



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

土木工程测量 实训教程 (非测绘专业)

CIVIL ENGINEERING
SURVEYING PRACTICE TUTORIAL
(NON-SURVEYING AND MAPPING MAJORS)

主 编 李 嘉

副主编 李桂苓 董洪晶



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

土木工程测量 实训教程

(非测绘专业)

主 编 李 嘉

副主编 李桂苓 董洪晶

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量实训教程:非测绘专业/李嘉主编

—东营:中国石油大学出版社,2015.5

ISBN 978-7-5636-4754-5

I. ①土… II. ①李… III. ①土木工程—工程测量—
高等学校—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 111889 号

书 名:土木工程测量实训教程(非测绘专业)

作 者:李 嘉 李桂苓 董洪晶

责任编辑:高 颖 (0532—86983568)

封面设计:赵志勇

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址:<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱:shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者:沂南县汶凤印刷有限公司

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0532—86981531, 0532—86983437)

开 本:185 mm×260 mm 印张:4 字数:100 千字

版 次:2015 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:15.00 元

《土木工程测量实训教程(非测绘专业)》

编 委 会

主 编：李 嘉

副 主 编：李桂苓 董洪晶

编写组成员：李培宏 郑建明 屠娟丽

编 委
2015年5月

前言

Preface

土木工程测量实验、实习是学生学习土木工程测量课程的重要环节,特别是对培养学生独立工作、提高动手能力等方面起着显著作用。为了配合土木工程测量实训环节的顺利进行,作者本着基础理论与实践并重、传统仪器与现代技术兼顾、内容精而不失系统性的原则编写了本教程。作为《土木工程测量》教材的配套用书,本教程与《土木工程测量》教材内容紧密结合,相互衔接。

本教程针对非测绘专业的学生,以实用为目的,共分三个部分,由嘉兴学院的李嘉任主编,嘉兴学院的李桂苓和董洪晶任副主编,浙江南方测绘科技有限公司的李培宏、郑建明及嘉兴职业技术学院的屠娟丽参与编写。其中,第一部分为实验指导书和实习指导书,第二部分为实习报告,第三部分为实验报告。书中的每个实验均指明了实验目的、仪器工具、方法步骤、技术要求、注意事项,学生做完实验后可马上提交实验报告,以便教师及时进行批改,反馈学生实验成效,进一步帮助学生理解和巩固相关理论知识,提高实际动手能力。鉴于每个专业对本课程的具体教学安排,可根据各专业的课时数进行实验和实习项目的选择,课内未选做的实验也可作为实验室开放实验项目由学生自行选做。

本教程得到了浙江省重点专业建设项目“土木工程(41652002Z)”的资助,同时得到了嘉兴学院实验教学示范实验室立项项目资助。此外,本教程在编写过程中还得到了浙江南方测绘科技有限公司的大力支持和帮助,在此一并表示由衷的感谢。

为了保证本教程的编写质量,作者多次外出调研,查阅了大量资料,总结了20多年的实践教学经验,努力使本教程做到实用、先进,在内容的选择上力求做到重点突出、简明扼要、概念准确、去旧纳新、循序渐进、便于自学。尽管如此,由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,热忱希望读者给予批评指正。

作者

2015年2月

Contents 目录

学生实训守则	1
--------------	---

第一部分 实验指导书和实习指导书

实验指导书	4
实验一 自动安平水准仪的认识和使用	4
实验二 普通水准测量	5
实验三 电子经纬仪的认识和使用	5
实验四 测回法观测水平角	6
实验五 方向观测法观测水平角	7
实验六 房间室内净面积和容积测量	8
实验七 竖直角观测与视距测量	9
实验八 全站仪的认识和使用	10
实验九 直角坐标法测设点的平面位置	11
实验十 高程放样	12
实验十一 全站仪坐标放样	13
实验十二 厂房矩形控制网的布设	14
实验十三 建筑物沉降观测	16
实验十四 线路纵断面测量	18
实验十五 圆曲线测设	19
实习指导书	21
参考文献	24

第二部分 实习报告

实习报告	26
------------	----

第三部分 实验报告

实验报告一	自动安平水准仪的认识和使用	34
实验报告二	普通水准测量	35
实验报告三	电子经纬仪的认识和使用	36
实验报告四	测回法观测水平角	37
实验报告五	方向观测法观测水平角	38
实验报告六	房间室内净面积和容积测量	39
实验报告七	竖直角观测与视距测量	40
实验报告八	全站仪的认识和使用	41
实验报告九	直角坐标法测设点的平面位置	42
实验报告十	高程放样	43
实验报告十一	全站仪坐标放样	44
实验报告十二	厂房矩形控制网布设	45
实验报告十三	建筑物沉降观测	47
实验报告十四	线路纵断面测量	53
实验报告十五	圆曲线测设	55

学生实训守则

土木工程测量是一门实践性很强的课程,其实训环节包括实验和实习两大部分。学生通过实验和实习的实际操作,熟练掌握测量仪器的操作,掌握测量数据的采集及处理方法,验证、巩固及深化所学的理论知识,培养分析和解决实际问题的能力。为顺利实施实训教学环节,学生必须遵守下列各项规定。

一、课前认真预习有关内容,上课认真听从教师安排,严格执行有关实验要求。

二、分组(每组 4~6 人)实验。由组长率队向仪器室借领仪器与工具,注意借领时当场清点,如有不符,应向发放人员说明,以分清责任。确认完好后由借用人签字方可领取。提拿仪器前要检查箱盖是否牢、锁好,提手及背带是否牢固可靠,以防发生意外事故。

三、开箱前应先安置好三脚架,注意脚架高度适当,拧紧脚架伸缩螺旋,使脚架在地面上的接触点约呈正三角形,且使架顶略平。开箱后应先仔细观察仪器在箱内的安放位置,以便按原样放回。然后用双手握住仪器坚实部位(一般一手扶基座,一手扶照准部或支架),严禁单手提拿镜筒。仪器取出后应立即安置于三脚架上,安置时一手握住仪器,一手拧紧连接螺旋(中心螺旋)。严禁手持仪器玩耍、打闹。

四、镜头上若有灰尘、水汽,应用擦镜纸或干净眼镜布轻轻擦净,严禁用手帕、粗布或其他纸张擦拭。

五、仪器不能受撞击、强烈震动、阳光暴晒或雨淋,一般应有专人撑伞遮阳、遮雨(下雨一般应收工)。严禁将仪器、工具靠在墙上、树上或其他物体上,防止滑倒。应做到仪器旁边不离人,确保其安全。

六、使用制动螺旋和微动螺旋时,用力应适中。各制动螺旋勿旋得过紧,以免损伤;各微动螺旋勿扭至尽头,以免失灵。若有障碍感,应请示指导教师处理,切忌用力强扳硬扭,以免损伤仪器。

七、仪器搬站前,应清点工具(特别是小工具)以及仪器箱内的附件,以防丢失。短距离搬站时,应先检查连接螺旋是否拧紧,再收拢脚架,用左手托住仪器基座及架头,右手抱住脚架并夹在腰间,竖直地搬移。严禁横扛仪器搬站。远距离或难行地段搬站时,应将仪器装箱搬站。

八、收仪器时应用一只手握住仪器支架,另一只手松开连接螺旋。装箱前松开所有制动螺旋,套上镜罩,仪器入箱就位后再轻轻将各制动螺旋拧紧,点清所有附件,然后轻轻盖盖,自然合拢后立即扣好箱扣并加锁。严禁用箱盖强压硬挤,以免损坏仪器。严禁将仪器箱当凳子座。

九、钢尺切忌着地拖拉、人踩或车碾,不得扭曲、硬拉,以免折断,并注意防止潮湿,每次用毕应立即擦净上油,装入盒内,以防生锈。皮尺严防潮湿,若潮湿,应晾干后再收入盒内。水准尺、三脚架、花杆禁止横向受力,严禁坐压、抬物,以防弯曲变形,甚至断裂。水准尺应有专人认真扶直,不准贴靠树上、墙上或电线杆上。严禁用测量仪器、工具打闹、玩耍。

十、外业观测过程中,所有观测成果均应用绘图铅笔(H~3H)记入实验报告手簿内,字

迹应端正清楚,按稍大于格高的一半在下半格填写,留出空隙作改正用。若记录、计算中有错误,应将原错误数据以正规线条划去,并在其上方填写正确数据。严禁涂改、转抄、伪造原始数据。记录时角度取位至秒(s),距离、标尺等读数取位至毫米(mm)。记录数字要完全,不得省略零位。数据记录、计算按四舍六入,五则按奇进偶不进的取数规定进行。表头上的内容应填写齐全。测站上各项校核计算均应在测站搬迁前完成,如有超限,应立即返工。

十一、实验报告一般应在每次实验后由组长收齐,随同仪器工具一并交与实验指导教师。实习报告待实习任务完成后与外业成果由组长收齐,随同仪器工具一并交与实习指导教师。

十二、实训结束后,组长应负责逐一清点仪器工具,并迅速归还实验室,经实验室教师验收后方可离去。各小组借用的仪器、工具,未经许可不得任意转借,若有损坏、丢失,应按情节轻重,根据实验室有关规定处理。

第一部分

实验指导书和实习指导书

实验指导书

实验一 自动安平水准仪的认识和使用

一、实验目的

1. 认识自动安平水准仪的基本构造,了解各部件的功能。
2. 初步掌握自动安平水准仪的操作要领。
3. 能准确读取水准尺的读数并测定 A, B 两点间的高差。

二、仪器工具

自动安平水准仪 1 套,水准尺 1 对,尺垫 1 对。

三、方法步骤

1. 打开三脚架使其高度适中,先目估使脚架架头大致水平,检查脚架是否安设稳固,然后用连接螺旋将自动安平水准仪固接在脚架架头上。
2. 将两根水准尺分别立于后视点和前视点(即立在尺垫凸出部位上)。
3. 调脚螺旋使圆水准气泡居中,让仪器粗平。
4. 调目镜调焦螺旋使十字丝清晰。
5. 经照门、准星初步瞄准 A 点水准尺。
6. 调节物镜调焦螺旋使水准尺成像清晰,并消除视差。
7. 调节水平微动螺旋使十字丝竖丝纵分水准尺影像。
8. 读出十字丝中丝在水准尺上的读数,即后视读数。将读数记入《实验报告一》相应栏目中。
9. 重复步骤 5~8,瞄准 B 点水准尺,读取前视读数。将读数记入《实验报告一》相应栏目中,并算出高差。

四、技术要求

1. 仪器应安置于前、后视点大致中间的位置。
2. 读数应读至 mm 位。注意记录四位数字,不能省略其中的“0”。
3. 每组每人以不同仪器高观测同一前后视点,高差相差应 ≤ 5 mm。

五、注意事项

1. 瞄准目标必须消除视差。
2. 在前、后视读数之间,不能调脚螺旋。

实验二 普通水准测量

一、实验目的

在熟悉使用自动安平水准仪和读数的基础上,掌握普通水准测量的施测、记录、计算、闭合差调整及高程计算的方法。

二、仪器工具

自动安平水准仪 1 套,水准尺 1 对。

三、方法步骤

1. 利用校内已有高程控制点布设闭合或附合水准路线,每组布设 3~5 个未知点。
2. 用实验一中所述方法步骤,依次从起点至终点测出后视、前视读数,观测中至少设置 1 个转点,每人测一站,并记录及计算高差。
3. 根据起点、终点高程,依次计算各中间点高程。

四、技术要求

1. 仪器应安置于前、后视点大致中间的位置。
2. 读数应读至 mm 位。记录四位数字,不能省略其中的“0”。
3. 高差闭合差 $f_h \leq \pm 12\sqrt{n}$ mm,其中 n 为测站数。若超限应重测。

五、注意事项

1. 瞄准目标必须消除视差。
2. 在前、后视读数之间,不能调脚螺旋。

实验三 电子经纬仪的认识和使用

一、实验目的

1. 认识电子经纬仪的基本构造,了解各部件的功能。
2. 初步掌握电子经纬仪的对中、整平、瞄准、读数等操作要领。

二、仪器工具

电子经纬仪 1 套。

三、方法步骤

1. 粗略对中:打开三脚架,使其高度适中,且分开成大致等边三角形,然后将脚架放置

在测站点上,使架头大致水平。将仪器放置在脚架架头上,旋紧中心连接螺旋,调节三个脚螺旋至适中部位。移动三脚架使光学对中器分划圈圆心或十字丝交点大致对准地面标志中心,踩紧三脚架并使架头基本水平,再旋转脚螺旋使光学对中器分划圈圆心或十字丝交点对准测站点标志中心。

2. 粗略整平:调节三脚架的脚架高度,使圆水准器气泡大致居中,达到粗略整平的目的。

3. 精确整平:转动照准部使水准管平行于任意一对脚螺旋连线,对向旋转这两只脚螺旋使水准管气泡居中,其中左手大拇指移动的方向为气泡移动的方向;然后将照准部转动 90° ,旋转第三只脚螺旋,使水准管气泡居中。反复调节,直到照准部转到任何方向水准管气泡均居中为止。

4. 精确对中:精确整平后重新检查对中,如果有少许偏离,可稍松开中心连接螺旋,在架头上平移仪器,使其精确对中后及时拧紧中心连接螺旋,重新进行精确整平。即精确对中与精确整平应同时满足。

5. 旋转目镜调焦螺旋使十字丝清晰。

6. 盘左位置,用粗瞄准器的准星大致瞄准目标 A,拧紧水平制动螺旋和望远镜制动螺旋。旋转物镜对光螺旋,使目标 A 成像清晰并消除视差。旋转水平微动螺旋和望远镜微动螺旋,使十字丝交点精确对准目标 A。打开电子经纬仪的电源,读取水平度盘读数并记录。

7. 松开水平制动螺旋和望远镜制动螺旋,顺时针方向转动照准部,仿照步骤 6,瞄准目标 B,读取水平度盘读数并记录、计算。

8. 关闭电子经纬仪的电源。

四、技术要求

1. 仪器整平误差应不超过水准管长分划线外一格。
2. 度盘读数及算得角度值中的分(')、秒(")必须记录两位数字,不能省略其中的“0”。
3. 水平角之差应 $\leq 40''$ 。如不满足,应重测。

五、注意事项

1. 当目标为插钎时,应尽量瞄准插钎底部。瞄准目标必须消除视差。
2. 观测过程中不能调脚螺旋,不能碰动[HOLD]键,否则应重测。
3. 每组每人应独立安置一次仪器,并用盘左测半测回水平角。

实验四 测回法观测水平角

一、实验目的

1. 进一步熟悉电子经纬仪的使用。
2. 掌握测回法观测水平角的操作方法、记录及计算。

二、仪器工具

电子经纬仪 1 套。

三、方法步骤

1. 各小组在各自指定测站上安置仪器。
2. 盘左位置,打开电子经纬仪的电源,将起始目标读数配置在 0° 或稍大于 0° 处(其他各测回盘左起始方向应根据测回数 n ,按 $180^\circ/n$ 的间隔变换度盘位置)。按[HOLD]键两次,锁定水平角,即对零。
3. 旋转目镜调焦螺旋使十字丝清晰。
4. 精确瞄准目标 A,再按[HOLD]键一次,解除锁定功能,再次精确瞄准目标 A,读取水平度盘读数 a_1 并记录。
5. 顺时针方向转动照准部,瞄准目标 B,读取水平度盘读数 b_1 并记录、计算。以上称上半测回。
6. 纵转望远镜成盘右位置,逆时针方向转动照准部,依次瞄准目标 B 和 A,读取水平度盘读数 b_2 和 a_2 并记录、计算。以上称下半测回。
7. 关闭电子经纬仪的电源。

四、技术要求

1. 仪器整平误差应不超过水准管长分划线外一格。
2. 度盘读数及计算得到的角度值中的分(')、秒(")必须记录两位数字,不能省略其中的“0”。
3. 上、下半测回的角值较差应 $\leq 40''$,各测回间互差应 $\leq 40''$ 。若不满足应重测。

五、注意事项

1. 观测过程中不能调脚螺旋,不能碰动[HOLD]键,否则应重测。
2. 测角过程中,若发现水准管气泡超过水准管长分划线外一格,应重新整平、观测,该测回结果作废。
3. 每组每人各测一个测回水平角。

实验五 方向观测法观测水平角

一、实验目的

1. 进一步熟悉电子经纬仪的使用。
2. 掌握方向观测法观测水平角的操作方法、记录及计算。

二、仪器工具

电子经纬仪 1 套。

三、方法步骤

1. 各小组在各自指定测站上安置仪器。

2. 盘左位置,打开电子经纬仪的电源,将起始目标读数配置在 0° 或稍大于 0° 处(其他各测回盘左起始方向应根据测回数 n ,按 $180^\circ/n$ 的间隔变换度盘位置)。按[HOLD]键两次,锁定水平角,即对零。

3. 旋转目镜调焦螺旋使十字丝清晰。

4. 精确瞄准目标 A ,再按[HOLD]键一次,解除锁定功能,再次精确瞄准目标 A ,读取水平度盘读数 a_1 并记录。

5. 顺时针方向转动照准部,依次瞄准目标 B, C, D ,并回至 A ,读取相应水平度盘读数 b_1, c_1, d_1, a'_1 并记录、计算。检查归零差是否超限。以上称上半测回。

6. 纵转望远镜成盘右位置,逆时针方向转动照准部,依次瞄准目标 A, B, C, D, A ,读取水平度盘读数 a'_2, d_2, c_2, b_2, a_2 并记录、计算。检查归零差是否超限。以上称下半测回。

四、技术要求

1. 仪器整平误差应不超过水准管长分划线外一格。

2. 度盘读数及计算得到的角度值中的分(')、秒(")必须记录两位数字,不能省略其中的“0”。

3. 半测回归零差应 $\leq \pm 18''$,同一方向值各测回互差应 $\leq \pm 24''$ 。若不满足应重测。

五、注意事项

1. 观测过程中不能调脚螺旋,不能碰动复测扳手,否则应重测。

2. 测角过程中,若发现水准管气泡超过水准管长分划线外一格,应重新整平、观测,该测回结果作废。

实验六 房间室内净面积和容积测量

一、实验目的

1. 认识手持测距仪,了解各按键的功能。

2. 掌握手持测距仪的基本操作要领。

3. 绘制一个房间的室内草图,测量其各边长和净高,计算该房间室内净面积、容积。

二、仪器工具

手持测距仪 1 个,小钢卷尺 1 把。

三、方法步骤

1. 各小组在各自指定房间内,绘制该房间室内草图。

2. 利用手持测距仪和小钢卷尺测量该房间内各边长和净高 H ,并将尺寸标注在草图

上。

3. 计算该房间室内净面积 $S_{\text{净}}$ 和容积 V 。

四、技术要求

1. 要求水平丈量,当倾斜丈量时,应加高差改正。
2. 距离读数取位至 mm,不能省略其中的“0”。

五、注意事项

1. 观测过程中,切勿将眼睛直视激光束,以免造成伤害。
2. 注意根据所测对象切换手持测距仪的零点起始位置。

实验七 竖直角观测与视距测量

一、实验目的

1. 熟悉电子经纬仪竖盘部分的构造。
2. 掌握竖直角观测、记录及计算。
3. 掌握视距测量的观测、记录及计算。

二、仪器工具

电子经纬仪 1 套,塔尺 1 把,小钢卷尺 1 把。

三、方法步骤

1. 各小组在各自指定测站上安置仪器。量取仪器高 i [测站标志顶 A 至仪器横轴的高度,取至厘米(cm)],在距测站 80 m 以内的另一点 B 竖立水准尺。
2. 打开电子经纬仪的电源,纵转望远镜一周,使竖盘读数出现。
3. 盘左位置,瞄准 B 点水准尺,使中丝对准水准尺整分米刻划处,读取上、中、下 (a, v, b) 三丝读数及竖盘读数 L 。计算视距间隔 l 。
4. 盘右位置,使中丝对准水准尺盘左位置同一整分米刻划处,读取上、中、下三丝读数及竖盘读数 R 。计算视距间隔。
5. 算出竖直角 $\alpha_{\text{左}}$ 和 $\alpha_{\text{右}}$ 。按公式 $x = (L + R - 360^\circ) / 2$ 算出竖盘指标差 x 。计算一测回竖直角。
6. 其余小组成员依次使中丝对准水准尺其他整分米(dm)刻划处,重复步骤 3~5。
7. 关闭电子经纬仪的电源。
8. 计算竖直角 α ,计算水平距离 $D_{AB} = kl \cos^2 \alpha$ (取至 cm),计算高差 $h_{AB} = D_{AB} \tan \alpha + i - v$ (取至 cm)。

四、技术要求

1. 仪器整平误差应不超过水准管长分划线外一格。

2. 度盘读数及算得角度值中的分(')、秒(")必须记录两位数字,不能省略其中的“0”。
3. 同一边距离相对误差应 ≤ 0.15 m,高差之差应 ≤ 0.1 m。若超限应重测。

五、注意事项

1. 观测过程中不能调脚螺旋,不能碰动[HOLD]键,否则应重测。
2. 测角过程中,若发现水准管气泡超过水准管长分划线外一格,应重新整平、观测,该测回结果作废。
3. 计算竖直角和指标差时,应注意正、负号。
4. 水准尺应立直,尺底中心对准点位。

实验八 全站仪的认识和使用

一、实验目的

1. 认识全站仪的基本构造,了解各部件的功能。
2. 初步了解全站仪的对中、整平、瞄准、读数等基本操作要领。
3. 利用全站仪进行水平角、竖直角和平距的测量。

二、仪器工具

全站仪 1 套,棱镜 2 个。

三、方法步骤

1. 各小组在各自指定测站上打开三脚架使其高度适中,使脚架在地面上的接触点约呈正三角形,先目估使脚架架头大致水平,检查脚架是否安设稳固,然后用连接螺旋将全站仪固接在脚架架头上。

2. 测点调焦(即光学对中):旋转光学对中器的目镜,使分划板清晰,再调节对中器的调焦环,使测站点的标志成像清晰,利用光学对中器进行大致对中。调三个脚架伸缩螺旋,使圆水准器气泡居中(即粗平)。

3. 松连接螺旋,双手扶基座,在架头上平移仪器(尽量做到不使基座转动),直到测站点的标志中心与对中器的刻划圈中心重合,然后旋紧连接螺旋(即精确对中)。调脚螺旋使水准管气泡在 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 四个方向均居中(即精平)。此时应检查对中是否仍满足,若不满足,则应继续精确对中。即精确对中与精平应同时满足。

4. 旋转目镜调焦螺旋使十字丝清晰。

5. 盘左位置,用粗照准器大致瞄准目标 A 使其进入视场后,拧紧水平制动螺旋和望远镜制动螺旋。旋转物镜对光螺旋,使目标 A 成像清晰并消除视差。旋转水平微动螺旋和望远镜微动螺旋,使十字丝交点精确对准目标 A。

6. 打开全站仪的电源,进行观测参数设置和水平角置零。

7. 依次读取水平度盘读数、竖盘读数、平距读数并记录。