



普通高等学校“十二五”规划教材

工程测量实训

主编 李玉芝 王超



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等学校“十二五”规划教材

工程测量实训

主 编 李玉芝 王 超
副主编 丁建全 连金玲

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

依据“工程测量规范”、“工程测量员职业资格标准”,本书采用行动导向教学法选择训练项目,确定训练目标,设计训练内容,制定训练检查和考核标准,并附有实训报告。全书结构严谨、叙述清晰、图表丰富、内容联系实际且简单实用。

本书结合工程测量实际,设置8个项目,包括水准测量、角度测量、全站仪距离测量、小区域平面控制测量、高程控制测量、大比例尺地形图测绘、线路工程测量、建筑工程测量等,每一个项目的实施,均以工程测量岗位的典型工作任务实施过程为线索,设计实训任务。通过实训任务的实施,使学生认识工程测量岗位的工作内容和工作过程,提高职业素质和技能水平。

本书可作为建筑工程、水利工程、造价工程、给排水工程、道路桥梁工程等专业的工程测量实训教材,也可以作为工程测量人员技能培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量实训/李玉芝,王超主编. —北京:国防工业出版社,2016.2

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-10745-6

I. ①工... II. ①李...②王... 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 028367 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

三河市鼎鑫印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 7 字数 157 千字

2016年2月第1版第1次印刷 印数1—3000册 定价25.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

“工程测量”是实践性非常强的一门课程,为满足该课程实践教学的需要,我们编写了《工程测量实训》教材。本书在吸取了原有同类教材成功经验的基础上,以高等学校土木工程专业教学指导委员会制定的“土木工程指导性专业规范”为指导,紧密结合当前生产实践,并充分考虑高职院校工程测量课程教学特点,项目设置上由易到难,由基础到综合,内容实用,同时反映当代测量学科的新技术。本书可供高职高专、成人教育等院校的建筑工程、水利工程、造价工程、给排水工程、道路桥梁工程等相关专业教学使用,可以作为教师必备的教学材料,为学生实训提供最实用的指导。

全书共设8个项目,包括水准测量、角度测量、全站仪距离测量、小区域平面控制测量、高程控制测量、大比例尺地形图测绘、线路工程测量、建筑工程测量等,每一个项目的实施,均以工程测量岗位的典型工作任务实施过程为线索,设计实训任务,体现了以能力为本位的职业教学特色。

本书由山东水利职业学院李玉芝担任主编,确定编写大纲和整体结构。参与编写的人员有云南国土资源职业学院王超、山东水利职业学院丁建全、山东省煤田地质局第一勘探队连金玲、云南国土资源学院和万荣。本书是所有参与编写教师共同努力的结果,同时,在编写过程中,参考了大量的文献资料,引用了同类书刊的部分内容,在此谨向有关单位和作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误在所难免,欢迎同行专家和读者批评指正。

作者

2015年12月

目 录

实训须知	1
项目 1 水准测量	4
任务 1-1 DS ₃ 水准仪认识	4
任务 1-2 普通水准测量	9
任务 1-3 微倾式水准仪检验与校正	12
项目 2 角度测量	16
任务 2-1 DJ ₆ 经纬仪认识	16
任务 2-2 认识全站仪	20
任务 2-3 水平角观测——测回法	26
任务 2-4 水平角观测——全圆观测法	29
任务 2-5 竖直角观测	32
项目 3 全站仪距离测量	36
项目 4 小区域平面控制测量——图根导线测量	40
项目 5 高程控制测量	48
任务 5-1 四等水准测量	48
任务 5-2 电磁波测距三角高程测量	53
项目 6 大比例地形图测绘	58
任务 6-1 全站仪坐标测量	58
任务 6-2 全站仪数据采集	62
任务 6-3 内业成图	69
项目 7 线路工程测量	78
任务 7-1 全站仪点位放样	78
任务 7-2 线路中线测量	85

任务 7-3 线路纵横断面测量及土方量计算	89
任务 7-4 道路施工测量	94
项目 8 建筑工程测量	99
任务 8-1 场地平整	99
任务 8-2 建筑定位与基础开挖边线测设	102
参考文献	106

实训须知

一、实训基本要求

- (1) 实训前阅读本书，了解实训方法。
- (2) 根据实训内容阅读配套《工程测量》教材中的相关章节，掌握基本概念，学习操作方法，保证实训顺利进行。
- (3) 按本书的要求，在实训课前准备好相应的工具。
- (4) 实训过程中，遵守实训纪律，认真听取指导教师的讲解。
- (5) 实训的具体操作应按本书的规定进行，如遇问题及时向指导教师提出。
- (6) 实训中出现仪器故障应立即报告指导教师，绝不允许自行处理。
- (7) 实训场地一般为校内实训场地或校外实训基地，在实训前由指导教师决定。
- (8) 本书具备实训所涉及到的绝大部分表格，因此实训时不需要额外携带记录计算表格。

二、仪器设备的借用办法

- (1) 实训设备已在本书中写明，学生以小组为单位，在实训前向测量仪器室借领。
- (2) 借领仪器时每组由实训小组长带 1~2 名同学按组编号顺序到测量仪器室借领。清点并检查后，由借领人填写仪器、工具借领登记表，并填上班级、组别及日期并签字，然后将登记表交仪器管理人员。要听从仪器管理人员的安排，遵守实验室规定。
- (3) 实训过程中要妥善保管好仪器设备，组间不得任意调换。如有损坏和遗失，视情节严重给以处理并按有关规定赔偿。
- (4) 实训完毕，应将仪器设备立即交还仪器室，由管理人员清点检查。

三、仪器的安全使用

(1) 仪器开箱前，应将仪器箱平放在地上，严禁手提或怀抱着仪器开箱，以免仪器在开箱时落地损坏。开箱后应注意看清楚仪器在箱中安放的状态，以便在用完后按原样入箱。仪器在取出前，应松开各制动螺旋，提取仪器时，要用手托住仪器的基座，另一手握持支架，将仪器轻轻取出，严禁用手提望远镜和横轴。仪器及所用部件取出后，应及时合上箱盖，以免灰尘进入箱内。仪器箱放在测站附近，箱上不许坐人。作业完毕后，应将所有微动螺旋退回到正常位置，并用擦镜纸或软毛刷除去仪器表面的灰尘。然后卸下仪器双手托持，按出箱时的位置放入原箱。盖箱前应将各制动螺旋轻轻旋紧，检查附件齐全后可轻合箱盖，箱盖吻合方可上盖，不可强力施压以免损坏仪器。

(2) 架设仪器时, 先将三脚架架稳并大致居中, 然后放上仪器, 并立即拧紧中心连接螺旋。

(3) 对仪器要小心轻放, 避免强烈的冲击震动, 安置仪器前应检查三脚架的牢固性, 作业过程中仪器要随时有人防护, 以免造成重大损失。

(4) 仪器在搬站时, 可视搬站的远近、道路情况以及周围环境等决定仪器是否装箱。搬站时, 应把仪器的所有制动螺旋略微拧紧, 但不要拧得太紧, 目的是仪器万一受到碰撞时, 还有转动的余地, 免得仪器受伤。搬运过程中, 仪器脚架必须竖直拿稳, 不得横扛在肩上。

(5) 仪器在野外使用时, 必须用伞遮住太阳。仪器望远镜的物镜和目镜的表面不能让太阳照射, 也要避免灰沙雨水的侵袭。

(6) 仪器任何部分若发生故障, 不应勉强继续使用, 要立即检修, 否则将会使仪器损坏加剧。

(7) 没有必要时, 不要轻易拆开仪器, 仪器拆卸次数太多会影响其测量精度。

(8) 光学原件应保持清洁, 如沾染灰尘必须用毛刷或柔软的擦镜纸清除, 禁止用手指抚摸仪器的任何光学元件表面。

(9) 在潮湿的环境中作业, 工作结束后, 要用软布擦干仪器表面的水分或灰尘后才能装箱。回到驻地或仪器室后立即开箱取出仪器放置干燥处, 彻底晾干后才能装入仪器箱内。

(10) 所有仪器在连接外部设备时, 应注意相对应的接口、电极连接是否正确, 确认无误后方可开启主机和外围设备。拔插连线时不要抓住线就往外拔, 应握住接头顺方向拔插, 也不要边摇晃插头边拔插, 以免损坏接头。数据传输线、GPS 天线等在收线时不要弯折, 应盘成圈收藏, 以免各类连接线被折断而影响工作。

四、记录计算的基本要求

(1) 记录计算应用 2H 或 3H 绘图铅笔。字体略大于格高的一半, 留有空隙以备记错时修改之用。

(2) 字迹要端正, 不能出现模糊、影响识读现象。

(3) 记录必须保持其原始性和真实性, 各项记录必须直接记入在规定的表格内, 不准另以纸条记录事后誊写。凡记录表格上规定应填写的项目不得空白。

(4) 观测者读数后, 记录者应在记录的同时回报读数, 以防听错、记错。

(5) 记录的数据应写齐规定的字数, 表示精度或占位的“0”均不能省略。如水准尺读数 1.430m 不能记作 1.43m, 角度读数 $45^{\circ}06'06''$ 不能记作 $45^{\circ}6'6''$ 。

(6) 禁止擦拭、涂改。记录数字若有错误, 不能就字改字或用橡皮擦改, 应在错误数字上划一斜杠, 将改正数据记在原数上方。所有记录的修改和观测成果的作废, 必须在备注栏注明原因, 如测错、记错或超限。

(7) 禁止连环划改, 如水准测量的黑、红读数, 角度测量中的盘左、盘右读数, 距离测量中的往、返读数等, 均不能同时更改, 否则重测。

(8) 数据计算时, 应根据所取位数, 按“4 舍 6 入, 5 看奇偶”的规则进行凑整。例

如，若取至毫米则 1.4564m、1.4556m、1.4565m、1.4555m 应记为 1.456m。

(9) 每测站观测结束后，必须在现场完成规定的计算和检核，确认无误后方可迁站。如出现超限情况，应立即重测。

(10) 对于限差的计算，尾数只舍不入，例如 $f_{h允} = \pm 12 \times \sqrt{21} \approx \pm 54\text{mm}$ ，而不是 $\pm 55\text{mm}$ 。

项目 1 水准测量

任务 1-1 DS₃水准仪认识

一、实训目标

1. 技能目标

- (1) 能识别 DS₃ 水准仪的基本构造，认清其主要部件的名称及作用。
- (2) 能正确进行 DS₃ 水准仪的安置、瞄准与读数工作。
- (3) 能正确测定地面上两点间高差。

2. 态度目标

(1) 具备按仪器操作规程作业，保护小组人身和设备安全，按时、按质、按量完成测量任务的责任意识。

(2) 具有集体荣誉高于一切的团队观念，吃苦耐劳、甘于奉献、克服困难、精益求精的敬业精神。

二、实训任务

- (1) 认识 DS₃ 水准仪基本构造、各部件的名称及作用。
- (2) 学习使用 DS₃ 水准仪圆水准器粗略整平仪器。
- (3) 训练利用 DS₃ 水准仪瞄准目标、精平、消除视差和读取水准尺读数。
- (4) 训练利用 DS₃ 水准仪测量地面两点间的高差。

三、实训设备

每个小组一台 DS₃ 水准仪、一对双面尺、高差记录表、铅笔。

四、任务实施

1. 安置仪器

将三脚架张开，旋紧脚架伸缩脚螺旋，安置三脚架高度适中，目估架头水平。开箱取仪器，并用中心连接螺旋将其连接在三脚架上。

2. 认识仪器

如图 1-1 和图 1-2 所示，指出仪器各部件的名称，了解其作用并熟悉其使用方法，同时弄清水准尺的分划与注记(图 1-3)。

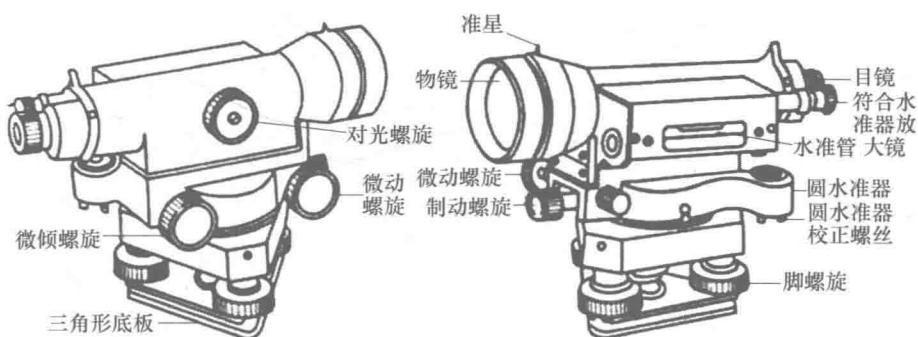


图 1-1 微倾式水准仪



图 1-2 自动安平水准仪

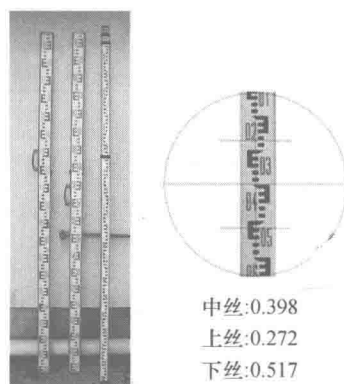


图 1-3 水准尺及读数

3. 粗略整平

如图 1-4 所示, 先用双手同时向内(或向外)转动一对脚螺旋, 使其水准器气泡移动到第三个脚螺旋与仪器中心连线的方向上, 再转动另一只脚螺旋使气泡居中, 通常需反复进行。注意气泡移动的方向与左手拇指运动的方向一致。

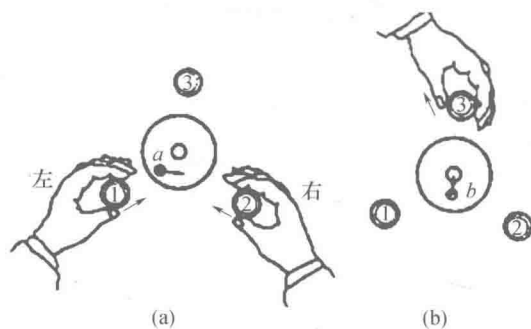


图 1-4 水准仪整平操作图解

4. 瞄准水准尺

司尺人员立水准尺于地面点上, 司仪人员松开水准仪制动螺旋, 转动望远镜, 用准星和照门粗略瞄准水准尺, 固定制动螺旋; 转动目镜对光螺旋进行对光, 使十字丝分划清晰, 再转动物镜对光螺旋看清水准尺影像; 转动水平微动螺旋, 使十字纵丝平分水准

尺。仪器操作人员眼睛在目镜一侧上下移动，若读数发生变化，说明存在视差，则应反复进行物镜和目镜对光予以消除。

5. 精平

转动微倾螺旋使符合水准器气泡两端的影像吻合(即成一弧状)，也称精平。注意：符合水准器气泡移动方向与微倾螺旋转动方向相反。

6. 读数

用中丝在水准尺上读取 4 位读数，即米、分米、厘米及毫米位。读数时应先估出毫米数，然后按米、分米、厘米及毫米，一次读出 4 位数。

7. 测定地面两点间的高差

- (1) 在地面选定 A、B 两个较坚固的点。
- (2) 在 A、B 两点间安置水准仪，使仪器至 A、B 两点的距离大致相等。
- (3) 在点 A 上竖立水准尺。瞄准 A 点上水准尺，精平后读数，此为后视读数，记入表 1-1 中后视读数栏中。
- (4) 再将水准尺立于点 B，操作人员松开制动螺旋转动望远镜瞄准点 B 上的水准尺，精平后读取前视读数，并记入表 1-1 中前视读数栏中。

表 1-1 水准测量记录手簿

日期_____ 仪器型号_____ 观测_____ 记录_____

测站	测点	水准尺读数		高差/m	高程/m
		后视/m	前视/m		

(5) 计算 A、B 两点间的高差： h_{AB} =后视读数-前视读数。

注意事项：

- (1) 操作仪器时，转动各个螺旋用力要轻。微动螺旋和微倾螺旋不要旋转到极限，应保持在适中的位置。
- (2) 读中丝读数前一定要消除视差，符合水准管气泡要严格居中。
- (3) 读数时切忌身体各部位接触仪器和脚架。

五、检查

- (1) DS₃ 水准仪各部件识别、功能及使用方法。
- (2) DS₃ 水准仪操作正确及熟练程度。
- (3) 水准尺读数。

六、考核标准

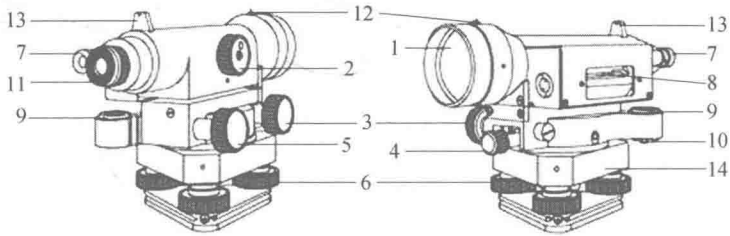
(1) 操作评定：DS₃水准仪操作正确及熟练程度，占 50%。

(2) 学生自评：学生根据自己在项目实施过程中的作用及表现进行自评，占 10%。

(3) 小组互评：根据工作表现、发挥的作用、协作精神等小组成员互评，占 15%。

(4) 教师评价：根据考勤、学习态度、吃苦精神、协作精神、职业道德、实训成果质量等方面进行评定，占 25%。

七、实训报告

实训任务			
时间		地点	
仪器设备		小组成员	
任务描述			
任务实施			
1. 认识水准仪的构造			
			
1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____			
7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____ 11. _____ 12. _____			
13. _____ 14. _____			
2. 水准仪操作程序			

(续)

3. 测量两点的高差

日期_____ 仪器型号_____ 观测_____ 记录_____

测站	测点	水准尺读数		高差/m	高程/m	备注
		后视/m	前视/m			

4. 实训总结

任 务 考 核	考核方式	要求	分值	得分
	操作评定	DS ₃ 水准仪操作正确及熟练程度	50	
	学生自评	学生根据自己在项目实施过程中的作用及表现进行自评	10	
	小组互评	根据工作表现、发挥的作用、协作精神等小组成员互评	15	
	教师评价	根据考勤、学习态度、吃苦精神、协作精神、职业道德、实训成果质量等方面进行评定	25	
	合计		100	

任务 1-2 普通水准测量

一、实训目标

1. 技能目标

- (1) 能结合实训场地独立布设闭合水准路线。
- (2) 以组为单位,能完成等外水准测量的施测、记录、计算、闭合差调整及高程计算。
- (3) 每位学生都能熟练掌握普通水准测量观测、记录、计算、闭合差调整及高程计算的方法。

2. 态度目标

- (1) 具有不抄袭、不伪造测量成果的诚信品质。
- (2) 具备按仪器操作规程作业,保护小组人身和设备安全,按时、按质、按量完成测量任务的责任意识。
- (3) 具有集体荣誉高于一切的团队观念,吃苦耐劳、甘于奉献、克服困难、精益求精的敬业精神。

二、实训任务

- (1) 以组为单位,布设一闭合水准路线,并进行该水准路线的外业观测(至少观测四站)。
- (2) 检验观测精度,合格后进行闭合差的调整和高程推算。

三、实训设备

每个小组一台 DS_3 水准仪、一对双面尺、一支铅笔、一部计算器、高差记录表若干。

四、任务实施

- (1) 在地面选定 A、B、C 三个坚固点作为待定高程点,如图 1-5 所示, BM_1 为已知高程点,其高程由老师提供。

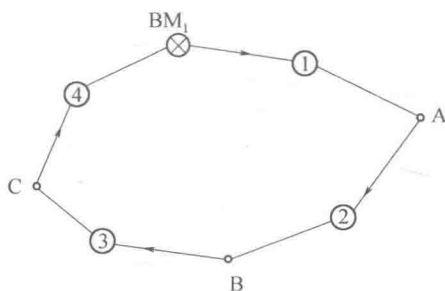


图 1-5 点位分布示意图

- (2) 安置仪器于 BM_1 和 A 点之间,目估前、后视距离相等,进行粗略整平。测站编号为 1。

(3) 后视 BM_1 点上的水准尺, 消除视差、精平后读取后视读数, 记入实训报告记录手簿。

(4) 前视 A 点上的水准尺, 精平后读取前视读数, 记入实训报告记录手簿。

(5) 计算高差: 高差=后视读数-前视读数。

(6) 迁至第 2 站继续观测。沿选定的路线, 将仪器迁至 A 点和 B 点的中间, 仍用第一站施测的方法, 后视 A 点, 前视 B 点。经过 B 点、C 点连续观测, 最后仍回到点 BM_1 , 形成一条闭合水准路线。

计算检核: $\sum a - \sum b = \sum h$

(7) 成果计算。

① 高差闭合差的计算与调整。高差闭合差计算公式:

$$f_h = \sum h$$

高差闭合差允许值计算公式:

$$f_{h允} = \pm 12\sqrt{n} \text{ (mm)} \text{ 或 } \pm 40\sqrt{L} \text{ (mm)}。$$

式中: n 为总测站数; L 为水准路线的总距离, 单位为千米。

当 $f_h \leq f_{h允}$ 时, 进行闭合差的调整, 调整的原则为按与测站数(或距离)成正比、以相反的符号分配到各观测高差上, 即计算改正数, 公式为:

$$v_i = -\frac{f_h}{\sum n} \times n_i \text{ 或 } v_i = -\frac{f_h}{\sum L} \times L_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

注意: 改正数按四舍五入保留到整毫米。检核式为 $\sum v = -f_h$ 。

② 改正后高差 h'_i 的计算:

$$h'_i = h_i + v_i$$

检核式为

$$\sum h'_i = \sum h_{理论} = 0$$

(8) 计算待定点高程。

根据已知高程点 BM_1 的高程和各点间改正后的高差计算 A、B、C 三点的高程, 最后算得 BM_1 的点高程应与已知值相等, 以资校核。

注意事项:

(1) 同一测站前、后视距应大致相等。

(2) 同一测站, 圆水准器只能整平一次。

(3) 每次读数前, 要消除视差和精平。

(4) 水准尺应竖直, 水准点和待测点上立尺不放尺垫, 只在转点处放尺垫, 也可选择有凸出点的坚实地物点作为转点而不用尺垫。

(5) 仪器未搬迁, 前、后视点处的水准尺不得移动。仪器搬迁了, 后视尺才能前进。

五、检查

(1) 普通水准测量外业观测实施步骤、外业记录方法。

(2) 普通水准测量内业计算步骤。

(3) 成果精度。

六、考核标准

- (1) 过程评定：普通水准测量外业观测实施步骤正确与否，占 30%。
- (2) 成果评定：普通水准测量内业计算、成果精度，占 20%。
- (3) 学生自评：学生根据自己在项目实施过程中的作用及表现进行自评，占 10%。
- (4) 小组互评：根据工作表现、发挥的作用、协作精神等小组成员互评，占 15%。
- (5) 教师评价：根据考勤、学习态度、吃苦精神、协作精神、职业道德、实训成果质量等方面进行评定，占 25%。

七、实训报告

实训任务					
时间		地点			
仪器设备		小组成员			
任务描述					
任务实施					
1. 实施步骤					
2. 外业观测记录计算					
测站	测点	水准尺读数		高差/m	高程/m
		后视/m	前视/m		
Σ					