



建筑工程测量

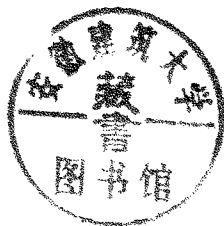
刘王晋 编著



金盾出版社
JINDUN CHUBANSHE

建筑工程测量

刘王晋 编著



金盾出版社

内 容 提 要

本书对工业与民用建筑的工程测量作了全面详细的介绍。全书共九章,内容为:绪论、水准测量、角度测量、距离测量、测量误差、小地区控制测量、大比例尺地形图的应用和测绘、建筑施工测量和线路施工测量。每个章节有复习思考题及参考答案。本书可作为工业与民用建筑专业测量课程的教材和各等级测量放线工的培训、自学用书,也可供非测绘专业大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/刘王晋编著. —北京:金盾出版社,2006.12
ISBN 7-5082-4339-0

I. 建… II. 刘… III. 建筑测量—技术培训—教材
IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 131213 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京印刷一厂

正文印刷:北京金星剑印刷有限公司

装订:东杨庄装订厂

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:12.25 字数:351 千字

2006 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—10000 册 定价:20.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

测量学是研究地球表面形状和大小以及确定地面点位的科学。测量学因其研究范围和对象不同,产生了许多分支学科,例如:大地测量学、普通测量学、摄影测量学和工程测量学等。建筑工程测量,只是工程测量学范畴的一部分。

测量工作的实质是用水准测量、角度观测和距离丈量来确定地面点的平面位置和高程。测量工作作业环境比较艰苦,劳动强度较大。随着电子技术、信息论、光波技术、空间技术、电子计算机等的不断发展和提高,测量的理论和方法、使用的仪器工具都有很大的改进和提高,测量工作不再是繁重的体力劳动,正逐步向数字化、自动化、标准化方向发展。

建筑工程测量分为设计测量和施工测量两大类,书中重点对施工测量进行了详细的介绍。主要包括工程测量基础知识、水准测量、角度测量、距离测量、测量误差、小地区控制测量、大比例尺地形图的应用和测绘、建筑施工测量和线路施工测量等内容。同时,对新技术、新方法及新仪器在工程测量方面的应用,做了简明扼要的介绍。

本书在编写过程中得到了边境同志的帮助和吴秋生副教授的指导,特在此表示感谢。由于编者水平有限,书中疏漏、错误和不当之处在所难免,望同仁和专家不吝赐教。

编者

2006年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 测量学的任务和分类	(1)
第二节 工程测量学在建筑工程中的作用	(2)
第三节 地面点的确定	(4)
第四节 用平面代替曲面的限度	(10)
第五节 直线的方向	(13)
第六节 测量工作的管理和要求	(16)
第二章 水准测量	(20)
第一节 水准测量原理	(20)
第二节 水准测量的仪器和工具	(23)
第三节 普通水准测量	(32)
第四节 水准仪的检验与校正	(39)
第五节 三、四等水准测量	(43)
第六节 精密水准仪和精密水准测量	(47)
第七节 水准测量的误差及削弱误差的方法	(52)
第八节 普通水准仪的保养与维修	(55)
第三章 角度测量	(59)
第一节 水平角与竖直角测量原理	(59)
第二节 光学经纬仪的构造和使用	(60)
第三节 角度测量方法	(67)
第四节 角度测量误差及观测注意事项	(75)
第五节 经纬仪的检验校正与维修	(80)
第六节 电子经纬仪和激光经纬仪简介	(86)

第四章 距离测量	(96)
第一节 距离丈量.....	(96)
第二节 视距测量和三角高程测量.....	(108)
第三节 光电测距.....	(112)
第四节 全站仪介绍.....	(117)
第五章 测量误差	(122)
第一节 测量误差概述.....	(122)
第二节 评定误差的标准.....	(127)
第三节 算术平均值及其中误差.....	(130)
第四节 观测值函数的中误差.....	(134)
第五节 测量限差的制定.....	(138)
第六节 不等精度观测.....	(141)
第六章 小地区控制测量	(152)
第一节 控制测量概念.....	(152)
第二节 导线测量的外业.....	(155)
第三节 导线测量的内业计算.....	(160)
第四节 小三角测量.....	(172)
第五节 交会定点.....	(181)
第六节 光电测距三角高程测量.....	(186)
第七节 全球卫星定位系统(GPS)简介.....	(188)
第七章 大比例尺地形图的应用和测绘	(203)
第一节 地形图的基本知识.....	(203)
第二节 大比例尺地形图的应用.....	(215)
第三节 地形图的测绘.....	(227)
第四节 地籍测量.....	(238)
第五节 遥感(RS)与地理信息系统(GIS)简介.....	(242)
第八章 建筑施工测量	(248)
第一节 测设的基本方法.....	(248)

第二节	施工测量前的准备·····	(258)
第三节	场地控制测量·····	(262)
第四节	建筑物定位放线与施工放样·····	(269)
第五节	高耸构筑物的施工测量·····	(288)
第六节	复杂建筑物的定位放线·····	(291)
第七节	竣工测量和变形观测·····	(299)
第九章	线路施工测量·····	(310)
第一节	中线测量·····	(310)
第二节	断面测量·····	(313)
第三节	管线施工测量·····	(318)
第四节	道路曲线测设·····	(322)
第五节	道路施工测量·····	(342)
第六节	桥梁施工测量·····	(345)
第七节	隧道施工测量·····	(349)
	数据计算类题参考答案·····	(364)

第一章 绪 论

第一节 测量学的任务和分类

一、测量学的任务

测量学是研究地球形状、大小和确定地球表面(包括空中、地下、外层空间、海洋)物体的形状、大小、具体位置以及相互关系的一门实用科学。从数据信息的采集、分析、研究、储存直至应用,是测量学的主要任务。测量的成果为国民经济建设、工农业生产、国防建设和科学研究服务。

测量工作的实质就是用水准测量、角度观测和距离丈量来确定地面点的平面位置和高程。所以,水准测量、角度(包括水平角和垂直角)观测、距离(包括水平距离和垂直距离)丈量是测量学的三大基本要素。

二、测量学的分类

测量学在大的范围内可分为以下几类:一是大地测量学。它是研究地球的形状、大小以及重力场,在较大区域测设大地控制网的理论、技术和方法的科学。在测量过程中必须考虑地球的曲率半径。大地测量学的理论是测量学的基础。二是普通测量学。它是进行小区域低等级的控制测量和地形图的测绘,因其范围较小,所以在测量过程中一般不考虑地球曲率半径的影响。三是摄影测量学。它是用摄影和遥感技术获取物体信息,用以确定物体形状、大小及空间位置的理论、方法和技术的科学。因实施的方法不同可有地面摄影、航空航天摄影和水下摄影等多种形式。四是海洋测量学。它是研究并实施水体(江、河、湖、海)以下地貌理论、技术和方法的科学,为各种水利工程和航运服务。五是地图制图学。它是研究投影的理论及各种制作工艺,并将各种测量成果编绘成地

形图、地图的理论和方法的科学。六是工程测量学。它是研究各种建筑物、构筑物在设计、建设施工和运营过程中的测量理论、方法和技术。在施工的各个阶段进行检查和验收,对一些重大或有重要意义的工程在使用过程中还要进行沉降变形观测。建筑工程测量是工程测量的主要内容,也是本书研究和讨论的主要内容。

第二节 工程测量学在建筑工程中的作用

工程测量在国民经济建设和国防建设的各个方面都得到广泛的应用,包括道路、桥梁、隧道、各种工业与民用建筑、大淹厂矿、水利枢纽、农林、军事设施、城市规划、国土资源、灾害预报等各个方面都要有测量工作的密切配合。工程测量在建筑工程中的工作大体分为设计测量和施工测量两大方面。

一、设计测量

建(构)筑物在勘测规划与设计阶段,为了更合理地利用土地资源,布局恰当,满足环保及可持续发展的需要,对各种需要建设的建(构)筑物都要进行可行性研究、综合分析,然后进行初步设计和施工图设计。在这些过程中,都离不开各种比例尺的地形图。地形图是由专门的测绘部门测绘而成,使用单位按需去索取,但对于个别边远及小地区没有适当的地形图,则要去实地测绘。这部分测量工作也称为测定,即将地貌和地形的状况通过测量绘成地图,将坐标和高程用表格形式表示出来,供设计人员使用。

二、施工测量

施工测量是各种建(构)筑物施工的先导工序,其目的是将图纸上设计的建(构)筑物按它的坐标和高程测设在实地,所以也称施工测量为测设,大致有以下几项主要工作。

1. 场地控制测量

场地控制测量是建(构)筑物定位放线和其他施工测量的主要依

据,根据由整体到局部、高精度控制低精度的工作程序,依据建(构)筑物的形状、大小、结构形式、设计要求和施工工艺进行不同等级的控制测量,控制测量包括平面控制测量和高程控制测量两部分。通过控制测量建立平面控制网和高程控制网。

2. 建(构)筑物定位放线和土方施工测量

依靠已完成的控制测量的点位和高程,根据设计图纸给定的定位轴线和线路的中线坐标及高程将建(构)筑物位置测设在实地。建筑物的基础、道路的路堑以及地下管线都是要先挖基槽。基槽开挖则要在地面标定出开挖的边线。而路堤是要填土的,同样也要在现场标定出填土的边界线。土方施工过程中要随时检查高程,以免超挖、欠挖或多填。

3. 基础施工测量

土方施工中将原先标定的轴线和中线都挖掉或填埋,所以要将这些点位引测在土方施工范围之外,待土方施工后再恢复在施工面内,对于建筑物要依据轴线将墙、柱、梁、门窗及预留洞口等所有需放线的结构轮廓线都要在施工层上标定出来以便指导施工。

4. 主体结构施工测量

房屋建筑由下至上逐层进行,每层施工都要进行轴线投测和细部放线,并对已经完成的结构从平面位置、高程到表面的平整度进行全面检查与验收。

道路施工中,不论是填方还是挖方,乃至路面施工都是分层进行,每层施工同样要进行中线的恢复并测定高程,以指导各部施工正确进行。

5. 屋面及装饰施工测量

屋面要求位置正确,为了排水还要求有一定的坡度,均要进行测量。室内外的装修和装饰要求横平竖直,同时还应根据使用装饰材料的规格测放出所需的各种施工依据线。

6. 外围施工测量

外围工程是指在建筑物周围的道路、绿化及各种地上、地下管线。这些工程的施工也需要测量工作紧密配合。

7. 竣工测量及沉降变形观测

大型或高层建筑物在施工过程中要进行沉降变形观测,确定建筑

物本身沉降以及对周围其他建筑的影响,有些承受净荷载或动荷载的建(构)筑物在其使用中也要观测它们的变形情况,直到完全稳定为止。

总之,在建筑工程的设计、施工和运营过程中,测量工作起着十分重要和关键的作用。

第三节 地面点的确定

要确定地面点的准确位置,就得知道地球的形状和大小,必须了解测量的基准线、基准面、大地水准面与高程。因为测量使用的仪器、方法不同,测量的范围大小不同,测量的对象不同,所以就要建立不同的坐标系。以下就这些问题作简要叙述。

一、地球上的基准面和基准线

地球表面的 71% 是海洋,陆地只占 29%。但在陆地上有高山大川、山谷河流、湖泊和丘陵、平原,为了研究地球表面某一点的高程,必须有一个基准面,这个基准面就是大地水准面。将平均的、静止的海水面无限延伸,构成的闭合曲面,称为大地水准面,如图 1-1 所示。在大地水准面上的任何一点,大地水准面都与该点的铅垂线垂直。地球上任何一个物体都要受到地球的引力,同时因为地球的自转,又要受一个离心力的作用,这两个力的合力,就是重力,也就是测量上的基准线,称为铅垂线。

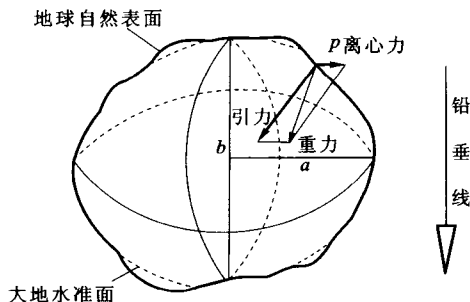


图 1-1 地球重力线

二、地球的形状和大小

因为地球内部的物质分布不均匀,所以铅垂线的变化没有一定的规律,这就造成大地水准面是一个不规则的形体,不能用数学的方程来表达,在这样的形体上进行测量和绘图几乎是不可能的。经过长期测量实践证明,地球与一个以椭圆短半轴为旋转轴的椭球体十分相似,如图 1-2 所示。测绘工作便以大小与大地体接近的旋转椭球作为地球的参考形状和大小,一般称其表面为参考椭球面。

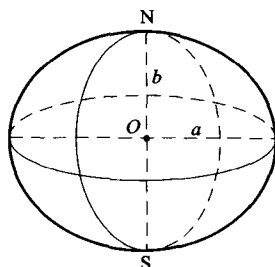


图 1-2 地球的形状和大小

旋转椭球体可以用数学式表示,它的长半轴为 a ,短半轴为 b ,扁率为 e 。

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

几个世纪以来,许多国家的不少科学家曾计算出地球的长、短轴半径及扁率,其结果如表 1-1 所示。

表 1-1 地球长、短轴半径及扁率参数表

年代和国家	长半轴 $a(\text{m})$	短半轴 $b(\text{m})$	扁率 e	计算者
1800 年法国	6375653	6356564	1 : 334	德兰布尔
1842 年德国	6377397	6356079	1 : 299.2	白塞尔
1880 年英国	6378249	6356515	1 : 293.5	克拉克
1909 年美国	6378388	6356912	1 : 297.0	海福特
1940 年苏联	6378245	6356863	1 : 298.3	克拉索夫斯基
我国 1980 年国家大地测量坐标系	6378140	6356755	1 : 298.257	1975 年国际大地测量与地球物理联合会
WGS-84 坐标系	6378137	6356752	1 : 298.257	

由于地球的扁率很小,在一般情况下我们将地球视为球体,在一些计算中,使用地球的平均半径 R :

$$R = \frac{2a + b}{3} = 6371\text{km}$$

三、点位的坐标系

要确定地面点的位置,必须建立坐标系。因测量的方法、范围及目的不同,坐标系分为天文地理坐标、大地地理坐标、地心坐标、高斯直角坐标和独立坐标等。

(一)天文地理坐标

地球自转,形成了昼夜 24 小时的变化。地球又围绕太阳公转,由于地轴与它绕太阳公转的轨道平面成 23.5° 的交角,故产生一年春夏秋冬四季的变化。过地球中心与地轴垂直的平面称为赤道平面,它与地球表面的交线称为赤道,如图 1-3 所示。过地轴的平面称为子午面,它与地球表面的交线称为子

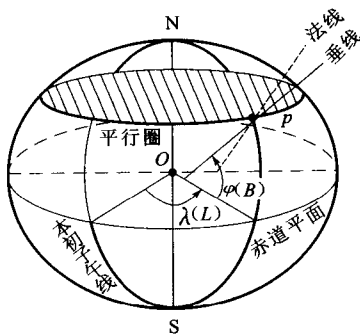


图 1-3 天文、大地地理坐标

午线,也称为经线。过英国格林尼治天文台的经线为起始子午线或称为本初子午线。地面有一点 p ,过 p 点的子午面与本初子午面的二面角为地理经度,用 λ 表示,由本初子午线算起,向东称为东经,向西称为西经,各为 180° 。过 p 点与赤道面平行的面称为平行面,它与地球表面的交线称为纬圈,过 p 点的铅垂线与赤道平面的夹角称为纬度,用 φ 表示,由赤道算起,向北为北纬 $0^\circ \sim 90^\circ$,向南为南纬 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。天文地理坐标是用天文观测方法求得。

(二)大地地理坐标

大地地理坐标是以经度 L 和纬度 B 来表示地面点投影在大地椭球体上的位置,它的基准是过地球上某一点 p 的法线和过这一点的子午面。其经度为该子午面与本初子午面的夹角,纬度为该点法线与赤道平

面的夹角。大地地理坐标则是通过大地测量所得的数据推算求得。我们国家采用的是 1980 大地坐标系，大地原点在陕西省泾阳县的永乐镇。由于地面一点的法线与铅垂线不重合，所以 $L \neq \lambda$ $B \neq \varphi$ 。

(三) 地心坐标

地心坐标用于卫星大地测量。地心坐标的坐标原点是地球的中心， x 轴是赤道平面与本初子午面的交线， y 轴与 x 轴垂直， z 轴是地球的自转轴。地面一点 p 的坐标用 x_p, y_p, z_p 表示，如图 1-4 所示。

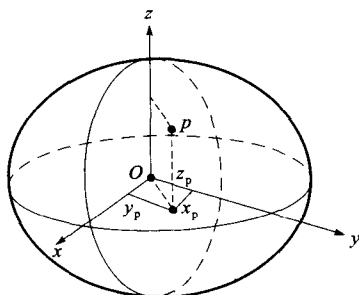


图 1-4 地心坐标

(四) 高斯直角坐标

高斯的基本理论是假设地球是一透明的球体，用一同样透明的横圆柱将地球套住，使圆柱的中心轴与地球的旋转轴垂直，这样就会有一条子午线与圆柱相切，如果在地球的中心有一光源，则地球表面的点就会投射在圆柱表面，如图 1-5 的 (a)。然后过南北极顺母线将圆柱剪开并展平，地球上与圆柱相切的子午线（也称中央子午线）就是 x 轴，赤道就是 y 轴，地球上不同纬圈的弧长 AB, CD ，就形成图 1-5 (b) 中的 $A'B', C'D'$ 。

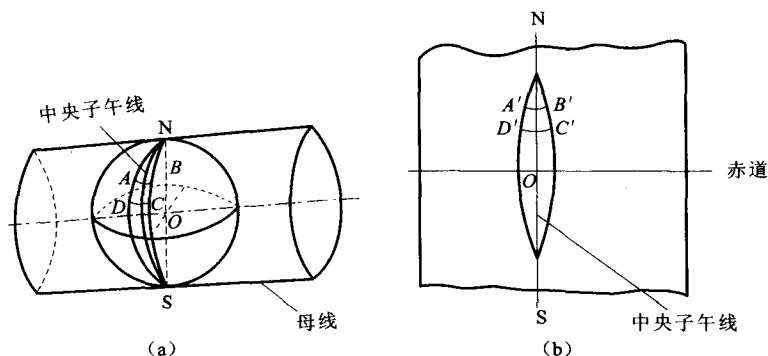


图 1-5 高斯投影

从图 1-5 可以看出,在纵轴和横轴上距离的投影没有变形,而离开纵轴和横轴越远,则距离的变形越大,但地面两条直线的夹角则不会改变,所以这种投影为等角投影。为将这种变形控制在一定范围内,在投影时,一个投影带中左右两条子午线的经差不能太大,一般规定为 6° 或 3° 。图 1-6 为 6° 带和 3° 带的划分情况。

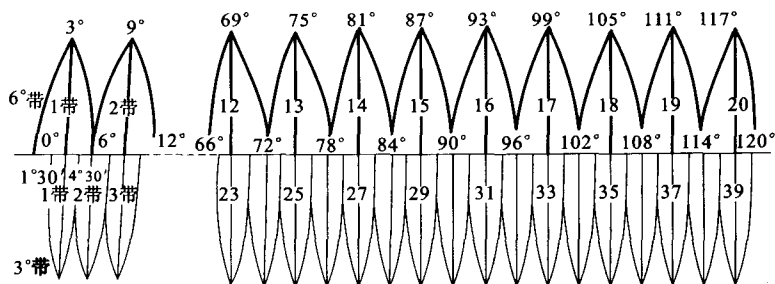


图 1-6 6° 带和 3° 带投影

6° 带是中央子午线从 3° 开始,每 6° 一个带,共 60 带。 3° 带是中央子午线从 3° 开始,每 3° 一个带,共 120 带。

我国处在北半球,跨 11 个 6° 带,带号 N ($13 \sim 23$),中央子午线 L_0 ($75^\circ \sim 135^\circ$);跨有 21 个 3° 带,带号 N' ($25 \sim 45$),中央子午线 L'_0 ($75^\circ \sim 135^\circ$)。在每个带中,地面某一点的纵坐标(x)是该点至赤道的距离,横坐标(y)是该点至中央子午线的距离。为了不使纵轴以西的坐标值为负数,应再加 500km;为了明确点位的具体位置,在横坐标前还应冠以带号。如在 3° 带的第 20 带中,有一点 p ,该点距赤道的距离为 432975.388m,它在中央子午线以西 70044.336m,这点在 20 带中的坐标为:

$$x_p = 432975.388\text{m}$$

$$y_p = 20429955.664\text{m}$$

其中 $429955.664 = -70044.336 + 500000$

(五) 独立坐标系

独立坐标系见图 1-7 所示。为了测量的方便或其他原因,在测区可以自行建立独立的坐标

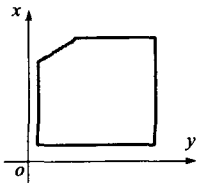


图 1-7 独立坐标系

系统。如我国某城市选择一固定点 o 为坐标原点,过 o 点的子午线为 x 轴,以北方向为正向,与之垂直的向东方向为 y 轴的正向。为不让在测区内的坐标值出现负值,在 o 点的 x 值加 300km, y 值加 500km,原点的坐标值为:

$$x_o = 300000.000\text{m}$$

$$y_o = 500000.000\text{m}$$

四、点的高程

高程的基准面是大地水准面,地面一点到大地水准面的铅垂距离是该点的绝对高程,简称高程,也叫海拔。

我国的水准原点设立在山东省青岛市黄海边的山洞中,通过长期观测海水的潮汐变化,得到平均海平面的位置,再联测至水准原点上,求得水准原点的高程。我国 1987 年规定,以 1952 年至 1979 年观测的黄海平均海平面作为全国高程的统一起算面,称为“1985 国家高程基准”。以此为基准,求得水准原点的高程为 72.260m。1956 黄海高程系统的原点高程为 72.289m 现已废止。以 1985 国家高程为基准,在 2005 年 5 月,国家科考及测绘工作者对珠穆朗玛峰的高程再次进行了精密观测,求得它的高程为 8844.43m^①。

为了计算或使用方便,在局部的小范围内,可以假定一个水准面或水平面作为高程的起算面,地面点到假定水准面或水平面的铅垂距离称为这一点的相对高程。如图 1-8 所示,地面有两点

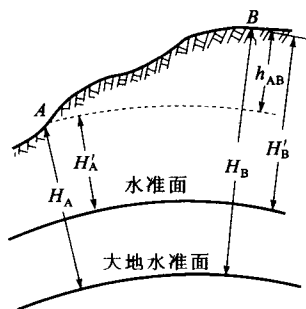


图 1-8 地面点的高程

①珠穆朗玛峰的高程 8844.43m 是由陕西省测绘大队 2005 年 5 月 22 日测定,国务院 2005 年 10 月 9 日公布,误差 $\pm 0.21\text{m}$,这是指珠峰岩石的高程,峰顶冰雪厚 3.5m。我国 1975 年测定的珠峰高程是 8848.13m,误差 0.3m,与 2005 年所测高程相差 3.7m,其差值主要原因是当时测量积雪厚度不够准确,这个高程从 2005 年 10 月 9 日起废止。

A、B点的高程一般用大写字母表示,高差为两点的高程之差,一般用小写字母表示。它们的绝对高程为 H_A 、 H_B ,但是,这两点之间的高差是一样的,即:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-2)$$

在建筑施工测量中,通常是将建筑物首层地面作为假定的水准面,它以上的高程为正,以下的高程为负。

五、确定点位的方法

要测定地面点的位置,首先要依据已有的控制点(已知其坐标和高程),再选择一些有控制意义的点子,并构成一定的几何图形,通过角度观测和距离丈量,再经过一定的数学模式进行计算,可以求得这些点的坐标。如图 1-9 所示,A、B 为已知点,C、D 为待定点,观测 β_B 、 β_C 、 β_D 的角度以及BC、CD的距离,就可以求得C、D各点的坐标。如果再用高程测量的方法测得这些点的高程,它们就是已知点了。就可以通过这些已知点进行细部测量,绘制地形图或平面图,也可以用这些点进行建(构)筑物的定位放线和其它一些测量工作。

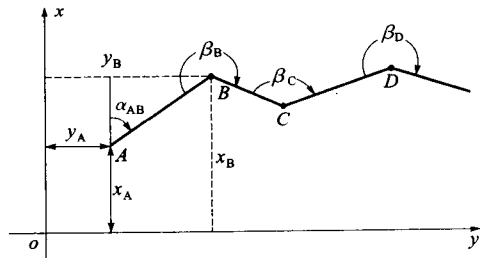


图 1-9 地面点的确定

第四节 用平面代替曲面的限度

地球表面是一个曲面,而在小范围内测量时,将地球表面看作一个平面,这样将对距离、角度和高程造成一定的影响。工程测量中可在半