

建筑工程
技术专业

高职高专规划教材

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

建筑工程测量

第二版

李会青 主编

荣延祥 赵凤阳 副主编

黄兆康 主审



化学工业出版社

建筑工程
技术专业

高职高专规划教材

JIANZHU GONGCHENG CELIANG

建筑工程测量

第二版

李会青 主编

荣延祥 赵凤阳 副主编

黄兆康 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书依据国家标准《工程测量规范》(GB 50026—2007),结合本专业的教学改革和行业发展编写而成。全书分9个单元,内容包括建筑工程测量的基础知识、高程测量、坐标测量、GPS定位及应用、大比例尺地形图测绘、地形图应用、建筑施工测量、建筑物变形观测及竣工总平面图的编绘、测绘新技术在工程测量中的应用。每单元附有思考与练习题,另外还附有建筑工程测量能力训练,可以作为课程评价的参考。

本书可作为高职高专建筑工程技术、工程监理、工程造价、建筑工程管理、建筑装饰工程技术等土建类专业及相关专业教材,也可作为成人教育土建类及相关专业的教材,还可作为建筑工程测量等相关专业技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/李会青主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2016.9

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-27780-0

I. ①建… II. ①李… 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181594号

责任编辑:李仙华

装帧设计:张辉

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张12 $\frac{3}{4}$ 字数304千字 2016年11月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

编审委员会

顾问	杜国城	高职高专土建类专业教学指导委员会施工类专业分委员会主任
主任委员	李宏魁	河南建筑职业技术学院
副主任委员	魏鸿汉	天津建筑职工大学
	黄兆康	广西建设职业技术学院
	张伟	深圳职业技术学院
委员	(按姓名笔画排序)	
	王 辉	河南建筑职业技术学院
	王永正	天津国土资源和房屋职业学院
	白丽红	河南建筑职业技术学院
	冯光灿	成都航空职业技术学院
	朱 纓	河南建筑职业技术学院
	刘正武	湖南城建职业技术学院
	刘建伟	天津轻工职业技术学院
	刘振华	宁夏建设职业技术学院
	刘晓敏	黄冈职业技术学院
	汤万龙	新疆建设职业技术学院
	孙 刚	日照职业技术学院
	苏 炜	中州大学
	李会青	深圳职业技术学院建工学院
	李宏魁	河南建筑职业技术学院
	李社生	甘肃建筑职业技术学院
	何世玲	开封大学
	张 伟	深圳职业技术学院
	张 健	四川电力职业技术学院
	张 曦	四川建筑职业技术学院成都分院
	张立秋	北京电子科技职业学院
	陈 刚	广西建设职业技术学院
	陈 栩	成都航空职业技术学院
	周明月	河南建筑职业技术学院
	周和荣	四川建筑职业技术学院
	段永萍	青海建筑职业技术学院
	侯洪涛	济南工程职业技术学院
	桂顺军	青海建筑职业技术学院
	贾莲英	湖北城市建设职业技术学院
	高秀玲	天津城市建设管理职业技术学院
	黄兆康	广西建设职业技术学院
	梁晓丹	浙江建设职业技术学院
	童 霞	河南建筑职业技术学院
	魏鸿汉	天津建筑职工大学

前言

《建筑工程测量》第一版自 2010 年出版到现在已有六年，这六年建筑行业和测绘行业的发展，每个业内的人员都能切身地感觉到。反映到工程测量上主要体现在全站仪、GPS 普遍使用，无人机、三维激光扫描技术日臻完善，工程测量的内容日趋精细化、自动化、立体化。因此本次修订将结合近年来建筑行业和测绘的技术更新与发展增加相应的内容，以保持本书的先进性。本次修订增加了全站仪精密测高的内容，新增了 GPS 精细化测量，增加了三维激光扫描技术、自动监测技术、地下管网测绘等。

本次修订第 1~8 单元的部分内容由李会青完成，新增第 9 单元由桂林理工大学南宁分校的赵凤阳老师编写。

深圳地质建设工程公司荣延祥教授级高工提出了大量修订意见，并提供了大量生产一线素材。广西职业技术学院黄兆康教授担任本书主审，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢！

教学模式的探索与实践，微课、慕课、手机 APP 的推广与应用也给教材编写注入了新的元素，本教材将在相关的平台上逐步完善相应的教学资源建设，随本书一并提供给读者。

由于编者水平有限，书中或教学资源中有何不妥，可发信到邮箱 596048283@qq.com 与我们联系。

本书提供有电子教案和 PPT 电子课件，可登录 www.cipedu.com.cn 网址免费获取。

编 者
2016 年 5 月

第一版前言

本教材依据教育部《高职高专教育土建类专业人才培养规格和课程体系改革、建设的研究与实践》课题所取得的研究成果，以职业岗位能力分析为基础选取编排课程内容，关注专业的改革和行业发展，关注工程应用能力的培养，力争做到简明实用。

电子技术、计算机技术、通信技术的飞速发展，尤其是全站仪和 GPS 的广泛应用，给建筑工程测量带来巨大变化，因此需要新的理念与之适应，本教材试图将这种理念蕴含其中。建筑工程测量的主要任务是测图、放线、变形观测，利用全站仪或 GPS 可以直接测量点的三维坐标 (x, y, H) ，有了三维坐标可以绘图，也可以进行建筑物变形观测，从 AutoCAD 界面根据设计图可以获取点的三维坐标作为定位放线和高程控制的依据。即使是坐标正反算，也可以通过 AutoCAD 画线并显示其属性完成。但传统的测量技术简单实用，仍在广为使用，在本教材中也得到充分体现。

本教材吸收了近年来教学改革和行业发展的阶段性成果，借鉴了同类教材的相关内容。在编排次序上进行了调整，注重系统性、条理性。在内容上，既注重新技术、新方法的引进，又坚持“够用为度”的标准。同时内容通俗易懂，实用性强。

本书由深圳职业技术学院李会青主编（第 1、3、7 单元），参加编写的还有深圳地质工程有限公司荣延祥（第 5 单元）、河南建筑职业技术学院郑日忠（第 4、8 单元）和泰州职业技术学院袁学锋（第 2、6 单元）。全书由李会青统稿。

广西建设职业技术学院黄兆康教授担任本书主审，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

本书提供有 PPT 电子教案，可发信到 cipedu@163.com 免费获取。

编 者

2010 年 7 月

目录

单元① 基础知识

1

1.1 建筑工程测量的任务	1
1.1.1 测图	1
1.1.2 放线	1
1.1.3 变形观测	2
1.1.4 点位与建筑工程测量任务的关系	2
1.2 地面点位的确定	2
1.2.1 地球的形状和大小	2
1.2.2 地面点的高程	2
1.2.3 独立平面直角坐标系	3
1.2.4 高斯平面直角坐标系	3
1.2.5 常用基本概念	5
1.3 测量误差的基本知识	6
1.3.1 误差的定义	6
1.3.2 误差产生的原因	6
1.3.3 误差分类、特性及消减措施	6
1.3.4 精度指标	7
1.3.5 测量工作的程序和原则	8
思考与练习	8

单元② 高程测量

10

2.1 水准测量	10
2.1.1 水准测量的原理	10
2.1.2 水准测量的仪器和工具	11
2.1.3 水准仪的使用	14
2.1.4 水准测量的实施	15
2.1.5 水准测量的成果计算	18
2.1.6 三、四等水准测量	20
2.2 三角高程测量	22
2.2.1 三角高程测量的原理	22
2.2.2 光学经纬仪的构造及度盘读数	23
2.2.3 经纬仪的使用与竖直角测量	25
2.2.4 三角高程测量的实施	29

2.3 全站仪三角高程测量	29
2.3.1 全站仪三角高程测量原理	29
2.3.2 全站仪三角高程测量步骤	30
2.3.3 记录及计算	30
2.4 高程测量中的误差及注意事项	32
2.4.1 水准测量中的误差及注意事项	32
2.4.2 三角高程测量中的误差及注意事项	32
能力训练 2-1 水准仪测量能力评价	33
能力训练 2-2 三角高程测量能力评价	34
思考与练习	35

单元③ 坐标测量

37

3.1 坐标计算与极坐标法	38
3.1.1 直线的长度与方向	38
3.1.2 坐标正反算	38
3.1.3 极坐标法	39
3.2 水平角测量	39
3.2.1 测回法	39
3.2.2 方向观测法	40
3.3 距离测量	41
3.3.1 钢尺量距	41
3.3.2 电磁波测距	44
3.3.3 视距测量	46
3.4 全站仪	47
3.4.1 全站仪的特点	47
3.4.2 全站仪的使用	48
3.5 交会定点	52
3.5.1 前方交会法	52
3.5.2 距离交会法	52
3.6 导线测量	53
3.6.1 导线的布设形式	53
3.6.2 导线测量的等级与技术要求	54
3.6.3 导线测量的外业工作	54
3.6.4 导线测量的内业计算	55
3.7 坐标测量中的误差及注意事项	59
3.7.1 水平角测量中的误差及注意事项	59
3.7.2 水平距离测量中的误差及注意事项	60
能力训练 3-1 水平角测量能力评价	60
能力训练 3-2 全站仪坐标测量能力评价	61
思考与练习	62

4.1 GPS 基础知识	65
4.1.1 GPS 定位系统的概念及组成	65
4.1.2 GPS 定位的基本原理	66
4.1.3 GPS 定位系统的特点	67
4.2 GPS 静态定位	67
4.2.1 GPS 定位的技术设计	67
4.2.2 GPS 测量的外业准备及技术设计书编写	71
4.2.3 GPS 测量外业实施	72
4.3 GPS RTK 技术	74
4.3.1 GPS 差分 RTK (real time kinematic) 技术	74
4.3.2 GPS 网络 RTK 技术	75
思考与练习	78

5.1 地形图的基本知识	79
5.1.1 地形图的比例尺	79
5.1.2 地形图的图外注记	80
5.1.3 地物、地貌的表示方法	80
5.2 测图前的准备工作	85
5.2.1 收集资料	85
5.2.2 现场踏勘考察	85
5.2.3 编写技术设计书	85
5.2.4 人员和设备准备	86
5.3 控制测量	86
5.3.1 图根平面控制测量	86
5.3.2 图根高程控制	87
5.4 野外数据采集	87
5.4.1 碎部点的选择	88
5.4.2 全站仪数据采集	88
5.4.3 RTK 野外数据采集	89
5.5 成图软件与地形图绘制	90
5.5.1 数据传输	90
5.5.2 内业成图	91
5.6 检查验收	101
5.6.1 检查	101
5.6.2 检查验收报告	101
5.6.3 技术总结	101

能力训练 地形图测绘能力评价	102
思考与练习	103

单元⑥ 地形图应用

104

6.1 地形图基本应用	104
6.1.1 求点的坐标	104
6.1.2 确定两点间的水平距离	105
6.1.3 求直线的方位角	106
6.1.4 确定点的高程	106
6.1.5 求两点间的坡度	106
6.1.6 计算面积	106
6.2 地形图工程应用	108
6.2.1 绘制地形断面图	108
6.2.2 按坡度选线	109
6.2.3 确定汇水范围	109
6.2.4 场地平整时土方量计算	110
6.3 数字地形图应用	113
6.3.1 利用地形图确定直线的属性	113
6.3.2 利用地形图确定图形的属性	114
能力训练 地形图应用能力评价	114
思考与练习	115

单元⑦ 建筑施工测量

116

7.1 施工控制测量	116
7.1.1 平面控制测量	117
7.1.2 高程控制测量	117
7.2 施工放样的基本工作	117
7.2.1 水平角测设	117
7.2.2 水平距离测设	118
7.2.3 设计高程测设	119
7.2.4 设计坡度直线的测设	120
7.2.5 点的平面位置测设	120
7.3 建筑基线与建筑方格网测设	123
7.3.1 建筑基线及其测设方法	123
7.3.2 建筑方格网及其测设方法	124
7.4 民用建筑施工测量	125
7.4.1 施工测量前的准备工作	125
7.4.2 建筑物定位放线	126
7.4.3 基础施工测量	128

7.4.4 墙体施工测量	129
7.5 高层建筑施工测量	130
7.5.1 轴线投测	130
7.5.2 高层建筑的高程传递	132
7.6 工业建筑施工测量	132
7.6.1 厂房柱列轴线与柱基测设	133
7.6.2 厂房预制构件的安装测量	134
7.7 管道工程测量	136
7.7.1 中线测量	136
7.7.2 管线纵横断面测量	136
7.7.3 管道施工测量	139
7.7.4 顶管施工测量	140
7.7.5 管道竣工测量	140
能力训练 7-1 建筑物定位放线能力评价	141
能力训练 7-2 多层建筑轴线投测能力评价	142
能力训练 7-3 多层建筑高程传递能力评价	143
思考与练习	143

单元⑧ 建筑物变形观测及竣工总平面图的编绘 145

8.1 建筑物沉降观测	145
8.1.1 水准基点和沉降观测点的布设	146
8.1.2 沉降观测	147
8.1.3 沉降观测的成果整理	148
8.2 建筑物倾斜观测与裂缝观测	148
8.2.1 建筑物倾斜观测	148
8.2.2 建筑物的裂缝观测	150
8.3 建筑物位移观测	151
8.3.1 观测点或工作基点的确定	151
8.3.2 建筑物位移观测	152
8.4 竣工总平面图编绘	153
8.4.1 竣工测量	153
8.4.2 竣工总平面图的编绘	154
能力训练 变形观测能力评价	154
思考与练习	156

单元⑨ 测绘新技术在工程测量中的应用 157

9.1 GNSS RTK 技术细化与应用	157
9.1.1 RTK 用于点位测量	157
9.1.2 RTK 用于控制测量	158

9.1.3	RTK 用于放样	161
9.2	地下管线探测	169
9.2.1	地下管线探测简介	169
9.2.2	地下管线探测一般规定	169
9.2.3	地下管线探测工作流程	170
9.2.4	管线的探测方法	170
9.2.5	地下管线探测方法试验	172
9.2.6	管线探查的质量检查及资料整理	174
9.3	三维激光扫描技术	175
9.3.1	三维激光扫描技术	175
9.3.2	测距方法	175
9.3.3	测角方法	177
9.3.4	三维激光扫描系统组成	178
9.3.5	三维激光扫描技术的特点	178
9.3.6	激光扫描技术的应用	179
9.4	立体地图	179
9.5	自动化监测技术	180
9.5.1	自动化监测系统构成	181
9.5.2	自动化监测应用案例——北京首云铁矿尾矿库 GPS 变形监测系统	182
	思考与练习	189

单元①

基础知识



知识目标

- 了解建筑工程测量的任务与测量工作的原则
- 理解工程测量的任务与点位坐标的关系
- 掌握地面点的坐标表示和测量误差的基础知识



能力目标

- 能正确理解与表示水平角、竖直角、高差、水平距离等
- 能正确理解建筑工程测量的坐标系统和高程系统
- 能理解与应用基本的误差理论



引子

建筑工程测量的任务是什么，完成这些任务需要哪些数据，测量中的误差有哪些，如何消除或减弱它们，如何评价测量成果，这是本单元要解决的问题。

1.1 建筑工程测量的任务

建筑工程测量贯穿建筑工程的勘测设计、施工、竣工运营阶段，其主要任务包括：大比例尺地形图测绘、建（构）筑物施工放线、竣工测量和建筑物变形观测。

1.1.1 测图

一般工程的勘测设计阶段需要测绘地形图，用于设计和工程量统计。工程进行期间，有时需要测绘地形图，进行工程量计算。对于隐蔽工程需及时测绘竣工图。工程竣工和运营阶段，要进行竣工测量，完成竣工图测绘。有时还要根据具体任务测绘断面图。

总之，测图就是根据工程需要，将各种地物地貌，通过外业观测和内业数据整理，按一定的比例尺绘制成地形图或竣工图、断面图等，为工程各个阶段提供必要的图纸和数据资料。

1.1.2 放线

放线是建筑物施工过程中的重要步骤，是将设计好的建筑物或构筑物，按照设计或施工的具体要求在实地标定出来，作为施工的依据。具体内容包括：建筑物定位、施工控制网测

设、轴线投测和高程控制等内容。

1.1.3 变形观测

在建筑物施工和使用阶段,为了监测其基础和结构的安全稳定状况,了解施工对周围建筑和自身的影响,必须定期对建筑物的沉降、位移、倾斜等进行观测,为工程质量的鉴定、工程结构和地基基础的研究以及建筑物的安全保障提供服务。

建筑工程测量在规划、建筑等领域起着不可替代的作用,是从事建筑施工及相关行业的工程技术人员必备技能之一。

1.1.4 点位与建筑工程测量任务的关系

点位即点的三维坐标,是描绘客观世界的基础数据。确定了点的三维坐标,就可以利用绘图软件绘制出地形图、竣工图等;并且可以根据三维坐标的变化来判断建筑物的变形,从而跟踪建筑物的安全状况。对于放线而言,可以从设计图纸上取得待建建筑物的三维坐标,并以此完成建筑物放线 and 高度控制任务。因此,可以认为点位是建筑工程测量的重要数据,是完成建筑工程测量任务的数据载体。测量点的三维坐标可以进行测图和变形观测,从图纸上获取三维坐标是建筑物定位放线的基础工作。

1.2 地面点位的确定

点位是建筑工程测量的重要数据,为此必须确定地面点的坐标表示方法。

1.2.1 地球的形状和大小

测量是在地球表面进行的,地面点位的确定与地球的形状和大小密切相关。地球的自然表面有高山、丘陵、平原、海洋等形态,是一个不规则曲面,其中海洋面积约占地球表面的71%,陆地面积约占29%。假设一个静止不动的水面延伸并穿过陆地,包围整个地球,形成闭合曲面,称之为水准面;与水准面相切的平面称为水平面。在地球上重力线与水准面垂直,重力线也称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。

水准面因其高度不同有无数个,其中与平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面,它可以近似代表地球的形状。大地水准面是测量工作的基准面。大地水准面所包围的形体称为大地体。由于地球内部质量分布不均匀,重力受其影响,致使大地水准面成为一个不规则的、复杂的曲面。如果将地球表面上的点位投影到这样一个不完全均匀变化的曲面上,在计算上是很困难的。长期测量实践表明,大地体与一个以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球的形状十分相似,所以测绘工作便取大小与大地体很接近的旋转椭球作为地球形状和大小的参考,如图1-1所示。

我国目前采用的旋转椭球的参数为长半径 $a=6378140\text{m}$;短半径 $b=6356755\text{m}$;扁率 $\alpha=(a-b)/a=1/298.257$ 。

由于旋转椭球的扁率很小,在测区面积不大时,可以近似地把地球看做圆球,其半径 R 可按式(1-1)计算:

$$R=(a+a+b)/3 \quad (1-1)$$

1.2.2 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为点的高程,用 H 表示。如图1-2所示,过 A 点有且仅有一条铅垂线,该铅垂线与大地水准面有一交点 A' ,则 AA' 即为 A 点到大地水准面的

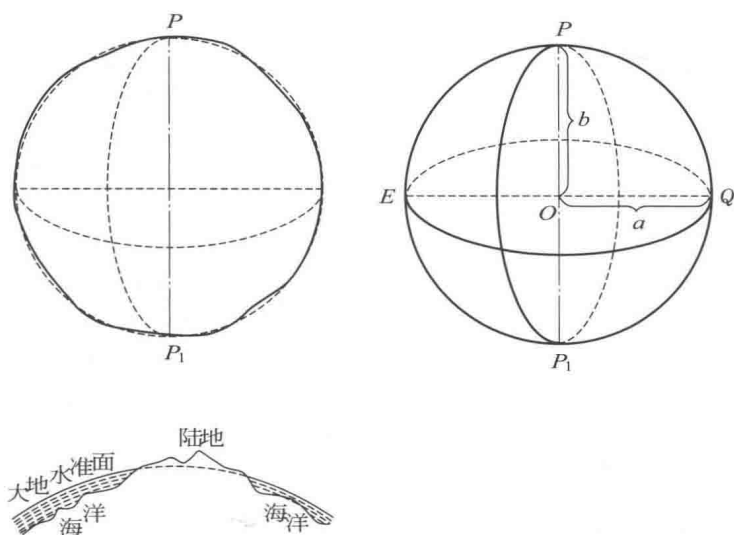


图 1-1 大地水准面与参考椭球

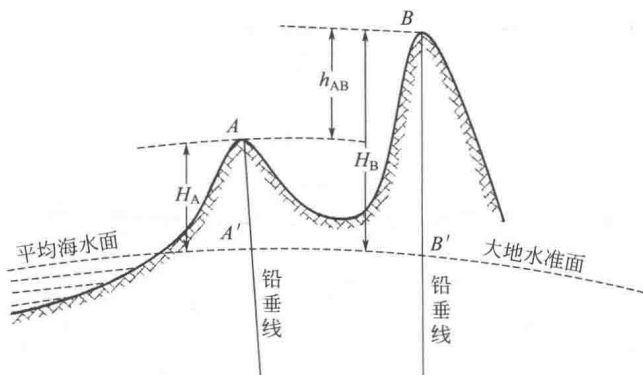


图 1-2 高程和高差

铅垂距离，用 H_A 表示。同样用 H_B 表示 B 点的高程。

我国高程系统是以青岛验潮站历年记录的黄海平均海水面为基准，并在青岛建立了国家水准原点，其高程为 72.260m，称为 1985 年国家高程基准。

地面上两点高程之差称为高差，用 h 表示。 A 、 B 两点的高差为

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

1.2.3 独立平面直角坐标系

当测量的范围较小时，可以将该测区的大地水准面当做平面看待，在该平面上建立独立平面直角坐标系。独立坐标系原点通常取测区的西南角，如图 1-3 所示，规定 x 轴向北为正， y 轴向东为正。地面点 A 所对应的铅垂线投影点 A' 在该坐标系有坐标 (x_A, y_A) 。 A 点的三维坐标可表示成 (x_A, y_A, H_A) 。由此可知，测区内每点在平面直角坐标系中都有对应坐标，再加上高程即可以表示地面点。

1.2.4 高斯平面直角坐标系

当测量的范围大时，大地水准面不能再看成平面，而是作为椭球面处理。球面上不能建立直角坐标系。为此采用投影的方法将球面变为平面，然后再建立平面直角坐标系。我国采用的是高斯投影法。

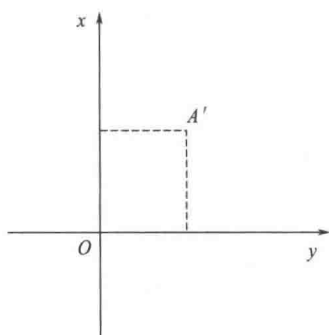


图 1-3 独立平面直角坐标系



图 1-4 高斯投影分带

高斯投影方法是首先将地球按经线划分成带，称为投影带。投影带从首子午线开始，每隔 6° 划分一带（称为 6° 带），如图 1-4 所示，共划分成 60 个带。从首子午线开始自西向东编号，东经 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第一度带， $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第二度带，以此类推，如图 1-5 所示。位于每一带中央的子午线称为中央子午线，第一带中央子午线的经度为 3° ，任意一带中央子午线经度为

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1-3)$$

式中 N —— 6° 带带号。

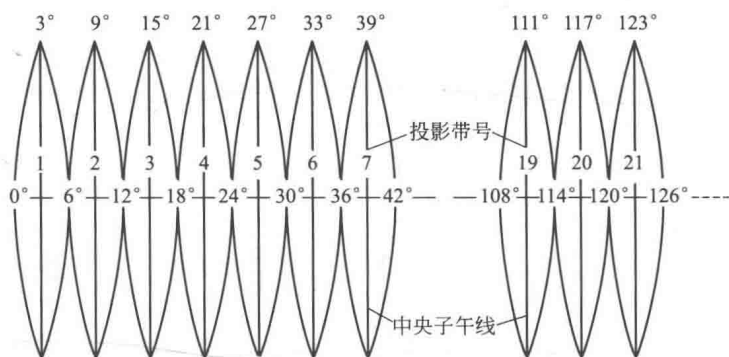


图 1-5 6° 带中央子午线及带号

采用高斯投影时，设想取一个空心圆柱与地球椭球的某一中央子午线相切，如图 1-6 所示。在地球图形与柱面图形保持等角的条件下，将球面上的图形投影到圆柱面上，然后将圆柱沿着通过南、北的母线切开并展成平面。在这个平面上，中央子午线与赤道成为互相垂直的直线，其他子午线和纬线成为曲线，如图 1-7(a) 所示。取中央子午线为坐标纵轴 X ，取赤道为坐标横轴 Y ，两轴交点 O 为坐标原点，组成高斯平面直角坐标系。

在坐标系内，规定 X 轴向北为正， Y 轴向东为正。我国位于北半球， X 坐标均为正值， Y 坐标则有正有负，如图 1-7(a) 所示， $Y_A = 1367800\text{m}$ ， $Y_B = -272126\text{m}$ 。为了避免 Y 坐标出现负值，将每带的坐标原点向西移动 500km ，如图 1-7(b) 所示，纵轴西移后， $Y_A = 500000 + 1367800 = 6367800\text{ (m)}$ ， $Y_B = 500000 - 272125 = 227875\text{ (m)}$ 。由于每个投影带中都有这样一个坐标的点，为了进行区别，在 Y 坐标前再冠以投影带带号，构成高斯实用坐标。如该两点在第 26 带中， $Y_A = 266367800\text{m}$ ， $Y_B = 26227875\text{m}$ 。在高斯投影中，离中央子午线近的部分变形小，离中央子午线愈远变形愈大，两侧对称。当要求投影变形更小时，

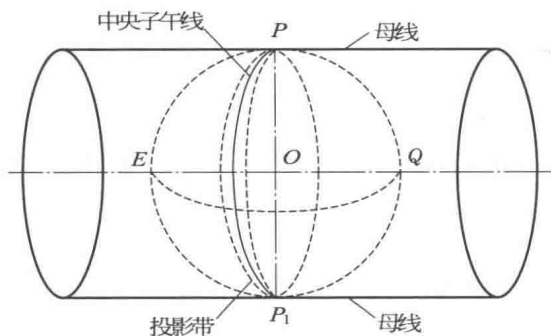


图 1-6 高斯平面直角坐标系的投影

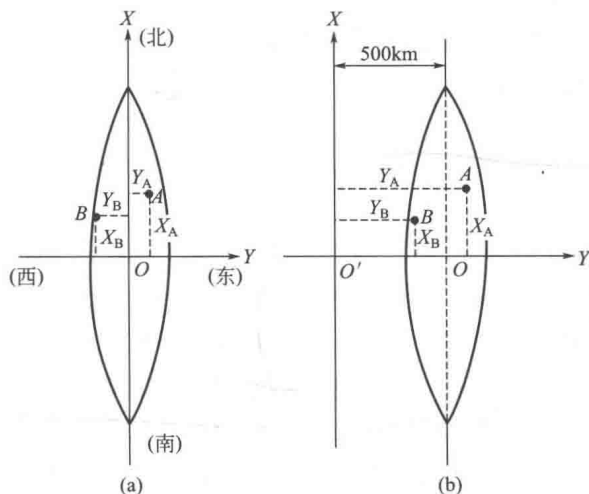


图 1-7 高斯平面直角坐标系

可采用 3° 带投影或 1.5° 带进行投影。

高斯平面直角坐标系和数学笛卡儿坐标系相比较，象限顺序不同，并赋予了统一的地理方位意义，但这个变化不影响平面点线之间的数学关系。

1.2.5 常用基本概念

图 1-8 中 A、B、C 为地面上的三点，由于地面起伏，三点不在同一水平面上。H 为水平面，过 B 有且仅有一条铅垂线，交 H 于 B' 点，同样过 A、C 的铅垂线交 H 与 A' 、 C' 点，则 A' 、 B' 、 C' 三点构成的水平角，为 A、B、C 三点的水平角。该角可以理解两个铅垂面构成的二面角。

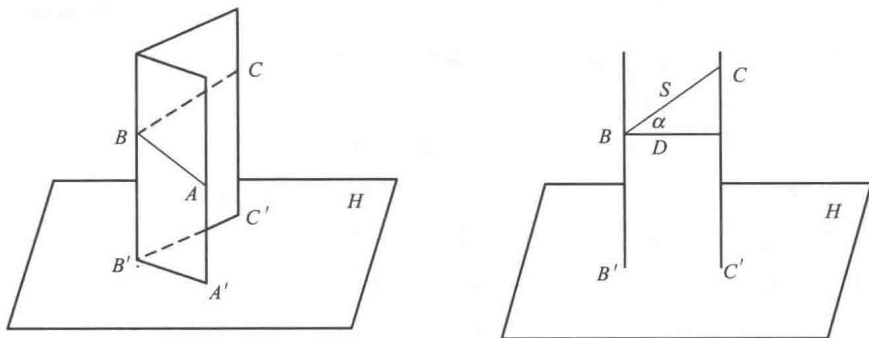


图 1-8 水平角与竖直角