



全国高等农林院校“十三五”规划教材

CELIANGXUE
SHIJIAN JIAOCHENG


测量学

实践教程



李瑞平◎主编

非
外
借

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十三五”规划教材

测量学实践教程

CELIANGXUE SHIJIAN JIAOCHENG

李瑞平 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学实践教程/李瑞平主编. —北京: 中国农业出版社, 2017. 1

全国高等农林院校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-109-22441-4

I. ①测… II. ①李… III. ①测量学—高等学校—教材 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 000764 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 马颀晨

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16. 印张: 7.25

字数: 203 千字

定价: 19.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

>>> 内容简介

全书共 4 章。第一章为实验与实习须知；第二章为实验指导，包括微倾式水准仪、电子水准仪、电子经纬仪、全站仪、GPS、无人航拍机等测定与测设的相关内容，共设置 16 个实验；第三章为实习指导，包括实习情况介绍、步骤和成果等内容；第四章给出了实验记录表格与实验报告。最后附录以 CASIO fx-991CN X 函数计算器为例简单介绍了计算器的使用方法。

本书可作为水利类、土木类、测绘类、农业工程类、林业工程类、林学类专业测量学课程教学的实验、实习教材。

编写人员名单

主 编 李瑞平

参 编 刘全明

李洪玉

马 腾

前 言

FOREWORD

2001年,教育部印发了《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量的若干意见》,明确提出保证教学质量是高校生存发展的重要前提。在高等教育中,不但要给学生传授各种知识,而且要特别注重学生实践能力和创新能力的培养。为了使培养的学生适应生产单位的需求,内蒙古农业大学测量学课程组在充分调研的基础上,从2002年开始,历时7年,针对测量学课程实践教学的内容、基础条件和考核评价方法等进行了研究和改革,完成的“测量学实践教学模式研究”教改成果科学合理,学生受益面广,教学效果显著,获高等教育内蒙古自治区教学成果二等奖。主编的《测量学》在中国农业出版社出版,并获评2005年全国高等农业院校优秀教材、普通高等教育农业部“十二五”规划教材和全国高等农林院校“十三五”规划教材。测量学课程被评为内蒙古自治区“精品课程”“优质精品课程”。在此背景下编写了本教程。

本教程为中国农业出版社出版的《测量学》(第四版,王耀强、葛岱峰主编)的配套教材,为测量学课程的实践教学辅导书。测量学是一门实践性很强的专业技术基础课,测量学实验、实习在学习测量学理论知识的基础上,帮助学生进一步理解、巩固和强化测量学基础理论和实践知识,熟练掌握测量仪器的操作和使用,培养学生理论联系实际和知识综合应用的能力。编写本教程的指导思想是着力于学生创新能力、动手能力和团结协作精神的培养。

本教程在《测量学实验指导讲义》的基础上编写,内容除了包括测量学的基础实验,还增加了电子水准仪、电子经纬仪、全站仪、GPS、无人航拍机等新型测量仪器的实验。

本教程由内蒙古农业大学李瑞平教授主编,参加编写的人员有刘全明、李洪玉和马腾,由李瑞平教授统稿、王耀强教授审阅。

本教程在编写过程中得到了内蒙古农业大学教务处、水利与土木建筑工程学院领导和其他许多师生及同行的支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年10月

前言

第一章 实验与实习须知	1
一、实验与实习目的及有关要求	1
二、使用测量仪器、工具注意事项	1
三、记录与计算规则	1
四、有效数字的舍入规则	2
五、单位换算	2
第二章 实验指导	4
实验一 微倾式水准仪的认识和使用	4
实验二 普通水准测量	6
实验三 四等水准测量	8
实验四 水准仪的检验与校正	10
实验五 电子水准仪的认识及其使用	12
实验六 电子经纬仪的认识与测回法观测水平角	14
实验七 全站仪的认识以及距离、竖直角和竖盘指标差的测量	17
实验八 全站仪坐标测量	21
实验九 全站仪数字化测图外业数据采集	23
实验十 GPS RTK 数字化测图外业数据采集	28
实验十一 线路纵、横断面测量	30
实验十二 全站仪测设水平角、水平距离及坐标	32
实验十三 水准仪测设高程	36
实验十四 GPS 静态测量	37
实验十五 专业测绘无人航拍机的认识与演示	38
实验十六 影像判读	40
第三章 实习指导	42
第一节 实习情况介绍	42
第二节 实习步骤	43

第三节 实习成果的提交及成绩评定	60
第四章 实验记录表格与实验报告	65
附录 计算器的使用	103
主要参考文献	107

第一章 实验与实习须知

一、实验与实习目的及有关要求

(1) 测量实验与实习的目的一方面是验证、巩固课堂所学的知识；另一方面是熟悉测量仪器的构造和使用方法，培养学生进行测量工作的基本操作技能，使学到的理论与实践紧密结合。

(2) 在实验或实习课前，应复习《测量学》教材中的有关内容，认真仔细地预习《测量学实践教程》中实验或实习指导，明确目的要求、方法步骤及注意事项，以保证按时完成实验和实习任务中相应项目。

(3) 实习分小组进行，组长负责组织和协调实习工作，办理仪器工具的借领和归还手续。每人都必须认真、仔细地操作，培养独立工作能力和严谨的科学态度，同时要发扬互相协作精神。实验或实习应在规定时间内进行，不得无故缺席或迟到早退；不得擅自改变地点或离开现场。实验或实习过程中或结束时，发现仪器工具有遗失、损坏情况，应立即报告指导教师，同时要查明原因，根据情节轻重，给予适当赔偿和处理。

(4) 实验或实习结束时，应提交书写工整、规范的实验报告、实习记录和总结报告，经实习指导教师审阅同意后，才可交还仪器工具，结束工作。

二、使用测量仪器、工具注意事项

以小组为单位到指定地点领取仪器、工具，借领时，应当场清点检查，如有缺损，可以报告实验室管理员给予补领或更换。

(1) 携带仪器前，注意检查仪器箱是否扣紧、锁好，拉手和背带是否牢固，并注意轻拿轻放。开箱时，应将仪器箱放置平稳。开箱后，看清仪器在箱内安放的位置，以使用后按原样放回。提取仪器时，应双手握住支架或基座轻轻取出，放在三脚架上，保持一只手握住仪器，另一只手拧紧连接螺旋，使仪器与三脚架牢固连接。仪器取出后，应关好仪器箱，严禁箱上坐人。

(2) 不可置仪器于一旁而无人看管。应为其撑伞，防止仪器日晒雨淋。

(3) 若发现透镜表面有灰尘或其他污物，须用软毛刷和镜头纸轻轻拂去。严禁用手帕、粗布或其他纸张擦拭，以免磨坏镜面。

(4) 拧制动螺旋适度即可，勿拧过紧，以免损伤，各微动螺旋勿旋转至尽头，防止失灵。

(5) 近距离搬站，应放松制动螺旋，一手握住三脚架放在肋下，一手托住仪器，放置胸前稳步行走。不准将仪器斜扛肩上，以免碰伤仪器。若距离较远，必须装箱搬站。

(6) 仪器装箱时，应松开各制动螺旋，按原样放回后试关一次，确认放妥后，再拧紧各制动螺旋，以免仪器在箱内晃动，最后关箱上锁。

(7) 水准尺、标杆、棱镜杆不准用作担抬工具，以防弯曲变形或折断。

三、记录与计算规则

测量手簿是外业观测成果的记录和内业数据处理的依据，在测量手簿上记录计算时，必须严肃、

认真、一丝不苟，严格遵守以下规则：

(1) 实验所得各项数据的记录和计算，必须按记录格式用 2H 或 3H 铅笔认真填写。字迹应清楚并随观测随记录。不准先记在草稿纸上，然后誊入记录表中，更不准伪造数据。

(2) 观测者读出数字后，记录者应将所记数字复诵一遍，以防听错、记错。

(3) 记录时要求字体端正、清晰，数位对齐，数字齐全。字体大小一般占格宽的 1/2，字脚靠近底线。

(4) 观测数据的尾数不得更改，读错或记错后必须重测、重记。例如：角度测量时“秒”位数字出错，应该重测该测回；水准测量时“毫米”位出错，应该重测该测站；距离测量时“毫米”位出错，应该重测该测段。

(5) 观测数据除尾数的前几位出错时，不准用橡皮擦去，不准在原数字上涂改，应将错误的数字划去并把正确的数字写在原数字的上方。

(6) 当记录成果修改或观测成果废去后，应在备注栏说明原因（如测错、记错或超限等）。

(7) 禁止连环涂改数字，例如：水准测量中的红、黑面读数，角度测量中的盘左、盘右读数，距离测量中的往测与返测结果等，均不能同时更改，否则，必须重测。

(8) 每站观测结束后，应在测量现场及时完成必需的计算与必要的校核，确认无误后方可迁站。

四、有效数字的舍入规则

一个数从左边第一个不为 0 的数字数起一直到最后一位数字（包括 0，科学计数法不计 10 的 N 次方），称为有效数字。简单地说，把一个数字前面的 0 都去掉就是有效数字了。

例如：0.010 9，前面 2 个 0 不是有效数字，后面的 1、0、9 均为有效数字（注意，中间的 0 也算）； 3.109×10^5 ，3、1、0、9 均为有效数字，后面的 10 的 5 次方不是有效数字；5 200 000 000，全部都是有效数字；0.023 0，前面的 2 个 0 不是有效数字，后面的 2、3、0 均为有效数字（最后的 0 也算）；1.20 有 3 个有效数字；1 100.024 有 7 个有效数字。

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作可靠数字，估读得到的数字叫作存疑数字。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。

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。

数据运算应根据所取数字，按“4 舍 6 入，5 前奇进、偶舍”的规则进行数字凑整。即：

(1) 当保留 n 位有效数字，若第 n 位后面的数字小于 5 就舍掉，大于 5 就进 1。

(2) 当保留 n 位有效数字，若第 n 位后面的数字等于 5，则第 n 位数字为偶数时就舍掉后面的数字，为奇数时就进 1。

例如：1.536 4、1.535 6、1.536 5、1.535 5，这几个数据保留 3 位小数的结果均为 1.536。

五、单位换算

单位换算，是指同一性质的不同单位之间的数值换算。常用的单位换算有长度单位换算、面积单位换算、体积单位换算、角度单位换算等。

我们在实际测量工作和测量实习中都会涉及单位换算，为了更好地计算，这些最基本的计量单位换算是我们必须掌握的。常用的计量单位换算如下：

(1) 长度单位换算。

$$1\text{km}=1\,000\text{m}$$

$$1\text{m}=10\text{dm}=100\text{cm}=1\,000\text{mm}$$

$$1\text{mile (英里)}=1.609\,3\text{km}$$

$$1\text{yd (码)}=3\text{ft (英尺)}$$

$$1\text{ft}=12\text{in (英寸)}=30.48\text{cm}$$

$$1\text{in}=2.54\text{cm}$$

$$1\text{n mile (海里)}=1.852\text{km}=1\,852\text{m}$$

$$1\text{里}=500\text{m}$$

$$1\text{丈}=10\text{尺} \quad 1\text{尺}=1/3\text{m} \quad 1\text{尺}=10\text{寸}$$

(2) 面积单位换算。

$$1\text{hm}^2 (\text{公顷})=10\,000\text{m}^2$$

$$1\text{km}^2=100\text{hm}^2=1\,000\,000\text{m}^2$$

$$1\text{hm}^2=15\text{亩}$$

$$1\text{亩}=666.667\text{m}^2$$

(3) 角度单位换算。

$$1^\circ (\text{度})=60' (\text{分})=3\,600'' (\text{秒})$$

$$1\text{rad (弧度)}=180^\circ/\pi=57.3^\circ=3\,438'=206\,265''$$

第二章 实验指导

测量学实验是某一章节内容讲授之后安排在课内的实践性教学环节。通过实验可以加深学生对测量概念的理解,巩固课堂所学的基本理论和基本方法,初步掌握测量工具的操作技能,也为本课程的后续实习内容打好基础,以便更好地掌握测量课程的基本内容。本章共列出 16 项实验,有些是验证性实验,有些是综合性实验,有些实验可分次进行,有些实验可合并进行。实验项目的取舍,是根据所选用的教材及教学大纲要求来确定的。每项实验的学时数一般为 2 学时,实验小组人数一般为 4~6 人,但也应根据实验的具体内容以及仪器设备条件做灵活安排,以保证每人都能进行观测、记录和做辅助工作等实践。在第四章列出了测量实验报告及相应的观测记录表格形式,在实验中应做到随时测量、随时记录、随时计算检核,实验完成后可以裁剪下来,以便上交。

所列出的 16 个实验项目,根据不同专业的需要和教学安排,有选择实施。

实验一 微倾式水准仪的认识和使用

高程是确定地面点位的主要参数之一。水准测量是高程测量的主要方法之一,水准仪是水准测量所使用的仪器。本实验通过对微倾式水准仪的认识和使用,使同学们熟悉水准测量的常规仪器、工具,正确而熟练地掌握水准仪的操作。

一、实验内容

- (1) 认识 DS₃型微倾式水准仪的构造,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、读数方法。
- (3) 初步练习高差的观测、记录及计算方法。

二、实验目的

- (1) 了解 DS₃型微倾式水准仪的构造,主要部件的名称和作用,熟悉其使用方法。
- (2) 了解脚架的构造、作用,熟悉水准尺的刻划、标注规律及尺垫的作用。
- (3) 掌握水准仪的安置、瞄准、精平、读数、记录和计算高差的方法,练习水准测量一测站的测量、记录和高差计算。

三、实验要求

实验编组按 4~6 人为一组,实验小组内每人都需要完成一测站的观测、记录,且计算出两点间的高差。

四、仪器和工具

- (1) 微倾式水准仪 1 台、脚架 1 个、水准尺 1 副、尺垫 2 个、记录板 1 块。

(2) 自备：计算器、铅笔、草稿纸。

五、实验方法与步骤

1. 仪器和工具介绍 指导教师现场演示，并对照实物讲解水准仪的组成部分、各螺旋的名称及作用(图 2-1)，讲解水准尺的刻划、标注规律及读数方法。

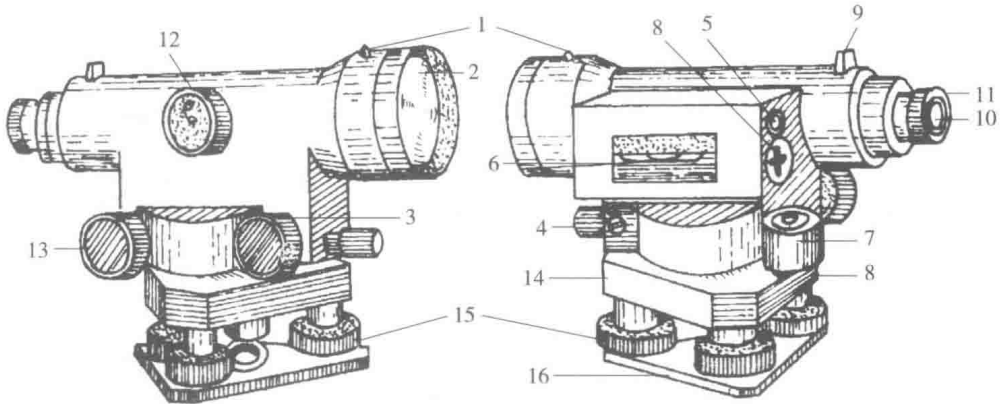


图 2-1 DS₃型微倾式水准仪构造

1. 准星 2. 物镜 3. 微动螺旋 4. 制动螺旋 5. 符合水准器观测镜 6. 水准管 7. 圆水准器
8. 校正螺丝 9. 缺口 10. 目镜 11. 目镜对光螺旋 12. 物镜对光螺旋
13. 微倾螺旋 14. 基座 15. 脚螺旋 16. 连接板

2. 水准仪使用

(1) 安置仪器。在选好的测站上，先打开三脚架，用中心连接螺旋将仪器固定在架头上，然后将三脚架的两条腿踩入泥土中，前、后、左、右移动第三条腿，使架头大致水平，同时将第三条腿也踩入泥土中。

(2) 粗略整平。粗略整平目的是使圆水准器的气泡居中，视准轴粗略水平。如图 2-2 (a) 所示，首先用两手同时向内旋转脚螺旋 1 和 2，使偏离中心的气泡沿 1、2 两脚螺旋的平行方向移动到图 2-2 (b) 所示的位置（气泡移动的方向与左手大拇指移动的方向一致）；然后再向外转动脚螺旋 3，使气泡居中，这时仪器的竖轴已处于铅垂位置，视准轴粗略水平。

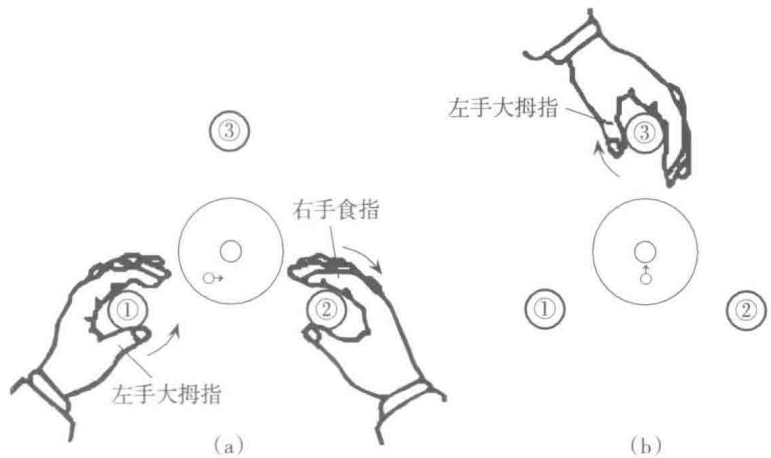


图 2-2 圆水准器的整平

(3) 瞄准水准尺。瞄准水准尺目的是使目标和十字丝成像清晰。

①调节目镜：根据观测者的视力，转动目镜调节螺旋，使十字丝看得十分清晰。

②初步瞄准：立尺员将水准尺立于某地面点上，观测员松开水平制动螺旋，转动望远镜，并利用望远镜上的缺口和准星来瞄准水准尺，瞄准后拧紧制动螺旋。

③对光和瞄准：转动物镜对光螺旋，使尺面的影像十分清楚。转动望远镜微动螺旋，使十字丝竖丝对准尺面中央。

④消除视差：仔细地反复交替调节目镜和物镜对光螺旋，直至像面与十字丝面重合，使读数不变为止。

(4) 精确整平和读数。

①精确整平：精确整平目的是使水准管气泡居中，视准轴精确水平。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）。

②读数：用十字丝中丝读取米、分米、厘米，估读出毫米位数字，并用铅笔记录。如图 2-3 所示，十字丝中丝的读数为 0907mm（或 0.907m），十字丝下丝的读数为 0989mm（或 0.989m），十字丝上丝的读数为 0825mm（或 0.825m）。

3. 测定地面两点间的高差（双仪器高法）

(1) 在地面选定 A、B 两个固定点。

(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 A 上的水准尺，精平后读取中丝读数，此为后视读数 a ，记入表格中测点 A 一行的后视读数栏。

(4) 再瞄准点 B 上的另一水准尺，精平后读取前视读数 b ，并记入表格中测点 B 一行的前视读数栏。计算 A、B 两点的高差 $h_{AB} = a - b$ 。

(5) 在原地改变仪器高度（一般为 10cm 左右），A、B 两点的尺子不动，按同法读取、记录 A、B 两点水准尺的黑色读数，计算高差。检核两次高差之差应不超过 $\pm 6\text{mm}$ ，在限差之内，取其平均值作为这一测站的高差结果，否则分析超限原因返工重测。

(6) 换一人重新安置仪器，进行上述观测，直至小组所有成员全部观测完毕。

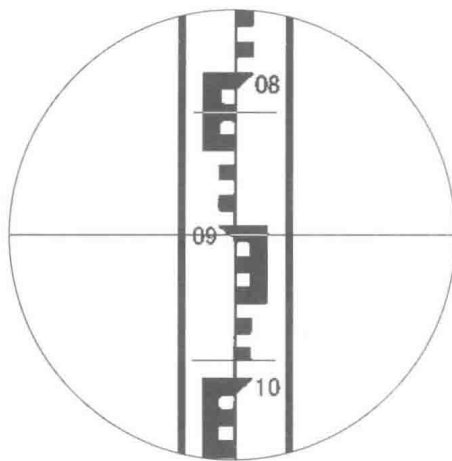


图 2-3 水准尺读数

六、注意事项

(1) 前后视距可先由步数概量，使前、后视距大致相等。三脚架应选择位置，尽量设置在平坦、坚固的地面上，架设高度应适中，架头应大致水平，架腿制动螺旋应紧固，整个三脚架应稳定。

(2) 安放仪器时应将仪器连接螺旋旋紧，防止仪器脱落。

(3) 各螺旋的旋转应稳、轻、慢，禁止用蛮力，最好旋转螺旋运行的中间位置。

(4) 观测过程中，若圆水准器气泡发生较大偏离，应整平仪器后重新观测，重测前数据作废。

(5) 立尺时，应站在水准尺侧面，双手扶尺，参考水准尺上的圆气泡，以使尺身保持竖直。

(6) 中丝读数前，应仔细对光以消除视差，切记不要忘记精平。

(7) 做到边观测、边记录、边计算。记录应使用 3H 铅笔。

(8) 避免水准尺靠在墙上或电线杆上，以免摔坏；禁止用水准尺抬物，禁止坐在水准尺及仪器箱上。

(9) 发现异常问题应及时向指导教师汇报，不得自行处理。

七、记录表格与实验报告

实验结束后，组长将组内每位成员的实验报告以小组为单位整理，交由班长统一上交，实验记录表格与实验报告见表 4-1。

实验二 普通水准测量

普通水准测量是工程测量中常用的高程测量方法之一，本实验通过一条普通水准测量路线的实验，使同学们掌握普通水准测量的施测方法与数据计算。

一、实验内容

- (1) 使用双仪器高法进行普通水准测量的测站检核。
- (2) 使用 DS₃ 型微倾式水准仪完成一条闭合普通水准路线测量。

二、实验目的

- (1) 学习使用 DS₃ 水准仪进行普通水准测量的实际作业方法，掌握普通水准测量一个测站的工作程序和一条水准路线的施测方法。
- (2) 掌握普通水准测量手簿的记录以及水准路线闭合差的调整与高程计算方法。

三、实验要求

实验编组按 4~6 人为一组，实验小组共同完成水准路线的观测、记录，且进行高差闭合差的调整与高程的计算。每位组员负责主测其中的一个测站工作（其余组员配合施测工作）。

四、仪器和工具

- (1) 微倾式水准仪 1 台、脚架 1 个、水准尺 1 副、尺垫 2 个、记录板 1 块。
- (2) 自备：计算器、2H 或 3H 铅笔、草稿纸。

五、实验方法与步骤

1. 场地布置 选择校园内一适当场地，选取一个固定点作为已知高程点 A（高程假定为 $H_A=1\ 050.000\text{m}$ ），选定 B、C、D 三个坚实点作为待定高程点（软土上的点用钢钎定位，如果待测点定在水泥地或者岩石等坚硬物体上，请用记号笔、粉笔或红油漆等标记），各点之间相隔 50~80m，且最好应有较明显的高差，由已知点 A 和各待测点组成一条闭合水准路线 A—B—C—D—A，如图 2-4 所示。

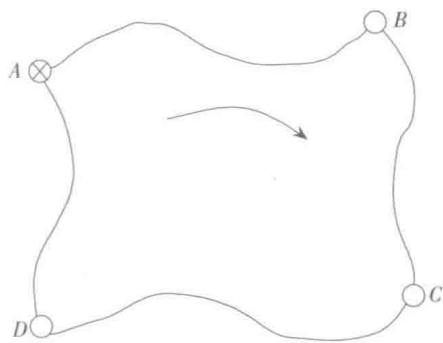


图 2-4 场地布置图

2. 外业施测与检核

- (1) 安置水准仪于 A 点和待测点 B 大致等距离之处，将水准仪粗略整平，并完成目镜调焦。
- (2) 后视 A 点水准尺，使用微倾螺旋精平仪器后读取后视水准尺黑面中丝读数 a ，记入手簿；前视 B 点的水准尺，精平后读取前视黑面读数 b ，记入手簿；计算两点间高差 h_{AB} ，在原地改变仪器高度（一般为 10cm 左右），按同法读取、记录水准尺黑面读数，计算高差。检核两次高差之差应不超过 $\pm 6\text{mm}$ ，在限差之内，取其平均值作为这一测站的高差结果，否则分析超限原因返工重测。
- (3) 依次连续设站于 B、C 之间，C、D 之间，D、A 之间，分别测得高差 h_{BC} 、 h_{CD} 、 h_{DA} 。
- (4) 经过计算检核无误后，将各测站平均高差累加，计算闭合水准路线的高差闭合差 f_h ，并判断闭合差 f_h 是否符合限差要求。限差公式为

$$f_{h允} = \pm 10\sqrt{n} \text{ (mm)}$$

或

$$f_{h允} = \pm 40\sqrt{L} \text{ (mm)}$$

式中 n ——测站数；

L ——水准路线的长度 (km)。

- (5) 如果符合限差要求，则将闭合差 f_h 反符号按照测站数平均分配改正至各测段，求出改正后高差，最后计算出各待测点的高程。
- (6) 若闭合差 f_h 超限，则分析原因，并返工重测。

六、注意事项

请同时参照实验一的注意事项。

- (1) 应使用目估或者步量的方法使前、后视距尽量相等。
- (2) 水准仪与三脚架之间的中心连接螺旋必须旋紧，以防止仪器摔落。
- (3) 仪器操作时不应用力过猛，脚螺旋、水平微动螺旋等均有一定的调节范围，使用时不宜旋到顶端，尽量将螺旋置于中间位置使用。
- (4) 要选择好测站和转点的位置，尽量避开人流与车辆的干扰。
- (5) 水准点（或假定的临时水准点）上不能放置尺垫，在转点用尺垫时，水准尺应放在尺垫的球形凸起顶点处。
- (6) 在整个实验过程中，观测者一定不能离开仪器，迁站时应肩扛仪器（一个脚架腿在前，另外两个脚架腿在后），仪器盒由记录员随身携带。
- (7) 一定要进行成果校核：“高差改正数之和”与“高差闭合差”应做到数值相等，符号相反；改正后的高差之和等于零。

七、记录表格与实验报告

实验结束后，组长将组内每位成员的实验报告以小组为单位整理，交由班长统一上交，实验记录表格与实验报告见表 4-2。

实验三 四等水准测量

四等水准测量是工程测量中常用的高程测量方法之一，本实验通过一条四等水准路线的测量，使同学们掌握四等水准测量的施测方法与数据计算。

一、实验内容

- (1) 使用双面尺法进行四等水准测量的测站检核。
- (2) 使用 DS₃型微倾式水准仪完成一条闭合四等水准路线测量。

二、实验目的

- (1) 学习使用 DS₃水准仪进行四等水准测量的实际作业方法，掌握四等水准测量的观测、记录、计算方法。
- (2) 熟悉四等水准测量的主要技术指标，掌握测站及水准路线的检核方法。

三、实验要求

实验编组按 4~6 人为一组，实验小组共同完成水准路线的观测、记录，且进行高差闭合差的调整与高程的计算。每位组员负责主测其中的一个测站工作（其余组员配合施测工作）。

四、仪器和工具

- (1) 微倾式水准仪 1 台、脚架 1 个、水准尺 1 副、尺垫 2 个、记录板 1 块。
- (2) 自备：计算器、2H 或 3H 铅笔、草稿纸。

五、实验方法与步骤

1. 外业观测与记录

(1) 由教师指定 1 个已知的水准点, 学生自己按组选定一条闭合水准路线, 其长度以安置 8 个测站为宜。一人观测、一人记录、两人立尺, 施测一个测站后应轮换工种, 以达到全面掌握技能的目的。

(2) 观测程序。

①照准后视尺黑面, 进行调焦, 消除视差; 精平 (使水准气泡影像符合) 后, 分别读取上、下丝读数和中丝读数, 分别记入记录表 (1)、(2)、(3) 顺序栏内。

②照准前视尺黑面, 消除视差并精平后, 读取上、下丝和中丝读数, 分别记入记录表 (4)、(5)、(6) 顺序栏内。

③照准前视尺红面, 消除视差并精平后, 读取中丝读数, 记入记录表 (7) 顺序栏内。

④照准后视尺红面, 消除视差并精平后, 读取中丝读数, 记入记录表 (8) 顺序栏内。

这种观测顺序简称为“后—前—前—后”, 目的是减弱仪器下沉对观测结果的影响。也可以采用“后—后—前—前”、“黑—红—黑—红”的观测程序, 前后视距也可以用微倾螺旋切准一整厘米刻划而直接读出并记录, 省去读记上、下丝读数和视距计算, 以加快测量速度。

(3) 测站的检核计算。

①计算前后视距 (即上、下丝读数差 $\times 100$, 单位为 m), 填入记录表 (9)、(10) 顺序栏内。

$$(9) = [(1) - (2)] \times 100$$

$$(10) = [(4) - (5)] \times 100$$

②计算前后视距差 (其值应 $\leq 3\text{m}$), 填入记录表 (11) 顺序栏内。

$$(11) = (9) - (10)$$

③计算前后视距累积差 (其值应 $\leq 10\text{m}$), 填入记录表 (12) 顺序栏内。

$$(12) = \text{前站}(12) + \text{本站}(11)$$

④计算同一水准尺黑、红面分划读数差 (即黑面中丝读数 $+K$ —红面中丝读数, 其值应 $\leq 3\text{mm}$), 填入记录表 (13)、(14) 顺序栏内。

$$(13) = (6) + K - (7)$$

$$(14) = (3) + K - (8)$$

⑤计算黑、红面分划所测高差之差, 填入记录表 (15)、(16)、(17) 顺序栏内。

$$(15) = (3) - (6)$$

$$(16) = (8) - (7)$$

$$(17) = (14) - (13) = (15) - (16) \pm 0.100 \quad (|(17)| \leq 5\text{mm})$$

⑥计算高差中数, 填入记录表 (18) 顺序栏内。

$$(18) = [(15) + (16) \pm 0.100] / 2$$

(4) 用同样的方法依次施测其他各站。

2. 成果检核 各站观测和验算完后进行路线总验算, 以衡量观测精度。其验算方法如下: 当测站总数为偶数时,

$$\sum (15) + \sum (16) = 2 \sum (18)$$

当测站总数为奇数时,

$$\sum (15) + \sum (16) = 2 \sum (18) \pm 0.100\text{m}$$

末站视距累积差为

$$\text{末站}(12) = \sum (9) - \sum (10)$$

水准路线总长为

$$L = \sum (9) + \sum (10)$$

高差闭合差为