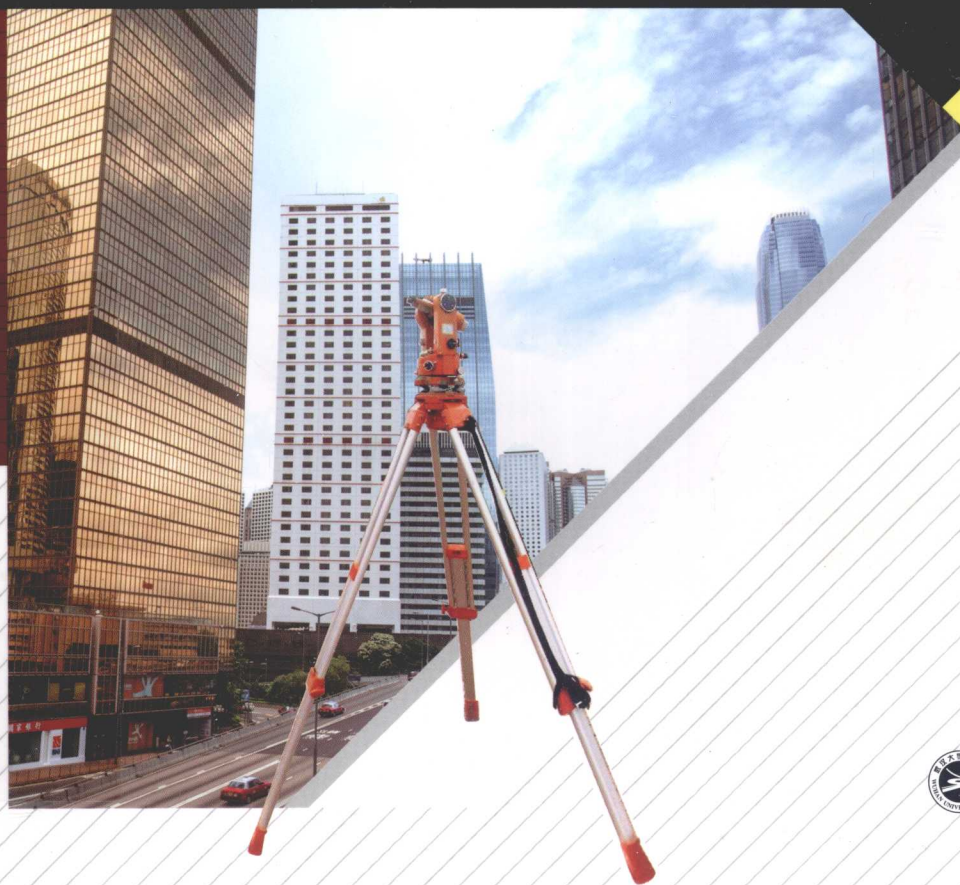


# 工程测量实验教程

主编 王宇会

GONGCHENG CELIANG SHIYAN  
JIAOCHENG



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

# 工程测量实验教程

主编 王宇会

GONGCHENG CELIANG SHIYAN  
JIAOCHENG



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

工程测量实验教程/王宇会主编. —武汉:武汉大学出版社,2016.8  
ISBN 978-7-307-18474-9

I. 工… II. 王… III. 工程测量—实验—教材 IV. TB22—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 181823 号

封面图片为上海富昱特授权使用(© IMAGEMORE Co., Ltd.)

责任编辑:黄汉平

责任校对:汪欣怡

版式设计:马 佳

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉科源印刷设计有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:7.5 字数:172千字 插页:1

版次:2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

ISBN 978-7-307-18474-9 定价:19.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

《工程测量》或《测量学》是土木工程等工科专业必修的专业基础课程。除理论教学外，通常还需要同时开设测量实验与测量实习。

随着科学技术的进步和测绘仪器的发展，当今各种工程建设中已普遍使用全站仪、电子水准仪等现代测量仪器，传统的以光学水准仪和光学经纬仪为主要实验工具的测量实验指导书已经不能适应现代教学的需要。逐渐减少理论课学时、大力加强实践性教学环节，是当前各高校各专业修订教学计划和培养方案时的基本要求，在这种情况下，有关测量仪器操作的教学内容一般只能安排在实验或实习之中。由于全站仪等光电测量仪器型号众多，使用方法不尽相同，而高校测量实验室往往拥有多种型号的仪器，因此，编写一本与现代工程测量教学相适应、包含所有常设实验项目及若干种全站仪使用方法的实验教程，很有必要。

《工程测量实验教程》主要用于指导和开展测量实验教学。教程中所列实验项目有利于加强实践性教学环节，有利于加深学生对课堂知识的理解，有利于提高学生的动手能力。

本书还配有实验报告一本，用于实验的数据记录、计算及总结，是评定实验成绩的基础资料和依据。

本书可作为测绘工程、土木工程、道路桥梁与渡河工程、交通运输、城市地下空间工程、环境工程、土地资源管理、工程管理、城市规划、给排水科学与工程等专业的测量实验教材，各专业可根据实际学时数或仪器设备条件选做部分或全部实验项目。也可供测量工程技术人员参考。

本书得到广东省高等学校专业综合改革试点项目(2014, ZHGG001)、广东省高等学校大学生实践教学基地建设项目(2014, SJJD002)、广东省“质量工程”建设教学改革项目(2014, 2015)、广东工业大学本科实验教学改革与研究项目(2015, 2015SY15)的资助，在此一并致谢。

本书是广东工业大学测绘工程系教师多年来从事测量实验课程教学的总结，测绘工程系全体老师给出了很多宝贵的意见与建议；定稿时，蒋利龙教授、张兴福副教授进行了认真审核；编写过程中得到了实验室教师的大力帮助；测绘专业的部分同学在采集图片和验证操作过程方面给予了很大帮助，在此一并致谢。

由于时间和水平有限，书中不当之处，恳请使用本教材的师生及其他读者批评指正，以便重印或再版时修正。

编者

2016年6月

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第一部分 工程测量实验须知          | 1  |
| 一 实验课程的基本规定            | 1  |
| 二 仪器使用的基本规定            | 1  |
| 三 外业记录与内业计算的基本规定       | 3  |
| 第二部分 实验项目              | 4  |
| 实验一 水准仪的认识与使用          | 4  |
| 实验二 普通水准测量             | 8  |
| 实验三 四等水准测量             | 10 |
| 实验四 水准仪的检验与校正          | 13 |
| 实验五 电子水准仪的认识与使用        | 17 |
| 实验六 经纬仪的认识与使用          | 22 |
| 实验七 水平角测量(测回法)         | 25 |
| 实验八 水平角测量(方向法)         | 27 |
| 实验九 竖直角测量              | 29 |
| 实验十 全站仪的认识与使用          | 30 |
| 实验十一 全站仪的检验与校正         | 33 |
| 实验十二 经纬仪测绘法测绘地形图       | 38 |
| 实验十三 数字测图数据采集          | 40 |
| 实验十四 点平面位置的测设          | 42 |
| 第三部分 全站仪使用说明           | 46 |
| 一 南方 NTS312L 全站仪使用说明   | 46 |
| 二 南方 NTS302H 全站仪使用说明   | 52 |
| 三 Leica TC307 全站仪使用说明  | 57 |
| 四 Leica TC600 全站仪使用说明  | 61 |
| 五 Leica TC402 全站仪使用说明  | 64 |
| 六 中海达 ATS-320R 全站仪使用说明 | 67 |



# 第一部分 工程测量实验须知

理论教学、实验教学和实习教学是工程测量课程的三个重要教学环节。坚持理论与实践的紧密结合,认真进行测量仪器的操作应用和测量实践训练,才能真正掌握工程测量的基本原理和基本技术。

## 一 实验课程的基本规定

(1)实验课前,应认真阅读理论课程教材中的有关内容并预习本教材中的相应项目知识;了解实验的内容、方法及注意事项,尤其对于综合性实验应在课前做好充分的准备工作,以保证按时、按质、按量地完成实验任务。

(2)实验课程分小组进行,上课前学习委员应向实验教师提供分组名单,确定小组长,小组长负责办理仪器工具的借领和归还手续。

(3)上课时任何人不得无故缺席或迟到,遇特殊情况需请假者,应在上课前写好请假条,并由有关人员(事假由班主任或辅导员、病假由校医院医生)签字后,交给班长,由其在上课前交给实验教师。凡课后补假条者一律视为旷课,实验教师视情节扣除缺席或迟到者一定的实验成绩。

(4)实验是集体学习行动,应在指定场地进行,不得随意变更实验地点,自选场地的实验(如水准仪的认识与使用),应尽量靠近实验室,以方便仪器的借还。

(5)操作前,应仔细观看实验教师的示范操作。操作仪器时,如遇问题及早向教师提出,不得擅自处理。

(6)实验时需严格按操作规程进行,如遇违反操作规程或疏忽大意而引起仪器损坏的情况,相关操作人员应负责修理或赔偿,并扣除其当次实验成绩。

(7)实验结束时,应检查数据是否齐全并进行必要的计算,确保实验数据满足要求,再将仪器工具归还实验室。

(8)实验报告是学生向教师反映实验情况的实物资料。课程结束后,应认真填写实验报告中的所有项目,字迹要规范整齐,不得潦草书写。

(9)课程结束后,应认真总结实验中存在的问题、是否达到规定的精度要求以及实验后的收获,并将上述情况如实地填写在实验报告的总结说明中。

(10)按时向实验教师提交实验报告。

## 二 仪器使用的基本规定

测量仪器或是精密的光学设备,或是光、机、电一体化的贵重设备。对仪器的正确使

用、精心爱护和科学保养,是测量人员必须具备的基本素质,也是保证测量成果质量、提高工作效率的必要条件。在使用测量仪器时,应养成良好的工作习惯,严格遵守下列规则:

### 1. 借领与归还仪器

(1)实验课前,各小组长带一至两名成员至实验室领取实验所用仪器工具,清点数目并视检无问题后,在借领栏签名。

(2)实验结束后,各小组成员应将所有仪器工具归还实验室,并向教师反映仪器使用情况;教师检查无问题后,在归还栏内签名。

### 2. 携带仪器

首先检查仪器箱是否扣紧,拉手和背带是否牢固,确保无误后再提仪器,以防止“箱扣不严仪器滑出或背带不牢仪器掉落”等情况发生。

### 3. 安装仪器

(1)安放仪器的三脚架必须稳固可靠,特别注意伸缩腿要稳固。

(2)打开仪器箱时,应使其放置平稳,以免摔坏仪器;开箱后,应仔细观察并记清仪器在箱内的安放位置,以便使用完毕能按原样放回,避免因放错位置而损伤仪器。

(3)从仪器箱提取仪器时,应先松开制动螺旋,用双手握住仪器支架或基座,放到三脚架上。一手握住仪器,一手拧连接螺旋,直至拧紧。

(4)仪器取出后,应立即关好箱盖,以防灰尘和湿气进入。不准在仪器箱上坐人或踩在仪器箱上观测。

### 4. 使用仪器

(1)仪器安装在三脚架上后,无论是否观测,观测者必须守护仪器。

(2)晴天应撑伞,给仪器遮阳。雨天禁止使用仪器。

(3)仪器镜头上的灰尘、污痕,只能用软毛刷和镜头纸轻轻擦去。不能用手指、手帕或其他物品擦拭,以免磨坏镜面。

(4)制动螺旋和微动螺旋要配合使用:拧紧制动螺旋后微动螺旋才起作用;使用微动螺旋至尽头仍不能达到要求时,应将制动打开,旋至另一侧,再将微动反向旋转。

(5)旋转仪器各螺旋要有手感。使用时,制动螺旋不要拧得太紧,微动螺旋不要旋转至尽头,以防滑扣或松脱。

(6)使用过程中,来回走动时注意不要碰到三脚架架腿,以防止碰动仪器。

### 5. 搬迁仪器

(1)贵重仪器或远距离搬站时,必须把仪器装箱,平稳运输,严禁将仪器置于自行车后架上骑车前进。

(2)近距离搬站时,应先检查连接螺旋是否旋紧,松开各制动螺旋,然后收拢三脚架,一手握住仪器基座或照准部,一手抱住脚架,稳步前进。严禁将脚架收起后,横扛在肩上进行搬迁。

### 6. 仪器装箱

(1)从三脚架上取下仪器时,先松开各制动螺旋,一手握住仪器基座或支架,一手拧松连接螺旋,双手从架头上取下仪器装箱。

(2)在箱内将仪器正确就位后,拧紧各制动螺旋,关上箱盖并扣紧。

(3)全站仪、电子水准仪等电子仪器,装箱前必须关闭电源。

### 7. 使用其他工具的注意事项

(1)作业时,水准尺、标杆应由专人认真扶直。不观测时,应将其平放在地面上,并由专人看管;严禁将其贴靠在树上、墙上或电线杆上,以免摔坏。

(2)水准尺、棱镜杆等禁止横向受力,以防弯曲变形。

(3)携带水准尺、棱镜杆和三脚架等前进时,不准拖地而行。

(4)使用皮尺(或钢尺)时,应避免沾水。若受水浸,应晾干后再卷入盒内。收卷时,切忌扭转卷入。

(5)使用钢尺时,应防止扭曲、打结,防止行人踩踏或车辆碾压,以免折断钢尺。携尺前进时,应将尺身提起,不得沿地面拖拽,以免尺面分划磨损。使用完毕,应将钢尺擦净并涂油防锈。

(6)小件物品(如小钢尺、皮尺、尺垫等)使用完毕,应立即收好,以防遗失。

## 三 外业记录与内业计算的基本规定

记录是野外观测的第一手资料,是内业计算的数据来源,应做到规范、整齐、真实、原始;严禁伪造、重抄或涂改数据。内业计算的目的是检核外业观测成果是否满足规范要求并求得点位坐标。具体要求如下:

(1)观测数据在规定的表格中现场记录。记录应采用 HB 或 2H 硬度的铅笔,同时熟悉表上各项内容的填写、计算方法。

(2)记录观测数据前,应将表头的测站、照准点等信息如实填写齐全。

(3)记录时书写字体应端正、清晰,严禁所写数据模糊不清、模棱两可。

(4)观测员读数后,记录员应复诵观测数据;观测员无异议后,再将其填写在记录表的相应栏内。

(5)记录数字应写在记录方格靠下的位置,以便留出空隙做更正。

(6)记录数字应齐全,不得省略零位。如水准尺读数 1.000 及角度记录中的  $0^{\circ}00'00''$  中的 0 均不能省略,且分和秒不足两位数时应用 0 补齐,如  $6^{\circ}06'06''$ 。

(7)观测值的尾数(角度测量的秒值、水准测量及距离测量的厘米及毫米等)有错误时,不管什么原因均不得更改,而应将该测站或该测回观测结果废弃重测。

(8)任何原始记录不得涂擦。对错误的原始记录,应仔细核对后以单线划去(如 t-326),在其上方填写更改后的数字,并在备注栏内注明原因:“测错”或“记错”,计算错误不必标注。对作废的记录,亦用单线划去,并注明原因及重测结果记于何处,重测记录应在备注栏内加注“重测”二字。

(9)同一测站(或测回)内,不得有两个相关数据连环改正。例如,改“平均数”则不准再改任何一个原始数据;若两个数据均错,则应重测重记。

(10)记录员应兼做必要的计算,发现不符合限差要求的数据,应及时告知观测员,查找原因后立即重测。记录完一测站(或一测回)的数据,应在当场进行必要的计算和检核,确认无误后才能搬站。

(11)内业计算按“四舍六入、五前单进双舍(或称奇进偶不进)”的取舍规则进行尾数的取舍。如数据 1.1235 和 1.1245 小数点后保留三位时,均应为 1.124。



## 第二部分 实验项目

### 实验一 水准仪的认识与使用

#### 一、实验目的

- (1) 认识 DS3 型微倾式水准仪的构造，了解各部件的作用及使用方法。
- (2) 了解水准尺的刻画方法；掌握 DS3 型微倾式水准仪的使用及读数方法。
- (3) 掌握高差测量的方法。
- (4) 掌握利用水准仪测量视距的方法。

#### 二、实验要求

- (1) 了解 DS3 型微倾式水准仪各部件的名称及作用。
- (2) 练习水准仪的基本操作。
- (3) 每人自选 2 点进行高差及视距测量。
- (4) 同一点黑红面中丝读数差应不大于 5mm。
- (5) 对观测数据进行正确处理。

#### 三、实验设备

DS3 型微倾式水准仪及脚架、双面水准尺、尺垫。

#### 四、实验步骤

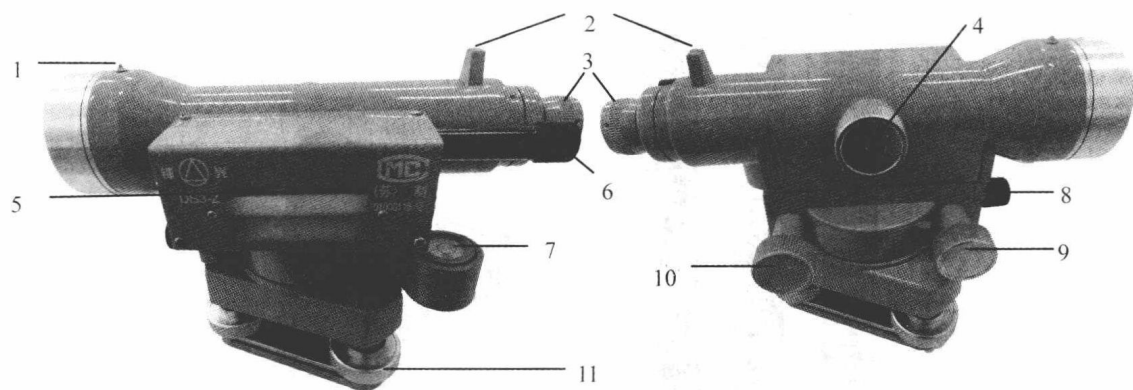
##### 1. 安置仪器

张开三脚架，使其高度在胸口附近，架头大致水平，并将三个脚尖踩实，然后一手扶仪器一手旋转连接螺旋将仪器连在三脚架上。

##### 2. 认识仪器构造

DS3 型微倾式水准仪如图 2-1 所示。

各部件的作用如表 2-1 所示。



1—准星 2—照门 3—目镜调焦螺旋 4—物镜调焦螺旋 5—管水准器 6—符合水准器观察窗  
7—圆水准器 8—制动螺旋 9—微动螺旋 10—微倾螺旋 11—脚螺旋

图 2-1 DS3 型微倾式水准仪

表 2-1 DS3 型微倾式水准仪主要螺旋的作用

| 部件名称   | 作 用                      |
|--------|--------------------------|
| 目镜调焦螺旋 | 调节十字丝的清晰度                |
| 物镜调焦螺旋 | 调节物像的清晰度                 |
| 水平制动螺旋 | 固定望远镜位置                  |
| 水平微动螺旋 | 使望远镜在水平方向做少量旋转           |
| 脚螺旋    | 调平圆水准器，使仪器粗略水平           |
| 微倾螺旋   | 使望远镜在竖直方向有少量倾斜，从而使仪器精确水平 |

3. 认识水准尺和尺垫(图 2-2)

双面水准尺的一面为黑面，另一面为红面；两把水准尺的黑面尺底均为 0.000m；红面尺底，一个为 4.687m，另一个为 4.787m；尺身每个黑/红格和每个白格的宽度均为 1cm，E 字最底端为整分米处，并标有注记。尺垫的作用是在测量中减小或防止水准尺下沉。

4. 粗略调平(粗平)

如图 2-3 所示，先对向转动两只脚螺旋(图中 1、2)，使圆水准器气泡向中间移动，再转动另一只脚螺旋(图中 3)，使气泡移至居中位置(注意：气泡的移动方向与左手大拇指的运动方向相同)。

5. 照准

①对着明亮的背景，转动目镜调焦螺旋，使十字丝清晰。②松开制动螺旋，转动仪器，用准星和照门照准水准尺，拧紧水平制动螺旋。③调节物镜调焦螺旋，使水准尺成像清晰。④转动微动螺旋，使十字丝竖丝对准水准尺。

6. 眼睛上下移动检查有无视差

若有，反复调节物镜调焦螺旋和目镜调焦螺旋，至视差消除。

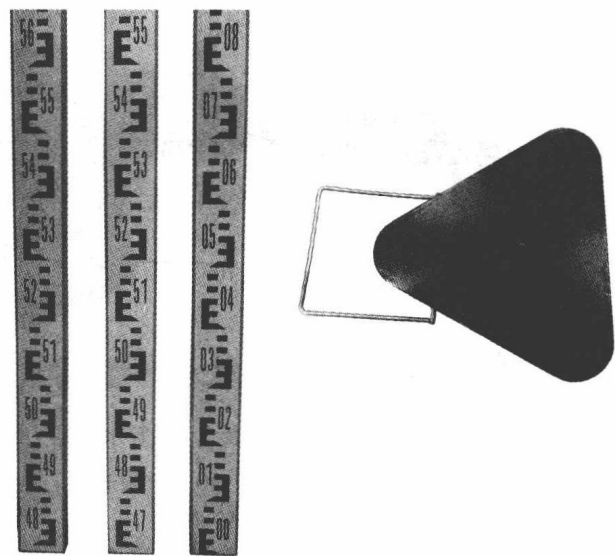


图 2-2 水准尺及尺垫

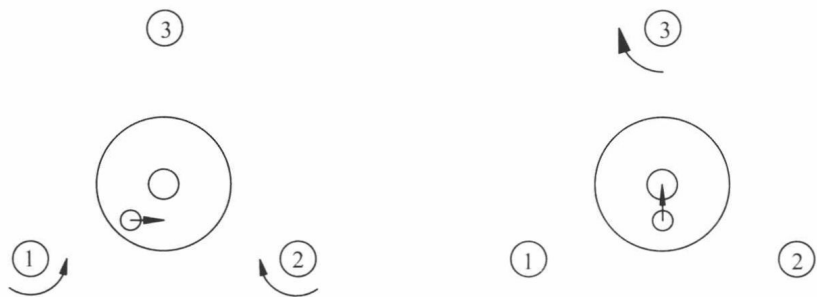


图 2-3 粗略调平

7. 精平与读数

观察水准管气泡观察窗，若水准管气泡两端的影像未对齐(如图 2-4 左图所示)，转动微倾螺旋使其吻合(如图 2-4 右图所示)，视线处于精确水平状态。在同一瞬间立即用中丝直接在水准尺上读取米、分米、厘米，并估读毫米(如图 2-5 所示，左图黑面中丝读数为 1.570m，右图红面中丝读数为 6.257m)。读完后立即检查符合气泡是否仍然对齐，如果是则记录该数值，否则应重新读数。

8. 高差及视距测量

每人自选两点(A、B)，组员协助在点上竖立水准尺。仪器照准水准尺，分别读取其黑面上、中、下三丝和红面中丝读数，同一点黑、红面中丝读数差应满足要求。

五、数据处理

1. 黑红面读数差的计算

$$\Delta = a_{\text{黑}} + K - a_{\text{红}} \tag{2-1}$$

式中， $a_{\text{黑}}$ 、 $a_{\text{红}}$ 分别为 A 点水准尺的黑红面中丝读数， $K$  为黑红面零点差(4.687 或 4.787)。B 点黑红面读数差的计算与 A 点相同。

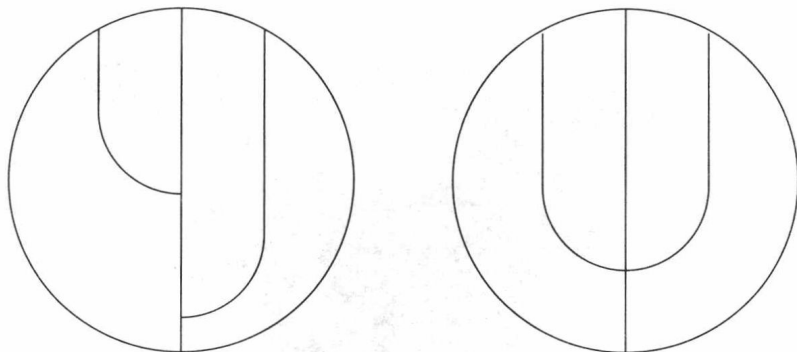


图 2-4 符合水准器影像

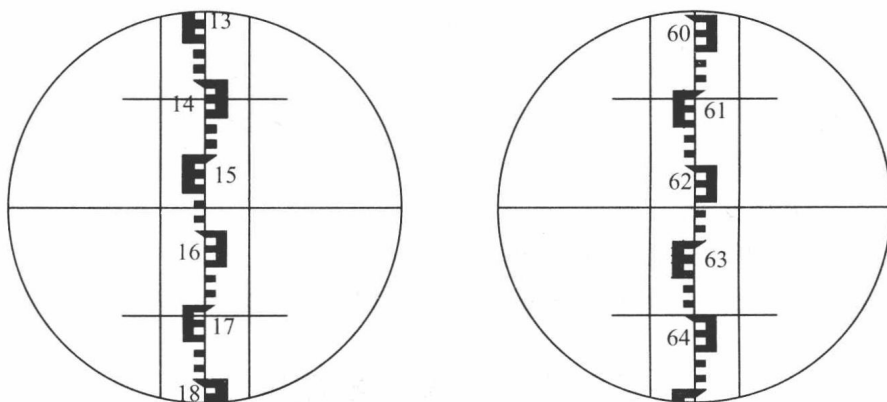


图 2-5 水准尺读数

## 2. 高差的计算

$$h_{AB} = a - b \quad (2-2)$$

式中,  $a$ 、 $b$  分别为 A、B 两点水准尺的中丝读数。

## 3. 视距的计算

$$S = |l_{\text{下}} - l_{\text{上}}| \times 100 \quad (2-3)$$

式中,  $l_{\text{上}}$ 、 $l_{\text{下}}$  分别为同一点水准尺黑面上、下丝读数。

## 六、注意事项

(1) 不要在没有消除视差的情况下进行读数。

(2) 粗平并照准水准尺后, 查看符合水准器时, 若看不到水准管气泡两端的影像, 应先在仪器外侧察看管水准气泡的位置(图 2-6), 再旋转微倾螺旋使管水准气泡向中间移动, 当气泡靠近中间时即可看到。

(3) 由于气泡的移动有惯性, 调节微倾螺旋时, 一定要慢, 特别在符合水准器的两端气泡两端影像接近吻合时, 尤其要注意。

(4) 读数时, 管水准气泡必须居中; 读数后要进行检查, 若气泡移动, 应重新精平后, 再读数。

(5) 不能用脚螺旋调节符合水准气泡, 使其居中。



图 2-6 从外侧查看管水准器

- (6) 仪器制动后不可强行转动，需转动时可用微动螺旋。
- (7) 读完一点的数据，照准下一目标时，若圆水准气泡不居中，不能用脚螺旋调节，以免视线高发生变动。
- (8) 记录以米为单位，记录 4 位数字，并要求记录清晰整洁，书写工整。
- (9) 记录表中只记录数字不写单位，计算高差的正负符号不要省略。

## 实验二 普通水准测量

### 一、实验目的

- (1) 进一步熟悉 DS3 型微倾式水准仪的操作。
- (2) 了解普通水准测量的操作过程，掌握其记录、计算方法。
- (3) 掌握普通水准测量的检核方法及其限差要求。
- (4) 掌握闭合水准路线内业计算的过程。

### 二、实验要求

- (1) 小组自选一闭合水准路线对其进行施测。
- (2) 高差闭合差小于限差要求。
- (3) 根据起点高程，求路线中其余各点的高程。

### 三、实验设备

DS3 型微倾式水准仪及脚架、水准尺、尺垫。

### 四、实验步骤

- (1) 根据测区地物分布情况，小组自选一闭合水准路线(图 2-7)，并做临时性标记。
- (2) 在相邻两点(A、B)上竖立水准尺，在至两点距离大致相等处(I)架设水准仪，



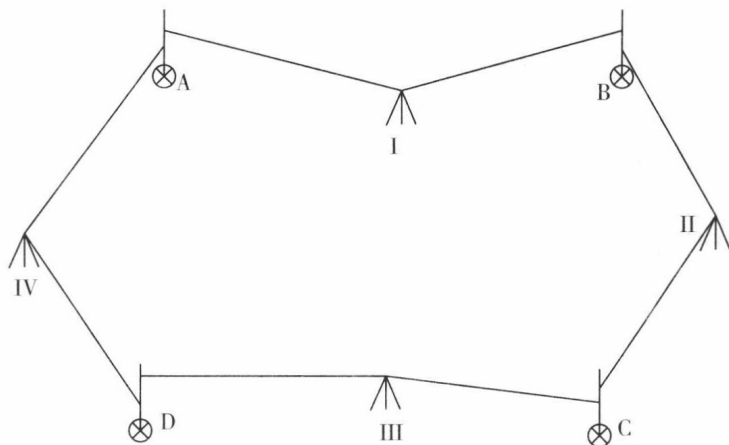


图 2-7 水准路线布设示意图

照准后视(A)，精平、读取黑面中丝及上下丝读数、记录，并按式(2-3)计算后视距。

(3)照准前视(B)，精平、读取黑面中丝及上下丝读数、记录，并按式(2-3)计算前视距。

(4)一测站观测完毕，按式(2-4)计算测站高差：

$$h = a - b \quad (2-4)$$

式中， $a$  为后视读数， $b$  为前视读数。

(5)后视尺搬至下一测站作为前视尺，仪器搬至第二个测站(II)，重复2~4操作，直至回到起点。

(6)用式(2-5)检查高差计算是否正确：

$$\sum a - \sum b = \sum h \quad (2-5)$$

各测站高差计算无误后，按式(2-6)计算路线的高差闭合差：

$$f_h = \sum h \quad (2-6)$$

按式(2-7)计算高差闭合差的允许值：

$$\begin{cases} f_{h容} = \pm 12\sqrt{n} \text{ (mm)} & \text{(适用于山地)} \\ f_{h容} = \pm 40\sqrt{L} \text{ (mm)} & \text{(适用于平地)} \end{cases} \quad (2-7)$$

式中， $n$  为测站数； $L$  为水准路线长(以 km 为单位)。

(7)若高差闭合差在允许范围内，进行内业计算；若高差闭合差超过限差要求，则应查找原因，重新观测。

## 五、内业计算

(1)将观测高差、视距(一测站的视距等于前视距与后视距之和)及测站数(即两测点之间架设仪器的次数)填入实验报告册的表2-2中。

(2)计算高差闭合差及闭合差的允许值填入辅助计算中，并比较两者的大小，只有  $|f_h| < |f_{h容}|$  才能进行下一步计算。

(3)高差改正值的计算

$$v_i = -\frac{f_h}{\sum L} L_i \text{ 或 } v_i = -\frac{f_h}{\sum n} n_i \quad (2-8)$$

计算完毕,用改正数之和应等于负的闭合差进行检核,即有:

$$\sum v = -f_h \quad (2-9)$$

(4)改正后高差的计算

$$h_{i\text{改后}} = h_{i\text{观测}} + v_i \quad (2-10)$$

计算完毕,用改正后高差之和应等于 0 进行检核,即有:

$$\sum h_{\text{改后}} = 0 \quad (2-11)$$

(5)各点高程的计算:设起点高程为 10.000m,则各水准点高程为:

$$H_{i+1} = H_i + h_{\text{改后}} \quad (2-12)$$

计算完毕,用计算的起点高程与已知的起点高程相等进行检核。

## 六、注意事项

(1)照准水准尺后,应注意消除视差;读数前应使符合水准气泡严格居中,读数后需进行检查。

(2)已知点和待定点上不能放置尺垫。两测点相距较远、中间需设置转点时,转点上必须放置尺垫。

(3)由后视转向前视时,若圆水准气泡不居中,不能用脚螺旋调节,以免视线高发生变动。

(4)搬站时,前视尺不动,后视尺移至下一测站作为前视。

(5)搬站时,应注意仪器安全。

(6)计算时,应注意各项检核,以防计算错误。

(7)做实验前,应认真阅读理论课教材中有关“水准测量误差及注意事项”的内容,并在实验中严格遵守,以提高精度。

## 实验三 四等水准测量

### 一、实验目的

- (1)掌握四等水准测量的操作过程。
- (2)掌握四等水准测量的记录及计算方法。
- (3)熟悉四等水准测量的各项限差要求。

### 二、实验要求

- (1)选择一闭合水准路线,按照四等水准测量的要求对其进行单程观测。
- (2)每人至少观测 1 测站、记录 1 测站、扶尺 2 测站。
- (3)四等水准测量的作业限差见表 2-2。

表 2-2 四等水准测量作业限差

| 视线长度<br>(m) | 前后视距差<br>(m) | 前后视距差<br>累积(m) | 视线高度  | 黑红面读<br>数差(mm) | 黑红面所测高<br>差之差(mm) |
|-------------|--------------|----------------|-------|----------------|-------------------|
| 100         | 3.0          | 10.0           | 三丝能读数 | 3.0            | 5.0               |

(4)高差闭合差应满足要求：平原丘陵地区应不超过  $\pm 20\sqrt{L}$  (mm)，山区应不超过  $\pm 25\sqrt{L}$  (mm)(式中,  $L$  为水准路线长, 以 km 为单位)。

三、实验设备

DS3 型水准仪及脚架、双面水准尺、尺垫等。

四、操作步骤

(1)根据实地情况，布设一条闭合水准路线(图 2-7)。

(2)在至前后视距离大致相等处安置水准仪，旋转脚螺旋，使圆水准气泡居中。上丝对准一整分米数，直接读取视距，检查前后视距差是否超限，如超限则调整仪器的安  
放位置。

(3)安置好仪器并粗平后，对着比较明亮的背景将十字丝调节清晰。照准后视，消除视差，开始一测站的操作：

- ①照准后视尺黑面，读取视距丝、中丝读数；
- ②照准后视尺红面，读取中丝读数；
- ③照准前视尺黑面，读取视距丝、中丝读数；
- ④照准前视尺红面，读取中丝读数。

(4)四等水准测量的记录与计算(表 2-3)：

表 2-3 四等水准测量记录

| 测站<br>编号 | 后视      | 下丝 | 前视       | 下丝 | 方向<br>及<br>尺号 | 标尺读数  |       | K+黑<br>减红 | 高差<br>中数 | 备注                                           |
|----------|---------|----|----------|----|---------------|-------|-------|-----------|----------|----------------------------------------------|
|          |         | 上丝 |          | 上丝 |               |       |       |           |          |                                              |
|          | 后视距     |    | 前视距      |    |               | 黑面    | 红面    |           |          |                                              |
|          | 视距差 $d$ |    | $\sum d$ |    |               |       |       |           |          |                                              |
|          | (1)     |    | (5)      |    | 后             | (3)   | (4)   | (9)       |          |                                              |
|          | (2)     |    | (6)      |    | 前             | (7)   | (8)   | (10)      |          |                                              |
|          | (12)    |    | (13)     |    | 后-前           | (16)  | (17)  | (11)      | (18)     |                                              |
|          | (14)    |    | (15)     |    |               |       |       |           |          |                                              |
| I        | 1065    |    | 2162     |    | 后 A           | 0818  | 5605  | 0         |          | $K_{\text{后}}=4.787$<br>$K_{\text{前}}=4.687$ |
|          | 0572    |    | 1680     |    | 前 B           | 1921  | 6610  | -2        |          |                                              |
|          | 49.3    |    | 48.2     |    | 后-前           | -1103 | -1005 | +2        | -1104    |                                              |
|          | +1.1    |    | +1.1     |    |               |       |       |           |          |                                              |

表中带括号的号码是观测数据和计算的顺序。其中(1)~(8)为观测读数，(9)~(18)为计算数据。

测站上的计算与检核:

①高差部分:

后视黑红面读数差:  $(9) = (3) + K_{\text{后}} - (4)$

前视黑红面读数差:  $(10) = (7) + K_{\text{前}} - (8)$

黑红面所测高差之差:  $(11) = (9) - (10)$

黑面所测高差:  $(16) = (3) - (7)$

红面所测高差:  $(17) = (4) - (8)$

计算检核:  $(11) = (16) \pm 100 - (17)$

高差中数:  $(18) = \frac{1}{2}[(16) + (17) \pm 100]$

$K_{\text{前}}$ 、 $K_{\text{后}}$  分别为前、后视标尺的黑红面零点差, 应标注在记录表的备注栏中。

②视距部分:

后视距:  $(12) = [(1) - (2)] \times 100$  (以 m 为单位)

前视距:  $(13) = [(5) - (6)] \times 100$  (以 m 为单位)

本测站前后视距差:  $(14) = (12) - (13)$

前后视距差的累积:  $(15) = \text{本站的}(14) + \text{前站的}(15)$

(5) 重复测站操作, 直至水准路线的终点。

(6) 观测结束后的计算与校核。

①高差部分:

$\sum (3) - \sum (7) = \sum (16) = h_{\text{黑}}$

$\sum \{(3) + K\} - \sum (4) = \sum (9)$

$\sum (4) - \sum (8) = \sum (17) = h_{\text{红}}$

$\sum \{(7) + K\} - \sum (8) = \sum (10)$

②视距部分:

末站  $(15) = \sum (12) - \sum (13)$

总视距 =  $\sum (12) + \sum (13)$

(7) 高差闭合差的计算、调整与未知点高程的计算。

设起点高程为 10.000m, 参照“实验二 普通水准测量”内业计算的相关内容, 进行各项数据的计算。

## 五、注意事项

(1) 每次读数前, 要消除视差; 读数时, 符合水准气泡要严格居中。

(2) 已知点和待定点不能放置尺垫, 转点必须放置尺垫; 搬站时, 前视尺不动作下一站的后视, 后视尺移至下一站作前视。

(3) 观测过程中, 由后视转向前视时, 若圆水准气泡不居中, 不能用脚螺旋调节, 以免视线高发生变动。

(4) 记录员应兼做计算, 发现有数据超限时, 应立即通知观测员, 查找原因后