



高等学校土建类专业 **应用型本科** “十二五” 规划教材

建筑工程测量

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

(第2版)

主编 史兆琼

主审 邱福清



武汉理工大学出版社

WUTP

Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业应用型“十二五”规划教材
2009—2010 中南地区大学版协优秀图书一等奖
湖北省视频精品课程

建筑工程测量

(第2版)

主 编 史兆琼
副主编 吴 博 刘 健
主 审 邱福清

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书分四个部分、共 15 章,其中:第一部分(第 1~6 章)为基本仪器和基本理论,主要介绍水准仪、经纬仪和全站仪等测量仪器的构造、使用和检校,以及测量误差的基本知识;第二部分(第 7~10 章)为地形测量,主要介绍了小地区控制测量、大比例尺地形测量、地籍测量和地形图的应用;第三部分(第 11~14 章)为施工测量部分,主要介绍了施工测量的基本工作、工业与民用建筑中的施工测量、道路和桥梁工程测量以及管道工程测量;第四部分(第 15 章)为测量新技术,主要介绍了 GPS 全球定位系统的基本理论和应用。

为了强化实践性环节的教学,还编写了与本教材配套的《习题及实习纲要》和《实验指导与记录》。

本书可作为普通高等院校土建类专业,如土木工程、建筑工程技术、建筑学、给排水、工程管理、工程造价、市政工程、环境工程、园林工程等专业应用型本科学生的测量课程教材,也可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/史兆琼主编. —2 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2015. 2

ISBN 978-7-5629-4820-9

I. 建… II. ①史… III. ①建筑测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 035872 号

项目负责人:王利永

责任编辑:王利永

责任校对:王 思

装帧设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经销者:各地新华书店

印刷者:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:18.25

字 数:456 千字

版 次:2010 年 4 月第 1 版 2015 年 2 月第 2 版

印 次:2015 年 2 月第 1 次印刷

印 数:9001~12000 册

定 价:35.00 元(含《习题及实习纲要》和《实验指导与记录》)(配套多媒体课件)

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。

本社购书热线电话:(027)87394412 87383695 87384729

版权所有,盗版必究。

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

编 审 委 员 会

顾 问:马成松 杜月中 孟高头 唐友尧 熊丹安

主 任:李新福 杨学忠

副 主 任:(按姓氏笔画排列)

江义声	许立强	许程洁	向惠生	陈升平
陈礼和	陈 蓓	陈俊杰	陈宜虎	张志国
张伯平	杨和礼	杨子江	郑 毅	柳立生
姚金星	荀 勇	胡铁明	袁海庆	蒋沧如

委 员:(按姓氏笔画排列)

马成松	牛秀艳	邓 训	王有凯	王晓琴
史兆琼	孙 艳	刘富勤	许汉明	许程洁
刘 江	刘 伟	刘 芳	刘 斌	刘黎虹
刘广杰	刘红霞	邹祖绪	吴秀丽	张 敏
张志国	张朝新	张淑华	陈金洪	沈中友
杜春海	李永信	李武生	宋非非	宋 平
杨双全	杨子江	郑 毅	赵 亮	赵元勤
胡忠军	胡铁明	施鲁莎	柳立生	董晓琳
韩东男	程 瑶	熊海滢	熊瑞生	

秘 书:王利永

总责任编辑:于应魁

前 言

(第 2 版)

近年来,随着我国改革开放的不断深入,为实现“国家富强、民族振兴、人民幸福”的中国梦,各行各业正迅猛发展,建筑工程测量这门现代工程不可或缺的应用科学,正紧贴时代发展的脉搏,日新月异,突飞猛进。为使教材的内容贴近时代的发展,培养出满足工程建设需求的应用型人才,特对本教材进行必要修订。

此次修订,保持了第 1 版的教材体系。为了便于学生自学,在各章的开头增加了“本章知识点”,并指出了各章重点、难点。在教材内容的安排上,增加了数字水准仪、全站仪导线测量、交会法定点、全站仪面积测算和地籍测量等章节,修改了第 5 章全站仪及其使用、第 8 章全站仪数字化测图及第 11 章全站仪放样,将全站仪的应用贯穿于控制测量、地形测量、施工测量的各章节之中。为了加强学生动手能力的培养,在实践性环节的安排上,增添了已知高程和坡度的放样,修改了全站仪放样等实践项目。力求使教材内容更新,观测技术更先进、更贴近社会与实际。

本书由武昌理工学院史兆琼担任主编,武昌理工学院吴博、新疆农业大学刘健担任副主编,武汉大学邱福清教授担任主审。具体编写分工如下:武昌理工学院史兆琼(第 1~4 章),武昌理工学院吴博(第 5、7、10、11 章及《实验指导与记录》、《习题及实习纲要》),新疆农业大学刘健(第 6、8、9 章),石河子大学王蕾(第 12~15 章)。全书由史兆琼负责统稿。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请读者指正。

编者

2015 年 1 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 建筑工程测量的任务及作用	(1)
1.2 地球的形状及大小	(2)
1.3 地面点位的确定	(3)
1.3.1 坐标	(3)
1.3.2 高程	(5)
1.4 用水平面代替水准面的限度	(6)
1.4.1 地球曲率对水平距离的影响	(6)
1.4.2 地球曲率对高程的影响	(7)
1.5 测量工作概述	(7)
1.5.1 测量的基本工作	(7)
1.5.2 测量工作的基本原则	(7)
1.6 测量常用的计量单位与换算	(9)
1.7 测量计算数值凑整规则	(9)
思考题	(10)
2 水准仪及其使用	(11)
2.1 水准测量原理	(11)
2.2 DS ₃ 型微倾式水准仪	(12)
2.2.1 DS ₃ 型微倾式水准仪的构造	(12)
2.2.2 水准尺和尺垫	(14)
2.2.3 DS ₃ 型微倾式水准仪的使用	(15)
2.3 自动安平水准仪	(16)
2.3.1 自动安平水准仪的原理	(16)
2.3.2 自动安平补偿器	(17)
2.3.3 自动安平水准仪的使用	(17)
2.4 水准测量的基本方法	(18)
2.4.1 水准点	(18)
2.4.2 水准测量的实施	(18)
2.5 三、四等水准测量	(19)
2.5.1 三、四等水准测量所使用的仪器及观测的技术指标	(19)
2.5.2 三、四等水准测量的施测方法	(20)
2.6 水准测量的校核方法及闭合差的调整	(22)
2.6.1 水准测量的校核方法	(22)
2.6.2 水准测量闭合差的调整	(23)

2.7	水准仪的检验和校正	(25)
2.7.1	DS ₃ 型微倾式水准仪的检验和校正	(25)
2.7.2	自动安平水准仪的检验和校正	(28)
2.8	水准测量的误差及其消减方法	(28)
2.8.1	仪器误差	(28)
2.8.2	观测误差	(28)
2.8.3	外界因素的影响	(29)
2.9	精密水准仪	(30)
2.9.1	精密水准仪的特点	(30)
2.9.2	精密水准尺及读数方法	(31)
2.10	数字水准仪	(32)
2.10.1	数字水准仪的构造及基本原理	(32)
2.10.2	数字水准仪的优点	(32)
2.10.3	数字水准仪的使用	(33)
2.10.4	数字水准仪使用时的注意事项	(33)
	思考题	(33)
3	经纬仪及其使用	(35)
3.1	水平角测量原理	(35)
3.2	DJ ₆ 型光学经纬仪	(35)
3.2.1	DJ ₆ 型光学经纬仪的构造	(36)
3.2.2	DJ ₆ 型光学经纬仪的读数装置和读数方法	(37)
3.3	电子经纬仪	(40)
3.3.1	电子经纬仪的性能	(40)
3.3.2	电子经纬仪的使用	(41)
3.4	水平角测量	(41)
3.4.1	测回法	(42)
3.4.2	全圆测回法	(42)
3.5	竖直角测量	(44)
3.5.1	竖直角测量的概念	(44)
3.5.2	竖直度盘	(44)
3.5.3	竖直角计算	(45)
3.5.4	竖直角观测	(45)
3.6	视距测量	(46)
3.6.1	视距测量原理	(46)
3.6.2	视距测量的方法及计算(正像望远镜)	(48)
3.7	经纬仪的检验和校正	(49)
3.7.1	照准部水准管轴垂直于竖轴的检验和校正	(50)
3.7.2	十字丝竖丝垂直于横轴的检验和校正	(51)
3.7.3	视准轴垂直于横轴的检验和校正	(51)

3.7.4	横轴垂直于竖轴的检验和校正	(52)
3.7.5	竖盘指标差的检验和校正	(53)
3.7.6	光学对中器的检验和校正	(55)
3.8	经纬仪的测量误差及其消减方法	(55)
3.8.1	水平角测量误差	(55)
3.8.2	视距测量的误差	(56)
3.9	DJ ₂ 型光学经纬仪	(57)
3.9.1	DJ ₂ 型光学经纬仪读数装置的特点	(57)
3.9.2	读数方法	(57)
	思考题	(58)
4	距离测量及直线定向	(60)
4.1	距离丈量	(60)
4.1.1	量距的工具	(60)
4.1.2	丈量距离的一般方法	(61)
4.1.3	丈量距离的精密方法	(62)
4.1.4	钢尺检定	(65)
4.1.5	距离丈量误差及其消减方法	(65)
4.2	电磁波测距	(66)
4.2.1	测距原理	(66)
4.2.2	PD30 雷射手持测距仪简介	(67)
4.3	直线定向	(68)
4.3.1	标准方向	(68)
4.3.2	直线方向的表示方法	(68)
4.3.3	罗盘仪及其使用	(70)
	思考题	(71)
5	全站仪及其使用	(72)
5.1	全站仪的构造及性能	(72)
5.1.1	全站仪的构造及功能	(72)
5.1.2	全站仪的主要性能指标	(72)
5.2	全站仪的使用	(73)
5.2.1	角度测量	(73)
5.2.2	距离测量	(75)
5.2.3	三维坐标测量	(76)
5.3	全站仪在工程测量中的应用	(76)
5.3.1	对边测量	(76)
5.3.2	悬高测量	(77)
5.3.3	利用全站仪的对边测量功能进行遇障碍物直线测设	(78)
5.3.4	全站仪在建筑挡光测量中的应用	(79)
5.4	全站仪的检验、校正及使用注意事项	(80)
5.4.1	全站仪的检验和校正	(80)

5.4.2 全站仪使用时的注意事项	(80)
思考题	(80)
6 测量误差的基本知识	(81)
6.1 测量误差概述	(81)
6.1.1 观测误差的来源	(81)
6.1.2 观测误差的分类	(81)
6.1.3 偶然误差的特性	(82)
6.2 衡量精度的标准	(83)
6.2.1 中误差	(83)
6.2.2 容许误差	(85)
6.2.3 相对误差	(86)
6.3 观测值函数的中误差	(86)
6.3.1 观测值的和或差函数的中误差	(86)
6.3.2 观测值的倍数函数的中误差	(88)
6.3.3 线性函数的中误差	(89)
6.3.4 一般函数的中误差	(89)
6.4 算术平均值及其中误差	(90)
6.4.1 算术平均值原理	(90)
6.4.2 算术平均值的中误差 M	(91)
思考题	(92)
7 小地区控制测量	(93)
7.1 控制测量概述	(93)
7.1.1 国家控制网	(93)
7.1.2 小地区控制网	(94)
7.2 导线测量	(94)
7.2.1 导线的布设形式及应用范围	(94)
7.2.2 导线测量的等级及主要技术要求	(95)
7.2.3 导线测量的外业工作	(95)
7.2.4 导线测量的内业计算	(96)
7.3 全站仪导线测量	(102)
7.3.1 全站仪导线测量的外业工作	(102)
7.3.2 以坐标为观测值的导线内业计算	(102)
7.4 交会法	(104)
7.4.1 测角交会法	(104)
7.4.2 测边交会法	(105)
7.5 高程控制测量	(106)
7.5.1 高程控制测量概述	(106)
7.5.2 三角高程测量	(106)
思考题	(108)
8 大比例尺地形测量	(109)

8.1	地形图的基本知识	(109)
8.1.1	比例尺	(109)
8.1.2	地物符号	(110)
8.1.3	地貌符号	(113)
8.1.4	图外注记	(116)
8.2	测图前的准备工作	(118)
8.2.1	编制控制点成果表	(118)
8.2.2	图纸	(118)
8.2.3	直角坐标方格网的绘制	(119)
8.2.4	控制点的展绘	(119)
8.3	经纬仪测绘法测图	(120)
8.3.1	作业步骤	(120)
8.3.2	碎部点的选择	(121)
8.3.3	地物和等高线的勾绘	(122)
8.3.4	地形图的拼接、检查与整饰	(123)
8.4	全站仪数字化测图简介	(124)
8.4.1	全站仪数字化测图的优点	(124)
8.4.2	全站仪数字化测图中点的表示方法	(124)
8.4.3	全站仪数字化测图的作业过程	(125)
8.4.4	苏一光 OTS812 型全站仪在数字化测图中的应用	(126)
	思考题	(130)
9	地籍测量	(131)
9.1	地籍测量的任务和特点	(131)
9.2	地籍调查	(132)
9.2.1	地籍调查应遵循的原则	(132)
9.2.2	地籍调查的工作程序	(132)
9.2.3	土地权属	(132)
9.2.4	土地的划分与编号	(133)
9.2.5	土地权属调查	(135)
9.3	地籍测量	(141)
9.3.1	地籍控制测量	(141)
9.3.2	地籍要素测量	(142)
9.3.3	地籍图的编绘	(143)
9.3.4	变更地籍测量	(146)
9.4	面积的测算和精度	(146)
9.4.1	面积测算的方法	(146)
9.4.2	面积测算的精度与要求	(146)
	思考题	(147)
10	地形图的应用	(148)
10.1	地形图应用的基本内容	(148)

10.1.1	图上确定点的平面坐标	(148)
10.1.2	图上确定点的高程	(148)
10.1.3	图上量测直线的长度和方向	(149)
10.1.4	确定直线坡度	(149)
10.2	地形图在规划设计中的应用	(149)
10.2.1	按限制坡度选择最短线路	(149)
10.2.2	绘制断面图	(150)
10.2.3	汇水面积边界的勾绘	(151)
10.2.4	建筑场地的平整	(151)
10.3	面积的测算	(153)
10.3.1	方格法	(153)
10.3.2	梯形法	(154)
10.3.3	求积仪法	(154)
10.3.4	全站仪面积测算	(155)
	思考题	(156)
11	施工测量的基本工作	(157)
11.1	施工测量概述	(157)
11.2	放样的基本测量工作	(157)
11.2.1	已知直线长度的放样	(157)
11.2.2	已知角度的放样	(158)
11.2.3	已知高程的放样	(159)
11.3	点的平面位置放样	(160)
11.3.1	极坐标法	(160)
11.3.2	直角坐标法	(160)
11.3.3	角度交会法	(161)
11.3.4	距离交会法	(161)
11.3.5	方向线交会法	(162)
11.4	直线坡度的放样	(162)
11.5	全站仪放样	(162)
11.5.1	边角放样	(163)
11.5.2	坐标放样	(164)
	思考题	(165)
12	工业与民用建筑中的施工测量	(166)
12.1	建筑场地上的施工控制测量	(166)
12.1.1	施工平面控制网的建立	(166)
12.1.2	测量坐标与施工坐标的换算	(167)
12.1.3	建筑基线的放样	(167)
12.1.4	建筑方格网的放样	(168)
12.1.5	施工高程控制网的建立	(169)
12.2	民用建筑施工测量	(169)

12.2.1	建筑物的定位和放线	(169)
12.2.2	基础施工测量	(170)
12.2.3	墙体施工测量	(171)
12.2.4	高层建筑物的施工测量	(172)
12.3	工业建筑施工测量	(173)
12.3.1	厂房矩形控制网的放样	(173)
12.3.2	厂房柱列轴线的放样	(173)
12.3.3	基坑施工放样	(174)
12.3.4	厂房预制构件的安装测量	(174)
12.4	烟囱、水塔施工测量	(176)
12.4.1	基础定位放线	(176)
12.4.2	基础施工测量	(177)
12.4.3	筒身施工测量	(177)
12.4.4	筒体标高控制	(177)
12.5	房屋建筑的变形观测	(177)
12.5.1	沉降观测	(178)
12.5.2	倾斜观测	(179)
12.5.3	裂缝观测	(180)
12.6	竣工总平面图的编绘	(180)
	思考题	(181)
13	道路和桥梁工程测量	(182)
13.1	概述	(182)
13.1.1	道路工程测量	(182)
13.1.2	桥梁工程测量	(182)
13.2	道路中线测量	(183)
13.2.1	交点和转点的测设	(183)
13.2.2	转向角的测定	(185)
13.2.3	中桩的设置	(185)
13.3	圆曲线的放样	(185)
13.3.1	圆曲线主点的放样	(186)
13.3.2	圆曲线的细部放样	(187)
13.4	道路纵横断面测量	(189)
13.4.1	道路纵断面测量	(189)
13.4.2	道路横断面测量	(192)
13.5	道路施工测量	(194)
13.5.1	施工控制桩的测设	(194)
13.5.2	路基边桩的测设	(194)
13.6	桥梁施工测量	(195)
13.6.1	施工控制网的建立	(195)
13.6.2	墩台中心定位测量	(196)

13.6.3	桥梁各部施工测量	(197)
	思考题	(199)
14	管道工程测量	(200)
14.1	管道中线测量	(200)
14.1.1	主点的测设	(200)
14.1.2	里程桩和加桩的标定	(200)
14.2	管道纵、横断面测量	(201)
14.2.1	纵断面测量	(201)
14.2.2	横断面测量	(201)
14.3	管道施工测量	(203)
14.3.1	地下开挖管道施工测量	(203)
14.3.2	顶管施工测量	(204)
14.4	管道工程竣工测量	(205)
14.4.1	解析法测图	(206)
14.4.2	图解法测图	(208)
	思考题	(208)
15	GPS 全球定位系统简介	(209)
15.1	概述	(209)
15.2	GPS 全球定位系统的组成	(210)
15.2.1	空间星座部分	(210)
15.2.2	地面监控部分	(211)
15.2.3	用户设备部分	(212)
15.3	GPS 坐标系统和定位原理	(212)
15.3.1	WGS-84 世界大地坐标系	(212)
15.3.2	GPS 定位原理	(212)
15.4	GPS 接收机及其功能	(214)
15.4.1	GPS 接收机的分类	(214)
15.4.2	GPS 接收机的构造及其功能	(214)
15.5	GPS 测量的实施	(215)
15.5.1	GPS 控制网精度指标	(215)
15.5.2	网形设计	(216)
15.5.3	选点、建标志	(217)
15.5.4	外业观测	(217)
15.5.5	内业数据处理	(218)
15.5.6	技术总结和上交资料	(218)
	思考题	(218)
	参考文献	(219)

1 绪 论

本章知识点:建筑工程测量的任务及作用,水准面、大地水准面、参考椭球面的概念,地面点位的表示方法,测量工作的基本原则。

本章重点:地面点位的表示方法。

本章难点:高斯平面直角坐标系的建立。

1.1 建筑工程测量的任务及作用

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地球表面(包括空中、地面和海底)点位关系的一门科学。

测量学根据研究的对象、范围及所采用的技术不同,产生了许多分支学科。

(1) 大地测量学:研究地球表面上一个广大区域甚至整个地球的形状和大小,解决在大区域内建立国家控制网及重力场的理论、技术与方法的科学。近年来,随着人造地球卫星的发射,大地测量学又分为常规地测量学和卫星地测量学。

(2) 普通测量学:研究地球表面上一个小区域内的测绘技术和方法的科学。由于测量范围小,可以把这块球面当作平面看待而不用考虑地球曲率的影响。

(3) 摄影测量与遥感学:研究利用摄影或遥感技术获取目标物的影像数据,从中提取几何的或物理的信息,并用图形、图像或数字形式表达的科学。根据获得的像片方式和研究的目的不同,摄影测量学又分为航天摄影测量学、航空摄影测量学、地面摄影测量学和水下摄影测量学。

(4) 地图制图学(地图学):研究利用测量采集成果资料,编制各种模拟和数字地图的理论、原理、工艺技术和应用的科学。

(5) 海洋测量学:以海洋水体和海底为研究对象所进行的测量和海图编制的科学。主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量。

(6) 工程测量学:研究在各种工程建设和自然资源开发中各个阶段进行地形测绘、施工放样和变形监测的理论和技术的科学。

建筑工程测量是测量学的一个组成部分,它是研究建筑工程在勘测设计、施工和管理阶段各项测量工作的理论技术和方法的学科。其任务是:

(1) 地形测图,亦称测定

它是利用各种测量仪器和工具,将地面上局部区域的地物和地面起伏的形状、大小,按一定的比例尺缩小测绘成地形图,为工程建设的规划、设计和施工提供服务。

(2) 施工放样,亦称测设

它是将图纸上规划、设计好的建筑物位置、尺寸测设于地面,作为施工依据,并在施工过程中

中,配合工程进度进行一系列测量工作,以保证工程质量。

(3) 变形观测

对于一些大型或重要的建筑物,在施工和运营期间,要定期进行变形观测,了解其变形规律,以确保建筑物的安全。

由此可见,测量工作不仅是建筑工程建设的先行,而且贯穿于整个工程建设的始终。因此,对于从事建筑工程的技术人员而言,只有学习和掌握了必要的测量知识和技能,才能担负起本行业的工程勘测设计、施工及管理任务。

1.2 地球的形状及大小

地球的自然表面是一个不规则的曲面,有高山、丘陵、平原、湖泊和海洋等。其中,海拔最高处是我国西藏的珠穆朗玛峰,高达 8844.43 m(国家测绘局于 2005 年 10 月 9 日公布);海拔最低处是太平洋西部的马里亚纳海沟,深达 11022 m。尽管高低起伏约 20 km,但与半径为 6371 km 的地球相比,还是可以忽略不计的。由于地球表面上的陆地面积约占 29%,而海洋面积约占 71%,因此,地球总的形状可以认为是被海水面包围的球体。设想由一个静止的海水面向陆地延伸而形成一一个封闭的曲面,曲面上处处和铅垂方向相垂直,这个静止的海水面称为水准面。但海水受潮汐影响,时涨时落,所以水准面有无数个,其中与平均海水面重合的水准面称为大地水准面,是测量工作中点位投影和计算点位高度的基准面。

由于地球吸引力的大小与地球内部质量有关,而地球内部质量分布又不均匀,这就使得地面上各点在铅垂线方向产生不规则变化,因此,大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面,如图 1.1 所示。如果将地球表面的点位投影到这个不规则的曲面上,是无法进行测量工作的。因此,常选用一个能用数学公式表示其形状和大小,且与大地水准面很接近的旋转椭球体作为地球的参考形状和大小(如图 1.2 所示),并将这个旋转椭球体称为参考椭球体。

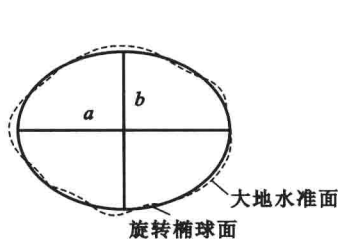


图 1.1 大地水准面与旋转椭球面示意图

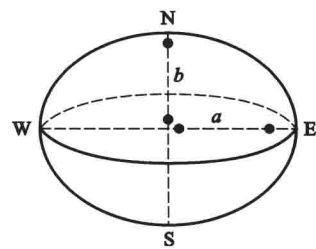


图 1.2 旋转椭球体示意图

我国“1980 年国家大地坐标系”采用的是 1975 年国际大地测量协会与地球物理联合会推荐的 IUGG-75 地球椭球,其基本元素为:

长半径 $a = 6378140 \text{ m}$
短半径 $b = 6356755.3 \text{ m}$
扁率 $\alpha = \frac{1}{298.257}$

由于参考旋转椭球体的扁率很小,为了计算方便,常把地球近似地作为圆球看待,其半径为 6371 km。当测区范围较小时,又可把球面视为平面。

1.3 地面点位的确定

确定地面上一点的空间位置,需要用三个量来表示。在测量工作中,是用地面点在基准面(参考椭球面)上的投影位置坐标和该点沿投影方向到基准面(大地水准面)的距离来表示的。

1.3.1 坐标

1.3.1.1 地理坐标

地理坐标是指用地球的经度(λ)和纬度(φ)来表示地面点位置的球面坐标,如图 1.3 所示。经度是从首子午线(即通过格林尼治天文台的子午线)起算,向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。纬度是从赤道起算,赤道以北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,赤道以南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。例如, M 点的地理坐标为东经 $115^\circ 30'$,北纬 $42^\circ 15'$ 。

1.3.1.2 高斯平面直角坐标

当测区范围较大时,如果将它的球面部分展成平面,必然产生皱纹或裂缝,使图形发生变形。为此,必须采用适当的投影方法,建立一个平面直角坐标系,以使变形限制在误差容许的范围之内,既能保证地形图的精度,又便于工作。在测量工作中,通常采用高斯横圆柱投影的方法来建立平面直角坐标系。

高斯是法国杰出的数学家、测量学家,他提出的横圆柱投影是一种正形投影。其投影的方法是:设想把一个平面卷成一个横圆柱,套在圆球外面,使横圆柱的轴心通过圆球的中心,并使横圆柱与球面上的一根中央子午线 NoS 相切,如图 1.4 所示。将球面上的图形投影到横圆柱面上,然后将横圆柱面沿南北极的 TT' 和 KK' 切开,展成平面,即可得投影到平面上相应的图形,如图 1.5 所示。

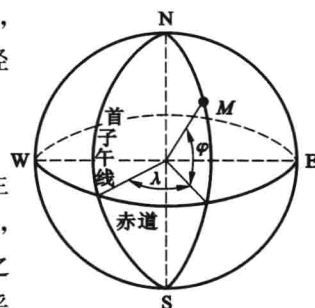


图 1.3 地理坐标

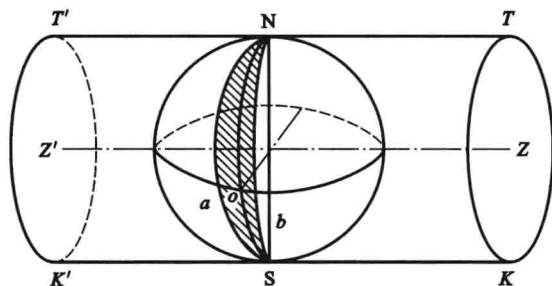


图 1.4 横圆柱投影

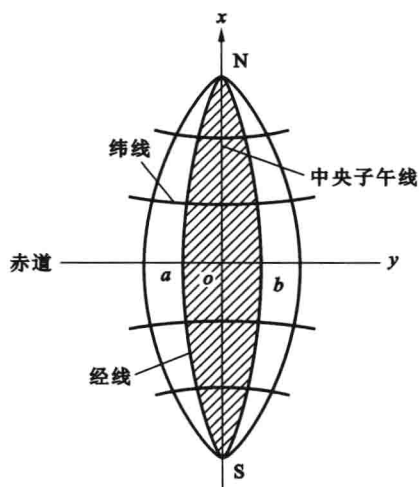


图 1.5 横圆柱投影展开图

高斯投影平面上的中央子午线是直线,其长度没有变化,离开中央子午线的其他子午线是

弧线,凹向中央子午线。离中央子午线愈远,变形就愈大。赤道也是一条直线,与中央子午线正交,离开赤道的纬线是弧线,凸向赤道。

为了使变形限制在允许范围内,可把地球按经线分成若干较小的带进行投影。投影带的宽度以相邻两条子午线的经差来划分,有 6°带和 3°带。

如图 1.6 所示,6°带是从格林尼治子午线开始,自西向东,经度每 6°为一带,该带中间的一条子午线,即是这带的中央子午线。这样就把地球分成 60 个 6°带,各带中央子午线经度为:

$$\lambda_0 = 6N - 3 \tag{1.1}$$

式中 λ_0 ——6°带中央子午线经度;

N ——6°带的带号。

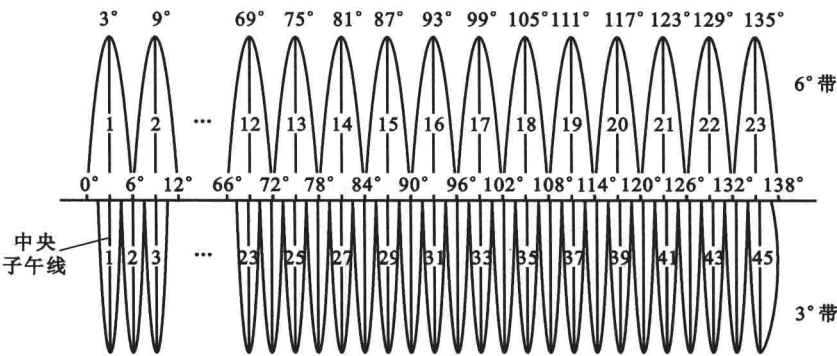


图 1.6 6°带和 3°带

3°带是从东经 1°30'开始,自西向东,经度每 3°分为一带,把地球分成 120 个 3°带。各带中央子午线的经度为:

$$\lambda'_0 = 3n \tag{1.2}$$

式中 λ'_0 ——3°带中央子午线经度;

n ——3°带的带号。

高斯平面直角坐标是以每一带中央子午线方向为纵轴 x ,北方向为正;赤道投影线为横轴 y ,向东为正;两轴线的交点 O 为坐标原点,如图 1.7 所示。由于我国领土全部位于北半球,故纵坐标值均为正值,而横坐标值则有正有负。为了避免出现负值,规定将每一带的坐标原点西移 500 km,即每带的坐标原点为 $x=0, y=500$ km。同时为了能从坐标值上确定该点所在的投影带,在该点的横坐标值前加上其所在的带号。例如某点的坐标 $x=6048075$ m, $y=19385530$ m,则说明该点位于赤道以北 6048075 m,第 19 投影带,中央子午线以西 114470 m (385530 m - 500000 m = -114470 m)。用高斯平面直角坐标来表示地面点位,其计算相当繁杂,一般适用于大范围的测量工作。

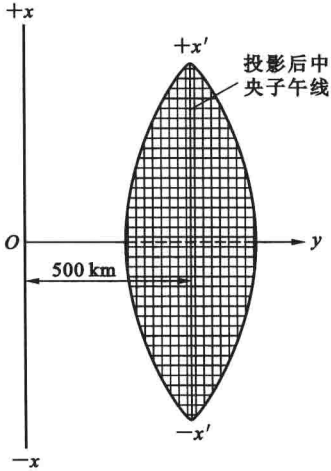


图 1.7 高斯平面直角坐标

1.3.1.3 平面直角坐标

当测区范围较小时(半径不超过 10 km),可把该部分球面视作平面,即直接将地面点沿铅垂线方向投影到水平面上