

高职高专测绘专业规划教材

测量学实训教程

CELIANGXUE SHIXUN JIAOCHENG

主编 杨学锋 主审 李 勇



东北大学出版社
Northeastern University Press

高职高专测绘专业规划教材

测量学实训教程

主 编 杨学锋

副主编 鲁 纯 王春波 孙艳崇

王占武 索俊锋

主 审 李 勇

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学实训教程 / 杨学锋主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2013. 2
高职高专测绘专业规划教材
ISBN 978-7-5517-0290-4

I. ①测… II. ①杨… III. ①测量学—高等职业教育—教材 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029188 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市池陆广告印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 10. 5

字 数: 269 千字

出版时间: 2013 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 2 月第 1 次印刷

策划编辑: 刘宗玉

责任编辑: 刘 莹

封面设计: 刘江旸

责任校对: 叶 子

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0290-4

定 价: 30.00 元

序

辽宁省交通高等专科学校工程测量技术专业自 1995 年创办以来，为社会培养了大批工程测量技术专业人才。为了进一步适应交通行业发展的需求，在深入调研的基础上，从 1999 年开始，我系进行了面向测绘现场的教育教学改革，将工程测量技术专业特色定位为“精测量、懂施工、会管理”。2005 年，工程测量技术专业被辽宁省教育厅确定为示范专业。

高等职业教育专业教学改革和建设的核心是课程改革和建设。课程改革和建设的重点是教学内容的改革和建设，教材建设是第一位的，要充分体现应用性、先进性和实践性，兼顾现场技能应用与技术更新培养，使教学内容与测绘现场和专业技术发展接轨。正是出于上述考虑，我系工程测量技术专业教师及有关工程技术专家，在辽宁省教育厅对接产业群项目资助下，编写了这套专业规划教材。

这套规划教材的出版是这一课程改革和建设思想探索与实践的成果，是全体专业教师、工程技术专家、一线技术人员共同劳动的结晶，同时也为今后进行更深入的课程改革和建设，打下了很好的基础。

这套规划教材适用于工程测量技术专业，也可供相关专业选用，希望这套规划教材能被更多的院校采用，供大家借鉴，并提出宝贵意见，使其推广、发挥更大作用。

辽宁省交通高等专科学校测绘系工程测量教研室

2013 年 1 月

前 言

随着测绘新技术、新仪器的使用，原有的测量作业方式、方法也随之发生了很大的变化。测量学是一门操作性很强的技术性课程，授课时不但要进行课内实训，以加深和巩固所学知识；课程结束后，还要进行测量综合实训，使学生进一步系统全面地掌握测量理论，运用所学的知识解决工程中的有关测量、测设问题，为将来从事测量工作打下扎实的基础。为了提高这两个重要环节的教学质量，结合测量学课程自身的特点，我们编写了本教材。本教材十分注重理论与实践相结合，着重培养学生的创新思维和实际动手能力。

本书是测量学的实训课程教材，共分三部分：第一部分为测量实训须知，包括测量实训一般规定、测量仪器的使用规则等；第二部分为测量学课内实训，包括 21 个课内实训项目，每个实训项目均有实训目的、实训计划、实训仪器、方法步骤、技术要求、注意事项、实训报告等内容；第三部分为测量学综合实训，阐述了测量学实训的目的、计划、内容、方法、要求、成果整理和实训总结等。每个实训项目后均附有测量记录用表，测量时，可在表上直接填写。

本教材由辽宁省交通高等专科学校李勇教授任主审，杨学锋任主编。

在编写过程中，参考并借鉴了许多同类教材，在此向教材作者深表谢意！本教材主要适用于高等职业技术学院、高等专科学校开设的测量学课程，也可供中等专业学校开设测量课程的专业使用。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和不足，恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

第一部分 测量实训须知

第二部分 测量实训指导

- 实训一 微轻式水准仪的认识和使用
- 实训二 自动安平水准仪的认识和使用
- 实训三 普通水准测量
- 实训四 四等水准测量
- 实训五 微倾式水准仪的检验与校正
- 实训六 电子水准仪的认识和使用
- 实训七 DJ₆ 光学经纬仪的认识和使用
- 实训八 DJ₂ 光学经纬仪的认识和使用
- 实训九 测回法水平角观测
- 实训十 竖直角观测
- 实训十一 经纬仪的检验与校正
- 实训十二 全站仪的认识和使用（Ⅰ）
- 实训十三 全站仪的认识和使用（Ⅱ）
- 实训十四 三角高程测量
- 实训十五 经纬仪测绘法测绘地形图
- 实训十六 数字化测图数据采集
- 实训十七 数字化内业成图
- 实训十八 线路纵、横断面测量
- 实训十九 高程与坡度放样
- 实训二十 圆曲线放样
- 实训二十一 综合曲线放样

第三部分 测量综合实训

- 综合实训一 地形测量实训
- 综合实训二 数字化测图

参考文献

测量实习成果数据

第一部分 测量实训须知

测量学是一门实训性很强的课程，在整个教学过程中，课内的实训是必不可少的教学环节，本课程结束后，可根据教学需要，安排5周的地形数字化的综合实训。

测量学实训的目的是巩固和加深学生对所学的测量学的基本理论知识的理解与掌握。通过实训，进一步加深学生对测量仪器的感官认识，同时使学生掌握测量仪器的结构和性能，以及仪器的使用方法、操作步骤和检验校正的方法等。另外，学生通过亲手操作仪器和对观测成果的记录、计算及数据处理，能够提高分析问题和解决问题的能力，同时加深了学生对测量学的基本理论和基本技能的理解与掌握。

一、一般规定

(1) 在上实训课前，学生应根据实训项目和要求，复习教材中的有关内容，认真做好预习，以明确实训目的和任务，熟悉实训步骤、操作方法、记录、计算及实训中的注意事项，同时准备好所需的文具用品，以使实训课程能够顺利进行。

(2) 实训按照小组进行，组长负责全组同学的实训分工，保证每名同学都能做完各项实训内容。

(3) 以实训小组为单位，到实训室填写仪器领用清单，领用时应检验仪器、工具是否完好。实训过程中，学生要爱护仪器和工具。实训结束后，及时将仪器归还实训室，若有遗失和损坏，应写出书面报告说明情况，并视具体情况，按照相关规定给予赔偿。

(4) 在实训过程中，要遵守纪律，爱护校园内的花草树木和所有公共设施。

(5) 测量记录是外业观测成果的记载和数据处理的重要凭据。务必遵守以下七点。

① 记录必须用硬芯(2H或3H)铅笔，在记录前，必须熟悉记录表上各项内容及填写、计算方法。

② 记录观测数据之前，应将记录表头上各项内容填写齐全，包括仪器型号、日期、天气、测站、观测者及记录者等。

③ 观测者读出观测数据后，记录者应立即将听到的数据向观测者复诵一遍，确认无误后，立即记入指定的表格内。

④ 记录字体要端正清晰，不得潦草。观测数据的尾数不得更改，读错或记错后必须重测重记。观测数据的前几位若出错时，应用笔划去出错的数字，并在其上方写上正确的数据。记录数据不准转抄、涂改或用橡皮擦，绝不能伪造数据。

⑤ 记录数据修改后或观测成果废去后，都应该在备注栏内写明原因(如测错、记错或超限等)。

⑥ 每站观测结束后，必须在现场完成规定的计算和检核，确认无误后方可搬站。

⑦ 保持测量记录表格的整洁，不得把记录表格边上的空白处当草稿来计算，更不得丢失记录表格。

二、测量仪器、工具使用规则

测量仪器属于贵重精密仪器，也是测绘工作者的眼睛和武器，因此，在实训过程中，一定要严格遵守仪器操作规程，正确使用，精心爱护。

1. 仪器的借领

(1) 严格按照实训室相关规定履行仪器的借领手续，以实训小组为单位领取仪器工具，并当场检查仪器及仪器箱是否完好，锁扣、拎手、背带等是否牢固。如有缺损，可及时补领或更换。

(2) 准备离开实训室，拎仪器箱前，必须确认仪器箱是锁好状态。

2. 仪器的安装

(1) 先安置好三角架腿，再打开仪器箱。开箱前，应将仪器箱放在平稳处，严禁托在手上或抱在怀里。

(2) 打开仪器箱后，先要看清并记住仪器在箱中的安放位置，以便实训结束后能按照原位放回。

(3) 提取仪器之前，应先松开制动螺旋，再用双手握住支架或基座，轻轻取出仪器放在三角架上，保持一手握住仪器，另一手旋紧连接螺旋，使仪器与脚架连接牢固。

(4) 取出仪器后，应及时关闭仪器箱盖，以防灰尘和湿气进入箱内。严禁用箱当凳，在上面坐人。

3. 仪器的使用

(1) 安置好仪器后，必须有人看护，防止行人和车辆刮碰。

(2) 不能用手或纸张等物随便擦拭物镜、目镜等光学仪器的玻璃部分，以免损坏镜头上的药膜。

(3) 转动仪器各部件时，要有轻重感，不可在没有松开制动螺旋的情况下，强行转动仪器，也不允许握着望远镜转动仪器，而应该握着望远镜支架转动仪器。

(4) 制动螺旋应松紧适度，微动螺旋和脚螺旋不要旋到顶端，使用各种螺旋都应均匀用力，以免损伤螺纹。

(5) 严禁松动仪器与基座的连接螺旋。

(6) 在烈日和雨天使用仪器时，应撑测伞，使仪器免遭日晒雨淋。

(7) 实训过程中，当发现仪器有故障时，应及时向指导教师报告，不得擅自处理。

4. 仪器的搬站

(1) 在行走不便的地区或长距离搬站时，必须将仪器装入箱内，并盖好上锁，然后才可搬站，搬站过程要避免震动。

(2) 短距离搬站时，可将仪器连同脚架一起搬迁。其方法是：先检查并旋紧仪器连接螺旋，松开各制动螺旋，使仪器保持初始位置；再收拢三脚架，左手握住仪器基座或支架放在胸前，右手抱住脚架放在肋下，稳步行走。严禁斜扛仪器，以防碰摔。

(3) 搬站时，小组其他人员应协助观测员带走仪器箱和有关工具。

去，保持数据部分的字迹清楚，并在备注栏中注明原因，然后重新观测，并重新记录。测量过程中，不准更改的数据及重测范围规定见表 1-2。

表 1-2 不得更改的测量数据位数及应重测的范围

测量种类	不准更改的数位	应重测的范围	测量种类	不准更改的数位	应重测的范围
水准	厘米及毫米的读数	该测站	竖直角	分及秒的读数	该测回
水平角	分及秒的读数	该测回	量距	厘米及毫米的读数	该尺段

(6) 按照“四舍五单双，过五就进上”的原则进行小数位的取舍，例如，要保留三位小数，则 $3.2334 \approx 3.233$ ， $3.2335 \approx 3.234$ ， $1.2245 \approx 1.224$ ， $4.2346 \approx 4.235$ 。

(7) 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，严禁由于超限等原因而更改观测记录数据。一经发现，将取消实训成绩并严肃处理。

第二部分 测量实训指导

实训一 微倾式水准仪的认识和使用

一、实训目的与要求

- (1) 了解 DS_3 水准仪的基本构造及性能，认识其主要部件的名称和作用。
- (2) 练习 DS_3 水准仪的安置、粗平、瞄准、精平、读数。
- (3) 练习水准测量一个测站的观测、记录和计算。

二、实训计划

- (1) 实训时数为 2 学时。
- (2) 每实训小组由 4 ~ 6 人组成。
- (3) 每组在实训场地任选两点，放上尺垫，每人通过改变仪器高度后，分别测出这两点尺垫间的高差。

三、实训仪器与工具

每实训小组的仪器： DS_3 水准仪 1 台、水准塔尺 2 把、尺垫 2 个、记录板 1 块，自备铅笔 1 支。

四、实训方法与步骤

1. 水准仪的认识

DS_3 微倾式水准仪是能够提供水平视线的仪器。图 2-1 所示为 DS_3 微倾式水准仪的外形和各部件名称。它主要由望远镜、水准器和基座三部分组成。

2. 水准仪的使用

(1) 安置和粗平水准仪。水准仪的安置主要是整平圆水准器，使仪器概略水平。做法是：选好安置位置，将仪器用连接螺旋旋紧在三脚架上，先踏实两脚架尖，摆动另一只脚架，使圆水准器气泡概略居中，然后转动脚螺旋，使气泡居中。转动脚螺旋使气泡居中的操作规律是：气泡需要向哪个方向移动，左手拇指就朝哪个方向转动脚螺旋。如图 2-2 (a) 所示，气泡偏离在 a 的位置，首先按照箭头所指的方向同时转动脚螺旋①和②，使气泡移到 b 的位置，如图 2-2 (b) 所示，再按照箭头所指方向转动脚螺旋③，使气泡居中。

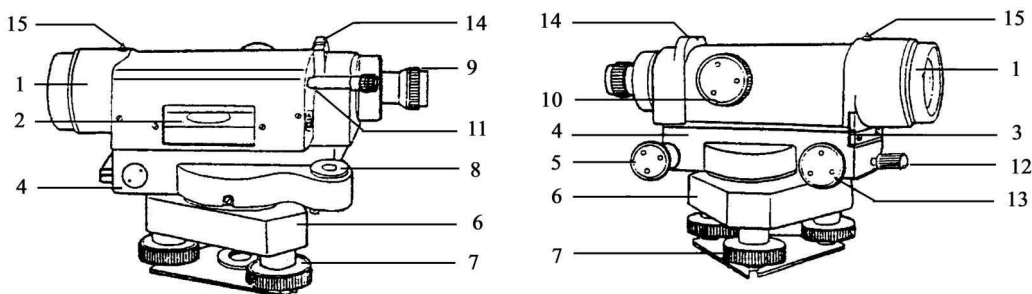


图 2-1 DS₃ 微倾式水准仪

1—望远镜物镜；2—水准管；3—簧片；4—支架；5—微倾螺旋；6—基座；7—脚螺旋；8—圆水准器；9—望远镜目镜；10—物镜调焦螺旋；11—气泡观察镜；12—制动螺旋；13—微动螺旋；14—缺口；15—准星

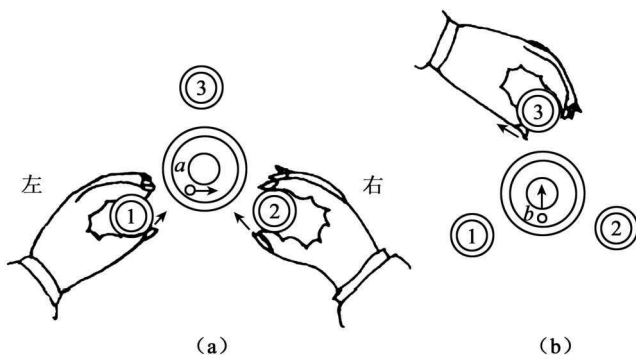


图 2-2 精平水准仪

(2) 消除视差，瞄准水准尺。首先用望远镜对着明亮背景，转动目镜对光螺旋，使十字丝清晰可见。然后松开制动螺旋，转动望远镜，利用镜筒上的准星和照门照准水准尺，旋紧制动螺旋。再转动物镜对光螺旋，使尺像清晰。此时，如果眼睛上下晃动，十字丝交点总是指在标尺物像的一个固定位置，即无视差现象，如图 2-3 (a) 所示。如果眼睛上下晃动，十字丝横丝在标尺上错动，就是有视差，说明标尺物像没有呈现在十字丝平面上，如图 2-3 (b) 所示。若有视差，将影响读数的准确性。消除视差时，要仔细进行物镜对光，使水准尺看得最清楚，这时如十字丝不清楚或出现重影，再旋转目镜对光螺旋，直至完全消除视差为止，最后利用微动螺旋使十字丝精确照准水准尺。

(3) 精平水准仪。转动微倾螺旋，使管水准器的符合水准气泡两端的影像符合，如图 2-4 所示。转动微倾螺旋要稳重，慢慢地调节，避免气泡上下不停地错动。

(4) 读数。以十字丝横丝为准读出水准尺上的数值，读数前，要对水准尺的分划、注记分析清楚，找出最小刻画单位，整分米、整厘米地分划及米数的注记。先估读毫米数，再读出米、分米、厘米数。特别注意不要错读单位和发生漏零现象。读数后，应立即查看气泡是否仍然符合，否则应重新使气泡符合后再读数。如图 2-5 所示。

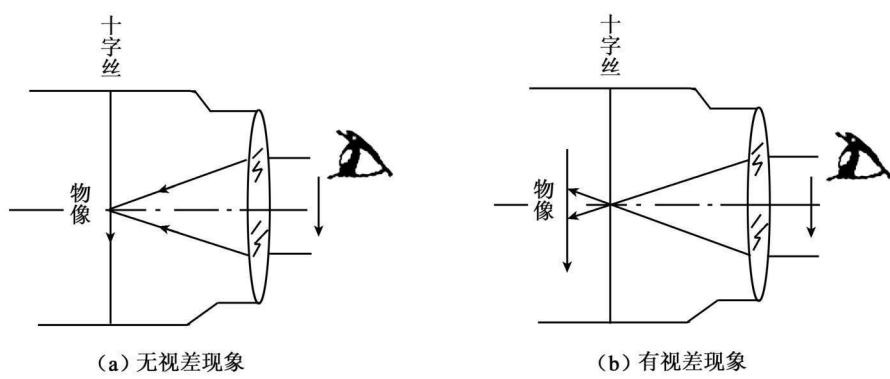


图 2-3 消除视差

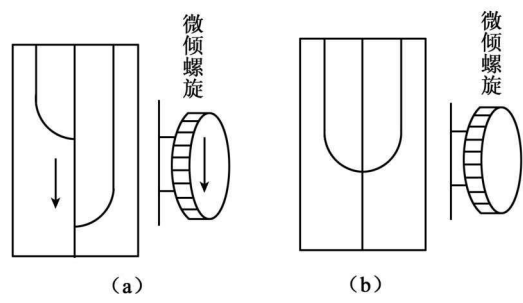


图 2-4 精平水准仪

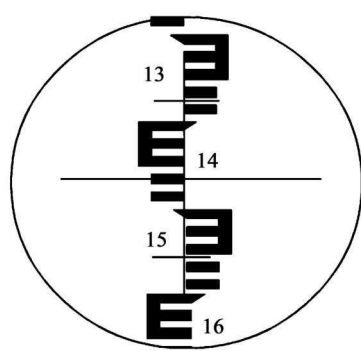


图 2-5 读数为 1.464m

3. 一测站的观测、记录和计算

每个小组在实训场地上选定两点（相距 50m 左右），放上尺垫，在尺垫上立水准尺，一点作为后视点，另一点作为前视点。每个人独立地完成仪器的安置、粗平、瞄准、精平、读数等实训步骤。

五、技术要求

- (1) 仪器高度的变化幅度应在 10cm 左右；
- (2) 两次测定的高差应小于 5mm；
- (3) 各小组成员所测高差的最大值与最小值之差不超过 5mm。

六、注意事项

- (1) 选择前、后视点时，尺垫应用脚踩实。
- (2) 安置仪器时，应将仪器中心连接螺旋拧紧，防止仪器从脚架上脱落下来。
- (3) 水准仪为精密光学仪器，在使用过程中，要按照操作规程作业，要正确使用各个螺旋。
- (4) 转动各螺旋时，要稳、轻、慢，不能用力太大。
- (5) 瞄准水准尺时，必须注意消除视差。
- (6) 在读数前，务必将水准器的符合水准气泡严格符合，读数后应复查气泡符合情况，发现气泡错开，应立即重新将气泡符合后再读数。
- (7) 读数时，正像仪器应由下向上读数，倒像仪器应由上向下读数，读数必须读出 4 位数，即米、分米、厘米、毫米，其中毫米位为估读。
- (8) 在实训过程中，要及时填写实训报告，若发现问题，应及时向指导教师汇报，不能自行处理。
- (9) 水准尺必须立直扶稳，不能左右晃动。
- (10) 螺旋转到头时，要返转回来少许，切勿继续再转，以防脱扣。

七、上交资料

- (1) 每人上交实训报告（见书后的表 2-1-1）。
- (2) 每人上交水准测量记录表（见书后的表 2-1-2）。

实训二 自动安平水准仪的认识和使用

一、实训目的与要求

- (1) 认识自动安平水准仪 DS_3-Z 的基本构造、性能及自动安平原理。
- (2) 掌握自动安平水准仪的操作方法。
- (3) 练习水准测量一个测站的观测、记录和计算。

二、实训计划

- (1) 实训时数为 2 学时。
- (2) 每实训小组由 4~6 人组成。
- (3) 每组在实训场地任选两点，放上尺垫，每人通过改变仪器高后，分别测出这两点尺垫间的高差。

三、实训仪器与工具

每实训小组的仪器： DS_3-Z 水准仪 1 台、水准塔尺 2 把、尺垫 2 个、记录板 1 块，自备铅笔 1 支。

四、实训方法与步骤

1. 自动安平水准仪 DS_3-Z 的认识

自动安平水准仪在望远镜的光学系统中设置了一个补偿棱镜，当圆水准器气泡居中、仪器处于粗平状态时，即望远镜的视线有微量倾斜时，补偿器在重力作用下，对望远镜做相对移动，从而能自动而迅速地获得视线水平时的标尺读数。

自动安平水准仪由于没有制动螺旋、管水准器和微倾螺旋，在观测的时候，仪器粗略整平后，即可直接在水准尺上进行读数，因此，自动安平水准仪的优点是省略了“精平”过程，从而大大加快了测量速度。图 2-6 所示为 DS_3-Z 水准仪的外形和各部件名称。

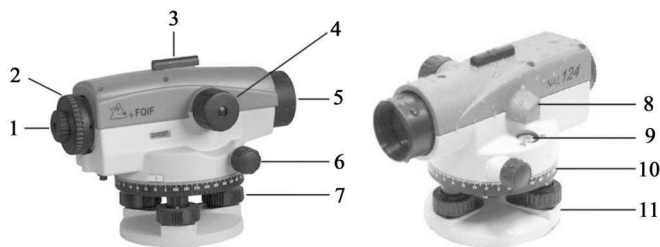


图 2-6 DS_3-Z 水准仪

- 1—目镜；2—目镜调焦螺旋；3—粗瞄器；4—调焦螺旋；5—物镜；
6—水平微动螺旋；7—脚螺旋；8—反光镜；9—圆水准器；10—刻度盘；11—基座

2. 水准仪的使用

(1) 安置和整平水准仪。将水准仪安置在三脚架上，调节脚螺旋（方法同调节微倾式水准仪相同），使圆水准器气泡居中。

(2) 消除视差，瞄准水准尺。首先用望远镜对着明亮背景，转动目镜对光螺旋，使十字丝清晰可见。然后松开制动螺旋，转动望远镜，利用镜筒上的准星和照门照准水准尺，旋紧制动螺旋。再转动物镜对光螺旋，使尺像清晰。此时，如果眼睛上下晃动，十字丝交点总是指在标尺物像的一个固定位置，即无视差现象；如果眼睛上下晃动，十字丝横丝在标尺上错动，就是有视差现象，说明标尺物像没有呈现在十字丝平面上。若有视差，将影响读数的准确性。消除视差时，要仔细进行物镜对光，使水准尺看得最清楚，这时如十字丝不清楚或出现重影，再旋转目镜对光螺旋，直至完全消除视差为止，最后利用微动螺旋使十字丝精确照准水准尺。

(3) 读数。读数方法与微倾式水准仪相同。

3. 一测站的观测、记录和计算

每个小组在实训场地上选定两点（相距 50m 左右），放上尺垫，在尺垫上立水准尺，一点作为后视点，另一点作为前视点。每个人独立完成仪器的安置、粗平、瞄准、读数等实训步骤。

五、技术要求

- (1) 仪器高度的变化幅度应在 10cm 左右。
- (2) 两次测定的高差应小于 5mm。
- (3) 各小组成员所测高差的最大值与最小值之差不超过 5mm。

六、注意事项

- (1) 前、后视距大概相等，水准尺要立直，尺垫应用脚踩实。
- (2) 水准仪在使用过程中，要按照操作规程作业。
- (3) 转动各螺旋时，要稳、轻、慢，不能用力太大。
- (4) 瞄准水准尺时，必须注意消除视差。
- (5) 若在实训过程中发现问题，要及时向指导教师汇报，不能自行处理。
- (6) 螺旋转到头时，要返转回来少许，切勿继续再转，以防脱扣。

七、上交资料

- (1) 每人上交实训报告（见表 2-2-1）。
- (2) 每人上交等外水准测量记录表（见表 2-2-2）。

实训三 普通水准测量

一、实训目的与要求

- (1) 学会在实地选择测站和转点，掌握普通水准测量的实际作业过程。
- (2) 施测一条闭合水准路线，计算其高差闭合差和高程。

二、实训计划

- (1) 实训时数为 2 学时。
- (2) 每实训小组由 4~6 人组成。
- (3) 每实训小组完成一条闭合水准路线普通水准测量的观测、记录、高差闭合差调整及高程计算工作。

三、实训仪器与工具

每实训小组的仪器：DS₃-Z 水准仪 1 台、水准塔尺 2 把、尺垫 2 个、记录板 1 块，自备铅笔 1 支。

四、实训方法与步骤

(1) 在实训场地，每组选定一点作为起始水准点，选定一条闭合水准路线，共由 4 点组成，另 3 点为待定点，并确定水准路线的前进方向。路线长度以安置 4 站为宜。

(2) 在每一测站的前、后视点上竖立水准尺（起始水准点及待定点上均不得放置尺垫，在转点上必须放置尺垫），水准仪安置在使前、后视距大概相等的地方。观测者首先应整平仪器，然后照准后视尺，对光、调焦、消除视差，读取中丝读数，记录员将读数记入记录表中。读完后视读数，紧接着照准前视尺，用同样的方法读取前视读数。记录员把前、后视读数记好后，应立即计算本站高差。

(3) 依次设站，用相同方法施测，直至闭合到起始水准点。

(4) 观测结束后，立即算出高差闭合差 $f_h = \sum h_i$ 。若 $f_h \leq f_{h容}$ ，则说明观测结果合格，即可算出各立尺点高程（假定起点高程为 100m）。若 $f_h > f_{h容}$ ，则需要重测。

五、技术要求

高差闭合差容许值

$$f_{h容} = \pm 40\sqrt{L} \text{ mm} \quad (\text{其中, } L \text{ 为水准路线长度, 单位为 km})$$

或

$$f_{h容} = \pm 20\sqrt{N} \text{ mm} \quad (\text{其中, } N \text{ 为测站数})$$

六、注意事项

- (1) 前、后视距应大致相等，仪器与前、后视点不一定要三点一线。