

兰济昀 宋怀庆 李玉宝 编

测量学

实验与习题

CELIANGXUE SHIYAN YU XITI



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

1438203



测量学实验与习题

测量学实验与习题

兰济昀 宋怀庆 李玉宝 编

本书由兰济昀、宋怀庆编写，具体分工如下：其中第一部分，第二部分实验一到实验六到实验十三，第三部分，第四部分习题第三章、第四章、第五章、第八章、第十章由宋怀庆编写；第二部分实验四、实验五、实验十四至实验十八，第四部分习题第一章、第二章、第六章、第七章、第九章由李玉宝编写。全书由兰济昀统稿，并由宋怀庆、李玉宝校对。全书在编写过程中，参阅了大量文献，并引用了相关资料，为此谨向有关作者表示衷心的感谢！



西南交通大学出版社

地址：成都·成发路·520 电话：028-87600263

图书在版编目 (C I P) 数据

测量学实验与习题 / 兰济昀, 宋怀庆, 李玉宝编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2012.9
ISBN 978-7-5643-1834-5

I. ①测… II. ①兰… ②宋… ③李… III. ①测量学
—高等学校—教学参考资料 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 176393 号

测量学实验与习题

兰济昀 宋怀庆 李玉宝 编

责任编辑	张 波
特邀编辑	姜锡伟
封面设计	原谋书装
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	10.25
字 数	255 千字
版 次	2012 年 9 月第 1 版
印 次	2012 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1834-5
定 价	19.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是为《测量学》(西南交通大学出版社,李玉宝主编)编写的配套教材。全书分四个部分:第一部分是“测量实验与实习须知”,介绍测量实验、实习的一般注意事项与规定;第二部分是“测量实验”,其中分列了18个测量学基础实验内容;第三部分是“测量实习指导”,内容为大比例尺地形测量、道路工程测量实习指导书;第四部分是与《测量学》章节一一对应编排的测量学习题及部分习题参考答案。

本书由兰济昀、宋怀庆编写,具体分工如下:其中第一部分,第二部分实验一到实验三、实验六到实验十三,第三部分,第四部分习题第三章、第四章、第五章、第八章、第十章,由宋怀庆编写;第二部分实验四、实验五,实验十四至实验十八,第四部分习题第一章、第二章、第六章、第七章、第九章由兰济昀编写。

肖荣健、杨国强参与了本书的校核,李玉宝校阅了全稿,并完成最后的修订。

本书编写过程中,参阅了大量文献,并引用了其中一些资料,为此谨向有关作者表示衷心感谢!

编 者

2012年7月

目 录

第一部分 测量实验与实习须知	1
第二部分 测量实验	5
实验一 DJ ₆ 经纬仪的认识与使用	5
实验二 方向法观测水平角	10
实验三 竖直角观测	13
实验四 DJ ₆ 经纬仪的检验与校正	16
实验五 视距测量	21
实验六 全站仪的认识和测量模式设置	24
实验七 全站仪测角与测距	29
实验八 DS ₃ 水准仪的使用与普通水准测量	31
实验九 四等水准测量	35
实验十 数字水准仪的认识与使用	41
实验十一 水准仪的检验与校正	45
实验十二 经纬仪碎部点测量	48
实验十三 全站仪坐标数据采集	52
实验十四 平面位置测设	58
实验十五 测设点的高程	60
实验十六 全站仪坐标测设	62
实验十七 圆曲线的测设	68
实验十八 道路纵、横断面图测量	71
第三部分 测量实习	77
实习一 大比例尺地形测量	77
实习二 道路工程测量	80
第四部分 测量学习题与参考答案	112
第一章 绪 论	112
第二章 角度测量	113
第三章 距离测量和直线定向	117
第四章 高程测量	119
第五章 测量误差理论基础	124
第六章 高斯投影简介	127

第七章	工程控制测量	128
第八章	地形图的测绘与应用	131
第九章	建筑工程测量	135
第十章	道路工程测量	136
习题集参考答案		141
参考文献		157

1	.....	第一章
2	.....	第二章
3	.....	第三章
4	.....	第四章
5	.....	第五章
6	.....	第六章
7	.....	第七章
8	.....	第八章
9	.....	第九章
10	.....	第十章
11	.....	第十一章
12	.....	第十二章
13	.....	第十三章
14	.....	第十四章
15	.....	第十五章
16	.....	第十六章
17	.....	第十七章
18	.....	第十八章
19	.....	第十九章
20	.....	第二十章
21	.....	第二十一章
22	.....	第二十二章
23	.....	第二十三章
24	.....	第二十四章
25	.....	第二十五章
26	.....	第二十六章
27	.....	第二十七章
28	.....	第二十八章
29	.....	第二十九章
30	.....	第三十章
31	.....	第三十一章
32	.....	第三十二章
33	.....	第三十三章
34	.....	第三十四章
35	.....	第三十五章
36	.....	第三十六章
37	.....	第三十七章
38	.....	第三十八章
39	.....	第三十九章
40	.....	第四十章
41	.....	第四十一章
42	.....	第四十二章
43	.....	第四十三章
44	.....	第四十四章
45	.....	第四十五章
46	.....	第四十六章
47	.....	第四十七章
48	.....	第四十八章
49	.....	第四十九章
50	.....	第五十章
51	.....	第五十一章
52	.....	第五十二章
53	.....	第五十三章
54	.....	第五十四章
55	.....	第五十五章
56	.....	第五十六章
57	.....	第五十七章
58	.....	第五十八章
59	.....	第五十九章
60	.....	第六十章
61	.....	第六十一章
62	.....	第六十二章
63	.....	第六十三章
64	.....	第六十四章
65	.....	第六十五章
66	.....	第六十六章
67	.....	第六十七章
68	.....	第六十八章
69	.....	第六十九章
70	.....	第七十章
71	.....	第七十一章
72	.....	第七十二章
73	.....	第七十三章
74	.....	第七十四章
75	.....	第七十五章
76	.....	第七十六章
77	.....	第七十七章
78	.....	第七十八章
79	.....	第七十九章
80	.....	第八十章
81	.....	第八十一章
82	.....	第八十二章
83	.....	第八十三章
84	.....	第八十四章
85	.....	第八十五章
86	.....	第八十六章
87	.....	第八十七章
88	.....	第八十八章
89	.....	第八十九章
90	.....	第九十章
91	.....	第九十一章
92	.....	第九十二章
93	.....	第九十三章
94	.....	第九十四章
95	.....	第九十五章
96	.....	第九十六章
97	.....	第九十七章
98	.....	第九十八章
99	.....	第九十九章
100	.....	第一百章

第一部分 测量实验与实习须知

测量学是一门实践性很强的应用技术，实验（实习）是教学中不可缺少的重要环节。学生通过操作仪器、观测、记录、计算、绘图等测量实践，达到深化对测量学基本原理、技术方法的理解，掌握测量技术基本技能的目的。

一、准备工作

（1）实验（实习）之前，必须认真阅读实验（实习）指导书和教材中的相关内容，了解实验（实习）目的、要求、方法、步骤和有关注意事项。

（2）按实验（实习）指导书中提出的要求，于实验（实习）前准备好所需仪器工具，安排好人员分工。

二、实验、实习基本规定

（1）实验（实习）分小组进行，组长负责安排小组成员分工，办理仪器工具的借领和归还。

（2）测量实验（实习）是需要小组成员各司其责、协作完成的教学实践活动。对实验（实习）规定的各项内容，每个小组成员均应轮流担任不同的工作。实验（实习）结束后，实验（实习）报告应各自独立完成。

（3）实验（实习）应在指定地点和规定时间内完成。未经允许，不得擅自改变实验（实习）地点，不得无故缺席或迟到、早退。

（4）测绘仪器属于精密仪器，实验（实习）领用、归还仪器，必须遵守实验室的设备管理规定。

（5）实验（实习）中要爱护仪器设备，严格按照操作规程实施，若出现仪器故障、工具损坏和丢失等情况时，必须及时向指导老师报告，不可自行处理。

（6）实验（实习）是在野外进行的，本身存在许多不确定因素。实验（实习）过程中，必须听从指导老师安排，注意人身和设备安全，做到工作有秩序、有步骤，以保障实验（实习）的顺利完成。

三、测量仪器工具的领取与使用

测量仪器属于精密仪器，正确使用、精心爱护和科学保养仪器设备，是测量人员应有的

素质和必须掌握的技能，也是保证测量成果质量、提高测量工作效率和延长仪器工具使用寿命的必要条件。测量仪器工具的领取、使用必须遵守以下规则：

1. 仪器工具的借用

(1) 以小组为单位，凭学生证前往测量实验室借领测量仪器工具，每次实验（实习）所用仪器工具均已在实验（实习）指导书上注明。

(2) 借领时，应确认实物与实验（实习）指导书上所列仪器工具是否相符、仪器工具是否完好、仪器背带和提手是否牢固。如有缺损，立即补领或更换。

(3) 仪器搬运前，应检查仪器箱是否锁好，搬运仪器工具时，应轻拿轻放，避免剧烈震动和碰撞。

(4) 仪器工具均有编号，实验（实习）过程中各组应妥善保管各自的仪器工具，不得任意调换。

(5) 实验（实习）结束后，应清理仪器工具上的泥土，收拾装箱送还仪器室检查。仪器工具如有损坏和丢失，应写出书面报告说明情况，交实验室管理人员，根据有关规定处理。

2. 仪器的开箱

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

(2) 开箱后取出仪器前，应注意仪器的安放位置和方向，以便使用完毕后正确装箱。

3. 仪器的安装

(1) 根据观测者身高，调整好仪器三脚架腿的长度，然后拧紧固定螺旋，防止因螺旋未拧紧造成仪器倒地事故，但也要注意不可过分用力，以免造成紧固螺旋损坏。

(2) 架设仪器脚架时，三条脚架腿张开的程度要适中，并得太拢或者分得太开，都有可能造成事故。前者稳定性差，后者在地面坚硬时，容易造成脚架腿向外滑动，并且也不方便观测员绕仪器移动。

(3) 仪器三脚架设置好后，架头平面应基本水平，中央大致位于过测点标志的垂线上（经纬仪、全站仪）。地面为泥土地面时，应将脚架腿尖踩入土中，防止仪器下沉；若地面光滑坚硬，要采取安全措施（如用细绳将脚架三条腿连接起来，或者在脚架腿尖外侧堆放石块），防止仪器脚架向外滑动。

(4) 一手握住仪器照准部支架，另一手扶住基座部分，将仪器取出仪器箱，轻放到三脚架头上。一手仍抓住仪器基座，另一手将中心连接螺旋旋入基座底板的连接孔内。

(5) 取出仪器后，要随即将仪器箱盖好，以免沙土杂草进入箱内。塑料仪器箱较薄，不能承重，因此禁止坐、踩仪器箱。

4. 仪器的使用

(1) 观测期间，仪器必须有人看管，防止仪器被无关人员搬动和行人车辆碰撞。

(2) 晴天或者雨天在野外观测必须撑伞，防止仪器受烈日暴晒和雨淋。

(3) 使用仪器过程中，要注意避免触摸仪器的目镜和物镜，以免弄脏镜头，影响成像质量。

(4) 如遇目镜、物镜蒙上水汽而影响观测(在冬季较常见),只能用专用镜头纸轻擦,严禁用手指或手帕等物擦拭,以免损坏镜头上的药膜。

(5) 转动仪器照准部时,应先松开制动螺旋,然后平稳转动,切不可在制动旋紧的情况下,用力转动仪器照准部。

(6) 使用微动螺旋前,要先旋紧制动螺旋,但要注意不可拧得太紧,以免造成螺旋损坏。

(7) 微动螺旋和脚螺旋等应使用中段部分,若旋到了顶端,则应在观测结束后,立即旋回中间部位。

(8) 仪器发生故障时,应立即停止使用,并及时向指导老师报告,不得擅自处理。

5. 仪器的搬迁

(1) 远距离迁站或通过行走不便的地区时,必须将仪器装箱后再迁站。

(2) 平坦地区近距离迁站时,可将仪器连同脚架一同搬迁。迁站时先检查仪器连接中心螺旋是否旋紧,然后张开仪器三脚架,双手各抓住一条三脚架腿,将三脚架头置于右肩上,扛起仪器稳步行走。

(3) 严禁将仪器脚架收拢后,横扛在肩上行走。

(4) 迁站前应仔细清点所有的仪器、工具和资料,防止丢失物品。

6. 仪器的装箱

(1) 仪器使用完后,应清除仪器上和仪器箱内的灰尘、脚架腿尖上的泥土,套上物镜盖。

(2) 仪器拆卸时,应先松开各制动螺旋,将基座脚螺旋旋至中间部位,再一手握住照准部支架,另一手将中心连接螺旋松开,将仪器取下脚架。

(3) 仪器装箱时,确认仪器放妥、仪器箱内的附件齐全后,再拧紧仪器各制动螺旋关箱上锁。若箱盖合不上口,说明仪器位置未放置正确,或未将基座脚螺旋置于中段。这时应重新调整放置,切不可强压箱盖,以免造成仪器损坏。

7. 测量工具的使用

(1) 木制标尺和花杆要注意防潮,不用时可平放,但不可踩踏和垫坐。也可靠树木、墙角立放,但要防止滑倒摔坏。折叠尺或塔尺,在使用后要及时收折。

(2) 小件工具如垂球、测钎、尺垫、钢卷尺、皮尺等,用完即收,防止遗失。

(3) 棱镜杆的接头部分很容易损坏,因此只有在通视困难的情况下,才应该拉出伸长,并且测量完成后应立即收回,不可全部拉出后横扛着行走。

(4) 数码水准尺是精密测量标尺,使用时不要使尺面与其他物体接触,避免磨损尺面刻划。

四、测量记录与计算规则

(1) 实验、实习记录必须直接填在规定的表格内,不得用零散纸张记录,再行转抄。

(2) 凡记录表格上规定应填写的项目不得空置。

(3) 观测者读数后,记录者应立即回报读数,经核实后再记录。

(4) 所有记录与计算均用绘图铅笔(2H或3H)记载。字体应端正清晰、数字齐全、数位对齐,字脚靠近底线,字体大小一般应略低于格子的一半,以便留出空隙改错。

(5) 记录数据的小数位视测量等级要求而不同,普通测量一般规定见表1.1。表格中记录位数是指记录值的占位数,没有的值一律以0占位。如水准尺读数1.5 m应读记为1.500。角度值 $93^{\circ}4'6''$,应读记为 $93^{\circ}04'06''$ 。

表 1.1 测量常用单位

测量种类	单位	记录位数
水准	m	3 位(小数点后)
量距	m	3 位(小数点后)
角度的分	'	2 位
角度的秒	"	2 位

(6) 原始记录禁止擦拭、涂沫,修改读记(非尾数)错误时,将错误数字以横线划去,将正确数字写在原数上方,并在备注栏注明原因(如测错、记错)。

(7) 因超限或碰动仪器等原因废除的记录,以斜线划去,并在备注栏注明原因。

(8) 观测数据的尾数不允许更改,无论是读错还是记错,均应将错误的记录划去,详细规定参见相关测量规范。

(9) 非尾数部分可以更改,但是禁止连环更改,如水准测量的黑、红面读数,角度测量中的盘左、盘右读数,距离丈量中的往、返测读数等,均不能对应更改。

(10) 数据的计算应根据所取的位数,按“4舍6入,5前单进双舍”的规则进行凑整。例如,若取至毫米位,则2.138 4 m、2.137 6 m、2.138 5 m、2.137 5 m都应记为2.138 m。

(11) 每测站观测结束后,必须在现场完成规定的计算和检核,确认无误后方可迁站。

五、仪器设备损坏、丢失处理

(1) 因责任事故造成仪器设备损坏、丢失时,应立即报告实验(实习)指导教师和实验室管理人员,按照学校的有关规定,分析事故原因,对有关事故责任人员作出处理。

(2) 因责任事故损坏、丢失仪器,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。

第二部分 测量实验

实验一 DJ₆ 经纬仪的认识与使用

一、实验目的与要求

(1) 了解经纬仪的基本构造和特点, 主要部件的名称与作用。

(2) 掌握经纬仪测角的基本操作和读数方法。

二、学时与设备

(1) 实验学时数为 2 学时, 每组 2~5 人。

(2) 实验设备为 DJ₆ 光学经纬仪 1 台、三脚架 1 个、测钎 2 根、记录板 1 块、铅笔 1 支。

三、方法与步骤

1. 经纬仪的认识

(1) 仪器讲解。指导教师现场讲解 DJ₆ 光学经纬仪的构造, 各螺旋的名称、功能及操作方法。

(2) 安置仪器。各小组在给定的测站点上架设仪器(从箱中取出经纬仪时, 应注意仪器的装箱位置, 以便使用后装箱), 在测站点上张开三脚架, 按照观测者身高调整脚架高度, 要求架头基本水平, 中心大致位于过测点的铅垂线上。然后一手扶住仪器, 把经纬仪安放到三脚架的架头上, 一手旋转位于架头底部的连接螺旋, 使其穿入经纬仪基座压板螺孔, 旋紧螺旋将仪器固定在脚架上。

(3) 认识仪器。对照实物正确说出仪器的组成部分、各螺旋的名称及作用。

2. 经纬仪基本操作与使用

(1) 对中。掌握垂球对中和光学对中器对中两种方法。

方法一: 垂球对中。

① 在架头底部的连接中心螺旋的挂钩上挂上垂球。

② 稍松底座下的连接螺旋, 在架头上平移仪器, 使垂球尖精确对准测站点(对中误差应

小于等于 3 mm), 最后旋紧连接螺旋。

方法二: 光学对中器对中。

① 通过旋转光学对中器的目镜调焦螺旋, 使分划板对中圈清晰; 通过推、拉光学对中器的镜管进行物镜对光, 使地面测站点标志清晰, 反复操作直到对中圈和地面测站点标志都清晰显示。

② 调整基座螺旋, 使地面测站点标志位于对中圈内。

③ 分别松开三脚架架腿制动螺旋, 调整高度使圆水准器气泡大致居中。

④ 用脚螺旋使照准部水准管气泡居中, 整平仪器, 方法见步骤 (2)。

⑤ 查看对中器中地面测站点是否偏离分划板对中圈中心, 若仍有微小偏离, 则松开底座下的连接螺旋, 在架头上平移仪器, 使地面测站点位于对中器分划板对中圈中心。

⑥ 检查照准部水准管气泡是否居中, 若气泡发生偏离, 需再次整平, 重复前面过程。(按方法二对中仪器后, 可直接进入步骤 (3))

(2) 整平: 如图 2.1 所示, 转动照准部, 使水准管平行于任意一对脚螺连线方向, 同时相对 (或相反) 旋转这两只脚螺旋 (气泡移动的方向与左手大拇指行进方向一致), 使水准管气泡居中; 然后将照准部绕竖轴转动 90° 使水准管垂直于刚才两个脚螺旋连线, 再转动第三只脚螺旋, 使气泡居中。如此反复进行, 直到照准部转到任何方向, 气泡在水准管内的偏移都不超过刻划线的一格为止。

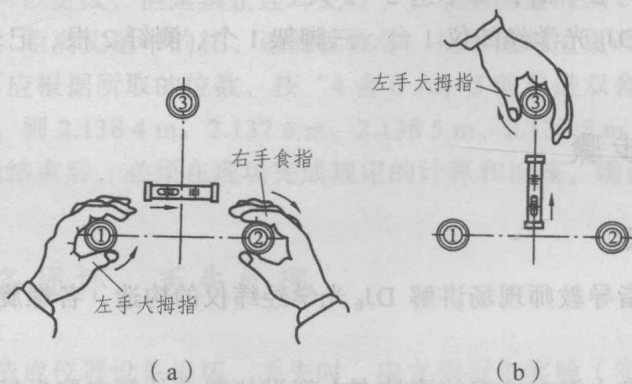
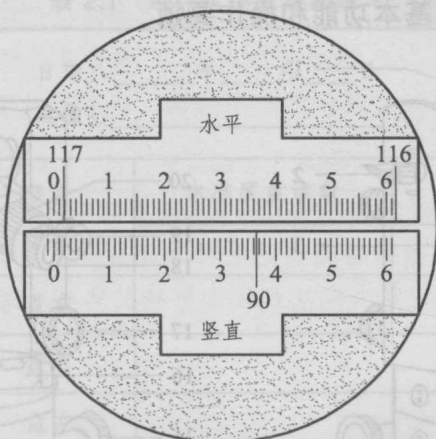


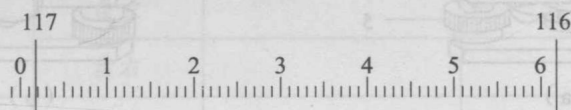
图 2.1 经纬仪的整平

(3) 瞄准: 取下望远镜的镜盖, 将望远镜对准远处明亮背景, 转动望远镜的目镜调焦螺旋, 使十字丝清晰; 然后用望远镜上的瞄准器照准目标, 旋紧水平与望远镜制动螺旋, 调节物镜调焦螺旋, 使目标影像清晰; 若测水平角, 则再转动水平和望远镜微动螺旋, 使目标被十字丝的纵向单丝平分, 或将目标夹在纵向双丝中央; 若测竖直角, 则转动水平和望远镜微动螺旋, 用横丝切于目标照准位置。

(4) 读数: 瞄准目标后, 调节反光镜的位置, 使读数显微镜读数窗亮度适中, 旋转显微镜的目镜调焦螺旋, 使度盘及分微尺的刻划线清晰, 读取落在分微尺上的度盘刻划线所示的度数, 然后读出分微尺上 0 刻划线到这条度盘刻划线之间的分数, 最后估读至 $1'$ 的 0.1 位, 并将不足 $1'$ 部分换算为秒, 如图 2.2 水平度盘读数为 $117^\circ 01' 48''$ 。



(a)



(b)

图 2.2 DJ₆ 光学经纬仪读数窗

(5) 设置度盘读数。可利用光学经纬仪的水平度盘变换手轮, 改变水平度盘读数。方法是按住复测扳手将度盘变换手轮推进, 使水平度盘与变换手轮结合在一起, 然后旋转度盘变换手轮, 观察水平度盘读数的变化, 使水平度盘读数为设定值后, 按下复测扳手弹出变换手轮, 使水平度盘与变换手轮分离。

有些仪器配置的是复测机构, 要改变水平度盘读数, 首先要旋转照准部, 使水平度盘读数为设定值。然后按下复测扳手将照准部和水平度盘分离, 旋转照准部照准目标, 再打开复测扳手使度盘和照准部结合。

四、注意事项

- (1) 安置脚架时, 应注意架腿的方向, 要便于观测者操作。
- (2) 光学对中器对中方法, 不受风力干扰、对中速度快, 是必须掌握的方法。
- (3) 测量水平角瞄准目标时, 应尽可能瞄准其底部, 以减少目标倾斜所引起的误差。
- (4) 观测过程中, 不可触动光学经纬仪的复测扳手或度盘变换手轮。
- (5) 测量时不可将物镜直接对准太阳。

五、实验成果

1. 认识经纬仪，熟悉其基本功能和操作要领

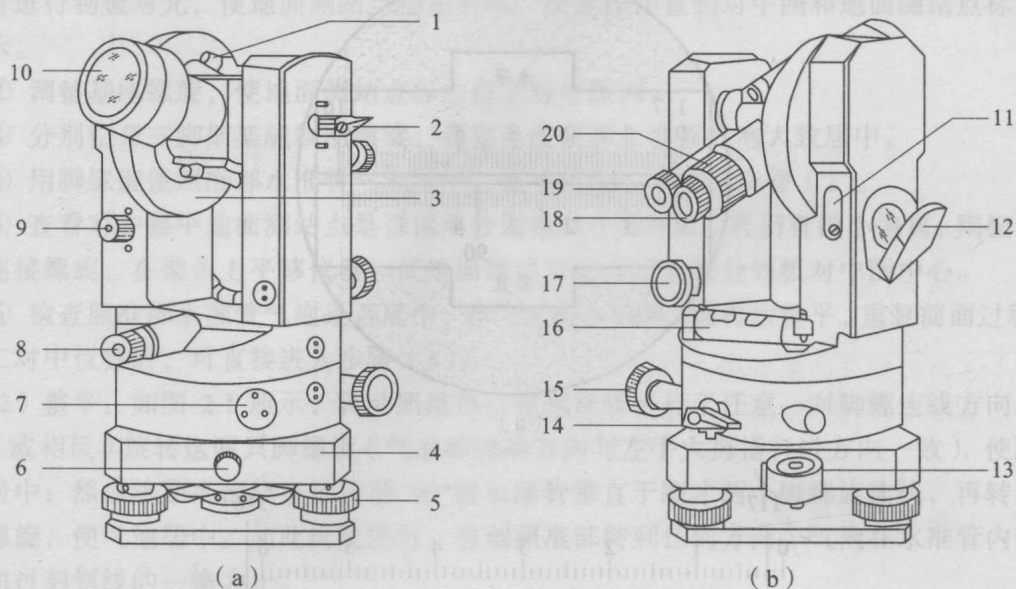


图 2.3 经纬仪的认识

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| 1— () | 2— () | 3— () | 4— () |
| 5— () | 6— () | 7— () | 8— () |
| 9— () | 10— () | 11— () | 12— () |
| 13— () | 14— () | 15— () | 16— () |
| 17— () | 18— () | 19— () | 20— () |

2. 实验数据

表 2.1 经纬仪角度观测练习

仪器型号: _____		日期: _____年____月____日		观测者: _____	
天气: _____		成像: _____		记录者: _____	
测站	目标	竖盘位置	水准度盘读数	竖直度盘读数	备注
			° ' "	° ' "	
	1° 仪器	盘左			
		盘右			
	2° 仪器	盘左			
		盘右			
	3° 仪器	盘左			
		盘右			
	4° 仪器	盘左			
		盘右			
	5° 仪器	盘左			
		盘右			
	6° 仪器	盘左			
		盘右			
	7° 仪器	盘左			
		盘右			
	8° 仪器	盘左			
		盘右			
	9° 仪器	盘左			
		盘右			
	10° 仪器	盘左			
		盘右			
	11° 仪器	盘左			
		盘右			
	12° 仪器	盘左			
		盘右			
	13° 仪器	盘左			
		盘右			
	14° 仪器	盘左			
		盘右			
	15° 仪器	盘左			
		盘右			
	16° 仪器	盘左			
		盘右			
	17° 仪器	盘左			
		盘右			
	18° 仪器	盘左			
		盘右			
	19° 仪器	盘左			
		盘右			
	20° 仪器	盘左			
		盘右			

实验二 方向法观测水平角

一、实验目的和要求

- (1) 进一步熟悉 DJ₆ 光学经纬仪的使用方法。
- (2) 掌握方向法观测水平角的观测、记录和计算方法。
- (3) 了解用 DJ₆ 光学经纬仪按方向法观测水平角的各项限差。

二、学时与设备

- (1) 实验学时数为 2 学时，每组 2~5 人。
- (2) 实验设备为 DJ₆ 光学经纬仪 1 台、三脚架 1 个、测钎 4 根、记录板 1 块、铅笔 1 支。

三、方法步骤

方向法观测水平角是通过观测测站至各目标点的方向值，然后由方向值计算水平角值的方法。方向值是指选定一个方向为起始方向（零方向），其他方向相对于起始方向的角度。一测回方向观测中，分为上半测回与下半测回。

如图 2.4，测站点为 O ，以 A 、 B 、 C 、 D 四个方向为例，则一测回操作步骤为：

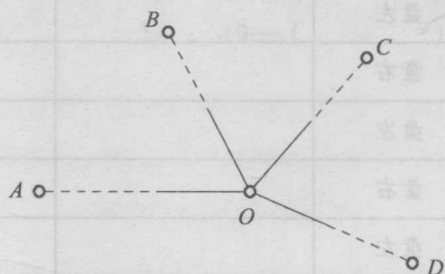


图 2.4 水平角观测

1. 上半测回

盘左选定目标点 A 为起始方向（零方向），瞄准 A ；将水平度盘读数配置为 0° 附近（稍大于 0° ），然后照准目标读数并记录；顺时针方向旋转照准部，依次瞄准 B 、 C 、 D ，读数并记录；继续顺时针方向转动，再次瞄准零方向 A ，读数并记录，这一步骤称为“归零”。零方向两次读数之差称为半测回归零差。归零差不能超过限差，若超过限差，应重测上半测回。当观测方向不多于 3 个时，可不归零。

不同仪器、不同等级控制网水平角观测归零差的限差要求不同，详见表 2.2 水平角方向观测法的技术要求（《工程测量规范》GB 50026—2007）。

2. 下半测回

盘右瞄准零方向 A ，读数并记录；逆时针方向旋转照准部，依次瞄准 D 、 C 、 B 、 A ，读数并记录；检查半测回归零差是否超限，若超限则重测整个测回。

下半测回观测时应随记录立即计算 2 倍视准轴误差 $2c$ 。 $2c = \text{盘左读数} - (\text{盘右读数} \pm 180^\circ)$ 。对 $2c$ 值互差要求不能大于限差，若超限须重测相关的方向。限差要求详见表 2.2。

表 2.2 方向法观测水平角的限差要求

控制网等级	仪器精度等级	光学测微器两次重合读数之差 (")	半测回归零差 (")	一测回内 $2c$ 互差 (")	同一方向值各测回较差 (")
四等及以上	1"级仪器	1	6	9	6
	2"级仪器	3	8	13	9
一级及以下	2"级仪器	—	12	18	12
	6"级仪器	—	18	—	24

3. 计算一测回方向值

一测回内各方向的平均读数计算公式为：

$$\text{平均读数} = [\text{盘左读数} + (\text{盘右读数} \pm 180^\circ)] / 2$$

取零方向的两个平均读数的中数，记于第一行，加括号，作为零方向的平均数。将各方向的平均读数减去零方向的平均数，得到各方向的一测回归零方向值。

以上叙述的是一测回方向法观测的步骤，若需要观测 n 个测回，则各测回之间要变换零方向的度盘读数，使各个测回分别使用度盘的不同分划段，以削弱度盘分划误差对水平角测量值的影响。各测回间零方向度数变动值为 $\frac{180^\circ}{n}$ 。例如：要观测两测回，则第一测回上半测回归零方向应配置为 0° ，第二测回上半测回归零方向应配置为 90° 。

多测回观测时，同一方向各测回平均归零方向值的互差不能超过限值，若满足限值要求，取各测回的方向值的平均值，作为最后成果，否则应重测。同一方向各测回平均归零方向值的互差限值详见表 2.2。

四、注意事项

(1) 第一测回配置度盘时，严格地配置到零度，既困难也不必要。由于配置过程中照准部可能有微小转动，读数前需要再次照准。为了避免出现 $359^\circ 59' \times \times''$ 的读数，造成计算不便，度盘读数应配置在比零度稍大的位置。

(2) 一测回内不得重新整平仪器，但测回间可以重新整平仪器。比如观测完第一测回后，可以重新整平仪器，再开始第二测回的观测。

(3) 各测回的诸项检核条件要满足规范要求（表 2.2）。