

测量基础 实验教程

阳利永 • 编著



云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

测量基础

实验教程

阳利永 • 编著



云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

测量基础实验教程 / 阳利永编著. — 昆明: 云南大学出版社, 2018

ISBN 978-7-5482-3335-0

I. ①测… II. ①阳… III. ①测量学—实验—高等学校—教材 IV. ①P2-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第098486号

责任编辑: 蒋丽杰

封面设计: 王娅一

测量基础 实验教程

阳利永 • 编著

出版发行: 云南大学出版社

印 装: 昆明富新春彩色印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 6.25

字 数: 146千

版 次: 2018年6月第1版

印 次: 2018年6月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5482-3335-0

定 价: 25.00元

社 址: 昆明市一二一大街182号(云南大学东陆校区英华园内)

邮 编: 650091

电 话: 0871-65033244 65031071

网 址: <http://www.ynup.com>

E-mail: market@ynup.com

若发现本书有印装质量问题, 请与印厂联系调换, 联系电话: 0871-67425573。

本书编委会

主 任：阳利永

副主任：柳德江 王 涛

编 委：（排名不分先后）

罗维佳 吕 伟 杨艳俊 杨海兰 邱 成

赵长明 黄剑波 杨琪莉 张海强 王永华

前 言

教育部高等教育司《关于开展新工科研究与实践的通知》明确，为深化工程教育改革，推进新工科的建设与发展，决定开展新工科研究和实践。实践教学是培养学生创新能力的根本途径，通过测量实验，可以培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题以及综合运用测量知识的能力。测量学等相关课程是理论与实践并重、实践性非常强的专业基础课，对初学测量的学生来说，测量相关理论知识和仪器是抽象而不熟悉的，只有通过测量实验，才能更好地理解课堂上所学的测量理论知识，掌握测量的基本原理、方法与技能，培养工程实践能力与创新能力，从而为后续测量相关课程的学习和将来从事测绘相关工作打下坚实基础。因此，测量基础实验是训练和提升学生测量实践能力的重要过程与手段。

为确保和提高测量基础实践教学的质量和效果，特组织编写这部《测量基础实验教程》。本书编写的宗旨和目标是：依据我国 21 世纪高等教育基础扎实、知识面广、能力强、素质高、具有创新精神和自学能力的复合型人才的人才培养目标，按照科学性、系统性、完整性、先进性、衔接性的编写原则，突出基础性与实用性，力争使其成为当前非测绘专业开展测量基础实验的精品实验教材。本书旨在帮助学生巩固课堂所学理论知识，培养学生动手实践能力，以满足我国当前高等教育应用型人才培养的需要。

本书是非测绘专业学生学习“测量学”“测量与地图学”等相关课程的配套实验教材，为避免重复并节省篇幅，对于理论课程中已有的测量基础实验背景、原理等，本书不再赘述。对难度较大的实验，本书提供了实验样例，以帮助学生更快地进入实验状态并顺利完成实验。本书融入了编者多年的教学经验和深层次思考，基本上做到逐字逐句、认真地推敲，文字精练、措辞严谨、语言流畅、通俗易懂，逐步引导学生完成课程实验并在此过程中得到锻炼。

本书分为四个部分：第一部分介绍了测量基础实验要求与规定；第二部分为单项测量实验；第三部分为综合测量实验；第四部分为测量实验报告。在实验内容上，既有单项实验，又有综合实验；在实验过程上，包括测量前期、中期和后期的全程指导；所有测量实验，不仅详细列出了实验目的、仪器与工具、任务与要求、方法、步骤和注意事项，还配套设计了需要学生完成的实验报告，以便学生用于观测、记录、计算、思考和总结。

本书是在编者多年来参与测量实验教学、改革与研究所积累的经验和参考历年测量实验指导书的基础上编写而成的。根据历年来测量基础实验教学过程中总结的经验,开展测量实验教学改革研究,不断修订测量基础实验指导书,配套完善校内测量基础实验基地,并优化设计测量基础实验考核方案,促进学生测量技能实训稳妥有序、高质高效地进行,确保学生测量技能得到最大限度的提升。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和疏漏,敬请使用本书的师生以及其他读者批评指正,以便在重印或再版时修正。

编 者

2018年3月

目 录

第一部分 测量基础实验要求与规定

- 第一节 测量基础实验目的与要求 (3)
- 第二节 测量仪器与工具使用要求与方法 (4)
- 第三节 测量记录与计算的要求与方法 (7)

第二部分 单项测量实验

- 实验一 水准仪的认识与使用 (13)
- 实验二 等外水准测量(变换仪器高法) (17)
- 实验三 经纬仪的认识与使用 (22)
- 实验四 测回法测水平角 (25)
- 实验五 方向观测法测水平角 (29)
- 实验六 竖直角测量 (34)
- 实验七 全站仪的认识与使用 (37)
- 实验八 全站仪光电测距 (40)
- 实验九 一般钢尺量距 (42)

第三部分 综合测量实验

- 实验十 平面控制测量(一级导线) (49)
- 实验十一 高程控制测量(二等水准) (56)
- 实验十二 全站仪坐标测量(极坐标法) (60)

第四部分 测量实验报告

- 实验报告一 水准仪的认识与使用 (65)
- 实验报告二 等外水准测量(变换仪器高法) (67)
- 实验报告三 经纬仪的认识与使用 (70)

实验报告四	测回法测水平角	(72)
实验报告五	方向观测法测水平角	(74)
实验报告六	竖直角测量	(76)
实验报告七	全站仪的认识与使用	(78)
实验报告八	全站仪光电测距	(80)
实验报告九	一般钢尺量距	(81)
实验报告十	平面控制测量(一级导线)	(82)
实验报告十一	高程控制测量(二等水准)	(88)
实验报告十二	全站仪坐标测量(极坐标法)	(93)
参考文献		(95)

第一部分 测量基础实验要求与规定

第一节 测量基础实验目的与要求

一、测量基础实验的目的

测量基础实验是测量学相关课程的配套实验性课程。通过实验项目的训练和仪器操作,掌握测量的基本原理与方法,熟悉仪器的使用操作,有利于促进对理论知识的进一步理解和掌握,真正做到理论与实践相结合。

二、测量基础实验的基本要求

(一) 实验准备的基本要求

(1) 在实验课开始之前,必须认真阅读学习本书第一部分内容,熟悉测量基础实验的目的与要求、测量仪器与工具使用规定以及测量记录与计算要求。

(2) 在每个实验项目之前,必须复习理论教材中有关内容,认真仔细地预习每个实验项目,以明确实验目的,了解实验所需仪器与工具,准备好所需文具用品,明确实验任务与要求,理解实验原理与方法,熟悉实验步骤,并注意实验相关事项。

(3) 实验分小组进行,组长负责各组的组织协调工作,办理所用仪器与工具的借领和归还手续。

(二) 实验仪器与工具的借领

对测量仪器与工具的正确使用、精心爱护和科学保养,是保证测量成果质量、提高测量工作效率和延长仪器与工具使用寿命的必要条件,因而也是测量人员必须具备的素质和应该掌握的技能。在仪器与工具的借领中,必须严格遵守如下规定:

(1) 实验时凭学生证到仪器室办理借领手续,以小组为单位领取仪器与工具。

(2) 借领仪器与工具时,应该当场清点检查:实物与领取清单是否相符;仪器、工具及其附件是否齐全;背带与提手是否牢固;三脚架是否完好及其脚螺旋是否正常等。如有遗漏或缺损,应当场补领或更换。

(3) 离开借领地点之前,必须锁好仪器并捆扎好各种工具。搬运仪器与工具时,必须轻拿轻放,避免剧烈震动导致仪器或工具损坏。

(4) 借出仪器与工具之后,不得与其他小组擅自调换或转借。

(5) 实验结束,应及时收装仪器与工具,送还实验室以备检查验收,办理归还手续。如有遗失或损坏,应书面说明情况,并按相关规定追究赔偿责任。

(三) 实验过程相关要求

(1) 应在指定的实验场地开展实验,不得擅自改变实验地点或离开实验场地。

- (2) 实验应在规定的时间进行,不得无故缺席、迟到或早退。
- (3) 必须遵守本书列出的测量仪器与工具使用和测量记录与计算的相应要求与方法。
- (4) 实验过程中,服从实验指导教师的指导,严格按照本书的要求认真、按时、独立地完成实验任务。
- (5) 在实验过程中,禁止将仪器临时放在仪器箱上,严禁任何人坐在仪器箱上。
- (6) 每项实验都应取得合格的成果,提交书写工整、规范的实验报告,经指导教师审阅并同意后,才可交还仪器与工具并结束实验。若单个实验成果不达标,则应立即查明原因并予以返工重测。
- (7) 在实验前、实验中或实验后的任何时刻,严禁用仪器或工具玩耍,防止仪器与工具以及人身受到伤害。
- (8) 在实验过程中,应遵守实验纪律,爱护实验场地的花草、树木和农作物,不得任意砍折、踩踏;并爱护周围的各种公共设施,损坏者应予赔偿。

第二节 测量仪器与工具使用要求与方法

一、测量仪器使用的一般要求与方法

所有测量仪器的安置、使用、搬迁、装箱和保养,均应遵守以下规定:

(一) 测量仪器的安置

- (1) 在三脚架安置稳妥之后,方可打开仪器箱。
- (2) 打开仪器箱之前,应将仪器箱放在平稳处,严禁托在手上或抱在怀里。
- (3) 打开仪器箱之后,务必看清并记住仪器在箱中的安放位置,记不住时可用手机拍照留档,避免以后装箱困难。
- (4) 提取仪器之前,应先松开制动螺旋,再用双手握住支架或基座,轻轻取出仪器。
- (5) 取出仪器之后,将仪器轻轻放在三脚架上,在一手拧连接螺旋的同时,务必保持另一手握住仪器,直至连接螺旋旋紧并使仪器与脚架牢固连接后方可松手。
- (6) 仪器完好安装在脚架上后,应随即关闭仪器箱盖,防止箱内小配件丢失或灰尘等杂物进入箱内。

(二) 测量仪器的使用

- (1) 仪器使用时,务必确保仪器与三脚架连接牢固。
- (2) 仪器安置后,不论是否操作或暂停测量,必须随时有人在旁看护,防止无关人员搬弄或行人、车辆碰撞,以免影响测量结果或损坏仪器。

(3) 转动仪器时, 应先松开制动螺旋, 按规定方向平稳转动, 避免盲目转动; 若转动时感觉阻力较大, 则应暂停转动, 并查看制动螺旋是否处于松开状态。使用微动螺旋时, 应先旋紧制动螺旋。

(4) 制动螺旋应松紧适度, 微动螺旋和脚螺旋不要旋到顶端, 使用各种螺旋都应均匀用力, 以免损伤螺纹。

(5) 在观测过程中, 若发现望远镜物镜上有灰尘, 可用镜头纸或软毛刷轻轻拂去, 严禁用手指或手帕等物品擦拭镜头, 以免损坏镜头上的镀膜。观测结束后, 应及时套好镜盖, 避免镜头粘上灰尘或被污染。

(6) 在仪器发生故障时, 应及时向实验指导教师报告, 不得擅自处理。

(7) 在野外遇到烈日或下雨时, 应为仪器撑伞, 严防日晒雨淋。

(8) 不要将仪器望远镜直接照准太阳观察, 避免人眼及仪器的损伤。

(三) 测量仪器的搬迁

(1) 在行走不便的地区迁站或远距离迁站时, 必须将仪器装箱之后再搬迁, 并尽可能减轻仪器运输过程中的震动。

(2) 短距离迁站时, 可将仪器连同脚架一起搬迁。其方法是: 先检查并旋紧仪器连接螺旋, 松开各个制动螺旋使仪器保持初始位置(水准仪保持水准器朝上, 经纬仪则保持望远镜物镜对准水平度盘中心); 再合拢三脚架, 左手握住仪器基座或支架放于胸前, 右手抱住脚架放于肋下, 稳步行走。严禁斜扛仪器, 以防仪器滑落或碰摔。

(3) 搬迁时, 小组其他人员应协助观测员带走仪器箱和有关工具, 防止遗失。

(四) 测量仪器的装箱

(1) 仪器使用后, 应及时清除仪器上的灰尘、脚架上的泥土以及仪器箱与测量工具上被弄脏之处。

(2) 仪器拆卸时, 应先将仪器脚螺旋调至大致同高的位置, 再一只手扶住仪器, 另一只手松开连接螺旋, 双手托住并取下仪器。

(3) 仪器装箱前, 应清点所有仪器附件和测量工具, 防止遗失。

(4) 仪器装箱时, 应先松开各个制动螺旋, 使仪器就位正确, 试关箱盖确认放妥后, 再拧紧制动螺旋, 然后关箱并上好锁扣。若合不上箱口, 切不可强压箱盖, 以防压坏仪器, 而应检查并调整仪器直至安放姿态正确后才能合上箱盖。

(五) 测量仪器的保养

(1) 仪器避免阳光暴晒, 禁止雨淋。

(2) 仪器和仪器箱应保持干燥; 在潮湿、雨天环境下使用仪器后, 应把仪器表面水分擦干, 并置于通风环境下彻底干燥后再装箱。擦拭仪器表面时, 不能用酒精、乙醚等刺激性化学物品; 对光学零件表面进行擦拭要使用仪器配备的擦镜纸。

(3) 如果长时间不用,应把仪器从仪器箱中取出,罩上塑料袋并摆放于通风干燥处。

(4) 仪器应定期送到仪器检验机构进行检验,以保障测量精度。

二、电子测量仪器使用的特殊要求与方法

电子测量仪器不仅要遵循上述关于测量仪器使用的一般要求与方法,同时还应遵守以下特殊规定:

(一) 电子测量仪器的安装

(1) 电子测量仪器必须先装上电池才能使用。

(2) 把电池插入仪器时,应在听到咔嚓声后再松开手,以免电池未安装好而掉落损坏;听到咔嚓声后,表示安装正确。

(二) 电子测量仪器的使用

(1) 开机后先检测信号,停测后随时关机;更换电池时,应先关闭电源开关。

(2) 在给电池充电时,必须使用与各款电池相适应的电源适配器进行充电,严禁乱用电源适配器进行充电;禁止过长时间连续充电,防止电池爆炸等危险。

(3) 在使用带有激光测距或指向功能的电子测量仪器时,禁止用激光对着人的眼睛或人眼直视激光,以免眼睛受到严重伤害;同时,禁止太阳光直接照射全站仪望远镜,以免烧坏电子元件。

(4) 遇雨时,应停止测量,严禁仪器淋雨。

(三) 电子测量仪器的装箱

(1) 仪器用完后,应取下电池后再装箱。

(2) 取下的电池应插入仪器箱内电池存放卡槽内。

(3) 确保电池的电源适配器和充电线收好于箱内,避免遗失。

(4) 装箱好的电子测量仪器,禁止被雨淋湿。

(四) 电子测量仪器的保养

(1) 应保持电子测量仪器和电池接口处的清洁,以免接触不良。

(2) 仪器长时间不用时,应定期给电池充电,以延长电池使用寿命。

(3) 禁止电池被太阳暴晒或被水淋湿。

(4) 应该定期对电子测量仪器进行系统或功能的更新,以最大限度发挥其作用。

三、测量工具使用的基本要求与方法

(一) 一般要求与方法

(1) 测量工具均须由专人保管、搬运,不得随意放置,更不能作为捆扎、抬、担等其他用途,禁止用于玩耍。

(2) 应保持测量工具清洁, 在使用完后, 应及时将其清洗干净。

(3) 测量工具应该用完即收, 防止遗失。在每次测量实验完成后, 都应检查测量工具是否遗漏或完好; 对遗失或损坏的测量工具, 应立即向实验指导教师报告; 对因个人过错造成测量工具损坏或遗失的责任人, 将按相关规定追究赔偿责任。

(二) 特殊要求与方法

(1) 水准尺等标尺和花杆。在使用或放置水准尺等标尺、花杆时, 应注意防水、防潮, 防止受横向压力, 不能磨损尺面刻画的漆皮, 暂时未使用时应安放稳妥。水准尺暂时未使用时, 应平放于安全地面上; 禁止将水准尺斜靠于墙体或树木上, 防止滑落后摔坏水准尺。不得摔打或敲打水准尺, 以免尺身变形而影响测量精度。禁止将水准尺用于前后视距的测量。在使用塔尺时, 应注意接口处的正确连接, 使用后及时收尺。在使用对中杆时, 不要把杆尖插入地下, 而应将其轻轻置于地表。

(2) 尺垫。在水准测量过程中, 尺垫只能置于转点上, 以传递高程; 尺垫绝不能置于已知水准点或待测高程点上。在水准测量时, 水准尺应立于尺垫突起之上, 而不能立于尺垫突起周围的尺垫平面上。

(3) 钢尺。在用钢尺测距过程中, 应防止扭曲、打结和折断, 防止行人踩踏或车辆碾压, 尽量避免尺身着水。携尺前行过程中, 应将尺身提起, 不得沿地面拖行, 以防损坏刻划。钢尺使用完后, 应擦净、涂油, 以防生锈。

第三节 测量记录与计算的要求与方法

一、测量记录与计算规则

测量记录是外业观测成果的记载和内业数据处理的依据, 测量计算的准确性关系到外业观测数据的有效性和内业成果的准确性。测量记录与计算的规范性和准确性, 在很大程度上决定我们测量成果的可靠性。因此, 在测量记录与计算时必须严肃认真, 一丝不苟, 并严格遵守以下规则:

(一) 测量记录与计算准备工作

(1) 在测量记录之前, 准备好铅笔; 必要时, 准备好计算器。

(2) 在记录观测数据之前, 应将当时测量实验所涉及的日期、时间、天气、仪器属性、测量相关人员的姓名等无一遗漏地填写齐全。

(3) 开始记录之前, 应熟悉记录手簿上各项内容的含义及其填写与计算方法。

(二) 测量记录与计算规则

(1) 在观测员读数后, 记录员应随即记入测量记录手簿上的相应栏内, 并同时复诵回

报该读数，以便检核。记录不得事后转抄。

(2) 在记录观测数据时，字体要端正清晰，数位对齐，数字对齐。字体的大小一般占格宽的 $1/3 \sim 1/2$ ，字脚靠近底线；表示精度或占位的“0”均不可省略。例如，水准尺读数 1.200 m 或 0.730 m，距离 24.610 m，水平度盘读数 $76^{\circ}08'00''$ 。

(3) 数据运算应根据所取位数，按“四舍六入五保偶”的规则保留小数位数。例如，1.6384 m、1.6376 m、1.6385 m 和 1.6375 m，若取至毫米位，则均应记为 1.638 m。

(4) 观测数据的尾数不得更改，读错或记错时必须重测后重记，并在备注栏内备注。例如，水准测量时，毫米位数字出错，应重测该测站；钢尺量距时，毫米位数字出错，应重测该尺段；角度测量时，秒位数字出错，应重测该测回。

(5) 观测数据的前几位数字若出错时，应用细横线划去错误的数字，并在原数字上方写出正确的数字。注意不得涂擦已记录的数据。禁止连环更改数字，例如，二等水准测量中的连续标尺读数，距离丈量中的往、返丈量距离值，角度测量中盘左、盘右时的度盘读数等，均不能同时更改，否则必须重测。

(6) 记录数据修改后或观测成果废去后，都应在备注栏内写明原因（如测错、记错或超限等）。

(7) 每站观测结束后，必须在现场完成规定的计算和检核，确认无误后方可迁站。

(8) 应该保持测量记录的整洁，严禁在记录手簿上书写无关内容；应看管好记录手簿，以防丢失。

(9) 所有观测数据必须保证其真实性，及时记入观测手簿。不得记在草稿纸上然后转抄，严禁伪造数据。

二、测量常用计量单位及其换算

在测量记录与计算过程中，常用的计量单位主要涉及角度、长度和面积三种，不同单位之间的换算关系如表 1-1、1-2、1-3 所示：

表 1-1 角度单位及其换算关系

60 进制	密位制
1 圆周 = 360° （度） $1^{\circ} = 60'$ （分） $1' = 60''$ （秒）	$1^{\circ} = 16.67$ 密位 $1' = 0.28$ 密位 $1 \text{ 密位} = 3.6' = 3'36''$

表 1-2 长度单位及其换算关系

公制	英制
1 km (公里或千米) = 1000 m (米) = 0.621 mi (英里) = 0.540 海里	1 mi (英里) = 1760 yd (海里) = 1.609 km (公里或千米) = 3.218 里 = 0.869 海里
1 m = 10 dm (分米) = 100 cm (厘米) = 1000 mm (毫米) = 10 ⁶ μm (微米) = 10 ⁹ nm (纳米) = 3.281 ft (英尺)	1 yd = 3 ft (英尺) 1 ft = 12 in (英寸) = 0.305 m 1 in = 2.540 cm (厘米)

表 1-3 面积单位及其换算关系

公制	英制
1 km ² (平方公里或千米) = 10 ⁶ m ² (平方米) = 100 hm ² (公顷) = 1500 mu (亩) = 247.11 acre (英亩)	1 mi ² (平方英里) = 640 acre (英亩) = 2.590 km ² (平方公里或千米) 1 acre (英亩) = 0.405 hm ² (公顷) = 6.070 mu (亩)