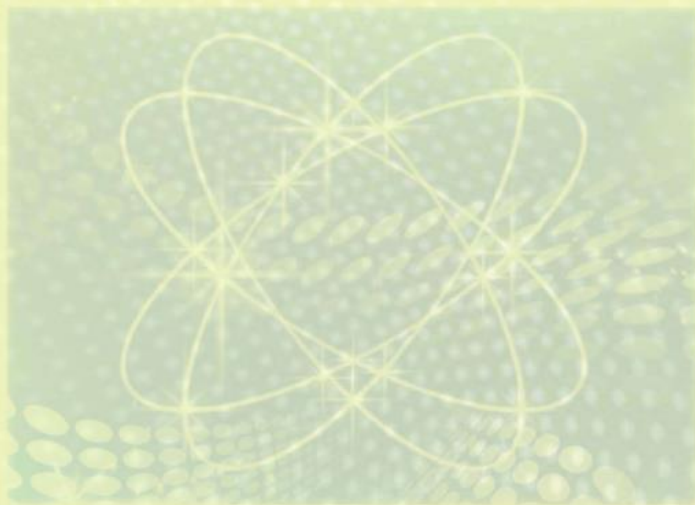


华东交通大学教材（专著）基金资助项目
普通高等院校测绘课程系列规划教材

测量学实践指导

程海琴 马国正 主编

聂启祥 黄征凯 康永红 何桂珍 副主编



西南交通大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学实践指导 / 程海琴, 马国正主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2023.5
ISBN 978-7-5643-9186-7

I. ①测… II. ①程… ②马… III. ①测量学—高等
学校—教学参考资料 IV. ①P2

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 037013 号

Celiang Xue Shijian Zhidao

测量学实践指导

主编 程海琴 马国正

责任编辑	杨 勇
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	4.25
字 数	93 千
版 次	2023 年 5 月第 1 版
印 次	2023 年 5 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-9186-7
定 价	15.00 元

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是为“测量学”和“施工测量”编写的实践配套教材，主要用于土木工程、道路工程、桥梁工程和交通工程等专业的测量实践指导。全书分为三章：第一章是“测量实验与实习须知”，介绍测量实验、实习的注意事项以及相关规定；第二章是“测量实验”，包括 14 个测量学基础实验和施工测量实验；第三章是“测量实习”，内容为大比例尺地形图测绘和施工测量实习指导书。

本书由华东交通大学测绘工程系编写。其中第一章、第二章实验一至实验十由程海琴编写，实验十一和实验十二由马国正编写，实验十三和实验十四由聂启祥编写，第三章由黄征凯编写。

本书编写过程中，编者参阅了相关文献，并引用了一些资料，向有关作者表示感谢！

编 者

2022 年 10 月

目 录

第一章 测量实验与实习须知	1
第二章 测量实验	3
实验一 水准仪的认识与使用	3
实验二 等外水准测量	6
实验三 水准仪的检验与校正	8
实验四 四等水准测量	11
实验五 经纬仪的认识与使用	13
实验六 全站仪的认识与使用	16
实验七 测回法观测水平角	19
实验八 方向法观测水平角	21
实验九 竖直角观测	23
实验十 全站仪坐标测量	25
实验十一 图根控制测量	27
实验十二 全站仪坐标测设	30
实验十三 圆曲线测设	33
实验十四 道路纵、横断面测量	35
第三章 测量实习	38
实习一 大比例尺地形图测绘	38
实习二 施工测量实习	51

第一章 测量实验与实习须知

“测量学”和“施工测量”是实践性很强的两门课程，课堂实验与期末实习是必不可少的教学环节。在掌握基本理论知识的基础上，学生通过仪器操作、外业观测、内业计算以及室内绘图等实践作业，将进一步深化对测量原理、测量方法的理解。

一、实验与实习的目的及有关规定

1. 测量实验与实习的目的，一方面是验证、巩固在课堂上所学的知识，另一方面是熟悉测量仪器的构造和使用方法，培养学生开展测量工作的基本操作技能，使其学到的理论与实践紧密结合。

2. 在实验或实习之前，必须复习教材中的有关内容，认真仔细地预习实验或实习指导书，明确实验要求、方法步骤及注意事项，从而保证按时完成实验和实习任务。

3. 实验或实习分小组进行，组长负责组织协调工作，办理所用仪器工具的借领和归还手续。每位同学都必须认真、仔细地操作，培养独立的工作能力和严谨的科学态度，同时要发扬互相协作的精神。

4. 实验或实习应在规定的时间和地点进行，不得无故缺席、迟到或早退，不得擅自改变地点或离开现场。

5. 在实验或实习过程中或结束时，发现仪器工具有遗失、损坏情况，应立即报告指导教师，同时要查明原因，根据情节轻重，给予适当赔偿和接受相关处理。

6. 实验或实习结束时，应提交书写工整、规范的实验报告或实习记录，经指导教师审阅同意后，才可交还仪器工具、结束工作。

二、使用仪器、工具的注意事项

以小组为单位到指定地点领取仪器、工具，领借时应当场清点、检查，如有缺损，可以报告实验管理员补领或更换。

1. 携带仪器时，注意检查仪器箱是否扣紧、锁好，拉手和背带是否牢固，并注意轻拿轻放。开箱时，应将仪器箱放置平衡。开箱后，记清仪器在箱内安放的位置，以使用后按原样放回。提取仪器时，应用双手握住支架或基座轻轻取出，放在三脚架上，保持一手握住仪器，一手拧连接旋钮，使仪器与三脚架牢固连接。仪器取出后，应关好仪器箱，严禁在箱上坐人。

2. 不可置仪器于一旁而无人看管。
3. 若发现透镜表面有灰尘或其他污物，需用软毛刷或擦镜头纸拂去，严禁用手帕、粗布或其他纸张擦拭，以免磨坏镜面。
4. 各制动旋钮勿拧过紧，以免损伤；各微动旋钮勿转至尽头，防止失灵。
5. 近距离搬站，应放松制动旋钮，一手握住三脚架放在肋下，一手托住仪器，放置胸前稳步行走。不准将仪器斜扛肩上，以免碰伤仪器。若距离较远，必须装箱搬站。
6. 仪器装箱时，应松开各制动旋钮，按原样放回后先试关一次，确认放妥后，再拧紧各制动螺钉，以免仪器在箱内晃动，最后关箱上锁。

三、记录与计算规则

1. 实验所得各项数据的记录和计算，必须按记录格式用铅笔认真填写。字迹应清楚并随观测随记录。不准先记在草稿纸上，然后誊入记录表中，以防听错、记错。
2. 记录错误时，不准用橡皮擦去，也不准在原数字上涂改，应将错误的数字划去并把正确的数字记在原数字上方。记录数据修改后或观测成果废去后，都应在备注栏内注明原因（如测错、记错或超限等）。
3. 禁止连续更改数字，例如：水准测量中的黑、红面读数；角度测量的盘左、盘右读数；距离丈量中的往测与返测结果等，均不能同时更改。否则，必须重测。
4. 数据运算应根据所取位数，按“四舍六入、五单进双舍”的规则进行数字凑整。

第二章 测量实验

实验一 水准仪的认识与使用

一、实验目的

1. 认识 DS₃ 微倾式水准仪的基本构造、各操作部件的名称和作用。
2. 掌握 DS₃ 水准仪的安置、瞄准和读数方法。
3. 练习水准测量一测站的测量、记录和高差计算。

二、实验设备及器件

DS₃ 微倾式水准仪 1 台，脚架 1 个，水准尺 1 对，记录板 1 块。

三、实验任务

每组每位同学完成水准仪的安置和整平工作，熟练进行水准尺读数。

四、实验方法及步骤

1. 了解微倾式水准仪的构造，掌握各螺旋和部件的名称、功能及操作方法。
2. 水准仪的安置。

(1) 仪器架设：在测站上打开脚架，按观测者的身高调节脚架腿的高度，使脚架架头大致水平。如果地面比较松软，则应将脚架的三个脚尖踩实，使脚架稳定。然后将水准仪从箱中取出平稳地安放在脚架头上，一手握住仪器，一手立即用连接螺旋将仪器固连在脚架头上。

(2) 粗略整平：通过调节三个脚螺旋使圆水准器气泡居中，从而使仪器的竖轴大致铅垂。在整平过程中，气泡移动的方向与左手大拇指转动脚螺旋时的移动方向一致。如果地面较坚实，可先练习固定脚架两条腿，移动第三条腿使圆水准器气泡大致居中，然后再调节脚螺旋使圆水准器气泡居中。

3. 水准尺读数。

(1) 瞄准：转动目镜调焦螺旋，使十字丝成像清晰；松开制动螺旋，转动仪器，用准星瞄准水准尺，旋紧制动螺旋；转动微动螺旋，使水准尺位于视场中央；转动物镜调焦螺旋，消除视差，使目标清晰。

(2) 精平：转动微倾螺旋，使符合水准管气泡两端的半影像吻合（成圆弧状），即符合气泡严格居中。

(3) 读数：从望远镜中观察十字丝横丝在水准尺上的分划位置，读取 4 位数字，即直接读出米、分米、厘米的数值，估读毫米的数值。读数应迅速、果断、准确，读数后应立即重新检视符合水准器气泡是否仍居中，如仍居中，则读数有效，否则应重新使符合水准气泡居中后再读数。如图 2.1。



图 2.1 水准尺读数

4. 一测站水准测量练习。

在地面选定两个点分别作为后视点和前视点并立尺，在距两尺距离大致相等处安置水准仪，粗平，瞄准后视尺，精平后读数，再瞄准前视尺，精平后读数，记录数据并计算高差。换一人变换仪器高再进行观测，小组各成员所测高差之差不得超过 $\pm 6 \text{ mm}$ 。

五、注意事项

1. 水准仪安置时应使脚架头大致水平，脚架跨度不能太大，避免摔坏仪器。
2. 水准仪安放到脚架上必须立即将中心连接螺旋旋紧，严防仪器从脚架上掉下摔坏。
3. 在读数前应注意消除视差。
4. 读数前，必须使符合水准管气泡居中（水准管气泡两端影像符合）。
5. 记录员听到观测员读数后必须向观测员回报，经观测员确认后后方可记入手簿，以防听错而记错。数据记录应字迹清晰，不得涂改。
6. 迁站时，仪器可不用装箱，但应保证仪器和脚架在搬动过程中呈竖直状态。

实验二 等外水准测量

一、实验目的

1. 掌握普通水准测量方法，熟悉水准测量的记录、计算和检核。
2. 熟悉水准路线的布设形式和未知点高程的计算。
3. 掌握两次仪高法检核水准测量成果。

二、实验设备及器件

DS₃微倾式水准仪 1 台，脚架 1 个，水准尺 1 对，记录板 1 块。

三、实验任务

1. 完成一条闭合水准路线的等外水准测量。
2. 观测成果符合精度要求后，进行闭合水准路线高差闭合差的调整和高程计算。

四、实验方法及步骤

1. 实验场地选定一明显标志点位，地面做标记，该点作为闭合水准路线起点，相对高程为 100.000 m。
2. 选定最少 3 个待测点，与起点构成一条闭合水准路线，路线长度不得小于 200 m。
3. 在测站安置水准仪，前后尺距离尽量相等。
4. 水准仪瞄准后视尺黑面，精确整平后读数 a ，然后瞄准前视尺黑面，精确整平后读数 b 。
5. 依次完成各测段观测后，计算闭合差 $f_h = \sum a - \sum b$ 。注意：闭合差的容许值为 $F_h = \pm 12\sqrt{n}$ mm 或 $F_h = \pm 40\sqrt{L}$ mm，式中： n 为测站数； L 为水准路线长度，以 km 为单位。
6. 如果闭合差符合精度要求，进行闭合差分配，计算各待测点高程；如果闭合差超限，则重新开展外业观测。

五、注意事项

1. 读数前水准仪必须精确整平，注意消除视差。
2. 水准尺必须扶直。
3. 水准仪视线长度不得超过 100 m。

六、实验成果

完成表 2.2。

表 2.2 等外水准测量记录手册

仪器型号：_____ 观测日期：_____ 观测天气：_____ 观测：_____ 记录：_____

测站	测点	水准尺读数/m		高差/m		高程/m	备注
		后视 a	前视 b	+	-		
计算检核	$\sum a =$	$\sum b =$	$\sum a - \sum b =$	$\sum h =$			
闭合差	$f_h =$		$F_h = \pm 12\sqrt{n} =$				
水准路线示意图							

实验三 水准仪的检验与校正

一、实验目的

1. 了解水准仪的构造、原理。
2. 掌握水准仪的主要轴线及它们之间应满足的条件。
3. 掌握 DS₃ 水准仪的检验和校正方法。

二、实验设备及器件

DS₃ 水准仪 1 台，脚架 1 个，水准尺 1 对，皮尺 1 把，记录板 1 块。

三、实验任务

每组完成水准仪的圆水准器、十字丝横丝和水准管平行于视准轴 (i 角) 共 3 项检验。

四、实验方法及步骤

1. 圆水准器轴平行于仪器竖轴的检验。

先将圆水准器平行于其中两个脚螺旋，整平圆水准器待气泡居中后，将望远镜旋转 180°，观察气泡是否仍然居中。

2. 十字丝横丝垂直于仪器竖轴的检验。

用十字丝横丝的左端瞄准一点状目标，旋紧水平制动螺旋，转动水平微动螺旋，观察该点是否仍在横丝上移动。如果该点在横丝上移动，说明此条件满足，如果该点离开横丝，则需校正。

3. 水准管轴平行于视准轴 (i 角) 的检验和校正。

(1) 检验：在地面上选定相距约 80 m 的 A、B 两点，安置水准仪于 A、B 的中点，仪器精平后，分别读出 A、B 两点水准尺的读数 a_1 、 b_1 ，求出两点间的正确高差 $h_{AB} = a_1 - b_1$ 。如图 2.2。

仪器安置于靠近 B 点 (距 B 点约 2 m)，测得 A、B 两点水准尺读数分别为 a_2 、 b_2 ，则 A、B 间的高差为 $h'_{AB} = a_2 - b_2$ 。

若 $h'_{AB} = h_{AB}$ ，表明水准管轴平行于视准轴，几何条件满足。若 $h'_{AB} \neq h_{AB}$ ，则 h'_{AB} 有 i 角影响。如果 i 角超过 $\pm 20''$ ，则需要进行校正。 i 角计算公式如下：

$$i = \frac{h'_{AB} - h_{AB}}{S_{AB}} \cdot \rho''$$

其中， S_{AB} 为 A、B 两点的距离， $\rho'' = 206\,265$ 。

(2) 校正方法：水准仪不动，计算 i 角对 A 点水准尺读数的影响 x_A 和视线水平时 A 点水准尺上应有的正确读数 a'_2 ，即

$$x_A = \frac{i}{\rho} S_A, \quad a'_2 = a_2 - x_A$$

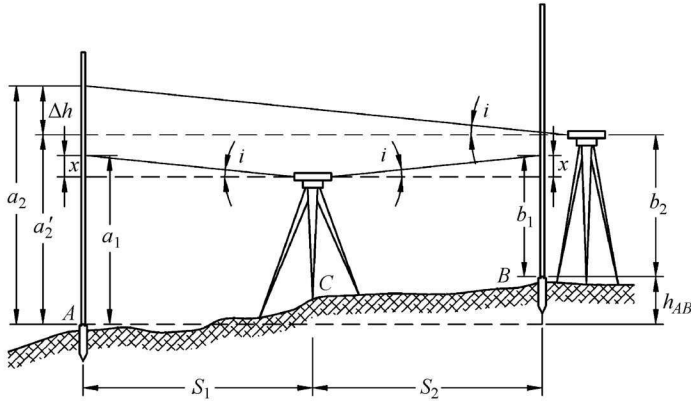


图 2.2 水准管轴平行于视准轴的检验

五、实验成果

1. 圆水准器轴平行于竖轴的检验（绘图说明检验情况）。

完成表 2.3。

表 2.3 圆水准器轴平行于竖轴的检验

检验次数	1	2	3	4	5
气泡偏离					

2. 望远镜十字丝横丝的检验。

完成表 2.4。

表 2.4 望远镜十字丝横丝的检验

检验次数	1	2	3
误差是否显著			

3. 水准管轴平行于视准轴。
完成表 2.5。

表 2.5 水准管轴平行于视准轴

仪器位置	立尺点	水准尺读数	高差	计算
水准仪在 两尺中间	<i>A</i>			$D_{AB} =$ $i =$
	<i>B</i>			
水准仪靠近 <i>B</i> 尺	<i>A</i>			$x_A =$ $a'_2 =$
	<i>B</i>			

实验四 四等水准测量

一、实验目的

1. 掌握用双面水准尺进行四等水准测量的观测、记录与计算方法。
2. 熟悉四等水准测量的主要技术指标，掌握测站及线路的检核方法。

二、实验设备及器件

水准仪 1 台，脚架 1 个，水准尺 1 对，记录板 1 块。

三、实验任务

每组完成一条闭合水准路线的四等水准测量，测站数一般为 4~6 个。

四、实验方法及步骤

在实验地点选取一点作为高程起始点，选择一定长度、有一定起伏的路线组成一条闭合水准路线，该闭合水准路线包含 4 个或 6 个测站。测站观测顺序如下：

1. 照准后视尺黑面，读取下、上、中丝读数。
2. 照准前视尺黑面，读取下、上、中丝读数。
3. 照准前视尺红面，读取中丝读数。
4. 照准后视尺红面，读取中丝读数。

此观测顺序简称为“后—前—前—后”，“黑—黑—红—红”主要是为抵消水准仪与水准尺下沉产生的误差。

实验结束时提交记录、计算成果。

五、注意事项

1. 按规范要求，每条水准路线测量测站个数应为偶数站，以消除两根水准尺的零点误差和其他误差。
2. 水准尺要尽量竖直，以减小水准尺倾斜误差对读数的影响。
3. 每个测站必须等全部计算完毕并确认符合限差要求后才能迁站。
4. 四等水准测量测站限差规定：前、后视距值 ≤ 80 m，前后视距差 $\leq \pm 5$ m，黑红面读数差 $\leq \pm 3$ mm，黑红面所测量高差之差 $\leq \pm 5$ mm，水准路线高差闭合差限差 $F_h = \pm 20\sqrt{L}$ 或 $F_h = \pm 6\sqrt{n}$ 。

六、实验成果

完成表 2.6。

表 2.6 四等水准测量记录表

仪器型号：_____ 观测日期：_____ 观测天气：_____ 观测：_____ 记录：_____

测站点号	水准点	后尺		前尺		方向	水准尺读数		K + 黑 - 红 /mm	平均 高差
		下丝	上丝	下丝	上丝		黑面	红面		
		后视距离		前视距离						
		视距差/m		$\sum d/m$						
						后				
						前				
						后 - 前				
						后				
						前				
						后 - 前				
						后				
						前				
						后 - 前				
						后				
						前				
						后 - 前				

实验五 经纬仪的认识与使用

一、实验目的

1. 了解经纬仪的构造以及主要部件的名称与作用。
2. 练习经纬仪对中、整平、瞄准和读数方法。

二、实验设备及器件

DJ₆/DJ₂ 光学经纬仪 1 台，脚架 1 个，记录板 1 块，花杆 2 根。

三、实验任务

每组每位同学熟练掌握经纬仪的对中、整平、瞄准、读数方法。

四、实验方法及步骤

1. 经纬仪安置：在给定的测站点张开三脚架，按照观测者身高调整仪器高度，要求架头基本水平，中心大致位于测站点的铅垂线上。

从仪器箱取出仪器，将经纬仪安置在三脚架的架头，一手扶住仪器，一手旋转位于架头底部的连接螺旋，旋紧螺旋将仪器固定在脚架上。

2. 对中：旋转光学对中器的目镜调焦螺旋，使分划板对中圈清晰；推拉光学对中器镜管，使地面测站点标志清晰。调整基座螺旋，使地面测站点标志位于对中圈内。

3. 整平：分为“粗平”和“精平”。粗平，即粗略整平仪器，通过伸缩脚架腿使圆水准器气泡居中；精平，即精确整平仪器，通过调节脚螺旋使管水准器气泡居中，操作方法如图 2.3。

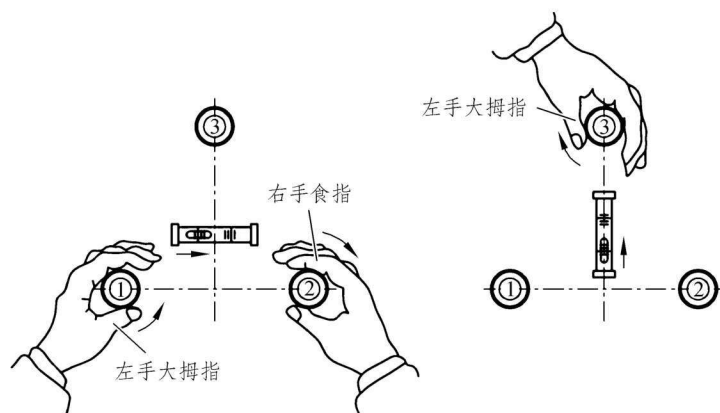


图 2.3 精确整平方法