

中等专业学校教材



水利水电工程测量实验与实习

浙江省水利水电学校 王仁悦 主编



中等专业学校教材

水利水电工程测量实验与实习

浙江省水利水电学校 王仁悦 主编

中国水利水电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水利水电工程测量实验与实习/王仁悦主编. —北京:
中国水利水电出版社, 1997 (2007 重印)
中等专业学校教材
ISBN 978-7-80124-384-3

I. 水… II. 王… III. ①水利工程测量—实验—专业学
校—教材②水力发电工程—水利工程测量—实验—专业
学校—教材 IV. TV221-33 TV72-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 112209 号

书 名	中等专业学校教材 水利水电工程测量实验与实习
作 者	浙江省水利水电学校 王仁悦 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 4 印张 88 千字
版 次	1997 年 10 月第 1 版 2007 年 7 月第 5 次印刷
印 数	20031—22030 册
定 价	6.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

实验与实习是测量教学的重要环节。各水利、水电学校都曾结合教学需要编印过一些测量实验与实习指导书一类的小册子。这些小册子各有所长，但要求不尽一致。根据全国水利、水电中专教研会的决定，在广泛征求意见和吸取各校实践性教学经验的基础上，我们组织编写了这本《水利水电工程测量实验与实习》，作为《水利水电工程测量》（第三版）的配套教材。

本书共分课堂实验、课堂作业和测量实习三个部分。每个课堂实验都备有一份报告，要求学生预先填写操作要领、技术规定或解释基本概念，然后按照通用表格记录和整理观测数据。课堂作业包括两种导线、单三角锁和线形锁的计算，这几个大型作业各有 36 套数据，要求每个学生各用 1 套数据计算，避免互相抄袭，有利于培养学生的独立计算能力。测量实习是按水利水电测绘生产的要求，系统地列出了各项作业的技术规定和应上交的测量成果，使学生通过实习进一步掌握水利水电工程测量的有关知识与技能。

参加本书编写工作的有：四川省水利电力学校王德煜（实验一、二、三、十一）；黄河水利学校李葆升（实验四、五、六、七、八）；浙江省水利水电学校王仁悦（实验九、十、十二、十三、十四、第二部分、第三部分和附录一、二）并担任主编。本书由湖南省水利水电学校丁云庆主审。

希望使用本书的广大师生，对书中存在的缺点和错误予以批评指正。

编 者

1995 年 10 月

目 录

前 言

第一部分 课堂实验	1
实验一 DS ₃ 型水准仪的认识和使用	1
实验二 普通水准测量	3
实验三 微倾式水准仪的检验与校正	5
实验四 经纬仪的认识和使用	7
实验五 测回法观测水平角	9
实验六 全圆方向法观测水平角	11
实验七 天顶距(或竖直角)观测	14
实验八 经纬仪的检验与校正	16
实验九 视距测量	19
实验十 钢尺精密量距	21
实验十一 四等水准测量	24
实验十二 经纬仪导线测量	26
实验十三 碎部测量	27
实验十四 红外测距仪的认识和使用	29
第二部分 课堂作业	31
第三部分 测量实习	45
附录一 介绍几种可编程序计算器的计算程序	49
附录二 不同数据计算题答案	51

第一部分 课堂实验

实验一 DS₃ 型水准仪的认识和使用

一、目的

- (1) 了解 DS₃ 型水准仪的基本构造，熟悉各部件的名称、功能和作用。
- (2) 练习水准仪的正确安置、概略整平、瞄准、精确整平、读数；熟悉水准仪的操作要领，能正确读取十字丝中丝在水准尺上的读数。
- (3) 测出地面上任意两点间的高差。

二、仪器及工具

DS₃ 型水准仪 1 台，水准尺 2 根，记录板 1 块，尺垫 2 个。

三、实验步骤

1. 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面定在三脚架上。

2. 认识仪器，了解仪器各部件的功能和使用方法

- (1) 调节目镜，使十字丝清晰；转动物镜对光螺旋，使物像清晰。
- (2) 圆水准器气泡居中为概略整平；水准管气泡居中为精确整平。
- (3) 转动脚螺旋使圆水准器气泡居中；转动微倾螺旋使水准管气泡居中。
- (4) 准星和缺口用来粗略照准目标；制动螺旋制紧后，转动微动螺旋用来精确照准目标。

3. 概略整平练习

如图 1-1 (a) 所示的圆水准器气泡处于 e 处而不居中。为使其居中先按图示箭头的方向转动 1、2 两个脚螺旋，使气泡移动到 e' 处，如图 1-1 (b)；再用右手按图 1-1 (b) 箭头

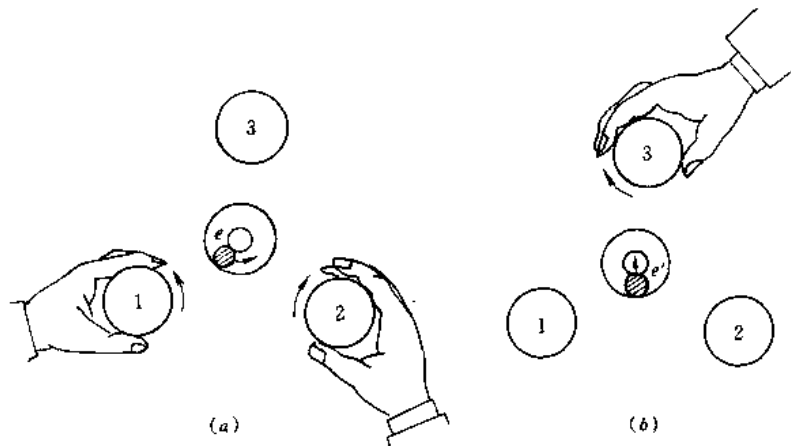


图 1-1 概略整平方法

所指的方向转动第三个脚螺旋,使气泡再从 e' 处移动到圆水准器的圆圈中心。一般需反复操作2~3次方可达到目的。操作熟练后,三个脚螺旋可一起转动,使气泡更快进入圆圈中心。

4. 读数练习

概略整平后,用准星和缺口瞄准水准尺,拧紧制动螺旋。分别调节目镜和物镜对光螺旋,使十字丝和物像都十分清晰。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,转动微倾螺旋使符合水准器气泡严格吻合。在气泡居中的瞬间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. 高程测量练习

(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,比较两次高差的较差,使其不大于5 mm。

四、注意事项

(1) 读数前符合水准器气泡必须严格吻合,不得有视差存在。

(2) 微动螺旋和微倾螺旋不要拧到极限,应保持在中间部位旋转。

(3) 观测者的身体各部位不得接触脚架。

五、实验报告

1. 填空

(1) 调节目镜,使_____,转动物镜对光螺旋使_____。

(2) 整平仪器时,用脚螺旋使圆水准器气泡居中,称为_____,转动微倾螺旋使水准管气泡居中,称为_____。

(3) 视差是物像未投影到_____,消除视差的方法是_____。

(4) 望远镜视准轴是_____的连线,水准管轴是_____。

(5) 准星和缺口瞄准目标后,应固紧_____,再转动_____,使十字丝纵丝平分尺面。

2. 问答

(1) 水准仪上的圆水准器和管状水准器各起什么作用?圆水准器气泡居中能说明水准仪已整平了吗?怎样才算水准仪已经置平了?

答:

(2) 照准目标后,从水准尺上读数,需完成哪几个操作步骤?请按操作的先后次序进行回答。

答:

实验二 普通水准测量

一、目的

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

二、仪器及工具

DS₃型水准仪 1 台,水准尺 1 对,尺垫 2 个,记录板 1 块,测伞 1 把。

三、实验步骤

从指定水准点出发按普通水准施测一条闭合水准路线,每人轮流观测 2 站,然后计算高差闭合差和高差闭合差的允许值。如果高差闭合差在允许范围内,则对闭合差进行调整,最后算出各站改正后的高差。若闭合差超限,则应返工重测。

四、技术规定

- (1) 视线长度一般不大于 100 m,前、后视距应大致相等。
- (2) 限差要求为

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

或

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

式中 L ——水准路线长度, km;

n ——测站数。

五、注意事项

- (1) 每次读数前水准管气泡必须严格居中。
- (2) 注意用中丝读数,不要错读成上下丝,读数时要注意消除视差。
- (3) 后视尺垫在仪器搬动前不得移动。仪器迁站时,前视尺垫不得移动。在已知高程点上和待测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。

六、实验报告

1. 填空

(1) 水准路线有以下 3 种形式: ① _____; ② _____;

③ _____。

(2) 在水准测量中, 尺垫放置的位置, 既立前尺, 又立后尺, 称为_____。

(3) 水准测量中, 精确整平仪器读完后视尺读数转向前视尺时, 发现符合水准器气泡不再居中, 应调_____螺旋, 使气泡重新居中。

(4) 视线高是_____加_____。

2. 普通水准测量手簿 (见表 1-1)

表 1-1

普通水准测量手簿

观测者_____ 记录者_____

测 站	点 号		中 丝 读 数 (m)	高 差 (m)	备 注
	后 视				
	前 视				
	后 视				
	前 视				
	后 视				
	前 视				
	后 视				
	前 视				

观测日期_____

3. 问答

(1) 水准测量中可能产生哪些误差? 在观测过程中采取哪些措施可以消减其对测量结果的影响?

答:

(2) 水准仪提供水平视线的条件是什么? 由于仪器存在哪些误差使水准仪不能精确提供水平视线? 此时只要采取什么措施仍能保证所测高差的正确性?

答:

实验三 微倾式水准仪的检验与校正

一、目的

- (1) 弄清水准仪的主要轴线及它们之间应满足的几何条件。
- (2) 掌握 DS₃ 型水准仪的检验与校正方法。

二、仪器及工具

DS₃ 型水准仪 1 台, 水准尺 1 对, 尺垫 2 个, 记录板 1 块。

三、实验步骤

1. 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 (一般仪器无此螺丝); 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。

2. 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。

3. 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 $h_1 - h_2 \leq \pm 3$ mm 为止。

四、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。

五、实验报告

1. 填空

- (1) 水准仪应满足的几何条件有: ① _____; ② _____

_____；③_____。

(2) 水准管轴平行于视准轴的检验步骤是：①_____

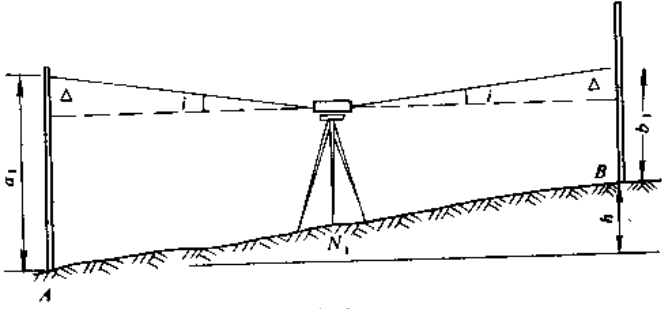
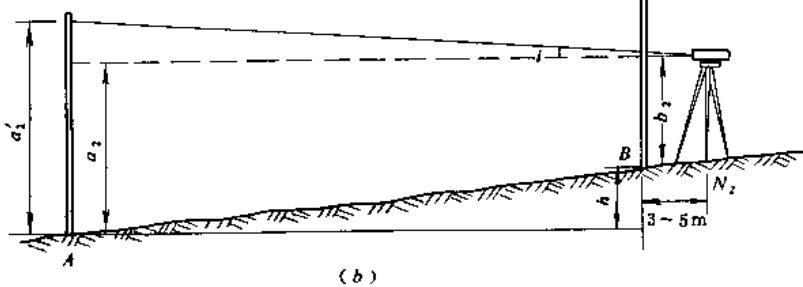
_____；②_____；③_____。

(3) 水准管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。

2. 水准仪检验与校正记录 (见表 1-2)

表 1-2

水准仪检验与校正记录

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			 (a)	
	b_1				
	$a_1 - b_1$				
B 端 站	h			 (b)	
	b_2				
	$h + b_2$				
站	a_2				
	Δ				

3. 问答

(1) 水准仪提供水平视线的必要与充分条件是什么？

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:

实验四 经纬仪的认识和使用

一、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。

二、仪器及工具

DJ₆ 级光学经纬仪 1 台,记录板 1 块,测钎 2 根。

三、实验步骤

1. 安置仪器

仪器从箱中取出后,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件的功能,正确使用制动螺旋、微动螺旋、调焦螺旋和脚螺旋,了解分微尺或测微轮的读数方法,以及度盘变换手轮或复测扳手(离合器)。

2. 练习对中和整平

DJ₆ 光学经纬仪除挂有垂球对中外,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，移动照准部再行对中，拧紧后仍需重新整平仪器。

3. 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。经过对光和调焦使物像清晰，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）准确照准目标，并读出水平度盘的读数（以 a 表示），计入手簿。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），计入手簿。 $\beta = b - a$ ，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。
- （3）仪器入箱后，要及时上锁；背动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。

五、实验报告

1. 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，直到气泡都居中为止。
- （3）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_____的微动螺旋精确照准目标。

2. 水平角观测记录及计算（见表 1-3）

表 1-3 水平角观测记录

日期_____		小组_____		仪器号_____
目 标	水平度盘读数 (° ' ")	水 平 角 β (° ' ")		备 注
左目标 A				
右目标 B				
左目标 C				
右目标 D				

3. 问答

(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) 利用光学对中器安置经纬仪，使对中精度可达 0.5 mm，试述其操作步骤。

答：

(3) 为使照准部竖轴处于铅垂位置，是依靠圆水准器气泡居中，还是管状水准器气泡居中？或两者皆要居中？为什么？

答：

实验五 测回法观测水平角

一、目的

- (1) 进一步熟悉 DJ₆ 级光学经纬仪的使用。
- (2) 掌握测回法观测水平角的记录及计算。
- (3) 每人对同一角度观测两个测回，测回间的始读数为 $180^\circ/n$ (n 为测回数)。各测回间的测回差应不超过 $24''$ 。

二、仪器及工具

DJ₆ 级光学经纬仪 1 台，记录板 1 块，测钎 2 根。

三、实验步骤

(1) 将仪器安置在测站上，对中、整平后，以盘左照准左目标，用度盘变换手轮使始读数略大于 $0^\circ 01'$ ，关上保险，将始读数记入手簿；松开制动螺旋，顺时针转动照准部，照准右目标，读数并记入手簿，称为上半测回。

(2) 倒转望远镜，盘右再照准右边目标，读数并记入手簿；松开制动螺旋，逆时针旋转照准部照准左目标，读数并记入手簿，称为下半测回。

(3) 第一测回完成后，检查水准管气泡是否偏离；若气泡偏离值大于 1 格，需重新整平仪器再测第二测回。第二测回开始前，始读数要设置到 $90^{\circ}01'$ 左右，再重复第一测回的各步骤。当两个测回间的测回差不超过 $24''$ 时，再取平均值。

四、注意事项

- (1) 一测回观测过程中，当水准管气泡偏离值大于 1 格时，应整平后重测。
- (2) 所设观测目标不应过大，否则以单丝平分目标或双丝夹住目标均有困难。

五、实验报告

1. 填空

- (1) 分微尺读数可直读到_____，估读到_____。
 - (2) 测微轮读数 (DJ₆ 级光学经纬仪) 可直读到_____，估读到_____。
 - (3) 照准和读数都要消除_____。
 - (4) 竖盘位于望远镜的左边称为_____，竖盘位于望远镜的右边称为_____。
 - (5) 同一测回中，照准部水准管气泡偏离不得超过_____格，若超过应_____。
2. 水平角观测记录计算 (见表 1-4)

表 1-4

水平角观测记录

日期_____		小组_____		仪器号_____			
测站	竖盘位置	目标	水平度盘读数 (° ' ")	半测回角值 (° ' ")	一测回角值 (° ' ")	各测回平均角值 (° ' ")	备 注

3. 问答

(1) 测回法观测水平角时，各测回间为何要变换始读数？如何改变？

答：

(2) 用经纬仪观测水平角时, 为什么要用盘左和盘右观测, 且取平均值?

答:

实验六 全圆方向法观测水平角

一、目的

- (1) 初步掌握全圆方向法测水平角的观测、记录、计算方法。
- (2) 每人观测一个测回, 测回起始读数变动数值仍用式 $180^\circ/n$ 计算。
- (3) 要求归零差不大于 $24''$, 测回差不大于 $24''$ 。

二、仪器及工具

DJ₆ 级光学经纬仪 1 台, 记录板 1 块, 测钎 4 根。

三、实验步骤

(1) 将仪器安置在测站上, 对中、整平后, 选择一个通视良好, 目标清晰的方向作为起始方向。

(2) 盘左观测。先照准起始方向 (称为 A 点), 使度盘读数置到 $0^\circ 01'$ 左右, 读数记入手簿; 然后顺时针转动照准部依次瞄准 B、C、D、A 点, 将读数记入手簿。A 点两次读数之差称为上半测回归零差, 其值应小于 $24''$ 。

(3) 倒转望远镜, 盘右观测。从 A 点开始, 逆时针依次瞄准 D、C、B、A, 读数记入手簿。A 点两次读数差称为下半测回归零差。

(4) 根据观测结果计算 $2c$ 值和各方向平均读数, 再计算归零后的方向值。

(5) 同一测站、同一目标、各测回归零后的方向值之差, 称为测回差, 应小于 $24''$ 。

四、实验报告

1. 填空

(1) 四个观测目标 A、B、C、D, 用全圆方向法观测, 其观测顺序为: 盘左时, _____; 盘右时, _____。

(2) 归零差是指 _____, 测回差是指 _____。

(3) $2c$ 值是 _____。

(4) 各测回间变换起始读数, 其计算公式为 _____, 其中 n 是 _____。

(5) DJ₆ 级光学经纬仪的归零差和测回差应不大于 _____。

