

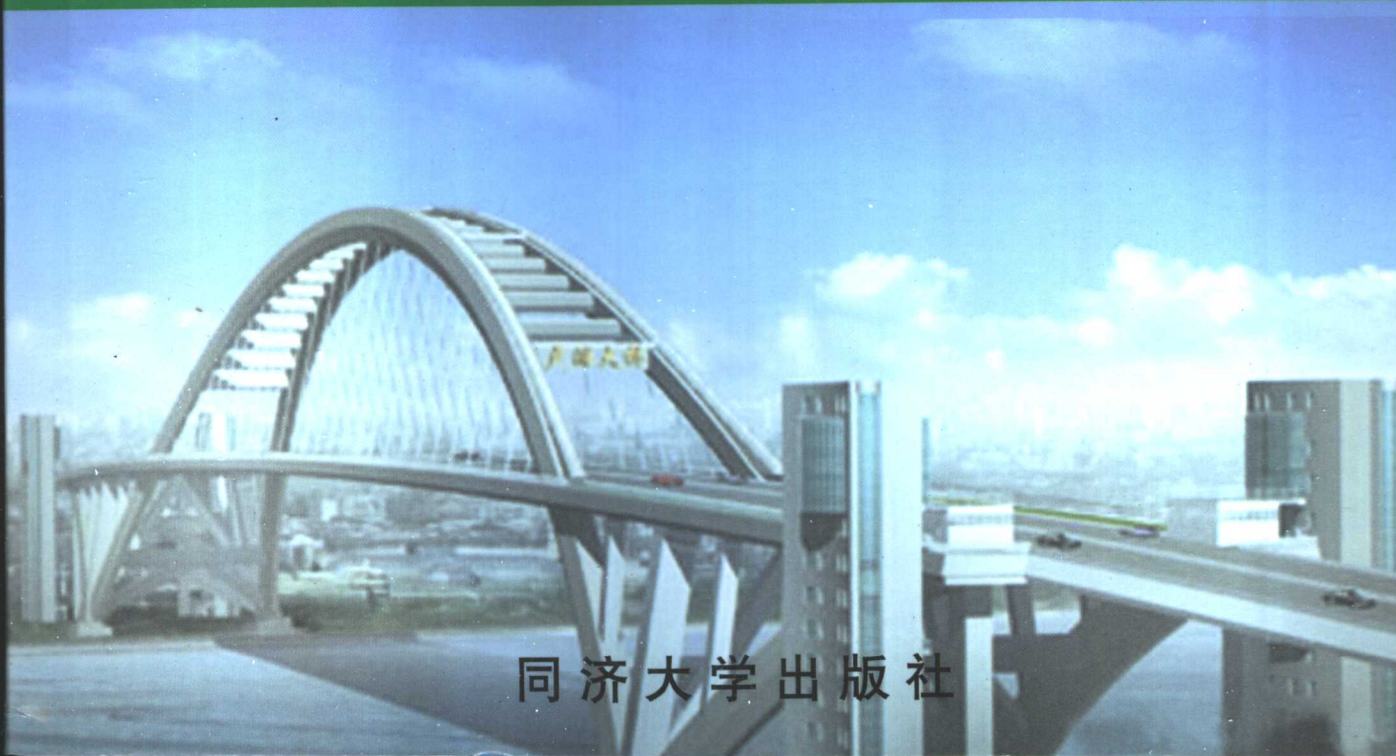
测量学实验

(第二版)

顾孝烈 鲍 峰 程效军 编著



SURVEYING EXPERIMENT



同济大学出版社

测量学实验

(第二版)

顾孝烈 鲍 峰 程效军 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书为测量学的实验指导书,全书共分两大部分:第一部分为测量学的实验须知,第二部分按照不同的测量仪器和测量方法,列出了 22 个实验项目,介绍了各种测量仪器的结构和功能、实验方法以及应达到的要求等,其中还介绍了最新的先进测量仪器及其使用。

本书可用作土建类专业师生的测量学实验课教材,也可供从事测量工作的工作技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验/顾孝烈,鲍峰,程效军编著. —2 版.

上海:同济大学出版社,2003.9

ISBN 7-5608-2708-X

I. 测… II. ①顾… ②鲍… ③程… III. 测量—
实验—高等学校—教材 IV. P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 073784 号

测量学实验(第二版)

顾孝烈 鲍 峰 程效军 编著

责任编辑 郁 峰 责任校对 徐 栩 封面设计 陈益平

出 版 同济大学出版社
发 行

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 江苏启东市印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 8.75

字 数 224000

印 数 1—8000

版 次 2003 年 9 月第 2 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2708-X/P·3

定 价 11.50 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

前 言

本书为同济大学出版社 1996 年出版的《测量学实验》的第二版,是在原书的基础上,对内容作了大幅度的修改,重新编写而成。在同济大学土木工程类和土地管理类等学生的“测量学”教学中,本书作为《测量学》的配套教材,用于测量课间实验和期终的测量教学实习中。由于书中有较新的测量仪器的使用、检验校正以及数字测图和机助成图方法等内容,因此也可供从事测量工作的工程技术人员参考。

随着现代科学技术的飞速发展,先进技术在测绘学科中得到了广泛的应用。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。本书第二版的修订就是以这部分内容为主。考虑到学生实验时数的限制和学习的循序渐进,本书在介绍新仪器的性能和使用方法时,力求内容突出重点和文字简明扼要,避免求全求深,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。

本书第二版修订时,内容更新较多的有下列一些实验项目:实验五、六、七(由鲍峰执笔)、实验十五、十六(由顾孝烈执笔)、实验二十一、二十二(由程效军执笔),全书仍由顾孝烈担任主编。本书作者诚恳希望使用本教材的师生以及其他读者能提出批评指正,以利于重印或再版时改进和改正。

编著者

2003 年 8 月 1 日

目 录

第一部分 测量实验须知	(1)
(一) 测量实验的一般规定	(1)
(二) 测量仪器的使用规则和注意事项	(1)
第二部分 测量实验项目	(4)
实验一 水准仪的使用(DS3)	(5)
实验二 工程水准测量(两次仪器高法)	(9)
实验三 四等水准测量(双面尺法)	(11)
实验四 水准仪的检验及校正(DS3)	(13)
实验五 精密水准仪的使用(N3 或 Ni004)	(16)
实验六 电子水准仪的使用	(21)
实验七 精密水准仪 i 角检验	(28)
实验八 光学经纬仪的使用(DJ6)	(30)
实验九 测回法水平角观测(DJ6)	(34)
实验十 光学经纬仪的使用(DJ2)	(36)
实验十一 全圆方向法水平角观测(DJ2)	(39)
实验十二 垂直角观测和竖盘指标差检校	(41)
实验十三 经纬仪的检验及校正	(43)
实验十四 钢尺量距和钢尺检定	(46)
实验十五 电子全站仪的角度和距离观测	(48)
实验十六 电子全站仪的坐标测定和测设	(55)
实验十七 机械求积仪的使用	(71)
实验十八 电子求积仪的使用	(74)
实验十九 建筑物轴线测设和高程测设	(77)
实验二十 道路圆曲线测设	(80)
实验二十一 数字测图数据采集	(84)
实验二十二 数字化机助成图	(89)
附录表	(95)

第一部分 测量实验须知

测量学是一门实验性很强的技术基础课,测量实验是测量学教学中不可缺少的环节。只有通过实验和对测量仪器的亲自操作,进行安置、观测、记录、计算、写作实验报告等,才能真正掌握测量的基本方法和基本技能。因此,必须对测量实验予以充分重视。

(一) 测量实验的一般规定

(1) 实验前,必须阅读《测量学》的有关章节及《测量学实验》的相应项目。实验时,必须携带《测量学实验》,便于参照、记录有关数据和计算。

(2) 实验分小组进行,组长负责组织和协调实验工作,办理所用仪器、工具的借领和归还手续。凭组长或组员的学生证借用仪器。

(3) 实验应在规定时间内进行,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。

(4) 必须遵守实验室的“测量仪器工具的借用规则”。应该听从教师的指导,严格按照实验要求,认真、按时、独立地完成任务。

(5) 测量记录应该用正楷书写文字和数字,不可潦草,并在规定表栏中填写。记录应该用 2H 或 3H 铅笔。

(6) 记录者听取观测者报出仪器读数后,应向观测者回报读数,以免记错。

(7) 记录数字若发现有错误,不得涂改,也不得用橡皮擦拭,而应该用细横线划去错误数字,在原数字上方写出正确数字,并在备注栏内说明原因。

(8) 若一测回或整站观测成果不合格(观测误差超限),则用斜细线划去该栏记录数字,并在备注栏内说明原因。

(9) 根据观测结果,应当场作必要的计算,并进行必要的成果检验,以决定观测成果是否合格,是否需要进行重测(返工)。应该当场写的实验报告也应写好。

(10) 实验结束时,应把观测记录和实验报告交指导教师审阅。经教师认可后,方可收拾仪器和工具,作必要的清洁工作,向实验室归还仪器和工具,结束实验。

(二) 测量仪器的使用规则和注意事项

测量仪器历来属于比较贵重的设备,尤其是目前在向精密光学、机械化、电子化方向发展而使其功能日益先进的同时,其代价也更为昂贵。对测量仪器的正确使用、精心爱护和科学保养,是从事测量工作的人员必须具备的素质和应该掌握的技能,也是保证测量成果的质量、提高测量工作效率、发挥仪器性能和延长其使用年限的必要条件。为此,特制订下列测量仪器使用规则和注意事项,在测量实验中应严格遵守和参照执行。

1. 仪器工具的借用

(1) 以实验小组为单位借用测量仪器和工具,按小组编号在指定地点凭学生证向实验室人员办理借用手续。

(2) 借用时,按本次实验的仪器工具清单当场清点,检查实物与清单是否相符,器件是否完好,然后领出。

(3) 搬运前,必须检查仪器箱是否锁好,搬运时,必须轻取轻放,避免剧烈震动和碰撞。

(4) 实验结束后,应及时收装仪器、工具、清除接触土地的部件(脚架、尺垫等)上的泥土,送还借用处检查验收。如有遗失或损坏,应写出书面报告说明情况,进行登记,并应按有关规定赔偿。

2. 仪器的安装

(1) 先将仪器的三脚架在地面安置稳妥,安置经纬仪的三脚架必须与地面点大致对中,架头大致水平,若为泥土地面,应将脚尖踩入土中,若为坚实地面,应防止脚尖有滑动的可能性,然后开箱取仪器。仪器从箱中取出之前,应看清仪器在箱中的正确安放位置,以避免装箱时发生困难。

(2) 取出仪器时,应先松开制动螺旋,用双手握住支架或基座,轻轻安放到三脚架头上,一手握住仪器,一手拧连接螺旋,最后拧紧连接螺旋,使仪器与三脚架连接牢固。

(3) 安装好仪器以后,随即关闭仪器箱盖,防止灰尘等进入箱内。严禁坐在仪器箱上。

3. 仪器的使用

(1) 仪器安装在三脚架上之后,不论是否在观测,必须有人守护,禁止无关人员拨弄,避免路过的行人和车辆碰撞。

(2) 仪器镜头上的灰尘,应该用仪器箱中的软毛刷拂去或用镜头纸轻轻擦去,严禁用手指或手帕等擦拭,以免损坏镜头上的药膜,观测结束后,应及时套上物镜盖。

(3) 在阳光下观测,应撑伞防晒,雨天应禁止观测;对于电子测量仪器,在任何情况下,均应撑伞防护。

(4) 转动仪器时,应先松开制动螺旋,然后平稳转动;使用微动螺旋时,应先旋紧制动螺旋(但切不可拧得过紧);微动螺旋不要旋到顶端,即应使用中间的一段螺纹。

(5) 仪器在使用中发生故障时,应及时向指导教师报告,不得擅自处理。

4. 仪器的搬迁

(1) 在行走不便的地段搬迁测站或远距离迁站时,必须将仪器装箱后再搬。

(2) 近距离或在行走方便的地段迁站时,可以将仪器连同三脚架一起搬迁。先检查连接螺旋是否转紧,松开各制动螺旋,如为经纬仪,则将望远镜物镜向着度盘中心,均匀收拢各三脚架腿,左手托住仪器的支架或基座,右手抱住脚架,稳步行走。严禁斜扛仪器于肩上进行搬迁。

(3) 迁站时,应带走仪器所有附件和工具等,防止遗失。

5. 仪器的装箱

(1) 实验结束后,仪器使用完毕,应清除仪器上的灰尘,套上物镜盖,松开各制动螺旋,将脚螺旋调至中段并使大致同高。一手握住仪器支架或基座,一手旋松连接螺旋使与脚架脱离,双手从脚架头上取下仪器。

(2) 仪器放入箱内,使正确就位,试关箱盖,确认放妥(若箱盖合不上口,说明仪器位置未放置正确,应重放,切不可强压箱盖,以免损伤仪器)后,再拧紧仪器各制动螺旋,然后关箱,搭扣,上锁。

(3) 清除箱外的灰尘和三脚架脚尖上的泥土。

(4) 清点仪器附件和工具。

6. 测量工具的使用

(1) 使用钢尺时,应使尺面平铺地面,防止扭转、打圈,防止行人踩踏或车轮碾压,尽量避免尺身沾水。量好一尺段再向前量时,必须将尺身提起离地,携尺前进,不得沿地面拖尺,以免磨损尺面刻划甚至折断钢尺。钢尺用毕,应将其擦净并涂油防锈。

(2) 皮尺的使用方法基本上与钢尺的使用方法相同,但量距时使用的拉力应小于使用钢尺时的拉力,皮尺沾水的危害更甚于钢尺,皮尺如果受潮,应晾干后再卷入盒内,卷皮尺时,切忌扭转卷入。

(3) 使用水准尺和标杆时,应注意防止受横向压力,防止竖立时倒下,防止尺面分划受磨损。标杆更不能作棍棒使用。

(4) 小件工具(如垂球、测钎、尺垫等)用完即收,防止遗失。

第二部分 测量实验项目

测量实验是《测量学》课堂教学期间讲授某一章节以后安排的实践性教学环节。通过测量实验,加深对测量基本概念的理解,初步掌握测量工作的实际操作技能,也为课程后续内容的学习打好基础。本书列出 22 个测量实验项目,其先后顺序基本上按照《测量学》学习的次序安排。实验项目应由教师在每次布置实验课任务时通知,以便预习,在实验前明确实验的内容和要求。

每次实验的学时数一般为 2 学时,实验小组人数一般为 5~6 人,但也应根据实验的具体内容以及仪器设备条件作灵活安排,以保证每人都能进行观测、记录、做辅助工作等实践。

每项实验内所附测量记录表格,应在观测时当场记录,并进行必要的计算,在实验结束时上交。

实验一 水准仪的使用 (DS3)

一、目的和要求

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

二、计算和设备

- (1) 实验时数安排为 1~2 学时。实验小组由 6 人组成,可分为两个小小组,1 人操作仪器,1 人记录。
- (2) 每组的实验设备为 DS3 水准仪 2 台,水准尺 2 支,记录板 2 块。实验时,水准尺可用绳缚于实验现场周围固定地物上。
- (3) 每个实验班级,由实验室人员安置 2 台工程自动安平水准仪,供各小组轮流参观试用。

三、方法和步骤

1. 认清工程水准仪的构造和各部件的名称

图 1-1 为 DS3 工程水准仪的外形及各部件的名称。

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,并用手试推一下仪器,检验是否已真正连接牢固。

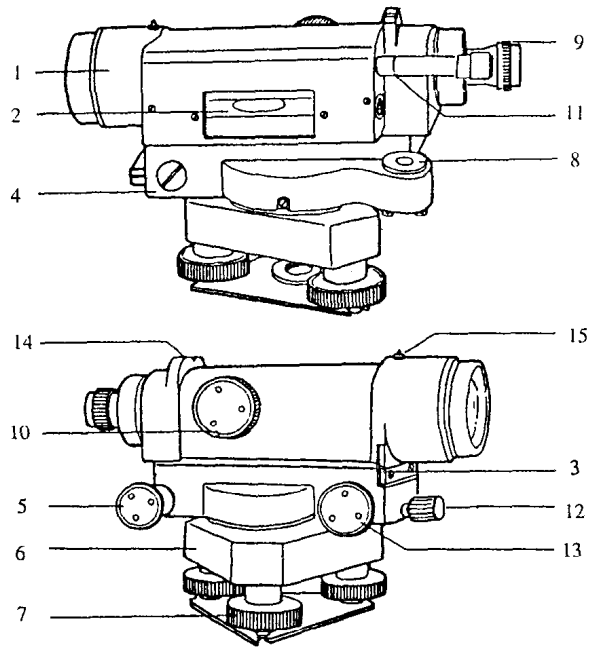
(2) 粗平

水准仪的粗平是通过旋转仪器的脚螺旋使圆水准的气泡居中而达到的。如图 1-2 所示,按“左手拇指规则”旋转一对脚螺旋(图 1-2(a))和一个脚螺旋(图 1-2(b)),使气泡居中。这是置平测量仪器的基本功,必须反复练习。

(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;放松制动螺旋,转动望远镜,通过望远镜上的缺口和准星初步瞄准水准尺,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于十字丝纵丝(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,则重新进行目镜调焦和物镜调焦,以消除视差。



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. 符合气泡观察镜; 12. 制动螺旋; 13. 微动螺旋; 14. 缺口; 15. 准星

图 1-1 DS3 工程水准仪

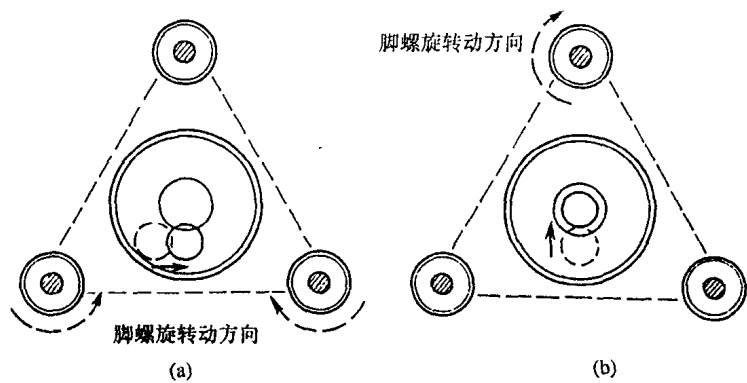


图 1-2 圆水准气泡的居中

(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镜中,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,水准管气泡居中。注意微倾螺旋转动方向与水准管气泡像移动方向的一致性,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,为了读数的方便,水准尺上的注字是倒写的,

在望远镜中看到的字是正的。尺上注字以 m 为单位,每隔 10cm 注字,每个黑色(或红色)和白色的分划为 1cm,根据十字丝的横丝可估读到 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。

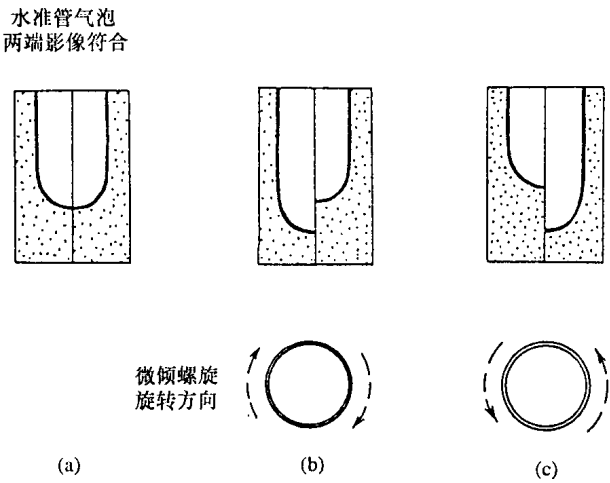


图 1-3 水准管气泡的居中

综上所述,水准仪的基本操作程序可以简单地归纳如下:

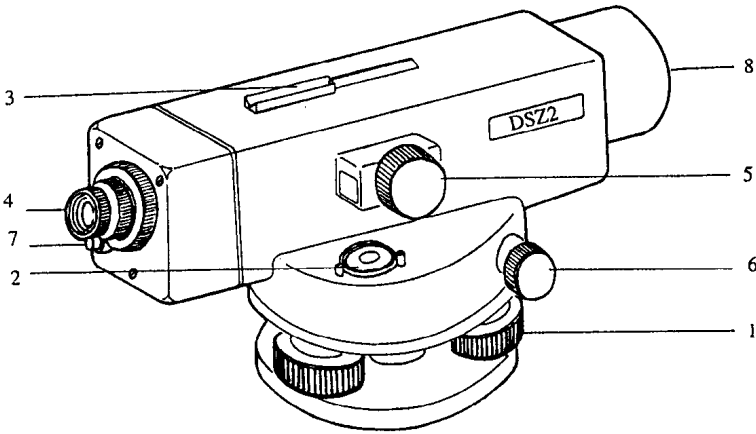
安置—粗平—瞄准—精平—读数

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,对两支竖立的水准尺分别进行瞄准、精平、读数,并在附录表 1-1“水准测量读数练习”中作记录,计算两水准尺立尺点的高差。该记录表可沿剪裁线剪下,作为本次实验成果上交。

4. 自动安平水准仪的使用

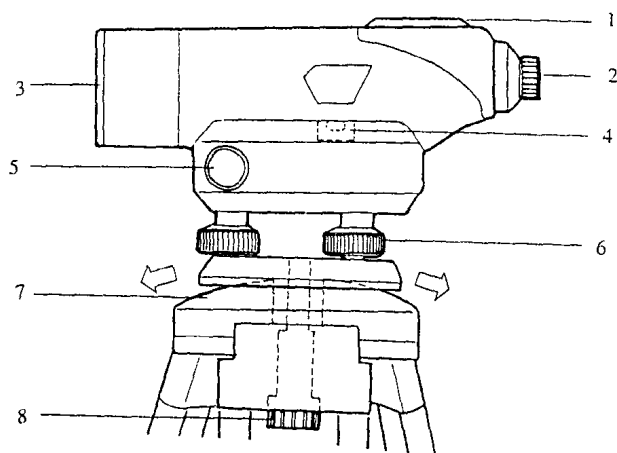
图 1-4 所示为 DSZ2 型自动安平水准仪的外形及各部件的名称。



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

图 1-4 DSZ2 型自动安平水准仪

图 1-5 所示为 C30 型自动安平水准仪的外形及各部件的名称。



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

图 1-5 C30 型自动安平水准仪

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 型的球面三脚架头，将水准仪连接上后，略为旋松连接螺旋，轻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，使圆水准器的气泡严格居中，使补偿棱镜在补偿范围内导致视准轴水平。

(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，则再作对光调整。

(4) 读数

自动安平水准仪的读数与一般水准仪相同。

四、注意事项

(1) 仪器安放到三脚架架头上，最后必须旋紧连接螺旋，使连接牢固。

(2) 水准仪在读数前，必须使长水准管气泡严格居中（自动安平水准仪例外）。

(3) 瞄准目标必须消除视差。

(4) 从水准尺上读数必须读 4 位数：m, dm, cm, mm。不到 1m 的读数，第一位数为零；如为整分米、整厘米读数，相应的位数也应补零。

实验二 工程水准测量 (两次仪器高法)

一、目的和要求

- (1) 练习水准测量测站和转点的选择、水准尺的立尺方法、测站上的仪器操作。
- (2) 掌握工程水准测量(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 支,尺垫 2 只,记录板 1 块。

三、方法和步骤

1. 了解工程水准测量的方法

两次仪器高法工程水准测量是在每个测站上安置两次不同高度(相差 10cm 以上)的仪器,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,用来检查每一测站的观测中是否有错误。

2. 工程水准测量的实验

(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 4~5 个测站、视线长度 20~30m 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)与第一个立尺点的中间(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:

后视立于水准点上的水准尺,瞄准,精平,读数;

前视立于第一点上的水准尺,瞄准,精平,读数;

改变水准仪高度 10cm 以上,重新安置水准仪;

前视立于第一点上的水准尺,瞄准,精平,读数;

后视立于水准点上的水准尺,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,并作测站检核。本实验记录于附录表 2-1“工程水准测量记录”。

(4) 依次设站,用相同的方法进行观测,直至回到出发的点。

(5) 全路线施测完毕,应作线路检核,计算前视读数之和、后视读数之和、高差之和。

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 5mm,否则,该测站应重测。

(3) 每一测站,通过上述测站检核,才能搬站;仪器未搬迁时,前、后视水准尺的立尺点如为尺垫,则均不得移动。仪器搬迁了,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点;前视的立尺人仍不得移动尺垫,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 $\pm 10\sqrt{n}\text{mm}$, n 为测站数。

(5) “工程水准测量记录”表应全部填写完毕,作为本次实验的成果上交。

实验三 四等水准测量 (双面尺法)

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 2~3 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 水准仪或 C30 水准仪 1 台,双面水准尺 2 支,尺垫 2 只,记录板一块。

三、方法和步骤

1. 了解四等水准测量的方法

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,是在每个测站上安置一次水准仪,但分别在水准尺的黑、红两面刻划上读数,可以测得每次高差,进行测站检核。除此以外,还有其他一系列的检核。

2. 四等水准测量的实验

(1) 从实验场地的某一水准点出发,选定一条闭合水准路线;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 200~400m,设置 4~6 个测站,视线长度约为 30m 左右。立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫。

(2) 安置水准仪的测站至前、后视立尺点的距离,应该用步测使其相等。在每一测站,按下列顺序进行观测:

后视水准尺黑色面,读上、下丝读数,精平,读中丝读数;

前视水准尺黑色面,读上、下丝读数,精平,读中丝读数;

前视水准尺红色面,精平,读中丝读数;

后视水准尺红色面,精平,读中丝读数。

(3) 记录者在附录表 3-1“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:

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

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

$$\text{视距之差 } ⑪ = ⑨ - ⑩$$

$$\Sigma \text{ 视距差 } ⑫ = \text{上站 } ⑫ + \text{本站 } ⑪$$

$$\text{红黑面差 } ⑬ = ⑥ + K - ⑦, (K = 4687 \text{ 或 } 4787)$$

$$⑭ = ③ + K - ⑧$$

$$\text{黑面高差 } ⑮ = ③ - ⑥$$

$$\text{红面高差 } ⑯ = ⑧ - ⑦$$

$$\text{高差之差 } ⑰ = ⑮ - ⑯ = ⑭ - ⑬$$

$$\text{平均高差 } ⑱ = \frac{1}{2} \{ ⑮ + ⑯ \}$$

四等水准测量的技术限差规定如下表：

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	≤3	≤10	≤3	≤5

每站读数结束(①~⑧)，随即进行各项计算(⑨~⑰)，并按上表进行各项检验，满足限差要求后，才能搬站。

(4) 依次设站，用相同的方法进行观测，直至线路终点，计算线路的高差闭合差。按四等水准测量的规定，线路高差闭合差的容许值为 $\pm 20 \sqrt{L} \text{ mm}$ ， L 为线路总长(单位：km)。

四、注意事项

(1) 四等水准测量比工程水准测量有更严格的技术规定，要求达到更高的精度，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；水准尺应完全竖直，最好用附有圆水准器的水准尺。

(2) 每站观测结束，应立即进行计算和进行规定的检核，若有超限，则应重测该站。全线路观测完毕，线路高差闭合差在容许范围以内，方可收测，结束实验。

(3) 实验结束后，应上交经过各项检核计算后的“四等水准测量记录”表。