

测量学实验及应用

孙国芳 主编

姬玉华 主审



哈尔滨工业大学出版社

测量学实验及应用

孙国芳 主编
姬玉华 主审

哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨

内容提要

本书共分四个部分,第一部分测量实验、实习须知,介绍了测量实验、实习的一般规定,测量仪器使用规则和注意事项;第二部分测量实验项目,对测量仪器的基本构造、使用方法、操作步骤以及测量数据处理均进行了较详细的介绍,新增加了电子数字水准仪、电子全站仪、GPS全球卫星定位系统接收机的使用;第三部分测量实习项目,一一列出了土建类各专业实习内容的测量工作;第四部分测量学作业,列有图根导线测量内业工作、地形图绘制和地形图应用的3个作业。

本书可作为土建类专业测量学实验教材,也可作为有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验及应用/孙国芳主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.8

ISBN 7-5603-2047-3

I.测… II.孙… III.测量学-实验

IV.P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 062150 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

印 刷 肇东粮食印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 8.5 插页 1 字数 200 千字

版 次 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-2047-3/TU·47

印 数 1~4 000

定 价 13.00 元

前 言

随着我国经济的发展,土建工程的建设也在日益加快。基本建设始终离不开测量工作,因此,具有测量知识和较高测量能力的人越来越被建设施工单位所重视。

测量学实验、实习是重要的实践性教学环节,哈尔滨工业大学测量教研室、实验室经历了 40 多年的实践教学,在教学中根据教学内容和教学资料汇编出校内讲义——“测量学辅助教材”,它是测量学课程建设成果的重要组成部分。

本书是在“测量学辅助教材”的基础上,为了适应开放性实验室的需要,便于同学自学并结合现有使用的仪器设备,将实践性教学内容重新编写而成。本教材经过教学实践,收到了良好的效果。全书共分为 4 个部分,第一部分为测量实验、实习须知。第二部分为测量实验项目,讲述了水准仪、经纬仪的使用、检验、校正,水准测量、角度测量、钢尺量距和罗盘仪定向等基本测量步骤方法,以及经纬仪测绘地形图、道路圆曲线测设等内容;新增加了实验教学内容:电子数字水准仪、电子全站仪、全球定位系统(GPS)接收机等仪器的使用,以适应时代发展的需要。第三部分为测量实习项目,根据教学大纲及各专业应掌握的测量内容设置,主要有大比例尺地形图测绘,建筑物轴线测设与高程测设,管线纵断面图测绘,道路纵、横断面图测绘。第四部分为测量学作业,列出了图根导线测量内业、地形图绘制和地形图应用等作业。

本教材在编写过程中得到了姬玉华、夏冬君、邱志贤、张立群、孔凡玉、王世成等教研室全体老师的大力支持和帮助并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。全书由姬玉华教授主审。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏及不妥之处,谨请使用本书的教师与读者批评指正。

编者

2004 年 5 月

目 录

第一部分 测量实验、实习须知	(1)
一、测量实验、实习的一般规定	(1)
二、测量仪器使用规则与注意事项	(1)
第二部分 测量实验项目	(4)
实验一 水准仪的使用	(4)
实验二 水准测量(双仪高法或双面尺法)	(7)
实验三 四等水准测量	(9)
实验四 水准仪的检验与校正	(11)
实验五 光学经纬仪(TDJ6、TDJ6E)的使用	(14)
实验六 水平角观测与竖直角观测(测回法)	(17)
实验七 光学经纬仪(J2、TDJ2E)的使用	(18)
实验八 全圆方向法水平角观测	(21)
实验九 经纬仪的检验与校正	(22)
实验十 钢尺量距与罗盘仪定向	(26)
实验十一 经纬仪测绘地形图	(28)
实验十二 道路圆曲线测设	(29)
实验十三 电子数字水准仪的使用	(32)
实验十四 电子全站仪的使用	(44)
实验十五 全球定位系统(GPS)接收机的使用	(94)
第三部分 测量实习项目	(108)
实习一 大比例尺地形图测绘	(110)
实习二 建筑物轴线测设与高程测设	(112)
实习三 管线纵断面图测绘	(114)
实习四 道路纵、横断面图测绘	(115)
第四部分 测量学作业	(117)
作业一 图根导线测量内业	(117)
作业二 地形图绘制	(122)
作业三 地形图应用	(126)
参考文献	(130)

第一部分 测量实验、实习须知

测量学是一门实践性很强的技术基础课,测量实验、实习是测量学教学中不可缺少的实践环节,只有通过实验、实习和对测量仪器的亲自操作,包括进行安置、观测、记录、计算、写作实验报告、绘图等,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、实习予以充分重视。

一、测量实验、实习的一般规定

(1) 实验、实习前,必须阅读《测量学》的有关章节及本书的相应测量实验项目。实验时必须携带本书和实验报告及所需的文具用品。

(2) 实验、实习时分别以小组为单位进行,组长负责组织和协调实验、实习工作,办理所用仪器备品的借用和归还手续。

(3) 实验、实习应在规定的时间和指定的场地内进行,不得无故缺席、迟到、早退;不得擅自改变地点或离开现场。

(4) 必须遵守实验室的“测量仪器备品的借用规则”。应该听从教师和实验室工作人员的指导,严格按照实验、实习的要求,认真、按时、独立地完成任务。

(5) 测量手簿应该用(2H 或 3H)铅笔正楷书写文字及数字,字迹要端正。在观测前,应先将仪器型号、编号、日期、天气、记录者、观测者、测站和已知数据等填写齐全。

(6) 记录者听取观测者读数后,应向观测者回报读数,以免记错。

(7) 记录数据若发现有错误,不准涂改,不准用橡皮擦拭,不准事后转抄(运算数据写错可用橡皮擦去重写),而应该用细斜线划去错误数字,在原数字上方写出正确数字。观测数据的尾数不得更改。记录数据要完整(如水准尺读数 1.500,度盘读数 $126^{\circ}06'00''$),不可将零尾数省略。

(8) 每一测站观测完成后,必须立即进行计算和检核,确认无误后,方可迁站。

(9) 数据的运算中,按“4 舍 6 入、5 前单进、双舍”的规则进行凑整,如 1.426 4 m, 1.425 6 m, 1.426 5 m, 1.425 5 m 等,这些数字若取至毫米位,则均可计为 1.426 m。

(10) 实验、实习结束后,应把观测记录和实验报告及实习成果交指导教师审阅,及时收装仪器备品,作必要的清洁工作,送归实验室检查验收,办理仪器退还手续。

二、测量仪器使用规则与注意事项

测量仪器是贵重的精密仪器,目前向电子化、数字化方向发展,其使用功能日益先进,价格也更为昂贵。对测量仪器必须正确使用、精心爱护和科学保养,这是作为测量工作者应具备的素质和技能,也是保证测量成果的质量、提高工作效率和延长仪器备品使用年限的必要

条件。因此,在测量中必须严格遵守下列仪器备品的使用规则和注意事项。

(一) 仪器备品的借用

(1)以实验、实习小组为单位,凭学生证到实验室办理借用测量仪器和备品手续。

(2)按照本次实验项目或实习项目的要求借用仪器及备品。借用时,一定当场清点检查仪器备品的数量是否齐全,实物与清单是否相符,器件是否完好,如有缺损可以进行补领和更换。

(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、实习结束后,应及时收装清点仪器备品,清除仪器备品上的泥土,特别是钢尺,必须擦净涂油,以防生锈,送归实验室检查验收。

(5)仪器设备若有丢失和损坏,应写出书面报告说明情况,进行登记,并按有关规定进行赔偿。

(二) 仪器的安置

(1)先将仪器的三脚架在地面安置稳妥,架头大致水平,高度适中,安置经纬仪的脚架必须与地面点大致对中,若为泥土地,应将脚架尖踩入土中,若为坚实地面,应防止脚架有滑动的可能性,然后打开仪器箱。

(2)仪器从箱中取出之前,一定要注意仪器在箱中的正确位置,以免仪器装箱时困难。

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

(4)安置好仪器以后,关闭仪器箱,防止灰尘等进入箱内。严禁坐在仪器箱上。

(三) 仪器的使用

(1)仪器安置在三脚架上之后,无论是否操作,必须有人看护,避免仪器被路过行人或车辆碰撞。

(2)仪器镜头上的灰尘,应该用软毛刷或镜头纸轻轻擦拭,严禁用手指或手帕等擦拭,观测结束后应及时套上物镜盖。任何时候都不应将望远镜瞄准太阳,以免灼伤眼睛。

(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;若仪器旋转手感有阻力时,不要使劲扳动,应查明原因。使用微动螺旋时,应先旋紧制动螺旋,制动螺旋的松紧要适度。微动螺旋不要旋到顶端。使用各种螺旋都应均匀用力,以免损伤螺纹。

(5)仪器在使用过程中发生故障,应及时向指导教师或实验室工作人员报告,不得擅自处理。

(四) 仪器的搬迁

(1)若距离较远,必须将仪器装箱后再迁站。

(2)若距离较近,可将仪器连同脚架一起迁站。迁站前,先检查连接螺旋是否旋紧,松开各制动螺旋,若是经纬仪,则将望远镜物镜向着度盘中心,取下垂球,均匀收拢三脚架腿,一

手握住仪器基座或支架放在胸前,一手抱住脚架,稳步行走。严禁斜扛仪器,以防碰撞。

(3)迁站时,应带走仪器所有附件及备品等,防止丢失。

(五) 仪器的装箱

(1)仪器装箱前,应先将脚螺旋调至中段使其处于大致同高位置,清除仪器上的灰尘,套上物镜盖,松开各制动螺旋。一手握住仪器,一手松开连接螺旋,双手取下仪器。

(2)仪器放入箱内,使正确就位,试关箱盖,确认放妥后,再旋紧各制动螺旋并放入垂球,关箱上锁。若箱盖合不上,务必要调整仪器位置,切不可强压箱盖,以防损坏仪器。

(六) 仪器备品的使用

(1)使用钢尺时,应使尺面平铺地面,防止扭转、打圈,防止人、车踩压,尽量避免钢尺沾水。量好一尺段前进时,必须将钢尺提起离地,携尺前进,不得将尺沿地面拖行,以免磨损尺面刻画甚至折断钢尺。钢尺用毕,应擦净并涂油防锈。

(2)皮尺的使用方法基本上与钢尺相同,但量距时使用的拉力应小于钢尺,皮尺沾水的危害更大,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)使用测图板时,应注意保护板面,不得乱写乱扎,不能施以重压。

(4)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;使用塔尺时,应注意接口处的正确连接,用后及时收尺。标杆不可当棍棒来玩耍,也不可用来抬仪器和其他备品。

(5)小件备品(垂球、测钎、尺垫等)用完即收,防止丢失。

第二部分 测量实验项目

测量实验是《测量学》课堂教学期间随堂安排的实践性教学环节。通过测量实验,可加深学生对测量学基本概念的理解,初步掌握测量仪器的使用方法并领会操作要领,为后续课程的学习打好基础。本书列出的测量实验项目是按《测量学》学习的先后顺序安排的,并附有实验报告。实验项目由教师在每次布置实验课的任务时通知,使学生有可能预习,明确实验目的、内容和操作方法。

每项实验的学时数为2学时,实验小组人数一般为4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。

每项实验应在观测时作现场记录,并作必要的计算;若发现实验结果不符合要求,应及时补做。实验结束后上交实验报告。

实验成绩占测量学考试课总成绩的30%。

实验一 水准仪的使用

一、目的与要求

- (1) 了解 DS₃ 型微倾式水准仪的构造,认识仪器的主要性能及各部件名称和作用。
- (2) 练习水准仪的正确安置、瞄准、读数。
- (3) 练习普通水准测量的施测、记录及计算方法。

二、计划与设备

- (1) 实验时数为2学时,实验小组为4人,1人观测,1人记录,2人立尺,轮流作业。
- (2) DS₃ 型微倾式水准仪1台,水准尺1副,记录板1块,铅笔1支(2H或3H自备)。

三、方法与步骤

(一) 水准仪的认识与使用

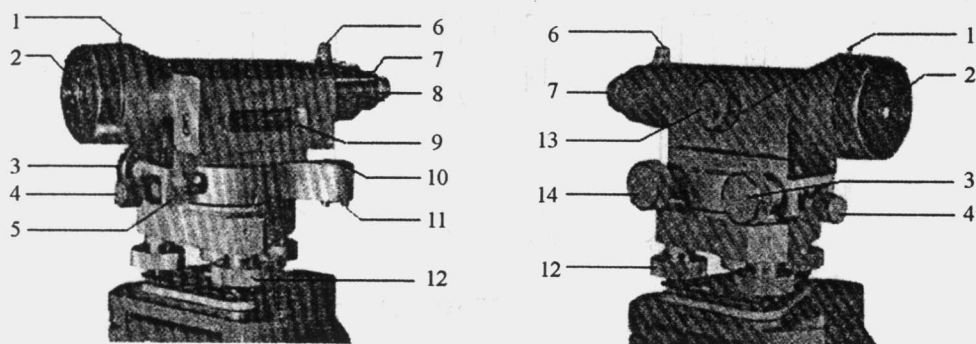
1. 认识 DS₃ 型水准仪的仪器构造及各部件名称

图1.1所示为DS₃型微倾式水准仪的外形和各部件名称。

2. 水准仪的安置和使用

(1) 安置仪器:仪器所安置的地点称为测站。在测站上松开脚架伸缩螺旋,按需要调整架腿的高度,旋紧螺旋,张开架腿使架头大致水平并踩实架腿;打开仪器箱取出仪器(取出前注意仪器在箱中的安放位置),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(松紧适度),关上仪器箱。

(2) 粗平:水准仪粗平是通过旋转仪器的脚螺旋使圆水准器的气泡居中。如图1.2所

图 1.1 DS₃ 型微倾式水准仪

1—准星；2—物镜；3—微动螺旋；4—制动螺旋；5—托板部分；6—缺口；7—望远镜目镜；8—水准管观察放大镜；9—水准管；10—圆水准器；11—圆水准器校正螺丝；12—脚螺旋；13—物镜调焦螺旋；14—微倾螺旋

示,按“左手拇指规则”(气泡移动方向与左手拇指转动方向一致)对向旋转一对脚螺旋(图 1.2(a)),再旋转第三个脚螺旋使气泡居中(图 1.2(b))。这是整平测量仪器的基本功,必须反复练习。

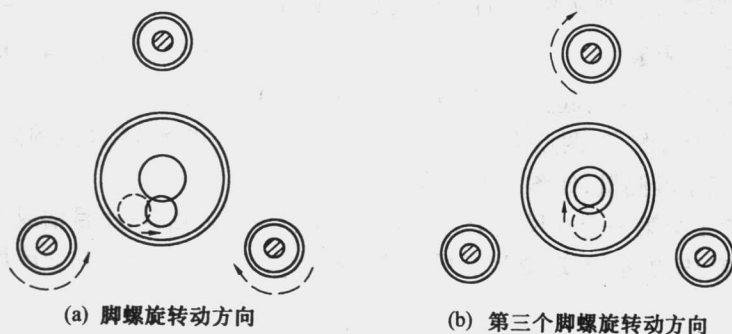


图 1.2 圆水准器气泡的居中

(3)瞄准: 旋转目镜调焦螺旋,使十字丝清晰;松开水平制动螺旋,在水平方向轻轻转动仪器,通过望远镜上的缺口和准星初步瞄准水准尺,旋紧水平制动螺旋;旋转物镜调焦螺旋使水准尺成像清晰;转动水平微动螺旋,使水准尺影像的一侧靠近十字丝纵丝(检查水准尺是否竖直);眼睛略做上下移动,检查十字丝与水准尺分划影像间是否有相对移动(视差);如果存在视差,则重新进行目镜调焦与物镜调焦,以消除视差。

(4)精平: 确定水准管(管水准器)的水平位置,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,可以看到符合水准管气泡两个半边的影像,如图 1.3 所示,当两端的影像符合时,水准管气泡居中。注意微倾螺旋转动方向与水准管气泡影像移动方向的一致性。

(5)读数: 在倒(正)像望远镜中看到水准尺的像是倒(正)立的,为了读数的方便,水准尺上的注记是倒(正)写的,在望远镜中看来注记是正确的。尺上注记以 m(米)为单位,每隔 10 cm 注字,每个黑色(红色)和白色的分划为 1 cm,根据十字丝的横丝可估读到毫米。数分划的格数时,应从小的注记数往大的注记数方向数,对于倒像望远镜,从上往下数,而正像望远镜,则从下往上数。

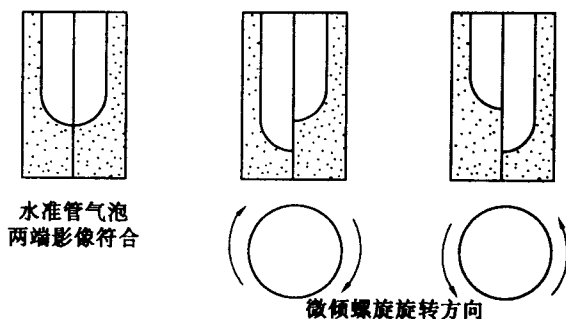


图 1.3 水准管气泡的居中

读取四位数,即直读米、分米、厘米、估读毫米,如图 1.4 所示的水准尺读数为 1.461 m。由于在水准尺上总是读出四位数,所以可简单地记为 1461,单位为 mm(若米位是零则用 0 占位,为 0461)。尺上注有 1 个点即表示 1 m,尺上注有 2 个点即表示 2 m……若没有点,则表示不到 1 m。

读数后应立即观察在水准管(放大镜)内的气泡是否仍居中,如居中,读数有效;否则应重新调整,使气泡居中后再读数。

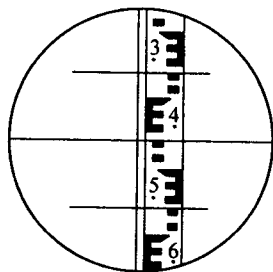


图 1.4 水准尺读数

(二) 练习水准测量

(1) 从已知高程点 A 为起点,在距 A 点约 200~300 m 左右选定另一点 B 作为待测点(两点均由教师指定, A 点高程已知,测定 B 点的高程),其间再设置 4 站,进行连续水准测量,如图 1.5 所示。

(2) 在起点 A 与第一个立尺点中间(前、后视距离大致相等,用目估或步测,视线长度以 20~30 m 为宜)安置水准仪,立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫,观测者按下列顺序观测:

后视立于水准点 A 上的水准尺,瞄准、精平、读数 a_1 ;

前视立于第一转点 P_{T1} 上的水准尺,瞄准、精平、读数 b_1 。

(3) 依次设站,用相同的方法进行观测,直至 B 点。

(4) 观测者的每次读数,记录者应复述并当场记录;后视、前视读毕,应立即计算高差,即 $h_i = a_i - b_i$ 。

(5) 计算并检核:两点间高差 $h_{AB} = \sum h_i = \sum a_i - \sum b_i$; B 点高程 $H_B = H_A + h_{AB}$ 。

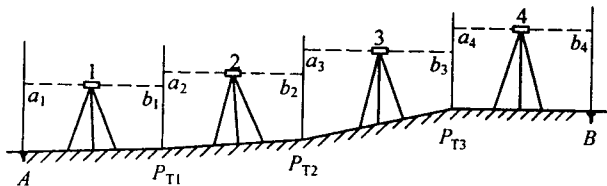


图 1.5 连续水准测量

四、注意事项

- (1) 仪器安放到三脚架上,必须旋紧连接螺旋,检查是否连接牢固。
- (2) 水准仪在每次读数前,必须精平(使水准管气泡严格居中)。
- (3) 瞄准目标必须消除视差;每个测站前、后视距离尽量相等。
- (4) 水准尺读数应从小数向大数增加方向读;必须读4位数:m, dm, cm, mm;不到1 m的读数,第一位数为0;如为整分米、整厘米读数时,相应的位数也应补0。
- (5) 在水准测量中,相邻前、后两站观测中的转点位置不得变动。

实验二 水准测量(双仪高法或双面尺法)

一、目的与要求

- (1) 了解 AL25A 或 DS2000 型自动安平水准仪的构造,认识仪器的主要性能及各部件名称和功能。
- (2) 学会从已知高程点 A 起,用双仪高法(或双面尺法)进行往返水准路线测量,测得 B 点的高程。
- (3) 掌握计算方法,算出 B 点高程。

二、计划与设备

- (1) 实验时数为2学时,实验小组为4人,轮流分工为:1人操作仪器,1人记录,2人立水准尺。
- (2) AL25A 或 DS2000 型自动安平水准仪1台,水准尺1副(塔尺或双面水准尺),尺垫2只,记录板1块,铅笔1支(2H或3H,自备)。

三、方法与步骤

(一)自动安平水准仪的使用

图2.1为DS2000型自动安平水准仪的外形及各部件名称。

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重力的作用下自动调整仪器视线水平(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. 安置仪器

选好测站,安放三脚架,使架头大致水平,高度适中;将水准仪安装在架头上,旋紧架头上的连接螺旋,固定好仪器。

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自动调整视准轴水平。

3. 瞄准

轻轻在水平方向上转动仪器(该仪器无制动螺旋),使望远镜上的瞄准器指向水准尺,转

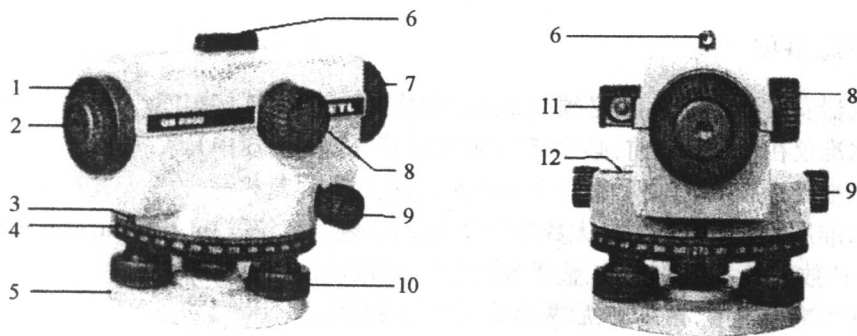


图 2.1 DS2000 型自动安平水准仪

1—分划板校正螺丝护罩；2—目镜；3—度盘指示；4—度盘手轮(外度盘)；5—基座；6—光学瞄准器；7—物镜；8—物镜调焦螺旋；9—水平微动螺旋；10—脚螺旋；11—反光镜；12—圆水准器
 动水平微动螺旋在望远镜中瞄准目标；调焦目镜使十字丝清晰，调焦物镜使水准尺分划清晰；检查是否存在视差，如有视差，则再对光调焦。

4. 读数

在自动安平水准仪的望远镜中看到水准尺的像是正像，读数时从下往上数。读数与一般水准仪相同。

(二) 双仪高法

(1) 以已知高程点 A 为起点，在距其约 200~300 m 左右选定另一点 B 作为待测点（两点均由教师指定），其间设置 4 站，进行连续测量，并进行往测。

(2) 在起点与第一个立尺点中间（前、后视距离大致相等，用目估或步测，视线长度以 20~30 m 为宜）安置水准仪，立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫，观测者按下顺序观测：

- ① 后视立于水准点 A 上的水准尺，瞄准、自动精平、读数 a_1 ；
- ② 前视立于第一转点 P_{T1} 上的水准尺，瞄准、自动精平、读数 b_1 ；
- ③ 改变水准仪的仪器高度 10 cm 以上，重新安置仪器；
- ④ 前视立于第一转点 P_{T1} 上的水准尺，瞄准、自动精平、读数 b'_1 ；
- ⑤ 后视立于水准点 A 上的水准尺，瞄准、自动精平、读数 a'_1 。

(3) 依次设站，用相同的方法进行观测，直至 B 点(图 2.2)。

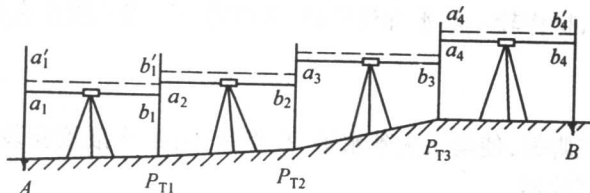


图 2.2 双仪高法水准测量

(4) 观测者的每次读数，记录者应复述并当场记录；后视、前视读毕，应立即计算高差 $h_i = a_i - b_i$, $h'_i = a'_i - b'_i$ ，并做测站检核 $\Delta h = h_i - h'_i \leq \pm 6 \text{ mm}$ ，取平均高差

$\bar{h} = \frac{1}{2}(h_i + h'_i)$; 若测站检核超限应重测。往测高差 $h_{往} = \sum \bar{h}_{往}$ 。

(5) 与往测同法, 由 B 点向 A 点进行返测, 返测高差 $h_{返} = \sum \bar{h}_{返}$ 。

(6) 计算检核、高差闭合差、高差及高程的计算:

① 计算检核: $\sum a_i - \sum b_i = \sum h_i, \frac{1}{2} \sum (h_i + h'_i) = \sum \bar{h}$;

② 高差闭合差(mm): $f_h = \sum \bar{h}_{往} + \sum \bar{h}_{返}, f_{h容} = \pm 12 \sqrt{n}$ (n 为往、返测站数的平均数), 若 $f_h \leq f_{h容}$, 则进行下一步, 否则重测;

③ 高差: $h_{AB} = \frac{1}{2}(\sum \bar{h}_{往} - \sum \bar{h}_{返})$;

④ 高程: $H_B = H_A + h_{AB}$ 。

(三) 双面尺法

每个测站观测步骤如下:

- (1) 瞄准后视黑面尺、自动精平、读数 $a_{黑}$;
- (2) 瞄准前视黑面尺、自动精平、读数 $b_{黑}$;
- (3) 前视尺翻转尺面, 瞄准、自动精平、读数 $b_{红}$;
- (4) 后视尺翻转尺面, 瞄准、自动精平、读数 $a_{红}$ 。

其他步骤与要求均与双仪高法相同。在计算红面尺高差时, 因同一副尺的红面尺零点分别为 4 687、4 787, 高差有 100 mm 的常数差, 因此在与黑面尺高差进行比较或取高差平均值时, 红面高差应加或减 100 mm (取正、负号时以黑面尺高差为准)。

四、注意事项

- (1) 当用水准仪瞄准、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十字丝可以判断, 而水准尺的前后倾斜则不易察觉, 立尺者应注意。
- (2) 每站观测完毕后, 必须及时进行计算, 检核满足要求后才能搬站。

实验三 四等水准测量

一、目的与要求

- (1) 掌握四等水准测量的施测、记录和计算方法。
- (2) 熟悉四等水准测量的技术要求, 掌握测站及水准路线的检核方法。

二、计划与设备

- (1) 实验时数为 2 学时, 实验小组为 4 人, 轮流分工为: 1 人观测, 1 人记录, 2 人立尺。
- (2) 实验设备为 DS₃ 型水准仪或 AL25A 型自动安平水准仪 1 台, 双面水准尺 1 副, 尺垫 2 只, 记录板 1 块, 铅笔自备。

三、方法与步骤

(一) 了解四等水准测量的方法

四等水准测量是小地区布设高程控制网的常用方法,是指在每个测站上只安置一次水准仪,分别在水准尺的黑、红两面刻画上读数,测得两次高差,进行测站检核。除此以外,还有其他一系列的检核。

(二) 四等水准测量的施测

从已知高程点出发,选定一条支水准路线往、返测量,路线长度为 200 ~ 300 m,设置 4 ~ 6 个测站,视线长度为 30 m 左右。立尺点可以选择有凸出点的固定地物或安放尺垫。

安置水准仪的测站点至前、后视立尺点的距离(用步测或用视距测量)应大致相等。在每一测站,按下列顺序进行观测:

- (1) 瞄准后视水准尺黑面,读上、下丝读数①②;精平,读中丝读数③;
- (2) 瞄准前视水准尺黑面,读上、下丝读数④⑤;精平,读中丝读数⑥;
- (3) 前视水准尺红面,精平,读中丝读数⑦;
- (4) 瞄准后视水准尺红面,精平,读中丝读数⑧。

记录者在“四等水准测量记录”手簿中,按手簿标明的次序① ~ ⑧记录各个读数,四等水准测量观测顺序也可采用:“后、后、前、前”。

(三) 测站检核及高差计算

手簿中的⑨ ~ ⑯为计算结果:

- (1) 后视距离⑨ = $100 \times \{① - ②\}$;
- (2) 前视距离⑩ = $100 \times \{④ - ⑤\}$;
- (3) 前、后视距差应满足⑪ = $⑨ - ⑩ \leq \pm 5 \text{ m}$;
- (4) $\sum$ 视距差应满足⑫ = $\sum ⑪ \leq \pm 10 \text{ m}$ 。

* 上述结果满足要求后可进行下面计算,否则应调整仪器重新进行上述观测。

- (5) 前视尺红、黑面较差应满足⑬ = $⑥ + K_2 - ⑦ \leq \pm 3 \text{ mm}$;
- (6) 后视尺红、黑面较差应满足⑭ = $③ + K_1 - ⑧ \leq \pm 3 \text{ mm}$;
- (7) 黑面尺高差⑮ = $③ - ⑥$;
- (8) 红面尺高差⑯ = $⑧ - ⑦$;
- (9) 红、黑面高差之差应满足⑰ = $⑮ - ⑯ \pm 100 = ⑭ - ⑬ \leq \pm 5 \text{ mm}$ 。

* 上述结果满足要求后,计算高差平均值,否则重新观测。

- (10) 平均高差⑱ = $\frac{1}{2} \{⑮ + ⑯\}$ 。

* K_1 、 K_2 为水准尺红黑面分划零点常数差,通常为 4 687 mm 及 4 787 mm,计算高差时红面尺高差加或减 100 mm,以黑面高差为主。

四等水准测量的技术限差规定如表 3.1 所示。

表 3.1 四等水准测量的技术限差

视线高度/m	视距长度/m	前后视 距差/m	前后视距 累计差/m	红黑面读 数差/mm	红黑面高差 之差/mm
> 0.2	≤ 80	≤ ± 5	≤ ± 10	≤ ± 3	≤ ± 5

每站读数结束后(①~⑧),随即进行各项计算(⑨~⑯),并按表 3.1 进行各项检验,满足限差要求后才能搬站。

依次设站,用相同方法进行观测,直至线路终点。

(四) 水准路线计算

(1) 路线总长度 $L = \sum \textcircled{9} + \sum \textcircled{10}$;

(2) 分别计算路线往测高差 $h_{\text{往}}$ 、返测高差 $h_{\text{返}}$;

(3) 往返高差闭合差 $f_h = \sum h_{\text{往}} + \sum h_{\text{返}}$; $f_{h\text{容}} = \pm 20 \sqrt{L}$ 。 L 为单程路线长,单位以 km 计。

(4) 高差闭合差满足要求,计算往返平均高差 $\bar{h} = \frac{1}{2}(\sum h_{\text{往}} - \sum h_{\text{返}})$

四、注意事项

(1) 四等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、后视距要基本相等(在限差以内);从后视转为前视(或相反)望远镜不能重新调焦;视线离地面高度不小于 0.2 m。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,应立即进行计算和检核,若有超限,则应重测。当测完全程后,高差闭合差必须在容许范围内,方可结束实验。

实验四 水准仪的检验与校正

一、目的与要求

(1) 了解水准仪各轴线间应满足的几何条件。

(2) 掌握 DS₃ 型水准仪的检验与校正方法。

二、计划与设备

(1) 实验时数为 2 学时,实验小组为 4 人,轮流分工为:1 人观测、检校,1 人记录,2 人立尺。

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

三、方法与步骤

(一) 了解水准仪的轴线及其应满足的几何条件

如图 4.1 所示, CC 为望远镜视准轴, LL 为水准管轴, $L'L'$ 为圆水准器轴, VV 为竖轴。水准仪必须提供一条水平视线。因此, 水准仪的视准轴必须平行于水准管轴 ($LL \parallel CC$), 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条件: ① 圆水准器轴平行于竖轴 ($L'L' \parallel VV$); ② 十字丝横丝垂直于竖轴。

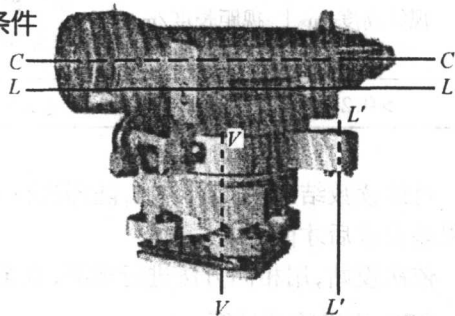


图 4.1 水准仪的轴线

(二) 一般性检验

安置仪器后, 首先检验三脚架稳定性, 制动及微动螺旋、微倾螺旋、脚螺旋、调焦螺旋等是否有效, 望远镜成像是否清晰。

(三) 轴线几何条件的检验与校正

1. 圆水准器轴平行于竖轴 ($L'L' \parallel VV$) 的检验与校正

检验: 旋转脚螺旋, 使圆水准器气泡居中, 将水准仪绕竖轴旋转 180° , 若气泡仍居中, 说明 $L'L' \parallel VV$ 的条件满足, 否则需要校正。

校正: 先稍微松一下圆水准器底部中央的固定螺丝, 再拨动圆水准器的校正螺丝, 使气泡返回偏移量的一半, 然后转动脚螺旋使气泡居中。重复检校, 直至水准仪转至任何方向圆水准器气泡均居中为止, 最后旋紧固定螺丝。

2. 十字丝横丝垂直于竖轴的检验与校正

检验: 整平水准仪, 用十字丝横丝一端瞄准某一明显目标 P (或水准尺读数), 旋转水平微动螺旋, 若目标始终在横丝上移动 (或读数不变) 如图 4.2(a)、(b) 所示, 说明十字丝横丝垂直于仪器竖轴, 否则, 如图 4.2(c)、(d) 所示需要校正。

校正: 旋下十字丝分划板座护罩, 如图 4.3 所示, 用小螺丝刀旋松十字丝分划板座固定螺丝, 微微转动十字丝分划板座, 使目标始终与横丝重合为止, 旋紧十字丝分划板座固定螺丝, 旋上护罩。

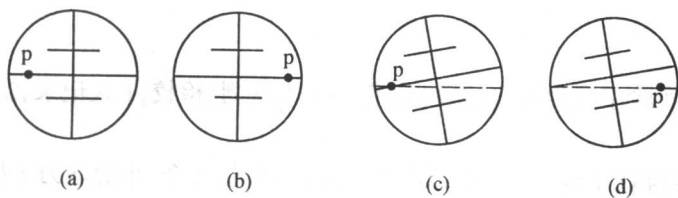


图 4.2 十字丝的检验

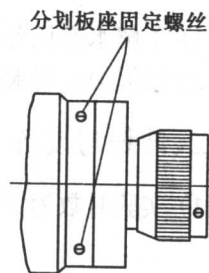


图 4.3 十字丝的校正

3. 水准管轴平行于视准轴 ($LL \parallel CC$) 的检验与校正。

检验: 如图 4.4 所示, 在平坦地面上选定相距 $60 \sim 80 \text{ m}$ 的 A 、 B 两点 (打木桩或安放尺