

土木工程实验系列教材

CELIANGXUE SHIYAN SHIXI JIAOCHENG

测量学实验·实习教程

杨松林 师红云 王斌 巩慧 编



中国科学技术出版社

● 土木工程实验系列教材

测量学实验·实习教程

杨松林 师红云 编
王 斌 巩 慧

中国科学技术出版社
· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验·实习教程/杨松林等编. —北京:中国科学技术出版社,2008.3
(土木工程实验系列教材)

ISBN 978-7-5046-5191-4

I. 测… II. 杨… 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(2008)第 071945 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京国防印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:8.5 字数:200 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价:12.00 元

ISBN 978-7-5046-5191-4/P·120

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

内 容 提 要

本书为《测量学》课程的教学辅导书,内容除了包括土木工程专业测量学的基础实验,还增加了电子水准仪、电子经纬仪、全站仪、GPS 等测量新仪器的课堂教学实验。

全书共分三个部分:第一部分为测量学课程实验的一般要求;第二部分为测量学实验,包括水准测量、角度测量、仪器检校、地形测量、全站仪、GPS 测量等内容,共 16 个课程实验;第三部分为测量综合实习。

本书可作为土建类专业测量学教学的实验、实习教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

《土木工程实验系列教材》编辑委员会

主 编	魏庆朝			
副主编	汪越胜	夏 禾		
编 委	朱尔玉	王正道	刘维宁	季文玉
	李 进	李久义	姚谦锋	杨庆山
	石志飞	杨松林	王连俊	高 亮
	赵成刚	朋改非	安明喆	贺少辉

责任编辑	崔 玲	张敬一
封面制作	世纪佳想	
责任校对	孟华英	
责任印制	王 沛	

总 序

随着我国国民经济的高速发展,大规模的基础设施建设呈现出日新月异的局面,这将需要大量的基础设施建设人才。土木工程专业是培养这些建设人才的主要渠道。

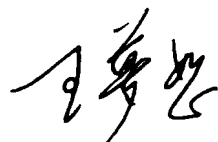
土木工程专业覆盖学科范围非常广泛,需要综合运用工程地质、工程测量、土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑设备、建筑经济等学科和施工技术、施工组织等领域的知识。

同时,土木工程又是实践性非常强的专业,实验和实习是培养高水平土木工程专业人才的必不可少的重要环节和手段。

北京交通大学土木工程专业在其 50 余年的发展历史中,始终重视实验、实习、课程设计、毕业设计等实践教学过程,从建立之初即建设了较为齐全的实验室。今天,实验教学设备和手段更加完善,实验技术和实验内容随着科技的发展不断更新。北京交通大学的教师根据多年来实验教学的经验,组织编写了土木工程专业的实验系列教材。

相信本套系列教材的出版,不仅对北京交通大学的实验教学有很好的促进作用,也会受到兄弟院校的欢迎。

中国工程院院士



前 言

本书是配合《测量学》课程编写的实习辅助教材。测量学是一门实践性很强的专业技术基础课,测量实验、实习是在学习测量学理论知识的基础上,通过课堂实验、综合实习,帮助学生进一步理解、巩固和拓宽测量理论和实践知识,熟练掌握测量仪器的操作和使用,培养学生实际动手能力、理论联系实际及知识综合应用的能力。

编写本书的指导思想是着力于学生创新能力、动手能力的培养。根据我们原来编写的《测量学》实验指导讲义,在土木工程专业测量学基础实验的基础上,增加了电子水准仪、电子经纬仪、全站仪、GPS等测量新仪器的课堂教学实验。

全书共分三个部分:第一部分为测量学课程实验的一般要求;第二部分为测量学实验,包括水准测量、角度测量、仪器检校、地形测量、全站仪、GPS测量等内容,共16个课程实验;第三部分为测量综合实习。第一、第三部分由杨松林编写;第二部分的实验一~五由师红云编写,实验六~十一由巩慧编写,实验十二~十六由王斌编写。杨松林完成全书的统稿工作。

本书在编写过程中得到了北京交通大学土建学院领导和其他许多老师及同行的支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008年3月于北京

目 录

第一部分 测量实验的一般要求	(1)
第二部分 测量课程实验	(6)
实验一 水准仪认识及使用	(6)
实验二 普通水准测量	(10)
实验三 四等水准测量	(13)
实验四 水准仪检验及校正	(18)
实验五 数字水准仪及其使用	(23)
实验六 经纬仪认识及使用	(30)
实验七 测回法测量水平角	(36)
实验八 方向测回法测水平角	(40)
实验九 竖直角测量与竖盘指标的检验	(45)
实验十 经纬仪检验及校正	(48)
实验十一 电子经纬仪认识及使用	(56)
实验十二 经纬仪配合小平板仪测绘地形	(65)
实验十三 全站仪的认识及使用	(69)
实验十四 全站仪数字测图实习	(83)
实验十五 测设已知水平角、水平距离和圆曲线	(88)
实验十六 GPS 静态测量	(91)
第三部分 综合实习	(103)
附图、附表	(114)
参考文献	(123)

第一部分 测量实验的一般要求

一、测量实验的目的

测量学是一门实践性很强的专业技术基础课,测量实验是让学生在学习测量学理论知识的基础上,通过课堂实验,掌握测量仪器的操作和使用,培养实际动手能力,进一步理解、巩固和拓宽测量理论和实践知识,培养和提高理论联系实际及知识的综合应用能力。

二、仪器及工具借用办法

(1)每次实验所需仪器及工具均在相应的实验指导内容中写明,学生应以小组为单位于上课前向测量仪器室借取。

(2)借领时,各组依次由1~2人进入室内,领出仪器后应进行清点,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、工具上的泥土清理干净再交还给仪器室,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的项目

(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)仪器应平放在地面或其他稳固的台子上才能开箱,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和方向,以免用毕装箱时因安放位置不正确而损坏仪器。

3. 从仪器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、粉尘、杂草等不洁之物进入箱内,同时防止搬动仪器时丢失仪器箱内附件。

(4)取仪器和仪器的使用过程中,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拭仪器的目镜、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。三条腿的长度要适中。

(2)架设脚架时,三条腿分开跨度要适中:并得太拢容易碰到,分得太开容易滑开,造成仪器摔坏事故。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),防止脚架滑动而摔坏仪器。

(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)仪器箱为装存仪器专用,不能承重,禁止蹬坐仪器箱。

5. 仪器使用过程中注意事项

(1)阳光下或雨天作业时,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, 确认安放位置正确无误, 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

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。

(1) 所有记录与计算均用铅笔(2H 或 3H) 记载。字体端正清晰, 字高应稍大于格子的一半。一旦记录出现错误, 可在留出的空隙处对错误的数字进行更正。

(2) 观测和记录时, 记录者应将所记数字回报给观测者, 核对无误, 以防听错记错。

(3) 禁止擦拭、涂改及挖补。发现错误应在错误处用横线划去, 将正确的数字写在原数上方, 不得使原数字模糊不清。淘汰某个部分时可用斜线划去, 保持被淘汰数字的清晰。

(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一原始数。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) 原始观测的尾部读数不许更改, 应将该部分观测结果废去重测。测量数据不许更改和应废去重测的范围见表 1 规定。

表 1 原始数据记录要求

测量内容	不许更改的部位	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) 外业数据记录及计算取位要求见表 2 ~ 表 4。如水准测量中读数 582 毫米, 应记 0582; 角度测量中 $6^{\circ}8'2''$, 应记 $6^{\circ}08'02''$ 。

表 2 外业数据记录取位要求

测量内容	数字的单位	记录数字
水 准	毫米	4 位
角度的分	分	2 位
角度的秒	秒	2 位

表 3 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

表 4 角度测量

读数(″)	一测回中数(″)
1.0	1.0

五、测量的有效数字

有效数字:对没有小数位且以若干个零结尾的数值,从非零数字最左一位向右数得到的位数减去无效零的个数;对其他十进位的数,从非零数字最左一位向右数而得到的位数就是有效位数。通俗而言,数据的有效位数就是从该数左方第一个非零数字算起到最末一个数字(包括零)的个数,它不取决于小数点的位置。

实际测量中,有效数字指实际能够测量到的数字,包括最后一位估计的不确定数字。一般把能直接读取获得的准确数字叫做可靠数字;估读得到的数字叫做存疑数字。测量结果中能够反映被测量大小的带有一位存疑数字的全部数字叫有效数字。

注意测量中的数字与数学上的数字是有区别的。如数学中: $9.25 = 9.250 = 9.2500$,而测量中的 $9.25 \neq 9.250 \neq 9.2500$ 。

1. 有效数字与不确定度的关系

有效数字的末位是估读数字,存在不确定性。一般情况下不确定度的有效数字只取一位,其数位即是测量结果的存疑数字的位置;有时不确定度需要取两位数字,其最后一个数位才与测量结果的存疑数字的位置对应。

由于有效数字的最后一位是不确定度所在的位置,因此有效数字在一定程度上反映了测量值的不确定度(或误差限值)。测量值的有效数字位数越多,测

量的相对不确定度越小;有效数字位数越少,相对不确定度就越大。因此,有效数字可以粗略反映测量结果的不确定度。

2. 有效数字的舍入规则

(1)当保留 n 位有效数字,若 n 位后面的数字小于第 n 位单位数字的 0.5 就舍掉。

(2)当保留 n 位有效数字,若后面的数字大于第 n 位单位数字的 0.5 ,则第 n 位数字进 1。

(3)当保留 n 位有效数字,若后面的数字恰为第 n 位单位数字的 0.5 ,则第 n 位数字为偶数时就舍掉后面的数字,为奇数时就加 1。

例:将以下数据保留三位:

$$68.77 = 68.8 \quad 58.03 = 58.0$$

$$66.25 = 66.2 \quad 28.15 = 28.2$$

第二部分 测量课程实验

实验一 水准仪认识及使用

一、目的和要求

- (1) 了解 DS3 微倾式水准仪的基本构造, 认清其主要部件的名称和作用。
- (2) 了解 DSZ3 自动安平水准仪的构造特点, 它与 DS3 的不同之处。
- (3) 掌握 DSZ3 水准仪的安置、瞄准与读数方法。
- (4) 测定地面两点间高差。

二、仪器和工具

DSZ3 博飞自动安平水准仪 1, 水准脚架 1, 水准尺 2, 记录板 1。

三、实验内容

- (1) 认识 DSZ3 水准仪的构造和各操作部件的名称、作用 and 操作方法。
- (2) 练习水准仪的安置整平。
- (3) 练习水准尺的读数方法。
- (4) 初步练习高差的观测、记录及计算方法。

四、实验方法与步骤

1. 安置仪器

将脚架张开, 使其高度适当, 架头大致水平, 踩实架腿。再开箱取出仪器将其固连在三脚架上。

2. 认识仪器

指出仪器各部件的名称, 了解其作用并熟悉其使用方法, 同时弄清水准尺的分划与注记。

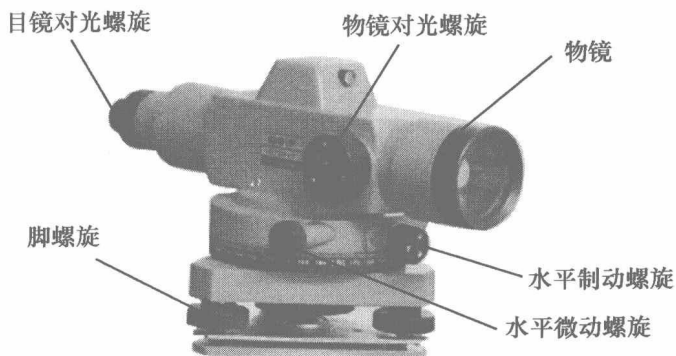


图 1

3. 粗略整平

旋转水准仪基座上的三个脚螺旋,使圆水准器气泡居中。先用双手同时向内(或向外)转动一对脚螺旋,使圆水准器气泡移动到中间,再转动另外一只脚螺旋,使圆气泡居中,通常需反复进行。注意气泡移动的方向与左手拇指或右手食指运动的方向一致,如图 2 所示。

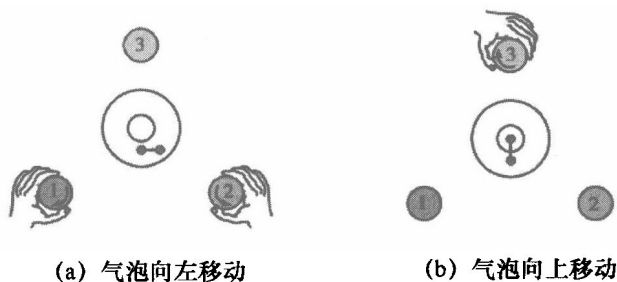


图 2

4. 瞄准水准尺、精平与读数

(1) 瞄准。甲将水准尺立于某地面点上,乙松开水平制动螺旋,转动仪器,用粗瞄器粗略瞄准水准尺,固定制动螺旋,用微动螺旋使水准尺大致位于视场中央;转动目镜对光螺旋进行对光,使十字分划清晰,再转动物镜对光螺旋,看清水准尺影像;转动水平微动螺旋,使十字丝纵丝靠近水准尺一侧,若存在视差,则应仔细进行物镜对光予以消除。

(2) 精平。转动微倾螺旋使符合水准器气泡两端的影像吻合(即成一圆弧

状)。自动安平水准仪不需此操作,但要检查补偿器是否处于正常工作状态。

(3)读数。用中丝在水准尺上读取 4 位读数,即米、分米、厘米及毫米位。读数时应先估出毫米数,然后按米、分米、厘米及毫米,一次读出 4 位数(如图 3 中丝读数为 1.612 米,毫米级为估读数)。读数后检查仪器视线是否精平。

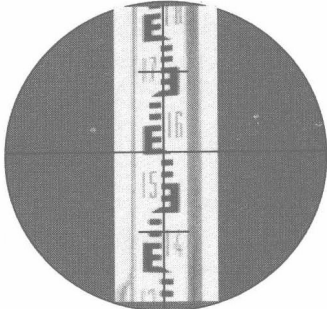


图 3

5. 测定地面两点间的高差

(1)在地面选定 A、B 两个坚固的点。

(2)在 A、B 两点间安置水准仪,使仪器至 A、B 两点的距离大致相等。

(3)竖立水准尺于点 A 上,瞄准点 A 上的水准尺,精平后读数,此为后视读数 a ,记入表中测点 A 一行的后视读数栏下。

(4)再将水准尺立于点 B,瞄准点 B 上的水准尺,精平后读取前视读数 b ,并记入表中测点 B 一行的前视读数栏下。计算 A、B 两点的高差 $h_{AB} = a - b$ 。

(5)按同法读取、记录水准尺红面读数,计算高差。检核黑面中丝读数加上水准尺常数 $K(4.687 \text{ 或 } 4.787)$ 减去红面中丝读数应不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

(6)换一人重新安置仪器,进行上述观测,直致小组所有成员全部观测完毕,小组各成员所测高差之差不得超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

五、记录格式

日期:_____ 天气:_____ 班级:_____ 小组:_____

仪器型号:_____ 观测:_____ 记录:_____

测站	点号		后视读数	前视读数	高差	读数差
O	A	黑面	a		$h_{AB} = a - b$	
		红面	a'			
	B	黑面		b	$h'_{AB} = a' - b'$	
		红面		b'		
		黑面				
		红面				
		黑面				
		红面				

六、注意事项

(1) 水准仪安放到三脚架上后必须立即将中心连接螺旋旋紧,以防仪器从脚架上掉下摔坏。

(2) 开箱后先看清仪器放置情况及箱内附件情况,用双手取出仪器并随手关箱。

(3) 转动各螺旋时要稳、轻、慢,不能用力太大。仪器旋钮不宜拧得过紧,微动螺旋只能用到适中位置,不宜太过头。螺旋转到头要返转回来少许,切勿继续再转,以防脱扣。

(4) 仪器装箱一般要松开水平制动螺旋,试着合上箱盖,不可用力过猛,压坏仪器。

(5) 水准尺必须要有人扶着,决不能立在墙边或靠在电杆上,以防摔坏水准尺。

七、思考题

- (1) 识别图 4 各部件的名称。
- (2) 用箭头标明如何转动三只脚螺旋,使图 5 所示的圆水准器气泡居中。
- (3) 自动安平水准仪的原理是什么? 它的操作有什么特点?
- (4) 在读取水准尺读数前,为什么一定要消除视差? 如何消除?

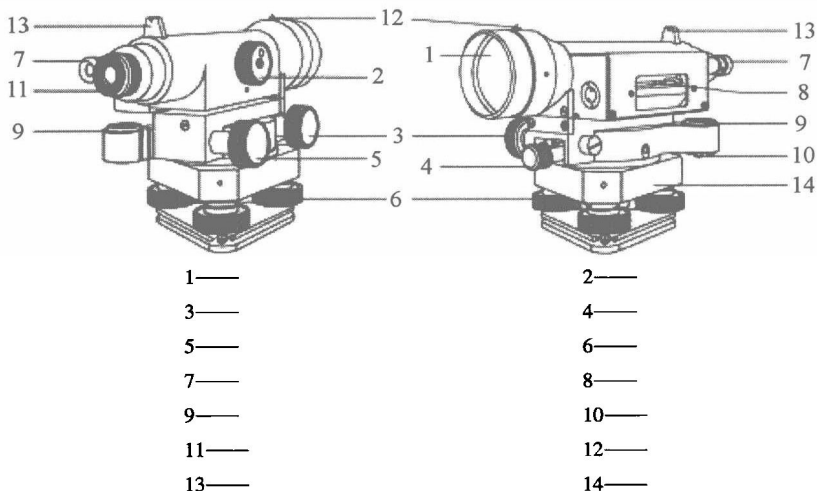


图 4