

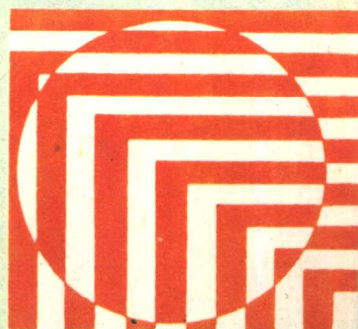


中央广播电视大学教材

测量学学习指导

CE LIANG XUE

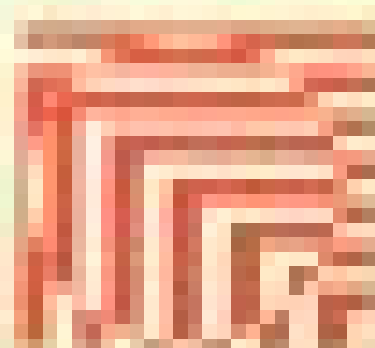
侯咸泰 等编
汤浚淇 审定



中央广播电视大学出版社

测量学学习指导

主编 王 强
副主编 李 强



中国地质大学出版社

测量学学习指导

侯咸泰 等编
汤浚洪 审定

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学学习指导/侯威泰等编. —北京:中央广播电视大学出版社, 1994. 10
ISBN 7-304-01089-4

I. 测… I. 侯… III. 测量学-电视大学-教学参考资料
IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 14589 号

测量学学习指导

侯威泰 等编
汤浚淇 审定

中央广播电视大学出版社出版

社址:北京西城区大木仓 39 号北门 邮编:100032

北京联华印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 5.25 千字 109

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—8000

定价 3.60 元

ISBN 7-304-01089-4/TU · 41

前 言

《测量学学习指导》是配合“测量学”课程的电视教学而编写的。目的是帮助电视大学土建专业的辅导教师全面贯彻教学大纲及指导学生搞好自学,以利于提高教学质量。内容包括:教学进度计划表;各章学习重点、面授与自学指导、复习思考题、习题;实验与实习指示书等。

在教学进度计划表的教学内容栏目中,所列 36 课时电视教学内容,主要是针对工民建专业学生安排的,与文字教材中第一章至第十章的内容相对应;公路专业的学生应学习第一章至第九章及第十一章的内容;给排水专业的学生应学习第一章至第九章及第十二章的内容。第十一章和第十二章无录像教材,全部由辅导教师课堂面授。进度表中规定的面授辅导课及课外自学学时,可根据具体情况适当增减。

本书由天津大学测量教研室部分教师及天津广播电视大学土建教研室合编,各章执笔人是汤浚淇(第一、七、八章及测量教学实习)、吴鼎安(第四、五、六章及测量实验)、侯咸泰(第二、三、九、十章)、谢连海(第十一、十二章)。全书由天津大学汤浚淇高级工程师汇总整理。

由于编者水平所限,书中难免存在错误和欠妥之处,敬请电大师生及广大读者批评指正。

编 者

1993 年 9 月

目 录

教学进度计划表	(1)
学习指导	(4)
第一章 绪论	(4)
第二章 水准测量	(5)
第三章 角度测量	(8)
第四章 距离测量与直线定向	(13)
第五章 测量误差基本知识	(15)
第六章 小地区控制测量	(16)
第七章 大比例尺地形图的测绘	(19)
第八章 大比例尺地形图的应用	(22)
第九章 施工测设的基本方法	(24)
第十章 工业与民用建筑施工测量	(26)
第十一章 道路工程测量	(27)
第十二章 管道工程测量	(37)
测量实验	(40)
实验一 水准仪的认识和使用	(40)
实验二 水准测量	(43)
实验三 微倾水准仪检验与校正	(47)
实验四 经纬仪的使用与测回法测水平角	(51)
实验五 竖直角观测及竖盘指标差的检验与校正	(55)
实验六 经纬仪的检验与校正	(59)
实验七 钢尺量距和磁方位角测量	(63)
实验八 经纬仪测绘法测碎部	(67)
实验九 测设点的平面位置和高程	(71)
测量教学实习	(75)
一、目的和要求	(75)
二、准备工作	(75)
三、实习内容	(75)
四、时间安排	(78)
五、测量实习的考核	(78)

教学进度计划表

课程名称:测量学(第 学期)

适用专业:土木建筑工程

学 时 分 配					
电 视 讲 课	面授及辅导课	课 外 自 学	实 验	总 计	
36			18		
电视讲课程节次	教 学 内 容	面授讲课及辅导课时数	自学和复习章节	习题和实验	备 注
1	绪 论	1	§ 1-1~ § 1-3	复习思考题 1、2、4、5	
2	绪 论	1	§ 1-3~ § 1-4	习题 1、2、3、4	
3	水准测量原理、仪器、工具、水准仪的使用	1	§ 2-1、§ 2-2	实验一 复习思考题 1、3、4	
4	水准测量的外业、内业	1	§ 2-3、§ 2-4	实验二、习题 1、2	
5	微倾式水准仪的检验和校正	1	§ 2-5	实验三	
6	水准测量的误差来源,精密水准仪、自动安平水准仪	1	§ 2-6~ § 2-8	复习思考题 5、7 习题 3	
7	水平角测量原理、光学经纬仪	1	§ 3-1、§ 3-2	复习思考题 1、3	
8	经纬仪的使用和角度测量	1	§ 3-3	实验四、习题 1、2、3	
9	竖直角测量原理、竖直角的观测和计算	1	§ 3-3	实验五、习题 4 复习思考题 2、6	
10	经纬仪的检验和校正	1	§ 3-4	实验六	
11	角度测量误差及操作要求、电子经纬仪简介	1	§ 3-5、§ 3-6	复习思考题 4	

续表

电视讲 节 次	教 学 内 容	面授讲课及 辅导课时数	自学和复习章节	习题和实验	备 注
12	钢尺量距	1	§ 4-1	实验七	
13	钢尺量距较精密的方法	1	§ 4-1	习题 1、2、3	
	钢尺比长与尺长方程式			复习思考题 1、2、4、5	
14	光电测距仪测距原理	1	§ 4-2		
	光电测距仪简介	1	§ 4-2	复习思考题 8、9、10	
15	直线定向、罗盘仪及其应用	1	§ 4-3、§ 4-4	习题 4、5、6	
16	测量误差及其分类、衡量精度的标准	1	§ 5-1、§ 5-2	习题 1、2	
				复习思考题 1、2、3、4、5	
17	算术平均值的中误差	1	§ 5-3	复习思考题 6、7	
18	误差传播定律	1	§ 5-4	习题 3、4、6、8、10	
19	控制测量概述、导线测量的概念及外业	1	§ 6-1、§ 6-2	习题 1、2、3	
				复习思考题 1、2、3	
20	导线测量内业计算	1	§ 6-2	习题 5、6、9	
21	小三角测量	1	§ 6-3	复习思考题 5、6、7	
22	小三角测量内业计算	1	§ 6-3	习题 11、13、15	
23	高程控制测量	1	§ 6-4	复习思考题 8、9、10	
24	视距测量、地形图的内容	1	§ 7-1、§ 7-2	复习思考题 1、2、3	
25	地形图的比例尺、地物符号	1	§ 7-2	习题 1、2、5	
				复习思考题 4、5	
26	等高线、图名、图号和图廓	1	§ 7-3	习题 3、4	
27	测绘地形图的程序和方法	1	§ 7-3	实验八	

续表

电视讲 节 次	教 学 内 容	面授讲课及 辅导课时数	自学和复习章节	习题和实验	备 注
28	地形图的识读	1	§ 8-1	复习思考题 1、2	
29	地形图的基本应用	1	§ 8-2	习题 1	
30	按预定方向绘制纵 断面图等应用	1	§ 8-3	习题 2、3 复习思考题 3	
31	施工测量概述、测 设的基本工作	1	§ 9-1、§ 9-2	复习思考题 1~ 5	
32	测设点位的方法、 测设坡度线	1	§ 9-3、§ 9-4	实验九、习题 1、 2、3	
33	建筑场地的施工控 制测量	1	§ 10-1	习题 1、3	
34	民用建筑、高层建 筑施工测量	1	§ 10-2、§ 10-3	习题 2	
35	工业厂房的施工测 量、烟囱施工测量	1	§ 10-4、§ 10-5	复习思考题 1、 2、3、4	
36	建筑物的沉降观 测、竣工总平面图 的编绘、激光定位 仪	1	§ 10-6、§ 10-7 § 10-8	复习思考题 5、 6、8	

学 习 指 导

第一章 绪 论

一、学习重点

1. 测量学的任务及其在各工程专业中的作用。
2. 确定地面点的基本概念和方法。
3. 测量工作的程序和原则。

二、面授与自学指导

1. 在学习地面点位的确定时,首先要认识地球的形状和大小。为了说明地球的形状和大小,引用了大地体、大地水准面和参考椭球体这三个具有不同含义而又互相联系的名词:大地体是静止的平均海水面向陆地延伸,形成一个封闭的曲面所包围的地球形体,以此作为地球的形状和大小的标准;大地水准面是指静止的平均海水面,受地球重力的影响后所形成的处处与重力方向垂直的曲面。由于地球内部的质量分布不均匀,致使重力方向产生变化,也就使得大地水准面呈现了微小的起伏和不规则形态;参考椭球体是为便于研究和测定地球的形状和大小,而选用的与大地体相似并能用数学式严密表达的旋转椭球体,称其外表面为参考椭球面。我国所采用的地面点的坐标系就是建立在参考椭球体上的,在地面上进行测量工作也应以参考椭球面为基准面,但实用时一般采用与重力方向垂直的大地水准面为基准,因为重力方向用停止摆动的锤球线即可求得。在高精度的测量工作中,仍以参考椭球面为基准面。

2. 测量工作中,确定地面点的位置是将其沿铅垂线投影到大地水准面上,投影点在大地水准面上的平面位置用坐标 x 、 y 表示,再加上地面点至投影点的铅直距离 H ,就形成了表示地面点空间位置的三维坐标 X 、 Y 、 H 。

3. 高斯投影及高斯平面直角坐标系 大地水准面是个曲面,测定到大地水准面上的点位和图形要展示到平面上,无疑要产生位移和变形。为了使测量准确,要采用适宜的方法使其位移为最小,并能保持图形相似的几何关系。高斯的投影方法就满足了这个要求。其具体作法是将地球按经差 6° 划分为一带,进行分带投影,即每带投影一次。投影时为使问题简化,将地球视为圆球,用横圆柱套在地球的外面,使 6° 带的中央子午线与横圆柱紧密相切,然后将 6° 带的曲面投影到横圆柱上。这样投影后的中央子午线仍是一条直线,且长度不变,赤道投影后是一条与中央子午线相垂直的直线。将圆柱面沿过南北两极的母线剪开并展平,而得到高斯投影平面(参阅教材图 1-7b)。由图可知,中央子午线两侧的子午线投影后成为对称于中央子午线的曲线,离中央子午线越远越弯曲,说明投影的变形越大。要使投影变形小,可将投影带划分为更狭的 3° 带或 1.5° 带。

取高斯投影平面上的中央子午线为纵坐标轴 X ,赤道为横坐标轴 Y , X 、 Y 轴的交点为坐标原点,即形成了高斯平面直角坐标系。在该坐标系中,为区别不同投影带的横坐标,需在横坐标前冠以带号;为避免横坐标出现负值,需将纵坐标向西移 500km。最后得到的就是这种坐标

系的 X 、 Y 轴。虽然它与数学的 X 、 Y 轴相反,但由于前者的旋转角是由纵坐标轴 X 的正向顺时针转动得到的,而后者是由横坐标轴 Y 的正向逆时针转动得到的,所以数学中的三角公式完全适用于高斯平面直角坐标系。

4. 由于大地水准面是弯曲的,在地面上测量两点间的距离,投影到大地水准面上的长度是弧长,需经改正才能成为水平距离。能否将大地水准面当做水平面?经推导求得的公式(1-5)证明,在半径为 10km 的范围内进行测量工作,可将大地水准面作为水平面看待,在此范围内所量距离,在大地水准面上投影的弧长与其在水平面上投影的长度之差,在测量误差的允许范围内。然而,大地水准面的曲率对高程的影响甚大,由式(1-6)计算可知,即使测量高程的距离为 1km,所得地面点高程以曲面为基准和以水平面为基准的高程之差也能达 8cm。因此,在测量高程时,应根据其距离进行改正。

5. 测量工作的程序和原则是“从整体到局部”和“先控制后碎部”。这是因为测量工作中有误差,而且误差积累会越来越大,采取上述原则会避免误差的累积,消除和减小误差的影响,使测量的成果满足精度的要求。比如,在一定的范围内测定 10 个点的坐标和高程,这 10 个点都会含有误差。如果再根据这些点去测绘道路、河流等地物,由于这些点位有误差,所测道路、河流也因有误差而移位和变形,一条笔直的大道会测成弯曲的,或方向偏离而接不起来。如果先从整体上将这 10 个点的坐标和高程进行数据处理,消除和减弱一些误差的影响,并使其达到统一的精度要求。然后再以这些点去测定局部的一些地物、地貌,则所得结果也能达到统一的精度要求,不致产生较大的位移和变形,即能满足实际的需要。

三、复习思考题

1. 测量学的研究对象和任务是什么?工程测量需进行哪些测量工作?
2. 什么叫大地水准面?它在测量工作中起什么作用?
3. 高斯投影是如何将地球投影到平面上的?这种投影方法有何优点?
4. 高斯平面直角坐标系是怎样建立的?它与数学的平面直角坐标系有何区别和联系?
5. 测量工作为什么要遵循“从整体到局部”和“先控制后碎部”的原则?

四、习题

1. 测量的三项基本工作是什么?
2. 什么是测量工作的基准面和基准线?地面点的空间位置是如何表示的?
3. 地面点的绝对高程和相对高程有何区别?二者的高差是否相等?
4. 若在半径为 1km 的范围内测量各点间的水平距离和高差,并将大地水准面作为水平面,则地球曲率对水平距离和高差最大的影响各为多少?(答案:0.8mm,8cm)

第二章 水准测量

一、学习重点

1. 水准测量原理、外业测量和内业计算方法。
2. 微倾式水准仪的使用和检验。

二、面授与自学指导

1. 水准测量原理是借助一条水平视线和带刻划的标尺,测定地面上两点(如 A 、 B 点)的

高差(h_{AB}),再根据已知高程(H_A)求得待求点高程(H_B)。

高差 $h_{AB} = \text{后视读数 } a - \text{前视读数 } b$

待求点高程 $H_B = \text{已知高程 } H_A + \text{高差 } h_{AB}$

2. 精读教材 § 2-2 中的部分内容,初步掌握水准仪的构造及其作用,对望远镜的成像原理及性能只作一般了解。

3. 精读教材 § 2-3,并按照安置仪器、概略整平、照准目标、精确整平和读数的步骤,在教师指导下,对仪器实际操作,切实掌握使用方法。

4. 掌握水准路线的概念、外业计算检核和测站检核方法。

5. 各种因素引起的测量误差,在一个测站可能表现不很明显,但随着测站的增多,会产生误差积累。因此,对水准路线而言,产生的测量误差不允许超过规定的高差闭合差容许值,以满足测量精度要求。在此前提下,进行高差闭合差的调整和求算待定点高程。

(1) 高差闭合差计算 水准路线高差闭合差的表达式为

$$f_h = \sum h_{\text{观测}} - \sum h_{\text{理论}}$$

对于附和水准路线

$$\sum h_{\text{理论}} = H_{\text{终}} - H_{\text{始}}$$

$$\therefore f_h = \sum h_{\text{观测}} - (H_{\text{终}} - H_{\text{始}})$$

对于闭合水准路线则为

$$\sum h_{\text{理论}} = 0$$

$$\therefore f_h = \sum h_{\text{观测}} - 0 = \sum h_{\text{观测}}$$

对于支水准路线则为

$$f_h = |\sum h_{\text{往测}}| - |\sum h_{\text{返测}}|$$

(2) f_h 的调整 对于等外水准测量(指图根水准测量),高差闭合差容许值为

山地 $f_{h容} = \pm 12 \sqrt{n}$ (mm) (n 为测站数)

平地 $f_{h容} = \pm 40 \sqrt{L}$ (L 为路线长度,单位 km)

当 $f_h \leq f_{h容}$ 时,可按各测段测站数或测段长度成比例反号分配。对支水准路线,取往、返高差绝对值的平均值作为路线最终高差,符号与往测符号相同。

6. 掌握教材 § 2-5 中水准仪主要轴线应满足的几何关系及检验方法。其中水准管轴 LL 平行视准轴 CC 是水准仪能提供一条水平视线的关键条件。 $LL \parallel CC$ 虽经检验校正,仍会残留一个微小的交角,因此应懂得使前、后视距相等,可正确测出两点高差的道理。

7. 一般了解水准测量误差来源及消除、减小误差的方法。

8. 对精密水准仪和自动安平水准仪作一般了解。

三、复习思考题

1. 设地面点 A 、 B 分别为后、前视点, A 点高程为 36.115m,当后视读数为 1.228m、前视读数为 1.626m 时,问两点的高差是多少? A 点比 B 点高还是低? B 点的高程是多少?

2. 何谓视准轴?试根据教材中的图 2-7,分析符合水准器使气泡偏离零点的距离放大一倍的道理。

3. 水准仪上管水准器和圆水准器各起什么作用?什么叫水准管分划值?

4. 什么叫视差?视差是如何产生的?对读数有何影响?应怎样消除视差?

5. 为什么水准测量中要求前、后视距相等?视距相等可消除哪些误差?

6. 简述水准仪使用的步骤。

7. 微倾式水准仪有哪几条主要轴线?它们应满足的几何关系是什么?

四、习题

1. 将图 1 所示水准路线中的各有关数据填入表 1, 并计算各测站的高差和 B 点的高程。
(答案: $H_B = 73.188\text{m}$)

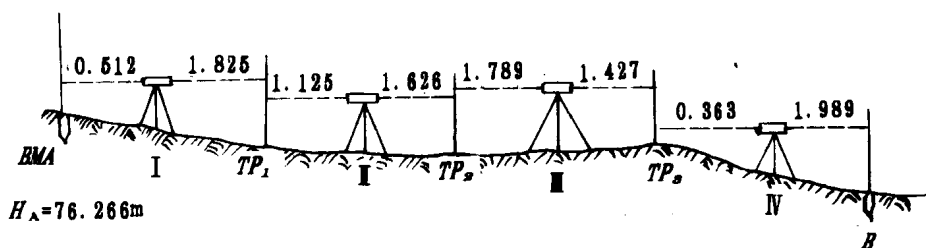


图 1

表 1

测 站	测 点	水准尺读数		高 差		高 程 (m)	备 注
		后 视	前 视	+	-		
I	BMA						
	TP ₁						
I	TP ₁						
	TP ₂						
I	TP ₂						
	TP ₃						
IV	TP ₃						
	B						
	计算校核						

2. 图 2 所示为附合水准路线观测成果(图根水准测量)。在表 2 中完成水准测量成果计算。(答案: $H_1 = 76.918\text{m}$, $H_2 = 71.618\text{m}$, $H_3 = 65.359\text{m}$)

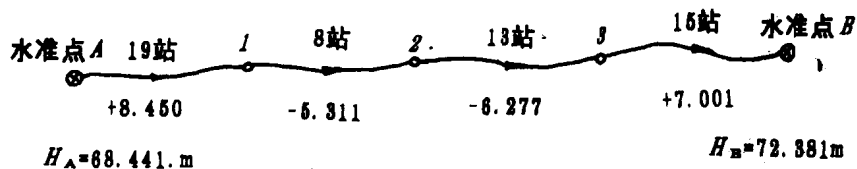


图 2

3. 调整图 3 所示闭合水准路线的观测成果, 并求出各点高程。(答案: $H_1 = 99.567\text{m}$, $H_2 = 96.144\text{m}$, $H_3 = 98.686\text{m}$)

表 2

点 号	测站数或 距 离	观测高差 (m)	改正数 (mm)	改正高差 (m)	高 程 (m)	点 号	备 注
总 和							
辅助计算							

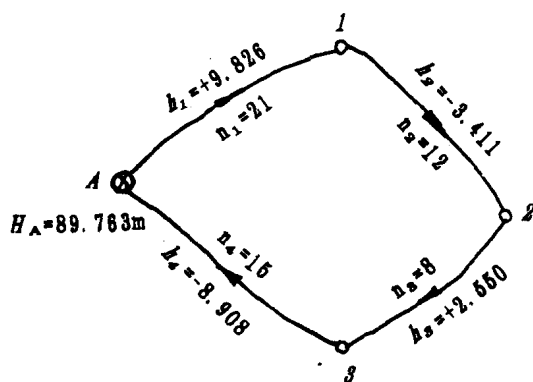


图 3

第三章 角度测量

一、学习重点

1. 水平角和竖直角测量原理。
2. 光学经纬仪的读数方法。
3. 角度测量的方法和计算。
4. 经纬仪的使用和检验。

二、面授与自学指导

1. 水平角及其测量原理 任意两方向线在同一水平面上的铅直投影所夹之角称为水平角。测量原理是把地面上两方向线投影到水平度盘上,再根据度盘的分划,求出它们之间的水平夹角。

2. 精读教材 § 3-2 中有关度盘读数方法的内容,只有掌握读数方法,才能正确地用经纬仪测角。学习时应从读数装置的构造入手,多次进行实际操作练习,不要死记硬背。

(1)分微尺读数方法(J₆级光学经纬仪采用) 图 1 所示,注有“H₂”的窗口为水平度盘读数窗,“V”为竖直度盘读数窗。以水平度盘为例,读取的度值应是落在分微尺范围内的度盘分

划线注记数,图中的度值应为 112° ; 小于 1° 的读数应以分微尺上的 0 分划线为指标线,由度盘度值分划线所对应的分微尺的分划线读出,图中分微尺读数为 $54' 00''$ 。两次的读数合在一起即为最后读值($112^{\circ} 54' 00''$)。同理,竖盘读数为 $89^{\circ} 06' 18''$ 。

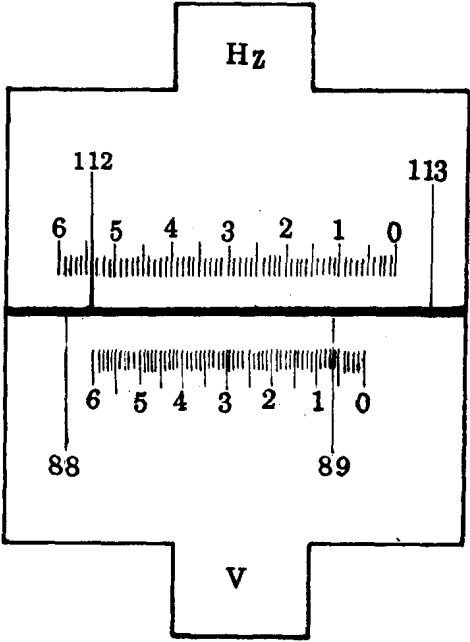


图 1

(2) 单平板玻璃测微器读数方法(J_6 级光学经纬仪采用) 转动测微轮,将度盘分划线夹在双指标线中央,读取该分划的度盘数值,再在测微尺上根据单指标线,读取小于度盘分划值的分、秒数,两者相加即为最后读数。图 2(a)所示水平度盘读数为 $4^{\circ} 30' + 02' 00'' = 4^{\circ} 32' 00''$; 图 2(b)所示竖盘读数为 $91^{\circ} + 21' 20'' = 91^{\circ} 21' 20''$ 。

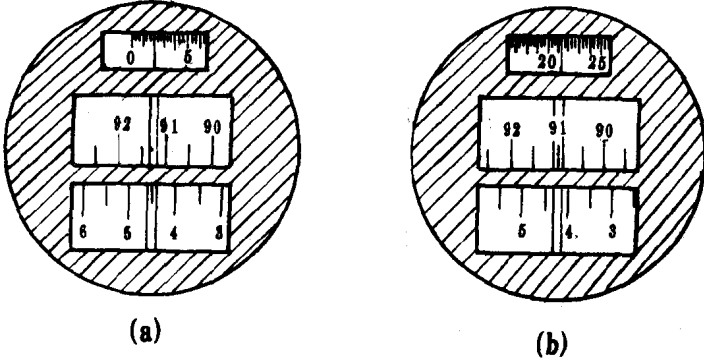


图 2

(3) 双平板玻璃测微装置和双光楔测微装置读数方法(J_2 级光学经纬仪采用) 转动测微轮,使正、倒分划影像相对移动,直至上、下两排分划线精确对齐为止。读取度值时,应找出正像

分划度值在左、倒像分划度值在右,且度值相差 180° 的一组,其正像度值就是应读取的度数。如图 3(a)中,度盘正、倒像分划度值相差 180° 背到:286 和 106、285 和 105 两组,其中 285 和 105 一组的正像度值在左,而另一组正像度值在右,因此,读取的度数应为 285° ;两度值间分划的格数乘 $10'$ 为应读的整 $10'$ 数;不足 $10'$ 的余数在测微尺上读取。图 3 所示双平板玻璃读数窗的读数为:

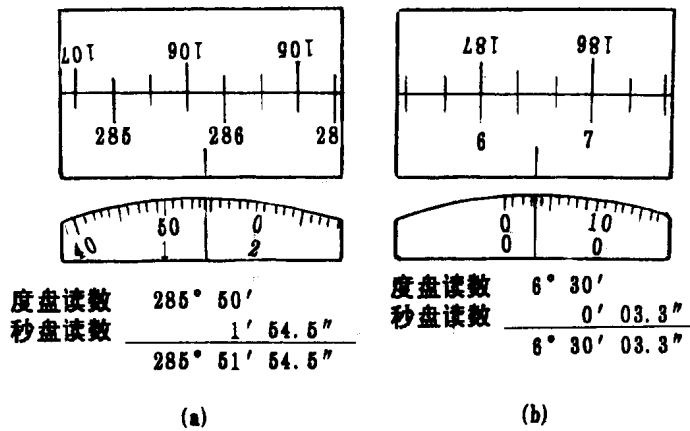


图 3

图 4 所示双光楔读数窗的读数为:

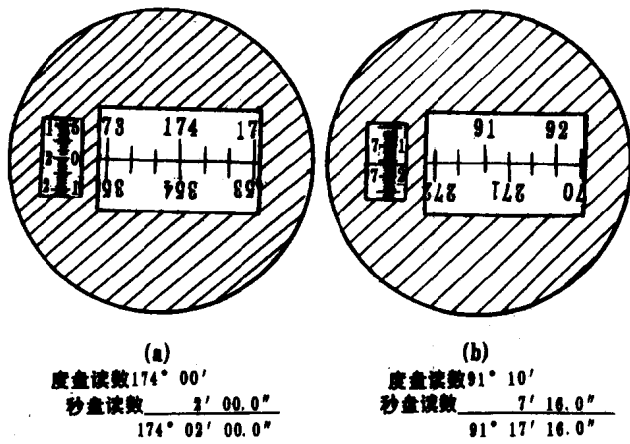


图 4

3. 角度测量是学习的重点,要精读教材 § 3-3 中有关角度测量方法的内容。

(1)测水平角的方法 两个方向或不超过三个方向采用测回法;三个以上方向采用方向观测法(全圆方向法)。

测回法:如图 5 所示。

$$\text{盘左 } \beta_{\text{左}} = b_{\text{左}} - a_{\text{左}}$$

$$\text{盘右 } \beta_{\text{右}} = b_{\text{右}} - a_{\text{右}}$$

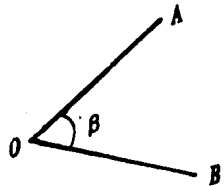


图 5

$$\text{一测回角值 } \beta = \frac{1}{2}(\beta_{\text{左}} + \beta_{\text{右}})$$

方向观测法:如图 6 所示宜采用方向法。观测过程中及观测结束后需进行下列计算

半测回归零差=起始方向目标 A 的水平度盘读数 a - 观测各目标后再次瞄回目标 A 的读数 a'

二倍照准误差 $(2c) = \text{盘左读数} - (\text{盘右读数} \pm 180^\circ)$

盘左、盘右平均读数 $= \frac{1}{2}[\text{盘左读数} + (\text{盘右读数} \pm 180^\circ)]$

一测回归零方向值=平均读数一起始方向平均读数

各测回归零方向平均值=各测回同一方向归零方向值之和 $\div$ 测回数

目标间的水平角=右边归零方向平均值 - 左边归零方向平均值

以上计算方法最好与教材表 3-2 相对照,可加深对这部分内容的理解。所得计算结果应符合教材表 3-3 的限差要求,如果其中任一项超出规定都不能往下计算,必须重新观测。

(2)测竖直角的方法 用中丝切准目标并读数后,用下式计算角值

$$\text{盘左 } \alpha_L = 90^\circ - L$$

$$\text{盘右 } \alpha_R = R - 270^\circ$$

$$\text{一测回竖直角值 } \alpha = \frac{1}{2}(\alpha_L + \alpha_R)$$

当竖盘指标水准管气泡居中时,竖盘读数不是 90° 的整倍数,其读值与 90° 整倍数的差值即为竖盘指标差,计算指标差的公式

$$x = \frac{1}{2}(\alpha_R - \alpha_L) = \frac{1}{2}(R + L - 360^\circ)$$

式中 α_L, α_R ——分别为盘左、盘右位置得到的竖直角值;

L, R ——分别为盘左、盘右位置的竖盘读数。

在精度要求不高时,可先测定 x 值,然后只作正镜观测,按教材式(3-6)计算竖直角。用正、倒镜观测取竖直角平均值的方法可消除竖盘指标差的影响。

4. 仪器的构造使用,可在阅读课文基础上通过实验加深理解。

5. 经纬仪的检验、校正是难点。由于仪器轴线是不可见的,因此应精读教材 § 3-5 中的内容,明确各主要轴线应满足的几何关系,再通过实际操作掌握检验方法,并由教师作仪器校正示范,了解仪器校正方法。

6. 对教材 § 3-6 的内容只作一般了解,本节讲述了角度测量中的各种误差及减少误差的方法,为学习测量误差(第五章内容)提供了一些基本知识。

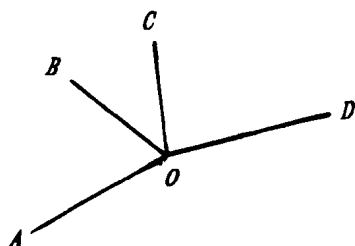


图 5

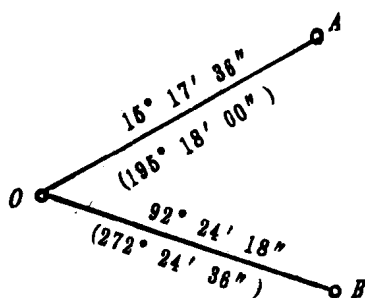


图 7