相关的内容,如高斯平面直角坐标系的建立,地形图的测绘,异形建筑物的定位方法,精密水准测量等。本书参编的教师,都具有4年以上的“建筑工程测量”课程的教学与实践指导经验,在教学应用与总结的基础上组织编写,对教材的结构体系和内容设置都进行了详细考量,打破了原有教材内容陈旧、实践性不强的局限,并与独立院校人才培养目标相契合,与市场需求相适应。本书具有以下特点:定位明确,突出实用性和针对性,妥善处理新旧内容的关系,重视对学生的启发和引导。书中测量应用的内容在教材中占了近一半的篇幅。对于其他先进测量仪器和技术,则在相关章节给予适当介绍,这样既突出了重点,又拓宽了学生的视野。每一章的开端设置了导读和引例,章后设置本章小结,并配合数量适当、富有启发的拓展阅读和习题,给学生留下更多的思考空间。我们本着加强基本理论、基本技术的培养,注重实践操作技能训练,兼顾测绘新技术应用的基本原则,对教材内容做了合理的设置和安排。

在教学中,教师可以根据教学对象和学时等具体情况对教学过程中的内容进行有选择的学习,也可以进行适当扩展,参考学时为32个理论学时加16个实践学时。与此同时,西南科技大学城市学院土木工程系测绘教研室,就《建筑工程测量》制定了网上MOOC平台,西南科技大学城市学院—SPOC官网网址为:<http://cc.swust.cnmooc.org>。学生可以通过线上、线下两方面的学习,加深对这门课程的理解。本书第1、11章由李宏豪编写,第2章由文静编写,第

3、10 章由郭一江编写,第 4 章由李莎莎编写,第 5、6 章由王迪编写,第 7 章由郭秦编写,第 8、9 章由周海波编写。全书由郭秦和文静统稿。本书的编写参考了大量近年来出版的相关技术资料,吸取了许多专家和同仁的宝贵经验,在此向他们深表谢意。

在本教材的出版过程中,西南科技大学城市学院土木工程系测绘教研室的全体教师都倾注了极大的热情,付出了艰辛的劳动,但是受学识水平局限,错误在所难免,在此恳请广大读者及专家学者不吝指正,以便修订时更改。

作者

2016 年 6 月

目 录

第 1 篇 测量基础篇

第 1 章 绪论	(3)
1.1 建筑工程测量的任务及其在建筑工程中的作用	(3)
1.2 地球表面特征及地面点位置的确定	(4)
1.3 用水平面代替水准面的限度	(10)
1.4 测量基本工作概述	(12)
拓展阅读	(13)
本章小结	(16)
习 题	(16)
第 2 章 高程测量	(18)
2.1 水准测量原理	(18)
2.2 水准测量的仪器与工具	(20)
2.3 水准测量的实施	(23)
2.4 DS3 型水准仪的检验与校正	(36)
2.5 水准测量的误差来源及消减办法	(39)
拓展阅读	(41)
本章小结	(43)
习 题	(43)
第 3 章 角度测量	(45)
3.1 角度测量原理	(45)
3.2 光学经纬仪	(46)
3.3 水平角观测方法	(50)
3.4 竖直角测量	(55)
3.5 竖直角观测与计算	(57)
3.6 经纬仪的检验与校正	(57)
3.7 角度测量误差分析及注意事项	(61)
拓展阅读	(64)
本章小结	(65)
习 题	(65)
第 4 章 距离测量与直线定向	(67)
4.1 距离测量概述	(67)

4.2	钢尺量距	(67)
4.3	视距测量	(74)
4.4	光电测距	(76)
4.5	直线定向	(77)
	拓展阅读	(80)
	本章小结	(80)
	习 题	(80)
第5章	测量误差基本知识	(82)
5.1	测量误差概述	(82)
5.2	偶然误差的统计规律	(84)
5.3	评定精度的指标	(87)
5.4	误差传播定律	(89)
5.5	应用举例	(92)
5.6	等精度直接观测平差	(94)
	本章小结	(98)
	习 题	(98)
第6章	小区域控制测量	(99)
6.1	控制测量概述	(99)
6.2	导线测量	(102)
6.3	小三角测量	(111)
6.4	交会法定点	(115)
6.5	高程控制测量	(118)
6.6	建筑施工场地的控制测量	(123)
	拓展阅读	(127)
	本章小结	(132)
	习 题	(133)
第7章	地形图的识读和应用	(134)
7.1	地形图的基本知识	(134)
7.2	地物符号	(135)
7.3	等高线基本知识	(138)
7.4	地形图的测绘	(141)
7.5	地形图的拼接、整饰和检查	(146)
7.6	地形图应用的基本内容	(147)
7.7	地形图在施工中的应用示例	(150)
	拓展阅读	(152)
	本章小结	(155)
	习 题	(155)

第2篇 工程应用篇

第8章 测设的基本工作	(161)
8.1 水平距离、水平角和高程的测设	(161)
8.2 已知直线和已知坡度线的测设	(165)
8.3 平面点位的测设	(170)
本章小结	(172)
习 题	(173)
第9章 民用与工业建筑施工测量	(176)
9.1 建筑物的定位和放线	(176)
9.2 建筑物基础施工测量	(181)
9.3 墙体施工测量	(182)
9.4 高层建筑的施工测量	(185)
9.5 厂房施工控制网的建立	(193)
9.6 厂房基础施工测量	(196)
9.7 厂房预制构件(柱、梁及屋架)安装测量	(200)
9.8 厂房内设备基础施工测量	(202)
拓展阅读	(205)
本章小结	(209)
习 题	(209)
第10章 道路与桥梁工程测量	(211)
10.1 概述	(211)
10.2 初测阶段的测量工作	(211)
10.3 定测阶段的测量工作	(215)
10.4 道路纵横断面测量	(226)
10.5 道路施工测量	(231)
10.6 桥梁施工测量	(236)
本章小结	(241)
习 题	(241)
第11章 变形观测和竣工总平面图的测绘	(242)
11.1 建筑物变形观测概述	(243)
11.2 建筑物沉降观测	(245)
11.3 倾斜和位移观测	(247)
11.4 挠度与裂缝观测	(250)
11.5 竣工总平面图的绘制	(251)
拓展阅读	(252)
本章小结	(255)
习 题	(255)

第 1 篇 测量基础篇

第1章 绪 论

导读:本章主要学习建筑工程测量的基础知识,使同学们初步具备合理确定测量工作任务和内容的能力,本章重点讲述了建筑工程的研究内容和任务,简述了地球表面特征及研究方法,介绍测量常用的坐标系及地球表面点位确定方法和测量原理,分析用水平面代替水准面的限度,介绍测量工作的原则和程序,为后续章节的学习和顺利进行测量工作奠定理论基础。

引例:从远古时期开始,人类一直在不断地问自己:“我在哪里?”“我要去哪里?”“我要去的地方有多远?”“在哪个方向?”“我去过哪里?”“我怎样才能找到回家的路?”人类文明从认识自然发展到改造自然,要建造房屋、拦河筑坝、修路架桥,又必须弄清楚:“在哪里进行?”所有这些问题都可以归结为“定位”。测量学就是研究定位——确定地面某点位在某一参照系中的位置的科学。在工程项目的建设过程中,无论是在勘测规划设计阶段,还是在工程施工阶段、工程项目运营管理结算阶段,都需要进行大量的测量工作,其在各阶段都有不同的作用。

1.1 建筑工程测量的任务及其在建筑工程中的作用

1.1.1 建筑工程测量的概述

测量学是研究地球的形状、大小以及确定地面点空间位置的科学,按照研究对象及采用技术的不同,可以分为多个学科分支,如:大地测量学、摄影(遥感)测量学、普通测量学、海洋测量学、工程测量学及地图制图学等。在测绘界,人们把工程建设中的所有测绘工作统称为工程测量,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,直接为各类建筑工程项目提供数据和图纸。到近代,随着工程建设的大规模发展,人们从实践中逐渐积累经验,细分出建筑工程测量这一方向。它是面向土木建筑类工程的勘测、规划、设计、施工与管理等专业的测量学,也就是说属于普通测量学和工程测量学范畴。

任何建筑工程在确定了设计方案后,都需要把设计的方案标定到实地,因此,测量工作贯穿于工程建设的整个过程。离开了测绘资料,就难以进行科学合理的规划和设计;离开了施工测量,就不能安全、优质地施工;离开了位移和变形监测,就不能有效地研究规划设计和施工的技术质量,不能及时采取有效的安全措施,也不能为研究新的科学设计理论和方法提供依据。从事土木建筑类专业的技术人员和相关的管理人员,必须掌握测量的基本知识和技能。

1.1.2 建筑工程测量的任务与内容

建筑工程测量的内容与工程测量的内容一脉相承,其主要任务如下:

(1) 研究测绘大比例尺地形图的理论和方法。大比例尺地形图是工程勘察、规划及设计的依据。测量学是研究确定地面局部区域建筑物、构筑物、天然地物和地貌的空间三维坐标的

原理和方法,研究局部地区地图投影理论以及将测绘资料按比例绘制成地形图或电子地图的原理和方法。

(2)研究在地形图上进行规划、设计的基本原理和方法。在地形图上进行土地平整、土方计算、道路选线、房屋设计和区域规划的基本原理和方法。

(3)研究建(构)筑物施工放样及施工质量检验的技术和方法。研究将规划设计在图纸上的建筑物、构筑物准确地放样和标定在地面上的技术和方法。研究在施工过程中的监测技术,以保证施工的质量和安全。

(4)对大型建(构)筑物的安全性进行位移和变形监测。在大型建筑物施工过程中或竣工后,为确保工程施工和使用的安全,应对建筑物进行位移和变形监测。主要研究位移和变形监测的技术和方法。

1.2 地球表面特征及地面点位置的确定

1.2.1 地球形状和大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的,学习本课程,必须先了解地球的形状和大小。地球自然表面是极不平坦和不规则的,分布着高山、高原、洼地、盆地、平原等千姿百态的地貌,有位于我国境内的世界上最高的珠穆朗玛峰,2005年5月我国大地测量工作者测得其高程为8 844.43 m,还有位于太平洋西部低于海平面11 022 m的马里亚纳海沟,形状十分复杂。但是地球表面的高低起伏,相对于地球平均半径6 371 km是很小的,所以仍可以将地球作为球体看待。地球自然表面大部分是海洋,面积占地球表面的71%,陆地仅占29%。人们设想将静止的海水面向整个陆地延伸,用所形成的封闭曲面代替地球表面,这个曲面称为大地水准面。大地水准面所包含的形体,称为大地体,它代表了地球的自然形状和大小。

大地水准面的确定是一件非常复杂的工作,地球形状不规则,内部的质量分布不均匀,引起地面上各点的重力线方向产生不规则的变化。例如:在山岳附近,引力方向偏向山岳;在湖海附近,引力方向偏离湖海。在金属矿藏附近,引力方向偏向矿藏,等等。由于水准面都是处处与重力线方向正交的,所以水准面是不规则的曲面。长期以来,各国的大地测量工作者进行了大量的重力测量工作和海水面的观测工作,但是到目前为止,还没有得到一个被全球所公认的大地水准面。各国所采用的大地水准面实际上只是最接近其所在区域平均海水面的水准面。

1.2.2 建筑坐标和测量坐标的换算

1. 建筑坐标系

为了工作上的方便,在建立施工平面控制网和进行建筑物定位时,多采用一种独立的直角坐标系,称为建筑坐标系,也叫施工坐标系。该坐标系的纵横坐标轴与场地主要建筑物的轴线平行,坐标原点常设在总平面图的西南角,使所有建筑物的设计坐标均为正值。

为了与原测量坐标系区别,规定施工坐标系统的纵轴为A轴,横轴为B轴。由于建筑

物布置的方向受场地地形和生产工艺流程的限制,建筑坐标系通常与测量坐标系不一致。故在测量工作中需要将一些点的施工坐标换算为测量坐标。

2. 测量坐标系

测量坐标系与施工场地地形图坐标系一致,工程建设中地形图坐标系有两种情况,一种是高斯平面直角坐标系,另一种是测区独立平面直角坐标系,用 XOY 表示。

3. 坐标换算公式

如图 1-1 所示,测量坐标为 XOY ,施工坐标为 $AO'B$,原点 O' 在测量坐标系中的坐标为 X_o', Y_o' 。设两坐标轴之间的夹角为 α (一般由设计单位提供,也可以在总平面图按图解法求得), P 点的施工坐标为 (A_p, B_p) ,测量坐标为 (X_p, Y_p) ,则 P 点的施工坐标可按式(1-1)换算成测量坐标。

$$X_p = X_o' + A_p \cdot \cos \alpha - B_p \cdot \sin \alpha \quad (1-1)$$

$$Y_p = Y_o' + A_p \cdot \sin \alpha + B_p \cdot \cos \alpha$$

P 点的测量坐标可按(1-2)换算成施工坐标。

$$A_p = (X_p - X_o') \cdot \cos \alpha + (Y_p - Y_o') \cdot \sin \alpha \quad (1-2)$$

$$B_p = -(X_p - X_o') \cdot \sin \alpha + (Y_p - Y_o') \cdot \cos \alpha$$

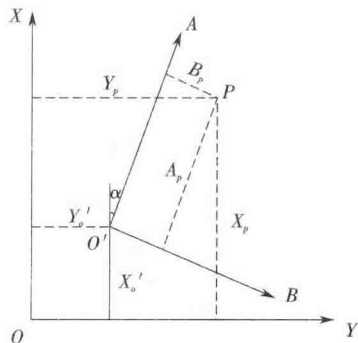


图 1-1 测量坐标各点

1.2.3 平面位置与高程的确定

测量中,无论测图还是放样,都必须确定出所测对象的特征点的位置。只要将代表其地物地貌特征的点的位置确定了,则其他各点、线、面及形的位置也就容易确定了。因此,研究任意一点位置的确定问题,是测量学的基本问题。

要确定一个点的空间位置,可以通过确定这个点在某个基准面上的投影以及该点沿基准线到该基准面的距离来进行。在野外测量时,采用的基准面和基准线分别是水准面和与之垂直的重力线。但是由于大地水准面形状不规则,不能作为内业计算的基准面,所以内业计算时总采用椭球面或参考椭球面作为基准面,采用与椭球面处处垂直的法线作为基准线。

确定地面点位的基本方法是数学(几何)方法,用空间三维坐标表示。以参考椭球体表示的为“参心”坐标,以地球质心为坐标系中心的为“地心”坐标。地面点的空间位置与一定的坐标系相对应,在测量上常用的坐标系有空间直角坐标系、地理坐标系、高斯投影平面直角坐标系及独立平面直角坐标系等。地面点位的三维在空间直角坐标系中用 X, Y, Z 表示,在地理坐标系和高斯投影平面直角坐标系中,前两个量为平面坐标,表示地面点沿着基准线投影到基准面上后在基准面上的位置。基准线可以是铅垂线,也可以是法线。基准面是大地水准面、平面或椭球体面。第三个量是高程,表示地面点沿基准线到基准面的距离。

1. 高程系统

新中国成立以来,我国曾以青岛验潮站 1950—1956 年的观测资料求得的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 年黄海高程系统”,并在青岛市观象山上建立了国家水准原点。此后由于观测数据的积累,黄海平均海水面发生了微小的变化,因

此启用了新的高程系统,即“1985 年国家高程基准”。青岛水准原点的高程在 1956 年黄海高程系统中为 72.289 m,在 1985 国家高程基准中为 72.260 m。

所谓地面点的高程(绝对高程或海拔)就是地面点到大地水准面的铅垂距离,一般用 H 表示,如图 1-2 所示。图中地面点 A 、 B 的高程分别为 H_A 、 H_B 。

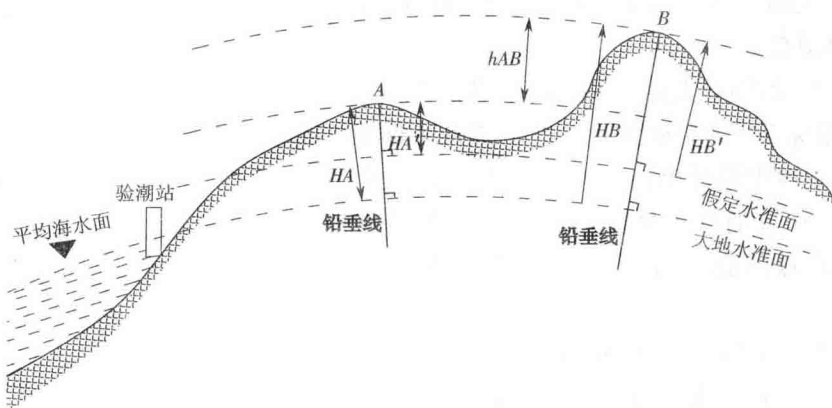


图 1-2 高程和高差

在个别的局部测区,若远离已知国家高程点或为便于施工,也可以假设一个高程起算面(即假定水准面),这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。如图 1-2 所示 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 1-2 中 A 、 B 两点高差 h_{AB} 为

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

式中, h_{AB} 有正有负,下标 AB 表示该高差是从 A 点至 B 点方向的高差。式(1-3)也表明两点之间的高差与高程起算面无关。

2. 坐标系

1) 地理坐标

地面点在球面上的位置用经度和纬度表示的,称为地理坐标。按照基准面和基准线及推算坐标方法的不同,地理坐标又可以分为天文地理坐标和大地地理坐标两种。天文地理坐标如图 1-3 所示,其基准是铅垂线 and 大地水准面,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 ψ 表示。天文经、纬度是用天文测量的方法直接测定的。

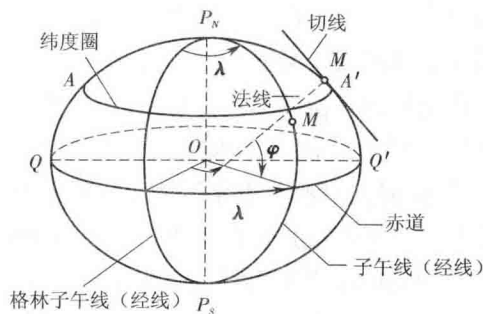


图 1-3 地理坐标示意图

大地地理坐标的基准是法线和参考椭球面,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、纬度是根据大地测量所得数据推算得到的。

如图 1-4 所示为以 O 为球心的参考椭球体, N 为北极、 S 为南极, NS 为短轴。过中心 O 并

与短轴垂直且与椭球相交的平面为赤道面, P 为地面点, 含有短轴的平面为子午面。过 P 点沿法线 PK_p 投影到椭球体面上, 得到 P' 点。 $NP'S$ 是过 P 点子午面在椭球体面上投影的子午线。过格林尼治天文台的子午线称为本初子午线或首子午线。 $NP'S$ 子午面与本初子午面所夹的两面角 L_p 称为 P 点的大地经度。法线 PK_p 与赤道平面的交角 B_p 称为 P 点的大地纬度。 P 点沿法线到椭球体面的距离 PP' 称为 P 点的大地高 H_p 。

国际规定, 过格林尼治天文台的子午面为零子午面, 经度为 0° , 以东为东经、以西为西经, 其值域均为 $0^\circ \sim 180^\circ$; 纬度以赤道面为基准面, 以北为北纬, 以南为南纬, 其值均为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。椭球体面上的大地高为零。沿法线在椭球体面外为正, 在椭球体面内为负。我国处于东经 $74^\circ \sim 135^\circ$, 北纬 $3^\circ \sim 54^\circ$ 。如北京位于北纬 40° 、东经 116° , 用 $B = 40^\circ\text{N}$, $L = 116^\circ\text{E}$ 表示。

地面点位也可以用空间直角坐标 (X, Y, Z) 表示, 如 GPS 中使用的 WGS-84 系统, 如图 1-4 所示。它是美国国防局为进行 GPS 导航定位于 1984 年建立的地心坐标系。该坐标系以地心 O 为坐标原点, ON 即旋转轴为 Z 轴方向; 格林尼治子午线与赤道面交点与 O 的连线为 X 轴方向; 过 O 点与 XOZ 面垂直, 并与 X, Z 构成右手坐标系者为 Y 轴方向。点 P 的空间直角坐标为 (X_p, Y_p, Z_p) , 它与大地坐标 B, L, H 之间可用公式转换。

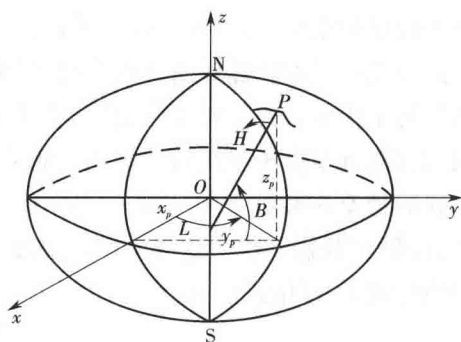


图 1-4 空间直角坐标

2) 高斯平面直角坐标

(1) 测量问题的提出。大地坐标系是大地测量的基本坐标, 常用于大地问题的解算、研究地球形状和大小、编制地图、火箭和卫星发射及军事方面的定位及运算, 若将其直接用于工程建设规划、设计和施工等很不方便。所以要将椭球面上的大地坐标按一定数学法则归算到平面上, 即采用地图投影的理论绘制地形图, 才能用于规划建设。

(2) 解决问题的方案。椭球体面是一个不可直接展开的曲面。故将椭球面上的元素按一定条件投影到平面上, 总会产生变形。测量上常以投影变形不影响工程要求为条件选择投影方法。地图投影有等角投影、等面积投影和任意投影 3 种, 一般常采用等角投影, 它可以保证在椭球体面上的微分图形投影到平面后将保持相似。这是地形图的基本要求。

(3) 高斯平面直角坐标。

①高斯投影的概念。高斯是德国杰出的数学家和测量学家。在 1820—1830 年间, 为解决德国汉诺威地区大地测量投影问题, 提出了横轴椭圆柱投影方法(即正形投影方法)。1912 年起, 德国学者克吕格将高斯投影公式加以整理和扩充并导出了实用的计算公式, 所以, 该方法又称为高斯—克吕格正形投影。它是将一个横轴椭圆柱面套在地球椭球体上, 如图 1-5 所示。椭球体中心 O 在椭圆柱中心轴上, 椭球体南北极与椭圆柱相切, 并使某一子午线与椭圆柱相切。此子午线称为中央子午线。然后将椭球体面上的点、线按正形投影条件投影到椭圆柱面上, 再沿椭圆柱 N, S 点的母线割开, 并展成平面, 即成为高斯投影平面。

在高斯投影平面上, 中央子午线是直线, 其长度不变形, 离开中央子午线的其他子午线是

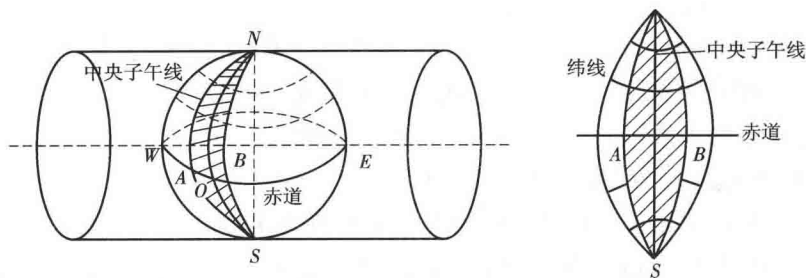


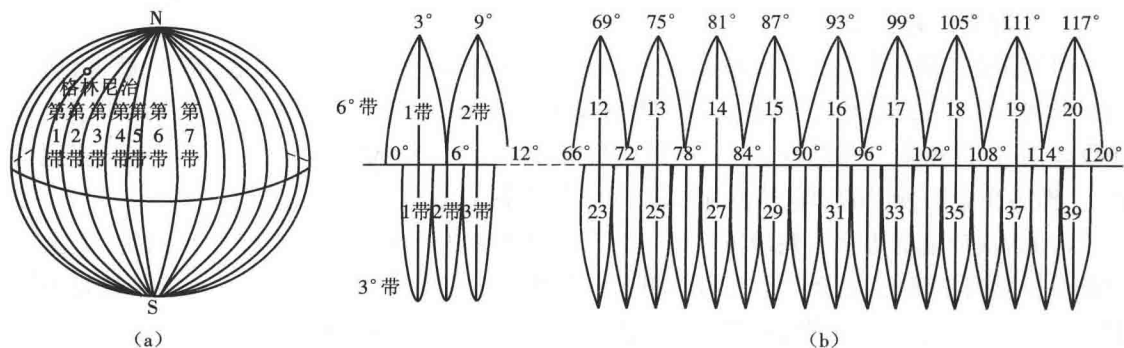
图 1-5 高斯投影

弧形,凹向中央子午线。离开中央子午线越远,变形越大。投影后赤道是一条直线,赤道与中央子午线保持正交。离开赤道的纬线是弧线,凸向赤道。

高斯投影可以将椭球面变成平面,但是离开中央子午线越远变形越大,这种变形将会影响测图和施工精度。为了对长度变形加以控制,测量中采用了限制投影宽度的方法,即将投影区域限制在靠近中央子午线的两侧狭长地带。这种方法称为分带投影。投影宽度是以相邻两个子午线的经差 δ 来划分,有 6° 带、 3° 带、 1.5° 带。 6° 带投影是从英国格林尼治子午线开始,自西向东,每隔 6° 投影一次。这样将椭球分成60个带,编号为1~60带,如图1-6所示。各带中央子午线经度 L_0 可用式(1-4)计算

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-4)$$

式中, N 为 6° 带的带号。已知某点大地经度 L ,可按式(1-5)、(1-6)计算该点所属的带号。

图 1-6 6° 带和 3° 带投影

6° 带

$$N = L/6 (\text{取整}) + 1 \quad (1-5)$$

3° 带

$$n = L/3 (\text{四舍五入}) \quad (1-6)$$

3° 带是在 6° 带基础上划分的,其中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合,每隔 3° 为一带,共120带,各带中央子午线经度为

$$L = 3n \quad (1-7)$$

式中, n 为 3° 带的带号。

我国幅员辽阔,含有 11 个 6° 带,即从 13 ~ 23 带,21 个 3° 带,从 25 ~ 45 带。

②高斯平面直角坐标系的建立。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。因此规定: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,象限按顺时针 I、II、III、IV 排列,由此建立了高斯平面直角坐标系,如图 1-7 所示。

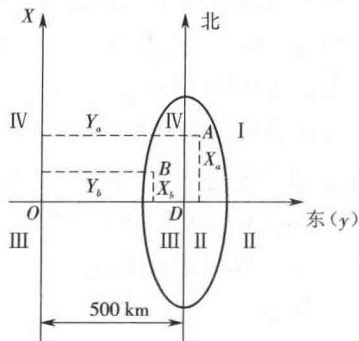


图 1-7 高斯平面直角坐标

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,我国规定将每个带的坐标原点向西移 500 km。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 值前面冠以投影带的带号。例如,图 1-7 中 B 点位于高斯投影 6° 带第 20 号带内($n=20$),其真正横坐标 $y_b = -113\,424.690\text{ m}$,按照上訴规定 y 值应改写为 $y_b = 20(-113\,424.690 + 500\,000) = 20\,386\,575.310$ 。反之,从这个 y_b 值中可以知道,该点是位于第 20 号 6° 带,其真正横坐标 $y_b = (386\,575.310 - 500\,000)\text{ m} = -113\,424.690\text{ m}$ 。

③高斯平面直角坐标系与数学中的笛卡尔坐标系的区别。如图 1-8 所示,高斯直角坐标系纵轴坐标为 x 轴,横坐标为 y 轴,坐标象限为顺时针方向编号。角度起算是从 x 轴的北方向开始,顺时针计算。这些定义都与数学中的定义不同,目的是为了定向方便,并能将数学上的几何公式直接应用到测量计算中,而无需做任何变更。

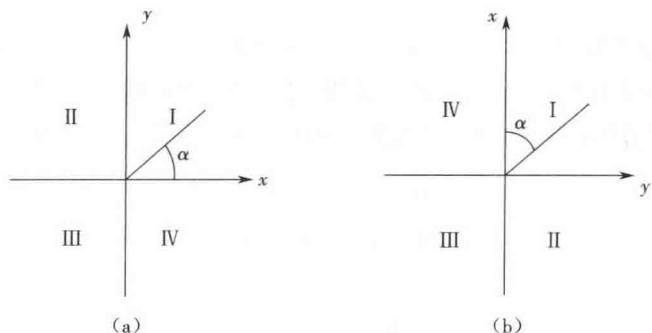


图 1-8 笛卡尔坐标和高斯直角坐标

(a) 笛卡尔坐标; (b) 高斯直角坐标

3) 独立平面直角坐标

《城市测量规范》(CJJ/T8—2011)规定,面积小于 25 km^2 的城镇,可不经投影采用假定平面直角坐标系统在平面上直接进行计算。

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),与高斯平面直角坐标系的特点一样,将该测区的子午线的投影为 x 轴,向北为正,与之相