

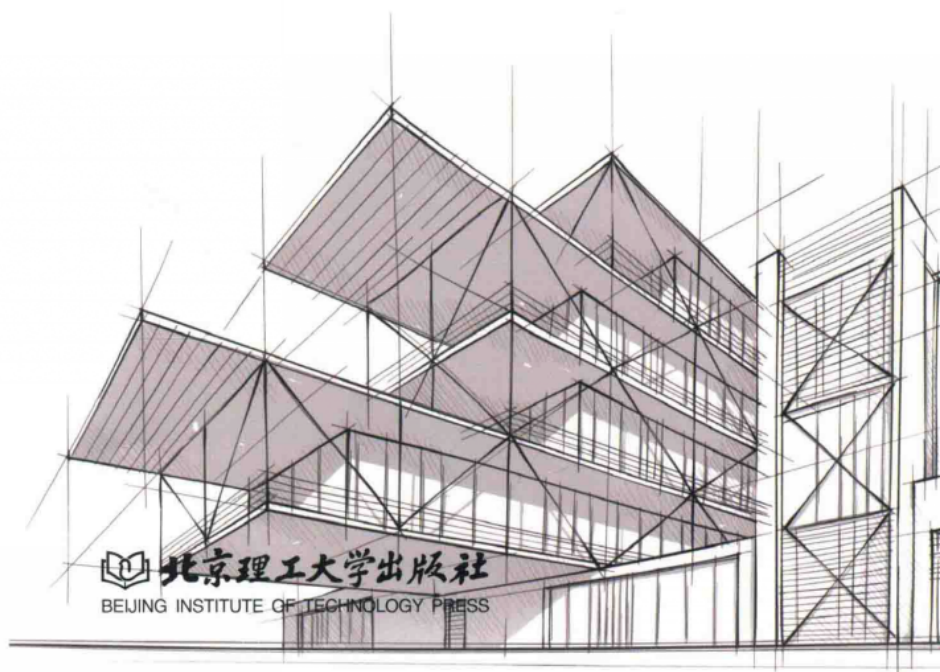
工程测量实验指导

主编 崔立鲁
主审 余代俊



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



工程测量实验指导

主 编 崔立鲁

主 审 余代俊

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

内 容 简 介

本实验指导书是为了加强学生动手应用能力而编写的。书中根据《土木工程测量》的讲授内容设置20个实验项目,结合测量理论知识的同时,考虑现有工程测量生产实际,安排实验项目具体内容。通过20个实验项目的实践,使学生初步掌握工程测量基本的仪器操作和基本的作业流程。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程测量实验指导/崔立鲁主编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 3

ISBN 978-7-5682-1819-1

I. ①工… II. ①崔… 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 (2016) 第 020107 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 4

字 数 / 97 千字

版 次 / 2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

定 价 / 24.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

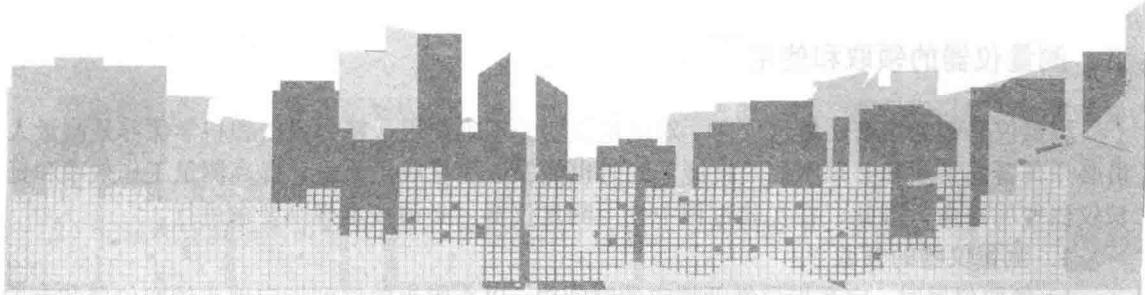
责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

目 录

第一部分 测量实验须知	1
第二部分 基础性实验	4
实验一 水准仪的认识和使用	4
实验二 普通水准测量	7
实验三 四等水准测量	9
实验四 水准仪的检验和校正	12
实验五 经纬仪的认识和使用	15
实验六 测回法观测水平角	17
实验七 方向法观测水平角	19
实验八 竖直角观测	22
实验九 经纬仪的检验和校正	23
实验十 全站仪的认识和使用	26
实验十一 GPS 仪器的认识和使用	27
实验十二 导线测量	29
实验十三 三角高程测量	31
实验十四 全站仪数字测图	33
实验十五 建筑物的平面位置和高程测设	35
实验十六 建筑基线的定位	37
实验十七 圆曲线的测设(偏角法和切线支距法)	39
实验十八 圆曲线的测设(全站仪极坐标法)	43
实验十九 带有缓和曲线的圆曲线测设	45
实验二十 线路纵、横断面测量	50
第三部分 综合实验	53
参考文献	57



第一部分 测量实验须知

一、实验目的和要求

1. 实验目的

- 1) 培养学生实际操作能力, 加深对课程理论知识的理解;
- 2) 熟悉并掌握测绘仪器的构造、性能和操作方法;
- 3) 熟悉并掌握测量数据记录和内业处理的基本方法;
- 4) 通过系统性训练能够将测量理论知识运用到工程实践中;
- 5) 养成科学严谨的学习和工作态度, 培养团队协同意识和吃苦耐劳的良好品质。

2. 实验要求

1) 测量实验按小组进行, 应根据学生和仪器的实际情况分组, 一般建议 5~6 人为一组。每组设置组长一名, 负责组织协调实习工作, 办理仪器的领取和归还手续;

2) 课前应做好准备, 包括阅读指定的实验指示书, 预习教材中有关章节, 准备好必要的作业表格和文具等;

3) 实验前要求必须先进行实验预习, 了解实验的内容和要求, 弄清有关的基本理论和方法, 并完成相应的实验预习题, 否则指导教师有权拒绝其当前实验课程, 并责令其在规定时间内完成;

4) 实验课无论在室外或室内进行, 都必须遵守课堂纪律, 不得无故缺席、迟到、早退, 不得擅自改变实验地点;

5) 实验课上应认真完成教师所布置的实验任务, 听取老师的实验指导, 实验的具体操作应按实验指导书的要求和步骤进行;

6) 实验中应爱护仪器工具, 严格遵守测量仪器使用规范。实验中出现仪器故障、损坏和丢失等情况, 必须及时报告指导教师, 不得随意自行处理;

7) 实验中必须重视记录, 严格遵守测量资料记录规则。实验结束时, 应把观测记录和实验报告一并上交指导老师审阅;

8) 实验过程中应爱护实验场地内的树木花草和农作物, 不得损坏。

二、测量仪器的领取和使用

测量仪器多为精密、贵重仪器，对测量仪器的正确使用、精心爱护和科学保养是测量人员必须具备的素质和必须掌握的技能，同时也能保证测量成果质量、提高测量工作效率和延长仪器使用寿命。因此，在实验过程中使用测量仪器，必须按本规则要求进行。

1. 测量仪器的领取

1) 领取仪器时，应在指导教师规定的时间内，以小组为单位到指定地点领取仪器和有关工具。仪器和工具均有编号，领取时应当场清点检查，如仪器或工具有缺损，可以报告实验室管理员给予更换；

2) 仪器和工具检查无误后，应在实验设备登记表格上填写以下内容：领取仪器类型、数量、相关工具名称、数量、领取人所在班级、实验项目、领取人签字、领取日期等；

3) 离开实验室之前，必须锁好仪器箱并清点好各种工具；搬运仪器工具时，必须轻拿轻放，避免造成损坏仪器；

4) 领取的仪器工作，未经指导教师同意，不得与其他小组调换或转借；

5) 实验结束后，各组清点所有仪器工具，并清理仪器工具上的污垢，及时收装仪器工具，送还实验室；

6) 在实验过程中，发现仪器、工具有遗失或损坏情况，应立即报告指导教师，同时查明原因，填写仪器、工具遗失或损坏情况说明，上交指导教师，并根据情节轻重，给予适当的赔偿或处理。

2. 测量仪器的使用

1) 在使用过程中搬动仪器，应将上盘制动螺旋松开。对于经纬仪，还要将望远镜竖置，将仪器抱在胸前，一手扶住基座部分，不得将仪器扛在肩上；

2) 仪器应尽可能避免架设在交通要道上，在架好的仪器旁必须有人看守；

3) 在架设好仪器后，必须检查脚腿螺旋及连接螺旋，是否确认已拧紧；拧动仪器各部件的螺旋，要用力适当，在未松开制动螺旋时，不得转动仪器的照准部及望远镜；

4) 工作时不得坐在仪器箱上。在仪器装在箱内搬运时，应该检查搭扣是否扣好，皮带是否安全，不得将两腿骑在脚架腿上；

5) 在使用过程中如发现仪器转动失灵，或有异样声音，应立即停止工作，对仪器进行检查，并报告实验室；

6) 仪器的光学部分若沾有灰尘，应用软毛刷刷净，不得用不洁及粗糙的布类擦拭，更不得用手擦拭；

7) 使用仪器后，均应详细检查仪器状况及配件是否齐全；仪器装箱时应保持原来的放置位置，且将制动螺旋拧紧。如果仪器箱不能盖严，不能用力按压，应检查仪器的放置位置；

8) 在使用钢尺时，切勿在打卷的情况下拉尺，并不得脚踩、车压；丈量距离时，应在卷起1~2圈的情况下拉尺，且用力不得过猛，以免将连接部分拉坏；

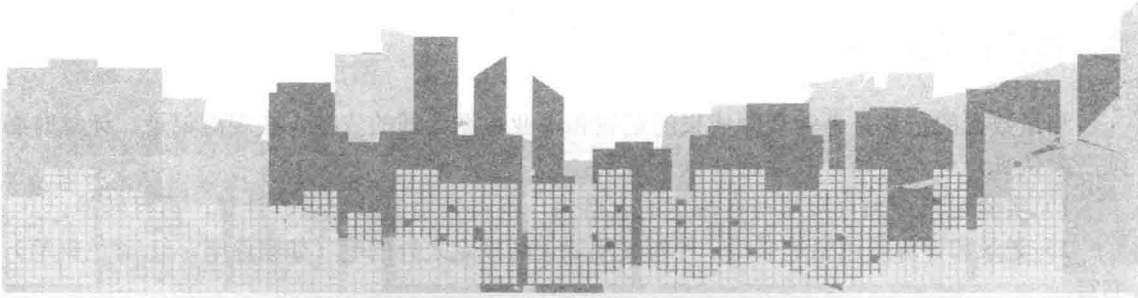
9) 花杆及水准尺应该保持其刻划清晰，没有弯曲，不得用来扛抬物品及乱扔乱放。水准尺放置在地上时，尺面不得靠地；

10) 垂球应保持形状对称，尖部锐利，不得在坚硬的地面上乱用乱碰。

三、测量资料的记录

测量数据的记录是外业观测成果的记载和内业数据处理的依据，在观测记录、计算时必须严肃认真，一丝不苟，并应遵守以下规则：

- 1) 实验记录必须直接填写在规定的表格内，不得先用另纸记录、计算，再行转抄；
- 2) 记录和计算须用铅笔书写，不得使用除上述规定之外的笔（如圆珠笔、红/蓝色钢笔）书写；
- 3) 字体应端正清晰，书写在规定的格子内，上部应留有适当空隙，作错误更正之用；
- 4) 写错的数字用横线端正地划去，在原字上方写出正确数字。严禁在原字上涂改或用橡皮擦拭挖补；所有记录的修改和观测成果的废除，必须在备注栏内写明原因，如测错、记错或超限等；
- 5) 禁止连续更改数字，例如改了观测数据，又改其平均数。观测的尾数原则上不得更改，如角度的分秒值，水准和距离的厘米、毫米数；
- 6) 记录的数字应齐全，如水准中的 0234 或 3100，角度的 $3^{\circ} 04'10''$ 或 $3^{\circ} 04'00''$ ，数字“0”不得随便省略；
- 7) 当一人观测由另一人记录时，记录者应将所记数字回报给观测者，以防听错、记错；
- 8) 记录应保持清洁整齐，所有应填写的项目都应填写齐全。



第二部分 基础性实验

实验一 水准仪的认识和使用

一、预习题

- 1) 水准仪工作原理是通过其提供_____, 从而测量两点间的_____。
- 2) 水准器是用来指示_____是否水平或仪器_____是否铅垂的一种装置。
- 3) 水准仪的水准器分为_____和_____两种。微倾式水准仪安置仪器时, 应先调整基座上的_____进行粗略整平, 读数前还应调整_____使视线精确整平。
- 4) 微倾式水准仪测得在 A 点上的水准尺读数为 $a=1.235\text{ m}$, B 点水准尺读数为 $b=1.818\text{ m}$, 则两点间高差 $h=$ _____m, 由此可判断 A 点海拔高度_____B 点。

二、实验要求

1. 目的

- 1) 了解 DS₃ 型水准仪的基本构造, 认识各部件的名称、功能和作用;
- 2) 练习水准仪的安置、瞄准和读数;
- 3) 掌握用 DS₃ 型水准仪测定地面上任意两点间高差的方法。

2. 内容

熟悉 DS₃ 型水准仪的操作, 每人用变动仪器高法观测与记录 2 组以上高差。

3. 操作步骤

- 1) 安置水准仪。在测站打开三脚架, 按观测者身高调节三脚架高度。张开三脚架且使架头大致水平, 然后从仪器箱子中取出水准仪, 安放在三脚架头上, 一手握住仪器, 另一手立即将三脚架中心连接螺旋旋入仪器基座的中心螺孔中, 适度旋紧, 使仪器固定在三脚架头上, 防止仪器摔下来。如果地面比较松软, 则将三脚架的三个脚尖踩实, 使仪器稳定。

2) 粗平。粗平是用脚螺旋使圆水准器气泡居中，从而使仪器的竖轴大致铅垂。粗平的操作步骤如图 1.1 所示，图中 1、2、3 为三个脚螺旋，中间是圆水准器，虚线圆圈表示气泡所在位置。首先，用双手分别以相对方向（图中箭头所指方向）转动两个脚螺旋 1、2，气泡移动方向与左手大拇指旋转时的移动方向相同，使圆气泡处于 1、2 脚螺旋连线方向的中间，如图 1.1 (a) 所示。然后，再转动第三个脚螺旋，使圆气泡居中，如图 1.1 (b) 所示。

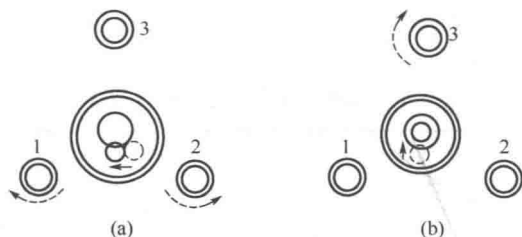


图 1.1 圆水准器整平

3) 瞄准。在用望远镜瞄准目标之前，必须先将十字丝调至清晰。瞄准目标应首先使用望远镜上的瞄准器，在基本瞄准水准尺后立即用制动螺旋将仪器制动。若望远镜内已经看到水准尺但成像不清晰，可以转动调焦螺旋至成像清晰，注意消除视差。最后，用微动螺旋转动望远镜使十字丝的竖丝对准水准尺的中间稍偏一点以便读数。

4) 精平。读数之前应用微倾螺旋调整水准管气泡居中，使视线精确水平（自动安平水准仪省去这一步骤）。由于气泡的移动有惯性，所以转动微倾螺旋的速度不能快，特别在符合水准器的两端气泡将要影响对齐的时候尤应注意。只有当气泡已经稳定不动而又居中的时候，才达到精平的目的。

5) 读数。仪器已经精平后即可在水准尺上读数。为了保证读数的准确性，并提高读数的速度，可以首先看好厘米的估读数（即毫米数），然后再将全部读数报出。一般习惯上是报四个数字，即米、分米、厘米、毫米，并且以毫米为单位。

4. 测定地面任意两点间的高差

- 1) 在地面上任意选定 A、B 两个固定点，并在两点上竖立水准仪；
- 2) 在 A、B 两点间安置水准仪，并使仪器到 A、B 两点的距离大致相等；
- 3) 瞄准后视尺 A，精平后读取后视读数 a ，记入记录表格中；
- 4) 同理，转动水准仪瞄准前视尺 B，精平后读取前视读数 b ，记入记录表格，并计算 A、B 两点的高差 $h_{AB} = a - b$ ；

5) 不移动水准尺，变动仪器高后（高度变化要大于 10 cm），重新测定上述两点间高差，所测高差互差不应超过限差要求，否则应重新测量。

5. 限差要求

采用变动仪器高法测得的相同两点间的高差之差不得超过 ± 5 cm，否则应重新进行观测。

6. 注意事项

- 1) 读取中丝读数前，一定要使水准管气泡居中，并消除视差；
- 2) 观测者读数后，记录者应汇报一次，前者无异议时，记录并计算高差，超限及时重测；

- 3) 每人必须轮流担任观测、记录、立尺等工作，不得缺项；
- 4) 各螺旋转动时，用力应轻而均匀，不得强行转动，以免损坏螺丝。

三、实验报告

姓名：_____
 学号：_____
 班级：_____

指导教师：_____
 日期：_____

表 1.1 水准仪认识实习记录计算表

仪器型号：		天气：		班组：			
观 测：		记录：		成像：			
测站	测点		后视读数	前视读数	高差/m	高差互差/mm	高差平均值/m
	后						
	前						
	后						
	前						
	后						
	前						
	后						
	前						
	后						
	前						
	后						
	前						
	后						
	前						
	后						
	前						

实验体会与建议：

实验二 普通水准测量

一、预习题

1) 水准测量路线可以分为哪几种? 请详细阐述各种水准路线的基本概念。

2) 转点是起_____作用的, 在转点处应放置_____并_____水准尺。

3) 水准测量过程中, 若将仪器架设在松软的土地上, 观测完后视读数以后, 隔一段时间再观测前视读数, 将会使前视读数变_____, 测站高差将会变_____。

二、实验要求

1. 目的

- 1) 掌握普通水准测量的观测、记录与计算方法;
- 2) 掌握水准测量校核方法和成果处理方法;
- 3) 熟悉水准路线的布设形式;
- 4) 掌握水准路线高差闭合差的调整和水准点高程的计算。

2. 任务

在指定场地选定一条闭合或附合水准路线, 长度以安置 4~6 个站为宜。每个测站采用双面尺法或者变动仪器高法施测, 当观测精度满足要求后, 根据观测结果进行水准路线高差闭合差的调整和水准点高程的计算。

3. 操作步骤

- 1) 选定一条闭合或附合水准路线, 用木桩标定待求高程点 (即水准点);
- 2) 将仪器安置于距起点一定距离的测站 I, 粗略整平仪器, 一人将尺立于起点即后视点, 另一人在路线前进方向的适当位置选定一点即前视点 1, 设立木桩, 并在桩顶面钉一个铁钉, 将尺立于其上;
- 3) 瞄准后视尺, 精平、读数 a_1 , 记入记录表格中, 转动仪器瞄准前视尺, 精平、读数 b_1 , 记入记录表格中, 计算高差 $h_1 = a_1 - b_1$;
- 4) 不移动水准尺, 变动仪器高后 (高度变化要大于 10 cm), 重新测定上述两点间高差 h'_1 ;
- 5) 将仪器搬至第 II 站, 第 I 站的前视尺变为第 II 站后视尺, 起点的后视尺移至前进方向的点 2, 为第 II 站的前视尺, 重复第 3)、4) 步操作, 依次获得 a_2 、 b_2 以及 a'_2 、 b'_2 , 得 $h_2 = a_2 - b_2$, $h'_2 = a'_2 - b'_2$;

4. 限差要求

5. 注意事项

- 1) 起点和待测高程点上不能放尺垫, 转点上要求放尺垫;
- 2) 读完后视读数后仪器不能搬动, 读完前视读数后尺垫不能动;
- 3) 读数时注意消除视差, 水准尺不得倾斜;
- 4) 做到边测、边记、边计算检核。

三、实验报告

姓名: _____ 学号: _____ 班级: _____

指导教师: _____ 日期: _____

表 2.1 普通水准测量记录表

[illegible]

实验体会与建议:

实验三 四等水准测量

一、预习题

1) 请描述一下四等水准测量的观测程序及测站观测程序。

2) 试述水准测量时为何要使前后视距相等。

3) 对四等水准测量而言, 单个测站前后视距差不超过____m, 测站视距长度不超过____m, 水准线路前后视距累积差不得超过____m。

二、实验要求

1. 目的

- 1) 掌握四等水准测量的观测、记录和计算方法;
- 2) 掌握水准路线高差闭合差的调整和水准点高程的计算;
- 3) 学会用双面水准尺进行四等水准测量的观测、记录和计算方法;
- 4) 熟悉四等水准测量的主要技术指标, 掌握测站及水准路线的检核方法。

2. 任务

采用四等水准测量方法观测一条闭合或附合水准路线, 当观测精度满足要求时, 进行高差闭合差的调整和水准点高程的计算。

3. 操作步骤

1) 选定一条闭合(或附合)水准路线, 其长度以安置 10 个以上测站为宜。沿用木桩标定待定点地面标志。

2) 在起点与第一个立尺之间设站, 安置好水准仪之后, 按以下顺序观测:

- 后视水准尺黑面, 读取上、下丝和中丝读数, 记入表 3.1 中 (1)、(2) 和 (3);
- 前视水准尺黑面, 读取上、下丝和中丝读数, 记入表 3.1 中 (4)、(5) 和 (6);
- 前视水准尺红面, 读取中丝读数, 记入表 3.1 中 (7);
- 后视水准尺红面, 读取中丝读数, 记入表 3.1 中 (8)。

3) 测站计算和检核。

① 视距计算与检核。根据前、后视的上、下丝读数计算前、后视的视距：

$$\text{后视距离: } (9) = 100 \times [(1) - (2)]$$

$$\text{前视距离: } (10) = 100 \times [(4) - (5)]$$

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

$$\text{计算前后视距累计差: } (12) = \text{上站 } (12) + \text{本站 } (11)$$

② 尺常数 K 检核。尺常数为同一水准尺黑面与红面读数差。尺常数计算公式：

$$(13) = (6) + K_1 - (7)$$

$$(14) = (3) + K_1 - (8)$$

K_1 为双面水准尺的红面分划与黑面分划的零点差 (A 尺: $K_1 = 4\,687\text{ mm}$; B 尺: $K_2 = 4\,787\text{ mm}$)。对于四等水准测量, 不得超过 $\pm 3\text{ mm}$ 。

③ 高差计算与检核。根据前后视水准尺黑、红面中丝读数分别计算该站高差：

$$\text{黑面高差: } (15) = (3) - (6)$$

$$\text{红面高差: } (16) = (8) - (7)$$

$$\text{红黑面高差之差: } (17) = (14) - (13)$$

对于四等水准测量, 不得超过 $\pm 5\text{ mm}$ 。

黑红面高差之差在容许范围以内时取其平均值, 作为该站的观测高差：

$$(18) = \{ (15) + [(16) \pm 100\text{ mm}] \} / 2$$

上式计算时, 当 $(15) > (16)$ 时, 100 mm 前取正号计算; 当 $(15) < (16)$ 时, 100 mm 前取负号计算。

经计算, 外业数据合格以后, 继续进行下一站的测量工作。

4) 依次设站以同样方法施测其他各站。

5) 四等水准测量的成果整理。四等水准测量的闭合或附合路线的成果整理首先检验测段 (两水准点之间的线路) 往返测高差不符值 (往、返测高差之差) 及附合或闭合线路的高差闭合差。如果在容许范围以内, 则测段高差取往、返测的平均值, 线路的高差闭合差需反号按测段长成正比例分配。

表 3.1 四等水准测量记录表

测点 编号	后尺	上丝/m	前尺	上丝/m	方向 及尺号	中丝读数		K+黑-红 /mm	高差 中数 /m	备注		
		下丝/m		下丝/m		黑面/m	红面/m					
		后距/m		前距								
		视距差/m		累加差/m								
	(1)	(4)	后尺 1#	(3)	(8)	(13)	(18)					
	(2)	(5)	前尺 2#	(6)	(7)	(14)						
	(9)	(10)	后-前	(15)	(16)	(17)						
	(11)	(12)										
1	1571	0739	后尺 1#	1384	6171	0	+0832.5					
	1197	0363	前尺 2#	0051	5239	-1						
	37.4	37.6	后-前	+0833	+0932	+1						
	-0.2	-0.2										

三、实验报告

姓名：_____

学号：_____

班级：_____

指导教师：_____

日期：_____

表 3.2 四等水准测量外业记录表

测点 编号	后尺	上丝/m	前尺	上丝/m	方向 及尺号	中丝读数		K+黑-红 /mm	高差 中数 /m	备注
		下丝/m		下丝/m		黑面/m	红面/m			
	后距/m		前距							
	视距差/m		累加差/m							
					后尺 1#					
					前尺 2#					
					后-前					
					后尺 2#					
					前尺 1#					
					后-前					
					后尺 1#					
					前尺 2#					
					后-前					
					后尺 2#					
					前尺 1#					
					后-前					
					后尺 1#					
					前尺 2#					
					后-前					
					后尺 2#					
					前尺 1#					
					后-前					

表 3.3 四等水准测量成果计算表

点号	路线长 L/km	观测高差 h_i/m	高差改正数 v_{h_i}/m	改正后高差 $\bar{h}_i/\text{m}$	高程 H/m	备注
						已知
						已知
Σ						
$f_h = \Sigma h_{\text{测}} - (H_B - H_A) =$ $v_{1\text{km}} = -\frac{f_h}{\Sigma L} =$ $f_{\text{允许}} = \pm 40 \sqrt{L} =$ $\Sigma v_{h_i} =$						

实验体会与建议:

实验四 水准仪的检验和校正

一、预习题

- 1) 由圆水准器轴平行于仪器竖轴可知, 当圆水准器气泡居中时, 其竖轴处于_____位置。
- 2) 视准轴通常又称为_____, 它是指_____和_____的连线; 仪器精确整平后, 若由于视准轴不平行于_____时, 视准轴会产生倾斜, 由此产生的误差又称为仪器的 i 角误差。

二、实验要求

1. 目的
- 1) 了解微倾式水准仪各轴线应满足的条件;

- 2) 掌握水准仪检验和校正的方法;
- 3) 要求校正后, i 角不超过 $20''$, 其他条件校正到无明显偏差为止。

2. 任务

- 1) 水准仪圆水准器轴平行于仪器竖轴的检核与校正;
- 2) 水准管轴平行于视准轴的检验与校正。

3. 操作步骤

- 1) 圆水准器轴平行于仪器竖轴的检验与校正;

① 检验。如图 4.1 所示, 转动脚螺旋, 使圆水准器气泡居中, 将仪器绕竖轴旋转 180° 。如果气泡仍居中, 则条件满足; 如果气泡偏出分划圈外, 则需校正。

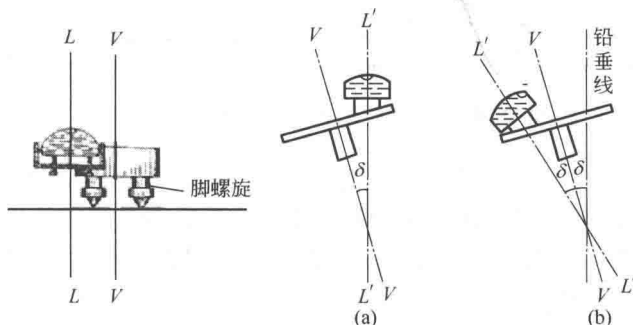


图 4.1 圆水准器的检验

② 校正。先转动脚螺旋, 使气泡移动偏移量的一半, 然后稍旋松圆水准器底部中央固定螺钉 (图 4.2), 用校正针拨动圆水准器校正螺钉, 使气泡居中。如此反复检校, 直到圆水准器转到任何位置时, 气泡都在分划圈内为止。最后, 旋紧固定螺钉。

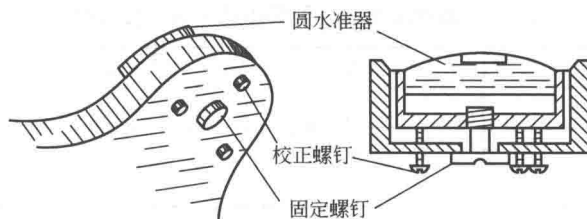


图 4.2 圆水准器的校正螺钉

- 2) 水准管轴平行于视准轴的检验和校正;

① 检验。如图 4.3 所示, 在平坦的地面上选择相距 $80 \sim 100 \text{ m}$ 的 A、B 两点, 并在地面钉上木桩, 置水准仪于 A、B 的中间位置 C 点, 使前后视距相等, 精确整平仪器后, 依次照准 A、B 两点上的水准尺并读数, 设读数分别为 a_1 、 b_1 , 得 A、B 两点高差 $h_{AB} = a_1 - b_1$ 。然后将水准仪搬到 A 点附近, 精确整平仪器后, 读取 A、B 两点水准尺读数 a_2 、 b_2 , 应用公式 $b'_2 = a_2 - h_{AB}$ 求得 B 尺上的水平视线读数。若 $b'_2 = b_2$, 说明水准管轴平行于视准轴; 若 $b'_2 \neq b_2$, 则两轴不平行存在夹角 i , 计算公式如下

$$i = \frac{b_2 - b'_2}{D_{AB}} \times \rho'' \quad (4.1)$$