

普通高等教育应用型本科“十三五”土建类专业系列规划教材

测量学实训指导

主 编 闫玉厚
参 编 祝社民 李晓刚



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

普通高等教育应用型本科“十三五”土建类专业系列规划教材

测量学实训指导

(商洛学院教材建设基金资助)

主 编 闫玉厚
参 编 祝社民 李晓刚



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书是在本科院校由理论型向应用型转化的大前提下编写的。全书共三部分,第一部分主要是各种仪器的构造、功能及使用,用于不同仪器的基本技能训练;第二部分主要是各种仪器在测图和工程上的应用,用于解决生产中的实际问题;第三部分是综合实习,主要是各种仪器联合测图、放样和成图实习,通过不同仪器在测图过程中的配合,掌握测图和测设的程序。

本书具有较强独立性、实用性、操作性的特点,可作为应用型本科、高职院校土木工程、工程管理、交通工程、给排水工程等专业学生的教学用书,也可作为土建类各专业有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

测量学实训指导/闫玉厚主编. —西安:西安交通大学出版社,2015.6
普通高等教育应用型本科“十三五”土建类专业系列规划教材
ISBN 978-7-5605-7446-2

I. ①测… II. ①闫… III. ①测量学-高等学校-教材 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 127018 号

书 名 测量学实训指导
主 编 闫玉厚
责任编辑 王建洪

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 8 字数 191 千字
版次印次 2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-7446-2/P·12
定 价 20.80 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668133

读者信箱:xj_rwjg@126.com

版权所有 侵权必究

测量学是一门实践性很强的专业基础课,随着科学技术的飞速发展,它的应用领域越来越广泛,而且不断向着数字化、信息化方向迈进。根据测量学操作性强的显著特点,结合高校由理论型向应用型转变的发展趋势,在课堂教学的同时,为了使學生加深对理论知识的理解,提高学生的操作技能,培养学生发现问题和解决问题的能力,加强实践教学环节显得尤为重要。

本书在编写中,坚持实践性和可操作性并举的理念,结合各专业对实训教学的需要和测量基本技能的培养要求,调整传统仪器和新型仪器的比重,以传统仪器为基础,以新型仪器为发展方向,删减了可用新型仪器替代的传统实验,增加了新仪器、新技术及软件的应用,使其更具操作性和实用性。全书共分三部分,精选了23个实训项目和1个综合实习部分,在使用过程中可根据不同学科侧重点的不同,各学校实验课时数、仪器设备条件的不同,选择需要的实验项目进行实验。第一部分主要是各种仪器的构造、功能及使用,用于不同仪器的基本技能训练;第二部分主要是各种仪器在测图和工程上的应用,用于解决生产中的实际问题;第三部分是综合实习,主要是各种仪器联合测图、放样和成图实习,通过不同仪器在测图过程中的配合,掌握测图和测设的程序。

本书编写时,根据实验的需要,写出了较详细的操作方法,可以配合不同的教材使用,也可单独使用,并在实验项目后面配置了相应的记录、计算表以及实验需明确的问题,可直接填写,使实验更统一、更规范。

本书由商洛学院闫玉厚主编,商洛学院李晓刚博士、高级实验师祝社民参与编写,并由闫玉厚最后统稿和审定。在编写过程中,得到了商洛学院教材建设项目组、城乡规划与建筑工程学院,以及西安博汇仪器公司、盈鑫测绘公司等单位的全力支持,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不足与错误,恳请专家和读者批评指正。

编者

2015年4月



目 录

实验课的一般要求	(1)
第一部分 测量学基础实训部分	(4)
实训一 水准仪的认识与使用	(4)
实训二 普通水准测量	(10)
实训三 微倾式水准仪的检验与校正	(18)
实训四 经纬仪的认识与使用	(24)
实训五 测回法观测水平角	(29)
实训六 经纬仪全圆测回法测水平角	(33)
实训七 竖角观测与竖盘指标差检校	(38)
实训八 DJ ₆ 光学经纬仪的检验与校正	(43)
实训九 距离测量	(48)
实训十 罗盘仪的认识与定向	(54)
实训十一 全站仪的构造及使用	(57)
实训十二 全站仪距离和角度测量	(64)
实训十三 全站仪坐标测量	(68)
实训十四 垂准仪的使用	(71)
第二部分 测量学应用实训部分	(74)
实训十五 全站仪距离和角度放样	(74)
实训十六 全站仪坐标放样测量	(76)
实训十七 控制导线测量	(78)
实训十八 四等水准测量	(90)
实训十九 经纬仪测绘法测绘地形图	(94)
实训二十 全站仪草图法测图	(98)
实训二十一 利用水准仪进行设计高程的测设	(100)
实训二十二 圆曲线主点的测设	(103)
实训二十三 RTK 接收机的基本操作	(105)
第三部分 一周综合实习	(108)
实训二十四 测量综合实习	(108)
参考文献	(122)

实验课的一般要求

一、上课须知

1. 准备工作

- (1) 上课前应阅读任务书中相应的部分,明确实验的内容和要求。
- (2) 根据实验内容阅读教材中的有关章节,弄清基本概念和方法,使实验能顺利完成。
- (3) 按任务书中的要求,于上课前准备好必备的工具,如铅笔、小刀等。

2. 要求

- (1) 遵守课堂纪律,注意聆听指导教师的讲解。
- (2) 实验中的具体操作应按任务书的规定进行,如遇问题要及时向指导教师提出。
- (3) 实验中出现的仪器故障必须及时向指导教师报告,不可随意自行处理。

二、仪器及工具借用办法

- (1) 每次实验所需仪器及工具以小组为单位于上课前凭学生证到测量实验室借领。

(2) 借领时,各组依次由 1~2 人进入室内,在指定地点清点、检查仪器和工具,然后在借用册上登记,填写仪器名称、数量、班级、组号及日期等信息。借领人签名后方可将仪器带出实验室。

(3) 实习过程中,各组应妥善保护仪器、工具。各组间不得任意调换仪器、工具。若有损坏或遗失,视情节照章处理。

(4) 实习完毕后,应将所借用的仪器、工具上的泥土清扫干净再交还实验室,由管理人员检查验收。

三、测量仪器、工具的正确使用和维护

1. 领取仪器时必须检查

- (1) 仪器箱盖是否关妥、锁好。
- (2) 背带、提手是否牢固。
- (3) 脚架与仪器是否相配,脚架各部分是否完好,脚架腿伸缩处的连接螺旋是否滑丝。要防止因脚架未架牢而摔坏仪器,或因脚架不稳而影响作业。

2. 打开仪器箱时的注意事项

(1) 仪器箱应平放在地面上或其他台子上才能开箱,不要托在手上或抱在怀里开箱,以免将仪器摔坏。

(2) 开箱后未取出仪器前,要注意仪器安放的位置与方向,以免用毕装箱时因安放位置不正确而损坏仪器。

3. 自箱内取出仪器时的注意事项

- (1) 不论何种仪器,在取出前一定要先放松制动螺旋,以免取出仪器时因强行扭转而损坏

制动、微动装置,甚至损坏轴系。

(2)自箱内取出仪器时,应一手握住照准部支架,另一手扶住基座部分,轻拿轻放,不要一只手抓仪器。

(3)自箱内取出仪器后,要随即将仪器箱盖好,以免沙土、杂草等进入箱内。还要防止搬动仪器时丢失附件。

(4)取仪器和使用过程中,要注意避免触摸仪器的目镜、物镜,以免污损,影响成像质量。不允许用手指或手帕等物擦拭仪器的目镜、物镜等光学部分。

4. 架设仪器时的注意事项

(1)伸缩式脚架三条腿抽出后,要把固定螺旋拧紧,但不可用力过猛而造成螺旋滑丝。要防止因螺旋未拧紧而使脚架自行收缩而摔坏仪器。三条腿拉出的长度要适中。

(2)架设脚架时,三条腿分开的跨度要适中;并拢太紧容易被碰倒,分得太开容易滑开,都会造成事故。若在斜坡上架设仪器,应使两条腿在坡下(可稍放长),一条腿在坡上(可稍缩短)。若在光滑地面上架设仪器,要采取安全措施(例如用细绳将脚架三条腿连接起来),防止脚架滑动摔坏仪器。

(3)在脚架安放稳妥并将仪器放到脚架上后,应一手握住仪器,另一手立即旋紧仪器和脚架间的中心连接螺旋,避免仪器从脚架上掉下来摔坏。

(4)仪器箱多为薄型材料制成,不能承重,因此,严禁踩、坐在仪器箱上。

5. 仪器使用过程中的注意事项

(1)在阳光下观测必须撑伞,防止仪器被日晒和雨淋(包括仪器箱)。雨天应禁止观测。对于电子测量仪器,在任何情况下均应撑伞防护。

(2)任何时候仪器旁必须有人守护。禁止无关人员拨弄仪器,注意防止行人、车辆碰撞仪器。

(3)如遇目镜、物镜外表面蒙上水汽而影响观测(在冬季较常见),应稍等一会或用纸片扇风使水汽散发。如镜头上有灰尘应使用仪器箱中的软毛刷拂去。严禁用手帕或其他纸张擦拭,以免擦伤镜面。观测结束应及时套上物镜盖。

(4)操作仪器时,用力要均匀,动作要准确、轻捷。制动螺旋不宜拧得过紧,微动螺旋和脚螺旋宜使用中段螺纹,用力过大或动作太猛都会造成对仪器的损伤。

(5)转动仪器时,应先松开制动螺旋,然后平稳转动。使用微动螺旋时,应先旋紧制动螺旋。

6. 仪器迁站时的注意事项

(1)在远距离迁站或通过行走不便的地区时,必须将仪器装箱后再迁站。

(2)在近距离且平坦地区迁站时,可将仪器连同三脚架一起搬迁。首先检查连接螺旋是否旋紧,松开各制动螺旋,再将三脚架腿收拢,然后一手托住仪器的支架或基座,一手抱住脚架,稳步行走。搬迁时切勿跑动,防止摔坏仪器。严禁将仪器横扛在肩上搬迁。

(3)迁站时,要清点所有的仪器和工具,防止丢失。

7. 仪器装箱时的注意事项

(1)仪器使用完毕,应及时盖上物镜盖,清除仪器表面的灰尘和仪器箱、脚架上的泥土。

(2)仪器装箱前,要先松开各制动螺旋,将脚螺旋调至中段并使其大致等高。然后一手握住支架或基座,另一手将中心连接螺旋旋开,双手将仪器从脚架上取下放入仪器箱内。

(3)仪器装入箱内要试盖一下,若箱盖不能合上,说明仪器未正确放置,应重新放置,严禁强压箱盖,以免损坏仪器。在确认安放正确后再将各制动螺旋略为旋紧,防止仪器在箱内自由转动而损坏某些部件。

(4)清点箱内附件,若无缺失则将箱盖盖上,扣好搭扣,上锁。

8. 测量工具的使用

(1)使用钢尺时,应防止扭曲、打结,防止行人踩踏或车辆碾压,以免折断钢尺。携尺前进时,不得沿地面拖拽,以免钢尺尺面刻划磨损。使用完毕,应将钢尺擦净并涂油防锈。

(2)使用皮尺时应避免沾水,若受水浸,应晾干后再卷入皮尺盒内。收卷皮尺时,切忌扭转卷入。

(3)水准尺和花杆,应注意防止受横向压力,不得将水准尺和花杆斜靠在墙上、树上或电线杆上,以防倒下摔断,也不允许在地面上拖拽或用花杆作标枪投掷。

(4)小件工具如垂球、尺垫等,应用完即收,防止遗失。

四、测量资料的记录要求

(1)观测记录必须直接填写在规定的表格内,不得用其他纸张记录再行转抄。

(2)凡记录表格上规定填写的项目应填写齐全。

(3)所有记录与计算均用铅笔(2H 或 3H)记载。字体应端正清晰,字高应稍大于格子的一半。一旦记录中出现错误,可在留出的空隙处对错误的数字进行更正。

(4)观测者读数后,记录者应立即回报读数,经确认后再记录,以防听错、记错。

(5)禁止擦拭、涂改与挖补。发现错误应在错误处用横线划去,将正确数字写在原数上方,不得使原字模糊不清。所有记录的修改,均应在备注栏内注明原因(如测错、记错或超限等)。

(6)禁止连环更改,若已修改了平均数,则不准再对计算得此平均数之任何一原始数进行修改。若已改正一个原始读数,则不准再改其平均数。假如两个读数均错误,则应重新测量并记录。

(7)读数和记录数据的位数应齐全。如在普通测量中,水准尺读数 0325、度盘读数 $4^{\circ}03'06''$,其中的“0”均不能省略。

(8)数据计算时,应根据所取的位数,按“4 舍 6 入,5 前单进双不进”的规则进行凑整。如 1.3144、1.3136、1.3145、1.3135 等数,若取三位小数,则均记为 1.314。

(9)每测站观测结束,应在现场完成计算和检核,确认合格后方可迁站。实验结束,应按规定每人或每组提交一份记录手簿或实验报告。

第一部分

测量学基础实训部分

实训一 水准仪的认识与使用

一、目的

- (1)了解水准仪的构造、组成、名称及作用。
- (2)熟悉水准仪的安置步骤。
- (3)掌握各水准仪配合水准尺测定高差时的操作、读数、计算方法。

二、内容

- (1)反复练习水准仪的安置,熟悉各部件的作用及使用方法。
- (2)学会使用圆水准器初步整平仪器。
- (3)学会瞄准目标、调焦、消除视差、用十字丝中丝在水准尺上读数。
- (4)测定两点间的高差。

三、器械

水准仪 1 套,板尺或塔尺 1 对,尺垫 1 对,记录表 2 张,记录夹 1 个,铅笔自备。

四、方法与步骤

1. 仪器安置

打开三脚架,松开紧固螺丝,架腿不分开,使架高升高到与观测者肩同高,拧紧紧固螺丝,分开三脚架,目测架头水平,用连接螺旋将水准仪固定在三脚架上。

2. 粗略整平

由于脚螺旋上下升降高度有限,根据经验可先将左侧两脚腿在地面踩实,右手握右侧脚腿前后、左右移动,使圆水准器气泡基本居中,再用脚螺旋调节使圆水准器气泡居中。具体操作步骤如下:

(1)如图 1-1(a)所示,用两手按箭头所指的相对方向转动脚螺旋 1 和 2,使气泡沿着 1、2 连线方向由 a 移至 b 。

(2)如图 1-1(b)所示,用左手按箭头所指方向转动脚螺旋 3,使气泡由 b 移至中心。此时不可再动 1、2 两螺旋中的任意一个。

整平时,气泡移动的方向与左手大拇指旋转脚螺旋时的移动方向一致,与右手大拇指旋转脚螺旋时的移动方向相反。

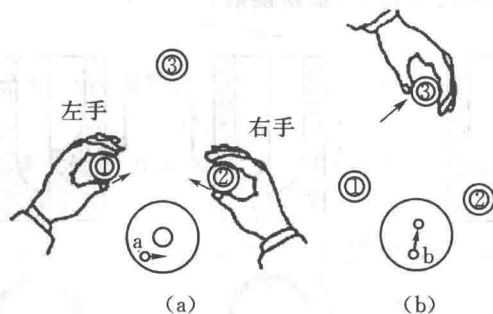


图 1-1 圆水准器整平

3. 瞄准和调焦

(1) 目镜调焦。松开制动螺旋, 将望远镜转向明亮的背景, 转动目镜对光螺旋, 使十字丝成像清晰。

(2) 初步瞄准。通过望远镜筒上方的照门和准星瞄准水准尺, 旋紧制动螺旋。

(3) 物镜调焦。转动物镜对光螺旋, 使水准尺的成像清晰。

(4) 精确瞄准。转动微动螺旋, 使十字丝的竖丝瞄准水准尺边缘或中央, 如图 1-2 所示。

(5) 消除视差。眼睛在目镜端上下移动, 有时可看见十字丝的中丝与水准尺影像之间相对移动, 这种现象叫视差。产生视差的原因是水准尺的尺像与十字丝平面不重合, 如图 1-3 (a) 所示。视差的存在将影响读数的正确性, 应予消除。消除视差的方法是仔细地转动物镜与目镜对光螺旋, 直至尺像与十字丝平面重合, 如图 1-3 (b) 所示。

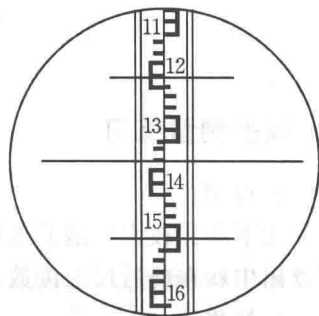


图 1-2 精确瞄准与读数

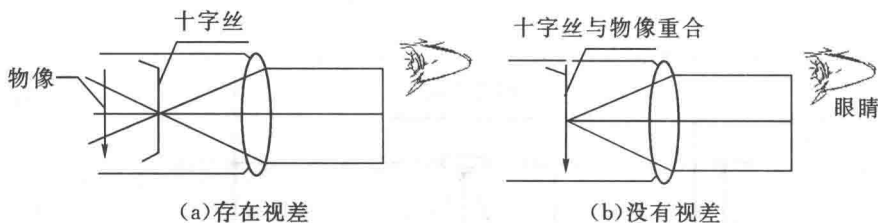


图 1-3 视差现象

4. 精确整平

精确整平简称精平。眼睛观察目镜左侧气泡观察窗内的气泡影像, 用右手缓慢地转动微倾螺旋, 使气泡两端的影像严密吻合, 此时视线即为水平视线。微倾螺旋的转动方向与左侧半气泡影像的移动方向一致, 如图 1-4 所示。

5. 读数

符合水准器气泡居中后, 应立即用十字丝中丝在水准尺上读数。读数时应从小数向大数读, 如果从望远镜中看到的水准尺影像是倒像, 在尺上应从上到下读取。直接读取米、分米和厘米, 并估读出毫米, 共四位数字。如图 1-2 所示, 读数是 1.336m。读数后再检查符合水准

器气泡是否居中,若不居中,应再次精平,重新读数。

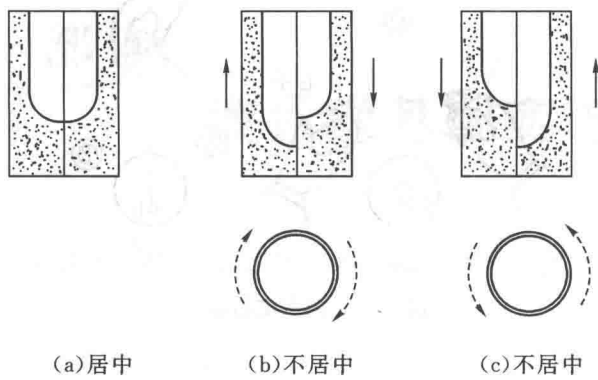


图 1-4 精确整平

五、高差测量练习

1. 观测

在落差比较大的地方选择前后视立尺点,各立一水准尺,在两立尺点中间安置水准仪,分别读出中丝在前后尺上读数,记录并计算两点间的高差。

2. 操作

两立尺点不动将水准仪抬高或降低 5~10cm,再测两点间的高差,两次测得两点间的高差之差不应大于 5mm。

3. 高差计算

设水准测量是由 A 向 B 进行的,则 A 点为后视点,A 点尺上的读数 a 称为后视读数;B 点为前视点,B 点尺上的读数 b 称为前视读数。因此,高差等于后视读数减去前视读数。如图 1-5 所示。

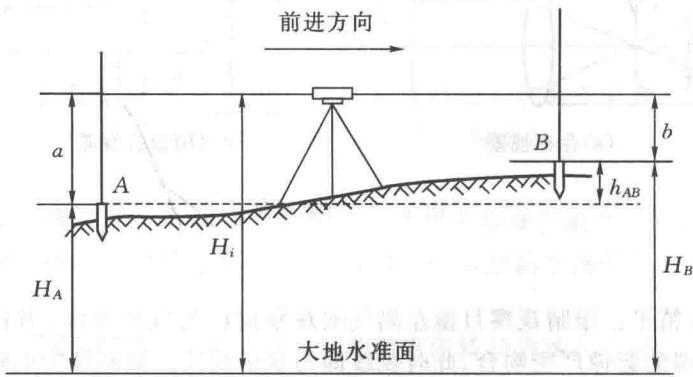


图 1-5 水准测量原理

因此,A、B 两点间高差 h_{AB} 为:

$$h_{AB}=a-b$$

4. 计算未知点高程

(1)高差法。

测得 A、B 两点间高差 h_{AB} 后,如果已知 A 点的高程 H_A ,则 B 点的高程 H_B 为:

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

这种直接利用高差计算未知点 B 高程的方法,称为高差法。

(2)视线高法。

如图 1-5 所示,B 点高程也可以通过水准仪的视线高程 H_i 来计算,即

$$\begin{cases} H_i = H_A + a \\ H_B = H_i - b \end{cases}$$

这种利用仪器视线高程 H_i 计算未知点 B 点高程的方法,称为视线高法。在施工测量中,有时安置一次仪器,需测定多个地面点的高程,采用视线高法就比较方便。

六、范例

水准仪认识观测示例表如表 1-1 所示。

表 1-1 水准仪认识观测记录表

安置 仪器 次数	测点	水准尺读数(m)		高差(m)		高程(m)	备注
		后视读数	前视读数	+	-		
1	A	1.453		0.580			
	B		0.873				
2	A	1.464		0.582			
	B		0.882				
3	A	1.445		0.580			
	B		0.865				

七、注意事项

- (1)每次读数前,均应消除视差和精平。
- (2)微动螺旋和微倾螺旋转动要均匀,不能过猛或到达极限。
- (3)水准尺要立竖直,不能倾斜,特别是前后倾斜。
- (4)观测中任何人不得接触脚架。

八、作业及报告

- (1)每人提交水准仪认识观测记录表一份。
- (2)每人提交水准仪认识与操作实训报告一份。

实训一 水准仪认识观测记录表

仪器号： 天气： 观测者：
日 期： 呈像： 记录者：

安置 仪器 次数	测点	水准尺读数(m)		高差(m)		高程(m)	备注
		后视读数	前视读数	+	-		

实训一 水准仪认识与操作实训报告

班级： 组别： 姓名： 日期：

使用仪器与工具		成绩	
实训目的			
水准仪的主要功能是什么,是靠哪些部件实现的?			
水准仪使用需要哪些操作步骤?按操作先后次序回答。			
什么是视差?产生的原因是什么?如何消除?			
微倾水准仪每次读数都必须精平,为什么?			
精度分析:实验结果是否达到精度要求?分析其原因?			
实训总结:			

实训二 普通水准测量

一、目的

- (1)熟悉水准路线的布设形式。
- (2)掌握水准路线测量的观测、记录、计算和校核。

二、内容(以闭合水准路线为例)

- (1)一般选择闭合水准路线测量(因自身具有校核条件)。在具有已知点的条件下可选用附和水准路线测量。
- (2)在观测精度符合要求时,根据观测结果进行水准路线高差闭合差调整和高程计算。

三、器械(每组)

水准仪(DS3 或自动安平)1套,板尺或塔尺1对,尺垫1对,记录夹1个。

四、方法与步骤

- (1)选定水准路线。图2-1为一闭合水准路线从 BM_A 点起,沿1、2、3、4又回到 BM_A 点,形成一闭合路线。(BM_A 点的高程可为已知或假定)在实习场地选择水准路线,确定观测方向。

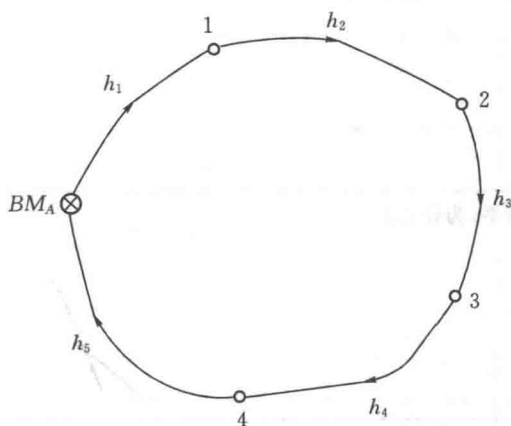


图2-1 闭合水准路线

- (2)从 BM_A 点出发,分别测出各点之间的高差 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 、 h_5 。具体操作步骤如下:当已知水准点与待测高程点的距离较远或两点间高差很大,安置一次仪器无法测到两点高差时,就需要把两点间分成若干段,连续安置仪器测出每段高差,然后依次推算高差和高程。

- (3)测站操作实例。如图2-2所示,水准点 BM_A 的高程为54.206m,现拟测定B点高程,施测步骤如下:

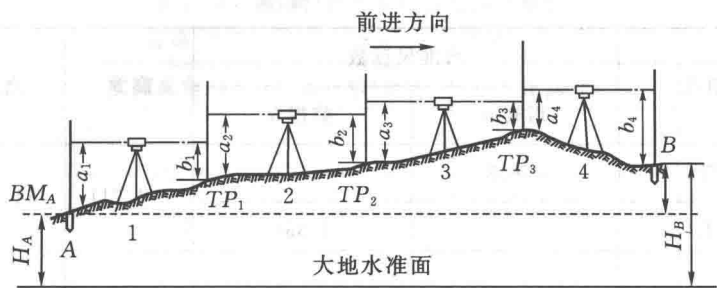


图 2-2 水准测量施测

在离 A 适当距离处选择点 TP_1 , 安放尺垫, 在 A、 TP_1 两点上分别竖立水准尺。在距 A 点和 TP_1 点大致等距离 1 处安置水准仪, 瞄准后视点 A, 精平后读得后视读数 a_1 为 1.364, 记入水准测量手簿(见表 2-1)的后视栏。旋转望远镜, 瞄准前视点 TP_1 , 精平后读得前视读数 b_1 为 0.979, 记入手簿前视栏。计算出 A、 TP_1 两点高差为 +0.385。此为一个测站的工作。

点 1 的水准尺不动, 将 A 点水准尺, 立于点 TP_2 处, 水准仪安置在 TP_1 、 TP_2 点之间 2 处, 与上述相同的方法测出 TP_1 、 TP_2 点的高差, 依次测至终点 B。

每一测站可测得前、后视两点间的高差, 即

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

⋮

$$h_4 = a_4 - b_4$$

将各式相加, 得

$$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b$$

即 B 点高程为

$$H_B = H_A + \sum h$$

表 2-1 水准测量手簿

日期: 天气: 组 别:
仪器: 观测者: 记录者: 单位(m)

测站	测点	水准尺读数		高差	高程	备注
		后视 a	前视 b			
1	A	1.364		+0.385	54.206	
	TP_1		0.979			
2	TP_1	1.259		+0.547		
	TP_2		0.712			
3	TP_2	1.278		+0.712		
	TP_3		0.566			

续表 2-1

测站	测点	水准尺读数		高差	高程	备注
		后视 a	前视 b			
4	TP_3	0.653		-1.211	54.639	
	B		1.864			
				+0.433		
	Σ	4.554	4.121			
	$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b$					

由上述可知,在观测过程中,*TP*₁、*TP*₂……是临时的立尺点,作为传递高程的过渡点,称为转点。它们仅起传递高程的作用,无固定标志,无需计算高程。

五、技术指标

1. 限差

限差是《工程测量规范》(GB50026—2007)规定的高差闭合差的允许值,用 *f*_允 表示。

等外水准测量要求:

平地: $f_{允} \leq \pm 40 \sqrt{L}$ (mm)

L——水准路线的长度,单位 km。

山地: $f_{允} \leq \pm 12 \sqrt{n}$ (mm)

n——水准路线的测站数。

2. 要求

(1) $f_h \leq f_{允}$;

(2) 视线长度不超过 100m,前、后视距应大致相等。

六、范例

已知 *BM*₁=21.453m,*BM*₂=25.006m;具体见图 2-3、表 2-2。

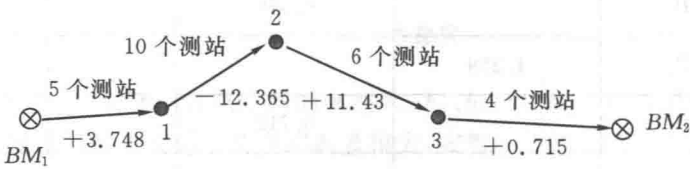


图 2-3