

C L X S Y Y X 7

测量学实验与习题

杨正尧 程曼华 陆国胜 编

CLX

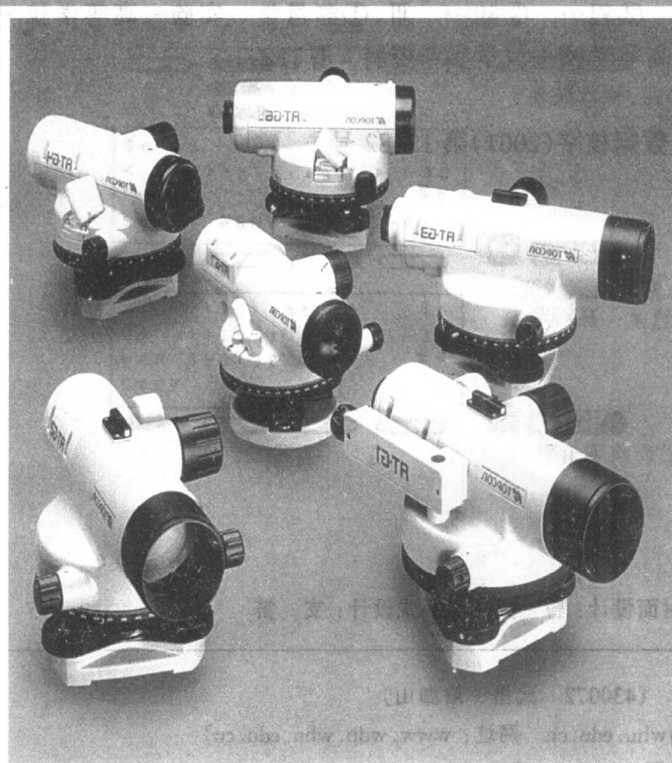


武汉大学出版社

测量学实验与习题

杨正尧 程曼华 陆国胜 编

CLX



武汉大学出版社

内容提要

本书是在总结多年测量学实验课、测量实习教学经验和教学改革成果的基础上,按照测量学教学大纲的要求编写而成。内容包括测量实验的一般要求、测量实验指导、测量实习指导、测量学习题、附录等。书中对各项实验与实习均给出了具体而详尽的指导,并特别提出了教师指导要领,供教师和学生在学习过程中参阅。

本书结合专业基础课的特点,所选内容具有科学性、适用性、先进性,可作为测绘专业本、专科生的教材,其他专业可根据教学时数选用实验项目和习题。

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验与习题/杨正尧,程曼华,陆国胜编. —武汉:武汉大学出版社, 2001.8

ISBN 7-307-02064-5

I. 测… II. ①杨… ②程… ③陆… III. ①测量学—实验—高等学校—教学参考资料
②测量学—实习—高等学校—教学参考资料 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 19482 号

责任编辑:杨 华 封面设计:曾 兵 版式设计:支 笛

出版武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

发行:新华书店湖北发行所

印刷:湖北省通山县印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:5

版次:2001年8月第1版 2001年8月第1次印刷

字数:124千字

ISBN 7-307-02064-5/P·20 定价:5.70元

版权所有,不得翻印;所购教材,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地教材供应部门联系调换。

前 言

本书所列实验项目的安排,是自 1986 年将测量学课程的课间实习分离出来作为独立课程以来,在课程改革的实践中总结的成果。实践证明,欲提高学生的实际操作能力,不在于实验内容的项目多,而在于应对重点项目作强化练习。要达到强化练习的目的还必须有考试这个措施。在分析实验效果的基础上,选定四等水准测量、DJ6 经纬仪水平角观测、DJ2 经纬仪水平角观测三项为重点项目。这些项目经过多年的重复检验并完善后,在有限的时间内确能提高学生的实践动手能力。它们的考试均有量化的计分方法,这对于如实检验学生的实际操作能力的确具有一定的客观真实性。(为减轻教师在评定实验考试成绩时计分的繁重劳动并避免偶然发生的计算错误,我们编制有软件程序。)

书中各实验项目中的“教师指导要领”是多年来的教学经验总结,这些要领一方面可供教师指导实验时参考,另一方面亦可供学生阅读,使之能更好地完成实验任务。

书中所附的习题是从十几年课堂教学用习题集中选出并作了补充的题目。这些题目对提高学生学习测量学课程的学习效果有一定的好处。为方便教师与学生查阅,本书习题部分章节号与教材《测量学》(原武汉测绘科技大学《测量学》编写组编著;陆国胜修订,一第 3 版,一北京:测绘出版社,1991)中的章节号保持一致。第一章无习题,故从第二章起排序。

本书承蒙原武汉测绘科技大学地学与测量工程学院梅是义教授和吴栋材教授初审和复审并提出了许多宝贵意见,在此谨致衷心的感谢。

本书的内容是原武汉测绘科技大学地学与测量工程学院测量学教研室全体教师多年教学经验的积累,但可能仍有不完善之处,恳请各位同仁和读者批评指正。

编 者

1999 年 3 月

24260/201

目 录

实验任务书及教师指导要领

实验课的一般要求	(3)
一、上课须知	(3)
二、仪器及工具借用办法	(3)
三、测量仪器、工具的正确使用和维护	(3)
四、测量资料的记录要求	(5)
实验一 水准测量	(6)
一、DS3 水准仪的认识及使用	(6)
二、DS3 水准仪的读数练习	(8)
三、普通水准测量	(9)
四、四等水准测量	(11)
五、四等水准测量考试	(12)
实验二 水平角观测	(15)
一、DJ6 经纬仪的认识及使用	(15)
二、DJ6 经纬仪方向观测法测角	(17)
三、DJ6 经纬仪水平角观测考试	(19)
四、DJ2 经纬仪的认识及使用	(21)
五、用 DJ2 经纬仪以方向观测法测角	(22)
六、DJ2 经纬仪水平角观测考试	(24)
实验三 导线测量(测角部分)	(26)
实验四 光电测距(导线测边部分)	(28)
实验五 大平板仪的使用	(30)
实验六 地形碎部点的测绘	(32)
实验七 用光学对中器安置经纬仪考试	(34)
实验八 全站型电子速测仪的使用	(36)
测量学教学实习	(38)
一、实验目的	(38)
二、任务	(38)
三、实习组织	(38)
四、仪器工具	(38)
五、实习计划	(39)
六、实习注意事项	(39)
七、实习内容	(40)

八、编写实习总结	(41)
九、实习成果整理	(41)
十、实习成绩评定	(42)

测量学习题

第二章 测量学的基本知识	(45)
第三章 直线丈量与定向	(45)
第四章 水准仪及其使用	(46)
第五章 水准测量	(47)
第六章 误差理论的基本知识	(49)
第七章 经纬仪及水平角观测	(54)
第八章 导线测量	(55)
第九章 交会法和小三角测量	(58)
第十章 三角高程测量	(61)
第十一章 视距测量	(63)
第十二章 光电测距	(63)
第十三章 平板仪及其使用	(64)
第十四章 碎部测量	(64)
第十五章 地形图的分幅及编号	(66)
附录	(67)
一、水准仪系列及主要技术参数	(67)
二、经纬仪系列及主要技术参数	(67)
三、SET5F 全站仪及使用简介	(68)
参考文献	(74)

**实验任务书及教师
指导要领**

实验课的一般要求

一、上课须知

1. 准备工作

- (1) 上课前应阅读本任务书中相应的部分,明确实验的内容和要求。
- (2) 根据实验内容阅读教材中的有关章节,弄清基本概念和方法,使实验能顺利完成。
- (3) 按本任务书中的要求,于上课前准备好必备的工具,如铅笔、小刀等等。

2. 要求

- (1) 遵守课堂纪律,注意聆听指导教师的讲解。
- (2) 实验中的具体操作应按任务书的规定进行,如遇问题要及时向指导教师提出。
- (3) 实验中出现的仪器故障必须及时向指导教师报告,不可随意自行处理。

二、仪器及工具借用办法

(1) 每次实验所需仪器及工具均在任务书上载明,学生应以小组为单位于上课前向测量仪器馆(室)借领。

(2) 借领时,各组依次由 1~2 人进入室内,在指定地点清点、检查仪器和工具,然后在登记表上填写班级、组号及日期。借领人签名后将登记表及学生证交管理人员。

(3) 实习过程中,各组应妥善保护仪器、工具。各组间不得任意调换仪器、工具。若有损坏或遗失,视情节照章处理。

(4) 实习完毕后,应将所借用的仪器、工具上的泥土清扫干净再交还仪器馆(室),由管理人员点检清楚后发还学生证。

三、测量仪器、工具的正确使用和维护

1. 领取仪器时必须检查

- (1) 仪器箱盖是否关妥、锁好。
- (2) 背带、提手是否牢固。
- (3) 脚架与仪器是否相配,脚架各部分是否完好,脚架腿伸缩处的连接螺旋是否滑丝。要防止因脚架未架牢而摔坏仪器,或因脚架不稳而影响作业。

2. 打开仪器箱时的注意事项

(1)仪器箱应平放在地面上或其他台子上才能开箱,不要托在手上或抱在怀里开箱,以免将仪器摔坏。

(2)开箱后未取出仪器前,要注意仪器安放的位置与方向,以免用毕装箱时因安放位置不正确而损伤仪器。

3. 自箱内取出仪器时的注意事项

(1)不论何种仪器,在取出前一定要先放松制动螺旋,以免取出仪器时因强行扭转而损坏制、微动装置,甚至损坏轴系。

(2)自箱内取出仪器时,应一手握住照准部支架,另一手扶住基座部分,轻拿轻放,不要用一只手抓仪器。

(3)自箱内取出仪器后,要随即将仪器箱盖好,以免沙土、杂草等不洁之物进入箱内,还要防止搬动仪器时丢失附件。

(4)取仪器和使用过程中,要注意避免触摸仪器的目镜、物镜,以免玷污,影响成像质量。不允许用手指或手帕等物去擦仪器的目镜、物镜等光学部分。

4. 架设仪器时的注意事项

(1)伸缩式脚架三条腿抽出后,要把固定螺旋拧紧,但不可用力过猛而造成螺旋滑丝。要防止因螺旋未拧紧而使脚架自行收缩而摔坏仪器。三条腿拉出的长度要适中。

(2)架设脚架时,三条腿分开的跨度要适中:并得太靠拢容易被碰倒,分得太开容易滑开,都会造成事故。若在斜坡上架设仪器,应使两条腿在坡下(可稍放长),一条腿在坡上(可稍缩短)。若在光滑地面上架设仪器,要采取安全措施(例如用细绳将三脚架连接起来),防止脚架滑动摔坏仪器。

(3)在脚架安放稳妥并将仪器放到脚架上后,要立即旋紧仪器和脚架间的中心连接螺旋,避免仪器从脚架上掉下摔坏。

(4)仪器箱多为薄木板或薄铁皮制成,不能承重,故不可蹬、坐仪器箱。

5. 在使用仪器过程中要做到

(1)在阳光下或雨天作业必须撑伞,防止日晒或雨淋(包括仪器箱)。

(2)任何时候仪器旁必须有人守护。

(3)如遇目镜、物镜外表面蒙上水汽而影响观测,应稍等一会或用纸片扇风使水汽散发,切勿用手帕等物去擦拭,以免细微的沙粒擦伤镜面。

(4)操作仪器时,用力要均匀,动作要准确、轻捷。用力过大或动作太猛都会对仪器造成损伤。

(5)仪器用毕装箱前要放松各部制动螺旋,装入箱内要试盖一下,在确认安放正确后再将各部制动螺旋略为旋紧,防止仪器在箱内自由转动而损坏某些部件。

(6)清点箱内附件,若无缺失则将箱盖盖上、扣紧、锁好。

四、测量资料的记录要求

- (1)观测记录必须直接填在规定的表格上,不得用其他纸张记录再行转抄。
- (2)所有记录与计算均用铅笔(2H 或 3H)记载。字体应端正清晰,字高应稍大于格子的一半。一旦记录中出现错误,便可在留出的空隙处对错误的数字进行更正。
- (3)禁止擦拭、涂改与挖补。发现错误应在错误处用横线划去,将正确数字写在原数上方,不得使原字模糊不清。淘汰某个部分时可用斜线划去,保持被淘汰的数字清晰。
- (4)禁止连环更改。若已修改了平均数,则不准再改计算得此平均数之任何一原始数。若已改正了一个原始读数,则不准再改其平均数。假如两个读数均错误,则应重测重记。
- (5)原始观测之尾部读数不准更改,应将该部分观测结果废去重测。废去重测的范围如下:

测量种类	不准更改的部位	应重测的范围
水平角	分及秒的读数	一测回
竖 角	分及秒的读数	一测回
量 距	厘米及毫米的读数	一尺段
水 准	厘米及毫米的读数	一测站

- (6)记录的数字应写齐规定之个数,要求如下:

测量种类	数字的单位	记录字数
水 准	毫米	4 个
角度的分	分	2 个
角度的秒	秒	2 个

如水准测量中读数 325 毫米,应记为 0325;角度测量中 $4^{\circ}3'6''$,应记为 $4^{\circ}03'06''$ 。

- (7)外业的记录及计算部分取位如下:

①水准测量

视距 (m)	视距总和 (km)	中丝读数 (mm)	高差中数 (mm)	高差总和 (mm)
1.0	0.01	1.0	0.1	1.0

②角度测量

读数 (")	一测回中数 (")
1.0	1.0

实验一 水准测量

一、DS3 水准仪的认识及使用

1. 目的

认识 DS3 水准仪各操作部件的用途及学会使用方法。

2. 内容

- (1) 观看电教片《DS3 水准仪构造及使用》。
- (2) 操作仪器,熟悉水准仪的操作部件并进行练习。
- (3) 练习水准仪的安置。

3. 要点

- (1) 学会制、微动螺旋的使用。
- (2) 学会用移动三脚架的一条腿使圆水准器的气泡大致居中。
- (3) 学会仅用两个脚螺旋使圆水准器气泡居中。

4. 组织

2 人为一组。

5. 学时

课内 2 学时。

6. 仪器及用具

每组借 DS3 水准仪 1 台。

7. 注意事项

- (1) 水准仪安放到三脚架上后必须立即将中心螺旋旋紧,严防仪器从脚架上掉下摔坏。
- (2) 要点的第(2)、(3)项要达到一定的熟练水平。

8. 教师指导要领

本次实验是学生第一次进行测量实验,他们有很强的新鲜感,教师应注意到这个特点。学生此时最感兴趣的是用望远镜去看各种物体。为防止学生花太多的时间用望远镜看物体,教师应随时提醒学生此次实验的任务是学会安置水准仪,努力提高操作的熟练程度。

操作工作分两阶段进行:第一阶段为练习用三脚架的一条腿使圆水准器气泡大约居中。第二阶段为用两个脚螺旋使圆水准器气泡精确居中。教师应进行示范操作,并且一边操作一边讲解操作的原理和要领。

使用三脚架的一条腿能使圆水准器气泡大约居中的原理是:三脚架的一条腿前后移动时,脚架顶面连接该脚架处 ab (图 1 中的 ab 连线)相对 c 将会升高或降低。三脚架的一条腿左右摆动时,脚架顶面连接该脚架处的两侧(图 1 中的 a, b 两点)将会升高或降低。因此将此条腿作前后移动和左右摆动即可达到使圆水准器的气泡大约居中的目的。如果地面较为松软,在上述操作完成后(即圆水准器的气泡已大约居中)可用脚将三脚架踩实。此时可能会破坏前面已经完成的工作,即圆水准器的气泡偏离居中位置较远,出现这种情况时一定不要将三脚架腿从地面拔起重新操作,而应将三脚架腿伸缩处的螺旋放松,调节三脚架腿的长度,使圆水准器的气泡大约居中。一般只需调节两只三脚架腿的长度即可完成此项操作。

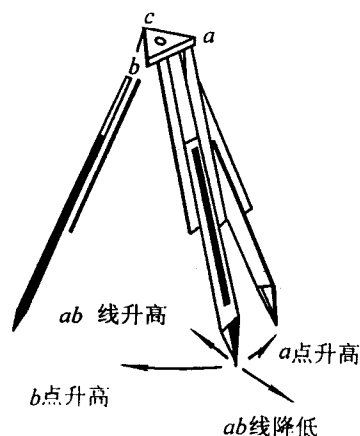


图 1

用两个脚螺旋使圆水准器气泡精确居中的原理是:当一对脚螺旋作对向转动时(图 2(a)),仪器将在该对螺旋连线的方向作上下倾斜运动;但当该对脚螺旋作同向且同速转动时(图 2(b)),则仪器将在该对螺旋连线的平行方向作上下运动,即一对脚螺旋的同向运动代替了第三个脚螺旋的作用。实际操作时不必机械地分成两步进行,而是两手各自转动一个脚螺旋,依据圆水准器气泡的实际位置操作,使气泡直接到达居中位置。

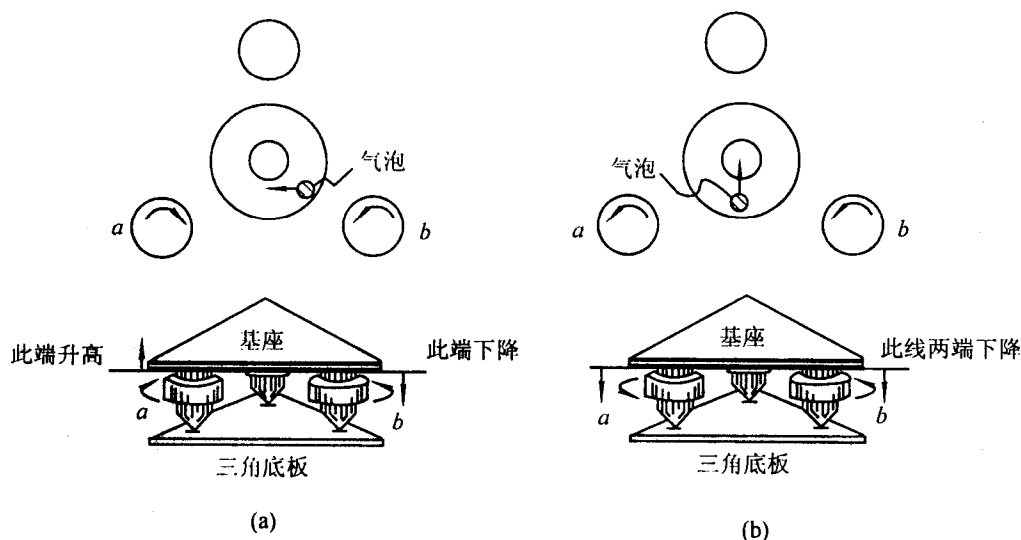


图 2

对于操作的熟练程度,可明确提出在水泥地面的条件下应在 30s 内完成圆水准器气泡精确居中的要求,但不必强求。有了这个时间要求,可以促使学生在以后的实验中能自觉地继续

进行练习,以求达到这个标准。

二、DS3 水准仪的读数练习

1. 目的

熟练用 DS3 水准仪对水准尺读数的操作。

2. 内容

- (1)了解水准尺的分划图形及读数方法。
- (2)熟悉用水准仪的横丝在水准尺上读数的规律并进行练习。
- (3)反复练习读数。

3. 要点

- (1)注意倒像望远镜中水准尺的图形与实际图形的差别。
- (2)读数的熟练程度应达到每分钟读得 5 对数值(红黑面各一次为一对)。
- (3)每对读数的读数差扣除常数后应小于 3mm。

4. 组织

2 人为一组。

5. 学时

课内 2 学时。

6. 仪器及用具

每组借 DS3 水准仪 1 台,水准尺 1 根,记录板 1 块。

7. 注意事项

水准仪安放到三脚架上后必须立即将中心螺旋旋紧,严防仪器从脚架上掉下摔坏。

8. 教师指导要领

由于在水准尺上进行读数是水准测量的基本操作,而且关系到水准测量成果的准确性,因此单独安排这样的一次操作练习是很必要的。使用倒像望远镜的水准仪尤其需要做此练习。

练习之前,应在实际的水准尺上教会学生如何读数,并告诉学生如何用望远镜瞄准水准尺,如何消除视差,然后才可让学生自行练习。用望远镜瞄准水准尺的正确操作是先用望远镜上面的瞄准器对准水准尺,然后再通过望远镜观察水准尺是否在视场内。如果水准尺已在视场内,即可用微动螺旋转动望远镜使水准尺位于视场的中间。消除视差的正确操作是,必须在眼睛清晰地看清十字丝的前提下,用物镜调焦螺旋使物像(水准尺的像)亦很清晰。一般地,多数学生很难做到在分别看清十字丝和物像时能不使眼睛自行调焦。因此,当他们说十字丝和物像都看清楚时,可能仍然还有视差,这是因为实际上他们并不是同时看清了两者,而是眼

睛的调节太快,他们并未意识到而已。此外教师应结合前次实验课内容,说明使用水准仪的操作步骤——安置水准仪、粗平、瞄准、精平及读数等。

对所得读数是否正确的检查方法是计算红黑面的读数差,教师应提醒学生注意自我检查。在正确读数的基础上必须要求提高读数的速度,教师要明确说明只有既快又正确才算真正掌握了读数的技能。

从这次练习起即应要求学生养成一种较好的读数习惯,如水准尺的读数以读四个数字为好,不必将百、十等位数及单位读出。例如 1.430m 不要读成一点四三米,而是读成幺四三零。若为 0.215m 则读成零二幺五。

下课前,用半小时时间作检查性测试。以三个人为一组,每人轮流做读数、记录和扶尺工作。每人读数 5 分钟。水准尺可立在阶梯上,每个位置读红黑面一对数。然后将水准尺上(或下)一个阶梯以便变更读数的值。测试可几个组同时开始,同时结束。为防止未发开始口令便有人进行读数或结束口令后还有人在读数,可采用对立尺进行控制的办法,即在开始口令前不得立尺,结束口令后必须将尺倒下。

三、普通水准测量

1. 目的

学习用 DS3 水准仪作普通水准测量的实际作业方法。

2. 内容

- (1)每组施测一条不少于 4 个测站的闭合水准路线(可只用黑面)。
- (2)熟悉普通水准测量手簿的记录方法。
- (3)计算闭合水准路线的闭合差 $f_h = \sum h_{ij}$ 。

3. 要点

- (1)施测前应先了解清楚一个测站的工作程序和一条路线的施测方法。
- (2)记录前应先熟悉普通水准测量手簿的记录顺序和记录规则。

4. 组织

4 人为一组。

5. 学时

课内 2 学时。

6. 仪器及用具

每组借 DS3 水准仪 1 台,双面水准尺 1 对,尺垫 1 对,记录板 1 块。

7. 注意事项

- (1)水准尺上读数一律为 4 位数。

(2)读数前注意消除视差,注意水准管气泡应居中。

(3)同一测站,只能用脚螺旋整平圆水准器气泡居中一次(该测站返工重测应重新整平圆水准器)。

(4)记录员听到观测员读数后必须向观测员回报,经观测员默许后方可记入手簿,以防因听错而记错。

(5)标尺员应认真将水准尺扶直。

(6)各测站的前、后视距离应尽量相等。

8. 上交资料

各组的记录手簿一份。

9. 教师指导要领

此次实验的主要目的是让学生对水准测量的实际作业有一个亲身体验,并对自己完成一次实际的测量工作建立信心。教师的指导应在了解学生的这种心情基础上进行,即从充分信任学生的自我操作能力出发,尽可能地放手让他们自行完成一条闭合水准路线的测量工作。指导的着重点则放在仪器的安全和观察他们的操作是否正确这两个方面。

仪器的安全主要注意迁站时搬动仪器的方法和仪器箱是否一直由记录员携带这两点。迁站时搬动仪器的正确姿势应是一只手托住仪器,另一只手抱住三脚架,使仪器在上、脚架在下,呈略微倾斜的状态。禁止将仪器扛在肩后,或用一只手提着三脚架。迁站时走动应平稳,不要跑步以防摔倒。仪器箱应扣好且必须由记录员始终携带,防止丢失箱内的零件或整个箱子被他人拿走。

测量过程中的操作应注意以下几个方面:

(1)安置仪器的操作是否仍能按正确的方法进行。

(2)能否正确地使用尺垫。尺垫仅在转点处用,在已知高程的点(如闭合路线的起始点)或欲求高程的点则不应放置尺垫。

(3)观测员由后视转向前视时是否用手拿住仪器一起走动。有不少学生会用手拿住仪器一起走动,原因是他们认为人换了位置仪器亦应跟着一起转动,但却不知这样可能会使仪器不稳定而给观测带来不正确的结果。正确的做法是,人先走到下一次的观测位置,然后再将望远镜平稳地转过来。

(4)测站上安置三脚架时,三条腿的位置是否便于观测员站立观测。对观测员将两腿骑在一条三脚架腿上的情况应提醒注意改正,因为这样的观测姿势很容易碰动脚架而影响观测结果。

关于手簿的记录,此次实验主要是要求学生将记录格式弄明白,即观测值应记在何处,计算值记在何处。手簿的式样以用按测站为单元的表格较好,因为它的记录和计算均与水准测量测得高差的理论较为一致,且为下一步四等水准测量的记录作好准备。因此,可直接用四等水准测量的手簿作为这次实验的手簿。

四、四等水准测量

1. 目的

学习用 DS3 水准仪作四等水准测量的实际作业方法。

2. 内容

- (1) 学会四等水准测量手簿的记录方法。
- (2) 每人施测一条 4 个测站的闭合水准路线。
- (3) 计算闭合水准路线的闭合差 $f_h = \sum h_{ij}$ 。

3. 要点

- (1) 一个测站的工作程序为:后(黑)—前(黑)—前(红)—后(红)。
- (2) 小组成员应轮流担任观测员、记录员、前后标尺员等项工种。
- (3) 每人应完成一条闭合水准路线的观测工作。
- (4) 限差如下:
 - 视线长应不大于 80m
 - 每测站后、前视距差应不大于 5.0m
 - 各测站后、前视距差累计应不大于 10.0m
 - 黑、红面读数差扣除常数后应不大于 5.0mm
 - 黑、红面高差之差应不大于 5mm
 - 水准路线高差闭合差 $|f_h| \leq 20\text{mm} \sqrt{L}$ (L 为以千米为单位的水准路线全长)

4. 组织

4 人为一组。

5. 学时

- (1) 学习手簿记录,课内 2 学时。
- (2) 四等水准测量,每次练习课内 2 学时,可练习若干次。

6. 仪器及用具

每组借 DS3 水准仪 1 台,双面水准尺 1 对,尺垫 1 对,记录板 1 块。

7. 注意事项

- (1) 严守作业规定,不合要求者应自觉返工重测。
- (2) 小组成员的工种轮换应做到使每人都能担任到每一项工种。

8. 上交资料

各组的记录手簿一份。