

第四章 角度测量

主讲教师：马明舟
测绘工程教研室
2015-3

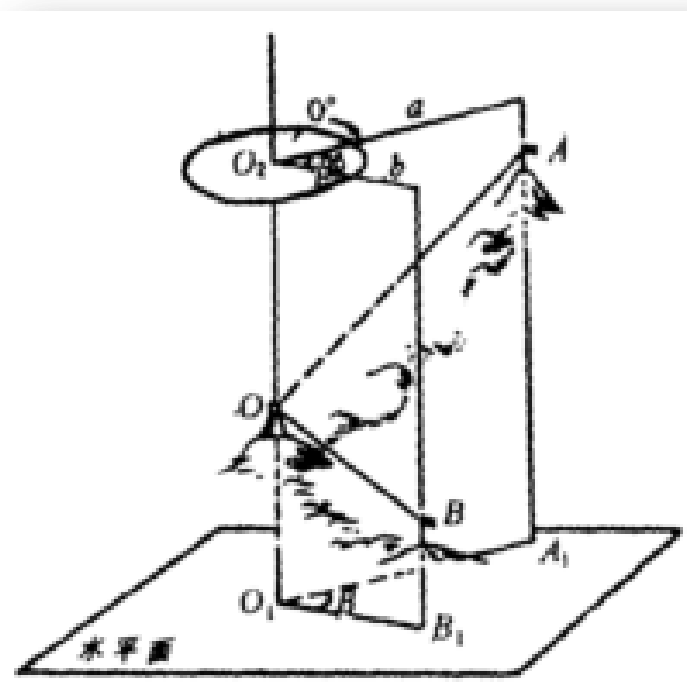
第四章 角度测量

- 第一节 角度测量原理
- 第二节 光学经纬仪
- 第三节 水平角观测
- 第四节 竖直角测量
- 第五节 水平角观测的误差及消除措施

第一节 角度测量原理

▶ 一、水平角和水平角测量原理

- ▶ 1.水平角：如图所示， A 、 O 、 B 是地面上任意三点，空间直线 OA 和 OB 在水平面上的投影分别为 O_1A_1 和 O_1B_1 ，则 O_1A_1 和 O_1B_1 的夹角 β 即为两直线 OA 和 OB 间的水平角。故所谓水平角（*Horizontal Angle*），就是包含测站点到两目标方向线的铅垂面的夹角。

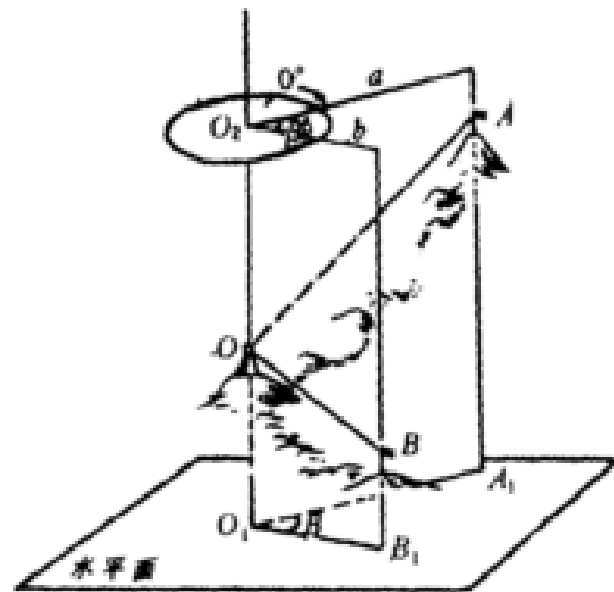


第一节 角度测量原理

▶ 一、水平角和水平角测量原理

▶ 2.水平角测量的原理

- ▶ 在两个竖面交线 OO_1 （铅垂线）一点 O_2 处放置一个按顺时针注记的全圆量角器（称为水平度盘），其中心在交线 OO_1 上，且度盘的平面与 OO_1 垂直，两竖面分别在水平度盘上截取读数 a 、 b ，则对应的圆心角即为水平角，记作 β ：



$$\beta_{AOB} = a - b$$

第一节 角度测量的原理

▶ 二、竖直角和竖直角测量的原理

▶ 1. 竖直角的定义

▶ 指在同一铅垂面内，照准方向线与水平线的夹角，也称垂直角，常用“ α ”表示。

▶ 照准方向线在水平线之

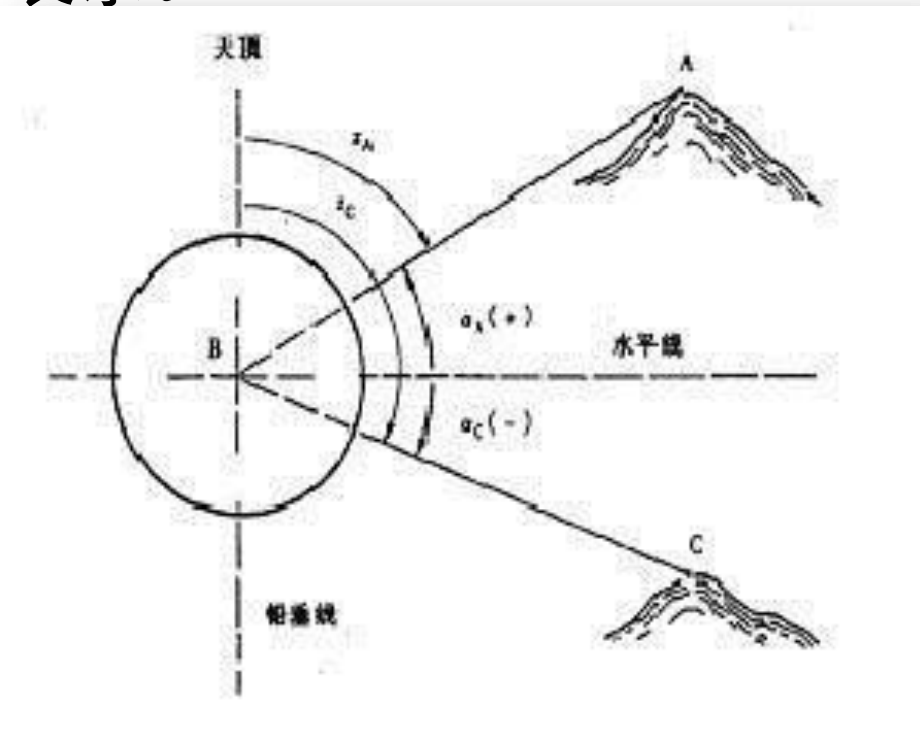
▶ 上时称为仰角，角值为

▶ 正；

▶ 照准方向线在水平线之

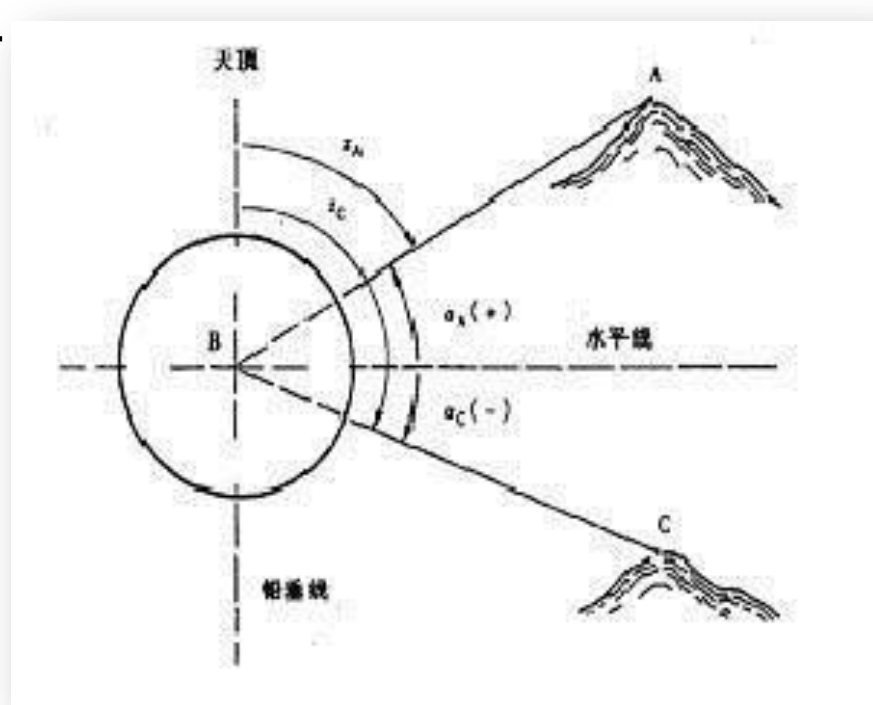
▶ 下时称为俯角，角值为

▶ 负。



第一节 角度测量的原理

- ▶ 二、竖直角和竖直角测量的原理
- ▶ 2. 竖直角测量的原理
- ▶ 如图，如测定BA两点间竖直角大小，则在B点处安置一个竖直的度盘，度盘的中心在B点处，照准A点，则视线BA和同面内的水平
- ▶ 视线在度盘上截取的读数
- ▶ 即可求得竖直角，记作
- ▶ α_{BA}

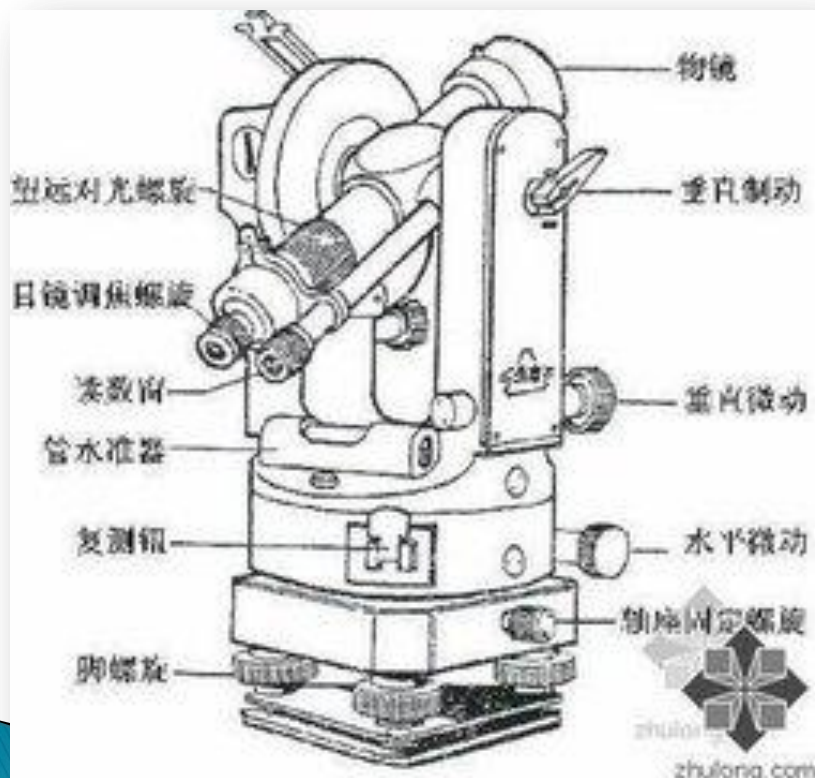


第二节 光学经纬仪

- ▶ 角度测量的仪器——经纬仪
- ▶ 游标经纬仪、**光学经纬仪**、电子经纬仪
- ▶ 型号：DJ07、DJ1、**DJ2**、**DJ6**、DJ15、DJ60
- ▶ ①DJ表示“大地测量”和“经纬仪”
- ▶ ②数字表示仪器精度，代表该型号仪器野外一测回方向中误差不超过该数值，单位：秒（"）

第二节 光学经纬仪

一、DJ6型基本构造及各部件作用

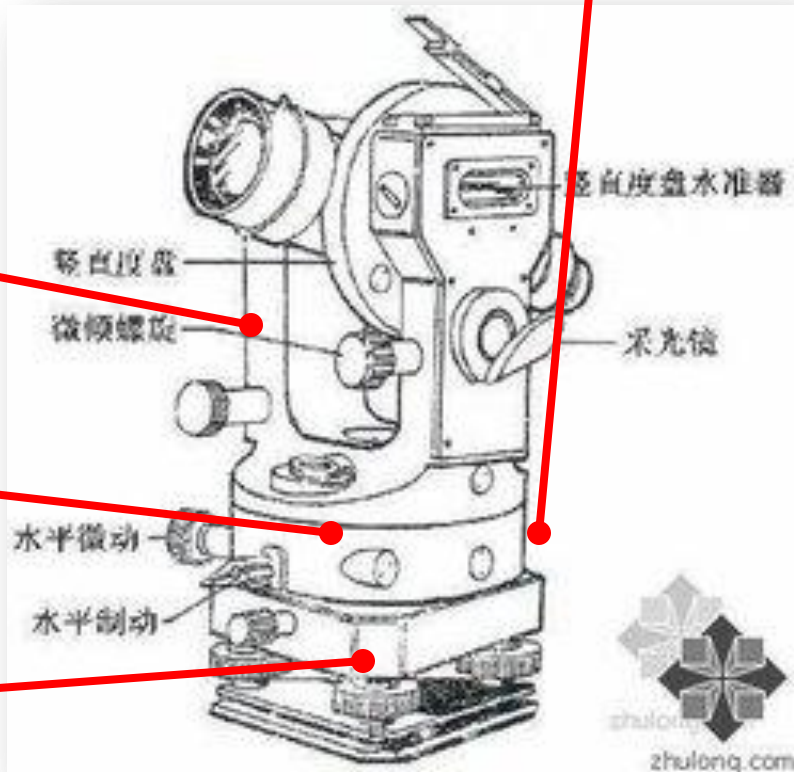


第二节 光学经纬仪

对中设备

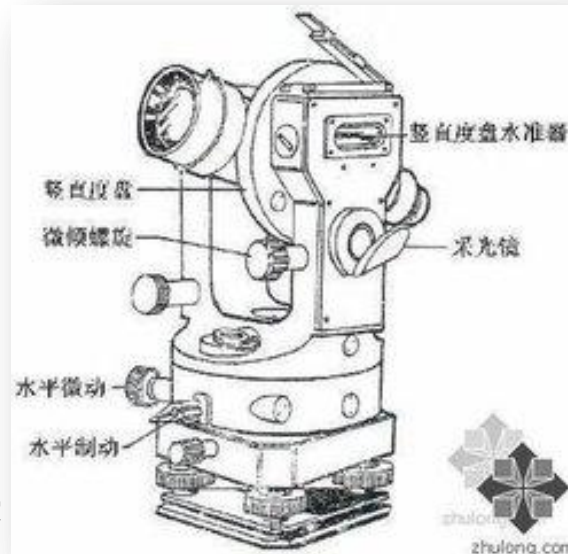
一、DJ6型基本构造及各部件作用

- 照准部
- 水平度盘
- 基座部分



第二节 光学经纬仪

- ▶ 一、DJ6型基本构造及各部件作用
- ▶ 1.基座部分
- ▶ 作用：支撑整个仪器，连接三脚架
- ▶ 部件及作用：
- ▶ 脚螺旋（ $\times 3$ ）和圆水准器：整平仪器；
- ▶ 中心连接螺旋：连接仪器和三脚架。



第二节 光学经纬仪

水平度盘外部金属外壳上设有两个螺旋：

照准部制动螺旋

照准部微动螺旋

- ▶ 一、DJ6型基本构造及各部件作用
- ▶ 2.水平度盘
- ▶ 作用：用于水平角测量，度盘边缘顺时针刻注 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，度盘的中心轴与仪器竖轴同轴。
- ▶ 当照准部转动时，水平度盘不动，指针在水平度盘上截取读数，两个方向读数的差值即为水平角。
- ▶ 配合部件：
- ▶ 变换水平度盘手轮：转动水平度盘，改变指针读数位置。

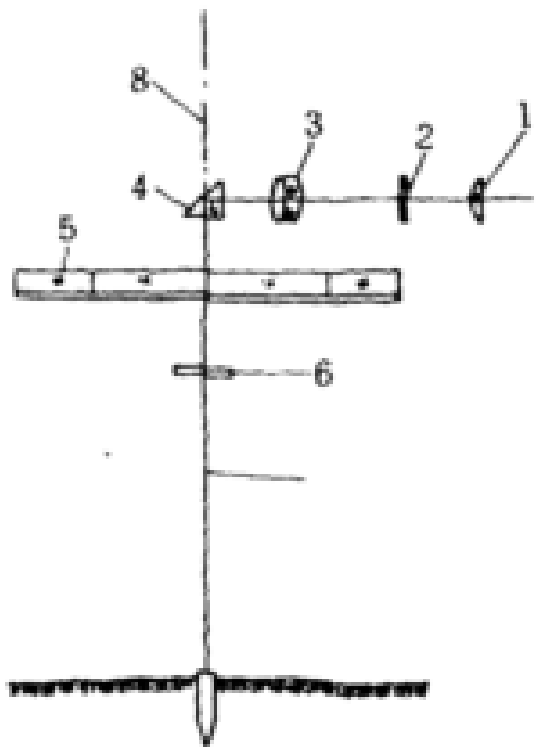
第二节 光学经纬仪

水平度盘外部金属外壳上设有两个螺旋：
照准部制动螺旋
照准部微动螺旋

- ▶ 一、DJ6型基本构造及各部件作用
- ▶ 3.照准部
- ▶ 作用：瞄准目标及读数。
- ▶ 部件构成：
 - ▶ (1) U型支架 (2) 望远镜 (3) 竖直度盘
 - ▶ (4) 水准管 (5) 望远镜制动螺旋
 - ▶ (6) 望远镜微动螺旋 (7) 竖盘指标水准管
 - ▶ (8) 竖盘指标水准管微动螺旋
 - ▶ (9) 读数显微镜目镜 (10) 反光镜

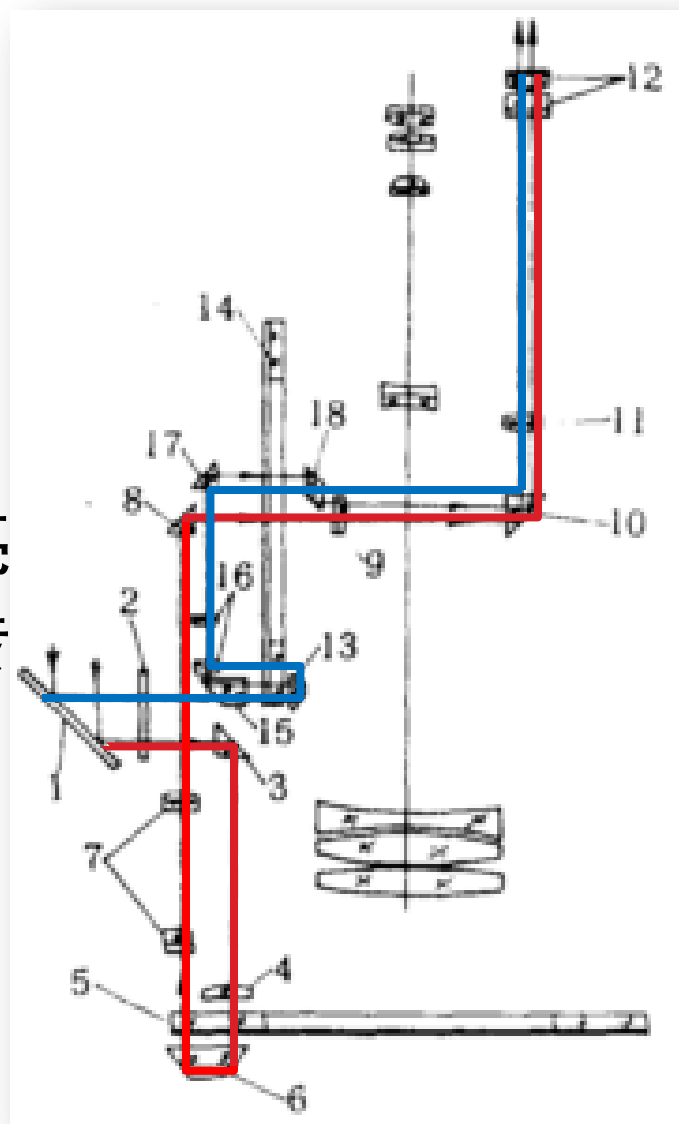
第二节 光学经纬仪

- ▶ 一、DJ6型基本构造及各部件作用
- ▶ 4.对中装置：光学对中器
- ▶ 作用：使仪器竖轴与测站点的铅垂线重合。
- ▶ 结构原理：



第二节 光学经纬仪

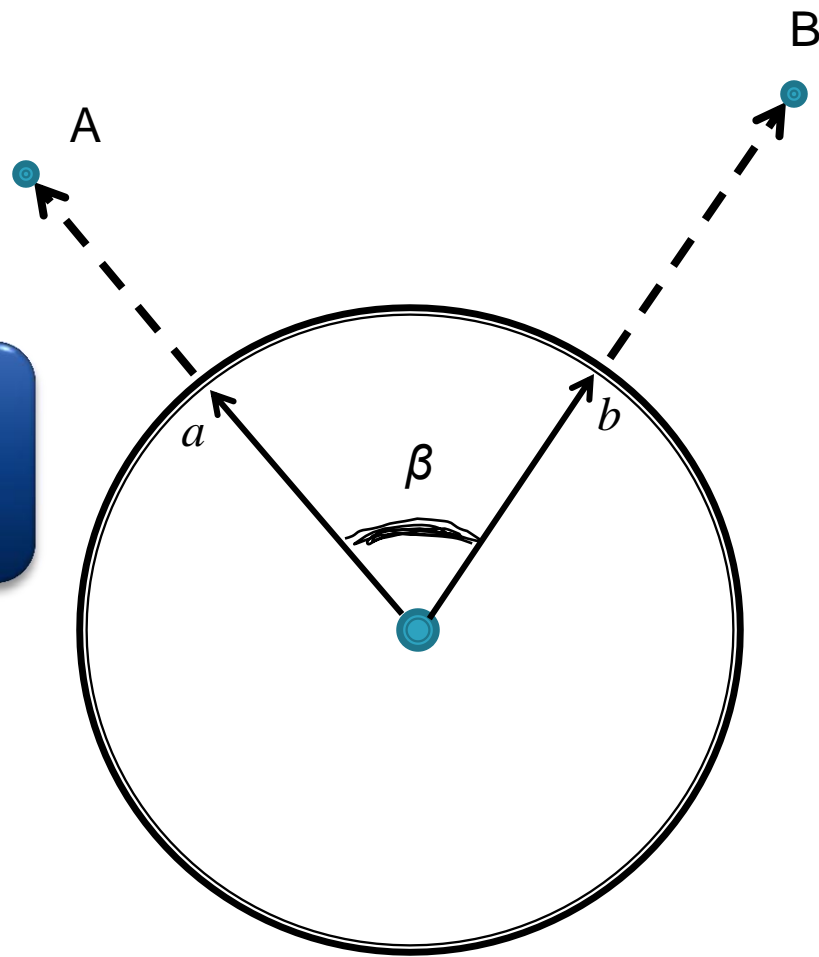
- ▶ 二、DJ6型度盘读数设备及读数方法
- ▶ 1. 读数显微镜的成像原理
- ▶ 自然光线经过反射镜1，进入U型支架内，经过棱镜的折射，照亮度盘和读数指针，然后在将成像传递至读数显微镜目镜内。
- ▶ **红色线路：表示水平度盘光线**
- ▶ **蓝色线路：表示竖盘光线**



第二节 光学经纬仪

- ▶ 二、DJ6型度盘读数设备及读数方法
- ▶ 2.度盘构造及读数原理
- ▶ 水平度盘

$$\text{水平角 } \beta = b - a$$

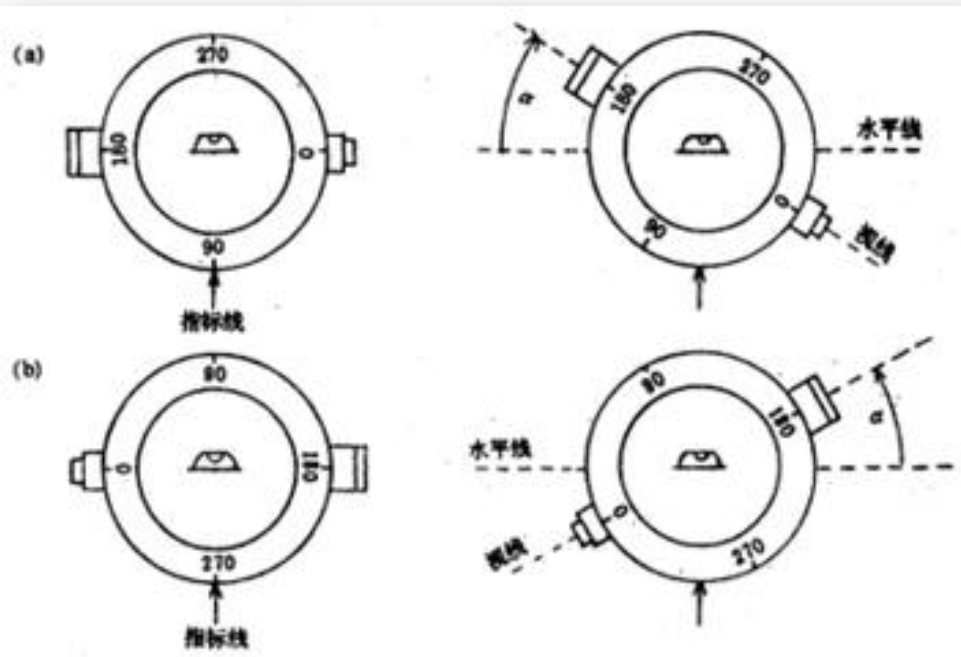


第二节 光学经纬仪

- ▶ 二、DJ6型度盘读数设备及读数方法
- ▶ 2.度盘构造及读数原理
- ▶ **竖盘**

注意：竖直角有正负，仰角为正，俯角为负；
记录竖直角必须写“±”号

盘左位置
竖直角 $\alpha = 90^\circ - L$
盘右位置
竖直角 $\alpha = R - 270^\circ$



Hz

第二节 光学经纬仪

二、DJ6型度盘读数设备及 读数方法

3. 读数方法

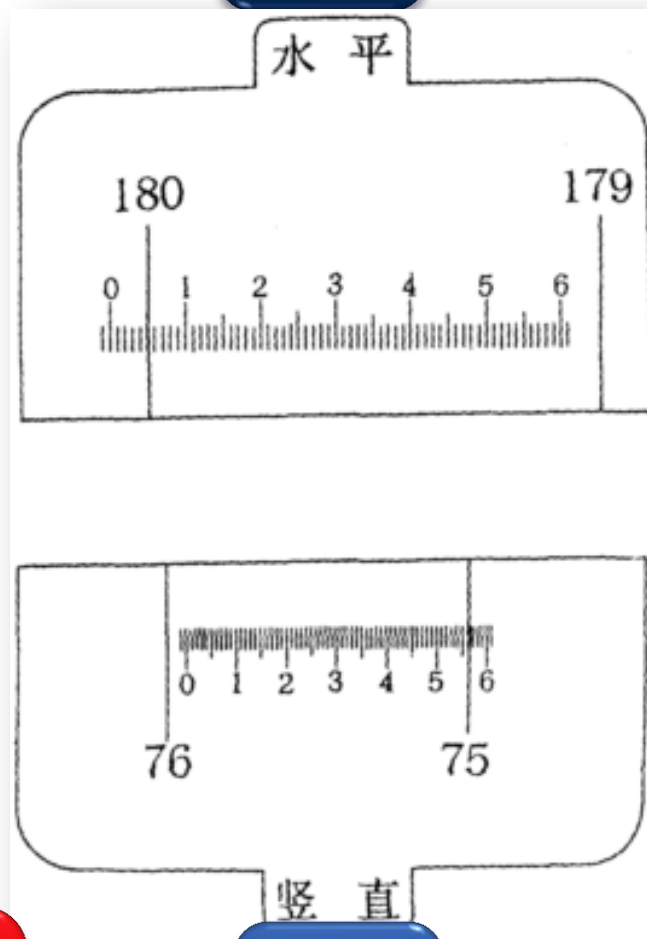
水平度盘和竖盘的读数方法一致

(1) 首先看度盘上那根长指针位于分划尺中，即为度；

(2) 分划尺0端至长指针有多少个小格，记为分；

(3) 不足一个部分估读秒；

分划板为 1° ，共60小格，最小刻划为 $1'$ ，应估读至秒位，最小读数为 $6''$ 的整数倍！



V

第三节 水平角观测

▶ 一、经纬仪的操作过程

口诀：
对中、整平、再对中、
再整平、瞄准、读数

- ▶ 对中：即使经纬仪的竖轴与测站点铅垂线重合；
- ▶ 整平：即使经纬仪的水平度盘与水平面平行。
- ▶ 对中和整平，均包含有粗略和精确两个过程。

第三节 水平角观测

- ▶ 一、经纬仪的操作过程
- ▶ （一）安置仪器
- ▶ 首先，将经纬仪三脚架打开，调节架腿长度至适当位置，拧紧蝴蝶螺旋；
- ▶ 三脚架安置于测站点上，架头大致水平，透过连接螺旋的中心应能看到地面点；
- ▶ 取出仪器，安置于架头，拧紧。连接螺旋

第三节 水平角观测

▶ 一、经纬仪的操作过程

▶ （二）粗略对中

- ▶ 1.通过光学对中器，观察对中器中心黑色刻划线圈与测站点中心位置；
- ▶ 2.若刻划线圈成像模糊，通过旋转对中器目镜上的调焦螺旋，使成像清晰；
- ▶ 3.若测站点成像模糊，通过对中器的伸缩，使成像清晰；
- ▶ 4.用眼睛观察**对中器目镜**，两手抬起**两支架腿**，以第三只架腿为轴转动，使光学对中器中心与测站点中心重合后，轻轻放下两支架腿，完成粗略对中。

第三节 水平角观测

▶ 一、经纬仪的操作过程

▶ （三）粗略整平

▶ 1.观察经纬仪基座圆水准器气泡位置；

▶ 2.通过调节架腿的长度，使圆水准器气泡居中：

▶ 具体的方法：

▶ 双手握住一只脚架，松开蝴蝶螺旋，用指力缓慢提升或降低架腿长度，眼睛观察气泡移动方向。

第三节 水平角观测

▶ 一、经纬仪的操作过程

▶ （四）精确对中

- ▶ 粗略整平后，对中遭到轻微破坏。观察对中器中心与测站点中心位置，若：
 - ▶ 偏移较小时，通过调节三个脚螺旋，使对中器严格对中；
 - ▶ 偏移较大时，应轻微连接螺旋，在架头上平移仪器，使对中器严格居中。

第三节 水平角观测

▶ 一、经纬仪的操作过程

▶ （五）精确整平

- ▶ 1.转动照准部使水准管方向与两只脚螺旋连线方向平行，按照左手法则，转动脚螺旋（双手、相向），使水准管气泡居中；
- ▶ 2.照准部水平转动 90° ，使水准管方向与刚才的方向垂直，转动第三只脚螺旋，使水准管气泡居中；
- ▶ 3.精确整平后，应转动经纬仪至任意方向作水准管气泡的居中检核。

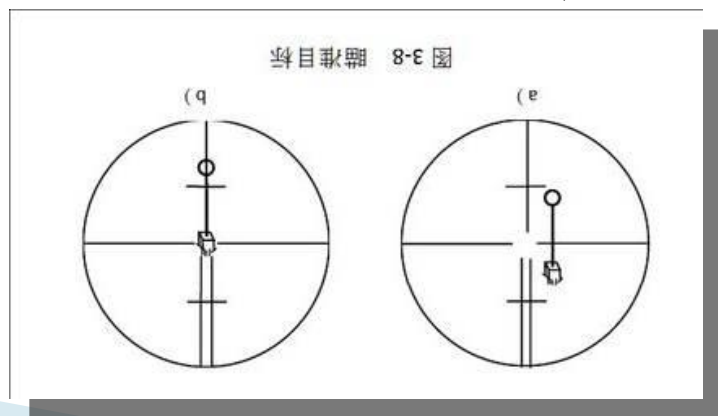
注意：精确整平后，观察对中器若发生偏移，则反复操作精确对中和精确整平两步，直至对中器严格对中并水准管气泡任意方向严格居中为止。

第三节 水平角观测

▶ 一、经纬仪的操作过程

▶ （六）瞄准目标

- ▶ 1. 松开**照准部制动螺旋**和**望远镜制动螺旋**；
- ▶ 2. 望远镜瞄准白墙或天空，调节目镜对光螺旋，使十字叉丝成像清晰；
- ▶ 3. 用望远镜镜筒上方的**粗瞄器**粗略瞄准目标后，拧紧制动螺旋；
- ▶ 4. 通过望远镜微动螺旋和照准部微动螺旋，准确瞄准**目标底部**。



第三节 水平角观测

▶ 二、水平角观测方法

▶ （一）概念

▶ **盘左**：当观测者正对望远镜目镜时，竖盘在望远镜左侧位置，称为盘左位置（简称盘左），又称正镜。

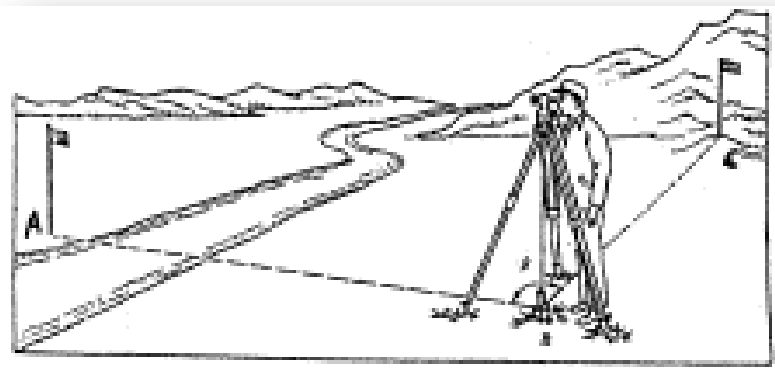
▶ **盘右**：当观测者正对望远镜目镜时，竖盘在望远镜右侧位置，称为盘右位置（简称盘右），又称倒镜。

▶ （二）水平角观测方法

▶ **测回法**：适用于一个测站点上**仅有一个水平角**（两个方向）的观测；

▶ **全圆方向法**：适用于一个测站点上有**多个水平角**（多个方向）的观测。

第三节 水平角观测



▶ (二) 水平角观测方法

▶ 1. 测回法

▶ 适用条件：一个测站点上仅观测一个水平角（两个方向），如图所示。

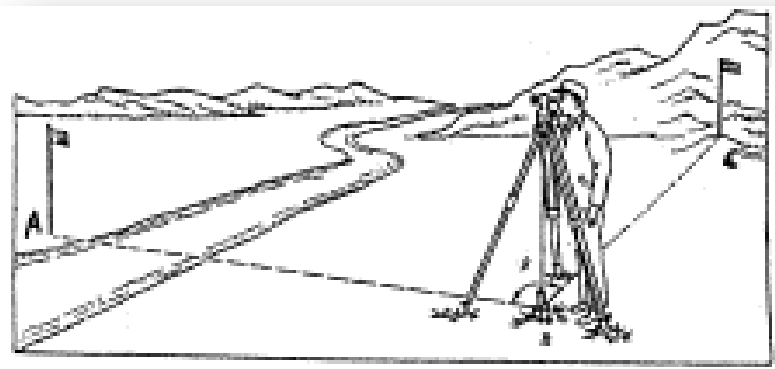
▶ 观测方法步骤：

- ▶ ① 在O点安置经纬仪，A、B两点竖立标杆（测钎）；
- ▶ ② **盘左位置**瞄准左目标A，转动变换水平度盘手轮，使水平度盘度数**略大于零度**，如：读数为 $a_{左}=0^{\circ}30'48''$ ，由记录员记录在记录纸上；

观测前，应填写表头、测站、盘位、目标等信息。

仪器型号:		日期:		观测:	
工程名称:		天气:		记录:	
测站	盘位	目标	水平盘读数° ' "	半测回 值° ' "	一测回 值° ' "
O	左	A	0°30'48" ①	③	⑦
		B	②		
	右	A	⑤	⑥	
		B	④		

第三节 水平角观测



▶ (二) 水平角观测方法

▶ 1.测回法

▶ ③ 松开照准部制动螺旋，**顺时针旋转照准部**，瞄准右边的目标B，得读数 $b_{左} = 125^{\circ}45'06''$ ；盘左半测回（称上半测回）水平角值为

$$\beta_{左} = b_{左} - a_{左} = 125^{\circ}45'06'' - 0^{\circ}30'48'' = 125^{\circ}14'18''$$

▶ ④ **松开望远镜制动螺旋和照准部制动螺旋，纵转望远镜成盘右位置瞄准目标B**，得读数 $b_{右} = 305^{\circ}45'42''$ ；

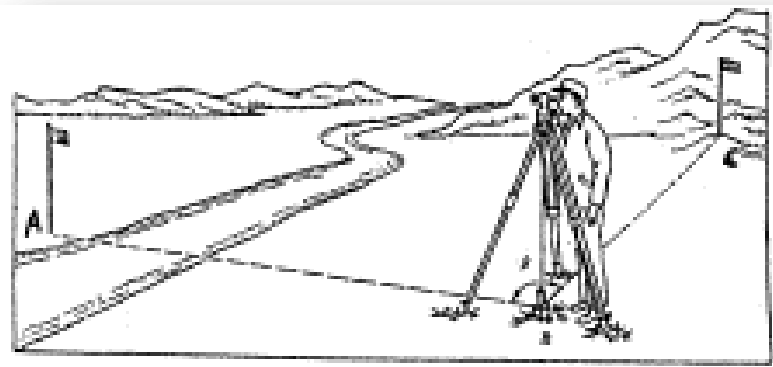
▶ ⑤ 松开照准部制动螺旋，逆时针旋转照准部瞄准目标A，得读数 $a_{右} = 180^{\circ}31'18''$ ；则盘右半测回（称下半测回）角值为

$$\beta_{右} = b_{右} - a_{右} = 305^{\circ}45'42'' - 180^{\circ}31'18'' = 125^{\circ}14'24''$$

半测回水平角互差应 $\leq 40''$ 。

仪器型号:		日期:		观测:	
工程名称:		天气:		记录:	
测站	盘位	目标	水平盘读数° ' "	半测回 值° ' "	一测回 值° ' "
O	左	A	0°30'48" ①	125°14'18" ③	125°14'21" ⑦
		B	125°45'06" ②		
	右	A	180°31'18" ⑤	125°14'24" ⑥	
		B	305°45'42" ④		

第三节 水平角观测



▶ (二) 水平角观测方法

▶ 1. 测回法

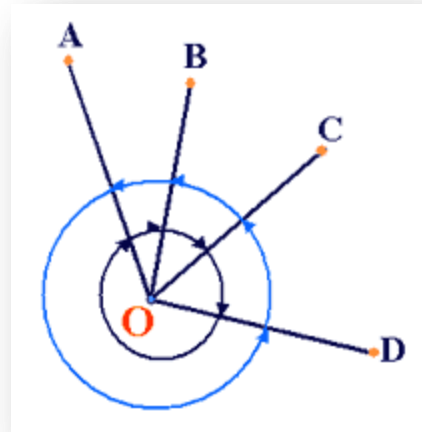
▶ 为提高观测精度，相关测量规范中，测回法采用多测回观测，如表所示，各测回互差不超相应规范要求。

等级	导线长度 km	平均边长 km	测角中误差 (秒)	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测回数			方位角闭合差 (秒)	导线全长相对闭合差
						1 秒级 仪器	2 秒级 仪器	6 秒级 仪器		
三等	14	3	1.8	20	1/150000	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	$\cong 1/55000$
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	4	6	—4	$5\sqrt{n}$	$\cong 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	1/30000	—	2	4	$10\sqrt{n}$	$\cong 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	—	1	3	$16\sqrt{n}$	$\cong 1/10000$
三级	0.1	0.1	12	15	1/7000	—	1	2	$24\sqrt{n}$	$\cong 1/5000$

各测回盘左起始方向的读数应设置为略大于

$$\frac{180^\circ}{n} \times (i-1)$$

第三节 水平角观测



▶ (二) 水平角观测方法

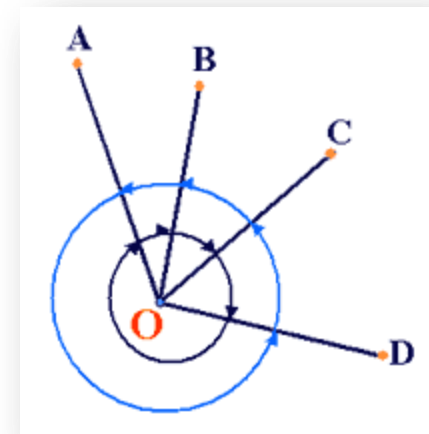
▶ 2.全圆方向法

▶ 适用条件：一个测站点上有两个以上水平角观测（多个方向）时使用，如图所示。

▶ 观测步骤：

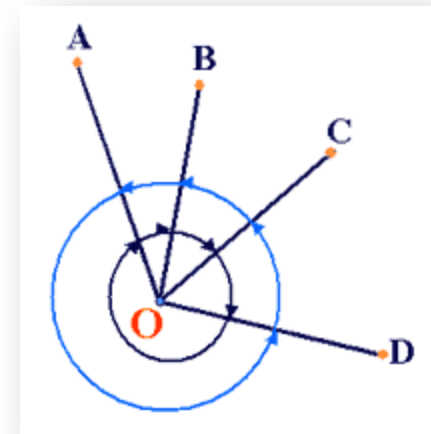
▶ (1) 盘左位置，瞄准起始方向（又称**零方向**如A点）。置度盘度数**稍大于零**，然后**按顺时针方向**依次照准B、C、D各点，每照准一点均读取水平度盘度数，并记入观测手簿，然后还要照准起始方向A点，称为**归零**，并读记读数，从而完成上半测回。**归零的目的是为了检查观测过程中度盘是否发生变动**。半测回中两次照准起始方向的读数之差称为**归零差**，其值按仪器精度不同，规定不同的限制。J6级仪器的规定为24"。当只有三个观测方向时，则不需要进行归零观测，也称为方向法观测。

第三节 水平角观测



- ▶ (二) 水平角观测方法
- ▶ 2.全圆方向法
- ▶ (2) 纵转望远镜。用盘右位置按逆时针方向依次照准A、D、C、B、A目标。每照准一目标点均读记读数，称为下半测回。
- ▶ 上下半测回组成一个测回，数据记录如附表所示。

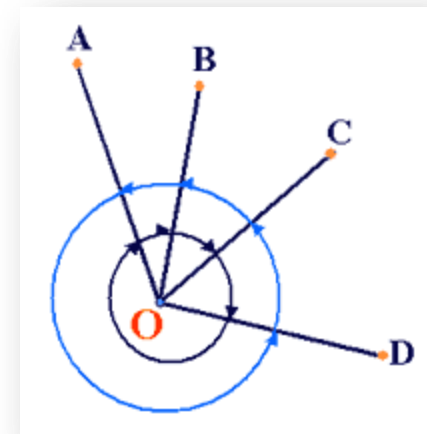
第三节 水平角观测



- ▶ (二) 水平角观测方法
- ▶ 2.全圆方向法
- ▶ 几项计算：
- ▶ (1) 计算半测回归零差 (Δ) (记录表下端)
 - ▶ 盘左： $A_{左}' - A_{左} = 30'' - 18'' = +12''$
 - ▶ 盘右： $A_{右}' - A_{右} = 12'' - 24'' = -12''$
- ▶ (2) 计算同一方向两倍照准差 ($2C$) (记录表5列)
 - ▶ $2C = \text{左} - (\text{右} \pm 180^\circ) \leq \pm 40''$ (J6型)

盘右读数大于 180° 取“ $-$ ”；否则取“ $+$ ”

第三节 水平角观测



- ▶ (二) 水平角观测方法

- ▶ 2.全圆方向法

- ▶ 几项计算：

- ▶ (3) 计算各方向平均读数（记录表6列）

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

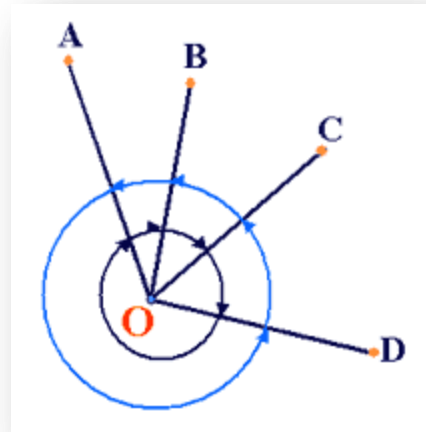
盘右读数大于 180° 取“-”；否则取“+”
起始方向有两个平均读数，应再取一次平均读数

- ▶ (4) 计算各方向归零后观测值（记录表7列）

- ▶ 归零观测值 = 该方向平均读数 - 起始方向平均读数

- ▶ 如OB方向： $38^\circ 41'14'' - 0^\circ 00'21'' = 38^\circ 40'53''$

第三节 水平角观测



- ▶ (二) 水平角观测方法
- ▶ 2.全圆方向法
- ▶ 几项计算:
- ▶ (5) 水平角计算
- ▶ 任意两方向的水平角如 β_{BOC} 的角度为

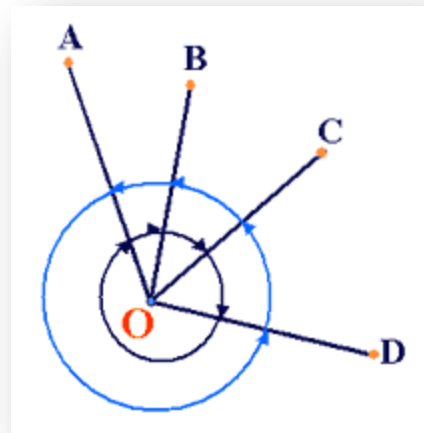
$$\begin{aligned}\beta_{BOC} &= OB_{\text{归零}} - OC_{\text{归零}} \\ &= 74^{\circ} 15'15'' - 38^{\circ} 40'53'' \\ &= 35^{\circ} 34'22''\end{aligned}$$

第三节 水平角观测

▶ (二) 水平角观测方法

▶ 2.全圆方向法

▶ 为提高观测精度，相关测量规范中，全圆方向法采用多测回观测，如表所示，各测回互差不超相应规范要求。



等级	导线长度 km	平均边长 km	测角中误差 (秒)	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测回数			方位角闭合差 (秒)	导线全长相对闭合差
						1 秒级 仪器	2 秒级 仪器	6 秒级 仪器		
三等	14	3	1.8	20	1/150000	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	$\cong 1/55000$
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	4	6	—4	$5\sqrt{n}$	$\cong 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	1/30000	—	2	4	$10\sqrt{n}$	$\cong 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	—	1	3	$16\sqrt{n}$	$\cong 1/10000$
三级	0.1	0.1	12	15	1/7000	—	1	2	$24\sqrt{n}$	$\cong 1/5000$

各测回盘左起始方向的读数应设置为略大于

$$\frac{180^\circ}{n} \times (i-1)$$

第三节 水平角观测

▶ 三、水平角观测注意事项

- ▶ (1) 三脚架要踏实，仪器与脚架连接要牢固，仪器与脚架中心连接螺旋要拧牢，使用各种螺旋用力要轻，**操作仪器时手不要扶三脚架。**
- ▶ (2) 水平角观测过程中，不得再调整照准部水准管。如**气泡偏离中央超过两格时，须重新整平仪器，重测。**阳光较强烈时，要打伞。
- ▶ (3) 当照准目标高低相差较大时，观测前更须注意整平仪器。
- ▶ (4) 目标的标志要铅直，尽可能**用十字丝交点瞄准标杆或测钎底部。**
- ▶ (5) 记录者要复述观测读数，直接记录在记录纸上，不得涂改和改数。当场计算，发现错误，必须立即重测。

第四节 竖直角测量

▶ 一、竖直角测量的用途

倾斜距离改算水平距离时竖直角测量

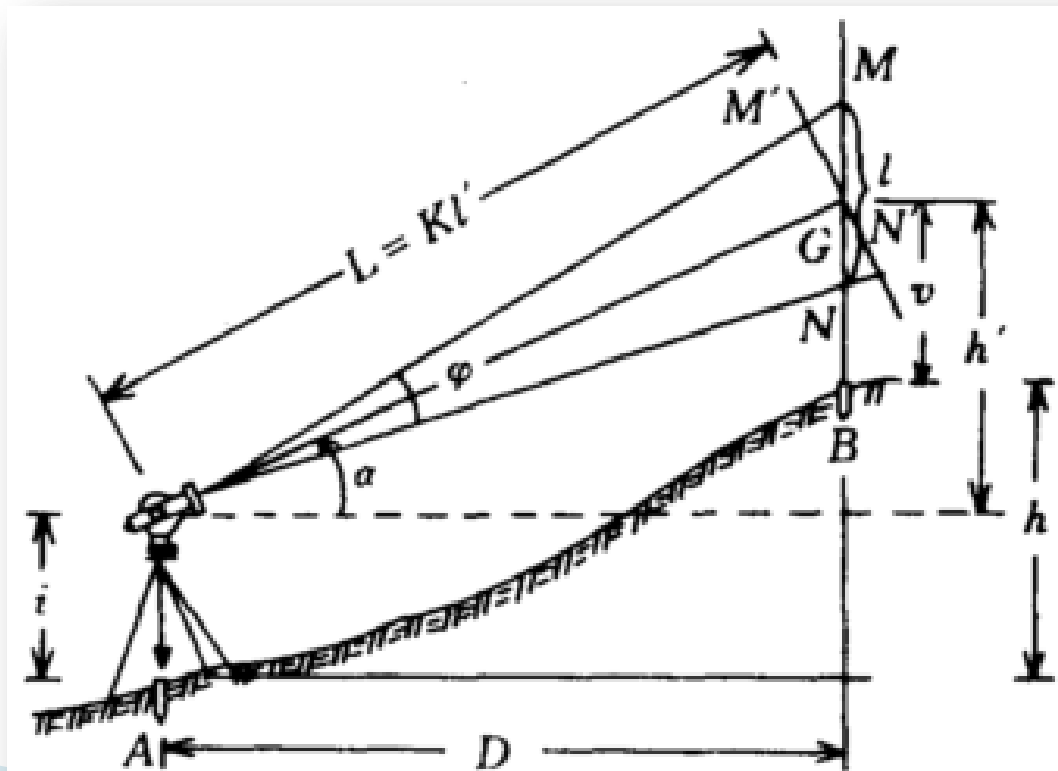
三角高程测量中竖直角测量

这两种测量，都利用了几何学中角度和边长在直角三角形中的关系，运用三角函数来计算。

第四节 竖直角测量

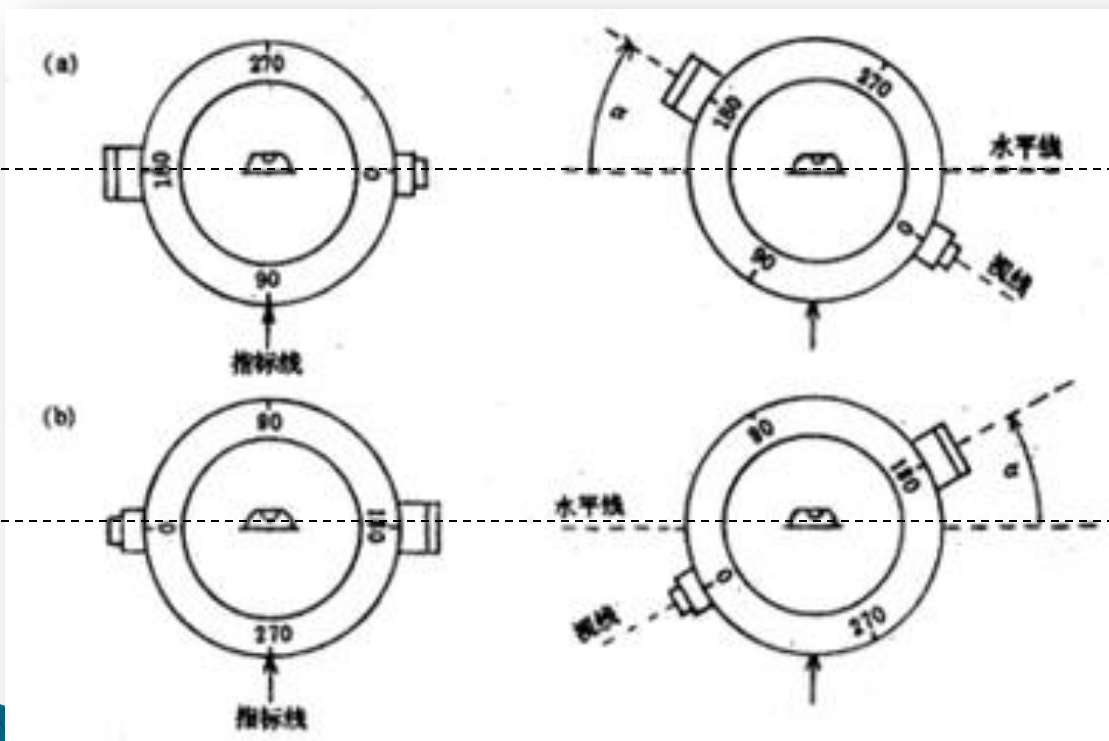
- ▶ 一、竖直角测量的用途
- ▶ (1) 倾斜距离化成水平距离时

$$D_{AB} = L_{AB} \times \cos\alpha$$



第四节 竖直角测量

- ▶ 二、竖盘构造与竖直角测量
- ▶ (一) 竖盘构造及竖直角计算 (回顾第二节度盘构造)

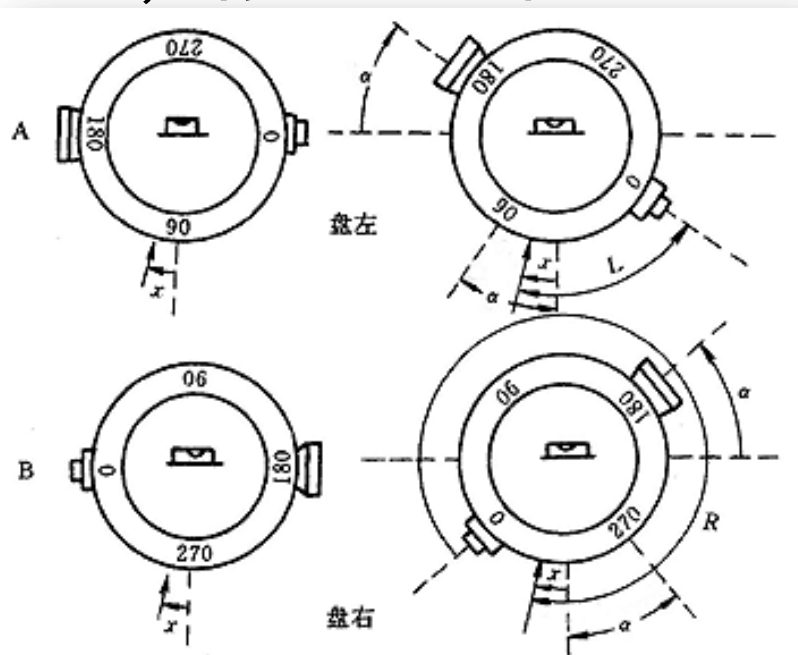


盘左位置
竖直角 $\alpha = 90^\circ - L$
盘右位置
竖直角 $\alpha = R - 270^\circ$

注意：竖直角有正负，
仰角为正，俯角为负；
记录竖直角必须写
“±”号

第四节 竖直角测量

- ▶ 二、竖盘构造及竖直角观测
- ▶ (二) 竖盘指标差
- ▶ 概念：竖盘水准管与竖盘读数指标关系不正确，使视线水平时的读数与应有的读数有一个小的读数差 x ，称为竖盘指标差。



当指标偏移方向与竖盘标记方向一致时，则使读数中增大了一个 x 值，令 x 为正；反之，指标偏移方向与竖盘注记方向相反时，则使读数中减少了一个 x 值，令 x 为负。

第四节 竖直角测量

因此：取盘左、盘右对同一个竖直角观测结果的平均值可适当抵消竖盘指标差，但竖盘指标差不能过大。

▶ 二、竖盘构造及竖直角观测

▶ （二）竖盘指标差

▶ 假设某台仪器的竖盘指标差 x 为正， L 、 R 为盘左盘右的实际读数，则：

① 盘左的正确读数为： $L - x$

② 盘左所测竖直角为： $\alpha = 90^\circ - (L - x)$

③ 盘右的读数为： $R - x$

④ 盘右所测竖直角为： $\alpha = (R - x) - 270^\circ$

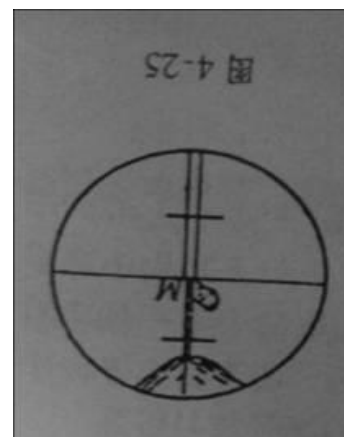
⑤ 取左右盘中数： $\alpha = \frac{1}{2}[(R - L) - 180^\circ]$

⑥ 计算竖盘指标差： $x = \frac{1}{2}[(R + L) - 360^\circ]$

第四节 竖直角测量

因此：取盘左、盘右对同一个竖直角观测结果的平均值可适当抵消竖盘指标差，但竖盘指标差不能过大。

- ▶ 二、竖盘构造及竖直角观测
- ▶ （三）竖直角观测与计算
- ▶ ①在测站上安置经纬仪；
- ▶ ②盘左瞄准目标点A，使十字丝中丝准确的切于目标顶端；
- ▶ ③转动竖盘指标水准管微动螺旋，使竖盘指标水准管气泡居中，读取盘左读数 L （如 $82^{\circ}18'42''$ ），计入记录表第4栏。
- ▶ ④盘右，再照准A点，使竖盘指标水准管气泡居中，读取竖盘读数 R （如 $277^{\circ}41'30''$ ），记如记录表第4栏。
- ▶ ⑤竖角和指标差的计算



竖直角观测记录表

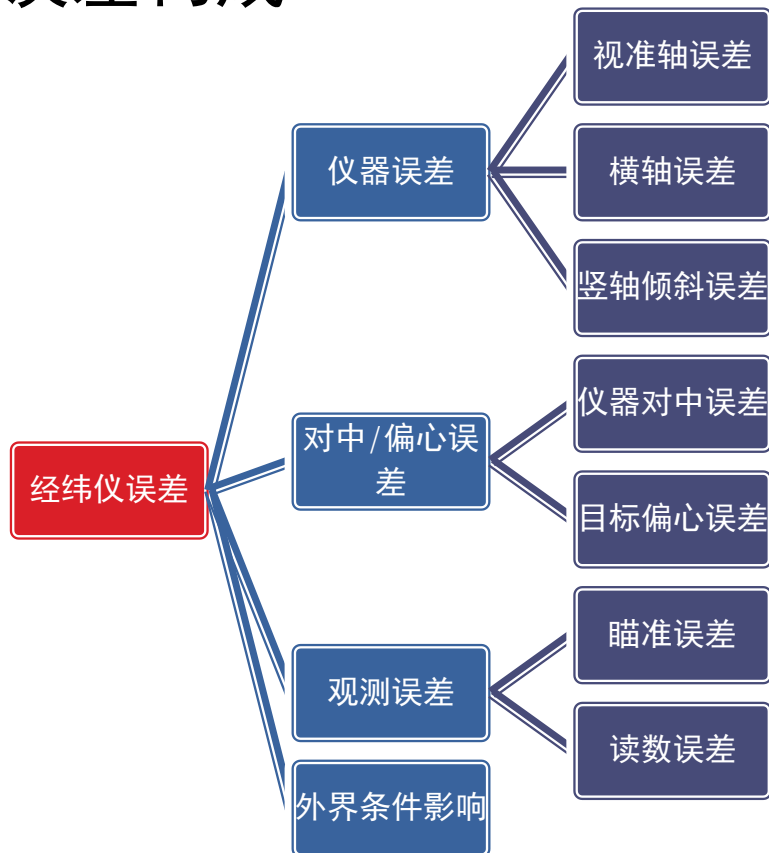
表 4-3

竖直角观测手簿

测站	目标	盘位	竖盘读数	半测回竖直角	指标差	测回竖直角	附注
1	2	3	4 ° ' "	5 ° ' "	6 "	7 ° ' "	
O	A	左	82 18 42	+7 41 18	+6	+7 41 24	
	A	右	277 41 30	+7 41 30			
	B	左	104 03 30	-14 03 30	+12	-14 03 18	
	B	右	255 56 54	-14 03 06			

第五节 水平角观测的误差及消除措施

J6型经纬仪的误差构成



第五节 水平角观测的误差及消除措施

● 一、仪器误差

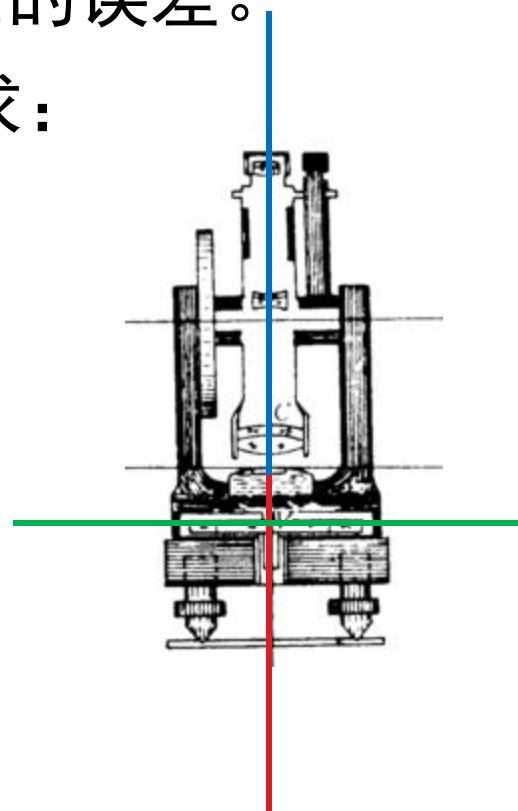
仪器误差是指经纬仪再制造和校正过程不完善，使经纬仪不满足其理论上的所产生的误差。

经纬仪在观测水平角时应满足的要求：

(1) 竖轴必须竖直（与测站点的铅垂线重合）；

(2) 水平度盘应当水平（与水平面平行），且度盘中心与竖轴重合；

(3) 望远镜上下转动的视准面必须是竖直的平面。

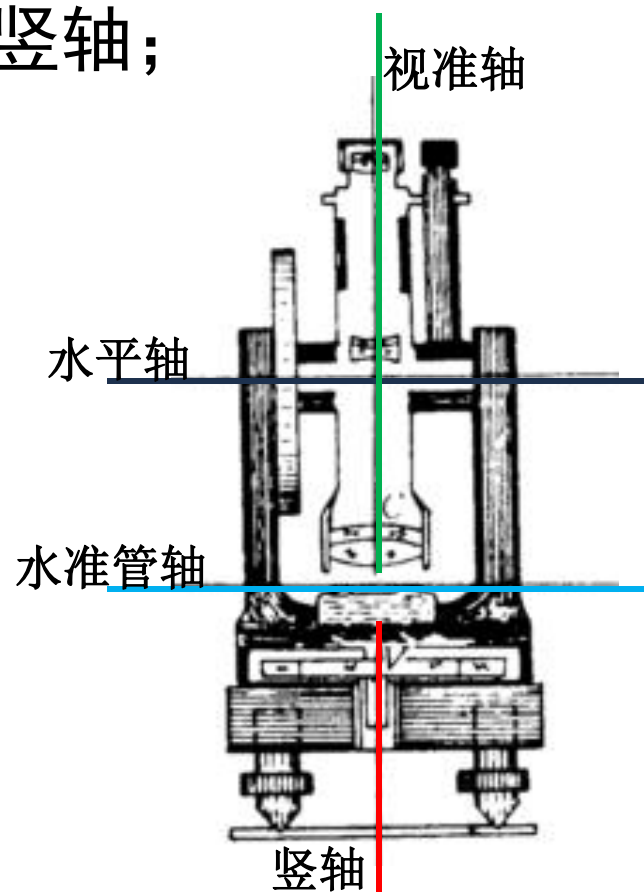


第五节 水平角观测的误差及消除措施

● 一、仪器误差

未达到观测要求，经纬仪在结构上必须满足三项条件：

- (1) 照准部水准管轴垂直于仪器竖轴；
- (2) 水平轴垂直与竖轴；
- (3) 视准轴垂直于水平轴。



第五节 水平角观测的误差及消除措施

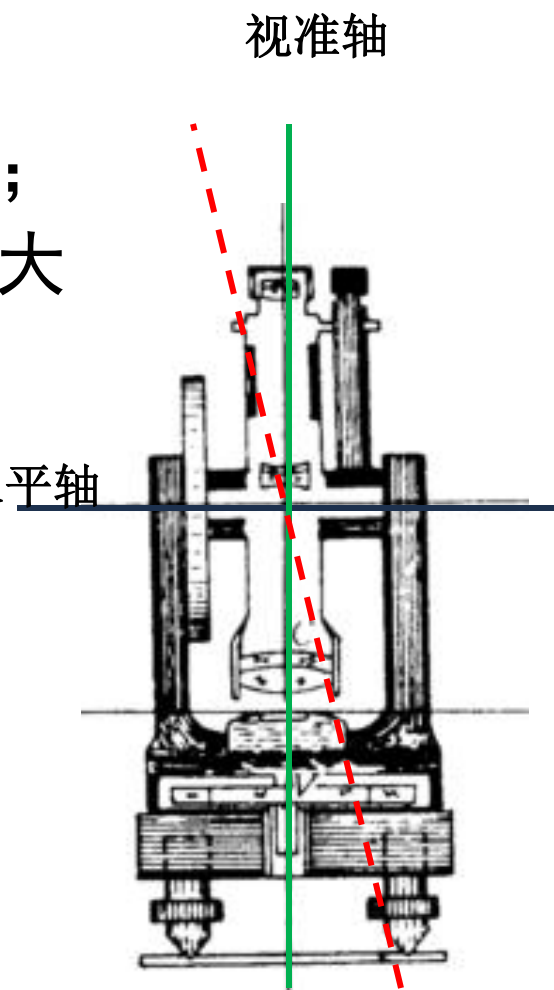
● 一、仪器误差

(一) 视准轴误差

1.产生原因：**视准轴与水平轴**不垂直；

2.影响作用：使瞄准目标时的读数偏大或偏小。

3.消除方法：由于视准轴误差固定，**水平轴**盘左、盘右位置照准同一目标，**误差大小相等，符号相反**。故水平角时用**正倒镜观测取平均值**可消除其影响。



第五节 水平角观测的误差及消除措施

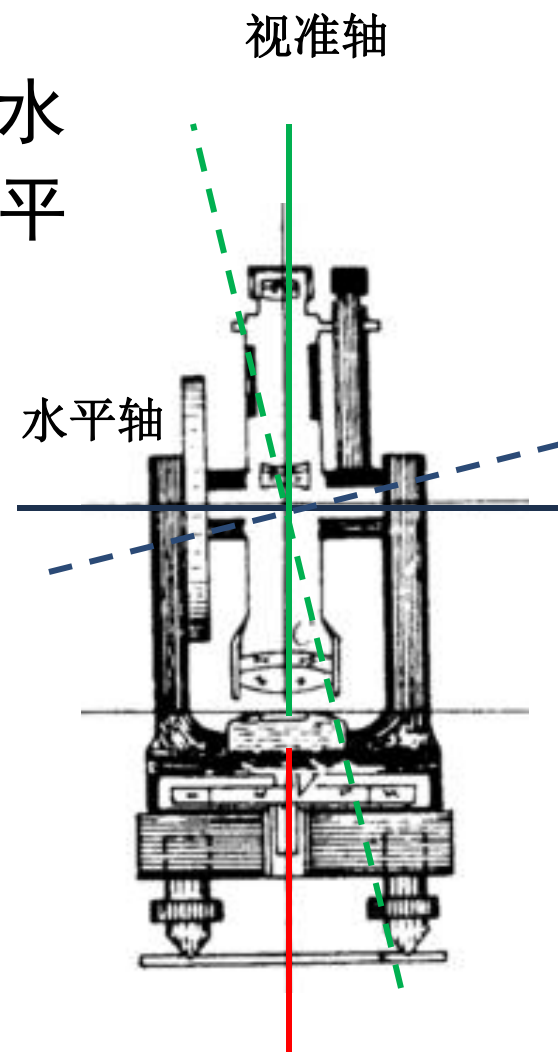
● 一、仪器误差

(二) 横轴误差（水平轴误差）

1.产生原因：仪器支架不等高，致使水平轴与竖轴不垂直，视准面不是竖直平面；

2.影响作用：使瞄准目标时的读数偏大或偏小。

3.消除方法：由于横轴误差固定，盘左、盘右位置照准同一目标，误差大小相等，符号相反。故水平角时用正倒镜观测取平均值可消除其影响。



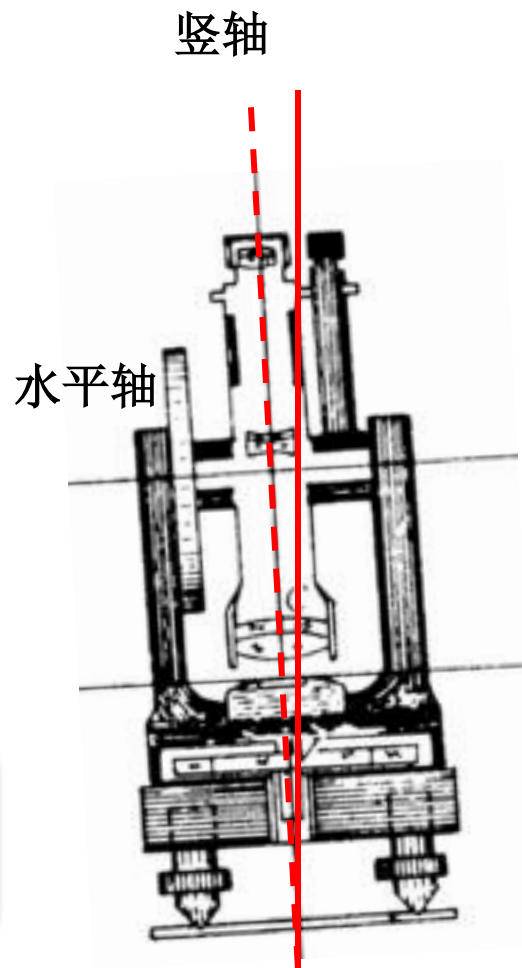
第五节 水平角观测的误差及消除措施

● 一、仪器误差

(三) 竖轴倾斜误差

- 1.产生原因：竖轴与铅垂线不重合；
- 2.影响作用：使瞄准目标时的读数偏大或偏小。
- 3.消除方法：竖轴误差固定，但盘左盘右位置照准同一目标，**误差大小相等，符号相同**。故无法用**正倒镜观测取平均值**消除其影响！

安置经纬仪时，应使照准部水准管气泡严格居中！

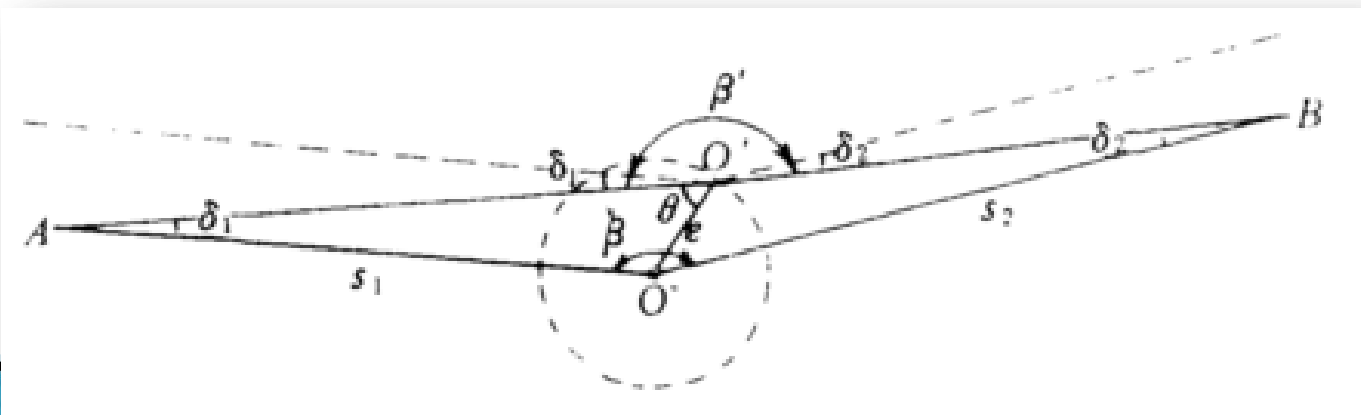


第五节 水平角观测的误差及消除措施

● 二、仪器对中误差和目标偏心误差

(一) 仪器对中误差

- 1.产生原因：对中器中心未与地面点重合，致使仪器竖轴与地面点铅垂线不同轴；
- 2.影响作用：目标越近，读数误差越大。
- 3.消除方法：此误差无法用观测方法消除，经纬仪安置时，**对中器中心与地面点中心应严密重合。**



第五节 水平角观测的误差及消除措施

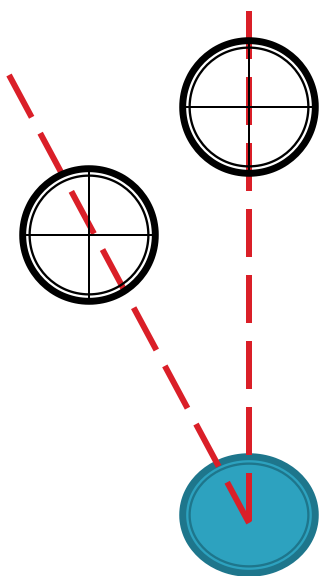
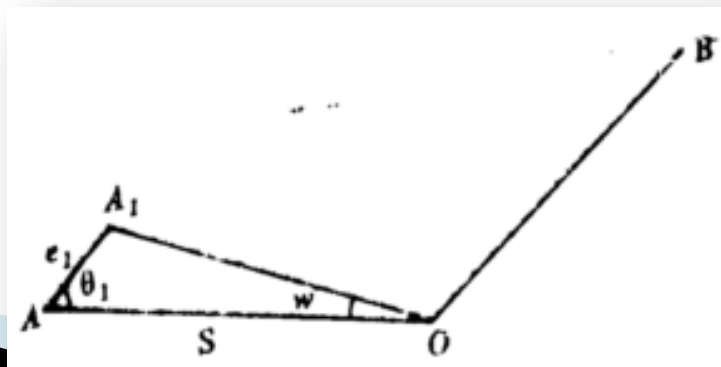
● 二、仪器对中误差和目标偏心误差

(二) 目标偏心误差

1.产生原因：照准目标与其地面标志中心不在用以铅垂线上；

2.影响作用：目标越近，读数误差越大。

3.消除方法：此误差**无法用观测方法消除**，注意（1）在目标处设置花杆、测钎等标志时，应**竖直竖立**；（2）观测时，应尽量瞄准**标志底部**。



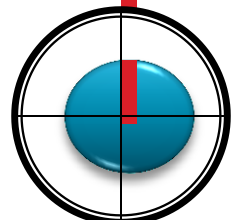
第五节 水平角观测的误差及消除措施

● 三、观测误差

(一) 瞄准误差

1. **产生原因**：与经纬仪放大倍数、目标与照准标志的形状、人眼判别能力、光线强弱等因素有关；
2. **瞄准误差无法消除**，只能改进照准目标的形状、大小、颜色及照准方法，并仔细瞄准以减小影响。

- (1) 当照准较粗的标志（如花杆）或标志与测站点距离较近时，用竖丝的单丝平分标志；
- (2) 当照准较细的标志（如测钎）或标志与测站点距离较远时，用竖丝的双丝丝夹紧标志；
- (3) 水平角观测应尽量瞄准标志的底端。



第五节 水平角观测的误差及消除措施

- 三、观测误差

- (二) 读数误差

1. **产生原因：**与经纬仪度盘的最小刻划有关；J6型经纬仪的最小刻划为 $1' / 10 = 6''$ 。
2. **读数误差无法完全消除，**智能反复练习经纬仪的使用，熟悉读数，减小误差。

第五节 水平角观测的误差及消除措施

- 四、外界条件影响

测站点土
质

观测时的
风力

日照强度

温度变化

大气热辐
射

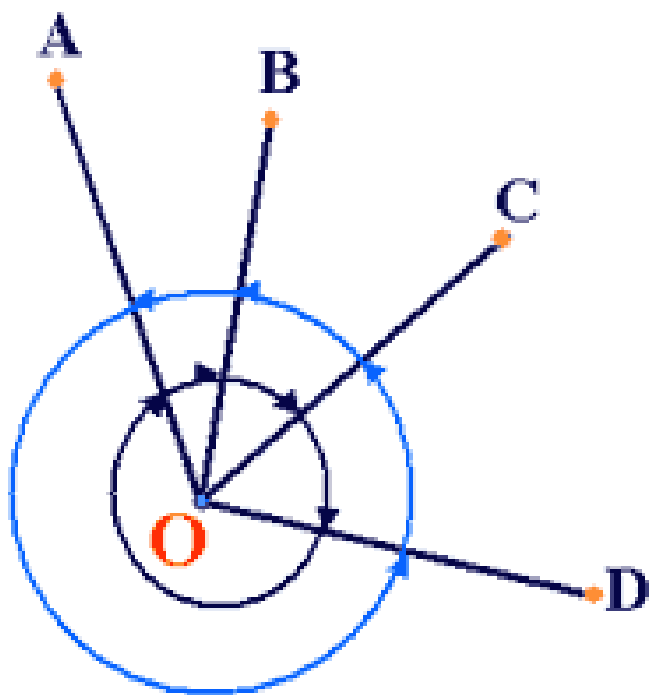
作业:

1.完成测回法水平角观测记录表

测回	目标	读数		半测回水平角值 ° ′ ″	一测回水平角值 ° ′ ″	备注
		盘左 ° ′ ″	盘右 ° ′ ″			
示例	A	①				
		⑤				
	B		②	③	⑦	
			④	⑥	⑧	
	B	0 16 00				
		180 15 42				
	C		87 36 36			
			267 36 08			

作业:

2. 绘制并根据如下观测数据完成全圆方向法水平角观测记录表



盘左读数:

$$L_A = 0^\circ 01' 24''$$

$$L_B = 33^\circ 23' 54''$$

$$L_C = 79^\circ 59' 12''$$

$$L_D = 136^\circ 48' 54''$$

$$L_A = 0^\circ 01' 30'' \text{ (归零)}$$

盘右读数:

$$R_A = 180^\circ 01' 18'' \text{ (归零)}$$

$$R_B = 213^\circ 23' 42''$$

$$R_C = 259^\circ 59' 18''$$

$$R_D = 316^\circ 48' 42''$$

$$R_A = 180^\circ 01' 24''$$