

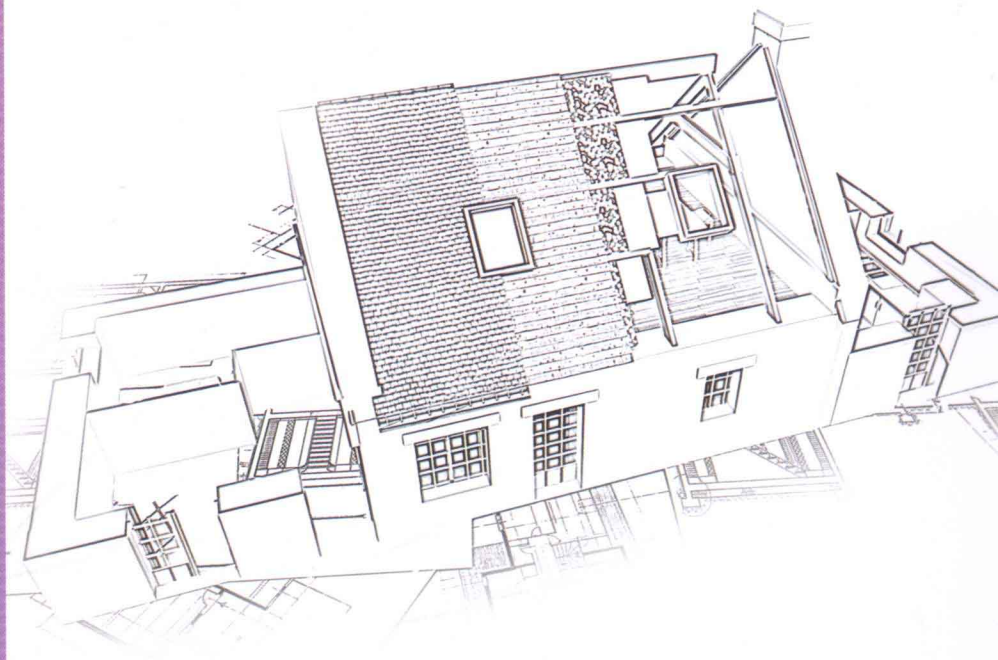


“十二五” 高等教育规划教材

JIANZHU SHIGONG CELIANG

建筑施工测量

主编 贾琬明



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五” 高等教育规划教材

建筑施工测量

主 编 贾琬明

副主编 刘 琚 肖 华

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

前 言

本书以“理实一体”为指导，以解决具体任务为驱动，然后对解决此任务所需要的知识加以讲解。学生在学习的过程中，既解决了符合工程实际的任务，同时也学到了相应的知识和技能。本书的编写结构形式为：能力和目标描述、任务描述、案例示范和知识链接。本书突破了常规教材的束缚，所有的案例都是建筑施工过程中的典型任务；改变了传统的教学方法，“理实一体”，学生边学边做，更加符合工程人才的培养模式。

本书在编写过程中，力图做到以下几点：

(1) 明确每次课程的能力目标，做到有的放矢。弱化难深理论的学习，做到深入浅出、通俗易懂，同时强调解决实际问题的能力。

(2) 尽力满足不同专业的学习需求。本书在编写过程中，充分参考了各个专业的教学大纲，尽量满足不同建筑专业和方向对测量知识和技能的需求。

(3) 强调案例和方法的通用性和实用性。在案例的选择方面，充分考虑到我国建筑工程领域最为普遍的任务。让学生能做到举一反三，掌握建筑施工过程中的测量方法和技能。

(4) 强调学生职业素质的培养。本书注重对学生职业能力的培养，充分考虑到学生即将从事的职业所需要的技能、知识和方法。

本书由贾琬明、刘珺和肖华共同编写。其中绪论、学习情境6（学习单元4）由贾琬明编写；学习情境2、3、4、5由刘珺编写；学习情境1、6（学习单元1、学习单元2、学习单元3、学习单元5）由肖华编写。

在本书的编写过程中，参阅了大量的文献，引用了同类书刊、专著等的一些资料，在此，谨向有关作者表示衷心的感谢！北京理工大学出版社为本书的编辑和出版做了大量工作，在此也表示衷心的感谢！

本书在编写和出版过程中，作者虽然做了很大的努力，并对书稿校对了很多次，但书中仍会有错漏及不妥之处，恳请广大读者和同行批评指正。

作 者

目 录

绪论	1
学习情境1 施工控制网布设	3
学习单元1 高程测设	3
1.1.1 任务描述	3
1.1.2 案例示范	4
1.1.3 知识链接	6
学习单元2 角度测设	14
1.2.1 任务描述	14
1.2.2 案例示范	15
1.2.3 知识链接	16
学习单元3 距离测设	27
1.3.1 任务描述	27
1.3.2 案例示范	28
1.3.3 知识链接	29
学习单元4 平面控制网布设	39
1.4.1 任务描述	39
1.4.2 案例示范	40
1.4.3 知识链接	47
学习单元5 高程控制网布设	60
1.5.1 任务描述	60
1.5.2 案例示范	60
1.5.3 知识链接	61
学习情境2 定位放线测量	65
学习单元1 工程定位	65
2.1.1 任务描述	65
2.1.2 案例示范	66
2.1.3 知识链接	67
学习单元2 工程放线	69
2.2.1 任务描述	69
2.2.2 案例示范	70
2.2.3 知识链接	71

学习情境3 基础施工测量	74
学习单元1 筏形基础施工测量	74
3.1.1 任务描述	74
3.1.2 案例示范	75
3.1.3 知识链接	76
学习单元2 条形基础施工测量	79
3.2.1 任务描述	79
3.2.2 案例示范	79
3.2.3 知识链接	80
学习单元3 杯形基础施工测量	81
3.3.1 任务描述	81
3.3.2 案例示范	82
3.3.3 知识链接	84
学习情境4 现浇框架-剪力墙主体结构施工测量	87
学习单元1 墙、柱施工测量	87
4.1.1 任务描述	87
4.1.2 案例示范	87
4.1.3 知识链接	92
学习单元2 梁、板施工测量	95
4.2.1 任务描述	95
4.2.2 案例示范	95
4.2.3 知识链接	96
学习情境5 装配式工业厂房主体结构施工测量	99
学习单元1 柱子安装测量	99
5.1.1 任务描述	99
5.1.2 案例示范	99
5.1.3 知识链接	103
学习单元2 吊车梁安装测量	105
5.2.1 任务描述	105
5.2.2 案例示范	106
5.2.3 知识链接	108
学习单元3 屋架、钢梁安装测量	109
5.3.1 任务描述	109
5.3.2 案例示范	110
5.3.3 知识链接	112
学习情境6 建筑物变形观测与竣工测量	115
学习单元1 建筑物的沉降观测	115
6.1.1 任务描述	115
6.1.2 案例示范	116

6.1.3 知识链接	118
学习单元2 建筑物的倾斜观测	121
6.2.1 任务描述	121
6.2.2 案例示范	122
6.2.3 知识链接	122
学习单元3 建筑物的裂缝观测	124
6.3.1 任务描述	124
6.3.2 案例示范	125
6.3.3 知识链接	125
学习单元4 建筑物的水平位移观测	126
6.4.1 任务描述	126
6.4.2 案例示范	126
6.4.3 知识链接	127
学习单元5 竣工测量	128
6.5.1 任务描述	128
6.5.2 案例示范	128
6.5.3 知识链接	129
参考文献	131

绪 论

能力描述

了解建筑施工测量的任务；知道各个建筑时期所进行的测量工作的主要内容；掌握基本的测量内容和测量工作所遵循的基本原则；知道建筑施工测量对于整个建筑施工过程的指导作用和意义。

目标描述

能根据施工的各个阶段分析基本的测量内容。

一、建筑施工测量的任务

测量学的基本任务主要有两个：一是确定地球的形状和大小，另外一个确定地面点的空间位置。现在很多专家和学者将地球看作是一个旋转椭球体，南极与北极的连线作为自转轴。确定地面点的位置主要就是根据一定的测量手段和计算方法求得地面点位在特定坐标系下的坐标。

从学科角度来看，建筑施工测量是工程测量的一个分支，而工程测量是测量学的一个分支。从建筑工程角度来看，建筑施工测量就是运用测量学的基本原理和基本方法，解决各类建筑工程的具体测量任务，为建筑工程的顺利施工提供支持和服务。建筑施工测量可以分为两类：测定和测设。测定是将地面点位的坐标进行测定，如地形图测绘、竣工测量等；测设就是根据图纸上提供的已知坐标的点位在实地上标定出来，如轴线测设、标高测设等。测设工作，有时候也称作放样。

一般的建筑工程可以分为勘测设计、施工建设和运营管理等三个阶段。这三个阶段的测量的具体任务分别为：

(1) 在勘测设计阶段，测量工作主要是为将建筑工程所涉及区域的地形图进行全面的测绘，并把建筑工程所需要的数据表示出来，为具体的设计提供基础图件和资料。例如：建筑区域内需要拆迁时，必须对此区域的建筑面积、土地面积等进行测量，进行科学合理的赔偿，以保证工程的顺利进行。

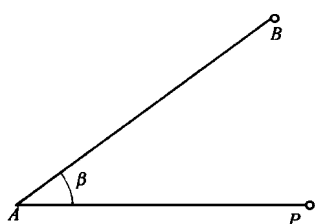
(2) 在建筑施工阶段，需要根据具体的施工任务选定合理的方法进行测量。建筑施工具体细分为场地平整、基础施工、墙体施工、柱子施工、屋架安装、楼板施工等。各个施工阶段均需要测量予以指导。从大的方面来说，施工阶段的测量任务分为三种：轴线控制、标高控制和垂直度控制。

(3) 在运营管理阶段，测量的主要任务是对重要的建筑物和构筑物进行变形监测，研究建筑的变形规律，保证建筑的正常和安全使用。

二、建筑施工测量的基本内容和原则

1. 建筑施工测量的基本内容

在测量领域，一般将地面点位分为两个方面来处理：高程和平面。高程就是地面点位沿着铅垂线方向到某一参考面的距离。如果已知某一点位的高程，然后测定另外一点的高程，



仅需要对两点之间的高差进行测定就可以计算此点的高程。确定点位的高程之后，就可以对点位的平面位置进行确定。如图 0.1 所示，其中 A 和 B 的点位和坐标已知，现在需要确定 P 点的平面位置。从几何角度来看，仅需要测定水平角 β 和 AP 间的水平距离就可以确定 P 点的平面位置。至此，地面点位的空间位置就能确定出来了。

图 0.1 点的平面位置的确定

综上所述，建筑施工测量的基本测量内容为：高差测量、角度测量和距离测量。

从工作的场所来看，测量工作一般分为外业和内业。外业的主要工作内容为使用各种测量仪器进行数据的采集，以及各种测定和测设工作。内业的主要工作内容是对外业所采集的数据进行计算和处理，形成各类成果，并绘制各种图件。

2. 建筑施工测量的基本原则

在建筑施工期间进行的测量工作是复杂和多变的。为了确保测量成果的可靠性，防止误差的累积，保证建筑施工的正常、有序进行，测量工作必须遵循一定的原则。

“从整体到局部，先控制后碎部”是测量工作必须遵循的基本原则之一。测量工作是有顺序进行的。在具体的测量工作过程中，一般情况下是先在施工区域附近选择若干有代表性的具有控制作用的点（这些点成为控制点），把它们的高程和平面坐标进行精确测定；然后，依据这些控制点，测定其他点位，并进行施工放样。这种方法不仅可以防止误差的累积，同时也可以使用不同的控制点同时进行碎部点的测定和施工放样工作。这不仅提高了精度，也提高了工作效率。

“步步要检核”是测量工作的另外一个必须遵循的原则之一。这主要是为了防止错误的发生。测量工作可以有误差，但是不允许有错误。测量上的任何一个错误，都可能会对建筑工程造成很大的影响。在进行测量作业时，前一步工作未进行检核，坚决不能进行下一步工作；否则，可能会发生致命性的错误。

另外，测量工作人员必须工作态度够认真，职业素养够好，技术够扎实。这样才可以保证建筑工程安然有序地进行。

测量对于建筑施工的作用是非常大的，也直接关系到建筑的施工质量。因此，测量工作必须严把质量关。任何测量工作上的疏漏，都可能会对整个建筑工程产生致命性的影响，所造成的后果也是非常严重的。



学习情境 1

施工控制网布设

能力描述

知道水准仪、经纬仪、全站仪等测量仪器的构造，掌握其使用方法；能利用水准仪和全站仪进行三、四等水准测量和高程测设；掌握高层建筑的高程传递；能利用经纬仪和全站仪进行角度测量和测设；能利用全站仪和钢尺进行距离测量和测设；会布设施工平面控制网和高程控制网，并进行相应的检查。

目标描述

熟练使用水准仪、经纬仪、全站仪和钢尺；熟练进行三、四等水准测量；会高程测设；能熟练角度测量和测设；会距离测量和测设；熟练绘制和填写测量成果记录表；能准确计算测量数据，会检验测量成果是否合格；能合理布设施工控制网。

学习单元 1 高程测设

1.1.1 任务描述

一、工作任务

(1) 完成图 1.1 所示附和路线的四等水准测量。已知 A、B 为两个已知水准点，A 点高程为 65.376 m，B 点高程为 68.623 m。

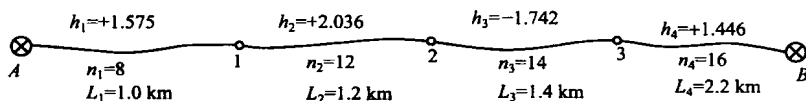


图 1.1 附和水准路线

具体任务如下：

- ① 利用水准测量原理，根据已知点 A 的高程，通过中转点，测量未知点 B 的高程；
 - ② 根据测量数据，完成附和水准测量的计算。
- (2) 利用高程传递，测量图 1.2 中未知点的高程。

具体任务如下：

如图 1.2 所示, 已知 $H_A = 36.008 \text{ m}$, 根据钢尺上的读数 a 、 d 、 c_1 、 c_2 、 b_1 、 b_2 , 计算 B_1 点和 B_2 点的高程。

(3) 如图 1.3 所示, 已知 $H_A = 54.301 \text{ m}$, $H_{\text{设}} = 50.000 \text{ m}$, 测设点 B , 使 $H_B = H_{\text{设}}$ 。

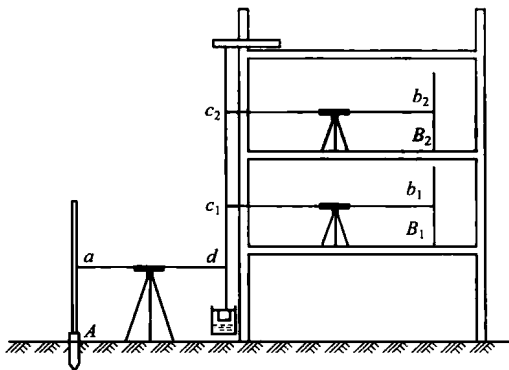


图 1.2 高层建筑高层传递

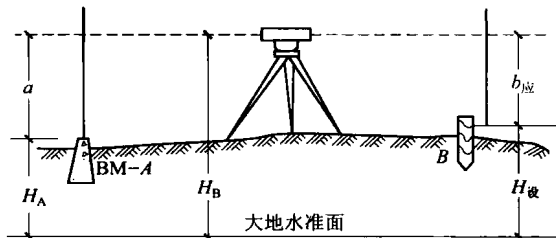


图 1.3 水准测量原理

二、可选工作手段

微倾式 DS₃ 水准仪 1 台。水准尺 2 根, 尺垫 2 个, 记录板 1 块, 测伞 1 把, 自备 2 H 铅笔与计算器等。

1.1.2 案例示范

一、案例描述

1. 工作任务

(1) 如图 1.4 所示, 已知 $H_A = 27.354 \text{ m}$, 依照水准测量步骤测量 B 点高程 H_B 。

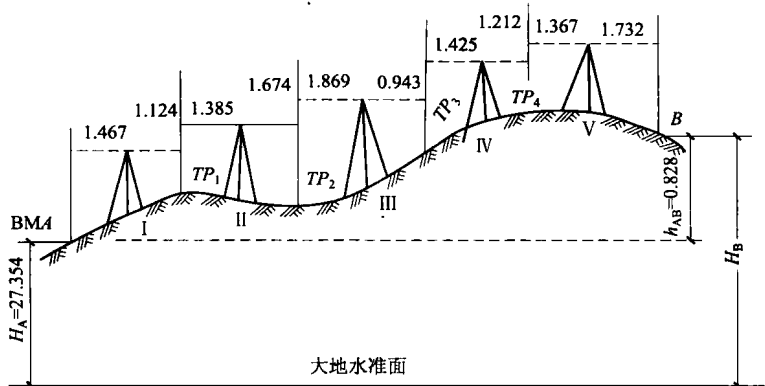


图 1.4 水准路线观测

(2) 如图 1.5 所示, 已知 $H_A = 38.689 \text{ m}$, $H_{\text{设}} = 39.899 \text{ m}$, 要求在 B 点所在的木桩上确定一点, 使 $H_B = H_{\text{设}}$ 。

2. 可选工作手段

微倾式 DS₃ 水准仪 1 台, 水准尺 2 根, 尺垫 2 个, 记录板 1 块, 测伞 1 把, 自备 2 H 铅笔与计算器等。

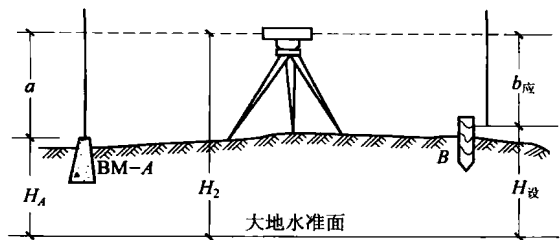


图 1.5 测设已知数值高程

二、案例分析与实施

案例一：

图 1.4 中 BMA 为已知高程的水准点，TP 为转点，B 为拟测量高程的水准点。

步骤：先在 A 点垂直地安置水准标尺 1，于一定距离的 I 点安置另一水准标尺 2，在 A I 的中间安置水准仪。水准仪照准前、后标尺时，视线保持水平，两标尺的读数差，就是 A、I 两点间的高差 h_1 。第一站测量完毕后，A 点的水准标尺 1 移至 II 点，II 点的水准标尺 2 保持不动，水准仪移至 I II 的中间，测量 I、II 两点间的高差 h_2 。如此继续进行，直至水准标尺 1 或 2 安置在 B 点上为止。将测量数据记录并填入表 1.1，最后计算检核。

表 1.1 水准测量记录手簿

日期：		仪器：		观测：		
天气：		地点：		记录：		
测站	点号	后视读数	前视读数	高差	高程	备注
		(m)	(m)	(m)	(m)	
1	BMA	1. 467		0. 343	27. 354	已知
	TP ₁		1. 124			
2	TP ₁	1. 385		-0. 289		
	TP ₂		1. 674			
3	TP ₂	1. 869		0. 926		
	TP ₃		0. 943			
4	TP ₃	1. 425		0. 213		
	TP ₄		1. 212			
5	TP ₄	1. 367		-0. 365		
	B		1. 732		28. 182	
计算检核		$\sum a = 7. 513$	$\sum b = 6. 685$	$\sum h = + 0. 828$	28. 182	
					-27. 354	
		$\sum a - \sum b =$ 7. 513 - 6. 685 = + 0. 828			0. 828	

案例二：

地面点高程的测设步骤：

① 如图 1.5，在 B 点打一个木桩，在 BMA 和 B 点之间安置水准仪，读出立在 BMA 上的水准尺的读数 a 。

② 算出 B 点应有的水准尺读数 $b_{\text{应}}$ ，即 $b_{\text{应}} = (H_A + a) - H_{\text{设}}$ 。

③ 上下移动靠立在 B 桩侧面的水准尺，当尺读数恰好等于 b 时，紧靠尺底在桩的侧面上画一条水平横线，其高程即等于所要测设的高程 H 。

1.1.3 知识链接

一、水准测量概述

水准测量原理是利用水准仪提供一条水平视线，借助竖立在地面点上的水准尺，直接测定地面上各点间的高差；然后，根据其中一点的已知高程推算其他各点的高程（见图 1.6）。

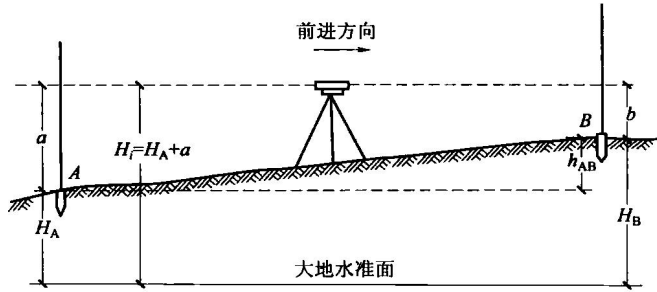


图 1.6

则 B 点的高程为： $H_B = H_A + h_{AB}$ ，高差为 $h_{AB} = a - b$

还可以通过仪器的视线高 H_i 计算 B 点的高程：

$$\left. \begin{aligned} H_i &= H_A + a \\ H_B &= H_i - b \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

水准测量是有方向性的。假设上图的水准测量是由 A 到 B 进行的，则 A 为后视点，其读数为后视读数； B 为前视点，其读数为前视读数。 A 、 B 两点间的高差为后视读数减去前视读数。如果高差 h_{AB} 为正，则表示 B 点高于 A 点；如果高差 h_{AB} 为负，则表示 B 点低于 A 点。

二、水准测量仪器、工具简介及其操作

1. 水准仪

DS₃ 微倾式水准仪的构造见图 1.7：

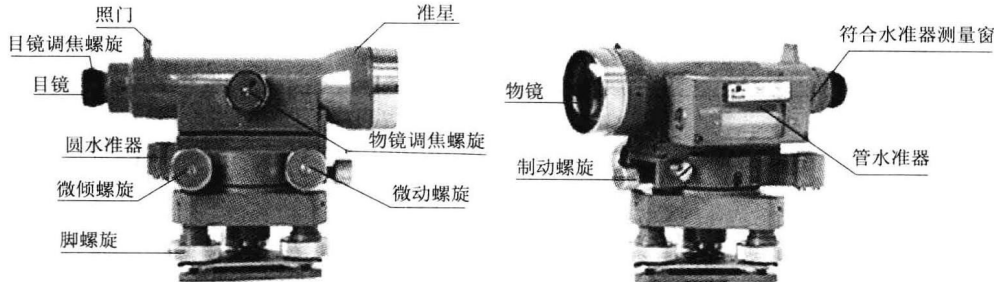


图 1.7 DS₃ 微倾式水准仪

(1) 望远镜。

望远镜是水准仪上的主要部件。具有成像和扩大视角的功能,通过调焦能够看清不同距离范围内的目标,并为精确照准目标提供视线。望远镜一般由物镜、调焦透镜、调焦螺旋、十字丝分划板、目镜等组成。

物镜由一组透镜组成,其作用是与调焦透镜和调焦螺旋一起将远处的观测目标在十字丝平面上成缩小的实像。调整的过程称为调焦或物镜对光。

目镜也是一组透镜。它的作用是将物镜所成的缩小的实像进行放大,方便观测和读数。调整的过程称为目镜对光。

十字丝分划板是一块光学玻璃板,上面刻有两条相互垂直的十字丝。其中,竖直的十字丝称为纵丝,水平的一条称为横丝或者中丝。另外,还有与横丝平行的上下对称的两条短丝,称为视距丝。可用于估测水平距离。不同型号和精度的水准仪有不同的十字丝分划板。如图 1.8 所示是常用的四种。

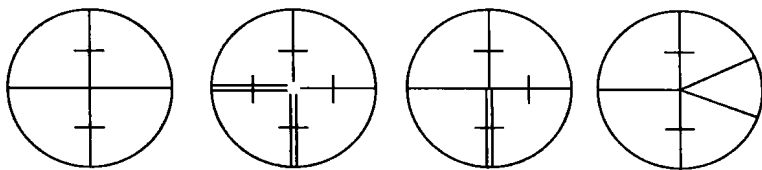


图 1.8 十字丝分划板

(2) 水准器。

水准器的作用就是用来整平仪器,使视准轴处于水平位置。一般的测量仪器上的水准器有两种:圆水准器和管水准器。

① 圆水准器。圆水准器的构造如图 1.9 所示。内部的上表面为球面,里面注有乙醚或者酒精,并留有气泡。球面中心刻有圆圈,其圆心称为圆水准器零点。通过零点与球面曲率中心的连线,称为圆水准轴,用 $L'-L'$ 表示。气泡偏离越远,轴线与铅垂位置的偏离角度越大。圆水准器的精度较低,一般用于仪器的粗略整平。

② 管水准器。管水准器的精度要高于圆水准器,所以一般使用管水准器对水准仪进行精平。管水准器的结构如图 1.10 所示,为内壁沿纵向研磨成一定曲率的圆弧玻璃管,管内注有乙醚或者乙醇,并留有一气泡。水准管纵向圆弧的顶点 O ,称为管水准器的零点。过零点相切于内壁圆弧的纵向切线,称为水准管轴,用 $L-L$ 表示。当气泡中心与零点重合时,气泡居中。为了使望远镜视准轴 $C-C$ 水平,水准管安装在望远镜左侧,并满足 $LL \parallel CC$,当水准管气泡居中时, LL 处于水平,而 CC 也就处于水平位置。

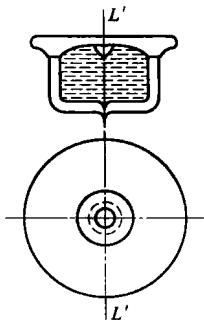


图 1.9 圆水准器

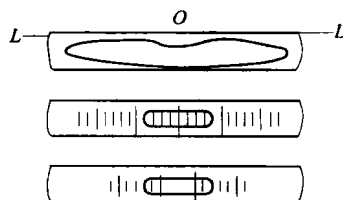


图 1.10 管水准器

(3) 基座。

基座由轴座、脚螺旋和连接板组成。仪器的望远镜与托板铰接，通过竖轴插入轴座中，由轴座支承，轴座用三个脚螺旋与连接板连接。整个仪器的中心与基座中心的连线称为竖轴，用 $V-V$ 表示。用中心连接螺旋固定在三脚架上。在基座上一般还安装有制动、微动螺旋。

(4) 水准仪轴线间的关系。

水准仪轴线间应满足以下关系：

- ① 管水准轴平行于视准轴；
- ② 圆水准轴平行于竖轴；
- ③ 视准轴垂直于竖轴。

2. 水准尺与尺垫

(1) 水准尺。

水准尺是进行水准测量时与水准仪配合使用的标尺，一般由木材、合金等材料做成，并要求分划准确且不易磨损和变形。在测量时，为了保证水准尺立成竖直，尺上一般安装有水准器。常见的水准尺有塔尺和双面尺；在精密水准测量中，一般使用更为精密的铟瓦尺。

① 塔尺。如图 1.11 (a) 所示，塔尺是一种逐节缩小的组合尺，长度一般为 $2 \sim 5$ m。由若干节连接在一起，尺的底部读数为零，尺面上有刻划线。

② 双面尺。如图 1.11 (b) 所示，双面尺的两面均有刻划，一面为黑面（主尺），一面为红面（辅尺）。两把水准尺配合使用。黑面起始读数为零，红面起始读数一般尺子为 $4\ 687$ mm，另一把尺子为 $4\ 787$ mm，这个常数称为尺常数，用 K 来表示。双面尺可以用来检核读数是否正确，保证测量人员正确读数。

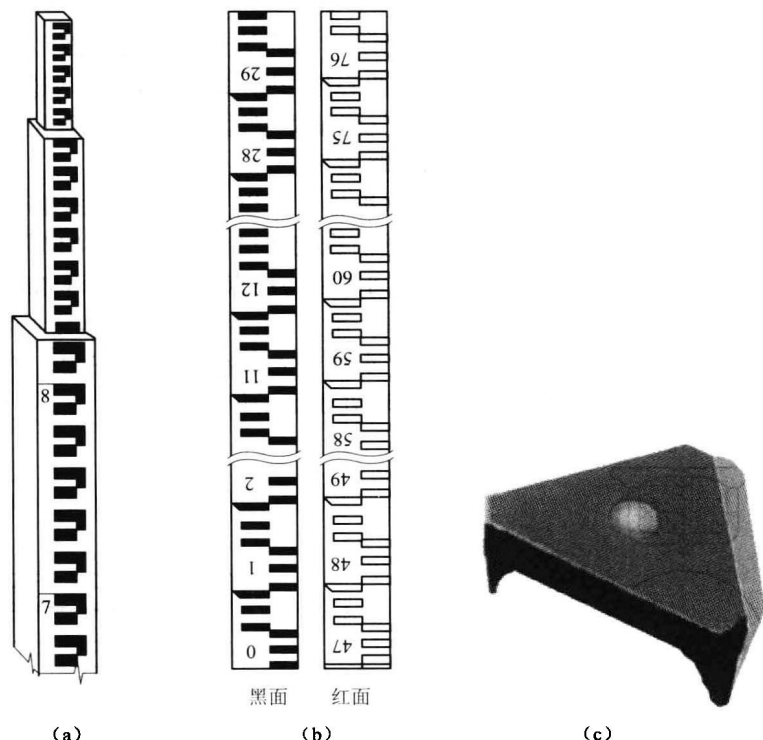


图 1.11 水准尺与尺垫

(2) 尺垫。

尺垫一般由生铁铸成,见图 1.11 (c)。上方为三角形的板座,下方有三个角,可以踏入地面中。板座的上方有一突起的半球体,水准尺立于此半球体上。尺垫用于转点处,以保证测量精度。

3. 三脚架

三脚架的形状见图 1.12,一般由木质材料或者铝合金制成。在水准测量中,就是将水准仪安置在三脚架的顶面即架头,顶面的下方有一个活动的连接螺旋,将水准仪固定在三脚架上。

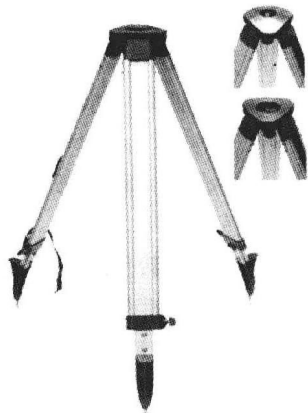


图 1.12 三脚架

4. 水准仪的使用

在使用微倾式水准仪进行测量时,其操作程序为:安置→粗平→瞄准→精平→读数五个步骤。

(1) 安置仪器。

① 在测站上松开三脚架架腿的固定螺旋,把架腿调整到适宜观测的高度,将固定螺旋拧紧,张开三脚架将架腿踩实,并使三脚架架头处于大致水平。

② 将水准仪从仪器箱中取出,用连接螺旋将水准仪固定在三脚架架头上。

(2) 粗略整平。

粗略整平就是将圆水准气泡居中,保证水准仪大致处于水平状态。具体操作步骤如下:

① 先选择两个角螺旋,用两手按照图 1.13 (a) 所示,同时对向等量旋转这两个角螺旋,气泡移动的方向与左手大拇指移动方向一致;此时,保证气泡移动到这两个角螺旋连线的垂直平分线上。

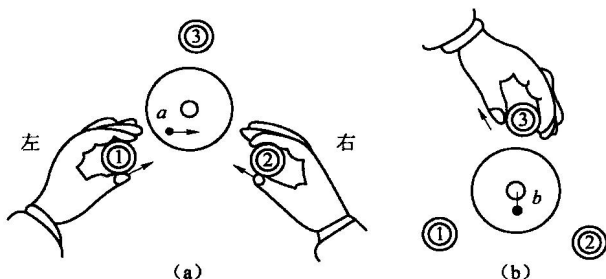


图 1.13 水准仪的整平

② 如图 1.13 (b) 所示,用左手旋转另外一个角螺旋。气泡移动的方向与左手大拇指移动方向一致,此时保证气泡移动至中心。

经过以上两步操作,基本上可以保证气泡在中心了。如果还有偏差,继续重复以上操作过程,直至气泡居于中心为止。

(3) 瞄准水准尺。

瞄准水准尺的操作步骤如下:

① 目镜调焦。将望远镜朝向明亮背景,转动目镜对光螺旋,使十字丝影像清晰。

② 初步瞄准。利用照门和准星瞄准水准尺,水准尺进入望远镜视场后,拧紧制动螺旋。

③ 物镜调焦。转动物镜调焦螺旋,使水准尺影像清晰,并落在十字丝平面上。

④ 精确瞄准。转动微动螺旋,使十字丝竖丝与水准尺精密重合。

经过以上四步操作后,水准仪就精确照准水准尺了。但是这时候还应将眼睛在目镜处上下移动,观察十字丝与水准尺的影像是否有相对移动。如果有移动,这种现象叫做视差。造成视差的原因是,水准尺的影像与十字丝面不重合。视差会对读数造成误差。在实际的水准

测量中，必须消除视差。消除视差的方法是，仔细对目镜和物镜进行调焦，使水准尺的影像与十字丝面重合。

(4) 精确整平。

精确整平就是将水准仪的视准轴精确置于水平位置。精确整平的方法，就是用眼睛观察水准气泡观察窗口内的气泡影像，如图 1.15 所示。调整微倾螺旋，使符合水准器气泡两半弧影像附合成一光滑圆弧。此时，视准轴在照准方向上就处于精密水平位置。

(5) 读数。

在水准尺读数前，首先应观测水准尺的刻划方式，有的数字刻划是正向，有的是倒向。然后，再注意水准尺的最小刻划是多少。读数时应将水准尺的气泡居中，水准尺立于铅垂面上，尺面与照准方向垂直。接着，用中横丝在水准尺上读数。读数时，一般情况下沿着水准尺的刻划线从小到大的方向读。依次按照米、分米、厘米、毫米的顺序读数。注意读毫米时，一般情况下是估读的，读数总共 4 位数字。如图 1.15 的读数是 1.356 m。需要注意的是：精确精平后立即读数，读数后还应检查附合水准气泡是否居中。如果偏离中间位置，此方向应重新精平，然后再读数。

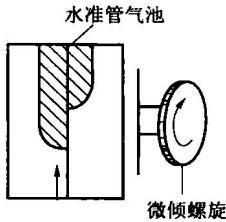


图 1.14 水准仪精平

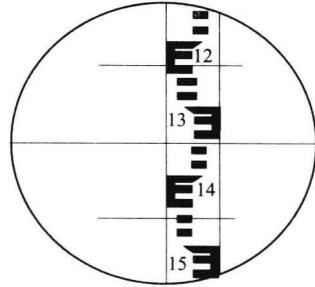


图 1.15 水准尺的读数

三、水准测量

1. 埋设水准点

水准测量的主要目的是测出一系列点的高程。通常称这些点为水准点 (Bench Mark)，简记为 BM。

2. 拟定水准路线

在一般的工程测量中，水准路线主要有三种形式：闭合水准路线、附合水准路线和支水准路线。

(1) 闭合水准路线。

如图 1.16 所示，从水准点 BM3 出发，沿待定高程点 1、2、3 进行水准测量，最后回到原始出发点 BM3 的路线，称为闭合水准路线。从理论上讲，闭合水准路线上各点之间的高差代数和应等于零。

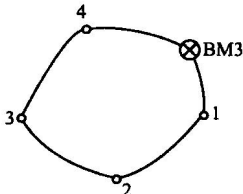


图 1.16 闭合水准路线

(2) 附合水准路线。

如图 1.17 所示，从水准点 BM1 出发，沿各个待定高程点 1、2、3 进行水准测量，最后附合到另一水准点 BM2 的路线，称为附合水准路线。从理论上讲，附合水准路线上各点间高差的代数和应等于始、终两个水准点的高程之差。

(3) 支水准路线。

如图 1.18 所示, 从一已知水准点 BM1 出发, 沿待测高程点 1, 2 进行水准测量, 既不闭合又不附和, 这种水准路线称为支水准路线。支水准路线要进行往返观测, 以资检核。

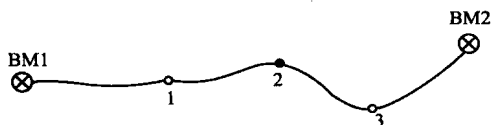


图 1.17 附和水准路线

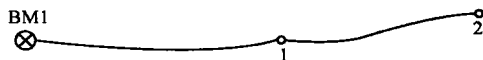


图 1.18 支水准路线

3. 水准测量的测站检核方法

为了保证观测精度, 必须进行测站检核。常用的检核方法有变动仪器高法和双面尺法。

(1) 变动仪器高法。

变动仪器高法, 是在同一测站上用两次不同的仪器高度, 两次测定高差。

(2) 双面尺法。

双面尺法是在一测站上, 仪器高度不变, 而立在前视点和后视点上的水准尺分别用黑面和红面各进行一次读数, 测得两次高差。

四、水准测量的成果计算

等外水准测量的高差闭合差容许值:

$$\left. \begin{array}{l} \text{平地 } f_{h\text{容}} = \pm 40 \sqrt{L} \text{ mm} \\ \text{山地 } f_{h\text{容}} = \pm 12 \sqrt{n} \text{ mm} \end{array} \right\} \quad (1.2)$$

式中 L ——水准路线长度, 以 km 计;

n ——测站数。

施工中, 如设计单位根据工程性质提出具体要求时, 应按要求精度施测。

1. 附和水准路线成果计算

A、B 为两个已知水准点, A 点高程为 65.376 m, B 点高程为 68.623 m, 点 1、2、3 为待测水准点, 各测段高差、测站数、距离如图 1.19 所示。

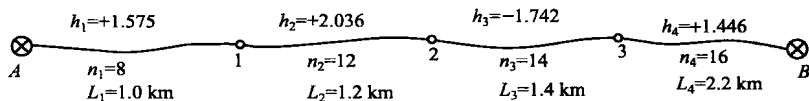


图 1.19 附和水准路线成果

现以图 1.19 为例, 按高程推算顺序将各点号、测站数、测段距离、实测高差及已知高程, 填入表 1.2 相应栏内。

(1) 计算高差闭合差。

附和水准路线各段实测高差总和应与两已知高程之差相等; 否则, 其差值为高差闭合差。

即:

$$f_h = \sum h_{\text{测}} - (H_B - H_A) \quad (1.3)$$

例中 $f_h = +3.315 - (68.623 - 65.376) = +0.068 \text{ m}$

因是平地, 闭合差容许值为: