

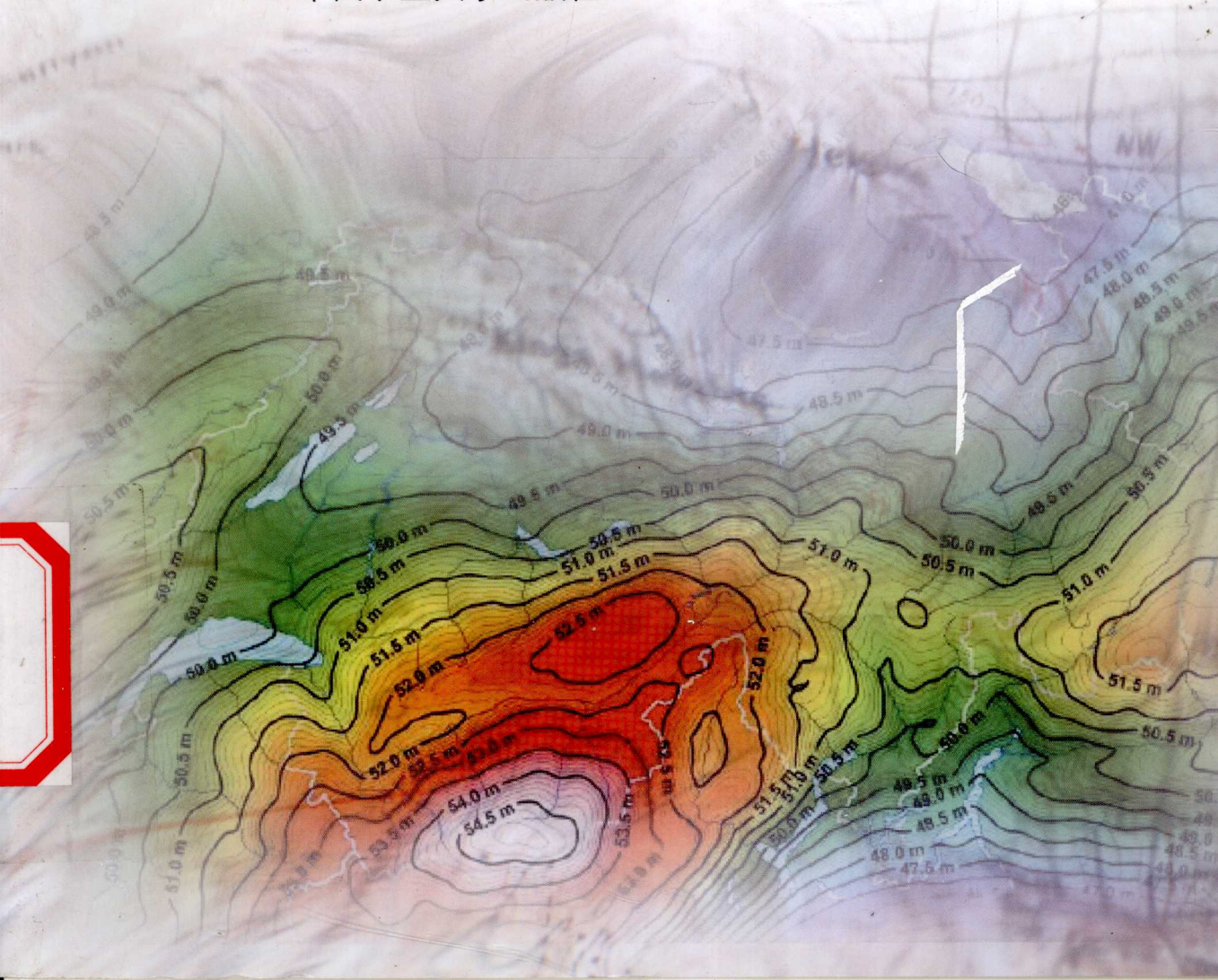
高等教育“十二五”规划教材

测量 实训教程与习题集

Celiang Shixun Jiaocheng Yu Xitiji

王 坚 主编

中国矿业大学出版社



高等教育“十二五”规划教材

江苏省高校优势学科建设工程资助项目

大地测量学与测量工程江苏省重点学科资助

测量实训教程 与习题集

主 编 王 坚

副主编 吕伟才 张安兵 马昌忠

张书华 胡荣明 郑南山

邸庆生 齐淑娟 陈国良

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是高等院校测绘相关专业的实训教材。全书共四部分,第一部分涉及测量的主要实验内容,包括钢尺量距、水准仪的使用及高差测量、四等水准测量、经纬仪的使用及角度测量、水准仪的检验与校正、经纬仪的检验与校正、全站仪的检验与校正、三角高程测量、视距测量、图根导线测量、前方交会测量、地面点测设、建筑物沉降观测、曲线测设;第二部分包括经纬仪平板测图与数字化测图;第三部分是测量习题及答案;第四部分是测量实习常用附表。

本书可作为测绘工程专业的实训教材,也可作为采矿工程、土木工程、地质工程、交通运输、工程管理等非测绘专业的实验与实习指导教材。

图书在版编目(CIP)数据

测量实训教程与习题集/王坚主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2011.5

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1043 - 2

I. ①测… II. ①王… III. ①工程测量—高等学校—教学参考资料 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 071796 号

书 名 测量实训教程与习题集

主 编 王 坚

责任编辑 潘俊成 仓小金

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 9 字数 225 千字

版次印次 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

定 价 12.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

在编写本书过程中,编者采用面向任务的思想组织材料,以便学生理解及自主完成实践工作。尽量将实践任务分解,力求思路清晰,给出实验示例的实践操作过程及示范数据处理过程,同时满足教师教学与学生实习的需要。

本书的内容由三部分组成:第一部分实验部分,涉及测量的主要实验内容;第二部分实习部分,为便于学生理解测图原理,保留经纬仪平板测图,并强调数字化测图;第三部分是测量习题及答案,便于学生自我测试与反馈。本书可作为测绘工程专业的实训教材,也可通过选择内容用做非测绘专业的实验与实习。

本书由中国矿业大学王坚、马昌忠、张书毕、郑南山、邸庆生、齐淑娟、陈国良,安徽理工大学吕伟才,河北工程大学张安兵,西安科技大学胡荣明共同编写,全书由王坚协调统稿。在编写过程中,得到中国矿业大学空间信息系及测绘与国土信息中心实验室各位老师的支持,在此一并表示谢意!

在编写及出版过程中,虽然编者做了很大努力,但书中仍可能有不妥与疏忽,恳请读者予以批评指正。

作 者

2011年5月

目 录

第一部分 实验部分	1
实验一 钢尺量距	1
实验二 水准仪的使用及高差测量	5
实验三 四等水准测量	11
实验四 经纬仪的使用及角度测量	14
实验五 水准仪的检验与校正	19
实验六 经纬仪的检验与校正	23
实验七 全站仪的检验与校正	28
实验八 三角高程测量	34
实验九 视距测量	37
实验十 图根导线测量	39
实验十一 前方交会测量	44
实验十二 地面点测设	46
实验十三 建筑物沉降观测	49
实验十四 曲线测设	52
第二部分 实习部分	55
实习一 经纬仪平板测图	55
实习二 全站仪大比例尺数字化测图	61
第三部分 测量习题及答案	76
I 测量习题	76
II 习题答案	111

第四部分 附表	129
附表 1 倾斜地面直线丈量记录表	129
附表 2 四等水准测量记录表	130
附表 3 附和导线坐标计算表	131
附表 4 水准仪检验报告	132
附表 5 经纬仪检验报告	135
参考文献	138

第一部分 实验部分

实验一 钢尺量距

一、实验内容

- ① 明确钢尺量距步骤及分工,完成一例平坦地面钢尺量距任务。
- ② 完成量距的记录及改正计算,掌握相对误差的计算方法。
- ③ 选做倾斜地面量距。

二、实验准备

(1) 学时及安排

2~3 学时;每组 5~6 人,2 人立花杆,2 人读数,1~2 人记录。

(2) 实验仪器

钢尺 1 副(30 m 或 50 m),测钎 1 束,弹簧秤 2 个,花杆 3 根,木桩及小钉各 5 个,锤子 1 把,记录本 1 个,工具包 1 个,温度计 1 个。

三、认识仪器

测量距离的工具通常有钢卷尺、布卷尺(皮尺)、测绳、光电测距仪和全站仪等。测距的辅助工具有测钎和花杆等,如图 1-1-1 所示。

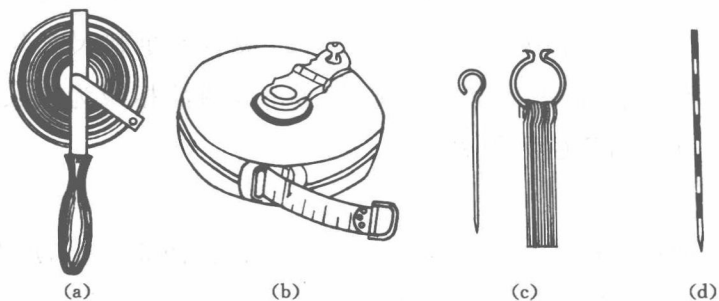


图 1-1-1 量距设备认识

(a) 钢尺;(b) 皮尺;(c) 测钎;(d) 花杆

四、平坦地面量距

(一) 实验要求

在测区平坦地面选择相距约 80 m 的 A、B 两点,测量 A、B 两点间的距离(图 1-1-2)。

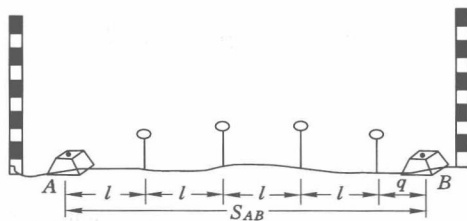


图 1-1-2 平坦地面钢尺精密量距

(二) 实验步骤

(1) 准备

在 A、B 两点各竖立一根花杆,指派两名同学立直花杆,然后再指定后尺手(甲同学)与前尺手(乙同学),并确定测量方向(本例规定由 A 点向 B 点测量为往测)。

(2) 往测

甲同学执尺零端将尺零点对准点 A,乙同学持尺盒并携带花杆和测钎向 B 方向前进,行至 30 m 处,听后尺手指挥移动花杆插在 AB 线上(直线定向),拉紧钢尺(采用弹簧秤给 10 kg 的拉力)在整尺注记处插下测钎(如水泥或沥青路面可让其他同学帮忙扶住测钎)。

甲、乙同学同时提尺前进,甲同学至测钎处,乙同学同法插一根测钎,量距后,甲同学将测钎收起,依次丈量其他各尺段,最后不足整尺的尺段,乙同学将整分划对准 B 点,甲同学读出读数(精确到 mm),两数相减为余长,通过累加并进行误差改正,可得 AB 往测距离 $L_{往}$ 。

(3) 返测

由 B 点用同样方法向 A 点丈量距离并加入误差改正,得 AB 返测距离 $L_{返}$ 。计算出一段距离往测或返测的长度,并进行误差改正,AB 的最终距离通过取平均值获得:

$$L_{平均} = \frac{L_{往} + L_{返}}{2}$$

往返测量距相对误差为：

$$K = \frac{|L_{\text{往}} - L_{\text{返}}|}{L_{\text{平均}}}$$

当相对误差 K 值不超过 $1/3\ 000$ 时，取往返测平均值作为该距离的最终长度值。若待测两点间距小于一个尺长，可直接采用不足尺长的测量方法量取距离。直线丈量记录表可采用表 1-1-1。

表 1-1-1 平坦地面直线丈量记录表

测区：		钢尺号：	天气：	测距员：	记录员：	日期：	
测段		整尺段/m	余长/m	总长/m	相对精度	平均距离/m	备注
A—B	往测						
	返测						

注：相对精度 = |往测总长 - 返测总长| / 平均距离，（应小于 $1/3\ 000$ ）；平均距离 = （往测总长 + 返测总长）/ 2

（4）误差改正

误差改正的主要内容包括尺长改正、温度改正和倾斜改正，对于平坦地面倾斜改正可以忽略。

尺长改正值为：

$$\Delta l_k = [(l' - l_0) / l_0] L$$

其中， l_0 为钢尺名义长度 30.000 m ； l' 为钢尺检定实长 30.008 m ； L 为测量长度。

温度改正值为：

$$\Delta l_t = \alpha(t - t_0)L$$

其中， t_0 为检定时温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ； t 为实测时温度 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，又为钢天膨胀系数，一般钢尺当温度变化 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，其值约为 $11.6 \times 10^{-6} \sim 12.5 \times 10^{-6}$ 。

误差改正后测线实长：

$$D = L + \Delta l_k + \Delta l_t$$

五、倾斜地面距离测量

（一）实验要求

倾斜地面距离测量方法与平坦地区类似，只是在直线定向时要采用经纬仪定线并测量竖直角，进行水平距离的换算。

（二）实例

在地势倾斜 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、坡度变化平缓的地面上选定相距约 60 m 的 A 、 B 两

点,打下木桩并钉上小钉作点位标记,测量 A、B 点间距离(图 1-1-3)。

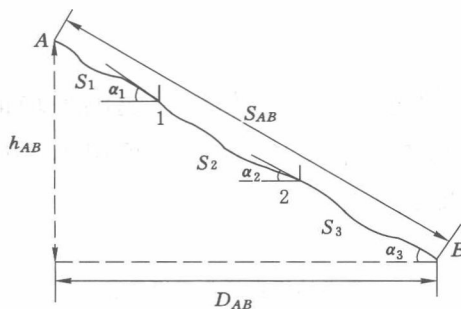


图 1-1-3 倾斜地面钢尺精密量距

由于倾斜坡度存在变坡点,所以在定线时既要考虑尺长,又要考虑变坡点,要根据实际情况调整尺段的长度,使测量过程中,尺子不出现弯曲等情况,各尺段的长度也就不一定为一个整尺长,每尺段的量距都应记录。

① 定线:定线的方法类似于平坦地面的方法,区别之处在于要考虑地形条件,尽量保持钢尺的平整,避免变坡点引起的弯曲,所测的距离 S_i 应记录。

② 经纬仪角度的测量:在前视 1 点架设经纬仪,对中整平并量测仪器高,在后视 A 点架设标志,对中整平并使其高度与仪器高相等,这样就可以保证视线平行于地面坡度线,测得倾角 α_i 。

③ 将斜距 S_i 通过式 $D_i = S_i \cos \alpha_i$ 转化为平距 D_i 。

④ 依次继续丈量其他尺段斜距,并转化为平距,直到 B 点读数读出,其最终平距的测量值为各段平距 D_i 之和。

⑤ 按照同样的方法进行 B、A 返测;最后检查量距相对误差是否超限,计算距离平均值(见附表 1)。

六、注意事项

① 钢尺需要检定后才能使用,实验前需明确误差改正参数。

② 收尺时要注意手摇柄的方向,避免钢尺缠绕损坏。

③ 测站不要忘记量取温度,温度计不得暴露在阳光下。

实验二 水准仪的使用及高差测量

一、实验内容

- ① 认识 DS3 型水准仪,水准尺及尺垫,掌握它们的构造及作用。
- ② 掌握一测站高差观测、记录及计算。
- ③ 选做带转点高差测量。

二、实验准备

(1) 学时及安排

2~4 学时;每组 5~6 人,1 人操作,1 人记录,2 人扶尺,1~2 人机动,保证每人都能操作一遍。

(2) 实验仪器

DS3 水准仪 1 台,水准尺 1 对,尺垫 2 个,计算器 1 个,记录手簿 1 个。

三、认识仪器

(一) 水准仪

对照图 1-2-1 及实验提供的水准仪实物,指出水准仪由哪几部分构成,完成空格 1~14 部件的名称,并了解其作用,熟悉其使用方法。

(二) 水准尺

水准尺是水准测量时使用的标尺,对照图 1-2-2 与实验使用的水准尺实物。指出实验采用的水准尺属于哪种类型的水准尺(水准尺,塔尺),并说明此类型尺适合几等水准测量。熟悉水准尺的分划注记并练习读数。

(三) 尺垫

当两个水准点之间的距离较远或高差较大时,直接测定其高差有困难,应在中间设立若干个中间点(称为转点)以传递高差,尺垫是在转点处放置水准尺用的,转点只是临时选定的,与控制点没有直接关系。对照图 1-2-3 与尺垫实物,需要说明采用尺垫测量的高程是以突起半球体的顶端为依据的。

四、一测站高差测量

(一) 实验要求

通过一测站高差测量可获得两点之间的高差,并由其中一个点的高程计算

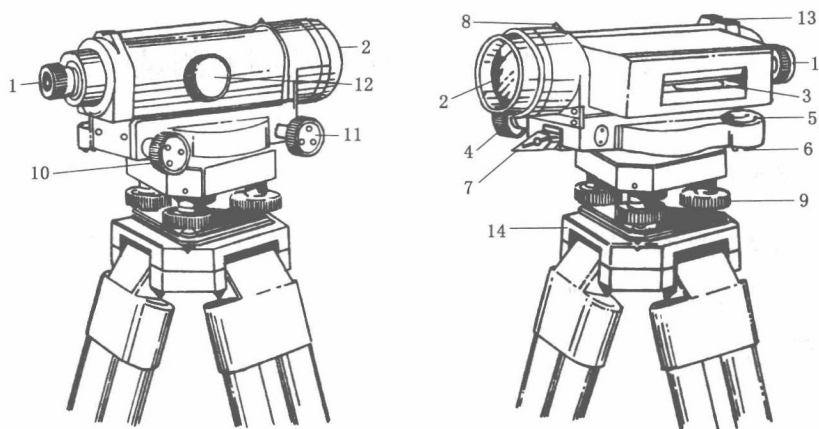


图 1-2-1 DS3 水准仪简图

1 _____; 2 _____; 3 _____; 4 _____; 5 _____;
6 _____; 7 _____; 8 _____; 9 _____; 10 _____;
11 _____; 12 _____; 13 _____; 14 _____;

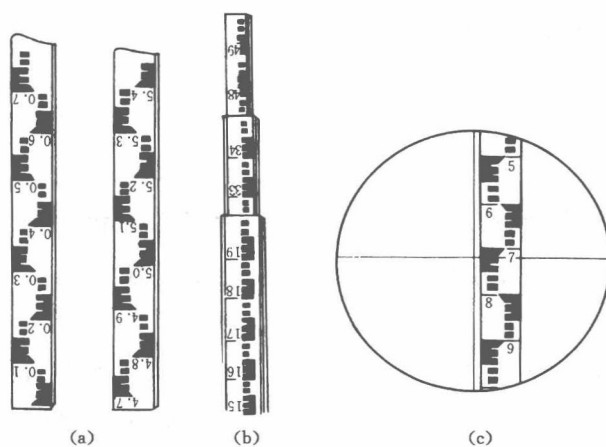


图 1-2-2 水准尺示意图

(a) 水准尺; (b) 塔尺; (c) 读数窗

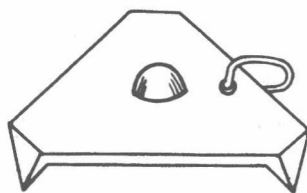


图 1-2-3 尺垫示意图

另一点的高程,基本步骤包括:① 安置仪器;② 粗略整平;③ 精平读数;④ 按照四等观测顺序:后—前—前—后(黑—黑—红—红)的方式测量;⑤ 计算高差。

如图 1-2-4 所示,在地面上选定一已知高程点(设为 BS00 点,高程已知,设为 H_0),然后在 BS00 点附近通视范围内任选择一高程点(设为 BS01 点,高程未知,设为 H_1),请按照四等水准测量要求,测量 BS00、BS01 点间高差,并计算 BS01 点的高程 H_1 。

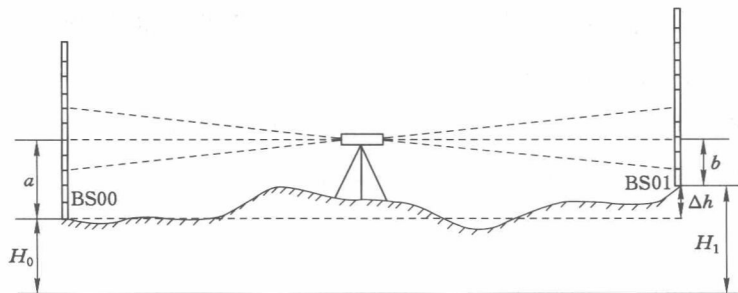


图 1-2-4 高程测量示意图(不存在转点)

(二) 实验步骤

(1) 安置仪器

在两测点中间架设水准仪,安置水准仪的测站至前、后立尺点的距离(可以步测或用皮尺测量)应大致相等(前后视距差 $<5\text{ m}$)。首先打开三脚架并使其高度适中,目测使架头大致水平,然后将三脚架尖踩入土中,再开箱取出仪器,将水准仪用中心螺旋固定于三脚架头上。同时将水准尺立于两测点上,保持水准尺竖直,并使水准尺黑面向着仪器。

(2) 粗略整平

双手食指和拇指各旋一只脚螺旋,同时以相同的方向转动,使圆水准器气泡向中间移动;再旋另一只脚螺旋,使圆气泡居中。若一次不能居中,可反复进行(观察左手大拇指转动脚螺旋的方向与气泡移动方向之间的关系)。

(3) 后视黑面瞄准

松开制动螺旋,转动望远镜,瞄准后视水准尺,拧紧制动螺旋,转动物镜对光螺旋,使水准尺成像清晰,转动目镜调焦螺旋使十字丝分划板成像清晰,注意消除视差。转动水平微动螺旋,使水准尺像靠近十字丝竖丝的一侧。

(4) 精平

转动微倾螺旋,使符合水准管气泡两端的半影像吻合(成圆弧状),即水准

管气泡居中(观察微倾螺旋转动方向与气泡移动方向之间的关系)。

(5) 读数

从望远镜中观察十字丝横丝在水准尺上的分划位置,读取 4 位数字,即直接读出米(m)、分米(dm)、厘米(cm)的数值,估读毫米(mm)的数值,记为后视读数。注意读数完毕时水准管气泡仍需居中。若不居中,应再次精平,重新读数。

(6) 观测

按照后—前—前—后的程序观测数据,并在“四等水准测量记录表”(附表 2)按表中标记的次序“(1)~(8)”进行记录

后视水准尺黑面——上、下丝读数,精平,中丝读数;

前视水准尺黑面——上、下丝读数,精平,中丝读数;

前视水准尺红面——精平,中丝读数;

后视水准尺红面——精平,中丝读数。

要求各点红黑面测得的高差之差不得超过 3 mm,视距差不大于 5 m,否则重测。

(7) 计算

测站观测记录完毕后,需进行水准测量的内业工作,计算高差,具体的计算与检核由相应的公式给定。本实验只有一个测站,因此只进行公式(5)~(12)的计算。高差由表 1-2-1 中的表格(18)给出,未知点 BS01 的高程 $H_1 = H_0 +$ (18)。若进行四等水准路线测量,则需继续采用公式(13)~(15)进行计算。

① 视距部分的计算。

$$\text{后视距(9):(9)} = [(1) - (2)] \quad (1)$$

$$\text{前视距(10):(10)} = [(4) - (5)] \quad (2)$$

$$\text{前后视距差(11):(11)} = (9) - (10) \quad (3)$$

$$\text{前后视距累积差(12):(12)} = \text{上站(12)} + \text{本站(11)} \quad (4)$$

② 高差部分的计算与检核。

$$\text{后视黑红面读数之差(13):(13)} = (6) + K - (7) \quad (5)$$

$$\text{前视黑红面之差(14):(14)} = (3) + K - (8) \quad (6)$$

$$\text{黑面所测高差(15):(15)} = (3) - (6) \quad (7)$$

$$\text{红面所测高差之差(16):(16)} = (8) - (7) \quad (8)$$

$$\text{黑红面所测高差之差(17):(17)} = (15) - \{(16) \pm 100\} = (14) - (13) \quad (9)$$

$$\text{高差中数(18):(18)} = h_{AB} \{ (15) + (16) \pm 100 \} \quad (10)$$

③ 每页水准测量记录的计算检核。

高差检核：

$$\sum(3) - \sum(6) = \sum(15) \tag{11}$$

$$\sum(8) - \sum(7) = \sum(16) \tag{12}$$

$$\sum(18) = \frac{1}{2} \{ \sum(15) + \sum(16) \} \tag{13}$$

视距检核：

$$\text{末站}(12) = \sum(9) - \sum(10) \tag{14}$$

$$\text{总视距} = \sum(9) + \sum(10) \tag{15}$$

表 1-2-1 一测站高差测量记录表

	视 准 点	后 尺	下丝	前尺	下丝	方向 及 尺号	标尺读数		K+黑 减 红	高差 中数
			上丝		上丝		黑面	红面		
		后距		前距						
		视距差 d		$\sum d$						
测 站 编 号		(1)		(4)		后	(3)	(8)	(14)	
		(2)		(5)		前	(6)	(7)	(13)	(18)
		(9)		(10)		后-前	(15)	(16)	(17)	
		(11)		(12)						

五、带转点高差测量

(一) 实验要求

具体测量过程与一测站高差测量类似,只是将转点作为一个控制点,分别测量两控制点与转点间的高差,从而求得两控制点间高差。

如图 1-2-5 所示,在地面上选定一已知高程点(设为 BS00 点,高程已知,设为 H_1),然后在 BS00 点附近不通视范围内任选择一高程控制点(设为 BS02 点,高程未知,设为 H_2),请通过选定转点,借用尺垫,按照四等水准测量要求,测量 BS00、BS02 点间高差,并计算 BS02 点的高程 H_2 。

(二) 实验步骤

通过测量 BS00—转点,转点—BS02 的高差,由 BS00 计算出 BS02 点的高程 H_2 。此时,相当于多个观测站。如图 1-2-5 所示,表 1-2-2 给出原始记录及计算结果。

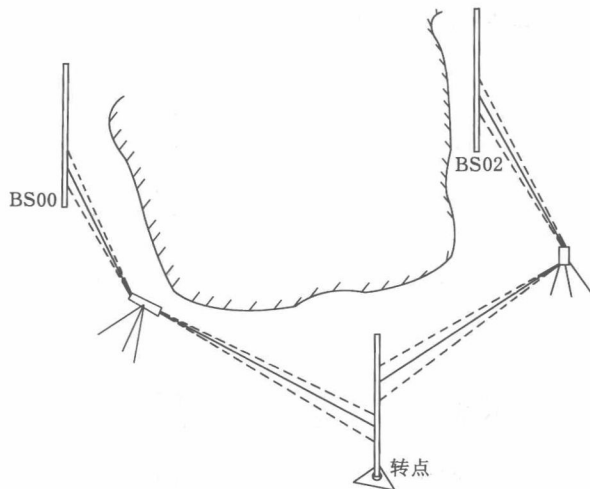


图 1-2-5 高程测量示意图(存在转点)

表 1-2-2 水准测量记录及计算实例

	视 准 点	后 尺	下丝	前尺	下丝	方向 及 尺号	标尺读数		K+黑 减 红	高差 中数
			上丝		上丝					
		后距		前距			黑面	红面		
		视距差 d		$\sum d$						
BS00	转 1	2652		0633		后	2694	7482	-1	
		2736		0721		前	0676	5363	0	
		-8.4		-8.8		后-前	2018	2119	-1	2018.5
		0.4		0.4						
转 1	BS02	2619		1393		后	2656	7342	1	
		2693		1456		前	1424	6212	-1	
		-7.4		-6.3		后-前	1232	1130	2	1231
		-1.1		-0.7						

BS00 的高程 H_1 为 1 212. 930 m,BS02 的高程 $H_2 = H_1 + 2\ 018. 5\ \text{mm} + 1\ 231\ \text{mm} = 1\ 216. 179\ 5\ \text{m}$

六、注意事项

- ① 仪器安置需轻拿轻放,转动螺旋时需谨慎,切忌用力太猛。
- ② 注意已知点和水准点不放置尺垫,未检核完成合限,不能移动尺垫。
- ③ 每次读数前,应精平保持水准管气泡居中,并消除望远镜视差。

实验三 四等水准测量

一、实验内容

- ① 掌握四等水准测量的外业数据观测、记录及计算方法。
- ② 完成水准导线测量的数据内业处理。
- ③ 掌握四等水准测量的技术指标及水准路线的检核指标。

二、实验准备

(1) 学时及安排

2~3 学时;每组 5~6 人,1 人操作,1 人记录,2 人扶尺,1~2 人机动,保证每人都能操作一遍。

(2) 实验仪器

DS3 水准仪 1 台,水准尺 1 对,尺垫 2 个,计算器 1 个,记录手簿 1 个。

三、四等水准测量

(一) 基本步骤

四等水准测量工作包括外业测量及内业数据处理两部分,其中外业测量主要包括各测站的高差测量及数据检核,内业包括高差闭合差分配及各控制点高程计算。

(二) 实例

如图 1-3-1 所示,在地面选择两个高程已知水准点(本例为 BS00 与 BS10,高程分别为 1 089.124 m 与 1 082.095 m),沿周围地物选择 4~6 个待测水准点,本案例选择 5 个水准点(注意尽量保证测站点间设站数为偶数),点名为:BS01,BS02,BS03,BS04,BS05,组成四等附和水准路线(图 1-3-1)。请参照实验一的测量方法,完成各站外业测量及数据计算,并计算出 BS00—BS01,BS01—BS02,BS02—BS03,BS03—BS04,BS04—BS05,BS05—BS10 点之间的高差。并完成水准测量高程的内业计算工作。

(1) 准备

首先确定观测路线的方向,明确前视与后视,了解各控制点之间的通视情况。四等水准测量的线路一般沿道路布设,避开土质松软地段,水准点路线总