



浙江省高等教育重点建设教材

CELIANGXUE SHIYAN YU SHIXI

测量学实验与实习

■ 陈丽华 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



测量学实验与实习

主 编 陈丽华
副主编 张 豪 赵良荣 杜国标
徐文兵 邵彩军



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

测量学实验与实习 / 陈丽华主编. —杭州:浙江
大学出版社, 2010. 12
ISBN 978-7-308-08168-9

I. ①测… II. ①陈… III. ①测量学—实验—高等学
校—教学参考资料 IV. ①P2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 233931 号

测量学实验与实习

陈丽华 主编

责任编辑 沈国明

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州求是图文制作有限公司

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.75

字 数 260 千字

版 印 次 2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-08168-9

定 价 18.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

随着科学技术的飞速发展,人类社会不断朝着数字化、信息化迈进,作为研究地理信息的获取、处理、描述和应用的测绘科学,在工程建设领域中的作用将变得更加重要。测量课是一门实践性很强的专业基础课程。在进行课堂教学时,为了使学 生加深和巩固所学知识,需进行必要的课间测量实验。课程结束后,为使学 生进一步系统全面地掌握测量理论,运用所学知识解决工程中的有关测量、测设问题,为今后从事这方面工作打下坚实基础,还应集中两周进行测量教学实习。

由于测绘新技术、新仪器的使用,使测量的作业方式、方法也发生了很大变化。为了更好地搞好课间测量实验及集中测量实习这两个重要的教学环节,根据有关教学大纲及学科发展我们编写了本书,旨在加强学生动手操作能力及分析问题、解决问题的能力。本书于 2009 年 11 月列为浙江省高校重点教材建设项目。

本书分三部分,内容包括测量实验实习基本要求、测量实验指导及测量实习指导。在测量实验中列出了 27 个课间实验项目,既包括了传统测绘技术,也包括了测绘新设备、新方法的运用,学生使用时,可根据各自学校的实验学时数、仪器设备条件及专业特点选做部分实验项目,有些实验项目也可放到测量实习时进行。在测量实习部分列出了集中实习时应进行的有关测量工作项目,包括测图、放样、线路测量等。为方便使用,在每个实验后及实习内容后列出了相关的记录计算表格,实验实习时可直接填写,使实验实习更统一、规范。

本书既可配合有关教材使用,也可单独使用。由于测量实验与测量实习不是同时开设的,学生在学完测量理论课及课间实验课后,应妥善保存本书,以便在测量实习时继续使用。

本书由浙江省有关高校的测量教师在多次研讨的基础上编写而成,得到了浙江大学、浙江工业大学、浙江科技学院、浙江农林大学、绍兴文理学院、台州学院、浙江树人大学等高校有关老师的参与和浙江省测绘学会教育工作委员会的帮助。本书主要由陈丽华、汪孔政、赵良荣编写,张豪、杜国标、徐文兵、施拥军、邵彩军、傅群、祁巍锋、何春木等参加了部分编写工作。本书由浙江大学陈丽华主编,张豪、赵良荣、杜国标、徐文兵、邵彩军副主编。本书由同济大学潘国荣教授、沈云中教授主审,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不足与错误,恳请读者批评指正。

作 者
2010 年 7 月

目 录

第一部分	测量实验实习基本要求	1
第二部分	测量实验	4
实验一	水准仪的认识与使用	5
实验二	普通水准测量	10
实验三	四等水准测量	14
实验四	水准仪的检验与校正	20
实验五	电子水准仪的认识与使用	25
实验六	经纬仪的认识与使用	28
实验七	测回法观测水平角	34
实验八	全圆方向法观测水平角	37
实验九	竖直角观测	40
实验十	经纬仪的检验与校正	43
实验十一	DJ2 经纬仪的认识与使用	47
实验十二	电子经纬仪的认识与使用	52
实验十三	钢尺量距和罗盘仪的使用	55
实验十四	视距测量	58
实验十五	全站仪的认识与使用(I)	61
实验十六	全站仪的认识与使用(II)	64
实验十七	三角高程测量	72
实验十八	绘制坐标格网和展绘控制点	75
实验十九	经纬仪测绘法测绘地形图	78
实验二十	数字化测图数据采集	81
实验二十一	数字地图绘制	84
实验二十二	建筑物轴线测设	86
实验二十三	高程测设与坡度线测设	90
实验二十四	圆曲线测设	93
实验二十五	断面测量	99
实验二十六	GPS 接收机的认识与使用	106
实验二十七	GPS-RTK 碎部测量与放样	109
第三部分	测量实习	112
	参考文献	163

第一部分 测量实验实习基本要求

测量学是一门实验性较强的课程,在整个测量学教学过程中,课间实验是必不可少的教学环节,另外还有两周的集中教学实习。

实验课的目的是巩固和加深学生所学的测量学理论知识。通过实验,进一步认识测量仪器的构造和性能,掌握测量仪器的使用方法、操作步骤和检验校正的方法。同时,学生通过亲手操作与观测成果的记录、计算及数据处理,提高分析问题和解决问题的能力,加深其理解和掌握测量学的基本知识、基本理论和基本技能。

各实验小组应在指导教师指定的场地上进行实验与实习,听从指导教师的事先安排。

一、测量实验一般规定

1. 上实验课前,学生应根据实验项目和要求、参考教材与课堂笔记,认真地做好预习,将实验的步骤、操作方法、记录、计算及注意事项等弄清楚,以使实验顺利进行。

2. 上实验课时,学生应先认真听取教师对该次实验的方法与具体要求的讲解和布置,再以实验小组为单位到实验室填写仪器领用清单,领用时应检验仪器、工具是否完好。在实验中,学生要像爱护自己的眼睛一样爱护仪器和工具。实验结束时,将所领的仪器和工具如数归还实验室,若有遗失或损坏,应按规定赔偿。

3. 上实验课不得迟到早退,应遵守纪律与操作规程,听从教师指导。初次接触仪器,未经教师讲解,不得擅自架设仪器进行操作,以免损坏仪器。

4. 实验小组组长要负责全组同学的实验分工,使每个同学能轮流做到各项实验内容。同学之间要提倡团结互助,相互学习。

5. 实验时要爱护校园内各种设施和花草树木。

6. 实验记录是实验成果的重要凭据(在实际工程勘测中是一项重要原始资料),务必遵守下列几点:

(1)记录必须用 3H 硬铅笔,观测数据应随即直接记入指定的表格内,记录者应将记入的数据当即向观测者复诵一遍,以免读错、听错和记错。

(2)记录字体一律用正楷书写,不得潦草。记错时用笔划去,并在其上方写上正确数据。记录数据不准转抄、涂改或用橡皮揩擦,绝不能伪造数据。

(3)记录数据应准确表示观测精度,能读出毫米的应记到毫米位数,能读出秒值的应记到秒位数。

(4)表格上各项内容应填写齐全,并由观测者、记录者负责签名。实验报告是实验课成绩考核的依据之一,应妥善保存。

(5)保持测量记录表的整洁,不得利用记录表边上的空白处来计算草稿。

7. 实验报告一般应在实验结束时随同仪器一起交回实验室。

二、测量仪器使用规则

测量仪器是贵重精密仪器,也是测绘工作者的武器,实验时必须精心使用,小心爱护。

1. 领用

(1)严格按实验室规定手续领用仪器。

(2)领用时应当场清点器具件数,检查仪器及仪器箱是否完好,锁扣、拎手、背带等是否牢固。

2. 安装

(1)先架设好三脚架,再开箱取仪器。

(2)打开仪器箱,先看清仪器在箱内的安放位置,以便使用毕后能按原位放回。

(3)用双手握住仪器基座或望远镜的支架,然后取出箱外,当即安放在三脚架上,随即旋紧固定仪器与三脚架的中心连接螺旋。严禁未拧紧中心连接螺旋就使用仪器。

(4)取出仪器后及时关好仪器箱,以免灰尘侵入。严禁用箱当凳坐人。

3. 使用

(1)转动仪器各部件时要有轻重感,不能在放松制动螺旋的情况下强行转动仪器,也不允许握着望远镜转动仪器,而应握着望远镜支架转动仪器。

(2)旋动仪器各个螺旋时不宜用力过大,旋得过紧会损伤轴身或使螺旋滑牙,应做到手轻力小,旋得松紧适当。

(3)物镜、目镜等光学仪器的玻璃部分不能用手或纸张等物随便擦拭,以免损坏镜头上的药膜。

(4)操作时,手、脚不要压住三脚架和仪器的非操作部分,以免影响观测精度。

(5)严禁松动仪器与基座的连接螺旋。严禁无人看管仪器,以免出意外。

(6)水准尺、花杆等木制品不可受横向压力,以免弯曲变形,不得坐压或用来抬仪器,更不能当标枪和棍棒玩耍。

(7)使用钢尺时,尺子不得扭曲,不得踩踏和让车辆碾压,移动钢尺时,不得着地拖拉。

(8)仪器附件和工具(特别是垂球)不要乱丢,用毕后应放在箱内原位或背包里,以防遗失。

(9)在烈日和雨天使用仪器,应撑测伞使仪器免受日晒和雨淋。

(10)使用中若发现仪器有什么问题,要及时报告指导教师。

4. 搬站

(1)仪器长距离搬站,须将仪器收入仪器箱内,并盖好上锁,专人负责小心背运,尽量避免震动。

(2)仪器短距离搬站,可将仪器连同三脚架一起搬动,但要十分精心稳妥,即用右手托住仪器,左手抱住脚架,并夹在左腋下贴胸稳步行走。

(3)搬移仪器时须带走仪器箱及其他有关工具。

5. 收放

(1)先打开仪器箱,再松开仪器与三脚架的连接螺旋,取下仪器并放松制动螺旋,随后

按原来的位置放入箱内,关好上锁。

(2)检查各附件与工具是否齐全,并按原位置收放好。

6. 归还

(1)当实验完毕时,应及时归还,不得随意将仪器拿回寝室私自保管。

(2)归还时应当面点清,验毕方可离去。

第二部分 测量实验

测量实验是在课堂教学期间某一章节讲授之后安排的实践性教学环节。通过测量实验,加深对测量基本知识的理解,巩固课堂所学的基本理论,初步掌握测量工作的操作技能,也为学习本课程的后续内容打好基础,以便更好地掌握测量课程的基本内容。

本部分共列出了 27 个测量实验项目,其先后顺序基本上按照课程教学的内容先后安排。有些是基本实验项目,各专业的学生都应掌握其要领;还有些实验项目是结合各专业设计的,这部分实验项目可根据教学大纲、课程学时数及专业情况灵活选择。如受授课时数限制,有些实验可在集中测量实习时进行。有些实验项目为介绍测量新仪器、新技术的,各学校可根据各自的仪器拥有情况选择,通常为指导教师演示后再认识操作。根据各学校情况,每个实验的学时数及小组人数可灵活安排,有些实验项目可分次进行,有的也可合并进行。

每次实验,由指导教师讲授理论课后布置,学员应先预习,在实验前明确实验内容和要求,熟悉实验方法,这样才能较好地完成实验任务,掌握实验操作技能。

每项实验均附有实验记录计算表格,应在观测时当场记录,不得转抄,必要时应在现场进行有关计算。每次实验完成后,应将实验报告与实验仪器一同上交实验室,在指导教师批阅后及时分发给学

实验一 水准仪的认识与使用

一、实验目的

1. 了解 DS_3 水准仪的基本构造及性能,认识其主要部件的名称和作用。
2. 练习 DS_3 水准仪的安置、粗平、瞄准、精平、读数。
3. 练习水准测量一测站的观测、记录和计算。

二、实验计划

1. 实验时数 2 学时。
2. 每实验小组由 4 人组成。1 人观测,1 人记录,2 人扶尺,依次轮流进行。
3. 每组在实验场地任选两点,放上尺垫,每人改变仪器高度后分别测出这两点尺垫间的高差。

三、实验仪器

每实验小组的实验器材为: DS_3 水准仪 1 台,水准尺 2 把,尺垫 2 个。

四、方法步骤

1. 水准仪的认识

(1) DS_3 微倾式水准仪

水准仪是能够提供水平视线的仪器。图 2-1 是 DS_3 微倾式水准仪外貌及各部分名称。

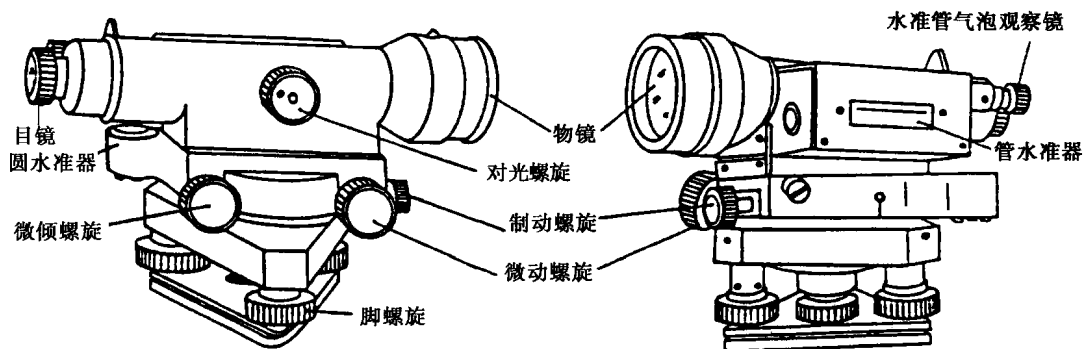


图 2-1

DS_3 微倾式水准仪由望远镜、水准器、基座三部分组成。

(2)自动安平水准仪

自动安平水准仪在望远镜内设置了一个补偿棱镜,当圆水准器气泡居中,仪器处于粗

平状态时,即可通过补偿棱镜读得视线精确水平时应得的读数,因此,自动安平水准仪不需要采用水准管和微倾螺旋,操作比普通水准仪简便,还可以防止普通水准仪在操作中忘记精平的失误。图 2-2 为苏州光学仪器厂生产的 DS₃-Z 型自动安平水准仪的外形及各部件名称。

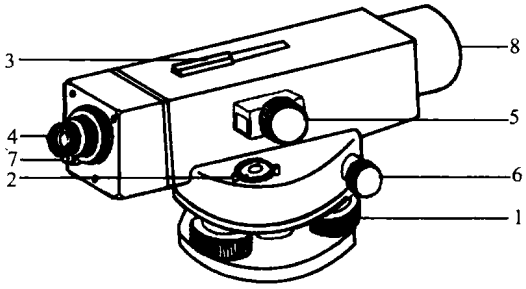


图 2-2

1. 脚螺旋; 2. 圆水准器; 3. 瞄准器; 4. 目镜调焦螺旋;
5. 物镜调焦螺旋; 6. 水平微动螺旋; 7. 补偿器检查按钮; 8. 物镜

2. 水准仪的使用

DS₃ 微倾式水准仪的基本操作程序可归纳为安置、粗平、瞄准、精平和读数等步骤。

(1) 安置

将水准仪架设在前后两测点之间,三个脚尖成等边三角形,目估架头大致水平,使仪器稳固地架设在脚架上。作业时,通过调节三脚架可伸缩架脚的长度,使仪器高度适中,从仪器箱中取出水准仪,用中心连接螺旋将其固定于三脚架的架头上。

(2) 粗平

通过调节脚螺旋将圆水准器气泡居中,使仪器的竖轴大致竖直,从而使视准轴(即视线)基本水平。如图 2-3(a)所示,首先用双手的大拇指和食指按箭头所指方向转动脚螺旋①和②,使气泡从偏离中心的位置 *a* 沿①和②脚螺旋连线方向移动到位置 *b*,如图 2-3(b)所示;然后用左手按箭头所指方向转动脚螺旋③使气泡居中,如图 2-3(c)所示。气泡移动的方向始终与左手大拇指转动的方向一致。

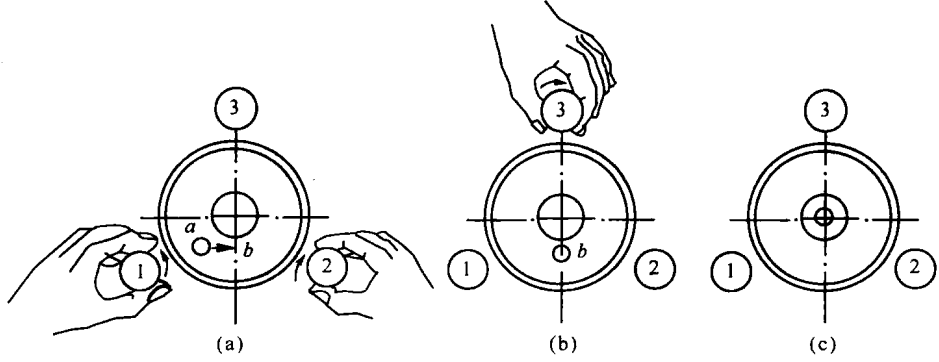


图 2-3

(3) 瞄准

把望远镜对准水准尺,进行调焦(对光),使十字丝和水准尺成像都十分清晰,以便读数。具体操作过程是:转动目镜座对目镜进行调焦,使十字丝十分清晰;放松水准仪制动螺旋,用望远镜上的缺口和准星对准尺子,旋紧制动螺旋固定望远镜;转动物镜对光螺旋对物镜进行调焦,使水准尺成像清晰;转动微动螺旋使十字丝竖丝位于水准尺上,如图2-4所示。如果调焦不到位,就会使尺子成像与十字丝分划平面不重合。此时,观测者的眼睛靠近目镜端上下微微移动就会发现十字丝横丝在尺上的读数也在随之变动,这种现象称为视差,如图2-5所示。视差的存在将影响读数的正确性,必须加以消除。消除的方法是仔细地反复调节目镜和物镜对光螺旋,直至尺子成像清晰稳定,读数不变为止。

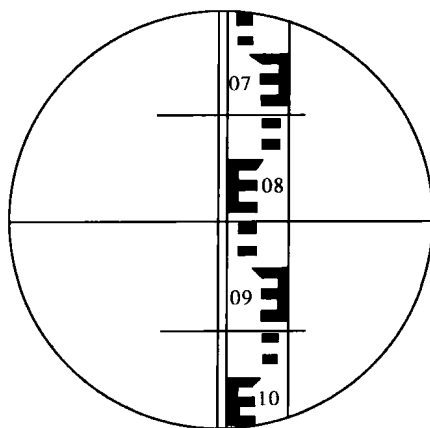


图 2-4

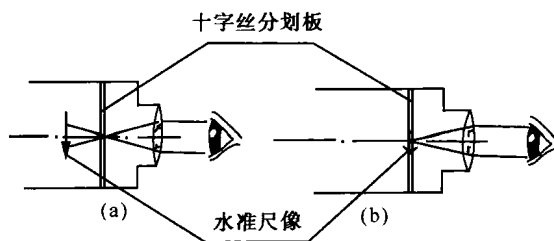


图 2-5

(4) 精平

望远镜瞄准目标后,转动微倾螺旋,使水准管气泡的影像完全符合成一光滑圆弧(即气泡居中),从而使望远镜视准轴完全处于水平状态。

自动安平水准仪的操作程序中没有精平这一步骤。

(5) 读数

水准仪精平后,立即用十字丝横丝在尺上读数。读出米、分米、厘米、毫米四位数字,毫米位估读而得。如图2-4中的尺读数为0.859米。

3. 一测站的观测、记录 and 计算

每个小组在实验场地上选定两点(相距60米左右),放上尺垫,在尺垫上立水准尺,一点作为后视点,另一点作为前视点。每人独立进行仪器安置、粗平,瞄准后视尺、精平后读

数,再瞄准前视尺、精平后读数等操作。

要求每人改变一次仪器高度,观测两点间高差两次。观测数据记录在表 2-1-1 中。一人完成后,其他人依次轮流进行。

五、技术要求

1. 仪器高度的变化(升高或降低)幅度应大于 10 厘米。
2. 两次测定的高差之差应小于 5 毫米。
3. 各小组成员所测高差的最大值与最小值之差不超过 5 毫米。

六、注意事项

1. 选择前、后视点时,尺垫应用脚踩实。前、后视点不应选在草坪上,因在草坪上不易固定尺垫。
2. 中心连接螺旋要旋紧,以防水准仪从三脚架架头上摔落。
3. 首次接触仪器,在操作时不要用力过大或强硬拧动螺旋,以免损坏部件。
4. 瞄准目标时必须注意消除视差。
5. 每次读数前,必须检验符合水准气泡是否居中,只有当两半边气泡影像完全符合成光滑圆弧后方可读数。
6. 读数时,正像仪器应由下向上读数,倒像仪器应由上向下读数。
7. 读数必须读 4 位数,即米、分米、厘米、毫米,记录时以米为单位,如 0.859 米。

七、实验报告

每人上交水准测量记录表(表 2-1-1)。

八、练习题

1. 水准仪由_____、_____、_____三部分组成。
2. 安置三脚架时,三只脚尖在平坦地面上大致成_____,三脚架顶面大致_____。安装仪器后,转动_____使圆水准器气泡居中,转动_____使十字丝清晰,通过_____粗瞄水准尺,放松水平制动螺旋后,转动_____精确照准水准尺,转动_____消除视差,转动_____使符合水准气泡居中,最后读数。
3. 产生视差的原因是_____。
4. 高差的正负号是由_____决定的。若某两点间的高差为负,说明前视点比后视点_____。

表 2-1-1 水准测量记录表

日期____年____月____日 天气_____

观测者_____

仪器号码_____

记录者_____

测 站	点 号	后视读数 (m)	前视读数 (m)	高 差 (m)	备 注

实验二 普通水准测量

一、实验目的

1. 学会在实地如何选择测站和转点,掌握普通水准测量的施测方法。
2. 掌握根据实测数据进行水准路线高差闭合差的调整和高程计算的方法。

二、实验计划

1. 实验时数 2 学时。
2. 每实验小组由 4 人组成。1 人观测,1 人记录,2 人扶尺,实验过程中轮流交替进行。
3. 每组完成一闭合水准路线普通水准测量的观测、记录、高差闭合差调整及高程计算工作。

三、实验仪器

每实验小组的实验器材为:DS₃ 水准仪 1 台,水准尺 2 把,尺垫 2 个。

四、方法步骤

1. 在实验场地上,以指导教师指定的一点作为起始水准点,选定一条闭合水准路线,共由 4 点所组成,另 3 点为待定点。路线长度以安置 4~6 站为宜。
2. 在起始水准点与第一个立尺点之间安置水准仪(用目估或步测使前后视距大致相等),在前、后视点上竖立水准尺(起始水准点及待定点上均不得放置尺垫,在转点上必须放置尺垫),按一测站上的操作程序测出两点间的高差。
3. 依次设站,用相同方法施测,直至闭合到起始水准点。
4. 施测完毕后,在水准测量记录表(表 2-2-1)上进行计算校核。
5. 计算高差闭合差 f_h (表 2-2-2),计算容许闭合差 $f_{h容}$,如 $f_h \leq f_{h容}$,则调整闭合差,计算各待定点的高程(各组统一假定起始水准点高程为 20.000 米)。若 $f_h > f_{h容}$,则须返工重测。

五、技术要求

1. 视线长度应小于 100 米。
2. 高差容许闭合差 $f_{h容} = \pm 12\sqrt{n}$ 毫米,其中 n 为测站数。

六、注意事项

1. 选择测站及转点位置时,应尽量避开车辆和行人的干扰。
2. 前、后视距应大致相等,仪器与前、后视点并不一定要求三点成一线。
3. 每次读数前,要消除视差,并使水准管气泡严格居中,即符合气泡符合。
4. 水准尺应立直,起始水准点及待定点上不得放尺垫,转点上必须放尺垫,并一次踩实。水准尺应放在尺垫上凸出的半圆球顶上。
5. 同一测站,圆水准器只能整平一次。
6. 仪器未搬迁时,前、后视水准尺的立尺点如为尺垫,则均不得移动。仪器搬迁时,前视点的尺垫不得移动,后视点的尺垫由扶尺员连同水准尺一起携带前行。

七、实验报告

每组上交:

1. 水准测量记录表(表 2-2-1)。
2. 水准测量成果计算表(表 2-2-2)。

八、练习题

1. 水准测量中,转点起到_____的作用。
2. 调整高差闭合差的方法是_____。
3. 在测站上,当读完后视读数,转动望远镜读前视读数时,发现圆水准气泡偏离中心很多,此时应采取的措施为()。
 - A. 调整脚螺旋使圆水准气泡居中后继续读前视读数。
 - B. 调整脚螺旋使圆水准气泡居中后重读后视读数,随后再读前视读数。
 - C. 不需调整脚螺旋,继续读前视读数。
4. 在计算校核时,若发现 $\sum a - \sum b \neq \sum h$,这说明()。
 - A. 观测数据有错误
 - B. 高差计算有错误
 - C. 测量中有误差的存在

表 2-2-1 水准测量记录表

日期____年____月____日 天气_____

观测者_____

仪器号码_____

记录者_____

测 站	点 号	水 准 尺 读 数		高 差 (m)	备 注
		后 视 (m)	前 视 (m)		
计算校核		$\sum a =$ $\sum a - \sum b =$	$\sum b =$	$\sum h =$	