



高等学校教材

现代测量学 实训与习题

Training and Exercises for
Modern Surveying

罗成 韩世静 编著



测绘出版社

高等学校教材

现代测量学实训与习题

Training and Exercises for Modern Surveying

罗成 韩世静 编著

测绘出版社

· 北京 ·

© 罗成 韩世静 2014

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书分为六个部分:第一部分是测绘实训的一般要求,包括实训的目的与方式、仪器设备的使用维护、数据资料记录整理的注意事项以及常用规范;第二部分是实训实习,编排了15个实训项目和一次综合实习;第三部分是常用仪器使用步骤,列举了几种常用仪器的操作步骤;第四、五部分是习题与参考答案,与教科书相关章节配套设置思考题等作业,并提供习题参考答案;第六部分是附录,包括技术设计书范例、测绘规范节选和记录计算表格。

本书不仅适合高等院校的测绘工程专业的实习实验的需要,还可供土地资源管理、地图学与地理信息系统、城乡规划等专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代测量学实训与习题 / 罗成, 韩世静编著. —北京: 测绘出版社, 2014.11

ISBN 978-7-5030-3516-6

I. ①现… II. ①罗… ②韩… III. ①测量学—高等学校—习题集 IV. ①P2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 260840 号

责任编辑	吴 芸	封面设计	李 伟	责任校对	董玉珍	责任印制	喻 迅
------	-----	------	-----	------	-----	------	-----

出版发行	测绘出版社	电 话	010-83543956(发行部)
地 址	北京市西城区三里河路 50 号		010-68531609(门市部)
邮政编码	100045		010-68531363(编辑部)
电子信箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.chinasmp.com
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司	经 销	新华书店
成品规格	184mm×260mm		
印 张	6.75	字 数	165 千字
版 次	2014 年 11 月第 1 版	印 次	2014 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001-2000	定 价	15.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-3516-6/P·731

本书如有印装质量问题,请与我社联系调换。

序

测量学既是高等院校测绘学科的专业基础课,又是测绘工程专业的专业课。近些年来,随着测绘科学和技术的飞速发展,新的测量技术和仪器设备在测量实践中普及应用,测量学的方法和手段发生了巨大变化。学生通过系统实训,掌握现代测量的基本操作技能,为今后从事测绘工作、扩展就业面打下良好基础。因此,测量学实训的改革势在必行。

广西师范学院的罗成、韩世静等教师在现代测量学教学过程中,联合编写了《现代测量学实训与习题》。本书紧密结合现代测量学的理论教学与实践教学,对于加深理解现代测量学的理论、掌握有关测量作业的基本技能、提高学生的实际作业能力具有十分重要的意义。目前,测量学实训与习题的教材较少,仅有的一些测量学实习实验方面的教材,大多是针对某些学校和专业编写的,对于整个测绘专业的通用性还存在不足。本书是针对整个测绘工程专业编写的,不仅适合测绘工程专业,也适合土木工程测量、水利测量等非测绘工程专业。

本书具有先进的教学理念和理论水平,理论与实践紧密结合,较好地处理了传统测量技术与现代测量新技术的关系,删除了传统测量中过时的内容,充实了现代测量的新技术,使其内容更适合学科的发展。

本书文笔流畅、循序渐进、深入浅出,符合测绘工程专业人才培养计划和课程标准,不仅可作为测绘工程和其他相关专业学生学习现代测量学课程的实训教材,还可作为测绘和其他相关专业科技人员的技术参考书。

翟翔

解放军信息工程大学教授

2014年6月

前 言

本书是以国家级规划教材《现代测量学》(测绘出版社,翟翊、赵夫来、郝向阳、杨玉海编著)为依托,在罗成老师编写的广西师范学院内部使用教材《测绘实训指导书》的基础上编写的辅助教材。本书没有重复教科书中的理论阐述和公式推导,强调的是实用性、实践性,力求做到细致清晰、首尾连贯、目的明确,方便学生自主学习、自我训练,兼顾了非测绘专业测量课程学习的培养方案和教学要求。

本书紧密配合教科书,围绕着数据的采集、数据的整理及数据的应用等方面,一步步地展开,前面的实训内容,都在为后面的实训打基础、做准备,而作业和思考题的设计,则成为理论与实践的纽带。通过课堂作业和实践训练的互补,学生们在认识、了解和掌握测量仪器的同时,也对测绘理论、测绘技术加深了理解,增进了掌握和应用的能力。

本书由广西师范学院罗成、韩世静编写,解放军信息工程大学翟翊教授任主审。其中第一部分第一节、第二节、第三节,第二部分实训一至实训八、实训十一至综合实习和第三部分由罗成编写;第一部分第四节,第二部分实训九、实训十和第四、五部分由韩世静编写;第六部分由罗成、韩世静共同完成。翟翊教授对本书进行了全面审查,提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

武汉科岛地理信息工程有限公司南宁分公司苗书锋总工在本书的编写和后期的修改过程中提供了技术支持,并提出了许多宝贵意见和建议,在此深表谢意。

广西大学陈伟清教授、广西师范学院陈炳超教授在出版立项申请时给予了很大支持,在此表示感谢。本书的出版还得到土地资源管理特色专业及课程一体化建设经费的资助,衷心感谢各位领导和负责人的大力支持。

由于作者水平和实践经验有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请使用本书的师生及其他读者不吝指正。

编者

2014年5月于南宁

目 录

第一部分 测绘实训的一般要求	1
第一节 实训的目的与方式	1
第二节 测量仪器及工具的正确使用和维护	1
第三节 测量资料的记录整理和保存	4
第四节 测量实训中常用的规范	5
第二部分 实训实习	6
实训一 经纬仪的认识与使用	6
实训二 水平角观测	8
实训三 垂直角观测	10
实训四 全站仪的认识与使用	11
实训五 距离量测	12
实训六 单导线控制测量	13
实训七 水准仪的认识与使用	15
实训八 普通水准测量	16
实训九 四等水准路线测量	18
实训十 三角高程测量	19
实训十一 全球卫星定位系统 RTK 的认识与使用	20
实训十二 极坐标法测量	21
实训十三 全站仪碎部点数据采集	22
实训十四 点的平面位置测设	23
实训十五 点的高程位置测设	24
综合实习 大比例尺地形图测绘	25
第三部分 常用仪器使用步骤	27
第一节 天宝 3350R 全站仪的使用步骤	27
第二节 南方 NTS-355R 全站仪的使用步骤	29
第三节 瑞德 RTS-822R3 全站仪的使用步骤	31
第四节 海星达 ATS-320R 全站仪的使用步骤	32
第五节 灵锐 S82 定位系统(RTK)的使用步骤	33
第四部分 《现代测量学》习题	36
第一节 第一章《绪论》习题	36
第二节 第二章《测量的基本知识》习题	36

第三节	第三章《测量误差的基本知识》习题	38
第四节	第四章《角度测量》习题	39
第五节	第五章《距离测量》习题	42
第六节	第六章《全站式测量》习题	43
第七节	第七章《平面控制测量》习题	44
第八节	第八章《高程控制测量》习题	46
第九节	第九章《GPS 控制测量》习题	48
第十节	第十章《野外数据采集》习题	50
第十一节	第十一章《数字成图的原理与方法》习题	52
第十二节	第十二章《地形图数字化的原理与方法》习题	53
第十三节	第十三章《地形图的应用》习题	54
第十四节	第十四章《施工测量的基本原理与方法》习题	56
第十五节	第十五章《建筑施工测量》习题	58
第十六节	第十六章《建筑物的变形监测》习题	58
第五部分 《现代测量学》习题参考答案		60
附录一 技术设计书范例		72
附录二 城市测量规范		76
附录三 附表		84
附表 1	水平角观测记录表(测回法)	84
附表 2	水平角方向观测法记录表(方向观测法)	85
附表 3	垂直角观测记录表	86
附表 4	视距测量记录计算表	87
附表 5	_____单导线观测记录表	88
附表 6	_____单导线近似平差计算表	89
附表 7	_____水准路线观测记录表	90
附表 8	普通水准测量记录表	91
附表 9	_____水准路线高程计算表	92
附表 10	测距高程导线观测计算表	93
附表 11	_____导线高差观测记录表	94
附表 12	_____高程误差配赋表	95
附表 13	极坐标法观测记录表	96
附表 14	碎部点测量记录表	97
附表 15	_____控制点成果抄录表	98
附表 16	点的平面位置测设计算表	99
附表 17	点的高程位置测设计算表	100
参考文献		101

第一部分 测绘实训的一般要求

第一节 实训的目的与方式

测量学是一门实践性很强的专业技术基础课。学生们在学习了测绘理论知识后,通过系统的实践教学,将进一步理解、巩固测绘基础理论,掌握测绘技术手段,提高学生理论联系实际、发现问题、分析问题、解决问题和实际动手的能力。

测绘实训分课堂实训和综合实习两部分。课堂实训是针对课堂教学过程的每个知识环节,及时实施的单项练习,一般 1~4 学时,着重于设备工具的认识与操作;前一项实训内容,是在为后面的实训打基础、做准备。综合实习则是在对所有知识点整合认识、理解的基础上设定某项测绘任务,以培养学生们对项目设计、组织、施测直至成果提交全过程的完整训练,一般 1~3 周。

实训分小组进行,一般每组 4~6 人,在指导教师的指导下,由小组长带领独立完成各项实训任务。

学生通过自主学习和自我训练,一步步系统地深入展开实训锻炼,既要认识“哪些仪器符合什么条件,具备什么功能”,思考“如何操作这些仪器设备,运用何种技术手段,可以达到什么目的”,也要总结“为完成某项任务,应当选择哪种仪器设备,采用哪些技术手段,需要满足哪些条件,才能达到特定指标要求”的问题。

第二节 测量仪器及工具的正确使用和维护

一、领取仪器

领取仪器时,必须检查:

- (1)仪器箱盖是否关好、锁好。
- (2)背带、提手是否牢靠。
- (3)脚架与仪器是否相配。
- (4)脚架各部分是否完好,要防止因脚架不牢而摔坏仪器,或因脚架不稳而影响作业。

二、仪器的开箱与装箱

(1)仪器箱应平放在地面上或其他平台上才能开箱,不要托在手上或抱在怀里开箱,以免将仪器摔坏。

(2)开箱后在未取出仪器前,要注意仪器安放位置与方向,以免用完装箱时,因安放不正确而损伤仪器。

(3)仪器装箱时要先松开各制动螺旋,在放置妥当后再将制动螺旋稍稍旋紧,然后关上箱门。

(4)关箱前要检查箱内的小工具或附件是否都已固定,防止在搬运过程中没有固定好的工具或附件在箱内活动砸坏仪器。

(5)关箱门或者加罩壳时若感到有障碍,不要硬压硬扣,应查明原因排除障碍后再加盖。

(6)关箱后须确认扣已锁好方能搬运仪器。

三、取出仪器

(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微动装置,甚至损坏轴系。

(2)取出仪器前,应先牢固地安放好三脚架或底盘,仪器自箱内取出后不宜用手久抱,应立即固定在脚架(或底盘)上。

(3)自箱内取出仪器时,应一手握住照准部的支架,另一手托住基座部分,轻拿轻放,不要用一只手抓仪器。

(4)取仪器和使用仪器过程中,要注意避免触摸仪器的目镜、物镜、棱镜等,以免沾污,影响成像质量。绝对不允许用手指或手帕等物擦拭仪器的目镜、物镜、棱镜等光学部分。

(5)自箱内取出仪器后,若有镜头盖等小附件要放回箱内,应随即将仪器箱盖好,以免将沙土等杂物带入箱内,并防止搬动仪器时丢失附件。

四、架设仪器

(1)伸缩式脚架三条腿拉出的长度要适中,三条腿抽出后要把固定螺旋拧紧,以防止脚架自行收缩摔坏仪器,但不可用力过度造成螺旋滑丝。

(2)架设脚架时,三条腿分开的跨度要适中。并得太靠拢容易被碰倒,分得太开容易滑开,都会造成事故;若在斜坡地上架设仪器,应使两条腿在坡下(可稍放长),一条腿在坡上(可稍缩短),这样安放比较稳当;如果在光滑地面上架设仪器,要采取安全措施,防止脚架滑动摔坏仪器,例如用小细绳将三脚架连接起来,使脚架不会分开滑倒。

(3)在脚架安放稳妥并将仪器放到脚架架头上后,要立即旋紧连接仪器和脚架的中心螺旋,防止因忘记拧上连接螺旋或拧得不紧而摔坏仪器,但不可用力过度造成螺旋滑丝。

(4)仪器箱是保护仪器安全的重要设备,多为薄木板、薄铁皮或塑料制成,不能承重。因此,不允许蹬、坐仪器箱,也不要在地上拖拽,以免使仪器箱受到损害。

五、仪器在使用中的注意事项

(1)任何时候,仪器旁都必须有人守护。

(2)防止烈日曝晒和淋雨(包括仪器箱),有太阳时必须张伞遮挡,遇雨时应立即收工。

(3)如遇目镜、物镜外表面蒙上水汽而影响观测(在冬季较常见),应稍等一会或用纸片扇风使水汽蒸发,切勿用硬东西擦拭。

(4)各类制动螺旋都不宜拧得过紧。微动螺旋和脚螺旋宜使用中段,松紧要调节适当,用力要轻和慢,如感到转动螺旋时有跳动或听到沙沙声,就应及时上油,如转动受阻时要查明原因,不得强行旋转。

(5)操作仪器时,用力要均匀,动作要准确、轻捷,用力过大或动作过猛都会造成对仪器的损伤。

(6)仪器用毕,装箱前,可用软毛刷轻拂仪器表面的灰土,有镜头盖要将其盖上;仪器箱内

如有尘土、草叶等用毛刷掸干净。

(7)装箱时,要注意仪器摆放位置是否正确并清点箱内附件,如有缺少,应立即寻找,然后将仪器箱关上并锁好。

六、在工作中仪器发生故障的处理

(1)仪器在外业测量中,因受温度、湿度、灰沙、震动等影响和操作不当,容易产生一些故障。发现仪器出现故障时,应立即停止使用,报告老师,查明原因,及时送修。若继续勉强使用,就会损伤零部件,甚至无法修复。

(2)因为测量仪器的结构严密复杂,且对清洁程度要求很高,在野外不宜进行仪器的修理,禁止擅自拆卸。指导教师不在场时,不允许校正仪器。

七、仪器迁站

(1)在长距离迁站或通过行走不便的地区时,应将仪器装入箱内搬迁。搬迁时切勿狂奔,防止摔坏仪器。

(2)在短距离且平坦地区迁站时,可先将三脚架收拢,然后一手抱脚架,一手扶仪器,保持仪器近直立状态搬迁,严禁将仪器横扛在肩上迁移。

(3)每次迁站都要清点所有仪器、附件、器材,防止丢失物品。

八、其他仪器、器材的使用和维护

(1)作为光、机、电一体化的精密测量仪器,使用时应注意:①运输仪器时应有防震垫,或由专人保管,以防震动和冲撞;②旋转照准部时应匀速旋转,切忌急速转动;③不要将望远镜镜头对着太阳,以免伤害眼睛和损坏仪器内部电子元件;④全站仪若出现故障,应立即停止使用,并将电池取下,找专业人员维修;⑤应尽量避免在潮湿的下雨天使用全站仪;⑥高温天气作业时,为保证仪器的使用寿命,应给仪器撑伞遮挡,特别是液晶屏幕不要受阳光直接照射;⑦长期不用的仪器应定期通电,一般一月一次,约一小时;电池也应定期充放电,以保证电池的容量和寿命;⑧为保证全站仪的精度,作业时仪器应使用配套的棱镜组,并正确设置好仪器的各项参数,严格按使用说明书进行操作。

(2)各类电子仪器使用前应充足电并带足备用电池。

(3)各类手簿、电瓶、天线等连线要防止打绞打折,与仪器连接时注意对准卡口,严禁边摇晃插头边拔拉连线,以免损坏插座卡口。

(4)各种标尺(标杆)的完好与否,直接影响测量数据的精度。扶尺(杆)人员要与观测人员紧密配合,要特别注意保护尺子(标杆)的分划面及尺子底部,立尺(杆)时要用双手扶好,严禁脱开双手。在观测间隙中,不要将尺子(杆)随便往树上、墙下立靠,这样容易滑倒摔坏或磨伤尺面。当尺子放在平地上时,应注意不要有碎石、硬土块等尖锐物体磨伤尺面,更不准坐在尺子上。水准尺从尺台上取下后,要防止底面粘上沙土,影响测量精度。

(5)棱镜杆一般为铝合金制作,跑镜人员要特别注意安全,行进时不要扛在肩上而应提在手上,将棱镜举高时也要注意附近有没有电线或者变压器等,以免造成触电伤害。

(6)钢卷尺性脆易折断,使用时要倍加小心,拉出钢卷尺时,不要在地面上拖拉,防止尺面刻划磨损。钢卷尺、皮卷尺都应注意避免淋雨,使用时注意避免将其浸入泥水中;当卷尺拉出

贴着地面量测时,严禁脚踩或让车辆从尺面上碾过。卷尺用毕后,应擦去灰沙,一人收卷,另一人拉持尺环,顺序卷入,防止绞结;钢尺还应适量涂抹机油,以防生锈。

(7)脚架、标尺、棱镜杆、支架等长形设备不用时,不要斜靠树木或墙壁放置,应当平放地面,以防滑倒摔坏或变形。

九、仪器设备损坏、丢失处理

(1)实训(实习)期间发生仪器设备损坏或丢失事故时,应立即报告指导教师和实验室管理人员,分析事故原因,按照学校的有关规定,对事故责任人员作出相应处理。

(2)因责任事故损坏、丢失仪器,当事人将受到一定的经济处罚,拒不服从处罚者,将视其情节轻重按《学生手册》上相关规定处理。

第三节 测量资料的记录整理和保存

一、测量资料的记录要求

测量资料的记录是测量成果的原始数据,十分重要,不允许造假。

在外业测量过程中,凡是与当时工作有关的事件,都应记录时间与事态,特别是非正常的事态,更应该有所备注,以备需要时查询。

为保证测量原始数据的真实可靠,实训时即应养成良好的职业习惯,按规定要求作业。

(一)纸质记录的要求

(1)实训记录应与正式作业一样直接填写在规定的表格上,不得转抄,更不得用零散纸张记录,再行誊写转抄。

(2)所有记录与计算均使用绘图铅笔(2H或3H)记载,字体应端正清晰。字大小只应占用格子的一半,以便留出空隙用于更正错误。

(3)凡表格上规定应填写之项目不得空白。

(4)禁止擦拭、涂改与挖补,发现错误应在错误处用横线划去。更正某整个部分时可用斜线划去,不得使原字模糊不清。修改局部错误时,将局部数字直线划去,将正确数字写在原数字上方。

(5)观测记录的修改及观测结果的更正,必须在备注栏内注明原因,原因只有“测错”“记错”或者“超限”,计算部分的修改不必注明原因。

(6)禁止连环涂改,例如水平角观测时同一方向盘左、盘右的读数中,度、分读记错误可在现场更正,但同一方向盘左、盘右不得同时更改相关数字;水准测量时后视、前视的黑面中丝读数和红面中丝读数共四个,最多只能修改一个黑面读数和一個红面读数,否则应重测重记。

(7)原始观测的尾读数不准更改,如角度读数中分的个位和秒读数、水准测量的中丝读数厘米、毫米读数和距离测量中厘米、毫米读数不准划改,有错误时应全部删去重测。

(8)草图上各种线划、数字注记应清晰可辨,地物之间相互关系正确,特征点分明,并注明地点,与测站记录呼应。

(9)记录、计算和草图用纸一般为16开(A4)或8开(A3)大小,使用时应预留出装订位置。

(10)所有归档或上交的资料均应注明作业名称、作业时间和作业人姓名。

(二) 电子记录的要求

(1) 电子记录数据应注意保存, 当天的数据应及时下载至电脑, 整理后存放指定位置。

(2) 在项目使用的电脑工作盘中建立数据文件夹, 包含原始数据夹和应用数据夹。

(3) 所有从测绘仪器下载的电子记录数据在其后缀前加注日期直接存放于原始数据夹。

(4) 将原始数据复制, 按规定格式整理成可供计算和绘图需要的数据, 另存放于应用数据夹中。

(5) 数据整理应完全根据测绘外业工作的记录资料, 不允许伪造数据。整理过程产生的过渡文件应在确保应用数据无误可用之后及时全部删除, 不予保存。

二、测量成果整理及计算要求

(1) 测量成果的整理与计算应当使用规定的格式, 在事先编制好的表格上进行。

(2) 内外业测量过程中产生的所有纸质记录和草图均应注明日期并编好顺序号, 以便装订和归档保存。装订归档的纸质资料应全部是原件, 不允许用复制件。

(3) 野外原始成果记录一律使用铅笔, 不许用橡皮擦, 错误的成果可以用单线划去, 并在其上方写上正确的数字。

内业计算用铅笔或钢笔书写, 如果计算数字有错误, 可以用橡皮擦或刀片刮去重写或将错误数字划去另写。

(4) 数据的计算应根据所取的位数, 按“4舍6入5凑偶”的规则进行凑整。例如, 取位至 mm 位, 则 3.128 4 m、3.127 6 m、3.128 5 m、3.127 5 m 都应记为 3.128 m。

(5) 测量计算应遵循“步步有检核”的规定, 完成规定的计算项目, 本步检核未通过时, 不得进行下一步计算, 以确保计算结果的正确性, 避免不必要的返工。

(6) 所有归档或上交的资料均应注明作业名称、作业时间和作业人姓名。

第四节 测量实训中常用的规范

测量规范是测量工作的准则, 每一项测量工作所采用的技术标准是以测量规范为依据的, 必须严格执行。在测量实训过程中, 要认真学习并逐渐熟悉掌握测量规范, 培养自觉遵守和执行测量规范的良好作风。常用的测量规范有:

(1) GB 50026—2007《工程测量规范》。

(2) CJJ/T 8—2011《城市测量规范》。

(3) GB/T 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》。

(4) GB/T 12898—2009《国家三、四等水准测量规范》。

(5) GB/T 18314—2009《全球定位系统(GPS)测量规范》。

(6) GB/T 18316—2008《数字测绘成果质量检查与验收》。

(7) CH/T 1004—2005《测绘技术设计规定》。

(8) CH/T 1001—2005《测绘技术总结编写规定》。

(9) GB/T 20257.1—2007《国家基本比例尺地图图式第 1 部分: 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式》。

第二部分 实训实习

实训一 经纬仪的认识与使用

一、目的与要求

(一)目的

- (1)了解组成经纬仪的各部件名称及其作用。
- (2)了解 J6 级经纬仪的读数方法。
- (3)掌握经纬仪安置的对中、整平等各个步骤。

(二)要求

- (1)了解经纬仪上三大部件的名称、作用及其之间的关系,仪器的各种螺旋、部件的名称及作用,并能正确地使用。
- (2)认识观测目标时的“盘左位置”和“盘右位置”。
- (3)了解分微尺读数法或测微轮读数法,能正确地进行度盘读数。
- (4)小组每人独立操作并轮换练习安置技巧。
- (5)每人提交实训报告一份。

二、实训设备

J6 经纬仪一台、脚架一个。

三、实训内容及步骤

(一)认识经纬仪各部件的性能和作用

- (1)照准部:由望远镜、竖盘、管水准器、读数显微镜与内轴等部分组成。
- (2)水平度盘部分:由水平度盘、度盘变换手轮或复测手柄及外轴组成。
- (3)基座:由连接板、基座脚螺旋、对中器、圆水准器组成。
- (4)水平制动和微动螺旋,垂直制动和微动螺旋。
- (5)经纬仪脚架。

(二)认识经纬仪的几个主要轴及其相互关系

- (1)视准轴:望远镜的物镜中心与目镜十字丝交点的连线。视准轴应与横轴正交。
- (2)横轴:望远镜的旋转轴。横轴应与竖轴正交且居于水平位置。
- (3)竖轴:照准部在水平方向的旋转轴。竖轴应与管水准轴正交。
- (4)管水准轴和圆水准轴:过管水准器零点且与圆弧相切的直线,即为管水准轴;圆水准器球面顶点和球心的连线,即为圆水准轴。管水准轴应与横轴平行,圆水准轴应与竖轴平行;管水准气泡居中,表示管水准轴水平;圆水准气泡居中,表示圆水准轴竖直。

(三)经纬仪的安置

事先在地面上设定一个固定点位标志,将其设为测站点。

1.安置仪器

(1)收拢三脚架,松开紧固螺旋,将架腿拉伸至肩膀同高处,旋紧螺旋。

(2)张开三脚架放置于测站上,脚架头大致处于水平位置,架头中心尽可能在测站点垂线上方,并使其高度适宜(约与操作者心脏等高)。

(3)安上经纬仪,拧紧竖轴中心螺旋。

2.对中

对中的目的是使经纬仪的水平度盘中心与测站点标识中心位于同一铅垂线上。传统的精确对中方法有垂球法和光学对点器法。

垂球法的步骤为:

(1)将垂球挂在脚架中心螺旋的小钩上,调整挂线长度,使垂球尽量接近地表且又能自由悬空移动。

(2)检查垂球尖与标石中心的偏离程度,当偏差 $>3\text{ cm}$,适当移动脚架(平移时注意保持架头大致水平);当偏差 $<3\text{ cm}$,松开中心固定螺旋半圈,缓慢使仪器在脚架面上前后左右移动,垂球尖静止时精确对准标志中心后,拧紧中心固定螺旋。

光学对点器法的操作步骤为:

(1)调节对点器目镜与物镜螺旋,使对点器中心标志和地面点位同时清晰。

(2)观察对点器,当对点偏离较大时,将三脚架靠近自己的两条架腿稍稍抬离地面做前后左右平移(平移时注意保持架头大致水平),当地面标志点移至对点器中心标志附近时,缓慢放下脚架腿并踩实。

(3)旋转基座脚螺旋使对点器中心标志精确对准地面点标志。

3.整平

整平的目的是使仪器竖轴竖直,水平度盘处于水平位置,其具体步骤为:

(1)升降其中两条脚架腿使圆水准器气泡居中。

(2)转动照准部,使管水准器平行于基座脚螺旋中任意两个脚螺旋的连线。两手同时相对旋转这两个脚螺旋,使水准管气泡居中(气泡移动的方向和左手拇指的转动方向相一致)。

(3)将照准部转动 90° ,使管水准器与前一位置相垂直,旋转基座第三个脚螺旋使水准管气泡再次居中。

(4)将步骤(2)和步骤(3)反复 $2\sim 3$ 次,直至照准部位于任何位置气泡均居中为止。

4.检查

(1)仪器整平后应复检对中情况,对中误差一般应小于 3 mm ,当垂球或者对点器中心少许偏离测站点时,可稍稍松动中心螺旋,使仪器在架头上移动,直至对准测站点,然后拧紧中心螺旋。

(2)复检整平情况,如果管气泡依然居中,仪器安置完成;如果气泡偏离,则需要重新调整管水准器使气泡居中。

(四)调焦与照准

1.调焦

仪器安置后,首先将望远镜对向天空(或浅色墙壁),调整目镜对焦螺旋,使十字丝最清晰,然后对着一个物体调整物镜对焦螺旋,使当前目标成像最清晰;检验调焦是否正确,消除十字丝视差。一次观测,目镜调焦只需要调一次,而物镜调焦则可根据远近不同的目标适当调整。

2. 照准

练习使用望远镜上的管状照准器照准目标,置垂直度盘位于望远镜左侧,称为“盘左位置”,而垂直度盘位于望远镜右侧,则称为“盘右位置”。

目标成像较大时,可用十字丝的单丝平分目标;若目标成像较小,可用竖丝与目标重合,或用双丝夹准目标。

(五) 水平度盘起始读数配置

(1)对于一般设有度盘变换轮的仪器,转动度盘变换轮即可变换度盘使之转到需要的读数上,以达到配置度盘读数的目的。

(2)对复测型经纬仪,未设度盘变换轮,但设有复测手柄,利用复测手柄可使水平盘和游标盘或作相对转动,或一起转动,可达到配置度盘读数的目的。

(六) 经纬仪的读数

J6 级经纬仪一般有分微尺型和测微器型两种读数方式,现将其读数方法分述于下:

(1)分微尺读数法:先读出位于分微尺上的一根度盘分划线的整度读数,再加上分划线所指示的分微尺上的分秒数(分微尺上最小分划为 $1'$,可估读至 $0.1'$ 即 $6''$)。

(2)测微器读数法:先转动测微螺旋,移动双平行丝指标线使之夹准度盘的一条分划线,然后读出此度盘分划注记的读数,再加上单指标线在测微尺上所指的分划数(J6 级经纬仪测微器的最小分划一般为 $20''$,可以估读至 $1/5$ 或 $1/10$,即 $4''$ 或 $2''$)。

四、注意事项

(1)仪器在对中和整平过程中会相互影响,因此,一开始放置仪器和移动架腿寻找对中点时架头应当保持基本水平。

(2)整平时首先伸缩脚架使圆水准气泡居中,而后才能调整基座脚螺旋。

(3)调整基座脚螺旋时,必须使管水准气泡平行于同时正反向旋转的两个脚螺旋的连线;当管水准气泡垂直于该连线时,只能调整第三个脚螺旋。

(4)测角仪器的瞄准装置为管状照准器,不同于水准仪的缺口准星,瞄准时不能透过照准管寻找目标,而是远看目标,用照准管毛玻璃上的照准标志覆盖目标。

实训二 水平角观测

一、目的与要求

(一) 目的

(1)掌握水平角的概念及其观测原理。

(2)掌握水平角度测量的观测步骤及其记录、计算方法。

(二) 要求

(1)在地面选定一点作为测站点 O ,另外选择四个明显目标作为观测点 A 、 B 、 C 、 D 。

(2)小组每两人一队,轮换独立完成一个测回水平角的观测、记录和计算工作。

(3)每组提交水平角观测记录一份。

二、实训设备

- (1) J6 经纬仪一台、脚架一个。
- (2) 记录板、角度测量记录表、铅笔、小刀。

三、实训内容及步骤

(一) 测站安置

在 O 点上安置经纬仪,完成对中整平等步骤,对目标进行调焦,并消除十字丝视差。

(二) 测回法观测

这一方法是在只有两个观测方向时采用。

(1) 以盘左位置照准目标 A ,用十字丝纵丝切准目标点,将水平度盘刻划调到 0° 附近,观测员读数、记录员记录此时的水平度盘读数 L'_A 。

(2) 顺时针旋转望远镜照准目标 B ,用十字丝纵丝切准目标点,得 B 方向水平度盘读数 L'_B ;此时为半个测回。

(3) 将照准部转到盘右位置,依旧照准目标 B ,得盘右水平度盘读数 R'_B 。

(4) 逆时针旋转望远镜照准目标 A ,得盘右水平度盘读数 R'_A ,完成一个测回。

(5) 此时 $\beta_1 = L'_B - L'_A$, $\beta_2 = R'_B - R'_A$,则水平角 $\beta = \frac{(\beta_1 + \beta_2)}{2}$ 。

(三) 方向观测法

该方法适用于三个方向以上的目标水平角观测。

本次实训要求对四个方向进行观测,按规范规定超过三个方向要“归零”。

(1) 首先选择一个成像清晰、远近适中的目标作为第一方向(也称零方向,如 A)。

(2) 以盘左位置瞄准目标 A ,配置度盘在 0° 附近且略大于 0° ,进行观测(包括读数,并记入记录)。

(3) 顺时针转动照准部依次观测第二、第三、第四个目标,最后又瞄准点 A (如 B 、 C 、 D 、 A),称为归零,记录检查该上半测回的归零差 $\Delta \leq 24''$ 。

(4) 纵转望远镜,使仪器置于盘右位置,逆时针转动照准部,瞄准并观测目标 A ,然后逆时针转动照准部,依次观测其余各目标(D 、 C 、 B 、 A),完成下半测回,记录检查该下半测回的归零差 $\Delta \leq 24''$ 。

上、下两个半测回为一个测回。

(5) 变换度盘位置(变换数为 $180^\circ/n$, n 为总测回数),按与第一测回相同的步骤进行以后各测回工作。

要求每个同学完成一个测回,每组的各个同学依次完成各测回的观测和记录计算工作,组内同学人数即为总测回数。

(四) 计算和观测精度检核

每一测回或整个观测工作完成后,都应进行下列各项计算和精度检核:

(1) 将上下半测回的零方向分别求取平均数。

(2) A 方向半测回方向值记为零, B 、 C 、 D 各方向的半测回读数分别与零方向的半测回平均数相减,得各自的半测回方向值。

(3) 各方向上下两个半测回方向值取中数得一测回方向值。

(4)各测回同一方向值的互差 $\leq 24''$ 。

四、注意事项

水平角观测是一项技术性较强的工作,尤其在连续观测几个测回同时方向数又较多时,应大胆而谨慎地进行观测,并遵守下列规则:

(1)观测前应进行目镜调焦,物镜调焦在每一观测时段内尽量少调,一测回内应基本保持不变。

(2)水平角观测时必须用十字丝的纵丝照准目标。

(3)照准地面目标的直立标的时,应尽量照准目标的下部。

(4)观测目标时,照准部应按规定方向旋转,即盘左顺时针旋转,盘右逆时针旋转。

(5)在每测回开始前,应注意检查气泡位置偏离水准管中心不应超过一格,气泡位置接近以上限时应在测回间重新整平仪器,但在一测回观测中不得调整气泡位置,若发现气泡偏离较多,则应整平后重新开始。

实训三 垂直角观测

一、目的与要求

(一)目的

(1)理解垂直角的概念及其观测原理。

(2)掌握垂直角度测量的观测步骤及其记录和计算方法。

(二)要求

(1)在地面选定一点作为测站点 A ,另外选择两个地面点设立标志作为观测目标 B 、 C ,目标供瞄准部位分别高于或低于测站镜头高度。

(2)小组每两人一队,轮换独立完成一个测回垂直角的观测、记录和计算工作。

(3)每组提交垂直角观测记录一份。

二、实训设备

(1)J6 经纬仪一台、脚架一个、2 m 钢卷尺一把。

(2)记录板、垂直角记录计算表、铅笔、小刀。

三、实训内容及步骤

(1)在测站上安置仪器,对中并整平后,用 2 m 小钢卷尺量取仪器高度 i (即测站标心顶部至仪器横轴中心的距离),读数记至 mm。

(2)垂直角观测时,一般照准目标顶部,特殊目标如棱镜等照准其中心位置:①以盘左位置用十字丝横丝精确截取目标,并使目标位于十字丝纵丝的左侧附近;②调节指标水准管的微动螺旋使气泡居中(符合水准气泡吻合),再检查十字丝横丝是否仍切准目标,随即读取盘左竖盘读数 L ,完成上半测回;③纵转望远镜以盘右位置,依旧用十字丝横丝精确截取目标,并使目标位于十字丝纵丝右侧附近;④重复②的操作,得盘右竖盘读数 R ,完成下半测回;⑤一个测回的