

高等学校教学用书

測量实验及作业

(增订本)

重庆建筑工程学院測量学教研组編



中国工业出版社

前 言

1. 本書原包括 35 个实验和 6 个作业。在 1958 年的大跃进和教育革命取得胜利的基础上，本着党的教育方针的精神，为了进一步提高教学质量，将原书作了较多的修改，并增添了 7 个实验和 14 个作业。

2. 本书是参照土建、水利等专业测量学教学大纲和教学实习大纲编写的。其中几个实验和作业，是由于教学结合生产的实际需要而加入的。本书大部分实验及作业可作其他专业测量教学参考之用。

3. 每个实验分为目的、要求、仪器、程序、示例等项，并附有空白的实验报告格式。每个作业也分为目的、要求、工具、方法等项，并附有题纸，以便采用或参考。

重庆建筑工程学院测量学教研组

1961 年 9 月

目 录

甲、实验 3

实验一	距离丈量	3
实验二	罗盘仪皮尺导线测量	5
实验三	经纬仪的使用	7
实验四	经纬仪的检验与校正(平 盘部分)	8
实验五	测回法测水平角	11
实验六	全圆测回法测水平角	13
实验七	复测法测水平角	13
实验八	经纬仪钢尺导线测量	15
实验九	经纬仪碎部测量	17
实验十	求积仪量面积	19
实验十一	定镜水准仪的检验与校正	21
实验十二	活镜水准仪的检验与校正	24
实验十三	水准测量	27
实验十四	三(四)等水准测量	30
实验十五	路线中线测量(钉定里程 椿)	32
实验十六	纵横断面水准测量	34
实验十七	面水准测量	36
实验十八	经纬仪的检验与校正(竖 盘部分)	38
实验十九	视距常数的测定	39
实验二十	视距导线测量	40
实验二十一	视距地形测量	42
实验二十二	平板仪的检验与校正	44
实验二十三	平板仪测量	46
实验二十四	平板仪图解三角网	48
实验二十五	经纬仪图解交会法	50
实验二十六	基线丈量	52
实验二十七	小三角测量	54
实验二十八	线形锁测量	54
实验二十九	空盒气压计高程测量(单 气压计法)	55
实验三十	草测	57
实验三十一	偏角法测设圆曲线	59
实验三十二	直角坐标法测设圆曲线	60
实验三十三	弦线延长法测设圆曲线	62
实验三十四	测设抛物线作路线平曲线	63
实验三十五	测定烟囱的倾斜	64
实验三十六	椿钉已知坡度线	66
实验三十七	建筑方格网的测设	67
实验三十八	建筑物定位与龙门板放线	69

实验三十九	建筑物高度的测定	70
实验四十	小型土坝和小型桥梁的椿 定	72
实验四十一	太阳同高法观测真方位角	73
实验四十二	观测北极星东西大距定真 方位角	75

乙、作业 77

作业一	惯用符号与比例尺的绘制及 依等高线制地形模型	77
作业二	在模型上进行导线测量并繪 出导线草图	78
作业三	误差及精度计算	79
作业四	游标及分微尺读数练习	81
作业五	导线坐标计算及导线平面图 的绘制	81
作业六	前方交会点的坐标计算	85
作业七	中点多边形的平差计算	88
作业八	完全四边形的平差计算	91
作业九	单三角锁的平差计算	93
作业十	线形锁的坐标计算	96
作业十一	水准尺读数练习	106
作业十二	水准网的平差计算(波波夫 法)	107
作业十三	路线水准测量手簿的填写与 计算练习	109
作业十四	纵横断面水准测量手簿的整 理及纵横断面图的绘制	110
作业十五	根据高程繪等高线图示范	113
作业十六	地形图的应用(一)	114
作业十七	地形图的应用(二)	116
作业十八	放样工作中的坐标反算問 題	117
作业十九	工业建筑区施工放样图的編 制	118
作业二十	竖曲线的计算	120

附录 123

测量实验须知	123
一、进行实验	123
二、领借仪器	123
三、爱护仪器	123
四、测量记录	125
测量实验报告	126
主要参考文献	172

甲、实 驗

实验一 距 离 丈 量

目的：1. 練習量距的基本动作，掌握要領，培养成細心謹慎，防止錯誤及爱护仪器的好习惯。

2. 練習步测，并求自己每步之長。

要求：鋼卷尺量距的相对誤差不得超过 $\frac{1}{3000}$ ，步测距离的相对誤差不得超过 $\frac{1}{100}$ 。

仪器：鋼卷尺 1，測針 1 圈（每圈 6 根），标杆 2，大垂球 2，測斜板 1，木椿 3，斧 1，布袋 1，記錄板 3，量距傾斜改正表 1。

程序：

甲、鋼卷尺平地量距

1. 在地上釘 AB 兩木椿，相距約 150 米，椿頂露出地面約 1 厘米。在椿頂釘小洋釘，或划十字綫，作为点位的標誌。在 B 椿之后立起标杆，如圖所示 $\square_A \cdots \cdots \square_B$ 。

2. 后測手持測針一根，測針圈一个，手執鋼尺零端立于起点 A ，前測手持測針五根及尺之末端（20 米处）前进，并沿丈量方向將尺拉直。

3. 后測手將測針插在起点，并將鋼尺零端大致对正測針，指揮前測手左右移动，当前測手位于丈量方向內时，后測手喊“放”，前測手即將鋼尺放置地上。

4. 后測手再度指揮当鋼尺末端恰在丈量方向綫內时，即喊“好”，此时前后測手將鋼尺适当拉紧，后尺零端对准測針刃口时后測手喊“好”，前測手取測針將刃口对准鋼尺末端插入地面。

5. 量完第一整尺后，后測手拔起 A 点測針，在 A 点后立起标杆，兩人拉尺前进。当后測手走近第一根測針时，高声喊“停”，令前測手停止前进。此时，按上述方法測第二整尺。

6. 同法繼續前进，后測手随时收起前測手所插之測針，当前測手插完五根測針后，后測手随將收得之五根測針遞交前測手，每次遞交应記入手簿。

7. 当量至 B 点后，即依下式計算直綫全長（設鋼尺長为 20 米）：

$$L = 100m + 20n + q$$

式中 L ——直綫長度；

m ——遞交測針次數；

n ——最后一次遞交后，又量过的整尺數；

q ——不到一整尺之數。

8. 同法，从 B 点起返量至 A 点，并用上式計算之，兩次測量長度之差數应不超过全長 $\frac{1}{3000}$ （計算方法見示例）。

乙、斜坡量距

1. 在斜坡上选定 P 、 Q 两点钉木椿，相距约 20 米。
2. 以钢尺量其斜距，并以测斜器量其倾角（作法由教师示范），然后计算其平距。
3. 以钢尺直接量其平距。并与斜量计算之平距比较之。

丙、步测距离

1. 在甲项钢尺量直线时即钉下 C 点，使 $AC=100$ 米，每人用寻常步法往返走四次，用平均步数除 100 米，求出每步之长。
2. 选一未知距离 DE ，每人往返步测两次，按平均步数计算 DE 长度，然后以钢尺丈量验对之，其误差应不超过 $\frac{1}{100}$ 。
3. 每步之长，从脚尖到脚尖，或从脚跟到脚跟均可，但必须记清。

注意：

1. 报尺数时应当只报数字及小数点，例如不可报十三米五分米四厘米六毫米，而应报为一点三四六，写为 13.546。
2. 收卷尺时应左臂夹紧，左手持卷尺盒垂直位于胸前，边向前走边用右手循顺时针方向绞旋卷尺，不可反方向卷，以免折断。注意勿令尺缘划伤手臂。
3. 钢尺不容许车轮碾过或行人践踏，钢尺不得在地上拖行及折扭，在拉尺收尺时，如发现圈结扭缠，应即理开，切勿骤然猛拉。
4. 卷尺有一面英制一面米制者切勿看错。
5. 卷尺之零点位置必须找准。
6. 在丈量前应认清分划，以免读错。
7. 后测手手中之测针数，为已测之整尺数，但地上永远有一测针，做为标记，不算在内。
8. 实习时教师示范表演，同学应注意步骤、姿态、手势、读数等等动作。

示例：

甲、钢卷尺量直线

次数	方向	量得长度 (米)	平均长度 $\frac{(AB+BA)}{2}$ (米)	差数 ($AB-BA$) (米)	精度 $\left(\frac{\text{差数}}{\text{平均长度}}\right)$
1	AB	168.548	168.533	0.030	$\frac{1}{5600}$
2	BA	168.518			

乙、斜坡量距

次数	方向	量得斜距 (米)	倾斜角	倾斜改正数 (米)	改正及长度 (米)	平均长度 $\frac{1}{2}(PQ+QP)$ 米	差数 ($PQ-QP$) (米)	精度 $\left(\frac{\text{差数}}{\text{平均长度}}\right)$
1	PQ	15.372	$+15^{\circ}30'$	-0.559	14.813	14.817	0.008	$\frac{1}{1800}$
2	QP	15.375	$-15^{\circ}26'$	-0.554	14.821			

丙、(1)求每步之長

距 离 $AC=100$ 米				
次 数	1	2	3	4
步 数	122.3	121.8	123.0	122.9

平均步数=122.5; 每步之長 $\frac{100}{122.5}=0.82$ 米。

(2)步測距离

次 数	方 向	步 数	平 均 步 数
1	DE	151	151.5
2	ED	152	

已知个人每步之長=0.82

步測結果 $DE=0.82 \times 151.5=124.23$

鋼卷尺丈量結果 $DE=123.71$

誤差 = 0.52

精度 = $\frac{\text{誤 差}}{\text{鋼卷尺丈量結果}} = \frac{0.52}{123.71} = \frac{1}{240}$

实验二 罗盘仪皮尺导线测量

目的: 練習讀磁方位角和磁象限角, 掌握讀磁針的要領, 并用方位角或象限角計算夾角。

要求:

1. 必須明确罗盘仪的性能, 熟悉觀測任一直線方向的方法。

2. 讀数至 $\frac{1^\circ}{4}$, 导线角閉合差不得超过 $20' \sqrt{n}$, n 为导线角数。

仪器: 罗盘仪 1, 标杆 2, 木椿 5, 卷尺 1, 測針 1 圈, 斧 1, 布袋 1, 記錄板 2。

程序:

1. 先选 A, B, C, D, E 五个导线点, 組成多边形, 各点以木椿标志, 导线边長 30—50 米。

2. 用卷尺丈量各边長, 讀至厘米, 記入手簿。

3. 安置罗盘仪在 A 点上, 插标杆于 E, B 兩点; 放下磁針, 整平仪器, 轉动罗盘仪瞄准 E 点, 讀 AE 之方位角 (或象限角)。同法測得 AB 之方位角 (或象限角)。

4. 置罗盘仪于 B 点, 同上法觀測 BA 及 BC 之方位角 (或象限角)。同样, 繼續在 C, D, E 各点觀測。

5. 如系方位罗盘, 讀得的方位角須換算为象限角。反之; 如系象限罗盘, 亦須換算

为方位角，以資練習。

6. 根据各边的方向及边長，按 $\frac{1}{500}$ 比例尺繪出略圖。

7. 参考略圖，根据方位角（或象限角）計算內夾角。

8. 內角和应等于 $(n-2) \cdot 180^\circ$ ；当閉合差在容許範圍內則平均分配或酌情分配于某些角（如正反方位角不符值較大之边或短边的鄰角）。

9. 因为局部吸引不影响夾角之值，故如有局部吸引，則当角閉合差分配后，再根据一条無局部吸引的边之方位角及改正后之內角計算各边的方位角（或象限角）。

注意：

1. 在罗盤上讀数之前，須先辨清那是磁針北端；并注意磁針已否放下与轉动是否靈活。

2. 当觀測直綫方向时，刻度圈上的北(N)字向前，应讀磁針北端；反之，南(S)字向前則讀磁針南端。

3. 讀数方法：刻度不管反时針或順时針方向，讀数总是从小往大。

4. 导綫每边的正反方位角应相差 180° ；正反象限角應該大小相等，方向相反。借此可檢查有無局部吸引或其他錯誤。

5. 罗盤仪在移站时，磁針应先固定。当長期存放时磁針要放下。

示例：

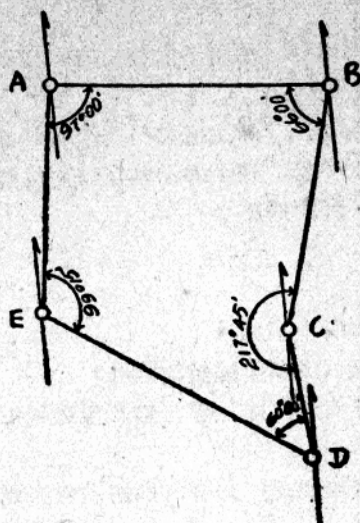
甲、記錄：

測站	測点	距 离	磁 方 位 角	磁 象 限 角	內 角	改正內角	改 正 象 限 角
A	E		192°00'	S 12°00' W	97°00'	97°00'	S 12°00' W
	B	41.30	95°00'	S 85°00' E			S 85°00' E
B	A		273°00'	N 87°00' W	66°00'	66°00'	N 85°00' W
	C	43.45	207°00'	S 27°00' W			S 29°00' W
C	B		28°15'	N 28°15' E	218°00'	217°45'	N 29°00' E
	D	27.95	170°15'	S 9°45' E			S 8°45' E
D	C		351°15'	N 8°45' W	60°00'	60°00'	N 8°45' W
	E	49.25	291°15'	N 68°45' W			N 68°45' W
E	D		111°15'	S 68°45' E	99°15'	99°15'	S 68°45' E
	A	49.56	12°00'	N 12°00' E			N 12°00' E

总和 = 540°15'

(-540°00')
角閉合差 = +15'

乙、略圖



实验三 经纬仪的使用

目的：练习经纬仪对中、整平、瞄准、读数的基本方法，并掌握其各项要领。

要求：

1. 对中误差，小于5毫米。
2. 整平误差，小于1格。
3. 消除视差，正确瞄准。
4. 度盘两次读数的差数，应不大于最小读数。

仪器：经纬仪1，测针1圈，斧1，木椿1，伞1，布袋1。

预习：经纬仪的构造，游标原理，望远镜的调节。

程序：先在地上打木椿，椿顶钉小钉，或画十字。另在远处插测针，其后竖立标杆。

甲、经纬仪对中

1. 将经纬仪连接在三脚架上，松开三脚架腿 upper 螺旋，高度适当，挂上垂球，使尖端大约对准测站。
2. 摆动或伸缩三脚架之一条腿，用目估法使架头成水平。
3. 适当扭紧三脚架 upper 螺旋，并将经纬仪之三个(或四个)脚螺旋扭成一样高，此时水平度盘则大致水平。
4. 两手各持三脚架之一腿，右腋夹一腿，将仪器整个的抱到测站上，使垂球尖端尽量对准测站中心。
5. 将三脚架脚尖踏入地中，力求稳固。如果架头不平，可再踩三脚架腿或伸缩三脚架腿。
6. 松动连接螺旋或脚螺旋，在架头平面上微微滑动经纬仪，使垂球确实对准测站中心，至垂球之尖端离测站之中心偏差不超过5毫米为止。
7. 适当扭紧中心螺旋。

乙、用游标盤上水准管整平

1. 令水准管平行于一对脚螺旋，用兩手依相反方向扭动此二脚螺旋，則水泡向左手姆指之移动方向移动，使气泡居中。
2. 游标盤順时針方向約轉 90° ，同法扭动另一个脚螺旋或另一对脚螺旋整平之。
3. 再轉 90° ，重复整平水准管，直至游标盤在任何位置时，气泡离开中心位置不超过一格。如游标有两个水准管，可同时整平。

丙、用望远鏡瞄准目标

1. 固定水平度盤（下盤）。
2. 对着天空調节目鏡，看清十字絲。
3. 用鏡筒上准星瞄准目标（或順望远鏡筒瞄准）。
4. 扭动对光螺旋，令目标清晰，固定游标盤及望远鏡后，微动游标盤及望远鏡，使十字絲之交点对准目标。
5. 眼睛上下移动，檢查有無視差。如有，則扭动对光螺旋消除之。

丁、讀游标

1. 認出度盤分划值及游标最小讀数。
2. 認清游标的指标，讀出度数及整分数，并估計余零分秒数。
3. 順刻度的方向，在游标內找得分划重合綫，讀得分秒数，与度数及分数相加，即得应讀之讀数。
4. 如系分微尺，則須先認清度盤分划值、分微尺指标，然后讀度数及分秒数。

实验四 經緯仪的檢驗与校正(平盘部分)

目的：

1. 熟悉經緯仪各部分的構造及应有的关系。
2. 获得經緯仪檢驗与校正的技能与經驗。

要求：

1. 各部校正适当精确。如十字豎絲应位于垂直于水平軸之平面上，望远鏡視准軸应垂直于水平軸及望远鏡水平軸应垂直于豎軸等每项关系。經校正后，其誤差对于水平方向之影响，应不超过最小讀数之半（当豎直角不超过 60° 时）。
2. 撥正仪器时，必須十分小心謹慎，爱惜国家財產，每人应当不畏懼也不冒失。

仪器：經緯仪 1，鋼卷尺 1，測針一圈，撥針 1，傘 1，改刀 1，記錄板 3。

程序：

1. 一般的檢查：

先作一般性的檢查，如制动螺旋是否可靠，微动螺旋彈簧之力量是否足够，豎軸、橫軸旋轉是否灵活，望远鏡成象是否清晰，三角架是否牢穩等等。当仪器进行檢驗校正时三角架应特別穩固。

2. 上盤水准管軸应垂直于豎軸

- a. 檢驗——固定下盤轉动上盤，使水准管平行于一个脚螺旋与豎軸之联綫，轉动該脚螺旋使气泡居中，然后使水准管平行于其他兩個脚螺旋，再使气泡居中，旋轉 180° ，

气泡应仍然居中，否則校正。

6. 校正——

(1) 撥动水准管之校正螺旋，使气泡返回一半。

(2) 轉动脚螺旋，使气泡居中。

(3) 將平盤轉 90°，轉动脚螺旋使气泡居中。

(4) 重复进行檢驗校正。

(5) 最后，平盤轉至任何位置时，兩水准管之气泡均准确居中。

3. 十字絲應垂直于水平軸

a. 檢驗——固定上下盤，以十字絲交点瞄准一明晰点（無視差），使望远鏡繞水平軸微微轉动，点的象应不离开十字絲。否則校正。

6. 校正——松开十字絲环相鄰的两个校正螺旋，微微轉动十字絲环，反复檢驗轉动，直至观测时无显著誤差为止（实际上方向誤差，不超过最小讀数之半）。

4. 視准軸應垂直于水平軸

a. 檢驗——將仪器安平，固定下盤，轉动上盤，瞄准一个远距离且大致与仪器同高而明确的目标，由近目鏡的游标求出平均讀数（分秒为两个游标的平均值）設为：

$$\alpha_1 = 213^\circ \frac{41'}{43'} = 213^\circ 42'$$

調換望远鏡位置（原为盤左，換为盤右，或原为盤右換为盤左）轉动上盘，重新瞄准原目标，又由近目鏡的游标（与第一次非同一游标）求出平均讀数，設为：

$$\alpha_2 = 213^\circ \frac{33'}{35'} = 213^\circ 34'$$

α_1 与 α_2 应当相等（只一个游标者，应相差 180°），否則校正，

6. 校正——先求平均值：

$$\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{213^\circ 42' + 213^\circ 34'}{2} = 213^\circ 38'$$

然后用上盤微动螺旋使近目鏡之游标的平均讀数为 213°38'，此时十字絲交点即离开了原来目标。撥正时，先略松十字絲环上下之一個螺旋，而后用左右两个螺旋，先松一个，后紧一个，使十字絲交点重新与原目标重合。

撥正之后，应当再做一次檢驗，至無显著誤差为止。

5. 望远鏡水平軸應垂直于豎軸

a. 檢驗——安平仪器在高目标 P 附近 (20~30 米)，用盤左瞄准 P 点，固定上、下盤，俯傾望远鏡使大致水平，在視綫上标出一点 a ；再以盤右仰視 P 点，同法在 a 点旁标出一点 b 。 a 、 b 应重合，否則校正。

6. 校正——取 ab 之中点 c ，微动上盘或下盤，使視綫瞄准 c 点。然后仰視 P 点，此时 P 的像点必不落在十字絲交点上。用水平軸一端支架上的校正螺旋，松一个紧一个，使水平軸之一端抬高或降低（应首先判断該端应抬高或降低），这样使視綫对准 P 点。再次檢驗，至观测时无显著誤差为止。

6. 望远鏡視准面应通过罗盤上之零直徑

a. 檢驗——由望远鏡瞄准一目标，再由零直徑兩端瞄准时，則应同遇此目标，如不能相遇則校正。

6. 校正——用罗盤度盤之校正螺旋，轉動刻度盤，使由零直徑兩端瞄准与由望遠鏡瞄准之方向一致。并再次檢驗無显著之誤差为止。

注意：

①校正螺旋成对者，应注意先松一个后紧一个，否則螺旋会撥断。如發現誤差太大，則显然檢驗有錯誤，应再檢驗一次。此时应加警惕，注意螺旋的安全。

②每步校正完畢后，校正螺旋应适当的扭紧。

③在实际工作中，校正仪器可勿需記錄，惟同学實習时，应按照〔示例〕逐步做出記錄。

④各步檢驗后，如無显著誤差，則可不校正，但小組同学應該討論一下，如需校正时，应如何进行？

示例：

①一般的檢查——豎軸及橫軸轉動靈活，上下盤及豎盤之制動螺旋均有效，微動螺旋彈簧力量均勻，尤以下盤微動螺旋为甚，仅能在壓縮一半以后，方有足够的力量，使用时必須注意。

②使上盤水准管軸垂直于豎軸——

檢驗(平盤轉 180°)之次數	偏 差 之 格 数	
	水 准 管 I	水 准 管 II
1	4.0	2.0
2	1.5	0.7
3	0.2	1.2
4	0.0	0.1

③使十字豎絲垂直于水平軸——明显点(目标)离仪器之距离 20~30 米。

檢 驗 之 次 数	誤 差 是 否 显 著
1	显 著
2	显 著
3	不 显 著

④使視准軸垂直于水平軸——

第一次檢驗： $\alpha_1 = 213^\circ \frac{41'}{43'} = 213^\circ 42'$,

$\alpha_2 = 213^\circ \frac{33'}{35'} = 213^\circ 34'$,

$\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{213^\circ 42' + 213^\circ 34'}{2} = 213^\circ 38'$

第二次檢驗： $\alpha_1 = 213^\circ \frac{37'}{39'} = 213^\circ 38'$ }

$\alpha_2 = 213^\circ \frac{37'}{39'} = 213^\circ 38'$ }

⑤使望遠鏡水平軸垂直于豎軸——望遠鏡与建筑物之距离 20~30 米。

檢 驗 次 數	a b 兩 點 距 離 (米)
1	0.024
2	0.004
3	不 显 著
4	

⑥使望遠鏡視准面通過羅盤上之零直徑——望遠鏡離目標之距離 20~30 米。

檢 驗 次 數	目標離開望遠鏡視准線之距離 (米)	目標離開零直徑延線之距離 (米)
1	0.00	0.05
2	0.00	0.02
3	0.00	0.001

實驗五 測回法測水平角

目的：熟悉測回法量水平角之步驟。

要求：

1. 每步動作必須抓住要領，循序進行，學習正確的、良好的操作方法。
2. 測同一角盤左與盤右之差數，不應超過 $2t$ 。
3. 測站角度閉合誤差應不超過 $1.5 t \sqrt{n}$ ， t 為游標之最小讀數， n 為測角之個數。

儀器：經緯儀 1，木椿 4，測針 1 圈，標杆 3，斧 1，布袋 1，傘 1，記錄板 3。

程序：安置經緯儀於 O 站（如圖），對中整平。順次測 AOB ， BOC 及 COA 三個角。對中、整平瞄準之方法同實驗三，其他順序如下：

1. 如圖，先測 AOB 角，十字絲交點瞄準左邊 A 点后，讀游標 I 與游標 II，求平均讀數，得 α_1 之值。

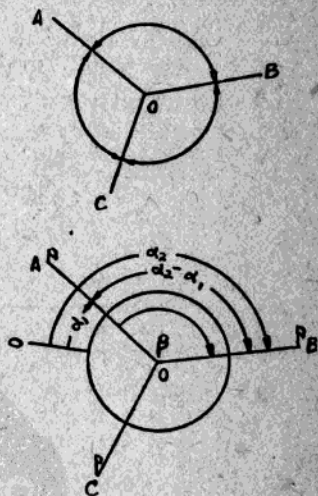
2. 鬆開上盤，當十字絲交點瞄準右邊 B 点后，再讀游標 I 與游標 II，求平均讀數，得 α_2 之值。

3. 觀測角 $AOB = \beta = \alpha_2 - \alpha_1$ 。以上為半測回，系用望遠鏡之盤左位置。

4. 為了削弱儀器之各項誤差的影響，又用望遠鏡之盤右位置，同法測後半測回。為了消除相同的錯誤發生和刻度不均勻的誤差發生，後半測回是先將水平度盤轉動約 90° 固定之，再開始用盤右觀測。

5. 盤左盤右合為一測回，角度平均數為所求之結果。

6. 同法量 BOC 角及 COA 角，三個角和之限差不能超過 $1.5 t \sqrt{n}$ 的規定。



注意:

1. 讀数时应記清那个是主游标 (普通用第 I 或 A 游标作主游标)。
2. 讀数之步驟为: (1) 讀度盤, (2) 讀游标, (3) 二者相加。
3. 如为双游标, 則順时針方向量角, 讀順时針刻度之游标, 反时針方向量角, 讀反时針方向刻度之游标, 不可讀錯。
4. 讀度盤时, 即順便估計分秒之概数, 如此可节省讀游标之時間。
5. 夾角 $\beta = \alpha_2 - \alpha_1$, 如 $\alpha_1 > \alpha_2$, 因而不夠減时, 則

$$\beta = (\alpha_2 + 360^\circ) - \alpha_1.$$
6. 瞄准第二目标时, 切勿用下盤的制动螺旋及微动螺旋。
7. 三脚架不应过高或过矮, 約与眼睛同高。
8. 为了測角准确, 三脚架应当穩定, 將三脚架脚尖踏入土中。中心螺旋适当扭紧。觀測者的动作要輕而穩, 不能用手压扶仪器。
9. 点的編号, 按順时針方向編排。
10. 不可誤做为全圓測回法。
11. 觀測数值, 小組的每个同学都要記下。

示例:

測站	豎盤位置	目 标	平 盤 讀 数									角 度			平 均 角 度		
			游 标 I			游 标 II			平 均								
			°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"
0	左	A	24	52	00	53	00	00	24	52	30	121	48	00	121	48	00
		B	146	40	00	41	00	00	146	40	30						
	右	A	123	41	30	41	30	30	123	41	30	121	48	00			
		B	245	29	00	30	00	00	245	29	30						
0	左	B	122	24	00	24	00	00	122	24	00	152	12	30	152	12	00
		C	274	36	30	36	30	30	274	36	30						
	右	B	213	29	00	28	00	00	213	28	30	152	11	30			
		C	5	40	00	40	00	00	5	40	00						
0	左	C	100	01	00	01	00	00	100	01	00	85	58	00	85	58	30
		A	185°	58	30	59	30	30	185°	59	00						
	右	C	201	00	00	01	00	00	201	00	30	85	59	00			
		A	286	59	00	00	00	00	286	59	30						

$$\begin{aligned}
 \text{容許誤差} &= 1.5 \sqrt{n} \\
 &= 1.5 \times 1' \times \sqrt{3} \\
 &= \pm 2' .6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{总和} &= 359^\circ 58' 30'' \\
 &\quad 360^\circ \quad (-) \\
 \text{誤差} &= -0^\circ 01' 30''
 \end{aligned}$$

实验六 全圆测回法测水平角

目的：练习全圆测回法量水平角之步骤和归算方法。

要求：

1. 在每半个测回中，第一边首次与末次读数之差不应超过最小读数的两倍。
2. 每一个方向盘左盘右读数之差应为一常数，否则其变动不应超过最小读数之两倍。

仪器：经纬仪 1，木桩 4，测针 1 圈，标杆 3，斧 1，布袋 1，伞 1，记录板 3。

程序：

1. 如图，安平仪器于 O 站。固定下盘。
2. 盘左，顺时针旋转上盘，分别瞄准 A、B、C、A 各点，记下读数，以上为前半测回。

3. 盘右，按反时针方向依次观测 A、C、B、A 各点，记下读数，此为后半测回。

为了消除刻度不均的误差和提高精度，可以测几个测回。每次起始读数改变 $\frac{360^\circ}{2n}$ 。式内 n 为测回数。

示例：

测回	目	读 数		$2c =$ [左- (右± 180°)]	平均读数 [左+(右 ±180°)]	归 零 后 之 方 向	各测回归 零 方 向 平 均 值	略 图 及 角 值	备 注
		盘 左	盘 右						
站数	标	° / ' / "	° / ' / "	"	° / ' / "	° / ' / "	° / ' / "		
1 2 3	4	5	6	7	8	9	10		
1	A	0 00 00	180 01 00	-60	0 00 38 0 00 30	0 00 00	0 00 00		
	B	60 32 30	240 33 30	-60	60 33 00	60 32 22	60 32 48		
	C	135 03 00	315 03 30	-30	135 03 15	135 02 37	135 02 41		
	A	0 00 30	180 01 00	-30	0 00 45				
2	A	90 00 00	270 00 00	00	89 59 45 90 00 00	0 00 00			
	B	150 32 30	330 33 30	-60	150 33 00	60 33 15			
	C	225 02 00	45 03 00	-60	225 02 30	135 02 45			
	A	89 59 30	269 59 30	00	89 59 30				

示例说明：

上例表内 4、5 两栏为野外观测记录。6 栏为两倍视准误差，用以检查瞄准读数和操作仪器等动作的精度。7 栏是求盘左、盘右方向读数之平均值。此后，又将 A 点方向的首末两个读数之平均值予以平均，作为 A 点方向读数。如例内 $0^\circ 00' 38'' = \frac{0^\circ 00' 30'' + 0^\circ 00' 45''}{2}$ ； $89^\circ 59' 45'' = \frac{90^\circ 00' 00'' + 89^\circ 59' 30''}{2}$ 是。

实验七 复测法测水平角

目的：练习重复测角操作及计算之方法。

要求：水平角测站闭合差不超过 $t\sqrt{n}$ ， t 为最小读数， n 为测角之个数。

仪器：复测经纬仪 1，木桩 4，斧 1，测针 1 圈，标杆 3，布袋 1，伞 1，记录板 3。

程序：

1. 如图安置仪器于 O 站，在远方选定目标 A 、 B 、 C 三点，先以盘左位置测 AOB 角三次，其步骤如下：

a. 置游标 I 读 $0^{\circ}00'00''$ （或其附近），松下盘，瞄准 A 点，记游标 I 之平均读数。

6. 松上盘，瞄准 B 点，固定上盘，记游标 I 之读数，作为以后计算之参考。

b. 勿动游标之读数，松下盘，顺时针方向再瞄准 A 点，然后松上盘，量 AOB 角之第二遍（不必读数）。

r. 同上，测第三遍使有三个 AOB 的角值连续相加于度盘上，记游标 I 之平均读数，以上为半测回。

2. 然后再以盘右位置测 BOA 角（即 AOB 之周余角）三次，其步骤如下：

a. 换盘右位置勿动游标之读数，松下盘，顺时针方向瞄准 B 点，检验游标 I 之平均读数有无移动并记录之。

6. 测 BOA 角三次（惟须注意测时应由 B 点起仍按顺时针方向转到 A 点），连盘左测之 AOB 之三次，共六次（内外角各三次）连续加于盘上，记游标 I 之平均读数，则应在 $0^{\circ}00'$ 附近，以上共为一测回。

3. 同法测 BOC 、 COA 角各一测回。

4. 如示例计算 AOB 、 BOC 、 COA 之角值。

示例：

测角	竖位 盘置	复次 测数	目 标	游 标 读 数		平均 读 数	n 倍 角	角 值	平均角值	改正角值
				I	II					
A O B	左	0	A	0°00'00"	00'40"	0°00'20"	391°15'40"	130°25'13"	130°25'13"	130°25'14"
		1	B	130°25'00"						
		3	B	31°15'40"	16'20"	31°16'00"				
	右	0	B	31°15'40"	16'20"	31°16'00"	391°15'40"	130°25'13"		
		3	A	0°00'20"	00'20"	0°00'20"				
B O C	左	0	B	0°00'00"	01'00"	0°00'30"	330°03'10"	110°01'03"	110°01'16".5	110°01'18"
		1	C	110°01'00"						
		3	C	330°03'20"	04'00"	330°03'40"				
	右	0	C	330°03'20"	04'00"	330°03'40"	330°04'30"	110°01'30"		
		3	B	359°58'40"	59'40"	359°59'10"				

續表

測角	豎位盤置	復次測數	目標	游標讀數		平均讀數	n 倍角	角 值	平均角值	改正角值
				I	II					
C	左	0	C	0°00'00"	00'40"	0°00'20"	358°40'40"	119°33'33"		
		1	A	119°33'20"						
O		3	A	358°40'40"	41'20"	358°41'00"	358°40'00"	119°33'20"	119°33'26".5	119°33'28"
		0	A	358°40'40"	41'20"	358°41'00"				
A	右	3	C	0°00'40"	01'20"	0°01'00"				

和 359°59'56".0 360°00'00"
360°00'00".0

誤差 -0°00'04"

- 注意：1. 計算 n 倍夾角與計算 1 倍夾角相同，也是前視讀數減後視讀數（如 AOB 角，即 B 點讀數減 A 點讀數）。
 2. 由量 BOA 而計算 AOB ，不必先算出 BOA 再算 AOB ，而可仍用盤上讀數，直接計算 AOB —即仍是 B 點讀數減 A 點讀數。
 3. B 點讀數減 A 點讀數，應注意加 n 個 360° 的問題。
 4. 操作當中無論旋轉上盤或下盤時都要順時針方向。
 5. 復測法測角所要求精度較高，所以 A 、 B 、 C 等測點的位置必須用測針十分明確標出。

實驗八 經緯儀鋼尺導線測量

目的：

1. 實地了解導線測量的過程。
2. 復習測角量距之程序及要領。

要求：

1. 導線點選定合理。
2. 盤左與盤右兩次測角的不符值應小於 $2t$ 。 t 為游標最小讀數。
3. 角度閉合差 f 應不超過 $\pm 1.5t\sqrt{n}$ 。 n 為測站數。
4. 距離往返各測一次，相對誤差應不超過 $\frac{1}{2000}$ 。

儀器：經緯儀 1，鋼尺 1，木樁 6，測針 1 圈，斧 1，標杆 3，布袋 1，垂球 2，傘 1，小洋釘 6，記錄板 3。

程序：

甲、選點：

順時針方向繞測區選 A 、 B 、 C 、 D 四點，組成四邊形，各打木樁，樁頂釘小洋釘或畫十字。各導線點處須便於安設儀器，相鄰兩點要能通視，量距方便，並照顧碎部測量的便利。

乙、量邊：

用鋼尺量各邊的水平和距離，讀至厘米，應往返各測一次，如達到精度，則取平均值。

丙、測角：

用測回法施測導線之右角。進行之順次為：

1. 安置儀器於 A 點，盤左後視 D 點，前視 B 點，各讀平盤平均讀數及磁方位角或磁象限角。如距離較近，為了準確，可在樁頂插一測針，觀測時瞄準測針之最下部份。

2. 用盤右同法再測一次。盤左換盤右時，上盤應約轉 90° ，以消除度盤刻度不均勻的誤差。

3. 用后視平均讀數減前視平均讀數即得測站之右角。盤左與盤右兩次測得角值之差應小於 $2t$ 。并由磁方位角或磁象限角計算夾角，校核有無大的錯誤。

4. 同法測得其他各站之右角。

5. 按公式 $f_\beta = \sum_{i=1}^n \beta_{\text{測}} - (n-2) \times 180^\circ$ 計算角度閉合差，如不超過 $1.5t\sqrt{n}$ ，則調整之。其原則為平均分配。或分配給短邊相鄰之角，或分配給觀測結果較差之角，或湊余零秒數為整分數。但任何一角的改正數，均不得超過游標最小讀數。

6. 根據邊長與夾角繪一略圖。并繪指北針。註明比例尺。

丁、各導線點之座標計算及導線平面圖之繪制見作業五。

戊、導線略圖：比例尺： $\frac{1}{2000}$ ，并將角度閉合差標于圖內（略圖見 17 頁）。

己、示例：閉合導線測量手簿：

測 站	目 標	水 平 度 盤 讀 數									角 值			平 均 角 值			改 正 后	角 值		磁 方 位 角	或 象 限 角	邊 長			
		游 標 I			II			平 均																	
		°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"						
A	D 盤左	34	14		15			34	14	30	89	36	30												
	B	123	51		51			123	51	00				89	+1	36	00	89	37	00					
	D 盤右	122	07		08			122	07	30				89											
	B	211	43		43			211	43	00															
B	A 盤左	0	52		53			0	52	30	89	33	00												
	C	90	25		26			90	25	30				89	+1	33	00	89	34	00					
	A 盤右	91	17		18			91	17	30	89	33	00												
	C	180	50		51			180	50	30															
C	B 盤左	234	34		35			234	34	30	73	00	30												
	D	307	34		36			307	35	00				73	00	00	73	00	00						
	B 盤右	323	21		22			323	21	30	72	59	30												
	D	36	21		21			36	21	00															
D	C 盤左	95	03		04			95	03	30	107	48	30												
	A	202	52		52			202	52	00				107	+1	48	00	07	49	00					
	C 盤右	181	47		47			184	47	00	107	47	30												
	A	292	34		35			292	34	30															

和 $359^\circ 57' 00''$ $360^\circ 00' 00''$

$360^\circ 00'$

$f_\beta = -3'$

$f_{\beta\%} = 1.5t\sqrt{4} = \pm 3'$