

TUIJIANJIAOCAI

JSJHY

全国建设行业中等职业教育推荐教材

工程测量

(给水排水专业)

主编 罗科勤 主审 杨忠德

● 中国建筑工业出版社

全国建设行业中等职业教育推荐教材

工 程 测 量

(给水排水专业)

主编 罗科勤

主审 杨忠德

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程测量/罗科勤主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

全国建设行业中等职业教育推荐教材

ISBN 978-7-112-06190-7

I. 测… II. 罗… III. 工程测量-专业学校-教材

IV. TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 064136 号

全国建设行业中等职业教育推荐教材

工 程 测 量

(给水排水专业)

主编 罗科勤

主审 杨忠德

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12³/₄ 字数: 310 千字

2004 年 7 月第一版 2007 年 12 月第二次印刷

印数: 2501—4000 册 定价: 20.00 元 (含指导书)

ISBN 978-7-112-06190-7

(12203)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本教材是全国建设行业中等职业教育推荐教材，共 8 章，内容包括：概论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、小地区控制测量与地形测量、施工测量的基本工作与方法、管线工程测量、现代测量仪器等主要内容。

本教材采用了国家颁发的现行规范、标准及有关规定。教材编写注重实用性，并配套编写了实习指导书。

* * *

责任编辑：田启铭

责任设计：崔兰萍

责任校对：王 莉

前 言

本教材按照建设部制定的 21 世纪规划教材的要求, 根据普通中等职业学校给排水专业教学计划、工程测量课程教学大纲、国家现行测量规范、标准及有关规定编写。

编写过程中增加了现代测量仪器、测量方法等新内容、新知识。对一些相对已经落后的内容, 如钢尺精密量距等进行了删减。每章后附有不同类型思考题和习题。

第 1 章 概论、第 4 章 距离测量与直线定向、第 5 章 小地区控制测量与地形测量、第 8 章 现代测量仪器由罗科勤编写。第 2 章 水准测量、第 6 章 管线工程测量由王红编写。第 3 章 角度测量、第 7 章 施工测量的基本工作与方法及测量实习指导书由邵成昆编写。

本教材由兰州城市建设学校高级讲师罗科勤主编, 昆明城市建设学校邵成昆老师和武汉城市建设学校王红老师参加编写, 由宁夏建筑工程学院杨忠德老师主审。

由于编写时间仓促, 加之编写水平有限, 书中难免存在缺点和错误, 欢迎读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 工程测量的任务与作用	1
1.2 地面点位的确定	2
1.3 测量工作的原则和程序	6
思考题	7
第2章 水准测量	10
2.1 水准测量原理	10
2.2 水准测量的仪器和工具	10
2.3 水准仪的使用	15
2.4 水准测量的方法	17
2.5 水准测量的主要误差及其注意事项	19
2.6 水准测量成果计算	22
2.7 水准仪的检验与校正	26
2.8 精密水准仪	29
2.9 激光水准仪	31
思考题	32
第3章 角度测量	34
3.1 水平角测量原理	34
3.2 DJ ₆ 型光学经纬仪	34
3.3 经纬仪的使用	38
3.4 水平角测量的方法	39
3.5 竖直角测量	41
3.6 经纬仪的检验与校正	44
思考题	46
第4章 距离测量与直线定向	48
4.1 钢尺量距	48
4.2 视距测量	54
4.3 直线定向	57
4.4 光电测距仪简介	61
思考题	64
第5章 小地区控制测量与地形测量	66
5.1 控制测量概述	66
5.2 导线测量的外业工作	68

5.3	导线测量的内业计算	70
5.4	高程控制测量	80
5.5	大比例尺地形图的测绘方法	85
5.6	地形图的应用	97
	思考题	104
第6章	管道工程测量	110
6.1	管道工程测量概述	110
6.2	管道施工测量的基本方法	110
6.3	管道定线测量	116
6.4	管道纵横断面测量	118
6.5	管道施工测量	122
6.6	顶管施工测量	126
6.7	管道竣工测量	127
	思考题	129
第7章	建筑物施工测量	131
7.1	施工测量概述	131
7.2	建筑物施工测量	131
	思考题	134
第8章	现代测量仪器	135
8.1	电子经纬仪	135
8.2	全站仪	136
8.3	GPS 卫星定位测量	146
	思考题	153

第1章 绪 论

1.1 工程测量的任务与作用

1.1.1 工程测量的任务

测量学是研究地球表面的形状和大小以及确定地面点之间相对位置的科学。按其研究对象、测量方法 and 应用范围的不同,分为许多学科,工程测量是其中一门学科。

工程测量是测定地面点位的科学,广泛用于房屋、管道、道路、桥梁、水电等工程建设的勘察设计、施工和运营管理各阶段。其任务按性质可分为测定和测设。

1. 测定

测定也称为测图,是指使用测量仪器和工具,用一定的测绘程序和方法将地面上局部区域的各种固定性物体(地物,如房屋、道路、河流等)以及地面的起伏形态(地貌),按一定的比例和特定的图例符号缩绘成图。

既表示地物的平面位置,又表示地貌变化的平面图称为地形图。

只表示地物平面位置的图称为地物图。

2. 测设

测设也称为放样,是指使用测量仪器和工具,按照设计要求,采用一定的方法,将图纸上设计好的建筑物、构筑物的平面位置和高程标定到施工作业面上,为施工提供正确依据,指导施工。

因为放样是直接为施工服务的,所以通常也称为“施工放样”。

测定与测设的测量过程相反。测定是将地面上地物、地貌的点的相关位置测绘在图纸上;测设则是将设计图上的点位标定到地面上。

1.1.2 工程测量的作用

工程测量是为工程建设提供服务的。在工程勘测阶段要为规划设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料;在工程设计阶段,要应用地形图进行总体规划和设计;在工程施工阶段,要进行放线定位和各种放样工作;在工程运营阶段,要对某些有特殊要求的建筑物和构筑物进行变形监测。

由上述可知,工程测量服务于工程建设的每一个阶段。工程建设的各个阶段都离不开测量工作,都要以测量工作为先导。而且测量工作的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度。

因此,工程测量人员必须掌握测量学的基本理论、基本知识和基本技能,掌握常用的测量仪器和工具的使用方法,掌握测量学施测方法和基本工作内容,了解小区域大比例尺地形图的测绘方法,具有正确应用地形图和有关测量资料的能力,具有进行一般工程施工测量的能力。

1.2 地面点位的确定

测量工作的实质就是确定地面点的位置。

地球表面上的点称为地面点。地面点的位置是指点的空间位置，能够用其平面位置和高程表示出来。

在一般工程测量中，当测区范围较小时，可将地球视为一个半径 $R = 6371\text{km}$ 圆球体。

1.2.1 地面点平面位置的确定

地面点的平面位置是地面点沿铅垂线在投影面上的投影位置。可以用大地坐标或平面直角坐标表示。

1. 大地坐标系

大地坐标系也称地理坐标系。地球表面上任一点的经度和纬度叫做该点的大地坐标，用来表示该点在地球表面上的位置。在大地测量和地图制图中要用到大地坐标。

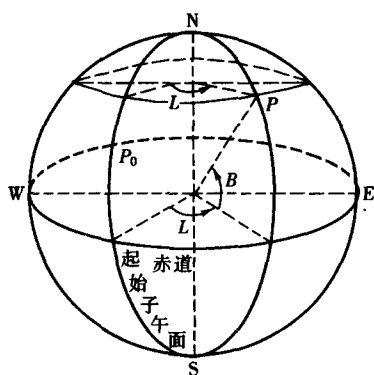


图 1.1

在大地坐标系中，地面点 P 的位置用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示。如图 1.1 所示。NS 为椭球的旋转轴，N 表示北极，S 表示南极。

通过地球中心与地球旋转轴正交的平面，称为赤道平面。赤道平面与球表面的交线，称为赤道。

通过地球旋转轴的平面，称为子午面。其中通过原格林尼治天文台的子午面，称为起始子午面，也称首子午面。子午面与球面的交线，称为子午线。

地面点 P 的大地经度就是通过该点的子午面与起始子午面的夹角，用 L 表示，从起始子午面算起，向东自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经；向西自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

地面点 P 的大地纬度就是该点的法线与赤道面的交角，用 B 表示。从赤道面起算，向北自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬；向南自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。

大地经度 L 和大地纬度 B 统称为大地坐标。

地面点的大地坐标是根据大地测量数据由大地坐标原点推算而得的。我国现采用陕西省泾阳县永乐镇境内的国家大地坐标原点（在西安市以北约 40km 处）为起算点，由此建立起来全国统一的坐标系，称为“1980 年国家大地坐标系”。以前使用的“1954 年北京坐标系”是建国初期从前苏联引测过来的。

2. 平面直角坐标系

当测区范围较小（半径在 10km 的范围内）时，可以不考虑地球曲率，而将这个区域的地球表面看作水平面，并在该面上建立平面直角坐标系，用平面直角坐标来确定地面点的平面位置。

测量上选用的平面直角坐标系，规定纵坐标轴为 X 轴，表示南北方向，向北为正，向南为负；横坐标轴为 Y 轴，表示东西方向，向东为正，向西为负。坐标系的象限以东北开始按顺时针方向注记为 I、II、III、IV 四个象限排列。点的平面位置以点到横轴和纵轴的垂直距离 X 、 Y 确定。

地面上某点 M 的平面位置可用 X_M 和 Y_M 来表示，如图 1.2 所示。

测量平面直角坐标系原点 O ，可按实际情况选定。通常为了使测区内所有各点的纵、横坐标值均为正值，将坐标原点选在测区的西南角，从而使整个测区范围内的点都在直角坐标系的第一象限内。

测量平面直角坐标系与数学平面直角坐标系的区别在于坐标轴互换，象限顺序相反。这样变换便于测量工作中的定向，数学中的三角公式可直接引用到测量计算中，而不需要作任何变更。

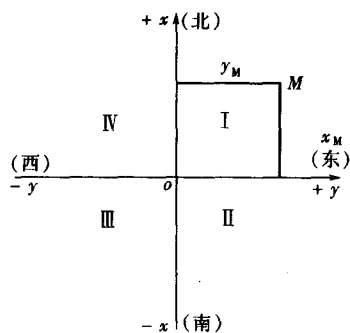


图 1.2

在工程测量工作中，一般用测量平面直角坐标来表示地面点的平面位置。

1.2.2 地面点高程位置的确定

地球上自由静止的水面称为水准面。

水准面上每一点的铅垂线与该点的重力方向线重合。水准面是一个重力等位面，处处与重力方向线（铅垂线）正交。

水准面有无数多个，其中一个与平均海水面相吻合并向大陆、岛屿延伸而形成的闭合曲面，称为大地水准面。

与水准面相切的平面称为水平面。

水准面、水平面和铅垂线是测量工作的基准面和基准线。

地面点到高程基准面的铅垂距离，称为地面点的高程。

地面点到大地水准面的铅垂距离，称为该点的绝对高程或海拔，用 H 表示。如图 1.3 中， H_A 、 H_B 分别为地面点 A 、 B 的绝对高程。

目前我国采用以青岛验潮站 1952 ~ 1979 年验潮资料计算确定的平均海水面作为起算高程的基准面，称为“1985 国家高程基准”。以该大地水准面为起算面，其高程为零。水准原点（国家高程控制网的起算点）设在青岛，其高程为 72.260m。

以前使用的是青岛验潮站 1950 ~ 1956 年验潮资料计算确定的平均海水面作为起算高程的基准面，称为“1956 年黄海高程系”，水准原点高程为 72.289m。

当在局部地区引用绝对高程有困难时，也可假定一个水准面作为高程基准面。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，通常以 H' 表示。图 1.3 中， H'_A 、 H'_B 分别为地面点 A 、 B 的相对高程。

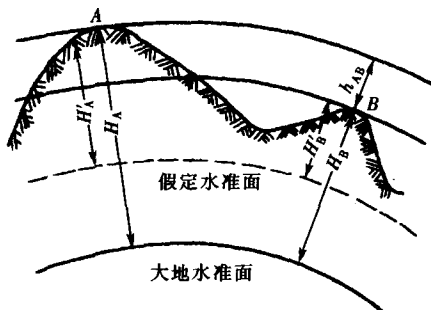


图 1.3

两个地面点之间的高程差，称为高差，用 h 表示。

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.1)$$

$$h_{BA} = -h_{AB} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (1.2)$$

由此看出，高差的大小与高程起算面无关，高差的符号与高差的方向有关。

1.2.3 确定地面点位的三个基本要素

由前所述,地面点位的确定是测量工作的根本任务。点位是由点的平面坐标 X 、 Y 与高程 H 值所决定的。但是,坐标值 X 、 Y 与高程 H 并不能直接测定出来,而是间接测定的。需要测定其他值,用计算的方法求出来。

如图 1.4 所示,在测量平面直角坐标系中,有 A 、 B 、 C 、 D 等点,如果 A 点的坐标 (X_A, Y_A) 和 AB 边的方位角 α_{AB} 已知,在测量出每两点间的水平距离 D_{AB} 、 D_{BC} 、 D_{CD} 、 D_{DE} 及相邻两条边之间的水平角度 β_B 、 β_C 、 β_D 之后,就可以推算出 B 、 C 、 D 、 E 点的平面坐标,待测点 B 、 C 、 D 、 E 的平面位置就确定了。

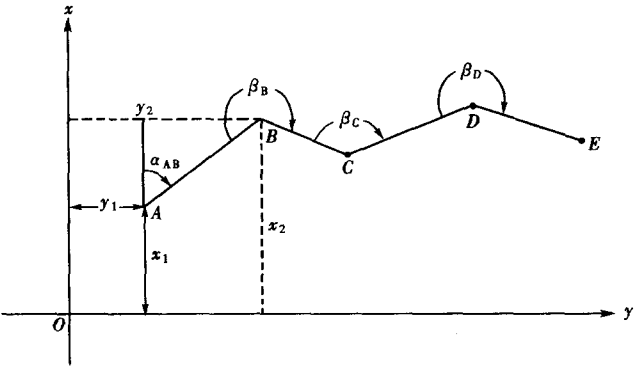


图 1.4

如果 A 点的高程 H_A 已知,当测出相邻两点间的高差 h_{AB} 、 h_{BC} 、 h_{CD} 、 h_{DE} 后,就可以推算出 B 、 C 、 D 、 E 点的高程,待测点 B 、 C 、 D 、 E 的高程位置也就确定了。

由此可见,水平距离测量、水平角度测量和高程测量是测量的三项基本工作。水平距离、水平角度和高程是确定地面点位置的三个基本要素。

1.2.4 用水平面代替曲面的限度

前面已经提到,地球表面是一个曲面。当测区范围较小时,可把地球面的投影面看作

平面。但这样将对距离、角度和高程造成一定的影响。只有当地球曲率影响未超过测量和制图的容许误差,且可以忽略不计时,才可以用水平面代替曲面。

下面讨论,当测区在多大范围内时,可以用水平面代替曲面。

1. 地球曲率对距离的影响

在图 1.5 中, ab 为水准面上的一段圆弧,设长度为 D ,所对的圆心角为 θ ,地球半径为 R 。如果用切于 a 点的水平面代替水准面,即以相应的切线长 ab' 代替圆弧 ab ,则距离将产生误差 ΔD 。

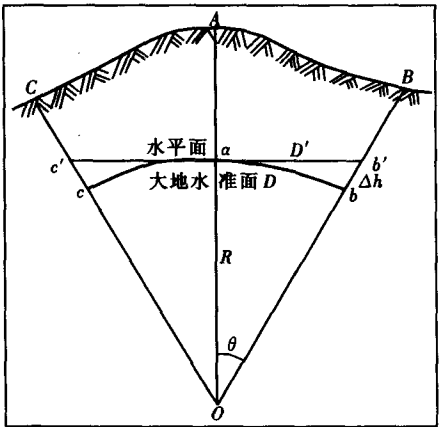


图 1.5

由图 1.5 可得:

$$\theta = \frac{D}{R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \quad (1.3)$$

$$D' = R \cdot \operatorname{tg} \theta \quad (1.4)$$

$$\Delta D = ab' - ab = D' - D \quad (1.5)$$

在上式中取 $R = 6371\text{km}$ ，则可得表 1.1 的结果。

由表 1.1 可知，当 $D = 10\text{km}$ 时，用水平面代替水准面所引起的误差为距离的 $1/1218000$ ，目前最精密的距离丈量误差为 $1/1000000$ 。

由此可以得出结论：在半径 10km 的测区范围内进行距离测量时，可以用水平面代替水准面，不考虑地球曲率对距离的影响。

用水平面代替曲面对距离的影响 表 1.1

D (km)	ΔD (m)	$\Delta D/D$
1	0.000008	1:125000000
5	0.001027	1:4868000
10	0.008210	1:1218000
20	0.065700	1:304400
50	1.026560	1:48700

2. 地球曲率对水平角度的影响

因为在半径为 10km 的测区范围内，地球曲率对水平距离的影响很小，所以对水平角度的影响也很小。由球面三角可知，同一空间三角形在球面上投影的各内角之和较其在平面上投影的各内角之和大一个球面角超 ϵ 。其公式为：

$$\epsilon = \frac{P}{R^2} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \quad (1.6)$$

式中 P 为球面多边形的面积， R 为地球的半径。在测量中实测的是球面面积，而在绘制成图时，则是平面的面积。表 1.2 为不同面积的角超数值。

地球表面不同面积的角超值

表 1.2

P (km ²)	1	5	10	50	100	200	314.2
ϵ (")	0.005	0.025	0.051	0.254	0.508	1.016	1.597

由以上分析可知，在半径 10km 的测区范围内，对一般工程测量而言，不考虑地球曲率对水平角度的影响。

3. 用水平面代替水准面对高程的影响

在图 1.5 中有：

$$\Delta h = ob' - ob = \sqrt{R^2 + (D')^2} - R \quad (1.7)$$

由前面的讨论可知， D' 与 D 的差值可以忽略不计，故有：

$$\Delta h = \sqrt{R^2 + D^2} - R \quad (1.8)$$

以 $R = 6371\text{km}$ 及不同距离 D 代入上式，便得到表 1.3 所列的结果。

地球曲率对高程的影响

表 1.3

D (m)	50	100	200	500	1000	5000	10000
Δh (mm)	0.04	0.30	2.97	19.40	78.23	1962	7848

由表 1.3 可知，用水平面代替水准面，地球曲率对高程测量的影响很大。因此在高程

测量中，即使在较短的距离内，也应考虑地球曲率对高程的影响。实际测量中，常采取加改正数或采用正确的观测方法以消除或减弱地球曲率对高程的影响。

1.3 测量工作的原则和程序

无论是测绘地形图还是施工放样，都不可避免地会产生误差，甚至还会产生错误。为了限制误差的传递，保证测区内一系列点位之间达到必要的精度，测量工作都必须遵循“从整体到局部、先控制后碎部、由高级到低级”的原则进行。如图 1.6 所示。首先在整个测区内，选择若干个起着整体控制作用的点 1、2、3……，作为控制点，用较精密的仪器和方法，精确地测定各控制点的平面位置和高程位置的工作，称为控制测量。这些控制点测量精度高，均匀分布整个测区。因此，控制测量是高精度的测量，也是带全局性的测量。然后以控制点为测站点，测定其周围局部范围的地物和地貌特征点，称为碎部测量。例如：图中在控制点 1 测定周围碎部点 L 、 M 、 N 、 O ……。碎部测量是较控制测量低一级的测量，是局部的测量。碎部测量由于是在控制测量的基础上进行的，因此碎部测量的误差就局限在控制点的周围，从而控制了误差的传播范围和大小，保证了整个测区的测量精度。

施工测量是首先对施工场地布设整体控制网，用较高的精度测设控制点的位置，然后在控制网的基础上，再进行各局部轴线尺寸和高低的定位测设，其精度较低。例如：图中利用控制点 1、6 测设拟建的建筑物 R 、 Q 、 P 。因此，施工测量也要遵循“从整体到局部、先控制后碎部、由高级到低级”的施测原则。

测量工作分为控制测量和碎部测量两步。

遵循测量工作的原则，不但可以减少误差的累积和传递、提高了精度，而且还可以在几个控制点上同时进行测量工作，有利于工程的整体工作，加快了测量的进度、缩短了工期、节约了开支。



图 1.6

测量工作分为外业工作和内业工作。上述测定地面点位置的水平角度测量、水平距离测量和高差测量，称为外业工作。将外业测量成果进行整理、计算（坐标计算和高程计算

等)及绘制成图的工作,称为内业工作。

在测定工作中,首先要取得实地野外观测资料、数据,然后再进行室内计算、整理、绘制成图,要按“先外业、后内业”的顺序进行工作。在测设工作中,首先要按照施工图上所确定的数据和资料,在室内计算出测设所需要的放样数据,然后再到施工场地按测设数据把具体点位放样到施工作业面上,并做出标记,作为施工的依据,要按“先内业,后外业”的顺序进行工作。

在测量工作中,为了防止出现错误,无论是在外业工作还是在内业工作中,每项工作都要“边工作边校核”,用检核的数据说明测量成果的合格和可靠。由于实际观测数据有误,或者计算有误,都会使点位产生错误。因而在实际操作与计算中,要求步步有校核。一旦发现错误或达不到精度要求,必须找出原因或返工,重新观测或重新计算,必须保证各个环节正确。

思 考 题

一、解释名词

1. 水准面:
2. 水平面:
3. 大地水准面:
4. 相对高程:
5. 绝对高程:
6. 高差:

二、填空题

1. 测量工作的基本原则是_____、_____、_____。
2. 工程测量是测定地面点位的科学,其任务按性质可分为_____和_____。
3. 地面上一点的经度是指_____。
4. 地面上一点的纬度是指_____。
5. _____称为地物。
6. _____称为地貌。
7. 测设又称为_____,是指_____。
8. 测定又称为_____,是指_____。
9. 测量工作的实质是_____。
10. _____称为地面点。地面点的位置是指点的空间位置,能够用其_____位置和_____位置表示出来。
11. 确定地面点位置的三个基本要素是_____,_____和_____。
12. 在一般工程测量中,当测区范围较小时,可将地球视为一个半径 $R =$ _____ km 圆球体。

三、单选题

1. 绝对高程是()到大地水准面间的垂直距离。
A. 水准面 B. 海平面 C. 地面点
2. 国家统一高程基准面是()。
A. 水平面 B. 水准面 C. 大地水准面
3. 确定点的平面位置需要测量()。

- A. 经度、纬度 B. 水平距离、水平角度 C. 坐标 (X, Y)

4. 水准面是一个 ()。

- A. 水平面 B. 曲面 C. 倾斜平面

5. 测量平面直角坐标系与数学平面直角坐标系的函数计算式 ()。

- A. 均一致 B. 有些一致有些不一致 C. 均不一致

6. 测量水平距离、测量水平角度和测量 () 是测量的三项基本工作。

- A. 经纬度 (L, B) B. 坐标 (X, Y) C. 高程 (H)

7. 地面点到大地水准面的铅垂距离, 称为该点的绝对高程, 或称为 ()。

- A. 相对高程 B. 假定高程 C. 海拔

8. 地面点到假定水准面的铅垂距离, 称为该点的假定高程, 或称为 ()。

- A. 相对高程 B. 绝对高程 C. 高程

9. 地面点到高程基准面的铅垂距离, 称为地面点的 ()。

- A. 相对高程 B. 绝对高程 C. 高程

10. 在半径 10km 的测区范围内, 进行距离测量时 () 地球曲率对距离的影响。

- A. 不能确定 B. 不考虑 C. 要考虑

11. 在半径 10km 的测区范围内, 进行角度测量时 () 地球曲率对水平角度的影响。

- A. 不能确定 B. 不考虑 C. 要考虑

12. 在半径 10km 的测区范围内, 进行高程测量时 () 地球曲率对高程的影响。

- A. 不能确定 B. 不考虑 C. 要考虑

四、计算题

1. 已知 A, B 两点的高程分别为: $H_A = 1584.560$, $H_B = 1548.065$, 求 A, B 两点的高差 $h_{AB} = ?$

2. 某假定水准点 B 的高程为 1500.000, 用它推算出一点 P 的高程为 964.765。后来测得 B 点的绝对高程为 1548.065, 求 P 点的绝对高程 $H_P = ?$

3. 根据“1956 年黄海高程系”测算得 A 点高程为: 562.362m, 若改算成为“1985 国家高程基准”, 则 A 点的高程是多少?

五、简答题

1. 测量工作的实质是什么?
2. 什么是地形图?
3. 什么是地物图?
4. 什么是施工放样?
5. 测量工作应遵循的基本原则是什么?

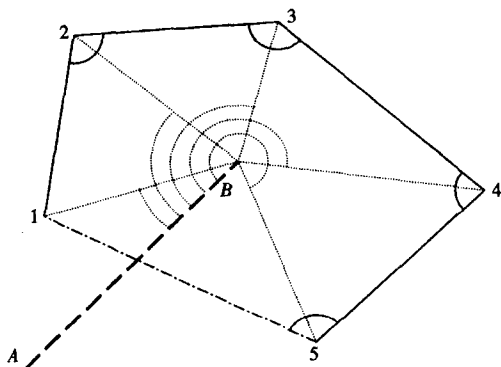


图 1.7

六、思考题

1. 测量学在工程建设中有什么作用?
2. 测定与测设有何区别?
3. 什么是控制点?
4. 什么是碎部点?
5. 什么是子午面?
6. 什么是子午线?
7. 在图 1.7 中, 需要确定多边形 12345 的顶点 1、2、3、4、5 各点的位置。

第一种办法是先在图上确定出 1 点的位置, 并测量 12 间的距离, 按比例确定出 2 点的位置, 然后从 2 点测量角度 β_2 确定 23 的方向, 并测量 23 间的距离,

按比例确定出 3 点的位置……依次类推，可以确定出多边形各顶点的位置。

第二种办法是先用较高精度的方法确定出 A 、 B 两点，然后在 B 点测量出 AB 方向与 $B1$ 、 $B2$ 、 $B3$ 、 $B4$ 、 $B5$ 各方向的之间的水平角度 β ，并测量出 B 点到 1、2、3、4、5 各点的距离，再按比例确定出 1、2、3、4、5 各点的位置。

请问是第一种方法好还是第二种方法好？为什么？

第2章 水准测量

测量地面上各点高程的工作叫高程测量。根据使用仪器和施测方法的不同分为水准测量，三角高程测量，气压高程测量，液体静力水准测量，GPS 高程测量。其中水准测量精度较高，是高程测量中最主要的方法，在工程测量中应用广泛。

2.1 水准测量原理

水准测量是利用水准仪提供一条水平视线，配合水准尺，测得两点间高差。根据已知点高程，计算待定点高程的方法。

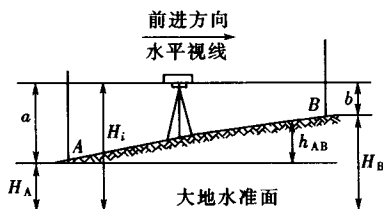


图 2.1

如图 2.1 中，已知 A 点高程 H_A ，欲求 B 点高程 H_B 。首先将水准仪安置在两点之间，在 A、B 两点上竖立水准尺。确定观测方向：已知点 A 为后视点，待定点 B 为前视点。后视点上水准尺读数称为后视读数 a ，前视点上水准尺读数称为前视读数 b 。

$$\text{则 } B \text{ 点对 } A \text{ 点的高差 } h_{AB} = a - b \quad (2.1)$$

$$\text{待求点 } B \text{ 的高程 } H_B = H_A + h_{AB} \quad (2.2)$$

式 (2.2)) 利用高差推算高程的方法，称为高差法。

在地形测量和各种工程的施工测量中，安置一次仪器常常要求出若干个前视点的高程。这时，为了便于计算，可以先求出水准仪提供的水平视线的高程（简称视线高程 H_i ），再分别计算各待定点的高程。

$$\text{视线高程} \quad H_i = H_A + a \quad (2.3)$$

$$\text{待求点高程} \quad H_B = H_i - b \quad (2.4)$$

式 (2.4) 利用视线高程推算高程的方法，称为视线高程法。高差有正负之分。当 $a > b$ 时， $h_{AB} > 0$ ，此时 B 点比 A 点高；反之，B 点比 A 点低。若测定两点之间高差时，观测方向相反，则所测高差理论上数值相等，符号相反。即 $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

2.2 水准测量的仪器和工具

水准测量常用的仪器和工具有水准仪、水准尺和尺垫。

2.2.1 水准仪的类型

水准仪按其构造可分为微倾式水准仪，自动安平水准仪，数字水准仪，激光水准仪等。按其精度划分，可分为 DS_{05} ， DS_1 ， DS_3 ， DS_{10} ， DS_{20} 。其中 D 代表“大地测量”，S 代表“水准仪”，05、1、3、10、20 是指该仪器精度为每公里往返测高差中误差 (mm) 的大小。其型号及主要用途见表 2.1。