

安徽省地方特色高水平大学建设项目资助

安徽理工大学青年拔尖人才项目资助

《大地测量学》 教学实习指导书

主 编 张国卿

副主编 徐良骥 郭 辉 丁 勇



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

安徽省地方特色高水平大学建设项目资助

安徽理工大学青年拔尖人才项目资助

安徽理工大学
淮北龙脊山实习基地

《大地测量学》教学实习指导书

主 编 张国卿

副主编 徐良骥 郭 辉 丁 勇

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

《大地测量学》教学实习指导书/张国卿主编. —
徐州:中国矿业大学出版社, 2016. 4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2937 - 3

I. ①大… II. ①张… III. ①大地测量学—高等学校
—教学参考资料 IV. ①P22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 297005 号

书 名 《大地测量学》教学实习指导书

主 编 张国卿

责任编辑 潘俊成

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×960 1/16 印张 6.75 字数 148 千字

版次/印次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 版

定 价 15.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

根据测绘工程专业教学计划安排,在完成大地测量学课堂教学和课堂实习任务后,必须进行为期3~4周的野外综合性教学实习或生产实习。这次实习与课间实验相比,时间更加集中、内容更加广泛、程序更加系统,它完全从测量生产实际出发,加深对书本知识的进一步理解、掌握与综合应用,是培养学生理论联系实际、独立工作能力、综合分析问题和解决问题能力、组织管理能力等方面的重要教学环节,也是一次具体的、生动的、全面的技术实践活动。在传授知识、开发智力、综合素质培养方面,具有更加重要的意义。

大地测量学教学实习能使每个学生熟悉大地测量外业与内业作业的全过程,掌握测量规范,利用各种手段和技术进行等级控制网的布设,熟悉并掌握数据采集与数据处理的基本方法与技能。大地测量学教学实习可在专门的实习场地进行,也可视具体情况结合生产实习进行。

本指导书中各实验项目内容是多年来的教学经验总结,一方面供学生在实习过程中遵照执行,另一方面可用于教师更好地指导实习,以便师生共同努力圆满地完成实习任务。

本书由安徽理工大学张国卿、徐良骥、郭辉及淮北九天城建测绘有限公司丁勇在吸取相关兄弟院校(不能一一列出,在此深表感谢)的大地测量学教学实习指导书优点的基础上,结合安徽理工大学的教学和实习基地条件,在测绘工程教研室全体教师提出宝贵意见的情况下编写的。由于时间仓促,指导书中难免有不完善之处,请批评指正。

编 者

2015年8月

目 录

1 实习的目的及要求	1
1.1 实习目的	1
1.2 实习要求	1
2 实习基地简介	3
2.1 实习基地概况	3
2.2 实习基地已有控制成果	4
2.3 实习基地已有控制成果使用说明	5
3 实习组织	6
4 仪器设备与工具	7
4.1 边角测量小组	7
4.2 精密水准测量小组	7
5 实习内容与要求	8
5.1 实习内容	8
5.2 实习任务要求	8
5.3 仪器使用规则	9
5.4 实习项目安排	11
5.5 踏勘、设计、选点、造标、埋石	12
5.6 高程控制测量	12
5.7 平面控制测量	29
5.8 大地测量概算	56
5.9 控制测量内业计算	64
5.10 GNSS 静态控制测量	65

6	上交资料	73
6.1	每个测量小组应上交的资料	73
6.2	每人应提交的资料	73
7	实习报告的编写	75
8	成绩考评	77
8.1	评定成绩的主要参考项	77
8.2	奖罚措施	77
	附录	78
	参考文献	100

1 实习的目的及要求

1.1 实习目的

根据测绘工程专业教学计划安排,在完成《大地测量学》课堂教学和课堂实习任务后,必须进行为期3~4周的野外综合性教学实习或生产实习;此次实习是模拟或结合实际生产任务所进行的一次综合性实践,通过3~4周时间的实习,应达到以下目的:

① 巩固课堂教学知识,加深对大地测量学基本理论的理解,能够用有关理论指导作业实践,做到理论与实践相统一,提高学生分析问题、解决问题的能力,从而对大地测量学的基本内容得到一次实际的应用,使所学知识进一步巩固、深化。

② 对学生进行控制测量野外作业的基本技能训练,提高学生的动手能力和独立工作能力。通过实习,熟悉并掌握三、四等控制测量的作业程序及施测方法。

③ 对野外观测成果的整理、检查和计算,掌握用测量平差理论处理控制测量成果的基本技能。

④ 通过完成控制测量实际任务的锻炼,提高学生独立从事测绘工作的计划、组织与管理能力,培养学生良好的专业品质和职业道德,达到综合素质培养的教学目的。

1.2 实习要求

本次实习应在规定的时间内完成规定的任务,故要求每位同学在完成实习任务过程中做到以下三点:

(1) 严肃认真,保质保量

实习中的各个环节,都要从严要求,认真对待。实习中,要求每个同学在各个环节中交替进行,使每一个人对每一个环节都有一定的实践机会。观测时要沉着果断,为了减少外界因素对观测成果的不利影响,观测过程要有节奏,尽量

缩短观测时间。手感要好,动作机敏而细腻,不要反复摆弄仪器而延误观测时间,以免影响成果质量。要克服外界条件、仪器条件等各种不利因素影响,用有限的观测时间取得高质量的观测成果。记录要保证正确、清楚、整齐、美观。凡更正错误,应将错字整齐划去,在其上方填写正确的文字或数字,禁止涂擦。简单的和数、差数、中数,尽量采用心算,以便对观测成果及时验算检核。

(2) 善于观察,勤于思考

实习本身是很好的业务实践,与听课相比,它给学生以更大的主动性和创造性。在完成实习任务过程中,会出现各种更具体的技术问题,需要我们去分析、去解决。再者实习过程中所遇到的问题,常常不是书本上某一句、某一段所能解决的,这就要求我们必须去总结和概括课程的纵向内容,在章节之间进行横向联系和对比,以便找到其内在规律。这些实际问题解决之际,才是我们的书本知识掌握之时。所以,实习使学生的才智得到表现和发挥,分析问题和解决问题的能力得到熏陶和培养。

(3) 团结互助,通力合作

测量工作的性质,决定了测量实践是整体活动,为了完成共同的任务需协作分工。组与组之间要互谅互让,小组内部应该密切配合,精诚协作。即使实习中出现差错,也不要相互埋怨指责。通过实习,可进一步提高我们的组织能力、管理能力以及合作能力,为以后的工作打下良好的基础。

2 实习基地简介

2.1 实习基地概况

安徽理工大学“测绘工程大地测量学实习基地(以下简称实习基地)”位于安徽省北部淮北市烈山区东南部,地处东经 $116^{\circ}53' \sim 116^{\circ}58'$, 北纬 $33^{\circ}51' \sim 33^{\circ}56'$, 西南与濉溪县接壤, 北与萧县、杜集区、相山区接壤, 东邻宿州市濉溪县, 与埇桥区接壤, 如图 2-1 所示。

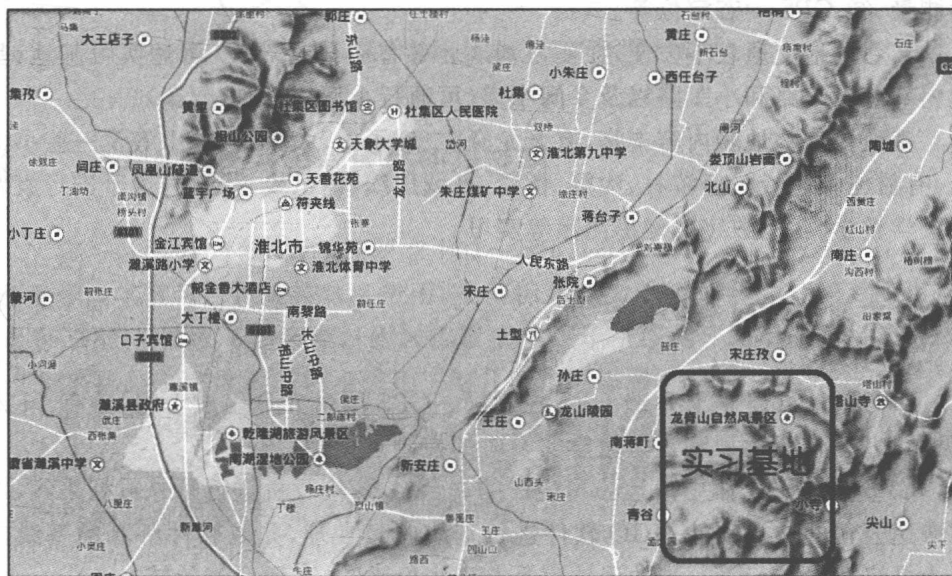


图 2-1 实习基地概略位置示意图

实习基地地形由东向西倾斜, 海拔在 $31 \sim 363$ m 之间, 有老龙脊(海拔 362.9 m)、二麻子山(海拔 315.2 m)、大太王(海拔 293.1 m)、抢山(海拔 179.7 m)等及一些小山丘、冲积平原。

实习基地地处中纬度地区, 属暖温带半湿润季风气候区。主要气候特征是

季风明显,四季分明,气候温和,雨水适中,春温多变,秋高气爽,冬季显著,夏雨集中。春季(3~5月)温暖,平均气温为 14.7°C ,平均降水量为 160.7 mm ,天气多变,多吹东南风或东风;夏季(6~9月)炎热多雨,多吹东南风或东风,降水集中且强度大,日照充足,夏季平均气温为 26.5°C ,最高气温达 41.1°C ,降水量历年平均为 475.3 mm ,超过全年降水量的一半以上;秋季(9~11月)凉爽,降温快,日差大,多吹东北风,平均气温为 15.6°C ,平均降水量为 168.1 mm ;冬季(12月~次年2月)寒冷干燥,雨雪皆少,偏北风,平均气温为 1.7°C ,月平均最低气温出现在1月,为 -3.7°C ,最低气温达 -21.3°C ,平均降水量为 50.7 mm ,占全年 5.8% 。

实习基地于2015年3月开始建设,2015年5月基本建成。基地内共布设96个测量控制点,控制面积近 100 km^2 。

实习基地可满足以下实习项目:① 毕业实习,包括GPS测量、控制测量、RTK数据采集等;② 测绘工程专业的测量学教学实习,包括数字测图和模拟法测图;③ 二、三、四等精密水准测量;④ 精密导线测量;⑤ 变形监测;⑥ RTK地形测量;⑦ GPS动态定位等。

实习基地交通较不方便,在实习基地北部有一县道X013可达实习基地,基地内部有大车路和小车路以及乡间小道(可通行小型车辆、自行车)。

基地内地物地貌内容丰富,有老龙脊、二麻子山、大太王、抢山等及一些小山丘,有村庄,有旱地、经济林、沟渠、桥梁、高压线、通讯线等地物,适于进行大地测量学教学实习、数字化地形测量等实习。

2.2 实习基地已有控制成果

实习基地已建立了D级GPS控制网。GPS网由6点组成1组,共有16组(见图2-2),作为大地测量学教学实习时的控制点使用。

GPS控制网采用中海达公司生产的9台GPS接收机进行野外数据采集,以中海达公司的随机软件HGO软件进行基线向量处理,并取软件解算的基线向量为最终成果进行下一步的无约束平差和坐标系统、高程系统的转换。

GPS空间无约束平差结束后,将其成果投影到高斯平面上,利用3个已知点(见图2-2中的D113、D106、LG02)将GPS点在WGS-84高斯平面直角坐标系中的坐标转换为1980年西安坐标系下的高斯平面坐标,供实习之用。转换后GPS网的精度满足多功能实习基地的精度要求,可达三等三角网的精度。

GPS网高程系统的转换是利用水准联测点上的大地高和正常高来实现的,水准联测等级为三等,转换后GPS水准高程的精度可达四等几何水准的精度。

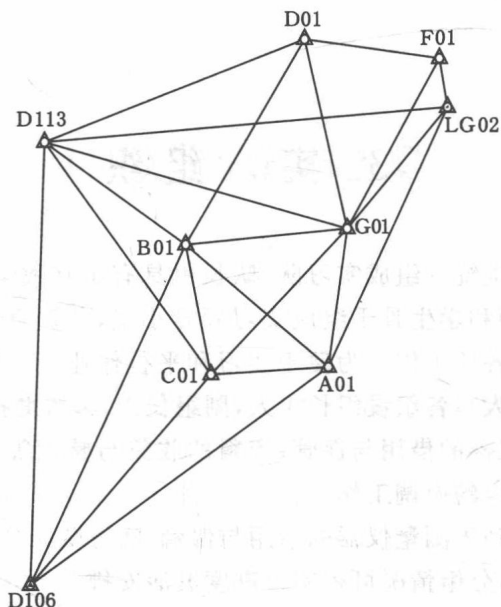


图 2-2 实习基地 D 级 GPS 控制网示意图

2.3 实习基地已有控制成果使用说明

实习基地的 D 级 GPS 控制点 B01~B16、D01~D16、A01~A16 作为大地测量学教学实习的首级控制点使用,其坐标系统为 1980 年西安坐标系,高程系统为 1985 年国家高程基准。测区投影带中央子午线为 117° ,坐标为 3° 带的第 39 带坐标。GPS 水准联测点采用三等几何水准施测。

各实习小组在布设平面控制和高程控制网时,应考虑充分利用 D 级 C01~C16、G01~G16、F01~F16 等 GPS 控制点;若根据实际情况,利用这些 D 级 GPS 控制点有困难,可考虑其他布网方案。

3 实习组织

参加实习的学生统一组成实习队,队长由具有丰富教学和实践经验的教师担任,并由指导教师和学生骨干组成实习领导小组,负责全队实习的领导、组织和学生思想教育等各项工作。为便于实习和平行作业,实习队分为若干个实习小组(一般为5~8人),各组设组长1人,副组长1人,协助指导教师负责组织本小组的各项实习、仪器的借用与保管、资料的收集与整理等各项具体工作,并处理好与其他实习小组的协调工作。

为明确职责并利于测量仪器的借用与保管,实习队又分为边角测量小组、精密水准测量小组等,分组情况可视实习进度灵活安排。

全部实习由指导教师统一指挥,各班班干部及各组组长应积极配合教师做好本班、本组的各项工作。

4 仪器设备与工具

4.1 边角测量小组

每组借用 DJ₂ 型经纬仪(包括脚架)一台、全站仪(包括脚架)一台、反射器(包括脚架和基座)两个、测伞一把、花杆 5 根、2 m 钢卷尺一把、记录板一块、工具包一只、三四等水平方向观测手簿、垂直角观测记录手簿若干(数量视分组情况而定); 2 m 钢卷尺三把、通风干湿温度计一只、气压计一只、测距仪观测记录手簿若干(数量视分组情况而定)。自备铅笔、小刀、三角板等文具用品。

4.2 精密水准测量小组

每组借用 S1 型光学(电子)精密水准仪(包括脚架)一台、精密水准尺一副、尺垫两只、30~50 m 卷尺(或皮尺)一把、记录板一块、工具包一只、木桩若干、锤子一把、精密水准测量观测记录手簿若干(数量视分组情况而定)。自备铅笔、小刀等文具用品。

实习所用其他相关工具的借用安排由指导教师根据实习进度情况确定。

5 实习内容与要求

实习技术指标及作业限差主要按《城市测量规范》(CJJ/T 8—2011)、《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897—2006)、《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898—2009)、《卫星定位城市测量技术规范》(CJJ/T 73—2010),同时也参照《工程测量规范》(GB 50026—2007)的技术要求执行。

5.1 实习内容

本次实习时间为3~4周,主要完成以下工作:

- ① 水平角和垂直角的观测、概算和验算,取得合格的外业成果。
- ② 二等精密水准测量,并进行外业观测成果的验算,取得合格的外业成果。
- ③ 边长的测定,并对边长观测值进行各项改正计算,从而求得高斯平面上的长度,并进行测距精度评定。
- ④ 四等电磁波测距三角高程测量,并进行外业观测成果的验算,取得合格的外业成果。
- ⑤ 控制网的概算和平差计算。
- ⑥ 实习报告的编写。

5.2 实习任务要求

(1) 实习学生应事先预习指导书和教材中的相关章节,务必掌握实习的内容、要求、方法、步骤和注意事项,以保证按时完成实习任务,并同时准备好需要的表格和文具,对不了解实习内容者取消实习资格。

(2) 实习学生必须遵守实习纪律,不得擅自改变老师指定的实习地点和应完成的实习任务。

(3) 熟悉各类最新规范要求,以规范为指导。

(4) 数据记录要求如下:

① 数据记录必须用3H或4H铅笔及时填写在原始记录表格中,不得记在纸片或其他本子上再转抄成果。

- ② 填写记录字迹应端正,内容真实、准确、完整,不得随意涂改、就字改字。
- ③ 记录需改正时应在原数据上划一横线,再将正确数据填写在其上方,不得涂擦、挖补,不得连环涂改。
- ④ 水准测量数据毫米以下的数字不得修改。
- ⑤ 角度测量数据秒位不得修改。
- ⑥ 不得用橡皮擦、刀片刮。
- ⑦ 字迹清晰工整。
- ⑧ 手簿保持整洁。

5.3 仪器使用规则

大地测量所使用的仪器是精密光学仪器或是光、机、电三位一体化的精密仪器,其结构复杂,零件繁多,制造精细,价格昂贵。要求每一位实习人员必须珍惜仪器,正确使用仪器。

(1) 仪器开箱装箱时的规定

① 打开仪器箱后,先不要急于取出仪器,而应观察和记住仪器各部件在凹槽中放置的位置及固定方法,然后参照箱盖上所附的放置照片及说明取出仪器,以使用毕后,能将仪器照原样放回箱中。

② 从箱中取出仪器时,应一手握住支架,一手托住基座慢慢取出,切勿用手提望远镜或仪器的其他部件。取出仪器后应立即将仪器放在已经安置稳妥的三脚架上,同时一手紧握支架,一手旋紧架头中的连接螺旋,确认仪器固紧后再松手。

③ 仪器从仪器箱取出后,应关好箱盖,放置到测站附近合适的位置,人不准坐在仪器箱上。

④ 仪器装箱时,如果是卧式仪器箱,应先将仪器的各个制动螺旋松开,将仪器按取出时的放置位置放回箱内,然后轻轻关紧箱盖,搭好环扣并上锁。若是立式仪器箱,应先将仪器的制动螺旋固紧,再合上箱盖,搭好环扣,上好锁。在装箱过程中,若有障碍,务要查明原因,改正错误放法,切勿硬压,强扣。

(2) 仪器使用过程中的规定

① 在野外观测时,应给仪器打伞,严禁日晒和雨淋。工作间歇时,需有专人看守。

② 操作时,应平稳地转动照准部,切勿用手握住望远镜转动照准部,更不能高速旋转照准部。

③ 一台仪器,只能一人操作,不允许两人或数人同时操作。

④ 严禁在仪器附近嬉耍、打闹,以防撞翻仪器。

⑤ 应随时有人守护仪器,尤其在人多闹市处观测时,要严禁非操作人员靠近仪器,并注意指挥过往车辆绕行,严防车辆、行人碰撞仪器。

⑥ 仪器的光学部件不能用手触摸,镜头上有灰尘时,应使用镜头纸或镜头刷轻轻清除,不得用手帕或其他物品擦拭。

⑦ 仪器的制动螺旋不宜拧得过紧,微动螺旋和脚螺旋应使用其中间部分,在转动仪器之前,必须先松开有关制动螺旋。

⑧ 野外实习中,不许将仪器、因钢水准标尺存放在农民家中,务要随身带回驻地。

⑨ 仪器发生故障时,应及时报告指导教师,不得擅自拆卸处理。

(3) 外出实习中对保管仪器的规定

① 外出实习期间,仪器应有专人负责保管,并应将仪器放在安全、干燥、通风良好的地方。

② 严禁将仪器放在地上、床下、洗脸盆架下、墙角等易损、潮湿处。

③ 仪器不能和杂物堆放在一起,仪器箱上不得放置碗筷等用品。

④ 因钢尺应平放在箱内,三脚架应整齐放置。

(4) 仪器搬运和迁站时的规定

① 乘坐汽车等交通工具时,主要仪器必须随身携带,且要精心保护,严禁碰撞、倒置、乱放。为防止大的颠簸和震动,应将贵重精密仪器抱在怀里或背在背上。

② 在观测结束后需要迁站时,必须将仪器从三脚架上取下装箱背在背上,或放在汽车前部的软座上,不许放在自行车上。若距离特别近,如水准观测迁站时,可不卸下仪器,但应一手执三脚架,一手扶仪器,小心慢走,力求保持仪器的竖直状态,严禁奔跑及将仪器扛在肩上。

(5) 严格执行实验室借还制度

① 实习之前,应到仪器室办理借用仪器手续,并注意对借出的仪器进行检查。若发现仪器有损坏或件数不对时,应及时向老师说明。

② 实习结束后,应及时将仪器送还仪器室,经老师检查并办完归还登记手续后方可离去。

③ 若发生损坏仪器及丢失事件时,应查明责任,除写出书面检查外,还应按规定赔偿。

在实习期间各实习小组必须对仪器装备妥善保管,爱护使用,交接时按清单点数,签名负责。

每天出工前和收工后,组长负责清点仪器装备数量和检查仪器装备是否完

好无损,如发现问题及时报告。

每天实习收工后,应及时整理当天的外业观测资料,并做好资料的保管。

5.4 实习项目安排

大地测量学教学实习共安排 3~4 周时间完成,具体教学实习内容参考表 5-1 执行。

表 5-1 大地测量学教学实习项目安排

序号	教学实习内容		要求
1	准备工作	实习动员、仪器工具的借用、仪器检校	按规范要求进行仪器检校
2	控制网设计	完成四等控制网的图上设计,在教师指导下,进行踏勘、选点、精度估算、方案的论证和设计书的编写	方案合理 满足精度要求 便于实施
3	控制网的布设	在教师指导下,选择合理的控制网方案,分组完成实地踏勘、选点与埋石,做点之记	每个学生参加,并作好点位略图
4	观测(每人)	一个或两个三角点上不少于四个方向的水平角和垂直角的观测和记录	取得合格的观测成果
5		一个或两个三角点的观测记簿成果整理计算	完成测站平差
6	水平角观测成果的 检查与概算	依几何条件进行三角网全部外业观测成果的检查与验算	观测成果的检查 对超限观测值的重测
7		三角测量概算,通过各项归算将观测结果投影到高斯平面上	按步骤以图、表形式完成
8	精密水准测量	每个学生不少于 0.6 km(或 6 个测站)单程二等水准测量的观测和记录	取得合格的观测成果
9		水准路线外业观测成果的验算和成果表的编算	计算各点水准高程
10	全站仪测量 (或电磁波测距)	掌握全站仪的使用方法和边长的记录方法	熟悉全站仪的使用与边长的测量
11		按规范要求,测定控制网的边长,并进行各项改正,并进行边长改化与归算	得到一条高斯平面上的边长
12		根据边长、垂直角完成三角高程的计算	计算正确