



高等职业教育“十一五”规划教材
高职高专建筑工程技术专业教材系列

建筑工程测量

黄国斌/主 编



科学出版社

www.sciencep.com

● 高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专建筑工程技术专业教材系列

建筑工程测量

黄国斌 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍了测量的基本知识、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、小地区控制测量、大比例尺地形图测绘、地形图应用、施工测量的基本知识、建筑施工测量等。

本书具有较宽的专业适用性,除可作为高职高专建筑工程技术专业教学用书外,还可供土木大类相关专业师生和工程技术人员参考。

本书所附教学光盘中有丰富的图片、图形和动画,是作者多年不断总结完善的成果,是很好的教学辅助资料,与本书配套使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/黄国斌主编. —北京:科学出版社,2008
高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专建筑工程技术专业教材系列

ISBN 978-7-03-023257-1

I. 建… II. 黄… III. 建筑测量-高等学校:技术学校-教材
IV. TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第166236号

责任编辑:何舒民 张雪梅 / 责任校对:刘彦妮
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>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年11月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年11月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—3 000 字数:240 000

定价:26.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(VT03)

版权所有,侵权必究

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

前 言

“建筑工程测量”是土木工程专业必修的一门专业基础课，在土木工程高技能应用性人才培养中占有重要地位。掌握一定的测绘基本理论，熟练掌握测定、测设技能是土木工程技术从事土木工程建设必备的基本技能之一。本书是按照高等职业技术学院建筑工程专业培养方案及建筑工程测量课程的教学大纲，结合多年来建筑工程专业教学、测绘生产、测量实践，收集了大量最新资料，借鉴了同类教材的相关内容编写而成的。本书在内容的安排上以“必需、够用”为原则，在结构上以理论与实践并重为原则，编写力求体现高职高专教育的特点，力求满足高职高专教育培养技术应用型人才的要求，力求内容精练、突出应用、加强实践。为配合教学、实践活动，本书配有多媒体课件、教学参考资料等的光盘，供教师教学与学生学习之用。

本书由林乐胜高级工程师主审，参加本书编写的人员还有高学芹等。本书所配多媒体教学课件中的动画、图像、图片由贾伟协助完成，在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和不足，恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 测量学及其在建筑工程中的应用	1
1.2 地面点位置的确定	2
1.2.1 地球的形状和大小	2
1.2.2 确定地面点位置的方法	3
1.3 用水平面代替水准面的限度	8
1.3.1 对水平距离的影响	8
1.3.2 对高程的影响	9
1.4 测量工作概述	10
1.4.1 测量工作的基本内容	10
1.4.2 测量工作的基本原则	10
思考题与习题	11
第 2 章 水准测量	13
2.1 水准测量基本原理	13
2.2 水准测量的仪器和工具	14
2.2.1 DS ₃ 微倾式水准仪的构造	15
2.2.2 水准尺和尺垫	17
2.3 水准仪的使用	19
2.3.1 安置仪器	19
2.3.2 粗略整平(粗平)	19
2.3.3 调焦和照准	19
2.3.4 精平和读数	20
2.4 水准测量的实测方法	20
2.4.1 水准点	20

2.4.2	水准测量的方法	21
2.4.3	水准路线成果计算	25
2.4.4	水准测量的误差来源与减弱措施	29
2.5	自动安平水准仪和数字水准仪简介	31
2.5.1	自动安平水准仪	31
2.5.2	数字水准仪	32
2.6	微倾式水准仪的检验与校正	33
2.6.1	水准仪应满足的几何条件	33
2.6.2	水准仪的检验与校正	33
	思考题与习题	37
第3章	角度测量	39
3.1	角度测量原理	39
3.1.1	水平角测量原理	39
3.1.2	竖直角测量原理	40
3.2	经纬仪	40
3.2.1	DJ ₆ 级光学经纬仪	41
3.2.2	DJ ₂ 级光学经纬仪	43
3.2.3	电子经纬仪	45
3.2.4	经纬仪的使用	46
3.3	水平角观测	48
3.3.1	测回法	48
3.3.2	方向观测法	50
3.3.3	水平角观测限差	52
3.4	竖直角观测	52
3.4.1	竖盘装置的结构	52
3.4.2	竖直角的计算公式	53
3.4.3	竖盘指标差	54
3.4.4	竖直角的观测	55
3.5	J ₆ 级光学经纬仪的检验与校正	57
3.5.1	经纬仪主要轴线及应满足的几何条件	57
3.5.2	经纬仪的检验与校正	57
	思考题与习题	61
第4章	距离测量与直线定向	63
4.1	钢尺量距	63
4.1.1	量距工具	63

4.1.2	直线定线	65
4.1.3	钢尺量距	66
4.1.4	钢尺量距的误差及注意事项	69
4.2	视距测量	70
4.2.1	视距测量原理	70
4.2.2	视距测量与计算	72
4.2.3	视距测量误差及注意事项	73
4.3	直线定向	73
4.3.1	标准方向	74
4.3.2	方位角	75
4.3.3	象限角	76
4.3.4	坐标方位角和象限角的换算关系	76
	思考题与习题	77
第5章	测量误差的基本知识	78
5.1	测量误差概述	78
5.1.1	测量误差产生的原因	78
5.1.2	测量误差的分类	79
5.1.3	偶然误差的特性	80
5.2	评定精度的常用标准	81
5.2.1	中误差	81
5.2.2	相对误差	82
5.2.3	极限误差	82
5.3	误差传播定律	83
5.3.1	倍数函数	83
5.3.2	和差函数	84
5.3.3	线性函数	85
5.3.4	一般函数	85
5.4	算术平均值及其观测值中误差	86
5.4.1	算术平均值	86
5.4.2	用观测值的改正数计算中误差	86
5.4.3	算术平均值的中误差	88
	思考题与习题	88
第6章	小地区控制测量	90
6.1	控制测量概述	90
6.1.1	国家平面控制测量	90

6.1.2	国家高程控制测量	91
6.1.3	图根控制测量	91
6.2	导线测量	92
6.2.1	导线的布设形式	92
6.2.2	导线测量的技术、精度要求	93
6.2.3	导线测量的外业	94
6.2.4	导线测量的内业计算	96
6.3	交会测量	104
6.3.1	测角交会	104
6.3.2	测边交会	106
6.4	高程控制测量	107
6.4.1	技术、精度要求	108
6.4.2	四等和五等水准测量的外业	109
6.4.3	四等和五等水准线路的成果计算	109
6.4.4	三角高程测量	109
	思考题与习题	111
第7章	大比例尺地形图测绘	114
7.1	地形图的基本知识	114
7.1.1	地形图的比例尺	114
7.1.2	地形图的分幅与编号	116
7.1.3	图名和接合图表	117
7.2	地物、地貌在图上的表示方法	118
7.2.1	地物符号	120
7.2.2	地貌符号	121
7.3	大比例尺地形图测绘	126
7.3.1	地形测图前的准备工作	126
7.3.2	平板仪测图	127
7.3.3	经纬仪测绘法测图	129
7.3.4	碎部点的选择	130
7.3.5	地形图的绘制	131
7.3.6	地形图的拼接、检查与整饰	133
	思考题与习题	135
第8章	地形图的应用	137
8.1	地形图的识读	137
8.1.1	地形图注记的识读	137

8.1.2 地物和地貌的识读	137
8.2 地形图应用的基本内容	138
8.2.1 确定图上某点的平面坐标	138
8.2.2 确定图上两点间的直线长度和坐标方位角	139
8.2.3 确定图上某点的高程	139
8.2.4 确定图上某直线的坡度	139
8.3 地形图在工程建设中的应用	140
8.3.1 按设计线路绘制纵断面图	140
8.3.2 在地形图上按限制坡度选择最短路线	141
8.3.3 图形面积的量算	141
8.3.4 确定汇水面积	145
8.3.5 平整场地中的土石方估算	145
思考题与习题	148
第9章 施工测量的基本知识	149
9.1 概述	149
9.1.1 施工测量的主要工作内容	149
9.1.2 施工测量精度的基本要求	149
9.2 测设的基本工作	150
9.2.1 已知水平距离的测设	150
9.2.2 已知水平角的测设	152
9.2.3 已知高程的测设	153
9.2.4 已知坡度线的测设	154
9.3 点的平面位置的测设	156
9.3.1 直角坐标法	156
9.3.2 极坐标法	157
9.3.3 角度交会法	158
9.3.4 距离交会法	159
思考题与习题	160
第10章 建筑施工测量	161
10.1 建筑施工控制测量	161
10.1.1 建筑基线	161
10.1.2 建筑方格网	163
10.1.3 施工坐标系与测量坐标系的坐标换算	165
10.1.4 高程控制网	165
10.2 民用建筑施工测量	166

10.2.1	测设前的准备工作	166
10.2.2	民用建筑物的定位	166
10.2.3	建筑物的放线	168
10.2.4	基础施工中的测量工作	170
10.2.5	建筑物的轴线投测和高程传递	172
10.3	工业厂房施工测量	173
10.3.1	厂房控制网的测设	174
10.3.2	厂房柱列轴线的测设	174
10.3.3	柱列基础放线	174
10.3.4	厂房预制构件安装测量	175
10.4	烟囱施工测量	177
10.4.1	烟囱基础的定位放线	177
10.4.2	基础施工测量	177
10.4.3	烟囱筒身施工测量	178
10.5	高层建筑的轴线投测与高程传递	178
10.5.1	轴线投测	179
10.5.2	高程传递	181
10.6	建筑物的变形观测	181
10.6.1	沉降观测	182
10.6.2	倾斜观测	185
10.6.3	位移观测	186
10.6.4	裂缝观测	186
10.7	竣工图的编绘	187
10.7.1	竣工测量	187
10.7.2	竣工总平面图的编绘	187
	思考题与习题	188
	参考文献	190

	第 1 章
结 论	

1.1 测量学及其在建筑工程中的应用

测量学是研究地球形状和大小，确定地球表面各种物体的形状、大小和空间位置的一门科学。它的主要任务是测定和测设。测定就是使用测量仪器和工具，通过实地测量和计算将地面上物体的位置、大小和形状、地面的高低起伏形态以及其他信息，按规定的符号，依照一定的比例尺绘制成图，或以数字信息形式表示出来，为科学研究和工程建设的规划、设计等工作提供图纸和资料。测设是把图纸上设计好的建筑物和构筑物的位置按设计要求在地面上标定出来，作为施工的依据。

测量学按照研究的范围和应用的对象不同，又分为以下几个分支学科：

1) 大地测量学：研究地球形状、大小和重力场及其变化的学科，通过建立区域和全球三维控制网、重力网及利用卫星测量等方法测定地球各种动态的理论和技術。

2) 地形测量学：研究在地球表面较小范围内（半径 10km 以内）测绘地形图的基本理论、技能和方法的学科。研究时，不顾及地球曲率的影响，把地球表面当作平面看待。

3) 摄影测量学：研究利用摄影影像信息测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的学科。因获得像片方法的不同，摄影测量学又可划分为地面摄影测量学和航空摄影测量学。

4) 海洋测量学：以海洋和陆地水域为研究对象，研究港口、码头、航道及水下地形测量的理论和方法。

5) 工程测量学：研究工程建设和自然资源开发中各个阶段进行的控制测量、地形图测绘、施工放样、变形监测等理论和技术的学科。

6) 地图制图学: 研究地图的信息传输、空间认知、投影原理和地图的编绘、制印及建立地图数据库等理论和技术的学科。

测量工作对于国家的经济建设和国防建设具有非常重要的作用, 在建筑工程中有着广泛的应用。在工程勘测设计阶段, 要测绘各种比例尺的地形图, 供总体规划 and 设计使用; 在土建工程施工阶段, 要将设计结构物的平面位置和高程在实地标定出来, 作为施工的依据。在施工和设备安装过程中, 也要进行各种测量工作, 以配合和指导施工, 保证施工和安装的质量。工程完成后, 要测绘竣工图, 供日后扩建、改建、维修和管理使用。对某些重要的建筑物或结构物, 在建设中和建设以后都要进行变形观测, 以保证建筑物的安全。

由此可见, 测量工作贯穿于工程建设的全过程, 其工作质量直接关系到工程建设的速度和质量。因此, 土建类专业学生都必须学好本门课程, 掌握一定的测量知识和测量技能, 以便在实际工作中运用测量知识解决实际问题。

1.2 地面点位置的确定

1.2.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球的自然表面上进行的, 要测量地面点之间的相对位置关系, 就需要研究地球的形状和大小。

地球的自然表面起伏不平, 极不规则, 如世界屋脊珠穆朗玛峰高出海平面 8844.43m (2005 年 3 月 7 日测定), 最低的马里亚纳海沟低于海水面 11 022m, 高低相差约 20km, 但这些起伏与地球半径 6371km 相比是可忽略不计的。地球表面分布有陆地和海洋, 其中海洋面积约占地球表面积的 71%, 陆地面积约占 29%。因此, 我们可以把地球总的形态看作是被海水所包围起来的球体, 也就是设想有一个静止的海水面无限延伸、穿过大陆和岛屿形成一个封闭的曲面, 这个封闭的曲面称为水准面。由于受潮汐变化的影响, 海水面有起有落, 因而水准面有无数多个, 其中通过平均海水面的水准面称为大地水准面。大地水准面是唯一的, 是测量的基准面。铅垂线是测量的基准线, 大地水准面所包围的地球形体称大地体。过水准面上任意一点与水准面相切的平面称为水平面。水准面具有这样的特点, 即过水准面上任意一点的铅垂线垂直于该点的切平面。

由于地球内部质量分布不均匀, 地球各处引力不同, 致使地面上各点铅垂线方向 (重力方向) 产生不规则变化, 从而引起大地水准面也产生不规则变化。大地水准面实际上仍是一个有微小起伏、不规则、无法用数学模型来表达的复杂曲面。在这个不规则的曲面上是无法建立数学模型、进行测量的数据处理与绘图工作的。实践中, 人们发现大地水准面与一个长半径为 a 、短半径为 b 和扁率为 α

的旋转椭球面非常相近,而旋转椭球面是可以数学模型表达的规则曲面,因此就用其代替大地水准面。旋转椭球面所包围的地球形体称地球椭球体(图 1.1)。确定地球椭球体与大地体相对位置关系的工作称椭球定位。定位后的地球椭球体称参考椭球体。我国的椭球定位点选择在陕西省泾阳县永乐镇石佛寺村,该点称大地原点,它是国家水平控制网的起算点,据此建立的坐标系称“1980 年国家大地坐标系”。

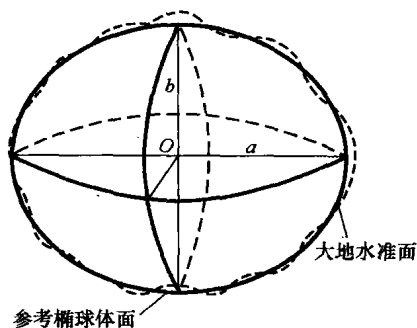


图 1.1 参考椭球体面与大地水准面

我国在建立 1980 年大地坐标时,采用的椭球元素为

$$\text{长半轴 } a = 6\,378\,140\text{m}$$

$$\text{短半轴 } b = 6\,356\,755\text{m}$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = 1/298.257$$

由于旋转椭球体的扁率很小,在测区面积不大、测量精度要求又不高时,可把地球近似地视为圆球,取地球平均曲率半径为

$$R = (a + a + b)/3 = 6371\text{km}$$

1.2.2 确定地面点位置的方法

测量工作的主要任务是测定和测设,无论前者还是后者,都是通过确定点的空间位置来实现的。一个空间点的位置须用三维坐标系的坐标来表示。测量上用点在参考曲面上的投影位置(二维)和点到大地水准面间的垂直距离(一维)来表示其在地球表面上的位置,相应地表示空间点位的坐标系分为确定点的球面位置的坐标系和高程系。

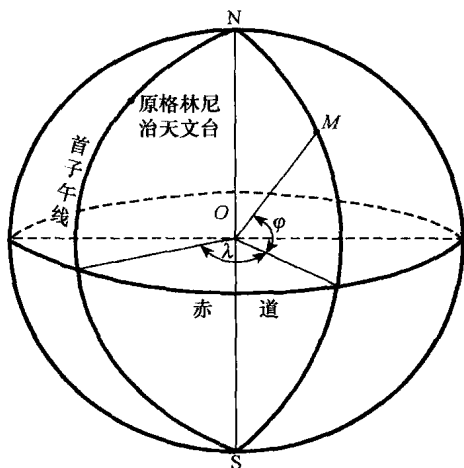


图 1.2 地理坐标系

1. 确定地面点位的坐标系

用来确定点的球面位置的坐标系有地理坐标系和平面直角坐标系两类。

(1) 地理坐标系

地面点在球面上的投影用经度、纬度来表示,称为地理坐标。

如图 1.2 所示, N、S 分别是地球的北极和南极, NS 为地轴, O 为地心。通过地

心且垂直于地轴的平面称为赤道面，它与地球表面的交线称为赤道线。通过地轴与地球上任一点 M 所作的平面称为子午面，它与地球表面的交线称为子午线。国际上公认通过英国格林尼治天文台的子午面和子午线为首子午面和首子午线。

地面上某一点 M 的经度 λ 定义为：过点 M 的子午面与首子午面间的两面角。从首子午面向东或向西计算，经度的取值范围是 $0^\circ \sim 180^\circ$ ，在首子午面以东称为东经，在首子午面以西称为西经。 M 点的纬度 φ 定义为：过点 M 的铅垂线和赤道面的夹角。从赤道起向北或向南计算，纬度的取值范围是 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，在赤道以北称为北纬，在赤道以南称为南纬。地面上每一点都有一对地理坐标，例如我国境内某点的地理坐标为：东经 $114^\circ 19'$ ，北纬 $34^\circ 48'$ 。

(2) 高斯平面直角坐标系

地理坐标是球面坐标，不便于直接进行各种计算，在各类工程建设的规划、设计与施工中，是在平面上进行各种计算的，因此须采用适当的投影方法将球面坐标转换成平面坐标。我国采用的是高斯投影方法。

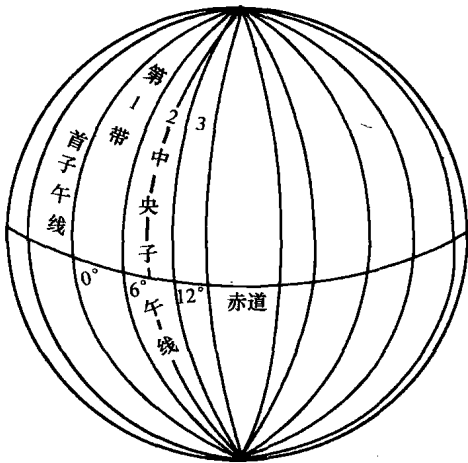


图 1.3 高斯投影分带

高斯投影方法是将地球按一定的经差（如每隔 6° ）划分成若干个投影带，如图 1.3 所示，然后将每个投影带按照高斯投影的原理投影到平面上。投影带是从首子午线开始自西向东编号，东经 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第一带（称为 6° 带）， $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第二带，依此类推，并分别用 1, 2, 3, ..., 60 表示。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° ，任意一带的中央子午线经度与带号的关系为

$$L_0 = 6^\circ N - 3$$

式中， L_0 ——中央子午线经度；

N —— 6° 带的带号。

高斯投影的几何意义是：设想将一个与地球同直径的空心横圆柱套在地球的外面，使圆柱的轴心通过圆球的中心，将地球上某投影带中央子午线与横圆柱面相切，如图 1.4 所示。在保持角度不变的条件下将该投影带内的图形投影到横圆柱面上，然后将横圆柱沿着通过南北极的母线剪开、展平，便得到该带在平面上的投影。同样方法可以得到其他各带的平面投影，如图 1.5 所示。

投影后，中央子午线与赤道线成相互垂直的直线，其他子午线和纬线成为曲线。取中央子午线为 X 轴，向北为正；赤道为 Y 轴，向东为正。两轴的交点为

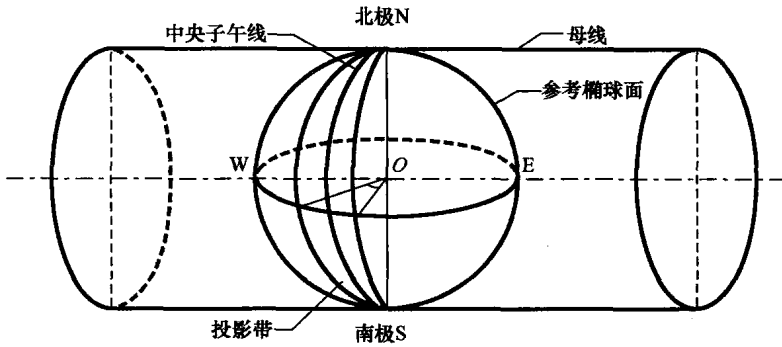


图 1.4 高斯投影

坐标原点 O ，坐标象限按顺时针方向编号，构成高斯平面直角坐标系，如图 1.6 (a) 所示。投影带内的每一点都可用平面坐标 X 、 Y 值表示其位置。与数学上的笛卡尔坐标系相比较，在高斯平面直角坐标系中，定义纵轴为 X 轴，横轴为 Y 轴， X 轴与 Y 轴互换了位置，象限按顺时针编号，这样变换后既满足了测量上以北方向来定向的要求，又可以将数学上的各类三角函数在高斯平面坐标系中直接应用，而不需做任何改变。

我国位于北半球， X 坐标均为正值， Y 坐标则有正有负，当点位于中央子午线以东时为正，以西时为负，如图 1.6 (a) 所示。对于 6° 带，最大的 Y 坐标负值

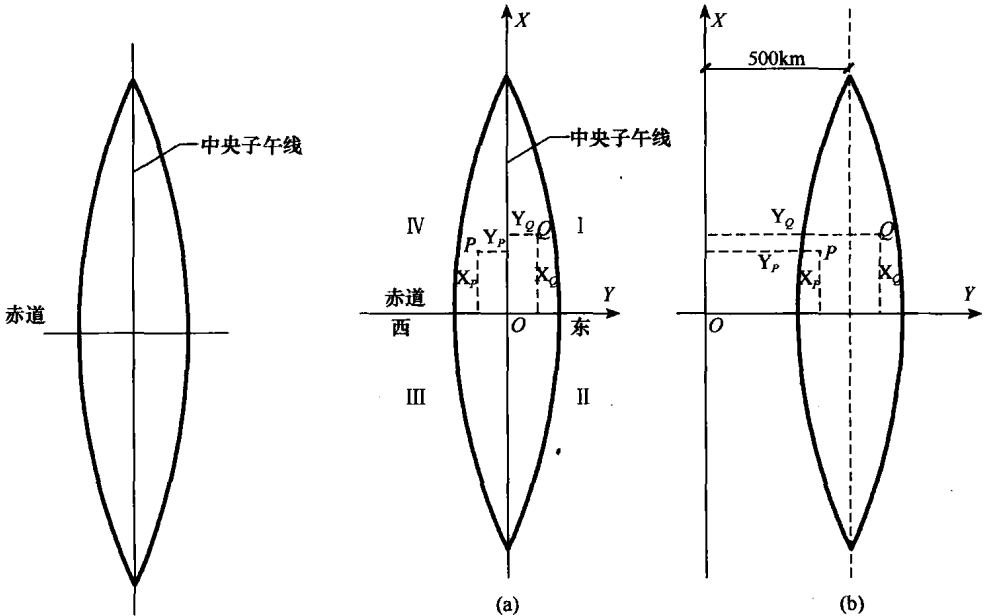


图 1.5 高斯投影平面

图 1.6 高斯平面直角坐标系

约为一334km。为避免横坐标 Y 出现负值，我国统一规定将每带的坐标原点向西平移 500km，也就是给每个点的 Y 坐标值加上 500km，使其恒为正值，如图 1.6 (b) 所示。为了确定地面点所处的投影带，还要在 Y 坐标值前冠以带号。这种增加 500km 及有带号的横坐标值称为通用坐标，未加 500km 及带号的横坐标值称为自然值。如位于第 20 带内点 P 的自然坐标为 $Y_P = -265\ 214.00\text{m}$ ，则其通用坐标值为 $Y_P = 20\ 234\ 786.00\text{m}$ 。

在高斯投影中，离中央子午线近的部分长度变形小，离中央子午线远的部分长度变形大，中央子午线两侧对称。当要求投影变形更小时，可采用 3° 投影带。如图 1.7 所示， 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始，按经差 3° 划分一带，共分 120 带，每带中央子午线经度与带号的关系为

$$L_0 = 3^\circ N$$

式中， L_0 ——中央子午线经度；

N —— 3° 带的带号。

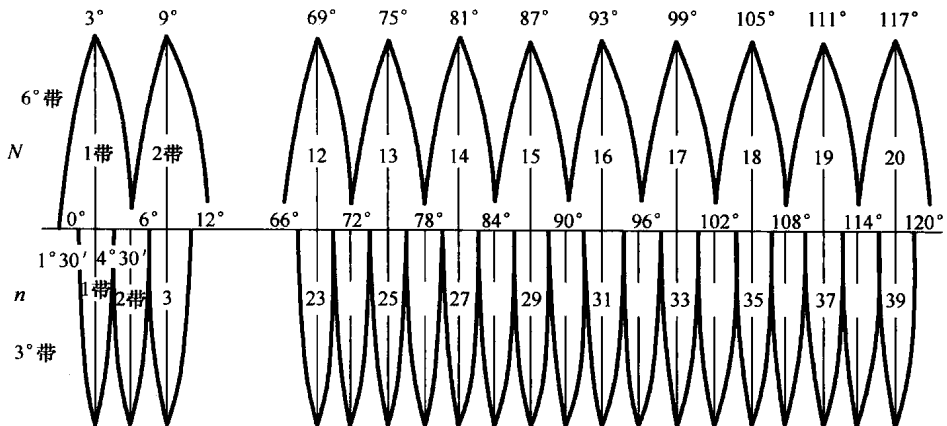


图 1.7 6° 投影带与 3° 投影带关系

(3) 独立平面直角坐标系

由于地球的曲率很微小，当在小范围测区内（半径为 10km）进行测量时，可以将该地区的大地水准面视作水平面并在该平面上建立独立平面直角坐标系。地面点垂直投影到大地水准面上的位置就可用该平面直角坐标来表示，这样使测量计算工作大为简化。如图 1.8 所示，一般将独立平面直角坐标系的原点选在测区西南角，以使测区内任意点的坐标均为正值。规定 X 轴向北为正，向南为负； Y 轴向东为正，向西为负。坐标象限从纵轴北端按顺时针方向由 I 至 IV 进行编号。

2. 地面点的高程系

为了确定点的空间位置，除点的平面坐标值外还需确定点的高程。地面点到

大地水准面的垂直距离称为该点的绝对高程或海拔，简称高程，以 H 表示。如图 1.9 所示，地面 A, B 点的绝对高程分别为 H_A, H_B 。

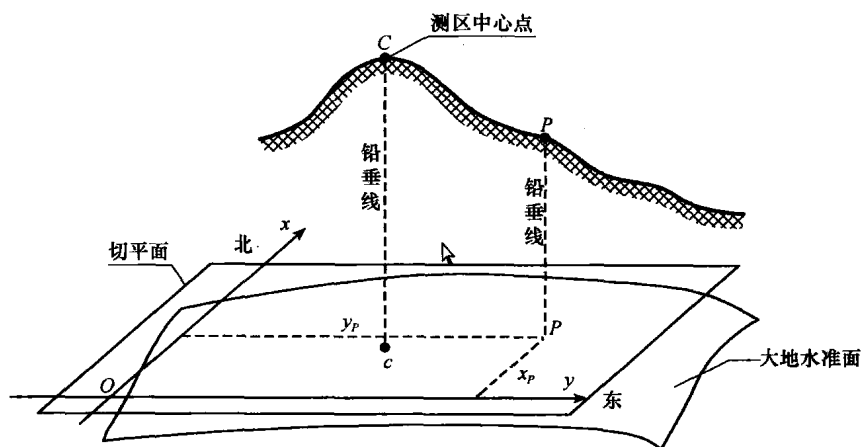


图 1.8 独立平面直角坐标系

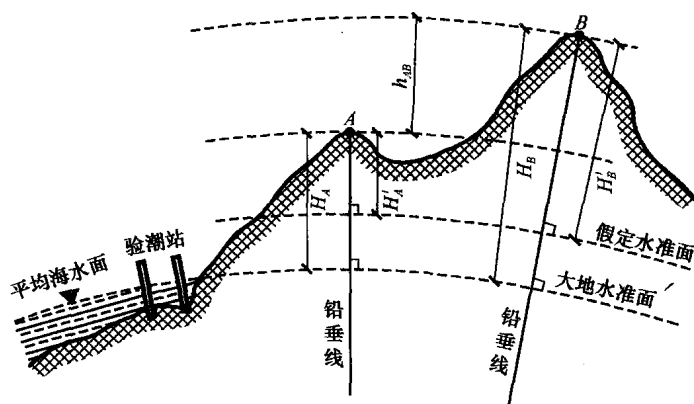


图 1.9 高程系统

目前我国采用 1985 年国家高程基准，它是采用青岛黄海验潮站 1953~1979 年验潮资料计算确定的平均海面，作为全国各地高程推算的基准面，其高程为 0m。该高程系之青岛水准原点的高程为 72.260m。

在建筑工程中，为工作上的方便，常用相对高程来确定点的竖向位置。相对高程系统是以某一假定水准面作为高程起算面，点到此假定水准面的垂直距离称为该点的相对高程，以 H' 表示。图 1.9 中的 H'_A, H'_B 分别为 A, B 点的相对高程。

地面上两点间的高程之差称为高差，以 h 表示。图 1.9 中， A, B 两点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$