



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利水电高职教研会推荐教材

水利工程测量 实验指导与习题

靳祥升 主编



黄河水利出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利水电高职教研会推荐教材

水利工程测量

实验指导与习题

主 编 靳祥升

黄河水利出版社

前 言

《水利工程测量实验指导与习题》是学生学习水利工程测量课程的重要环节,特别在培养高职学生独立工作、提高动手能力方面起着显著作用。本书是普通高等教育“十一·五”国家级规划教材《水利工程测量》的配套用书,与《水利工程测量》教材内容紧密结合,相互衔接,是高职高专测量教学中必不可少的教学用书。

本书分实验和习题两大部分来编写。实验部分以高职高专非测量专业的《水利工程测量》教材编写大纲为基础,考虑到各个专业的不同要求,以及各个学校对实验教学开设的能力,以实用为目的,选取了12个必不可少的实验内容。每个实验均指明了实验目的、实验器具、实验内容、实验步骤、注意事项等,并针对实验内容提出一定量的实验问答,由学生做过相应实验后来完成,这样可进一步帮助学生理解和巩固实验内容。习题部分精选了一定数量的习题,目的是提高学生的理解能力和计算能力。

《水利工程测量实验指导与习题》由黄河水利职业技术学院靳祥升、王浩编写,由靳祥升统稿。

由于编者水平所限,不妥之处敬请读者批评指正。

编者

2008年5月

目 录

第一篇 实验部分

测量实验须知	(1)
实验一 水准仪的认识与使用	(3)
实验二 普通水准测量	(6)
实验三 水准仪的检验与校正	(9)
实验四 经纬仪的认识和使用	(12)
实验五 测回法观测水平角	(15)
实验六 全圆方向法观测水平角	(18)
实验七 竖直角观测	(21)
实验八 经纬仪的检验与校正	(23)
实验九 视距测量	(25)
实验十 罗盘仪定向	(27)
实验十一 四等水准测量	(28)
实验十二 碎部测量	(31)

第二篇 习题部分

习题一 问答题	(33)
习题二 高差、高程计算	(34)
习题三 水平角观测记录计算练习	(36)
习题四 竖直角观测记录计算练习	(37)
习题五 视距测量记录计算	(38)
习题六 直线丈量和直线定向	(39)
习题七 导线计算	(41)
习题八 前方交会计算	(43)
习题九 四等水准测量记录计算	(44)
习题十 四等水准测量高差闭合差的调整与高程计算	(45)
习题十一 三角高程的计算	(46)
习题十二 等高线的绘制	(46)
习题十三 圆曲线测设计算	(47)
习题十四 纵断面计算与绘制	(48)
习题十五 施工放样计算	(49)
习题十六 解析法面积计算	(50)

第一篇 实验部分

测量实验须知

一、测量实验课的目的

实验课的目的一方面是为了巩固和验证课堂上所学的理论知识,另一方面是进一步了解所学测量仪器的构造和性能,掌握仪器的使用方法,加强学生的实训技能,提高学生的动手能力,使理论和实践结合起来,是高职教学不可缺少的一部分。

二、测量仪器的借用办法

(1) 每次实验所借用的仪器按实验指导书或指导教师的要求来借领,实验仪器由各组组长按组的顺序向测量仪器室借用,要听从实验管理人员的指挥,遵守实验室的规定。

(2) 测量仪器室的管理人员已按每次实验的任务,将仪器按组配备好,已填好仪器的借用单,且将仪器放置在仪器的发放台上,各组组长对照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,方可将仪器借出仪器室。

(3) 初次接触仪器,未经教师讲解,对仪器性能不了解时,不得擅自架设仪器进行操作,以免弄坏仪器。

(4) 实验完毕后,应立即将仪器交还仪器室,由管理人员暂时验收,由于交还仪器时间过于集中,不可能将仪器详细检查一遍,待下次清点借给他人前(不超过两天)方可算前者借用手续完毕。

(5) 测量仪器属贵重仪器,借出的仪器必须有专人保管,如发生仪器损坏或遗失,则按照学院的规章制度办理。

三、使用仪器注意事项

测量仪器是贵重仪器,大家爱护仪器是应有的职责。实验仪器是精密贵重仪器,如有遗失损坏,对工作会造成极大的影响。每个人应养成爱护仪器的好习惯。使用仪器时应注意下列事项:

(1) 领取仪器时应注意箱盖是否锁好,提手或背带是否牢固。

(2) 打开仪器箱前,应将箱子平放在地面或台上后再打开。打开箱子盖后,应注意观察仪器及附件在箱子中安放的位置,以便使用后将各部件稳妥地放回原处。

(3) 仪器放置于三脚架上后,应立即将连接螺旋旋紧,不要过紧,以免损坏螺旋,也不要过松,以免仪器脱落。

(4) 仪器从箱子取出后,必须立即将箱盖关好,以防止尘土进入或零件丢失。箱子应放在仪器附近,不能将箱子当凳子坐。

(5) 不能用手指或粗布擦拭镜头,如有灰尘可用箱内的毛刷或镜头纸擦拭;更不许拆卸仪器,如有故障,应立即请示指导教师或管理人员进行处理。

(6) 使用仪器时,必须先放松制动螺旋,未松开时,不可强行扭转。各处的制动螺旋,不要拧得过紧。微动螺旋不可旋到尽头。拨动校正螺丝时,必须小心,先松后紧,松紧适度。

(7) 搬动仪器时须松动制动螺旋,望远镜应直立向上,三脚架与仪器的连接螺旋应旋紧,仪器最好直立抱持或夹三脚架于腋下,左手托仪器向上倾斜,绝对禁止横扛仪器于肩上,长距离搬运时应将仪器装入箱内。

(8) 仪器必须有专人看护,烈日下必须打遮阳伞,以免晒坏仪器或降低仪器的测量精度。

(9) 必须爱护各类仪器工具,在使用过程中尽量避免意外发生。不得用水准尺、花杆抬东西。

(10) 仪器用毕后按原位置装入箱内,箱盖不能关闭时应打开查看原因,不可强力按下。放入箱内的仪器各制动螺旋应适度旋紧,以免晃动。

(11) 实验结束后,应清点各项用具,以免丢失,特别注意清点零星物件。

四、测量记录注意事项

(1) 实验记录须填在规定的表格内,随测随记,不得转抄。记录者应“回报”读数,以免听错记错。

(2) 所有记录与计算均须用合适的记录铅笔记,字体应端正清晰,字体大小只能占记录格的一半,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。

(5) 已改过的数字又发现错误时,不准再改,应将该部分成果作废重测。

(6) 观测成果不能连环涂改。

(7) 观测数据应表现其精度及真实性,如水准尺读至毫米,则应记 2.330 m,不能记成 2.33 m。

(8) 所有的观测与记录手簿均不准另行誊抄。

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

实验一 水准仪的认识与使用

一、实验目的

- (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、实验器具

每组借领水准仪 1 台(套),水准尺 1 对,尺垫 1 对,记录夹 1 个。

三、实验内容

- (1) 熟悉 DS₃ 型水准仪各部件名称及作用。
- (2) 学会利用圆水准器整平仪器。
- (3) 学会瞄准目标,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。
- (5) 实验课时为 2 学时。

四、实验步骤

(一) 安置仪器

将三脚架张开,架头大致水平,高度适中,使脚架稳定(踩紧)。然后用连接螺旋将水准仪固定在三脚架上。

(二) 了解水准仪各部件的功能及使用方法

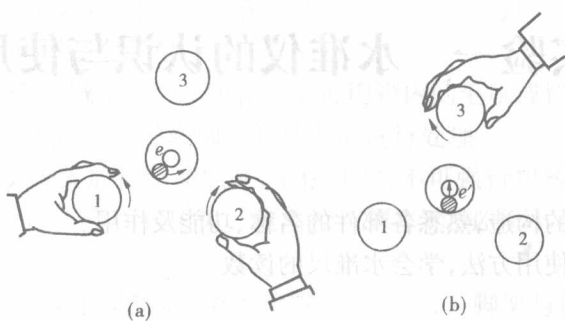
- (1) 调节目镜,使十字丝清晰;旋转物镜调焦螺旋,使物像清晰。
- (2) 转动脚螺旋使圆水准器气泡居中(此为粗平);转动微倾螺旋使水准管气泡居中或符合(此为精平)。
- (3) 用准星和缺口来粗略照准目标;旋紧水平制动螺旋,转动水平微动螺旋来精确照准目标。

(三) 概略整平练习

如实验图 1(a) 所示的圆水准器气泡处于 e 处而不居中。为使其居中,先按图中箭头的方向转动 1、2 两个脚螺旋,使气泡移动到 e' 处,如图 1(b);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 e' 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。

(四) 读数练习

概略整平仪器后,用准星和缺口瞄准水准尺,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。转动微倾螺旋,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来



实验图1 概略整平方法

数、分米数和厘米数,并估读到毫米,记下四位数。

(五) 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,两点间的高差不大于 5 mm。

五、注意事项

(1) 读中丝读数前,符合气泡必须严格符合;视差应消除。

(2) 微动螺旋和微倾螺旋不要旋到极限,应保持在中间运行。

(3) 观测者的身体各部位不得接触脚架。

六、记录表格

实验表1 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	后视读数 (m)	前视读数 (m)	高差 (m)	高程 (m)
第一次					
第二次					

七、实验问答

量测那水而普 二 二 二

(一) 填空

1. 要使圆水准器气泡居中应转动_____螺旋;控制水准仪望远镜转动应用_____螺旋和_____螺旋;要使瞄准的尺子清晰及仪器的十字丝清晰应用_____螺旋和_____螺旋;使水准管气泡居中,应用_____螺旋。
2. 视差是物像未投影到_____,消除视差的方法是_____。
3. 望远镜视准轴是_____的连线;水准管轴是_____。
4. 准星和缺口瞄准目标后,应固定_____,再转动_____,使十字丝纵丝落到尺面上。

(二) 简答

1. 水准仪上的圆水准器和水准管各起什么作用? 圆水准气泡居中说明水准仪已整平了吗?

答:

2. 水准仪的操作步骤是怎样的?

答:

3. 微倾水准仪读数之前是否每次都要将水准管气泡居中? 为什么?

答:

实验二 普通水准测量

一、实验目的

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

二、实验器具

DS₃ 型水准仪 1 台, 水准尺 1 对, 尺垫 1 对, 记录夹 1 个。

三、实验内容

- (1) 做闭合水准路线测量或附合水准路线测量(至少要观测四测站)。
- (2) 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。
- (3) 实验课时为 2 学时。

四、实验步骤

从指定水准点出发按普通水准测量的要求施测一条闭合水准路线, 每人轮流观测两站, 然后计算高差闭合差和高差闭合差的允许值。若高差闭合差在允许范围之内, 则对闭合差进行调整, 最后算出各测站改正后的高差。若闭合差超限, 则应返工重测。

五、技术规定

- (1) 视线长度不超过 100 m, 前、后视距应大致相等。
- (2) 限差要求

$$f_{h允} = \pm 40\sqrt{L} \quad \text{mm}$$

或

$$f_{h允} = \pm 12\sqrt{n} \quad \text{mm}$$

式中 L ——水准路线长度, km;

n ——测站数。

六、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、下丝的读数, 读数时要消除视差。
- (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。

七、实验问答

(一) 填空

1. 水准路线的布设有_____、_____、_____三种形式。
2. 视线高是_____加_____。
3. 在水准测量中,尺垫放置的位置,既可立前尺,又可立后尺,这个位置称为_____。
4. 水准测量中,精确整平仪器读完后尺读数转向前尺时,发现符合气泡不再居中,应调_____螺旋,使气泡重新居中。

(二) 简答

1. 水准测量中,何为测站、测段、水准路线?

答:

2. 水准测量中,何为转点? 起什么作用?

答:

3. 水准仪安置在测站上,由后视转成前视,发现圆水准器气泡偏离中心,应如何处理?

答:

实验三 水准仪的检验与校正

一、实验目的

- (1) 弄清水准仪的主要轴线及它们之间的几何关系。
- (2) 掌握 DS₃ 型水准仪的检验与校正。

二、实验器具

DS₃ 型水准仪 1 台, 水准尺 1 对, 尺垫 1 对, 记录夹 1 个。

三、实验内容

- (1) 圆水准器的检验与校正。
- (2) 望远镜十字丝的检验与校正。
- (3) 水准管轴平行视准轴的检验与校正。
- (4) 实验课时为 2 学时。

四、实验步骤

(一) 圆水准器轴应平行于竖轴的检验与校正

(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仪器转动 180°, 若气泡仍处居中位置, 则说明两者相互平行; 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稍微松动圆水准器底部中央的紧固螺丝; ②用校正针拨动圆水准器校正螺丝, 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。

(二) 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, 使横丝沿小点移动, 如横丝移动时不偏离小点, 则条件满足; 反之则应校正。

(2) 校正。用小起子松开十字丝分划板 3 颗固定螺丝, 转动十字丝分划板使横丝末端与小点重合, 再拧紧被松开的固定螺丝。

(三) 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 m 左右的 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 $h_1 = a_1 - b_1$ (为了提高精度和防止错误, 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 2~3 m 处, 精确整平后再分别读取两水准尺上中丝读数 a_2 和 b_2 , 求得两点间的高差 $h_2 = a_2 - b_2$; ④若 $h_1 = h_2$, 则说明条件满足; 若 $h_1 \neq h_2$, 则该仪器水准管轴不平行于视准轴, 需要校正。

(2) 校正。①先求得 A 点水准尺上的正确读数 $a_3 = h_1 + b_2$; ②转动微倾螺旋使中丝

读数由 a_2 改变成 a_3 , 此时水准管气泡不再居中; ③用校正针拨动校正螺丝, 使水准管气泡居中; ④重复检查, 直至 $|h_1 - h_2| \leq 3 \text{ mm}$ 为止。

五、注意事项

(1) 必须按实验步骤规定的顺序进行检验和校正, 不得颠倒。

(2) 拨动校正螺丝时, 应先松后紧, 一松一紧, 用力不宜过大; 校正结束后, 校正螺丝不能松动, 应处于稍紧状态。

六、实验问答

(一) 填空

1. 水准仪应满足的几何条件有 _____, _____, _____。
2. 水准轴若不平行于视准轴, 除加以校正外, 只要在观测时, 特别注意 _____, 它对高差的影响可忽略不计。
3. 水准管轴平行于视准轴的检验顺序是 _____, _____, _____。

(二) 简答

1. 水准仪提供水平视线的主要条件是什么?

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, 如果圆水准管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? 望远镜视准轴也一定处于水平位置?

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:

七、检校记录表格

实验表 3 水准仪检验与校正记录表

日期:

仪器型号:

检校者:

测站位置	计算符号	第一次	第二次	原 理 略 图
中间站	a_1			
	b_1			
	$a_1 - b_1$			
B 端	h			
	b_2			
	$h + b_2$			
站	a_2			
	Δ			

实验四 经纬仪的认识和使用

一、实验目的

- (1) 了解 DJ₆ 级光学经纬仪的基本构造及各部件的功能。
- (2) 练习光学经纬仪的对中、整平、照准、读数(要求对中误差不超过 3 mm, 整平误差不超过 1 格)。
- (3) 测量两个方向间的水平角。实验课时为 2 学时。

二、实验器具

DJ₆ 级光学经纬仪 1 台, 记录板 1 块, 测钎 2 根。

三、实验步骤

(一) 安置经纬仪

经纬仪从箱中取出后, 装到三脚架上, 拧紧中心连接螺旋。然后熟悉仪器的构造和各部的功能, 正确使用制动螺旋、微动螺旋、调焦螺旋和脚螺旋, 了解分微尺的读数方法及水平度盘变换手轮。

(二) 练习对中和整平

DJ₆ 级光学经纬仪除有挂垂球对中外, 还设有精度较高的光学对中器, 利用光学对中器对中, 其具体的操作方法如下:

(1) 对中。①将三脚架安置在测站点上, 并使架头大致水平, 从架头中心落下一小石子来检查架头中心是否大致位于测点的铅垂线上; ②调整仪器的三个脚螺旋, 使光学对中器的中心标志对准测站点(不要求气泡居中); ③伸缩三脚架腿使照准部圆水准器或管状水准器气泡大致居中(不必严格居中)。

(2) 整平。使照准部水准管轴平行于两个脚螺旋的连线, 转动这两个脚螺旋使水准气泡居中, 将照准部旋转 90°, 转动另一脚螺旋使水准气泡居中, 在这两个位置来回数次, 直到气泡任何方向都居中为止。若整平后发现对中有偏差, 松开中心连接螺旋, 移动照准部再进行对中, 拧紧后仍需重新整平仪器, 这样反复几次, 就可对中整平。

(三) 测量两个方向间的水平角

松开照准部和望远镜的制动螺旋, 用准星和缺口瞄准左边目标, 拧紧照准部和望远镜的制动螺旋。经过调焦使物像清晰, 然后用照准部和望远镜的微动螺旋使十字丝的单丝(平分目标)或双丝(夹住目标)准确照准左目标, 并读出水平度盘的读数(以 a 表示), 记入手簿。松开照准部和望远镜的制动螺旋, 顺时针转动照准部, 如前所述再瞄准右目标, 读出水平度盘读数(以 b 表示), 记入手簿。 $\beta = b - a$, 当 b 不够减时, 将 b 加上 360°。

四、注意事项

- (1) 仪器从箱中取出前, 应看好它的放置位置, 以免装箱时不能恢复到原位。

(2) 仪器在三脚架上未固连好前,手必须握住仪器,不得松手,以防仪器跌落,摔坏仪器。

(3) 仪器入箱后,要及时上锁;提动仪器前检查是否存在事故危险。

(4) 转动望远镜或照准部之前,必须先松开制动螺旋,用力要轻;一旦发现转动不灵,要及时检查原因,不可强行转动。

五、实验问答

(一) 填空

1. 将经纬仪置于三脚架头上,应随手拧紧_____螺旋。
2. 整平仪器时,使照准部水准管轴_____于两个脚螺旋的连线,转动这两个脚螺旋使_____居中,将照准部旋转_____,转动_____使气泡居中。在这两个位置来回数次,直到气泡任何方向都居中为止。
3. 经纬仪主要由_____和_____两部分组成。
4. 控制望远镜在竖直面内转动用_____螺旋,控制照准部在水平面转动用_____螺旋,变换度盘的读数用_____螺旋。
5. 照准目标时,应先松开_____螺旋和_____螺旋,用_____进行瞄准。经_____使物像和十字丝清晰,再用_____和_____螺旋精确照准目标。

(二) 简答

1. 经纬仪上有照准部制动螺旋和微动螺旋,还有望远镜制动螺旋和微动螺旋,它们各起什么作用?

答:

2. 经纬仪对中、整平的目的各是什么?

答: