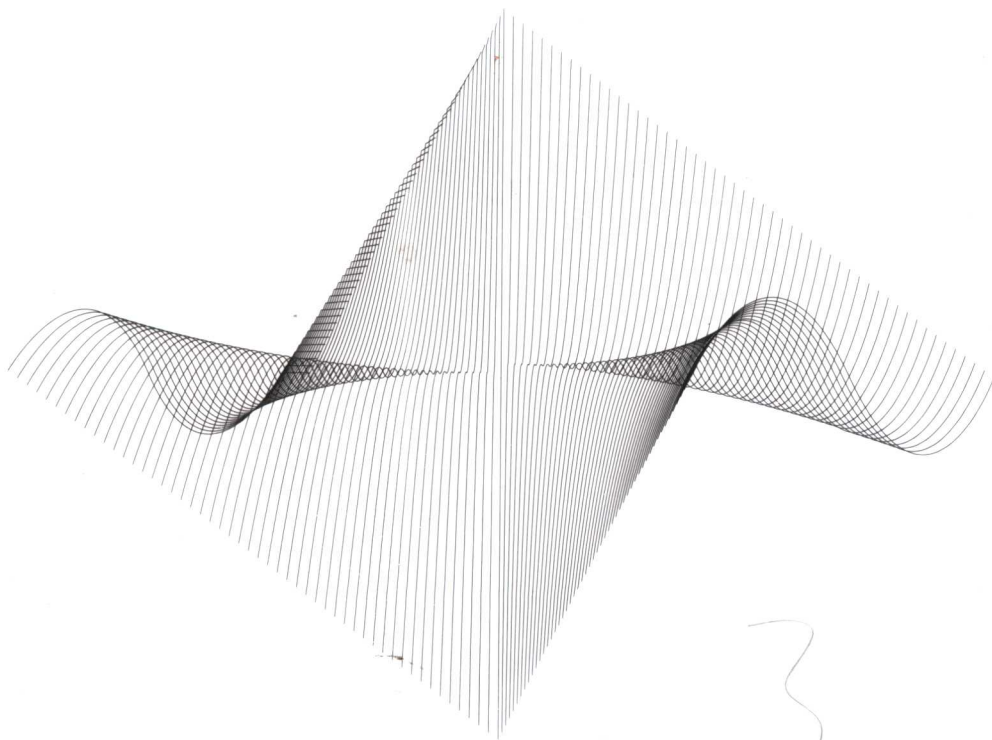


测量学实验



南京工业大学测绘工程教研室 编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

测量学实验

南京工业大学测绘工程教研室 编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书根据高等学校土木与建筑类各专业测量学教学大纲及国家最新测量规范编写,内容包括了测量学中常规的实验内容。

为了拓展知识面,书中增加了 GPS 外业操作实验(以 Trimble 5700 双频 GPS 接收机)和 CASIO - fx4800P 计算器的使用说明,并附有算例。

本书可作为高等学校土木与建筑类各专业《测量学》的配套教材,也可用做自学考试和电大、函大实验教学参考书,并可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验 / 南京工业大学测绘工程教研室编. —北京:国防工业出版社,2005.6
ISBN 7-118-03986-1

I. 测... II. 南... III. 测量学—实验—高等学校—教材 IV. P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 063111 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 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 9¼ 212 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:18.00 元(一套)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是南京工业大学 2005 年编写出版的《测量学》的配套教材,是在原测量学实验指导书的基础上,结合新进购买的实验设备对内容作了大幅度的修改后重新编写而成的,并相应增补了测量仪器的使用、检校以及数字测图方法等内容。本书作为《测量学》的配套教材,用于测量课间实验,也可作为从事测量工作的工程技术人员参考书。

随着现代科学技术的飞速发展,先进技术在测绘领域得到了广泛应用。测绘仪器从原来的以精密机械与几何光学器件的组合为主,逐步增加了物理光学和电子器件以及软件系统,成为光、机、电、软结合的现代化电子测量仪器,其功能、精度和自动化程度也大为增加和提高。考虑到学生实验时数的限制和学习的循序渐进要求,本书在介绍新仪器的性能和使用方法时,力求内容重点突出、文字简明扼要,以期通过有限时数的学习和实践,使学生能较快掌握其基本性能和主要方法。

本书实验一至实验四、实验二十二由胡灿执笔、实验五至实验七、实验十至实验十二由郑国才执笔、实验八、实验九、实验二十一由刘三枝执笔、实验十三、实验十四、实验十九、实验二十由严伟标执笔、实验十五至实验十七由高俊强执笔。全书由高俊强统稿,潘庆林教授审定。

尽管我们尽了很大的努力,但书中还可能存在一些缺点和不足,诚恳地希望使用本教材的师生以及读者给予批评指正。

编著者

2005 年 4 月 25 日

目 录

第一部分 测量实验须知	1
第二部分 测量实验项目	4
实验一 DS ₃ 水准仪的使用	4
实验二 普通水准测量(两次仪器高法)	7
实验三 四等水准测量	9
实验四 DS ₃ 水准仪的检验与校正	10
实验五 精密水准仪的使用(N ₃ 或 Ni004)	13
实验六 电子水准仪的使用	17
实验七 精密水准仪 i 角检验	23
实验八 DJ ₆ 光学经纬仪的使用	25
实验九 DJ ₆ 测回法水平角观测	27
实验十 DJ ₂ 精密光学经纬仪的使用	28
实验十一 DJ ₂ 全圆方向法水平角观测	30
实验十二 DJ ₆ 光学经纬仪垂直角观测和竖盘指标差检校	32
实验十三 DJ ₆ 光学经纬仪的检验及校正	33
实验十四 经纬仪测绘法测图	35
实验十五 全站仪的认识与使用	36
实验十六 全站仪的数据采集	41
实验十七 电子求积仪的认识与使用	47
实验十八 建筑物轴线测设和高程测设	50
实验十九 道路圆曲线测设	51
实验二十 数字化机助成图	54
实验二十一 GPS 接收机的认识与使用	59
实验二十二 CASIO fx-4800P 可编程计算器的认识与使用	72
参考文献	127

第一部分 测量实验须知

测量学是一门实践性很强的技术基础课，其实验是教学中必不可少的环节。只有通过实验，才能巩固课堂所学的基本理论，全面掌握仪器操作的基本技能和测量作业的基本方法，并为深入学习测绘专业理论或有关专业知识打下基础。因此，对测量实验必须予以重视。

本部分的内容包括：实验的一般规定，测量仪器工具的借领与使用规则，测量记录与计算规则。这些都是进行实验的必备知识。

一、测量实验的一般规定

(1) 在实验之前，必须复习教材中的有关内容，认真仔细地预习本书，以明确目的，了解任务，熟悉实验步骤及有关注意事项，并准备好所需文具用品。

(2) 实验分小组进行，组长负责组织协调工作，持学生证办理所有仪器和工具的借领和归还手续。

(3) 实验应在规定的时间进行，不得无故缺席或迟到早退；应在指定的场地进行，不得擅自改变地点或离开现场。

(4) 必须遵守本书列出的“测量仪器工具的借领与使用规则”和“测量记录与计算规则”。

(5) 应该服从老师的指导，严格按照本书的要求认真、按时、独立地完成任务。每项实验，都应取得合格的成果，提交书写工整规范的实验报告和记录，经指导教师审阅同意后，才可交还仪器工具，结束工作。

(6) 在实验过程中，应遵守纪律，爱护现场的花草树木和农作物，爱护周围的各种公共设施。任意砍折、踩踏或损坏者应予赔偿。

二、测量仪器和工具的借领与使用规则

对测量仪器工具的正确使用、精心爱护和科学保养，是测量人员必须具备的素质和应该掌握的技能，也是保证测量成果质量、提高测量工作效率与延长仪器与工具使用寿命的必要条件。在仪器和工具的借领与使用中，必须严格遵守下列规定。

1. 仪器和工具的借领

(1) 在教师指定的地点凭学生证办理借领手续，以小组为单位领取仪器和工具。

(2) 借领时应该当场清点检查：实物与清单是否相符，仪器和工具及其附件是否齐全，背带及提手是否牢固，脚架是否完好等。如有缺损，可以补领或更换。

(3) 离开借领地点之前，必须锁好仪器箱并捆扎好各种工具；搬运仪器和工具时，必须轻取轻放，避免剧烈震动。

(4) 借出仪器和工具之后，不得与其他小组擅自调换或转借。

(5) 实验结束，应及时收装仪器和工具，送还借领处检查验收，办理归还手续。如有遗失或损坏，应写出书面报告说明情况，并按有关规定给予赔偿。

2. 仪器的安装

(1) 在三脚架安置稳妥之后，方可打开仪器箱。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) 打开仪器之后，要看清并记住仪器在箱中的安放位置，避免以后装箱困难。

(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，放在三脚架上，保持一手握住仪器，一手去拧连接螺旋，使仪器与脚架连接牢固。

(4) 装好仪器之后，注意随即关闭仪器箱盖并锁好，防止灰尘和湿气进入箱内。严禁坐在仪器箱上。

3. 仪器的使用

(1) 仪器安置之后，不论是否操作，必须有人看护，防止无关人员搬弄或行人车辆碰撞。

(2) 在打开物镜盖时或在观测过程中，如发现灰尘，可用镜头纸或软毛刷轻轻拂去。严禁用手指或手帕等物擦拭，以免损坏镜头上的药膜。观测结束后应及时套好物镜盖。

(3) 转动仪器时，应先松开制动螺旋，再平稳转动。使用微动螺旋时，应先旋紧制动螺旋。

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

(5) 在野外使用仪器时，应该撑伞，严防仪器遭日晒雨淋。

(6) 在仪器发生故障时，应及时向指导教师报告，不得擅自处理。

4. 仪器的搬迁

(1) 在行走不便的地区迁站或远距离迁站时，必须将仪器装箱之后再搬迁。

(2) 短距离迁站时，可将仪器连同脚架一起搬迁，其方法是：先取下垂球，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(经纬仪望远镜物镜对向度盘中心，水准仪物镜向后)；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) 搬迁时，小组其他人员应协助观测员带走仪器箱和有关工具。

5. 仪器的装箱

(1) 每次使用仪器之后，应及时清除仪器上的灰尘及脚架上的泥土。

(2) 仪器拆卸时，应先将仪器脚各螺旋调至大致同高的位置，再一手扶住仪器，一手松开连接螺旋，双手取下仪器。

(3) 仪器装箱时，应先松开各制动螺旋，使仪器就位正确，试关箱盖确认放妥后，再拧紧制动螺旋，而后关上箱扣。切不可强压箱盖，以防压坏仪器。

(4) 清点所有附件和工具，防止遗失。

6. 测量工具的使用

(1) 钢尺的使用。应防止扭曲、打结和折断，防止行人踩踏或车辆碾压，尽量避免尺身着水。携尺前进时，应将尺身提起，不得沿地面拖行，以防损坏刻划。用完钢尺，

应擦净、涂油，以防生锈。

- (2) 皮尺的使用。应均匀用力拉伸，避免着水、车压。如果皮尺受潮，应及时晾干。
- (3) 各种标尺、花杆的使用。注意防水防潮，防止受横向压力，不能磨损尺面刻划和漆皮，不用时安放稳妥。使用塔尺时还应注意接口处的正确连接，用后及时收尺。
- (4) 测图板的使用。应注意保护板面，不得乱写乱扎，不能施以重压。
- (5) 小件工具(如垂球、测钎、尺垫等)的使用。应用完即收，防止遗失。
- (6) 一切测量工具都应保持清洁，专人保管搬运，不能随意旋转，更不能作为捆扎、抬担的它用工具。

三、测量记录与计算规则

测量手簿是外业观测成果的记录和内业数据处理的依据。在测量手簿上记录或计算时，必须严肃认真、一丝不苟，并严格遵守下列规则。

- (1) 在测量手簿上书写之前，应准备好硬性(2H 或 3H)铅笔或钢笔，同时熟悉表上各项内容及填写、计算方法。
- (2) 记录观测数据之前，应将表头上的仪器型号、编号，日期、天气，测站、观测者及记录者姓名等无一遗漏地填写齐全。
- (3) 观测者读数后，记录者应随即在测量手簿上的相应栏内填写，并复诵回报以检核。不得另纸记录事后转抄。
- (4) 记录时要求字体端正清晰、数位对齐、数字齐全。字体的大小一般占格宽的 $1/2 \sim 1/3$ ，字脚靠近底线；表示精度或占位的“0”(例如水准尺读数 1.500 或 0.234，度盘读数 $93^{\circ} 04' 00''$ 中的“0”)均不能省略。
- (5) 观测数据的尾数不得更改。读错或记错后必须重测重记。例如，角度测量时，秒级数字出错，应重测该测回；水准测量时，厘米级、毫米级数字出错，应重测该测站；钢尺量距时，毫米级数字出错，应重测该尺段。
- (6) 观测数据的前几位若出错时，应用细横线划去错误的数字，并在原数字上方写出正确数字。注意不得涂擦已记录的数据。禁止连续更改数字，例如，水准测量中的黑、红面读数，角度测量中的盘左、盘右，距离量中的往、返测等，均不能同时更改，否则重测。
- (7) 记录数修改后或观测成果废去后，都应在备注栏内写明原因(如测错、记错或超限等)。
- (8) 每站观测结束后。必须现场完成规定的计算和校核，确认无误后方可迁站。
- (9) 数据运算应根据所取位数，按“4 舍 6 入，5 前单进双舍”的规则进行调整。例如，对 1.424 4m，1.423 6m，1.423 5m，1.424 5m 这几个数据，若取至毫米位，则均应记为 1.424m。
- (10) 应该保持测量手簿的整洁，严禁在手簿上书写无关的内容，更不得丢失手簿。

第二部分 测量实验项目

实验一 DS₃水准仪的使用

一、目的和要求

- (1) 了解 DS₃ 水准仪的基本构造和功能, 认识其主要构件的名称和作用。
- (2) 练习水准仪的安置、瞄准、读数及高差计算。
- (3) 了解自动安平水准仪的使用方法。

二、计划和设备

- (1) 实验时数安排为 2 学时。实验小组由 3 人或 4 人组成, 1 人操作仪器, 1 人记录, 1 人或 2 人立尺。
- (2) 每组的实验设备为 DS₃ 水准仪 1 台, 水准尺 2 根, 记录板 1 块。

三、方法和步骤

1. 认清 DS₃ 水准仪的构造和各部件的名称
DS₃ 水准仪的外形及各部件的名称如图 1-1 所示。

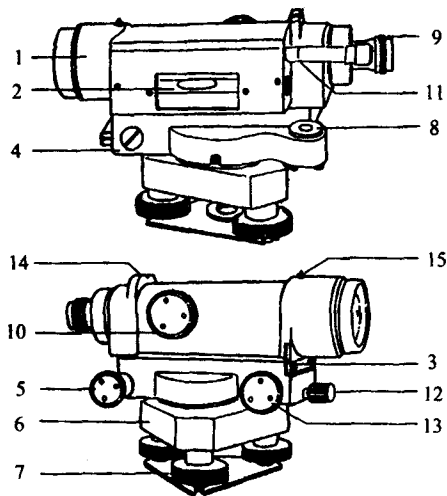


图 1-1 DS₃ 水准仪

- 1—望远镜物镜; 2—水准管; 3—黄片; 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—符合气泡观察窗; 13—微动螺旋; 14—缺口; 15—准星。

2. 水准仪的安置和水准测量的操作

1) 安置脚架和连接仪器

测量仪器所安置的地点称为测站。在选好的测站上松开脚架伸缩螺旋，按需要调整架腿的合适长度，将螺旋拧紧。安放三脚架，使架头大致水平，把三脚架的脚尖踩入土中。然后把水准仪从箱中取出，放到三脚架架头上，一手握住仪器，一手将三脚架架头上的连接螺旋旋入仪器基座内，拧紧并检验是否已真正连接牢固。

2) 粗平

水准仪的粗平是通过旋转仪器的脚螺旋使圆水准器的圆气泡居中而达到的。如图 1-2 所示，按“左手拇指规则”旋转一对脚螺旋(图 1-2(a))，转动 90° 后旋转第三个脚螺旋(图 1-2(b))，均使圆气泡居中。这是粗平测量仪器的基本功，必须反复练习。

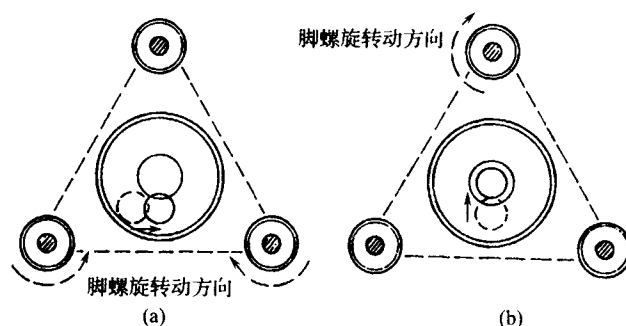


图 1-2 圆水准气泡的居中

3) 瞄准

进行水准测量时，用望远镜瞄准水准尺的步骤如下：目镜调焦，使十字丝最清晰；松开制动螺旋，转动望远镜，通过望远镜上的缺口和准星大致瞄准水准尺，旋紧制动螺旋；进行物镜调焦，使水准尺分划十分清晰；旋转微动螺旋，使水准尺像的一侧靠近十字丝纵丝(便于检查水准尺是否竖直)；眼睛略作上下移动，检查十字丝与水准尺分划像之间是否有相对移动(视差)；如果存在视差，则重新仔细进行物镜调焦，以消除视差。

4) 精平

精确定平水准管，使水准仪的视线水平，是水准测量中关键性的一步。转动微倾螺旋，使水准管气泡居中；从目镜旁的气泡观察窗中，可以看到气泡两个半边的像，如图 1-3 所示，当两端的像符合时，表明水准管气泡居中。注意微倾螺旋转动方向与水准管气泡像的移动方向一致，可以使这一步的操作既快又准。

5) 读数

在倒像望远镜中看到水准尺像是倒立的。为了读数方便，水准尺上的注字是倒写的，而在望远镜中看到的注字是正写的。尺上注字以 m 为单位，每隔 10 cm 注字，每个黑色(或红色)和白色的分划均为 1cm，根据十字丝的横丝(中丝)可估读到 mm。数分划的格数时，应从小的注字数往大的注字数方向数，对于倒像望远镜，则是从上往下数。

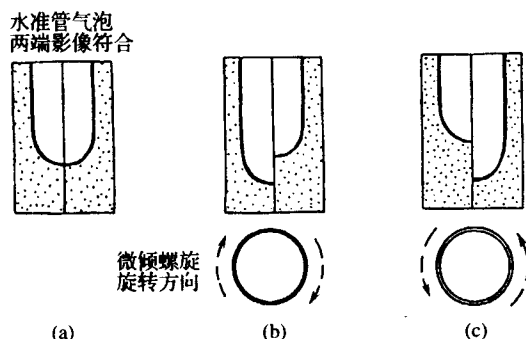


图 1-3 水准管气泡的居中

综上所述,水准仪的基本操作程序可以简单地归纳如下:

安置→粗平→瞄准→精平→读数

3. 水准测量记录练习

每人练习水准仪安置和操作方法以后,对两根竖立的水准尺分别进行瞄准、精平、读数,并在记录表“水准测量读数练习”中作记录,计算两水准尺立尺点的高差,作为本次实验成果上交。

4. 自动安平水准仪的使用

DSZ2 自动安平水准仪的外形及各部件的名称,如图 1-4 所示。

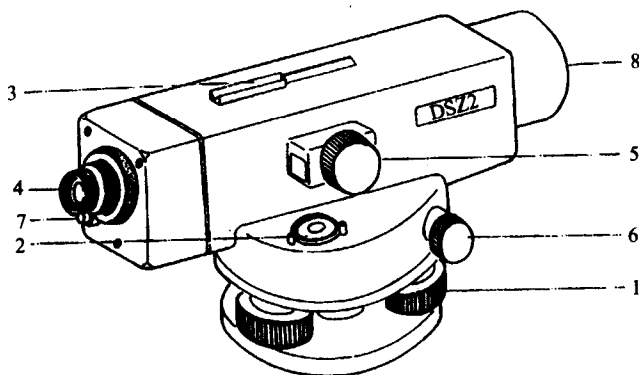


图 1-4 DSZ2 自动安平水准仪

1—脚螺旋; 2—圆水准器; 3—瞄准器; 4—目镜调焦螺旋;
5—物镜调焦螺旋; 6—水平微动螺旋; 7—补偿器检查按钮; 8—物镜。

C30 自动安平水准仪的外形及各部件的名称,如图 1-5 所示。

自动安平水准仪利用圆水准器粗平仪器,仪器中的补偿棱镜在地球重力的作用下自动导致仪器视准轴的水平(精平),操作较一般水准仪简便,又可防止一般水准仪在操作中忘记精平的失误。其操作步骤如下。

1) 安置脚架和连接仪器

选好测站,安放三脚架,使架头大致水平,用连接螺旋使水准仪与三脚架固连。对于 C30 自动安平水准仪的球面三脚架头,将水准仪连接上后,略为旋松连接螺旋,轻

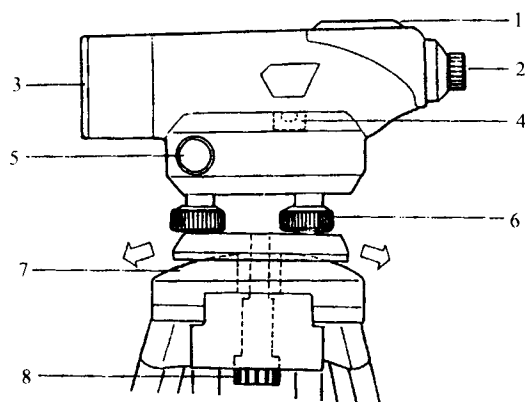


图 1-5 C30 自动安平水准仪

1—瞄准器；2—目镜；3—物镜；4—圆水准器；5—水平微动螺旋；6—脚螺旋；7—球面架头；8—连接螺旋。

轻推动仪器在球面上滑动，使圆水准器的气泡约有一半以上进入中央圆圈，旋紧连接螺旋。

2) 粗平

按“左手拇指规则”旋转仪器脚螺旋，使圆水准器的圆气泡严格居中，使补偿棱镜能在补偿范围内自动导致视准轴水平。

3) 瞄准

轻轻地在水平方向转动仪器(该仪器无制动螺旋)，使望远镜上的瞄准器指向水准尺，用水平微动螺旋从望远镜中瞄准目标；旋转目镜调焦环使十字丝清晰，旋转物镜调焦螺旋使水准尺分划清晰；检查是否存在视差，如有，则再仔细进行物镜调焦。

4) 读数

自动安平水准仪的读数与 DS_3 水准仪相同。

四、注意事项

- (1) 仪器安放在三脚架架头上，最后必须旋紧连接螺旋，务使连接牢固。
- (2) 水准仪在读数前，必须使水准管气泡严格居中(自动安平水准仪除外)。
- (3) 瞄准目标，注意消除视差。
- (4) 从水准尺上读数必须读 4 位数：m、dm、cm、mm。不到 1m 的读数，第一位为零；如为整分米、整厘米读数，相应的位数也应补零。

实验二 普通水准测量(两次仪器高法)

一、目的和要求

- (1) 练习水准测量中测站和转点的选择、水准尺的立尺方法、测站上的仪器操作。
- (2) 掌握普通水准测量(两次仪器高法)的施测、记录、高差闭合差调整和高程计算的方法。

二、计划和设备

(1) 实验时数安排 2 学时。实验小组由 4 人组成, 轮流分工为: 1 人操作仪器, 1 人记录, 2 人立水准尺。

(2) 实验设备为 DS₃ 水准仪 1 台, 水准尺 2 根, 尺垫 2 只, 记录板 1 块。

三、方法和步骤

1. 了解普通水准测量的方法

两次仪器高法水准测量是在每个测站上按不同高度(相差 10 cm 以上)安置仪器两次, 都以水平视线测定两点间的高差, 两次测得的高差在理论上应该相等, 用来检查在每一测站的观测中是否有错误。

2. 普通水准测量实验

(1) 从实验场地的某一水准点出发, 选定一条闭合水准路线, 其长度以安置 4 个~5 个测站、视线长度 20m~30 m 为宜。立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫。

(2) 在起点(某一水准点)与第一个转点的中间(前、后视的距离大致相等, 用目估或步测)安置水准仪并粗平, 观测者按下列顺序观测:

- ① 后视者立于水准点上的水准尺处, 瞄准、精平、读数;
- ② 前视者立于第一个转点上的水准尺处, 瞄准、精平、读数;
- ③ 改变水准仪高度 10 cm 以上, 重新安置水准仪;
- ④ 前视者立于第一个转点上的水准尺处, 瞄准、精平、读数;
- ⑤ 后视者立于水准点上的水准尺处, 瞄准、精平、读数。

(3) 观测者的每次读数, 记录者应当场记下; 后视、前视完毕, 应当场计算高差, 并做测站检核。将实验结果记录于“水准测量记录”表。

(4) 依次设站, 用相同的方法进行观测, 直至回到起点(某一水准点)。

(5) 全路线施测完毕, 应做线路检核, 计算前视读数之和(Σa)、后视读数之和(Σb)、高差之和(Σh), 闭合水准路线高差闭合差: $f_h = \Sigma h$ 。

四、注意事项

(1) 当水准仪瞄准、读数时, 水准尺必须立直。尺子的左、右倾斜, 观测者在望远镜中根据纵丝可以发觉, 而尺子的前后倾斜则不易发觉, 立尺者应注意。

(2) 每一测站, 两次仪器高测得两个高差值之差不应大于 5 mm, 否则, 该测站应重测。

(3) 每一测站只有通过上述测站检核合格后, 才能搬站; 仪器未搬站时, 前、后视水准尺的立尺点如尺垫, 不得移动。仪器搬站了, 说明已通过测站检核, 后视的立尺人才能携尺和尺垫前进至另一个转点; 前视的立尺人不得移动尺垫, 只是将尺面转向, 由前视转变为后视。

(4) 闭合线路的高差闭合差不应大于 $\pm 12\sqrt{n}$ mm, n 为测站总数。

(5) “普通水准测量记录”表内数据应全部填写与计算完毕, 作为本次实验的成果上交。

实验三 四等水准测量

一、目的和要求

(1) 进一步熟练水准仪的操作, 掌握用双面水准尺进行四等水准测量的观测、记录和计算方法。

(2) 熟悉四等水准测量的主要技术指标, 掌握测站和线路的检核方法。

二、计划和设备

(1) 实验时数安排为 2 学时~4 学时。实验小组由 3 人或 4 人组成, 轮流分工为: 1 人操作仪器, 1 人记录, 1 人或 2 人立水准尺。

(2) 实验设备为 DS₃ 水准仪, 双面水准尺 2 根, 尺垫 2 只, 记录板 1 块。

三、方法和步骤

1. 了解四等水准测量方法

双面尺法四等水准测量是在小地区布设高程控制网的常用方法, 在每个测站上安置一次水准仪, 分别在水准尺的黑、红两面刻划上读数, 可以测得红黑面两个高差, 进行测站检核。除此以外, 还有其他的一些检核。

2. 四等水准测量实验

(1) 从实验场地的已知水准点出发, 选定一条闭合水准点路线; 或从一个水准点出发至另一水准点, 选定一条附合水准路线。路线长度为 200m~400m, 设置 4 个~6 个测站, 视线长度约为 30m~50 m 左右。立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫。

(2) 安置水准仪时, 可用步测使前、后视距相等。在每一测站, 按下列顺序进行观测:

① 后视水准尺黑面, 读上、下丝读数, 精平, 读中丝读数;

② 前视水准尺黑面, 读上、下丝读数, 精平, 读中丝读数;

③ 前视水准尺红面, 精平, 读中丝读数;

④ 后视水准尺红面, 精平, 读中丝读数。

(3) 记录者在记录表“四等水准测量记录”中按表头标明次序①~⑧, 记录各个读数, ⑨~⑯为计算结果:

$$\text{后视视距⑨} = 100 \times \{ \text{①} - \text{②} \}$$

$$\text{前视视距⑩} = 100 \times \{ \text{④} - \text{⑤} \}$$

$$\text{前、后视距差⑪} = \text{⑨} - \text{⑩}$$

$$\text{前、后视距视距累积差⑫} = \text{上站⑫} + \text{本站⑪}$$

$$\text{红黑面读数差⑬} = \text{⑥} + K - \text{⑦} (K=4687 \text{ 或 } 4787)$$

$$\text{⑭} = \text{③} + K - \text{⑧}$$

$$\text{黑面高差⑮} = \text{③} - \text{⑥}$$

$$\text{红面高差⑯} = \text{⑧} - \text{⑦}$$

$$\text{红黑面高差之差⑰} = \text{⑮} - \text{⑯} = \text{⑭} - \text{⑬}$$

$$\text{红黑面平均高差} \textcircled{18} = \frac{1}{2} \{ \textcircled{15} + [\textcircled{16} \pm 100\text{mm}] \}$$

四等水准测量的技术要求规定见表 3-1。

表 3-1 四等水准测量的技术要求

视线高度 /m	视距长度 /m	前、后视 视距差/m	前、后视距 累积差/m	红、黑面 读数差/mm	红、黑面高差之差 /mm
>0.2	≤80	≤5	≤10	≤3	≤5

每站读数结束(①~⑧), 随即进行各项计算(⑨~⑯), 并按上表进行各项检核, 满足规定的限差要求后, 才能搬站。

(4) 依次设站, 用相同的方法进行观测, 直至路线终点, 计算路线高差闭合差。按四等水准测量的规定, 路线高差闭合差的容许值为 $\pm 20\sqrt{L}$ mm, L 为路线总长(单位: km)。

四、注意事项

(1) 四等水准测量比普通水准测量有更严格的技术规定, 要求达到较高的精度, 其关键在于: 前、后视距要相等(在限差以内); 从后视转为前视(或相反), 望远镜不能重新调焦; 水准尺应竖直, 最好用附有圆水准器的水准尺。

(2) 每站观测结束, 应立即进行计算和各项规定的检核, 若有超限, 则应重测该站。全路线观测完毕, 路线高差闭合差应在容许值以内, 方可结束实验。

(3) 实验结束后, 应上交合格的“四等水准测量记录”表。

实验四 DS₃水准仪的检验与校正

一、目的和要求

- (1) 了解水准仪各轴线间应满足的条件。
- (2) 掌握 DS₃ 水准仪的检验与校正的方法。

二、计划和设备

(1) 实验时数安排为 2 学时。实验小组由 3 人或 4 人组成, 轮流分工为: 1 人观测、记录, 1 人或 2 人立尺或将水准尺固定在实验场地的固定地物上。

(2) 实验设备为 DS₃ 水准仪 1 台, 水准尺 2 根, 尺垫 2 个, 小螺丝刀 1 把, 校正针 1 根, 记录板 1 块。

三、方法和步骤

1. 了解水准仪检验校正的原理和方法

如图 4-1 所示, 进行水准测量时, 水准仪必须提供一条水平视线。视线(即视准轴)的水平是根据水准管气泡的居中来判别, 因此, 水准仪的视准轴必须平行于水准管轴($C \parallel L$), 这是水准仪应满足的主要条件。此外, 水准仪还应满足以下两个次要条件:

- (1) 圆水准轴应平行于竖轴($LL'//VV'$);
- (2) 十字丝横丝(中丝)应垂直于竖轴(即竖轴铅垂时, 横丝应水平)。

2. 水准仪检验校正的实验

1) 圆水准轴平行于竖轴的检验与校正

转动脚螺旋使圆水准器圆气泡居中, 将水准仪绕竖轴旋转 180° , 若圆气泡仍居中, 说明 $LL'//VV'$ 的条件满足, 否则需要校正。校正的方法是: 先稍松圆水准器底部中央的固定螺丝, 再拨动圆水准器底部的校正螺丝, 使气泡返回偏移量的一半, 然后转动脚螺旋使气泡居中。如此反复检校几次, 直至水准仪转至任何位置圆水准器气泡都居中为止, 最后旋紧固定螺丝。

2) 十字丝横丝应垂直于竖轴的检验与校正

如图 4-2 所示, 置平水准仪, 以十字丝横丝一端瞄准某一标志 P , 旋转水平微动螺旋, 若横丝始终不离开标志, 则说明十字丝横丝垂直于仪器竖轴, 否则需要校正。

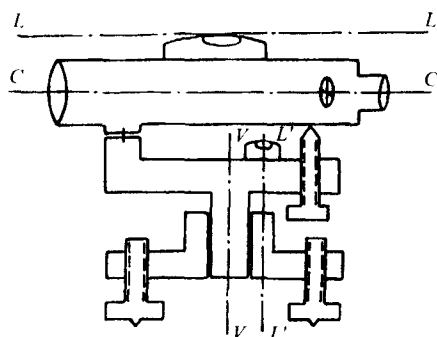


图 4-1 水准仪的轴线

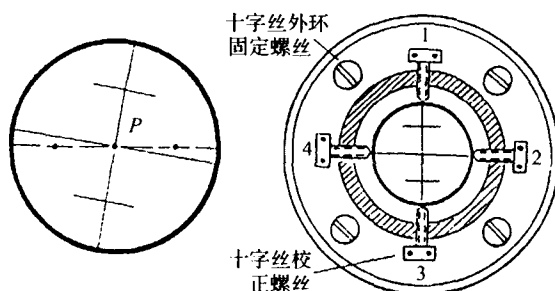


图 4-2 十字丝校正螺丝

校正时, 旋下十字分划板护罩, 用小螺丝刀松开十字丝外环固定螺丝, 按横丝倾斜反方向微微转动外环, 使水平方向微动时横丝不离开标志, 最后旋紧十字丝外环固定螺丝, 并旋上十字丝分划板护罩。

3) 水准管轴平行于视准轴的检验与校正

如图 4-3 所示, 在平坦地面上选定相距 $60\text{m} \sim 80\text{m}$ 的 A 、 B 两点(打木桩或安放尺垫),

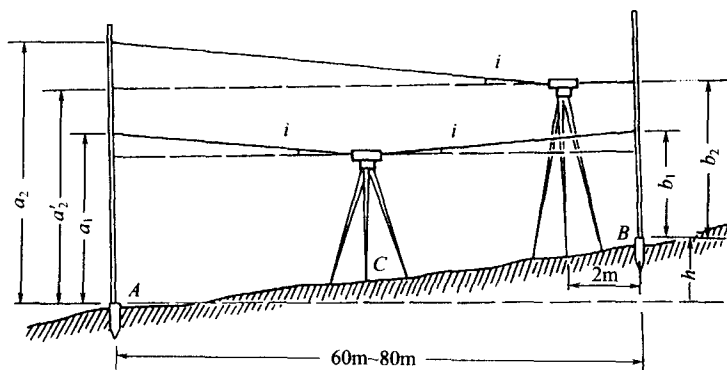


图 4-3 检验水准管轴平行于视准轴

竖立水准尺。先将水准仪安置于 A 、 B 的中点 C ，精平仪器后，分别读取 A 、 B 点水准尺的读数 a_1 、 b_1 ，得高差 h'_1 ；改变仪器高度，再重读两尺读数，又得高差为 h''_1 ，两次计算高差的差数如在 5 mm 以内，则取其平均数，作为 A 、 B 两点的正确高差：

$$h_1 = \frac{1}{2}(h'_1 + h''_1) \quad (4-1)$$

将水准仪搬到 B 点附近，距 B 尺约 2 m 处，精平后分别读取 A 、 B 点的水准尺读数 a_2 、 b_2 ，又测得高差 $h_2 = a_2 - b_2$ ，如果 $h_2 = h_1$ ，则说明水准管轴平行于视准轴；否则，应按下列公式计算 A 点尺在视准线水平时的应有读数 a'_2 和视准轴与水准管轴在竖直面内的交角(视线的倾角) i ：

$$a'_2 = h_1 + b_2 \quad (4-2)$$

$$i = \frac{|a_2 - a'_2|}{D_{AB}} \rho'' \quad (4-3)$$

式中： D_{AB} 为 A 、 B 两点间的距离， $\rho'' = 206\,265$ 。

当 $i > 20''$ 时，需要校正。水准管轴平行于视准轴的校正有两种方法：

(1) 校正水准管：转动微倾螺旋，使横丝在 A 点尺上的读数从 a_2 移到 a'_2 ，视准轴已水平，但水准管气泡不居中，用校正针拨动水准管上、下两个校正螺丝，使气泡恢复居中(水准管轴水平)。

(2) 校正十字丝：卸下十字丝分划板外罩，用校正针拨动十字丝环上、下两个校正螺丝，移动横丝，使其对准 A 尺上的正确读数 a'_2 ，校正时，要保持水准管气泡居中。

国家三、四等水准测量规范(GB12898—91)中列出的 i 角校正方法，读者可自行查阅。

4) 自动安平水准仪的检验及校正

圆水准轴平行于纵轴的检验及校正同一般水准仪。当圆水准气泡居中时，视线水平的检验同一般水准仪的水准管轴平行于视准轴的检验，但只能校正十字丝，图 4-4 所示为卸去十字丝分划板外罩后所见十字丝校正螺丝以及校正针的使用。

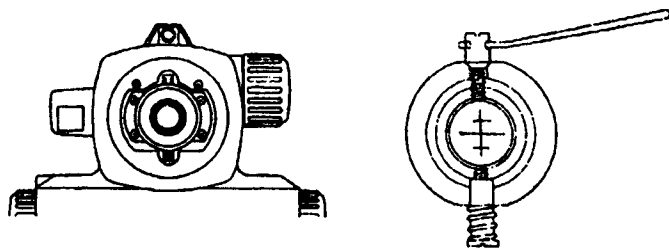


图 4-4 C30 水准仪的十字丝校正螺旋

自动安平水准仪还应增加一项对补偿棱镜功能的检验：瞄准水准尺并读数，用手轻击三脚架架腿，可看到十字丝产生震动，但如果很快能稳定下来，并且横丝仍瞄准原来的读数，则说明补偿棱镜的功能正常。