

测量学基础实训指导书

李 峰 编

姓 名 _____
班 级 _____
学 号 _____
指导教师 _____



化学工业出版社



前 言

测量学基础实训是工程测量技术专业重要的实践性教学环节之一。只有通过课堂实训,才能真正实现把理论知识转化为实践技能的职业教育目的,使学生熟练掌握测量的各项基本技能,提高应用测量知识与技能解决工程实际问题的能力;才能实现对测量学基本知识的融会贯通,引导学生专业入门,为后续课程打好基础,从而实现高职教育的培养目标。

为了更好地指导学生顺利完成测量学基础课堂实训内容,真正达到实训目的,加强过程控制与考核,特编制本实训指导书。这样既能方便学生使用,又便于各院校教学资料和文件的存档。另外,还可以作为教师对学生进行实践考核或技能测试的参考。带*的项目可以作为选做内容。

本实训指导书由李峰编写。

由于编者水平有限,难免存在不足与欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2008 年 4 月

目 录

测量学基础实训须知	1
实训一 水准仪的认识与使用	4
实训二 普通水准测量	7
实训三 水准仪的检验与校正	11
实训四 经纬仪的认识和使用	15
实训五 测回法观测水平角	19
实训六 方向法观测水平角	22
实训七 垂直角观测	25
实训八 经纬仪的检验与校正	27
实训九 直线定线和钢尺量距的一般方法	30
实训十 闭合导线测量	33
实训十一 四等水准测量	36
* 实训十二 用前方交会法测量点的平面位置	39
实训十三 碎部测量（经纬仪测绘法测图）	41
* 实训十四 全站仪的认识与使用	44

测量学基础实训须知

一、实训课的目的与要求

1. 实训课的目的

- (1) 进一步了解和认识所学测量仪器的构造和性能;
- (2) 巩固和验证课堂上所学的理论知识,使理论和实践结合起来;
- (3) 掌握测量仪器的使用方法,通过完成测量任务加强技能训练,提高实践操作能力,进而逐步提高应用测量知识与技能解决工程实际问题的能力。

2. 实训课的要求

(1) 每次实训前均需预习教材相关部分并仔细阅读测量实训指导,在弄清楚实训的内容、要求、过程和注意事项的基础上再动手实训,并认真完成规定的实训报告,实训结束后及时上交实训报告。

(2) 实训一般分小组进行。学习委员或班长向任课教师提供分组名单,确定小组负责人(组长),负责组织与协调工作,办理所用仪器的借领和归还手续。每组以4~6人为宜,在组长的领导下完成实训任务。

(3) 实训是集体的学习活动,任何人不得无故缺席或迟到,应服从实训指导教师的安排在规定地点进行,实训中要严格按照操作规程规范操作,爱护仪器和现场设施,遵守学校各项规章制度,养成良好的习惯。

(4) 课余时间需要实训时,自行组成实训小组,凭学生证到测量仪器实训室办理手续、领借仪器,自选实训地点并征得实训室管理人员同意后进行实训。

二、测量仪器使用规定

测量仪器是精密光学仪器或光、机、电一体化的贵重设备,对仪器的正确使用、精心爱护和科学保养,是测量人员必须具备的素质,也是保证测量成果的质量、提高工作效率的必要条件。在使用测量仪器时应养成良好的工作习惯,严格遵守下列规则。

1. 仪器的借领

(1) 每次实训借用仪器设备时,应按实训指导老师的要求进行,并应遵守测量仪器室的规定,由各组组长领取并办理借用手续(自行实训凭学生证)。

(2) 测量仪器实训室每次根据实训的任务,按组配备、填好仪器的借用单,各组组长对仪器的借用单清点仪器及附件等,若无问题,由组长在借用单上签名,并将借用单交仪器管理人员后,方可将仪器借出实训室。

(3) 仪器借出后,首先详细检查仪器工具及其附件是否齐全,仪器各部件是否灵活、完好;脚架是否完好等。如有问题及时与仪器管理人员沟通,调换仪器或分清责任。

(4) 实训完毕后,应及时收装仪器工具,送还借领处并由仪器管理人员检查验收,办理归还手续。

(5) 测量仪器属贵重仪器，借出的仪器必须有专人保管，如发生损坏或遗失，应按照学院的规章制度进行赔偿。

2. 仪器的携带与搬运

(1) 携带仪器前，应检查仪器箱盖是否锁好，背带与手提是否牢固。

(2) 在测量过程中搬站时，只要在可视范围内距离不是太远，一般不必拆卸仪器，先检查连接螺旋是否拧紧，松开各制动螺旋，收拢三脚架，一手握住仪器基座或照准部，一手抱住脚架、夹在腋下，稳步前进。

(3) 贵重仪器或搬站距离较远时，必须把仪器装箱后再搬。

3. 仪器的安装与使用

(1) 三角架的安置必须稳固可靠，应特别注意伸缩腿的稳固。

(2) 打开仪器箱时，应注意仪器箱平稳，以免摔坏仪器。打开箱盖后，应注意观察仪器及附件在箱中的安放位置，以使用后将各部件稳妥地放回原处，避免因放错位置而损伤仪器。

(3) 从仪器箱提取仪器时，应先松开制动螺旋，用双手握住仪器支架或基座放到三脚架上，拧紧连接螺旋。连接螺旋不要过紧，以免损坏螺旋；也不要过松，以免仪器脱落。

(4) 仪器从箱中取出后必须立即将箱盖关好，以防止灰尘进入或零件丢失。箱子应放在仪器附近；不准在箱上坐人。

(5) 使用仪器时，必须先旋松制动螺旋，未松开时，不可强行扭转。各处的制动螺旋不可拧得过紧。微动螺旋不可旋到尽头。拨动校正螺钉时，必须小心，先松后紧，松紧适度。

(6) 仪器镜头如有灰尘可用箱内的毛刷或镜头纸擦拭；仪器如有故障，不许自行拆卸，应立即请示指导老师和实训室管理人员进行处理。

(7) 仪器一经架起必须有专人看护，烈日下必须打遮阳伞，以免影响仪器的测量精度。雨天应停止使用仪器。

(8) 仪器用毕后，从三脚架上取下仪器时，应先松开制动螺旋，一手握住仪器支架或基座，一手拧松连接螺旋，用双手从支架上取下装箱。

(9) 将仪器按原位装入箱内，箱盖若不能关闭时应查看原因，不可强力按下。仪器在箱内正确就位后，拧紧各制动螺旋，关箱上锁。

4. 测量工具的使用

(1) 钢尺应防止扭曲、打结或折断，防止行人踏踩或车辆碾压，避免尺身着水。携尺前进时，不得沿地面拖行。钢尺拉伸时用力应均匀，用毕后应及时擦净、涂油，避免受潮生锈。

(2) 水准尺、花杆应注意防水、防潮，防止横向受力，不能磨损尺面刻度，塔尺应注意接口处的正确连接。不得用水准尺、花杆等抬物或垫坐，以防弯曲。

(3) 小件工具如垂球、测钎、尺垫等应用完即收，防止遗失。

(4) 实训结束后，应清点各项用具，以免丢失，特别注意清点零星物品。

三、测量记录计算规则

测量记录是外业观测成果的记载和内业数据处理的依据。在测量记录、计算时必须严肃认真，一丝不苟，严格遵守以下规则。

(1) 实训记录须填写在规定的表格内，随测随记，不得转抄。记录者应首先“回报”读数然后再记录，以防听错、记错。

(2) 所有记录与计算均须用 2H 或 3H 绘图铅笔记录, 字体应端正清晰, 字体大小只能占记录格的一半, 以便留出空隙更改错误。

(3) 记录表格上规定的内容及项目必须填写, 不得空白。

(4) 记录簿上禁止擦拭、涂改与挖补, 如记错需要改正时, 应以横线或斜线划去, 不得使原字模糊不清, 正确的数字应写在原字的上方。观测数据的尾数(长度单位的厘米、毫米, 角度单位的秒)不得更改。

(5) 观测成果不能连环涂改。已改过的数字又发现错误时, 不准再改, 应将部分成果作废重测。水准测量的黑、红面读数, 角度测量中的盘左、盘右读数, 距离丈量中的往返测读数等, 均不能同时更改, 否则重测。

(6) 观测数据应表现其精度及真实性, 如水准尺读数读至毫米, 则应记 1.530m, 不能记成 1.53m。观测手簿中, 对于有正、负意义的量, 必须带上“+”和“-”号, 即使是“+”号也不能省略。

(7) 数据计算时应根据所取的位数, 按“4 舍 6 入, 5 前单进双舍”的规则进行凑整。

(8) 记录者记录完一个测站的数据后, 应当场进行必要的计算和检核, 确认无误后方可迁站。

(9) 记录时要严格要求自己, 培养良好的作业习惯, 严格遵守作业规定, 否则全部成果作废, 另行重测。

实训一 水准仪的认识与使用

一、实训目的

- (1) 了解水准仪的构造，熟悉各部件的名称、功能及作用。
- (2) 初步掌握其使用方法，学会水准尺的读数。

二、实训器具

每组借领 DS₃ 型微倾式水准仪 1 套，水准尺 1 对，尺垫 1 对，记录夹 1 个。自备实训报告、笔和计算器等。

三、实训内容

- (1) 熟悉 DS₃ 型微倾式水准仪各部件的名称及作用。
- (2) 学会使用圆水准器粗略整平仪器。
- (3) 学会调焦与照准目标、消除视差及利用望远镜的中丝在水准尺上读数。
- (4) 学会测定地面两点间的高差。

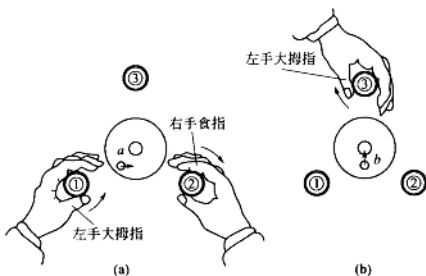
四、实训步骤

1. 安置仪器

张开三脚架，使架头大致水平，高度适中，将脚架稳定（踩紧）。然后用连接螺旋将水准仪固定在三脚架上。

2. 了解水准仪各部件的功能及使用方法

- (1) 调节目镜调焦螺旋，使十字丝清晰；旋动物镜调焦螺旋，使物像清晰。
- (2) 转动脚螺旋使圆水准器气泡居中（此为粗平）；转动微倾螺旋使水准管气泡居中或气泡两端影像完全吻合（此为精平）。



实训图 1

- (3) 用准星和照门来粗略找准目标，旋紧水平制动螺旋，转动水平微动螺旋来精确照准目标。

3. 粗略整平练习

如实训图 1(a) 所示的圆气泡处于 *a* 处而不居中。为使其中，先按图中箭头的方向转动 1、2 两个脚螺旋，使气泡移动到 *b* 处，如实训图 1(b) 所示；再用右手按图 1(b) 中箭头所指的方向转动第三个螺旋，使气泡再从 *b* 处移动到圆水准器的中心位置。一般需反复操

作2~3次即可整平仪器。操作熟练后，三个脚螺旋可一起转动，使气泡更快地进入圆圈中心。

4. 读数练习

概略整平仪器后，用准星和照门瞄准水准尺，旋紧水平制动螺旋。分别调节目镜和物镜调焦螺旋，使十字丝和物像都清晰。此时物像已投影到十字丝平面上，视差已完全消除。转动微动螺旋，使十字丝竖丝对准尺面，转动微倾螺旋精平，用十字丝的中丝读出米数、分米数和厘米数，并估读到毫米，记下四位读数。

5. 高差测量练习

(1) 在仪器前后距离大致相等处各立一根水准尺，分别读出中丝所截取的尺面读数，记录并计算两点间的高差。

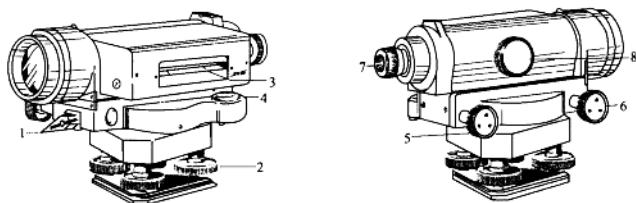
(2) 不移动水准尺，改变水准仪的高度，再测两点间的高差，两次测得的高差之差不应大于5mm。

五、注意事项

- (1) 读取中丝读数前应消除视差，水准管气泡必须严格符合。
- (2) 微动螺旋和微倾螺旋应保持在中间运行，不要旋到极限。
- (3) 水准尺必须有人扶着，不能立在墙上等地方，以防摔坏水准尺。
- (4) 观测者的身体各部位不得接触脚架。

六、实训问答

1. 水准仪主要操作部件的认识（根据实训图2填实训表1）。



实训图2

实训表1 水准仪主要操作部件及其作用

序号	操作部件	作用
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

2. 水准仪上的圆水准器和管水准器各起什么作用？

答：

3. 照准目标后，从水准尺上读数需完成哪些操作步骤？按操作的先后次序回答。

答：

4. 什么是视差？如何消除视差？

答：

5. 使用微倾式水准仪读数之前是否每次都要将管水准器居中？为什么？

答：

七、观测记录表

实训表 2 水准仪认识观测记录

仪器号：

天 气：

观测者：

记录者：

日 期：

安置仪器次数	测点	后视读数/m	前视读数/m	高差/m	高程/m
第一次					
第二次					

实训二 普通水准测量

一、实训目的

- (1) 掌握普通水准测量的观测、记录、计算和校核方法。
- (2) 熟悉水准路线的布设形式。

二、实训器具

DS₃ 型微倾式水准仪 1 台, 水准尺 1 对, 尺垫 1 对, 记录夹 1 个。自备实训报告、笔和计算器等。

三、实训内容

- (1) 布设水准路线 (闭合水准路线测量或附合水准路线测量), 至少设置四个测站。
- (2) 闭合水准路线测量或附合水准路线测量。
- (3) 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高程计算。
- (4) 内业计算可以放在课后进行。

四、实训步骤

从指定水准点出发按普通水准测量的要求施测一条闭合 (或附合) 水准路线, 组内成员可以轮流进行观测, 然后计算高差闭合差和高差闭合差的允许值, 进行精度评定。若高差闭合差在允许范围之内, 则对闭合差进行调整, 最后计算各测站改正后的高差和各点高程。若闭合差超限, 则应返工重测。

(一) 基本操作步骤

水准仪的基本操作步骤为: 安置仪器与粗平、调焦与照准、精平与读数。

1. 安置仪器与粗平

首先, 选好测站位置 (尽量使前、后视距离相等), 在测站上调节三脚架固定螺旋, 使其高度适中, 然后张开三脚架, 撑稳, 目估架头大致水平。

从仪器箱中取出水准仪, 用连接螺旋将仪器固定在三脚架上。转动脚螺旋使圆水准器气泡居中, 完成粗平。

2. 调焦与照准

(1) 目镜调焦 把望远镜对向明亮的背景, 转动目镜对光螺旋, 使十字丝清晰;

(2) 粗略照准 松开水平制动螺旋, 旋转望远镜, 使照门和准星的连线对准水准尺, 旋紧制动螺旋;

(3) 物镜调焦 转动物镜对光螺旋, 使水准尺成像清晰;

(4) 精确瞄准 转动水平微动螺旋, 使十字丝纵丝照准水准尺的中央或边缘;

(5) 消除视差 当尺像与十字丝分划板不重合时, 眼睛靠近目镜上下微微移动, 可看见

十字丝横丝在水准尺上的读数随之变动,这种现象叫视差。消除视差的方法是仔细转动目镜对光螺旋与物镜对光螺旋,直至尺像与十字丝网平面重合。

3. 精平与读数

转动微倾螺旋,使符合水准器两半边气泡影像严密吻合,然后立即用十字丝中丝在水准尺上读数。读完后再次检查气泡是否居中,如不居中,应再次精平,重新读数。

(二) 外业施测过程

安置水准仪于前、后视距离相等的地方,首先调焦与照准后视尺,读取后视读数,记入手簿,然后后视转前视,注意调节微倾螺旋精平仪器,读取前视读数,记入手簿。同法继续进行,经过待定点后返回原水准点。检核计算:后视读数总和-前视读数总和=高差代数和。

(三) 技术规定

1. 视线长度不超过 100m,前、后视距应大致相等。
2. 限差要求:

$$\text{平地公式 } f_{\text{容}} = \pm 40 \sqrt{L} \text{ (mm)}$$

或

$$\text{山地公式 } f_{\text{容}} = \pm 12 \sqrt{n} \text{ (mm)}$$

式中 L ——水准路线长度, km;

n ——测站数。

原则上,当 $\sum n / \sum L > 15$ 站时,用山地公式。

(四) 内业成果计算 (见教材第三章第五节)。

五、注意事项

- (1) 每次读数前水准管气泡要严格居中。
- (2) 注意用中丝读数,不要读成上或下丝的读数,读数前要消除视差。
- (3) 后视尺垫在水准仪搬动之前不得移动。仪器迁站时,前视尺垫不能移动。在已知高程点上和待定高程点上不得放尺垫。
- (4) 水准尺必须扶直,不得前后、左右倾斜。
- (5) 注意同一测站,圆水准器只能整平一次,即后视转前视时不得再调节脚螺旋,以免改变视线高度。
- (6) 记录应在观测读数后,一边复诵校核、一边立即记入表格,及时算出高差。

六、实训问答

1. 水准测量中,转点有什么作用?

答:

2. 水准测量中可能会产生哪些测量误差?在测量过程中如何消除或减弱它们的影响?

答:

3. 水准仪在测站上整平后，先读取后视读数，然后由后视转到前视，发现圆水准器气泡偏离中心，此时应如何处理？水准管气泡发生偏离呢？

答：

4. 在一个测站上，若未观测完，而仪器碰动了，怎么办？若前视点尺垫移动，怎么办？

答：

七、观测记录计算表

实训表 3 普通水准测量记录

测自 点至 点

天气:

日期:

仪器号:

观测者:

记录者:

测站	测点	后视读数/m	前视读数/m	高差/m		高程/m	备注
				+	-		
校核计算	$\Sigma a - \Sigma b =$		$\Sigma h =$				

实训表 4 普通水准测量成果计算表

根据表 3 外业测量记录进行成果计算。

测段编号	点名	距离/km	实测高差/m	改正数/mm	改正后高差/m	高程/m	点名
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
4							
5							
Σ							
辅助计算	$f_k =$						
	$ f_k $ $ f_{容} $, 精度 要求						
	$\Sigma V =$						
				$f_{容} =$			
				$\Sigma h_{改} =$			

实训三 水准仪的检验与校正

一、实训目的

- (1) 熟悉水准仪各主要轴线之间应满足的几何条件。
- (2) 掌握 DS₃ 型微倾式水准仪的检验和校正方法。

二、实训器具

DS₃ 型微倾式水准仪 1 台, 水准尺 1 对, 尺垫 1 对, 记录夹 1 个, 校正针 1 根、钟表一字旋具 1 把, 皮尺 1 把。自备实训报告、笔和计算器等。

三、实训内容

- (1) 水准仪的一般性检验。
- (2) 圆水准器的检验和校正。
- (3) 望远镜十字丝横丝的检验和校正。
- (4) 水准管轴平行于视准轴的检验和校正。

四、实训步骤

1. 水准仪的一般性检验具体包括: 三角架是否牢固, 连接螺旋、脚螺旋、制动与微动螺旋、对光螺旋等是否灵活、有效, 十字丝、望远镜成像是否清晰, 仪器绕竖轴旋转是否灵活等。

2. 圆水准器轴平行于仪器竖轴的检验和校正

(1) 检验

- ① 将仪器置于脚架上, 然后踩紧脚架, 转动脚螺旋使圆水准器气泡严格居中;
- ② 仪器旋转 180°, 若气泡偏离中心位置, 则说明两者相互不平行, 需要校正。

(2) 校正

- ① 如实训图 3, 稍微松动圆水准器底部中央的固定螺旋;
- ② 用校正针拨动圆水准器校正螺钉, 使气泡返回偏离中心的一半;
- ③ 转动脚螺旋使气泡严格居中;
- ④ 反复检查 2~3 遍, 直至仪器转动到任何位置气泡都居中为止。

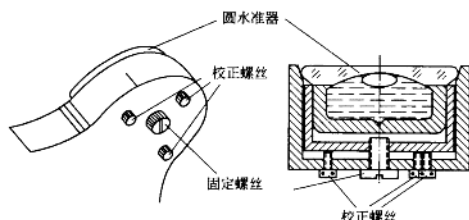
3. 十字丝横丝垂直于仪器竖轴的检验与校正

(1) 检验

- ① 严格整平水准仪, 用十字丝交点对准一固定小点;
- ② 旋紧制动螺旋, 转动微动螺旋, 使望远镜水平移动, 如移动时横丝不偏离小点, 则条件满足; 反之则应校正。

(2) 校正

用小旋具松开十字丝分划板的 3 个固定螺钉, 转动十字丝环使横丝末端与小点重合, 再



实训图 3

拧紧被松开的固定螺钉。

4. 水准管轴平行于视准轴的检验与校正

(1) 检验

① 在比较平坦的地面上选择相距 80~100m 的 A、B 两点，分别在两点上放上尺垫，踩紧并立上水准尺；

② 置水准仪于 A、B 两点的中间，精确整平后分别读取两水准尺上的中丝读数 a_1 和 b_1 ，求得正确高差 $h_1 = a_1 - b_1$ （为了提高精度并防止错误，可两次测定 A、B 两点的高差，并取平均值作为最后结果）；

③ 将仪器搬至离 B 点 2~3m 处，精确整平后读取 B 尺读数 b_2 ，计算 $a'_2 = b_2 + h_1$ ；

④ 再读取 A 尺读数 a_2 ，若 a_2 与 a'_2 不符，则表明误差存在，其误差大小为： $i = \frac{a_2 - a'_2}{D_{AB}}$ ，对于 DS₃ 型水准仪，当 $i > 20''$ 时，应校正。

对于 DS₃ 型水准仪，当 $i > 20''$ 时，应校正。

(2) 校正

① 先求得 A 点水准尺上的正确读数 $a'_2 = b_2 + h_1$ ；

② 转动微倾螺旋使中丝读数由 a_2 改变成 a'_2 ，此时水准管气泡不再居中；

③ 用校正针拨动管水准器校正螺钉，使水准管气泡居中；

④ 重复检查，直至满足要求为止。

五、实训要求及注意事项

(1) 考虑到时间和实训条件的限制，如果条件不具备，可不要求校正操作，而改成填表叙述或面试口答校正过程。

(2) 必须按实训步骤规定的顺序进行检验和校正，不得颠倒。

(3) 拨动校正螺钉时，应先松后紧，松一个紧一个，用力不宜过大；校正结束后，校正螺钉不能松动，应处于旋紧状态。

(4) 检验与校正需反复交替进行，直到符合要求。

六、实训问答

1. 水准仪提供水准视线的充要条件是什么？

答：

2. 水准测量时，水准管气泡已严格居中，视线一定水平吗？为什么？

答：

3. 经过检验，如果圆水准器轴平行于仪器的竖轴，那么，是否只要圆水准器气泡居中，竖轴就一定处于铅垂位置？望远镜的视准轴也一定处于水平位置吗？

答：

4. 水准仪检验、校正时，若将水准仪搬向 A 尺，计算 B 尺正确读数的公式是什么？

答：

5. 水准仪的三个重要条件不满足能否测出正确高差？（对三项误差分别叙述）

答：

七、观测记录表

实训表 5 DS₃ 型微倾式水准仪的检验与校正记录表

仪器号:

检校者:

记录者:

日期:

1. 一般性检验记录

检验项目	检验结果
三脚架是否牢固	
脚螺旋是否有效	
制动与微动螺旋是否有效	
对光螺旋是否有效	
望远镜成像是否清晰	
其他(其他螺旋、绕竖轴旋转等)	

2. 写出圆水准器的检验与校正结果

3. 写出十字丝的检验与校正结果

4. 水准管的检验记录

仪器位置	项目	第一次	第二次	原理略图
在 A、B 两点中间安置仪器,测高差 h_{AB}	后视 A 点尺上读数 a_1			
	前视 B 点尺上读数 b_1			
	$h_1 = a_1 - b_1$			
	高差结果			
在 A 点(或 B 点)附近安置仪器进行检验	A 点尺上读数 a_2			
	B 点尺上读数 b_2			
	计算 $b'_2 = a_2 - h_{AB}$			
	计算偏差值 $\Delta b = b_2 - b'_2$			
	计算 $i = \frac{ \Delta b }{D_{AB}} \rho$			
	是否需校正			

5. 简述水准管的校正过程,并写出校正结果