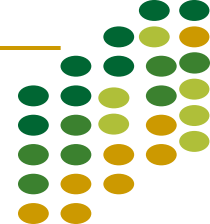




测量学

河海大学测绘科学与工程系

贾东振



第3章 角度测量

3.1 全站仪概述

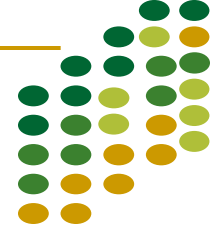
3.2 水平角测量原理

3.3 水平角测量方法

3.4 竖直角测量原理及方法

3.5 经纬仪检验校正

3.6 角度测量误差分析



01

全站仪概述

01 全站仪概述



• 电子经纬仪



• 电子测距仪



• 微处理、存储

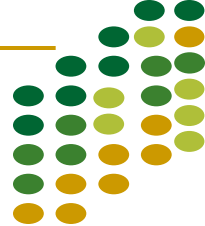


• 全站仪

01 全站仪概述



- 全站型电子速测仪
- 电子测角、电子测距、微处理器、存储单元
- 自动显示、计算、存贮和交换数据
- 大大降低读错记错机率，提高自动化程度



02全站仪的基本功能

一、角度测量

水平角设置

设置为任意值；角度置零；角度锁定
右角/左角的测量

垂直角显示变换

高度角 / 坡度(%) / 倾斜角 / 天顶距

角度单位

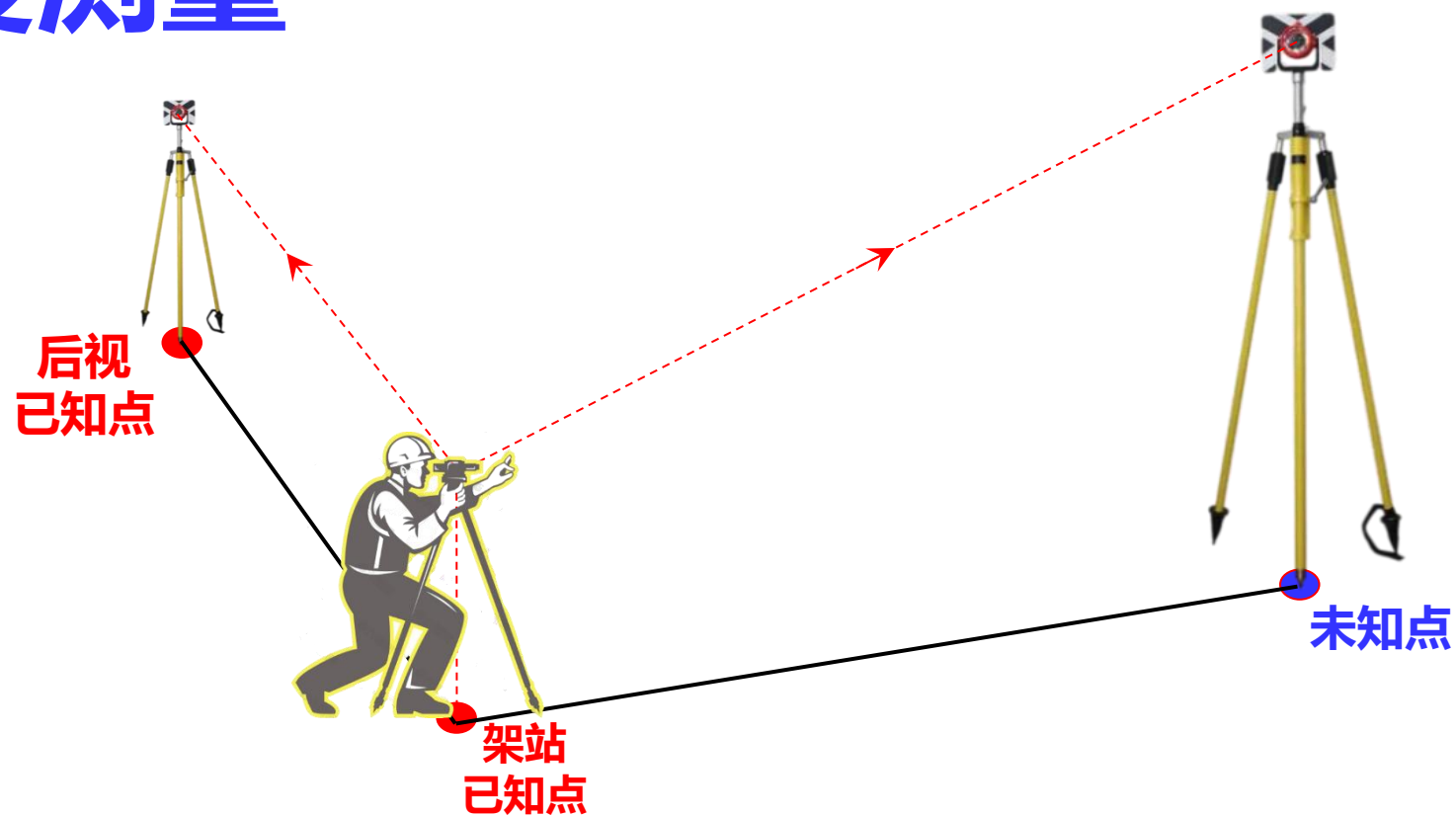
360°十进制.....

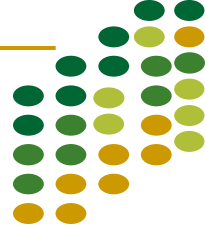
角度自动补偿

使用电子水准器进行单轴或双轴补偿(修正)

02全站仪的基本功能

一、角度测量





02全站仪的基本功能

二、距离测量

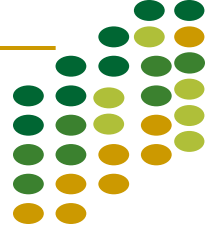
- 测程与反射目标（反射片、单棱镜、三棱镜等）以及气象条件有关
- 具有精测、快速测量、跟踪测量、无合作目标等测距模式，适应对测量精度和速度的不同要求
- 自动对距离进行加乘常数改正、气象改正、球气差改正、斜距改平、投影改正，计算测站与镜站间高差

02全站仪的基本功能

三、坐标测量

- 设站、定向之后，可自动测定并计算目标点三维坐标





03全站仪的数据通信

全站仪数据通讯：

- 计算机或电子手簿通过数据通讯实时接收测量数据
- 计算机通过数据通讯向仪器发出指令，进行参数设置和控制操作
- 已知控制点数据和放样数据上传到全站仪

03全站仪的数据通信

常用的全站仪数据通讯接口：

01

RS-232串行端口
(也称COM端口)

02

无线蓝牙端口

03

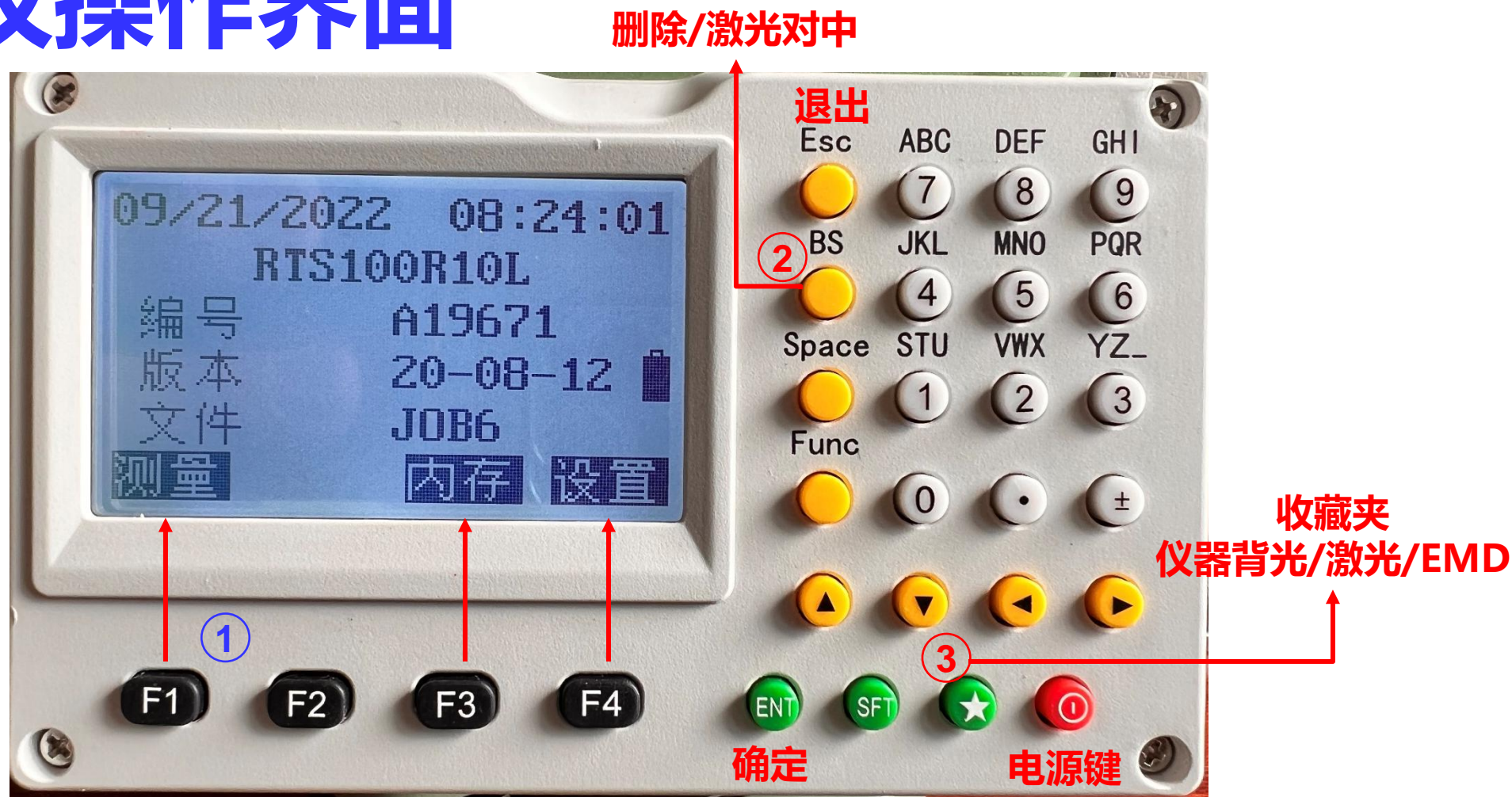
USB端口

04全站仪的构造



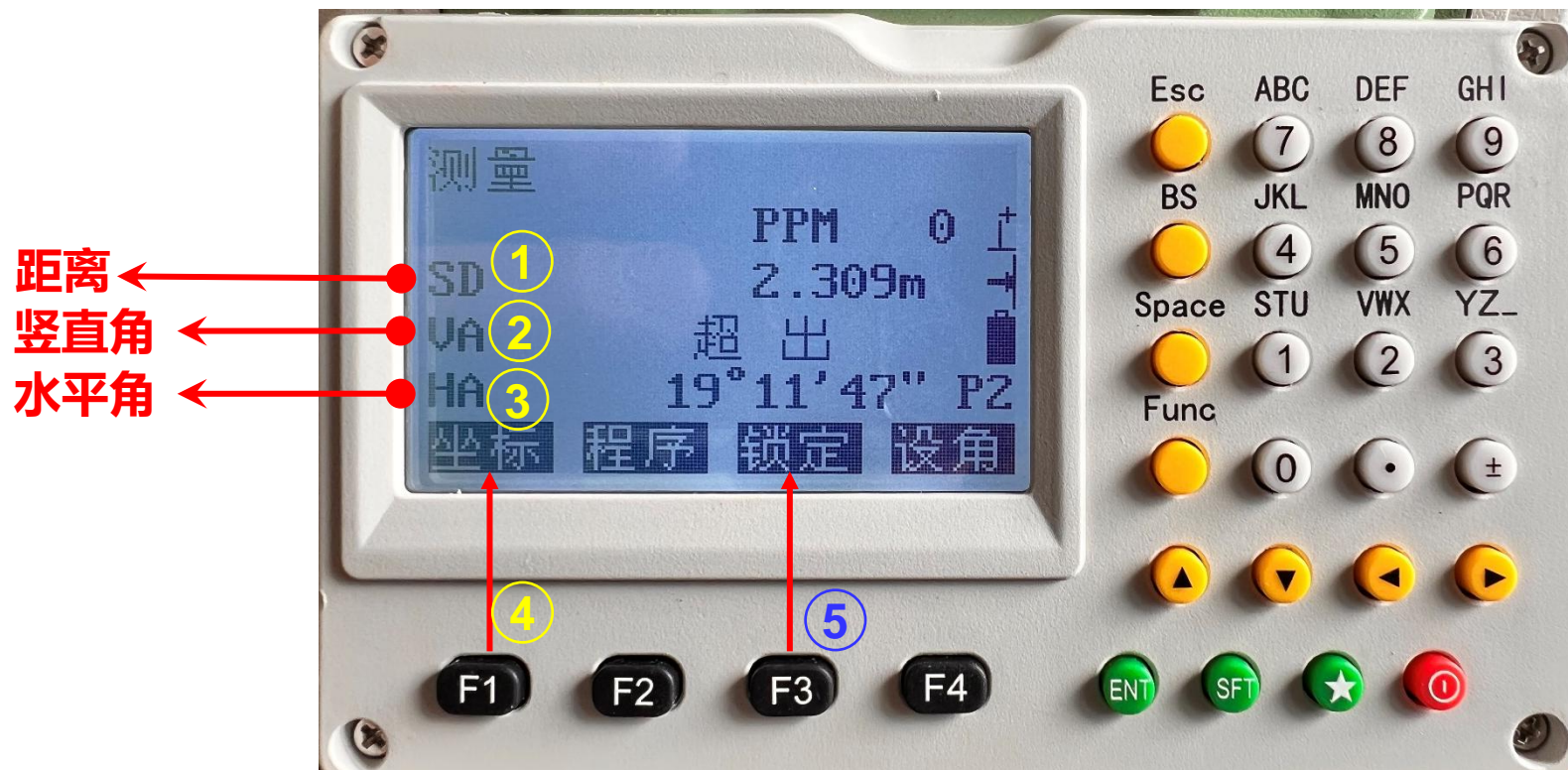
05全站仪的测角界面

全站仪操作界面



05全站仪的测角界面

1 测量菜单界面



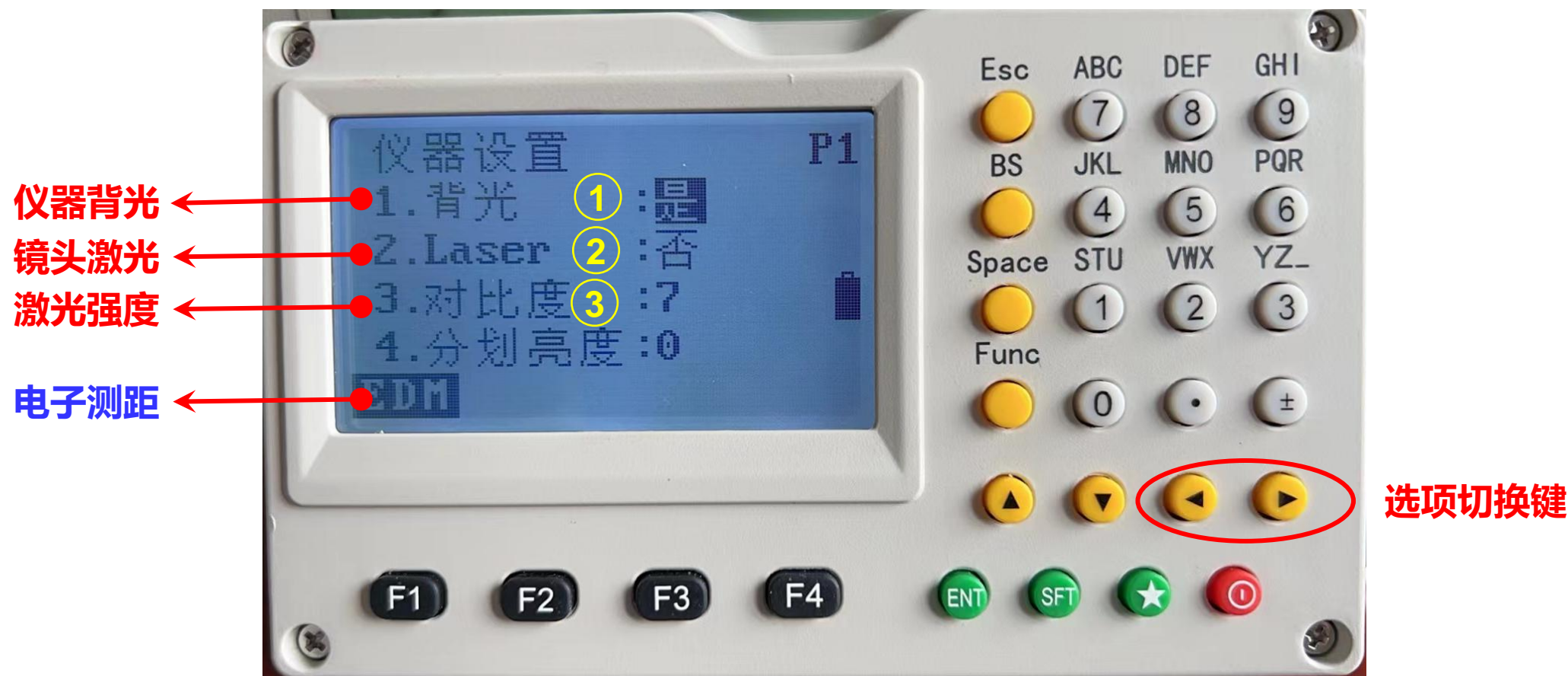
05全站仪的测角界面

2激光对中界面（对中地面点）



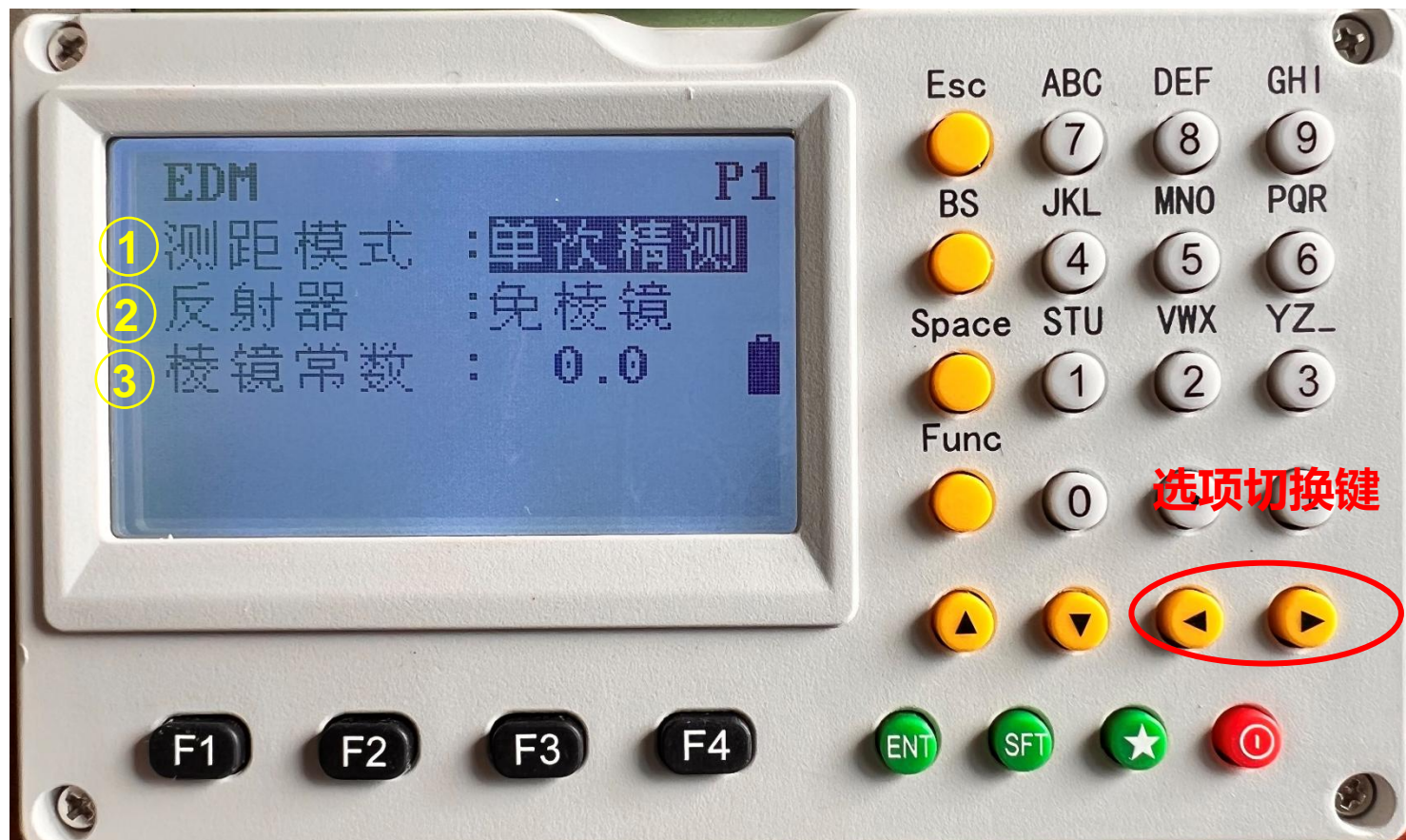
05全站仪的测角界面

3收藏夹界面



05全站仪的测角界面

4EDM界面



测距模式

单次精测/单次粗测/
跟踪测量/重复精测/
均值精测

反射器类型

免棱镜/棱镜/反射片

棱镜常数

06反射器的类型

棱镜/贴片/支架 (基座)

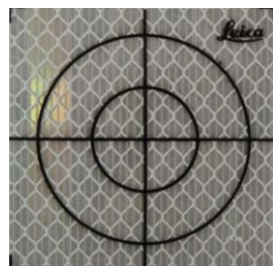
棱镜头



反光镜头



360度镜头



反光贴片

棱镜基座



组装图





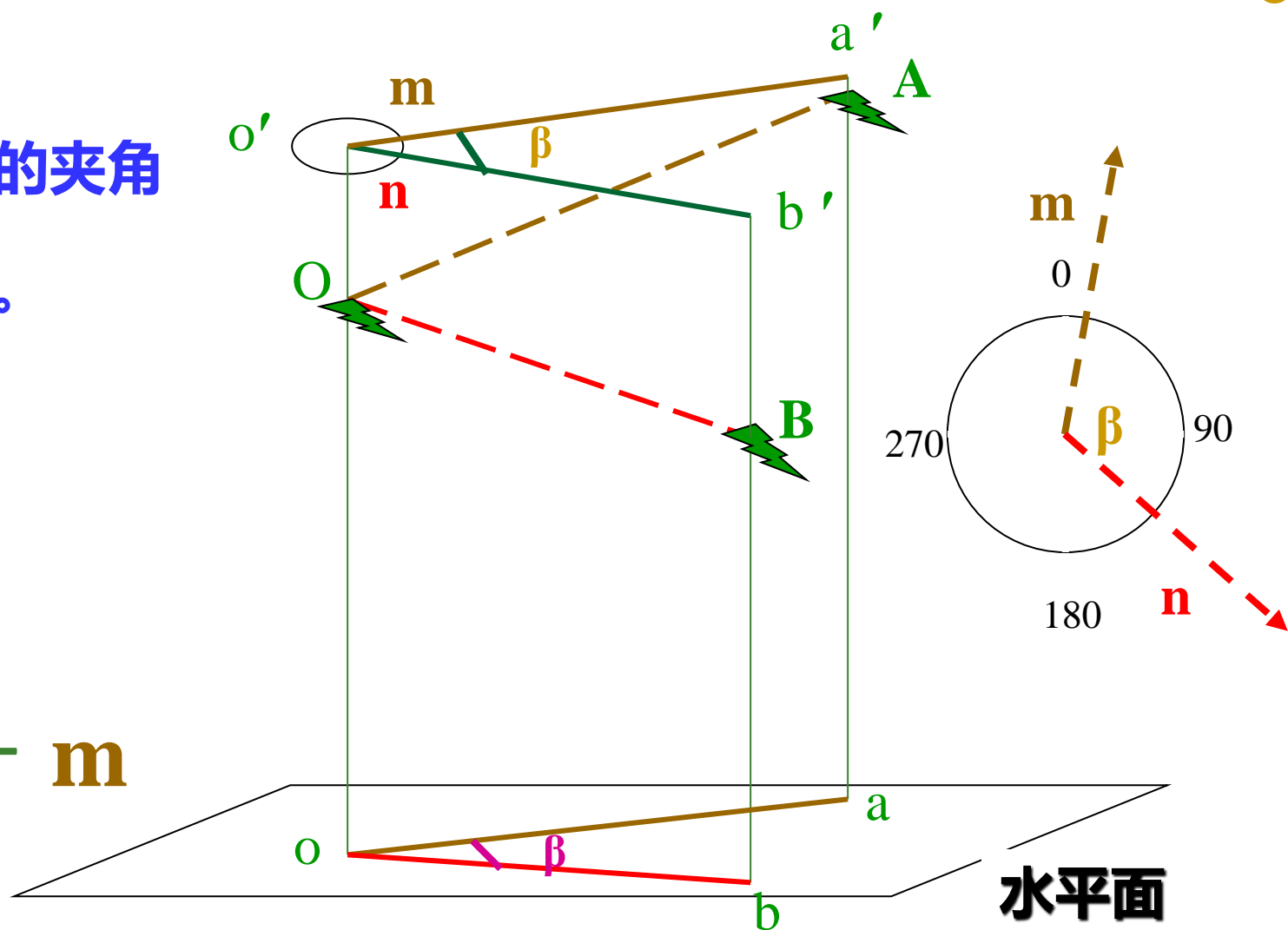
02

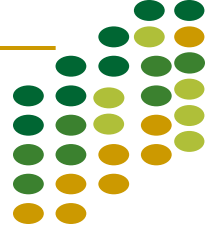
水平角测量原理

01水平角测量原理

定义：地面上两相交直线的夹角
在水平面上的投影。

$$\beta = \mathbf{n} - \mathbf{m}$$





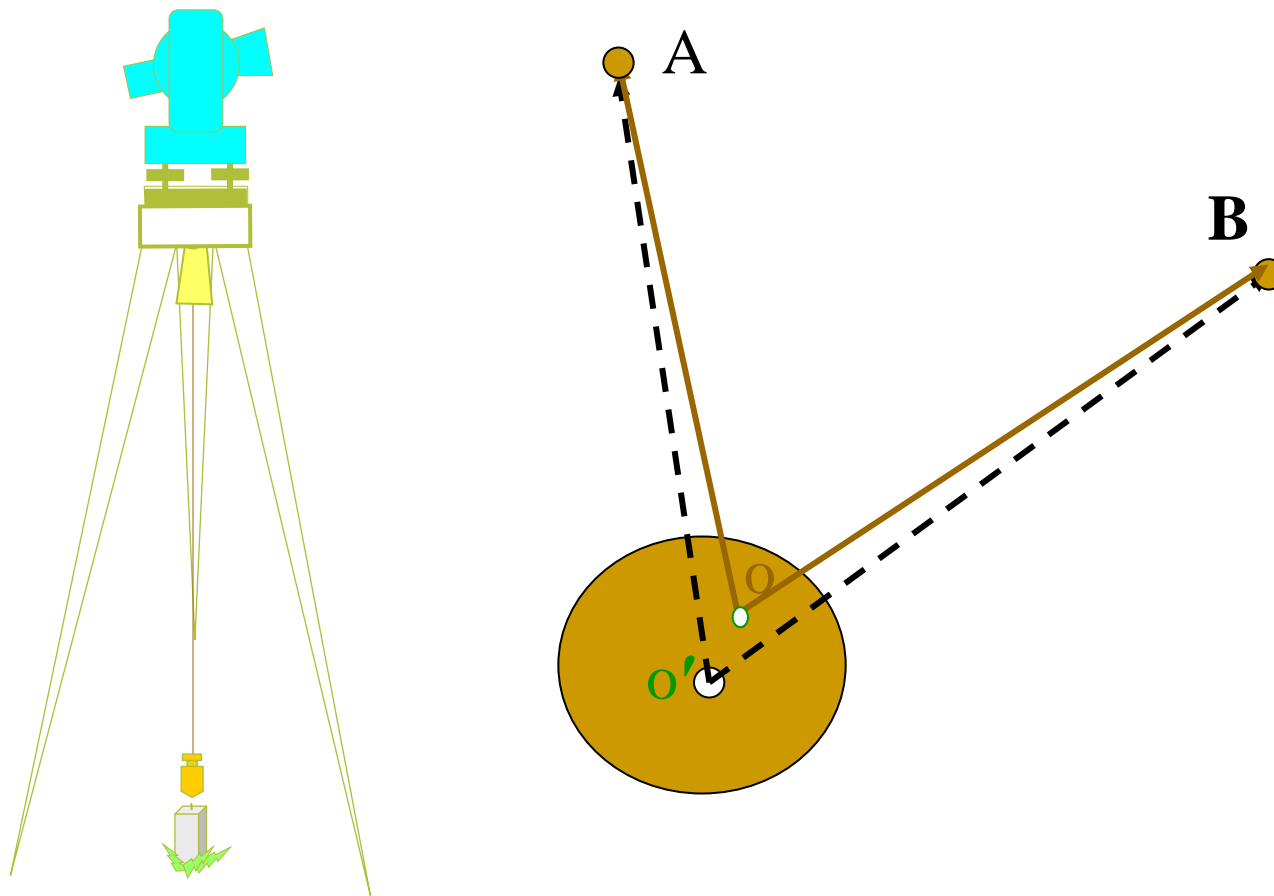
01水平角测量原理

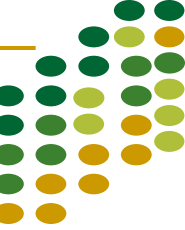
为能够测角，仪器应具备哪些条件

- 有一个能置于水平位置带刻线的圆盘；
- 圆盘中心必须处于角顶点的铅垂线上；
- 望远镜不仅能在水平方向转动,而且可以在竖直方向转动以瞄准不同方向不同高度的目标；
- 具有一个读数设备。

01水平角测量原理

圆盘中心必须处于角顶点的铅垂线上





03

水平角测量方法

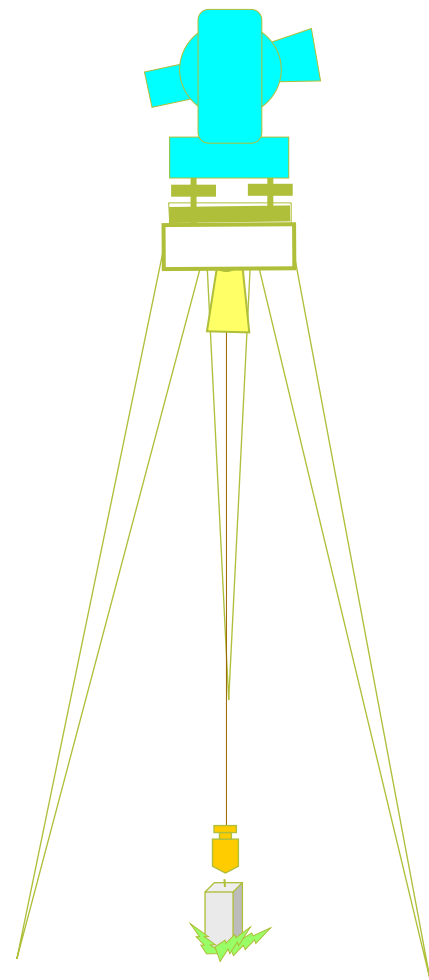
01 全站仪的整置

1 对中

- **对中**——使得度盘中心处于角顶点的铅垂线上。也就是使仪器的中心与测站点的标志中心在同一铅垂线上。（垂球对中...，对中器对中...）
- **粗略对中**：移动三脚架，使垂球尖离测站中心1 ~ 2cm内；
- **精确对中**：稍微松开中心螺丝，在脚架头上移动仪器，使垂球尖精确对中测站标志中心，旋紧中心螺丝。

注意：a.脚架头首先要放平，三个脚螺旋基本等高；

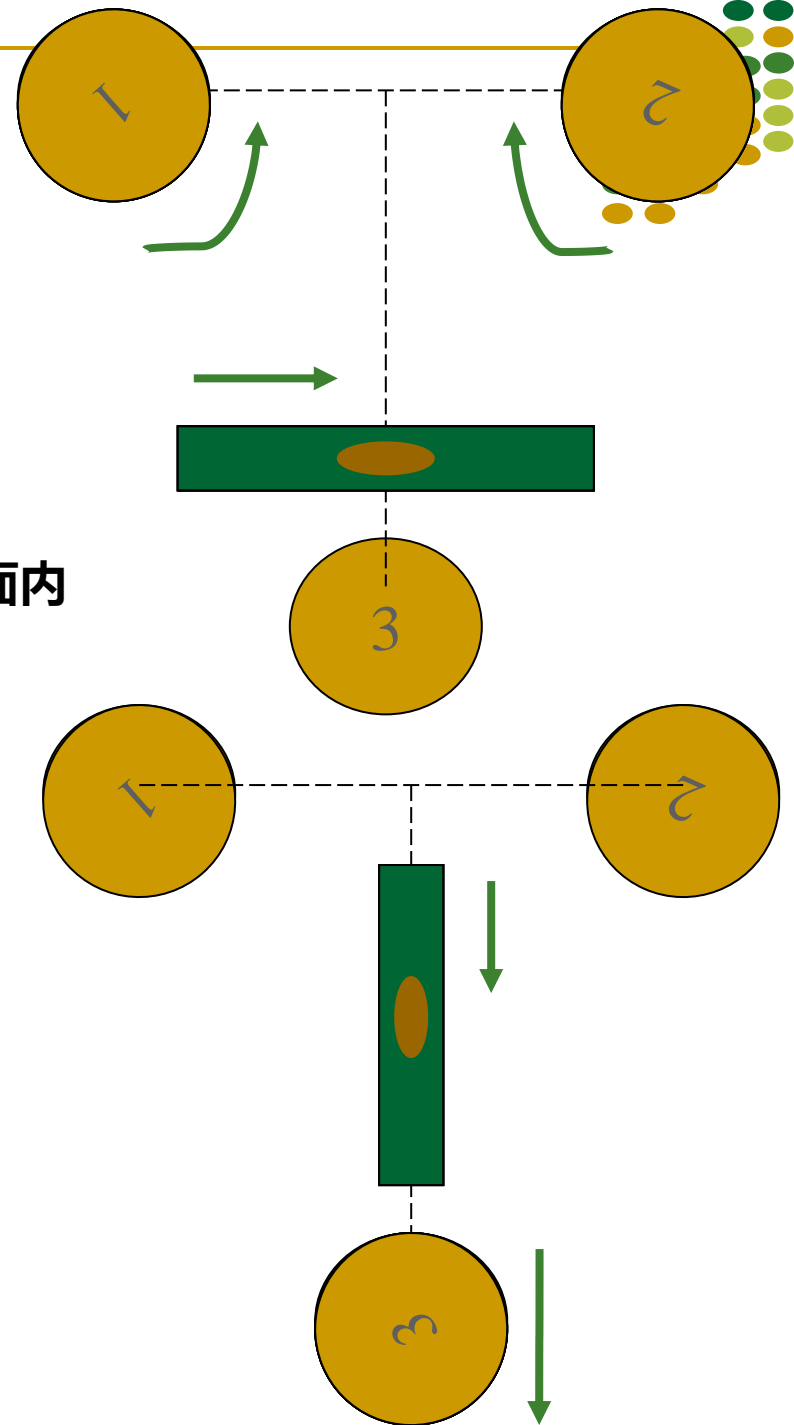
b.脚架适当踩实。



01 全站仪的整置

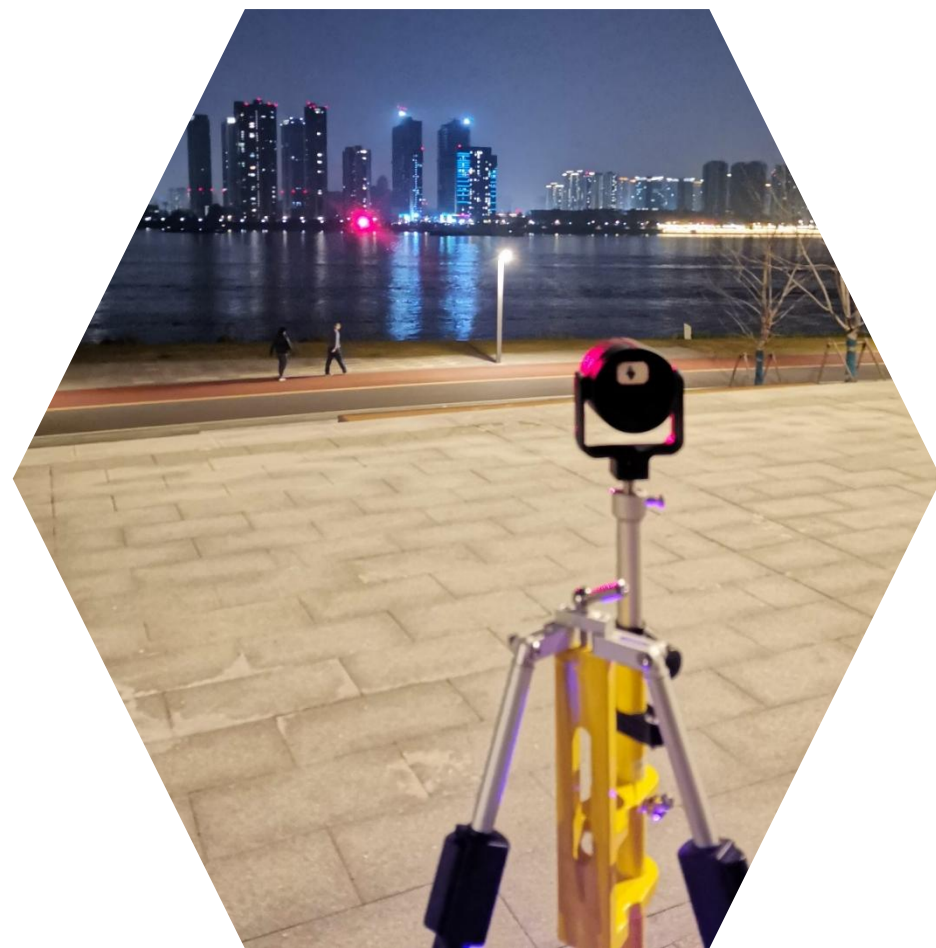
2 整平

- **整平**——使仪器纵轴铅垂，水平度盘与横轴水平，竖盘位于铅垂面内
- **粗平**——保持架腿位置不变,然后松脚架的螺丝,十架腿伸长或者缩短,同时观察水准气泡,最后使气泡位于圆水准器的小圆圈内
- **精平**——放松水平制动螺旋,使照准部水准管与任意1,2两个脚螺旋连线平行,使水准气泡居中,然后将照准部旋转90度,转动脚螺旋3,再次使水准管气泡居中.如此反复多次,直至在任何位置,水准气泡都居中。



01 全站仪的整置

3 瞄准 (照准：棱镜或反光标贴)

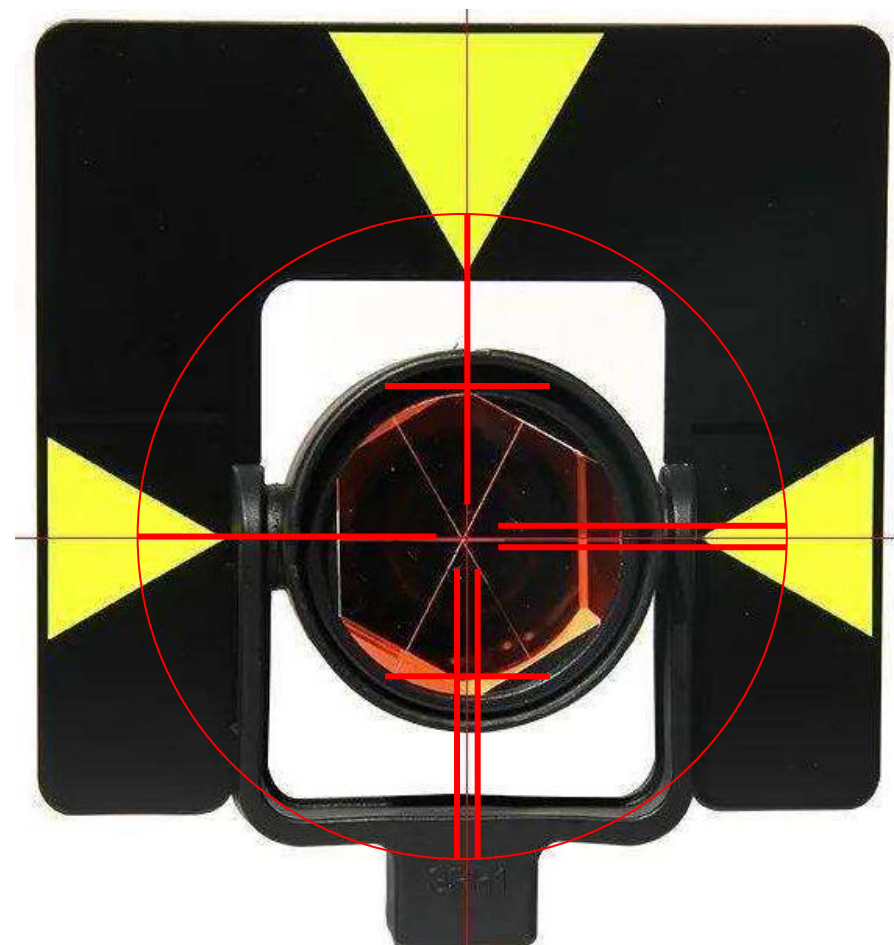


01 全站仪的整置

3 瞄准 (照准：棱镜和反光标贴)

- **粗瞄**——粗略瞄准棱镜外框
- **制动**——锁定全站仪，防止全站仪在水平方向上转动；
- **精瞄**——精确瞄准棱镜的中心。

注意：a.对中杆尽可能铅垂（气泡要居中）；
b.对中杆不要架设太高。



02水平角测量方法

1 概念补充

测回法—适用于观测两个方向之间的单角

方向法（全圆测回法）—适用于观测两个以上的方向

盘左/盘右

盘左/正镜:竖盘在望远镜的左边

盘右/倒镜:竖盘在望远镜的右边

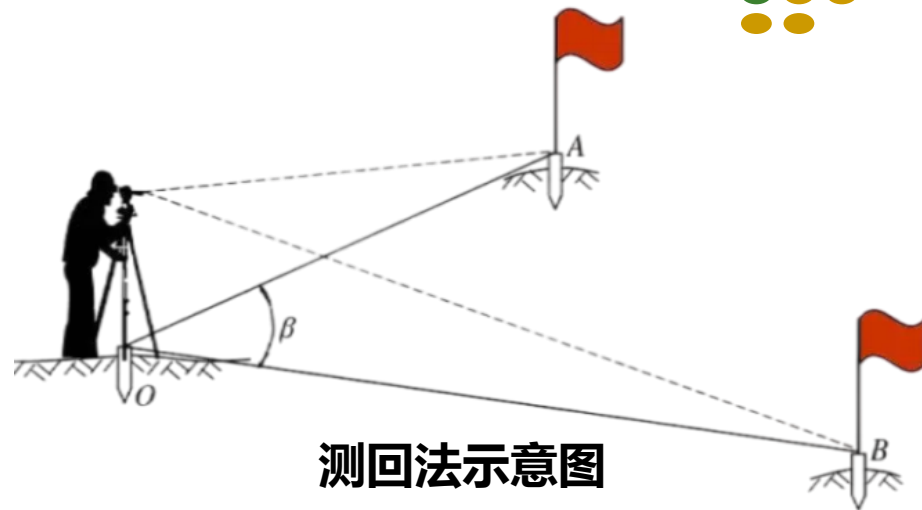
测回

上半测回/下半测回

一个测回/多个测回

配盘

旋转到指定角度后锁定，瞄准目标后再解锁，完成配盘



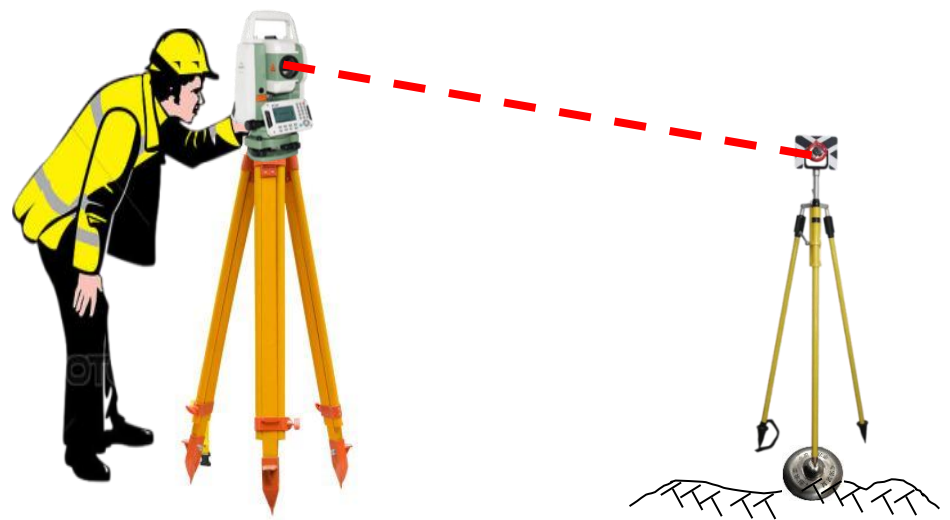
测回法示意图



竖盘位置图



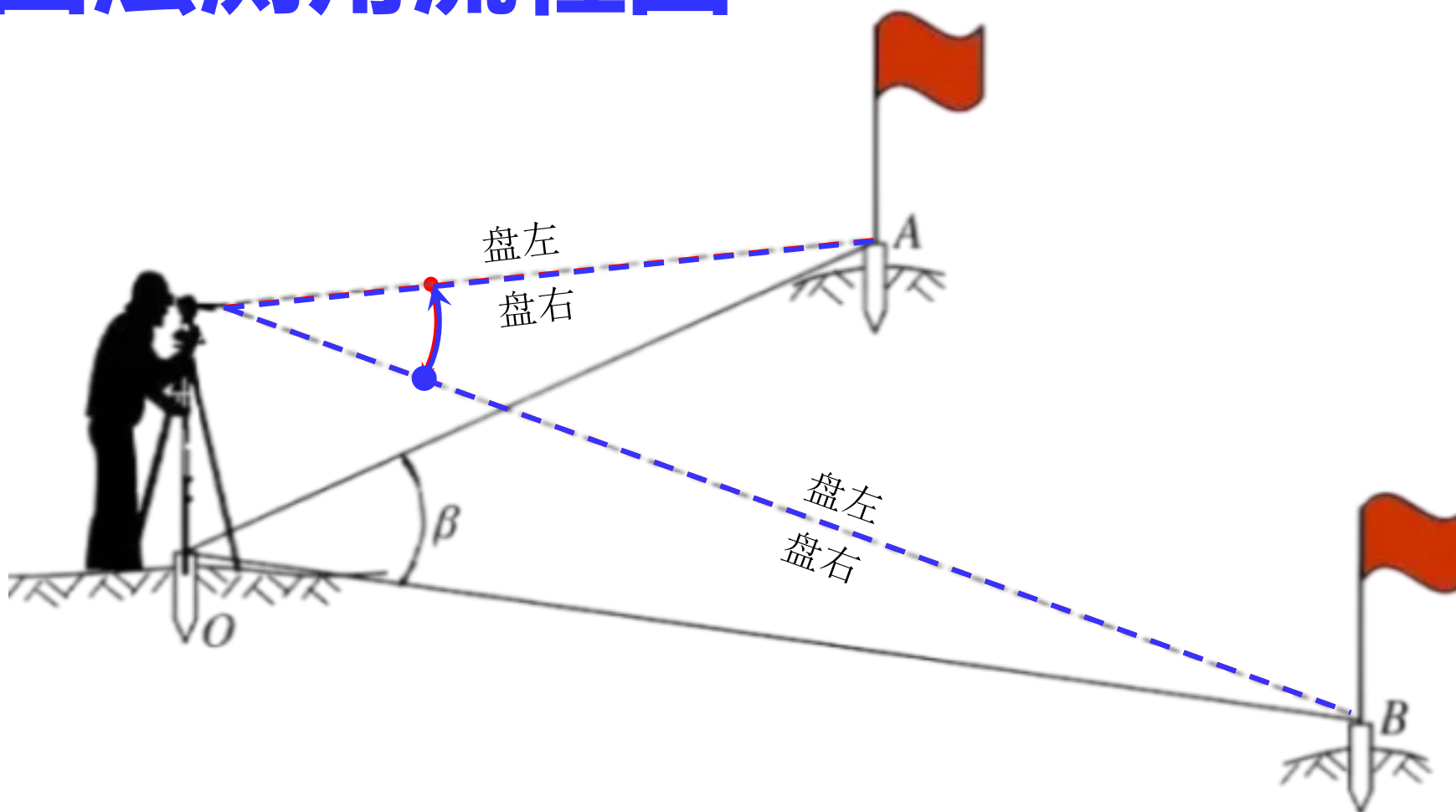
“锁定”功能键图



盘左读数示意图

02水平角测量方法

2测回法测角流程图



02水平角测量方法

3测回法测角的步骤

- 1、**盘左**位置，瞄准左边目标A。配置度盘在0或稍大0度，读数 $a_{\text{左}}$ 记于手簿。
- 2、**顺时针**旋转望远镜，瞄准右边的目标B点，读数 $b_{\text{左}}$ 记于手簿。

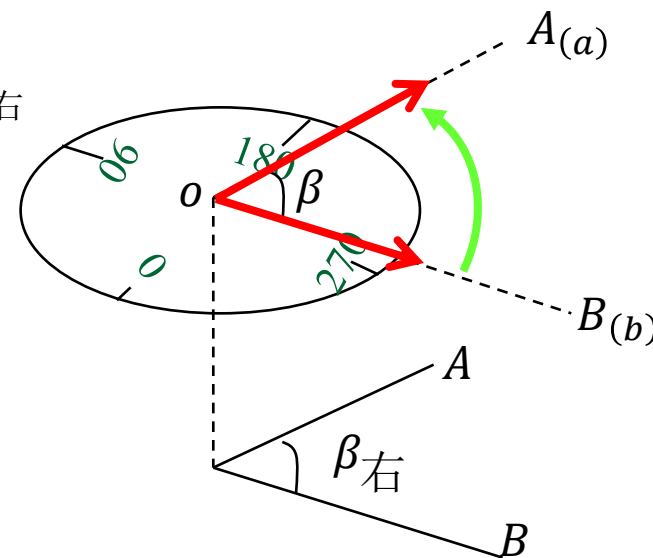
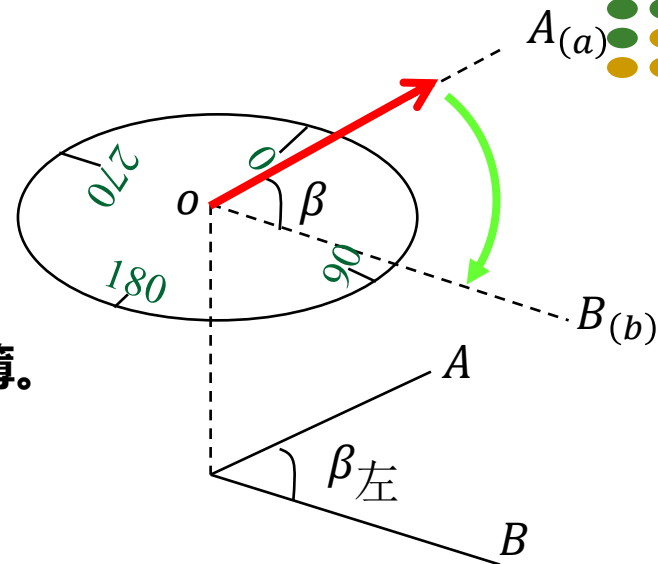
以上为上半测回，得半测回角值 $\beta_{\text{左}} = b_{\text{左}} - a_{\text{左}}$

- 3、倒转望远镜，**盘右**位置，逆时针旋转照准部，瞄准右边B点，记录读数 $b_{\text{右}}$
- 4、**逆时针**旋转照准部，瞄准左边的目标A点，记录读数 $a_{\text{右}}$

以上为下半测回，得半测回角值 $\beta_{\text{右}} = b_{\text{右}} - a_{\text{右}}$

得一测回角值 $\beta = (\beta_{\text{左}} + \beta_{\text{右}}) / 2$

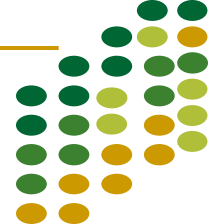
- 5、恢复盘左位置，**重新配置度盘**，进行下面的测回



02水平角测量方法

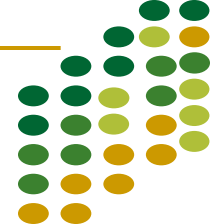
4测回法测量水平角手簿

测站	竖盘位置	目标	读数	半测回角	一测回均值	均值
O (1)	左	A	0 01 06	85 35 12	85 35 09	85 35 06
		B	85 36 18			
	右	A	180 01 24	85 35 06		
		B	265 36 30			
O (2)	左	A	90 00 36	85 35 06	85 35 03	
		B	175 35 42			
	右	A	270 00 48	85 35 00		
		B	355 35 48			



5测回法测角注意事项

- 测回间要配盘;
- 上、下两个半测回照准部的水平旋转方向,照准目标的顺序不同;
- 上、下两个半测回角值之差小于36秒;
- 各测回的角度互差应小于24秒;
- 记录时, 分、秒一般都要记两位。



全站仪角度测量录像

04全站仪的构造



06反射器的类型

棱镜/贴片/支架 (基座)

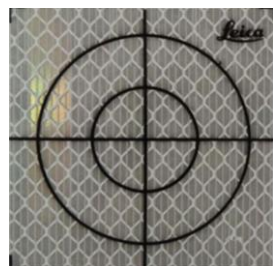
棱镜头



反光镜头



360度镜头



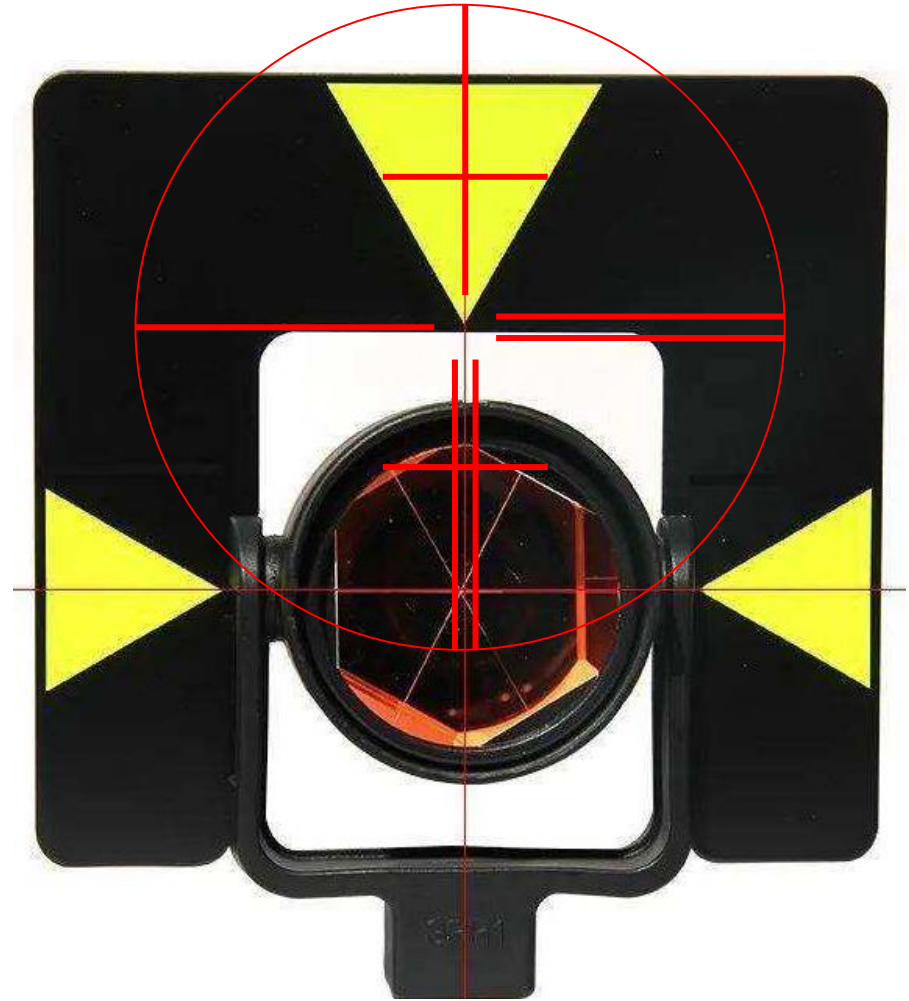
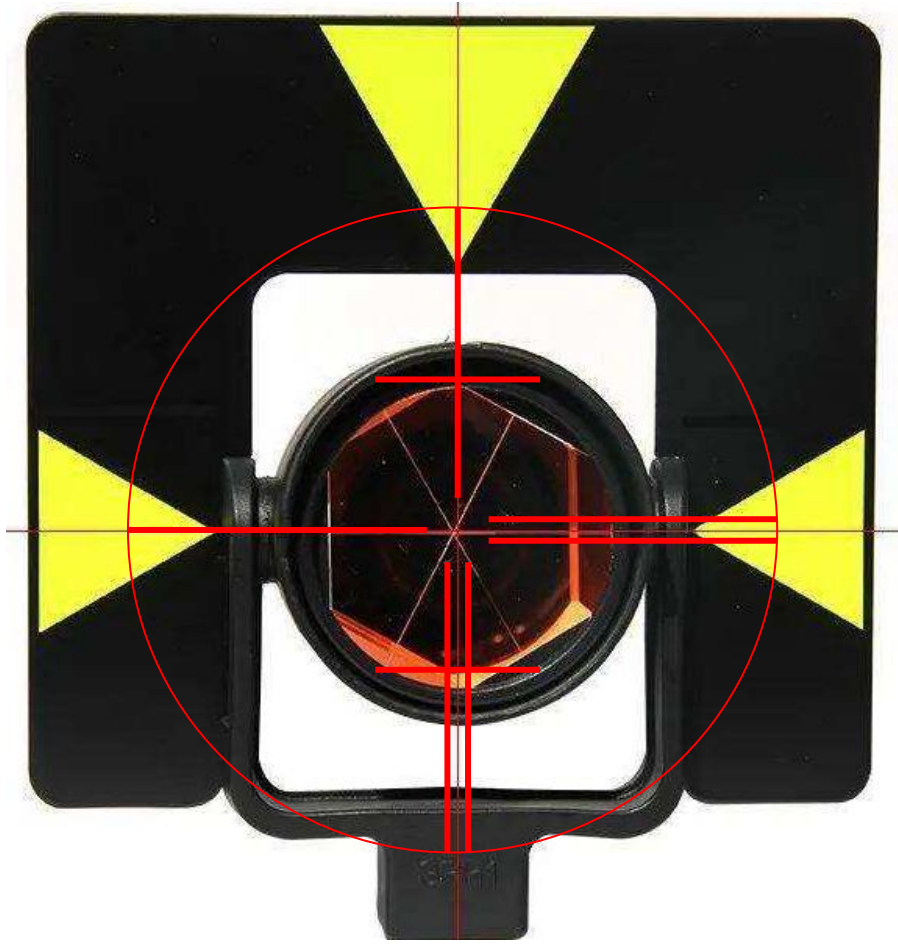
反光贴片

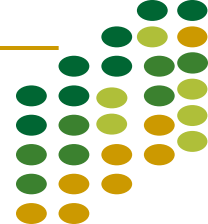
棱镜基座



组装图







1 全站仪的认识与使用（实验四）

- **目的**—了解全站仪构造，掌握其使用方法。
- **实验内容**
 - (1) 了解全站仪各部件的构造及其作用。
 - (2) 进行全站仪安置（对中、整平）、瞄准与读数。
 - (3) 用测回法练习测量水平角。

02水平角测量方法

1 概念补充

测回法—适用于观测两个方向之间的单角

方向法（全圆测回法）—适用于观测两个以上的方向

盘左/盘右

盘左/正镜:竖盘在望远镜的左边

盘右/倒镜:竖盘在望远镜的右边

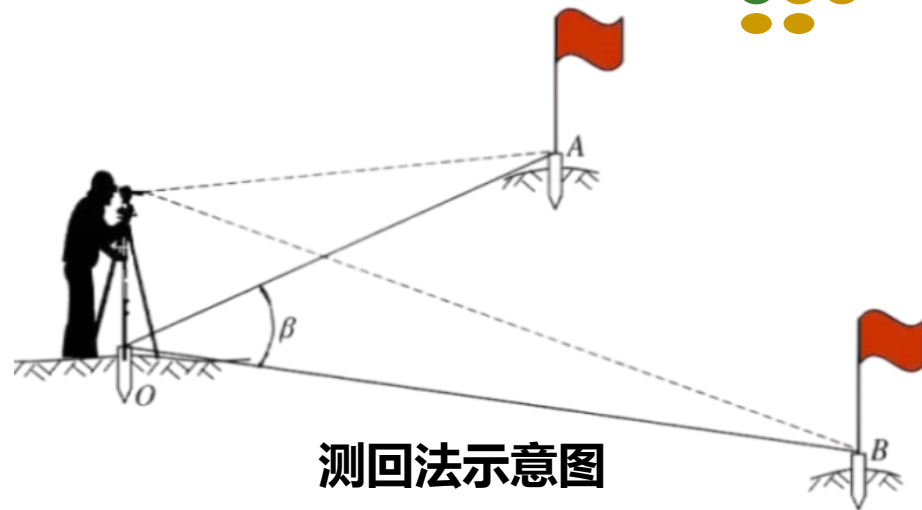
测回

上半测回/下半测回

一个测回/多个测回

配盘

旋转到指定角度后锁定，瞄准目标后再解锁，完成配盘



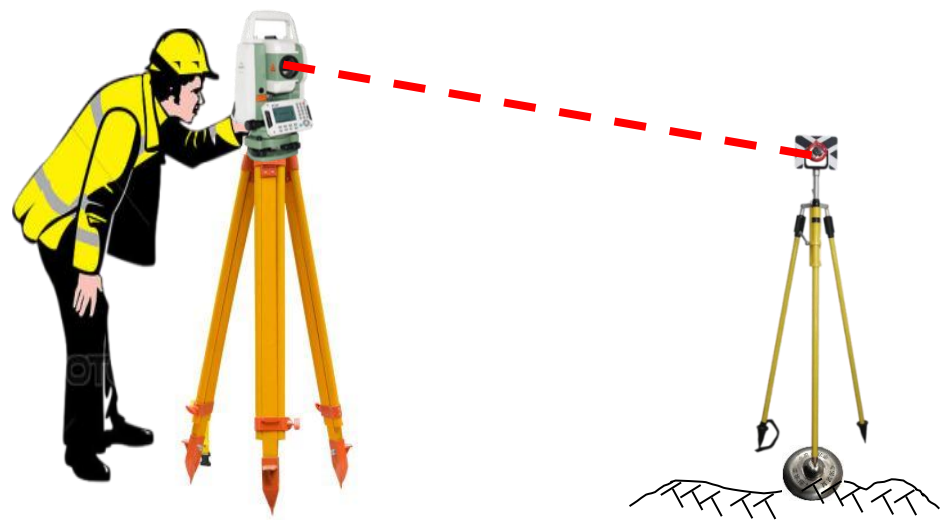
测回法示意图



竖盘位置图



“锁定”功能键图



盘左读数示意图

02水平角测量方法

3测回法测角的步骤

- 1、**盘左**位置，瞄准左边目标A。配置度盘在0或稍大0度，读数 $a_{\text{左}}$ 记于手簿。
- 2、**顺时针**旋转望远镜，瞄准右边的目标B点，读数 $b_{\text{左}}$ 记于手簿。

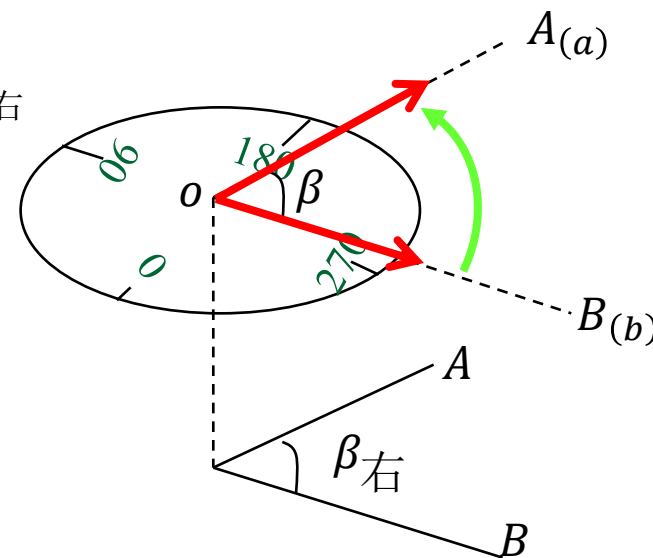
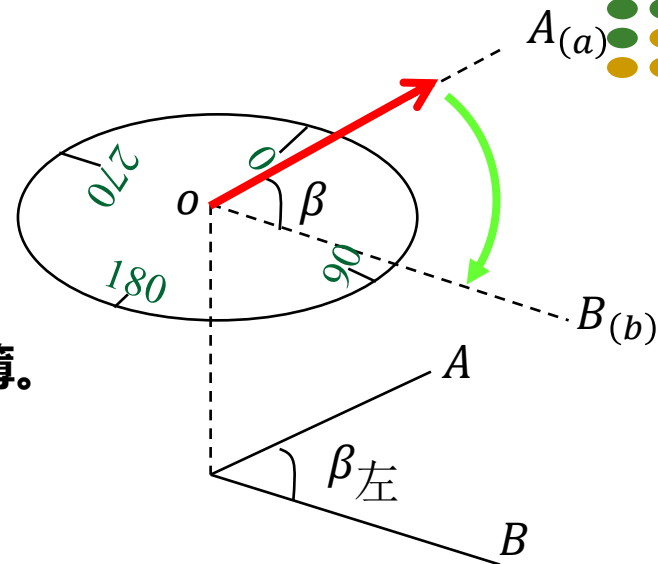
以上为上半测回，得半测回角值 $\beta_{\text{左}} = b_{\text{左}} - a_{\text{左}}$

- 3、倒转望远镜，**盘右**位置，逆时针旋转照准部，瞄准右边B点，记录读数 $b_{\text{右}}$
- 4、**逆时针**旋转照准部，瞄准左边的目标A点，记录读数 $a_{\text{右}}$

以上为下半测回，得半测回角值 $\beta_{\text{右}} = b_{\text{右}} - a_{\text{右}}$

得一测回角值 $\beta = (\beta_{\text{左}} + \beta_{\text{右}}) / 2$

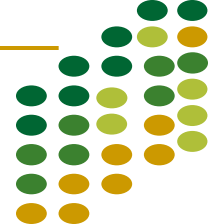
- 5、恢复盘左位置，**重新配置度盘**，进行下面的测回



02水平角测量方法

4测回法测量水平角手簿

测站	竖盘位置	目标	读数	半测回角	一测回均值	均值
O (1)	左	A	0 01 06	85 35 12	85 35 09	85 35 06
		B	85 36 18			
	右	A	180 01 24	85 35 06		
		B	265 36 30			
O (2)	左	A	90 00 36	85 35 06	85 35 03	
		B	175 35 42			
	右	A	270 00 48	85 35 00		
		B	355 35 48			



5测回法测角注意事项

- 测回间要配盘;
- 上、下两个半测回照准部的水平旋转方向,照准目标的顺序不同;
- 上、下两个半测回角值之差小于36秒;
- 各测回的角度互差应小于24秒;
- 记录时, 分、秒一般都要记两位。



04

竖直角测量原理及方法

01 竖直角测量原理

1 竖直角的概念

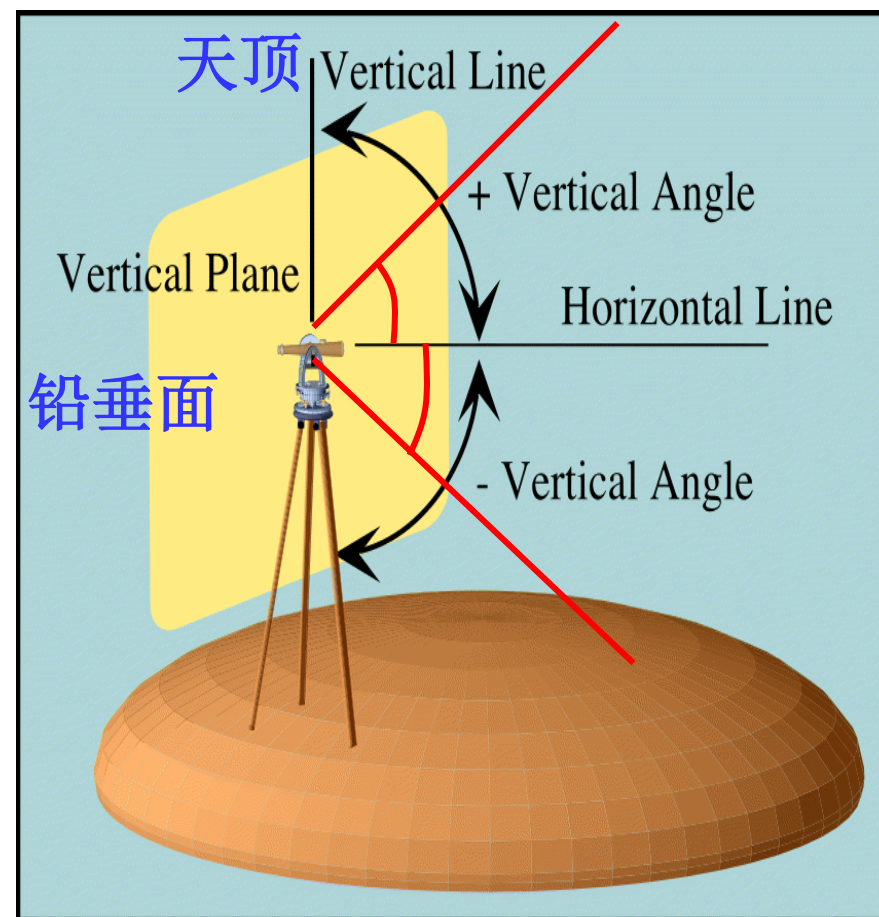
- **竖直角**

在同一垂直面内，倾斜视线与水平线之间的夹角

- **仰角、俯角**

仰角(+): 视线在水平线之上

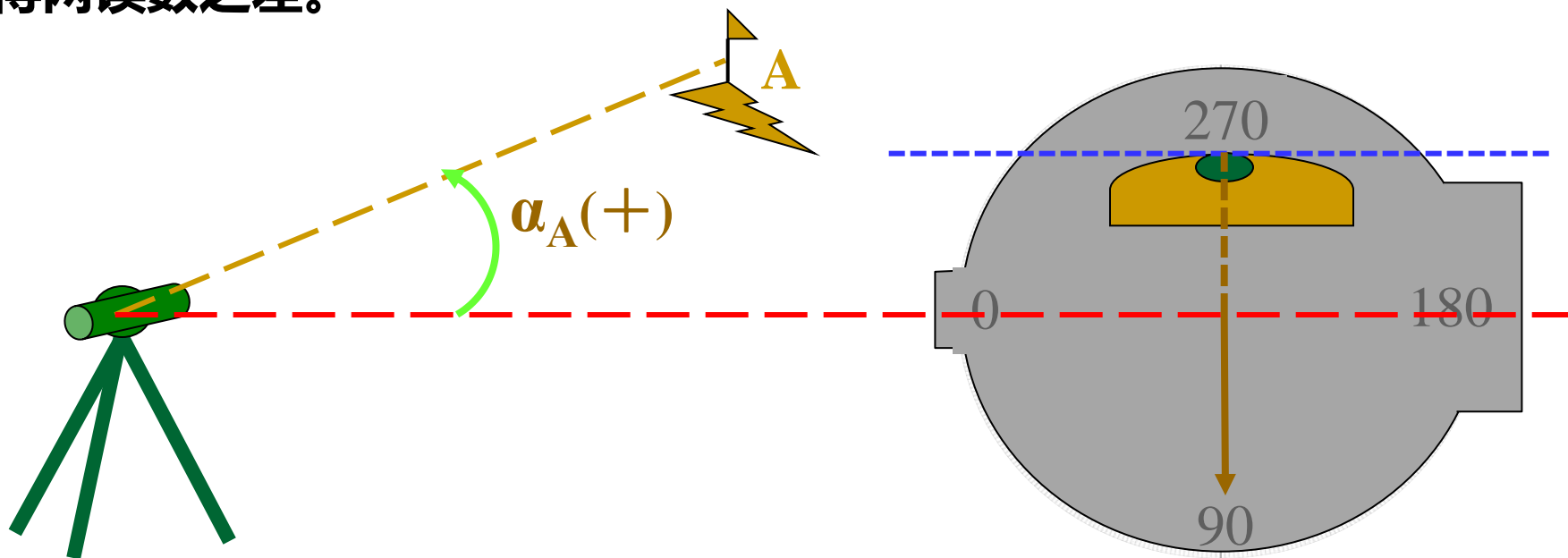
俯角(-): 视线在水平线之下



01 竖直角测量原理

2 竖直角测量原理

- 竖直角通过观测倾斜视线与水平线在竖直度盘上的读数从而求出竖直角的大小。
- 不过水平线在竖盘上的读数为固定读数，只需读取倾斜视线的读数（**可变的**），便可获得两读数之差。



01 竖直角测量原理

3 竖盘构造（基本构造）

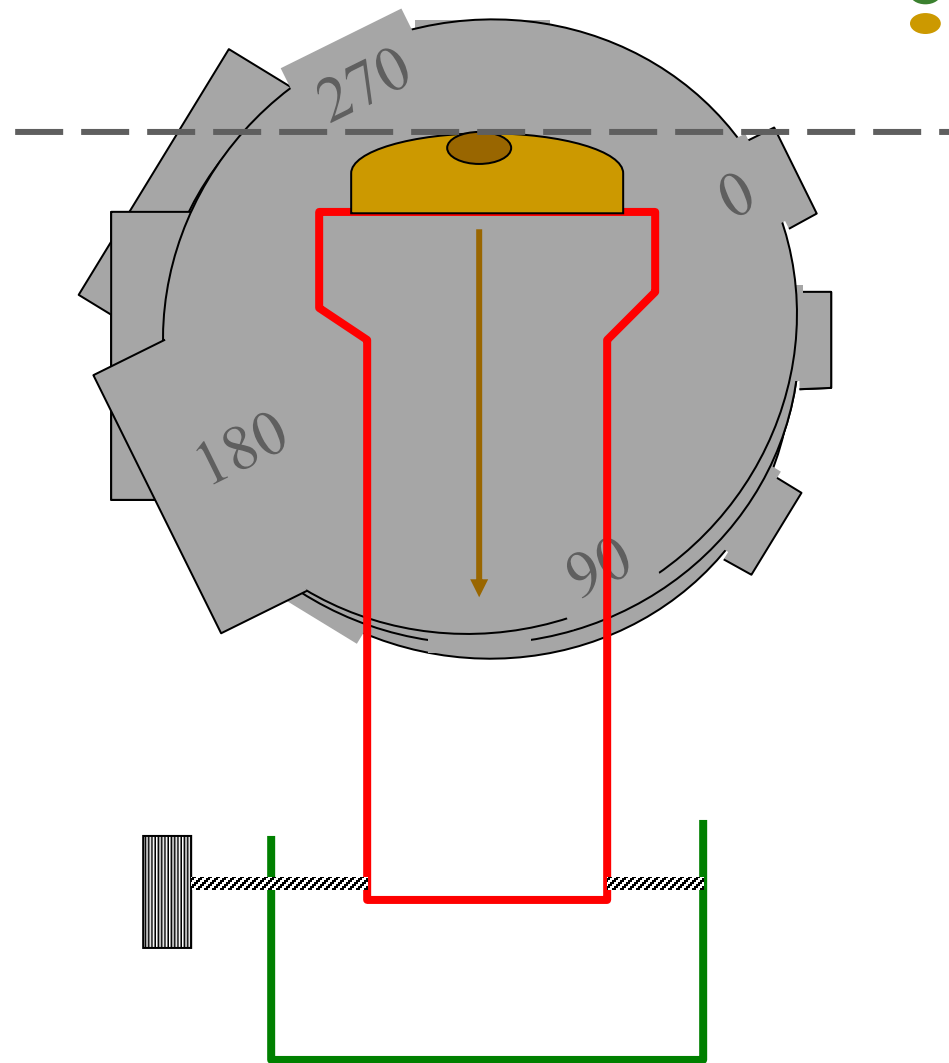
- 竖盘随望远镜一起转动；
- 竖盘与读数指标相互脱离；
- 竖盘气泡居中，指标铅垂。



01 竖直角测量原理

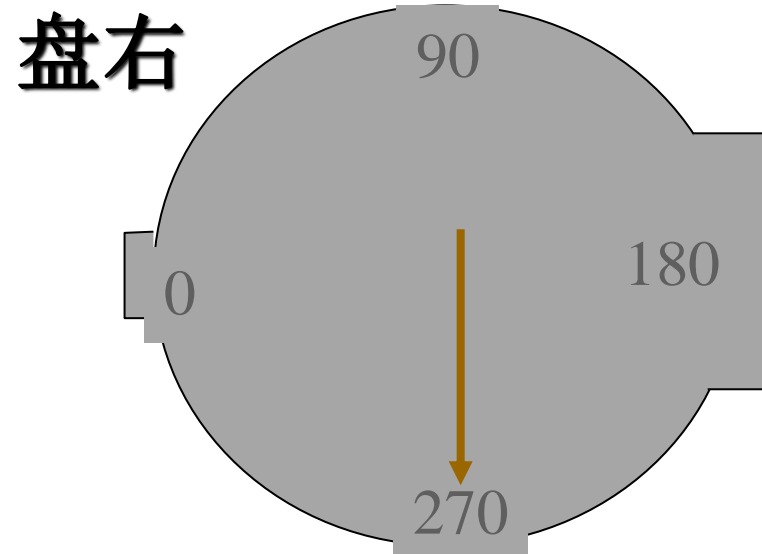
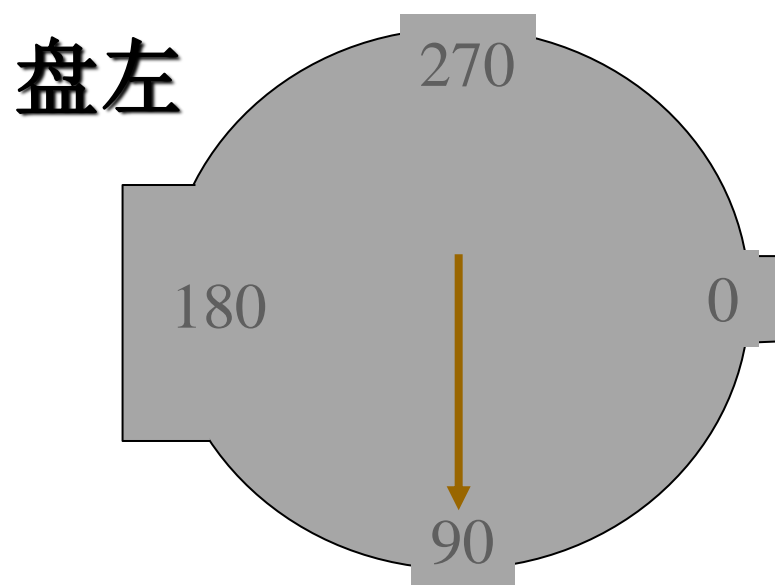
3 竖盘构造 (特点)

- 竖直度盘与望远镜固定在一起;
- 读数指标线与指标水准管轴垂直。



01 竖直角测量原理

3 竖盘构造 (注记)

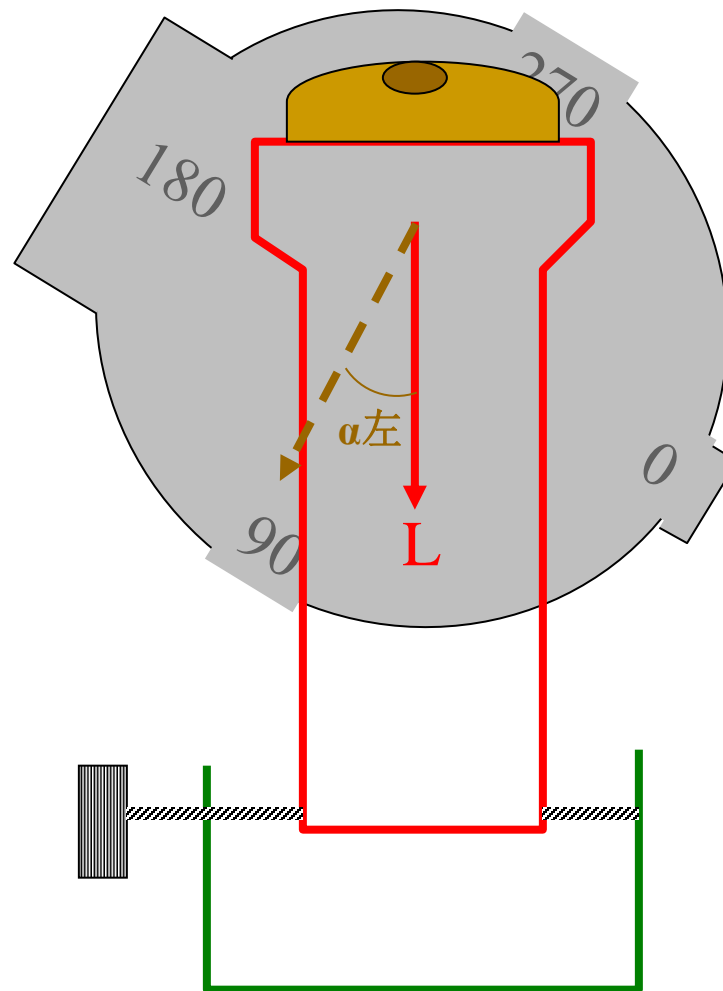
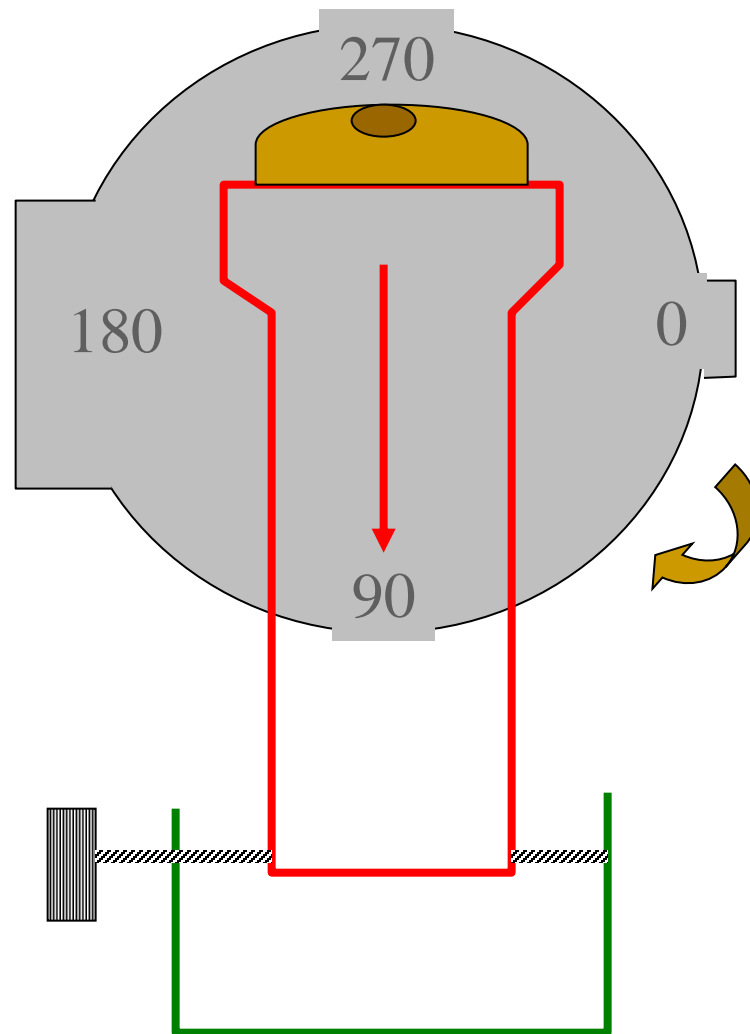


始
读
数
不
同

01 竖直角测量原理

4 竖直角计算公式推导 (盘左)

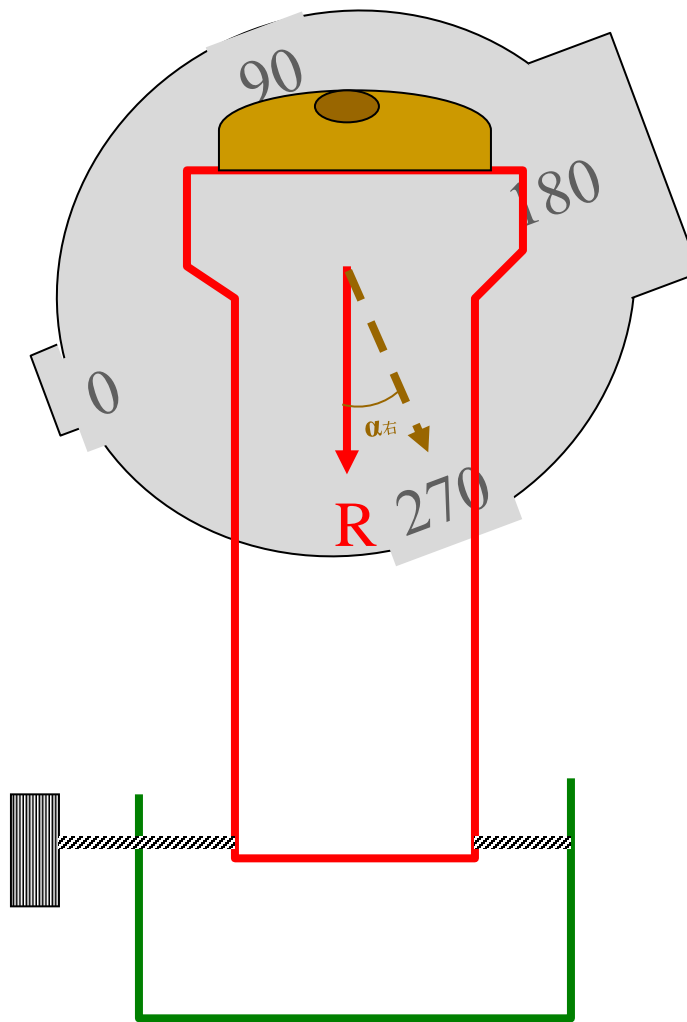
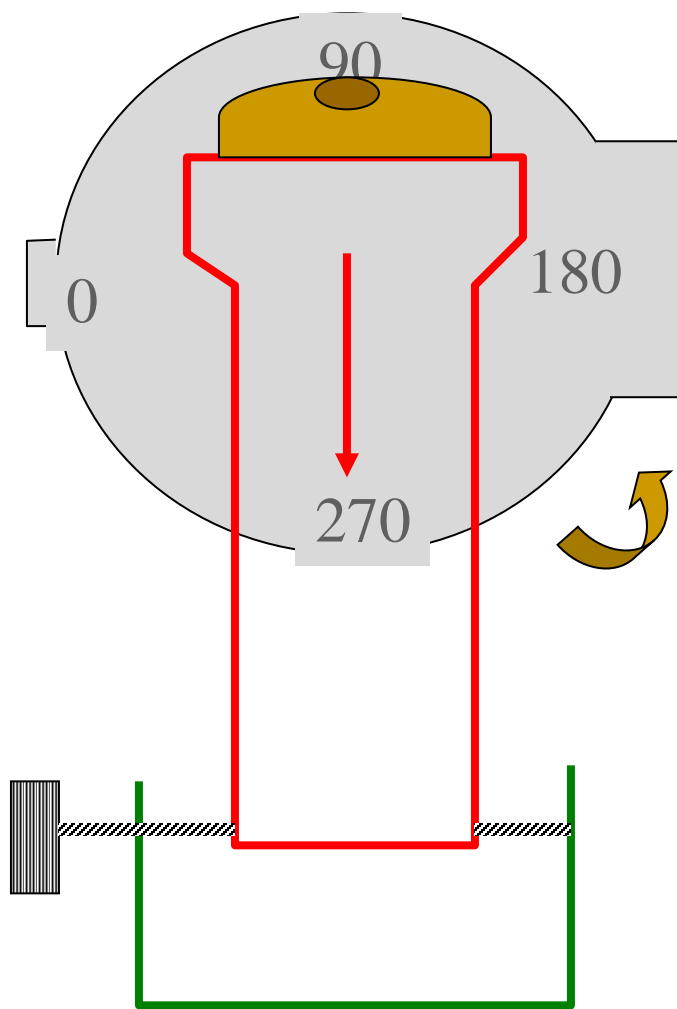
$$\alpha_{\text{左}} = 90^\circ - L$$



01 竖直角测量原理

4 竖直角计算公式推导 (盘右)

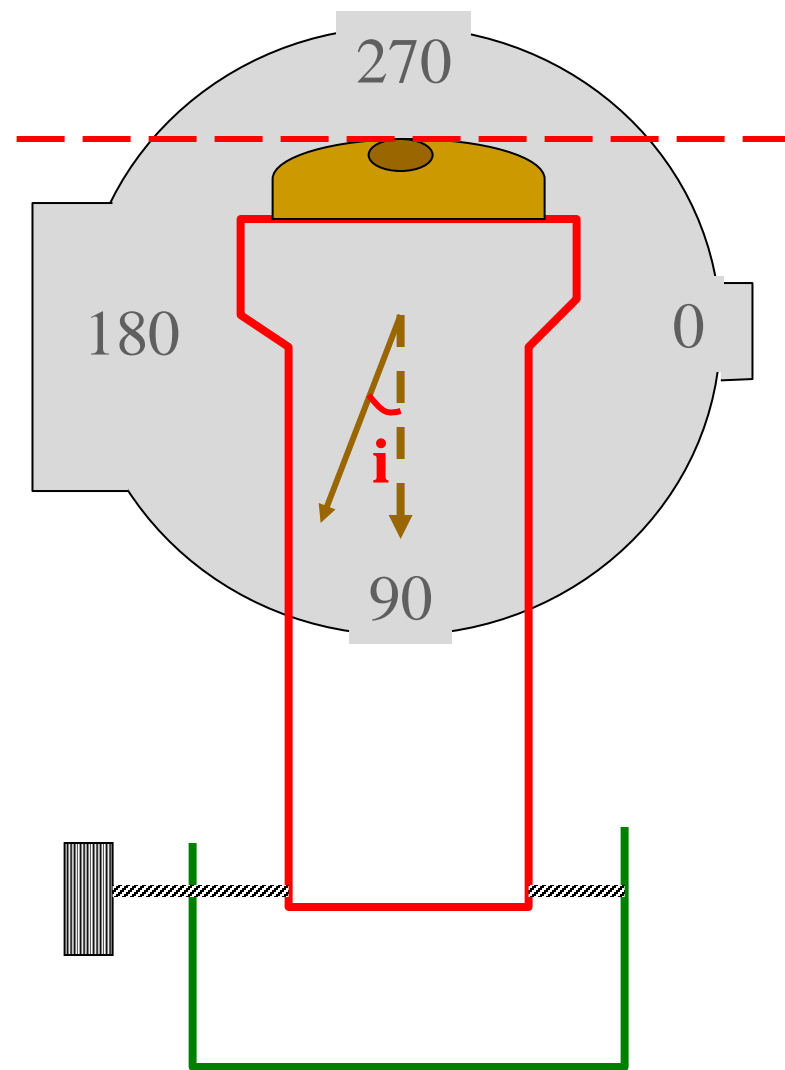
$$\alpha_{\text{右}} = R - 270^\circ$$



01 竖直角测量原理

5 竖盘的指标差

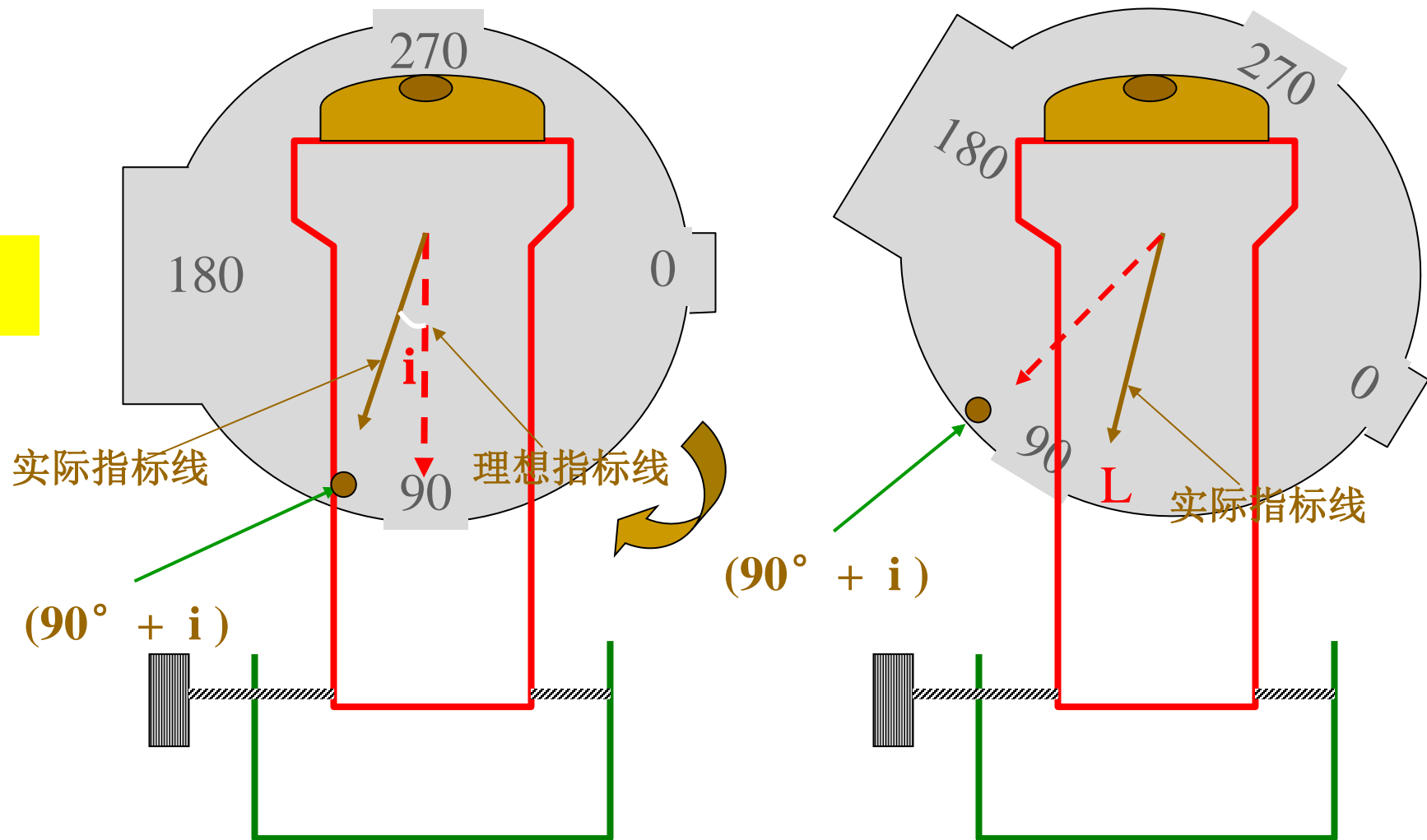
- **定义**—竖盘指标水准管气泡居中时竖盘读数与理想读数的差。；
- **产生原因**—指标线与指标水准管轴不垂直。



01 竖直角测量原理

5 含指标差的计算公式（盘左）

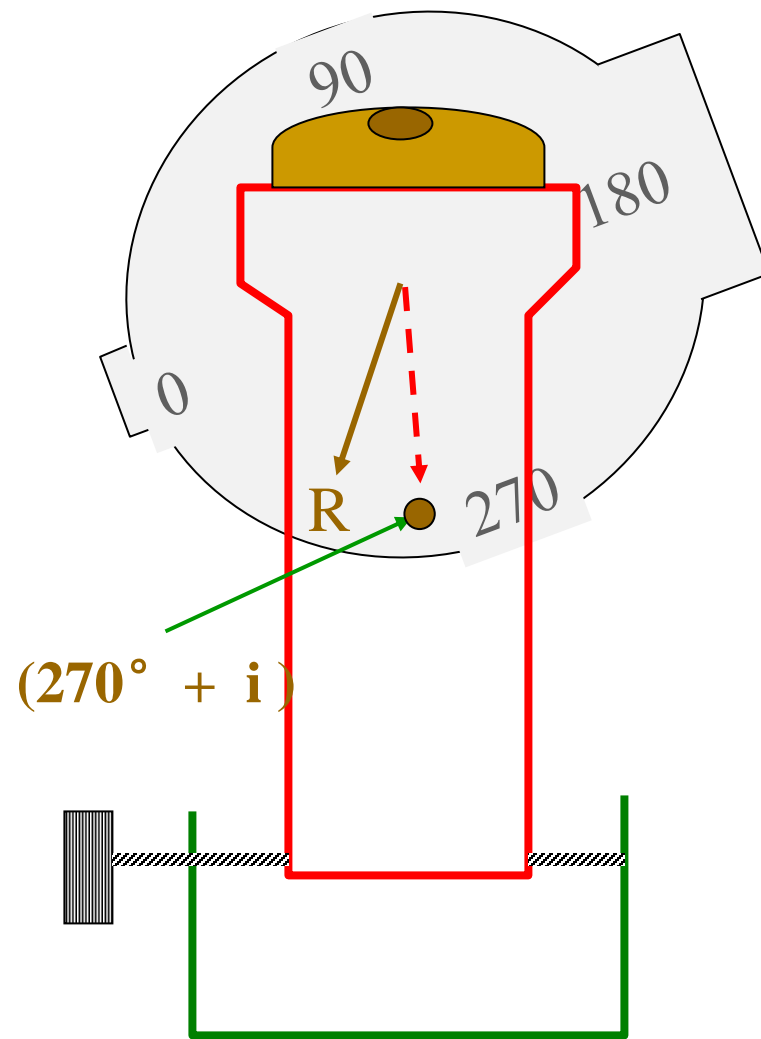
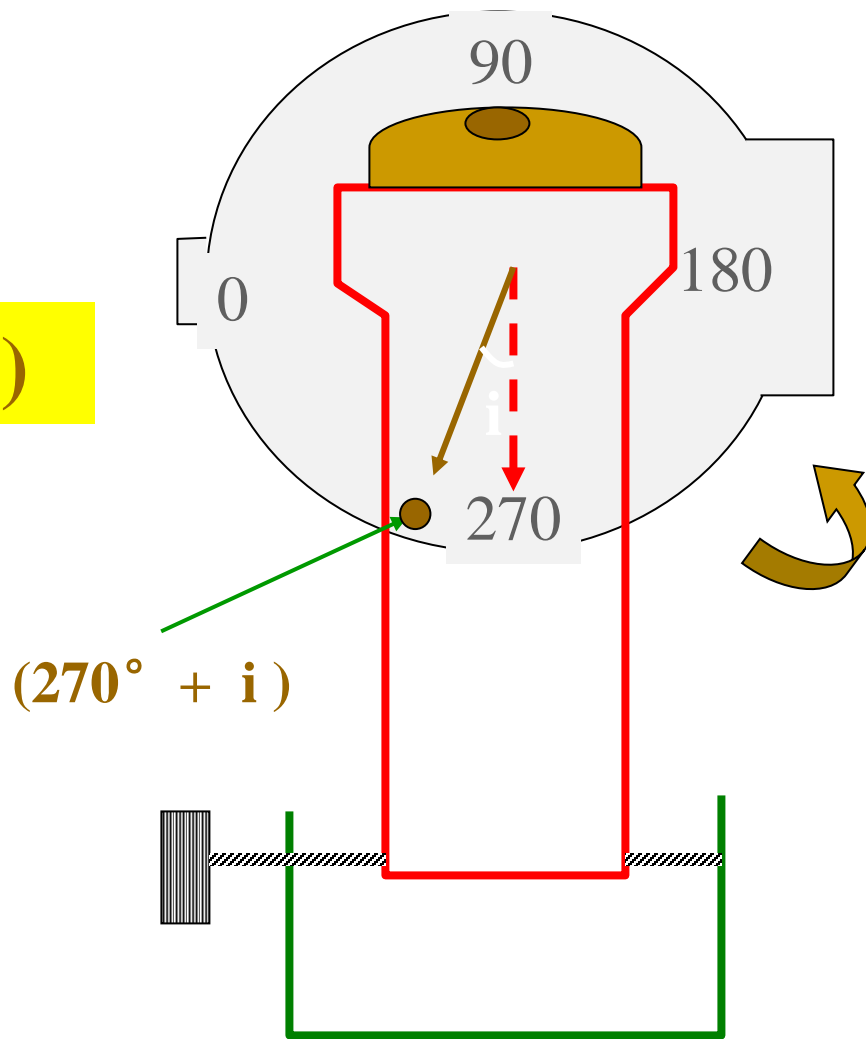
$$\alpha = (90^\circ + i) - L$$



01 竖直角测量原理

5 含指标差的计算公式（盘右）

$$\alpha = R - (270^\circ + i)$$



01 竖直角测量原理

5 含指标差的计算公式

计算公式：

$$(1) \alpha_{\text{左测}} = 90 - L \quad \alpha_{\text{右测}} = R - 270$$

$$\alpha_{\text{真}} = (90 + i) - L \quad \alpha_{\text{真}} = R - (270 + i)$$

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

✓ 盘左盘右观测竖直角取平均，可消除指标差的影响。

$$\alpha = \frac{\alpha_{\text{左}} + \alpha_{\text{右}}}{2} = \frac{R - L - 180^\circ}{2}$$

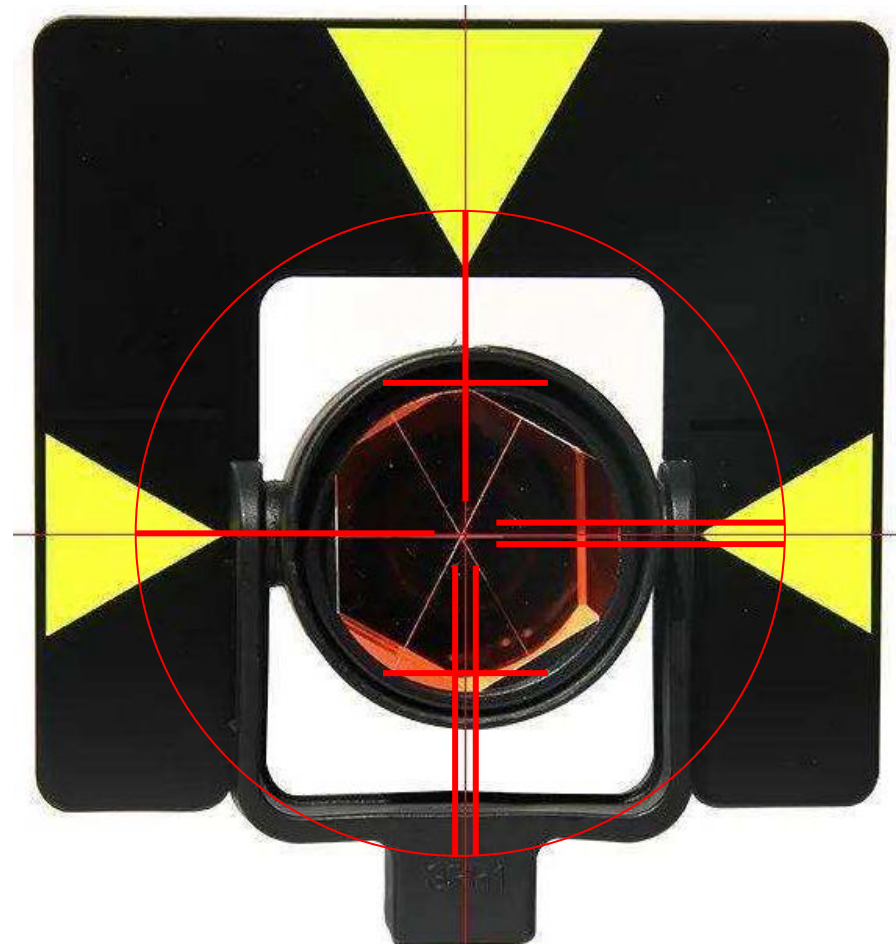
02竖直角观测

1观测步骤

- 在测站安置全站仪，**对中、整平**；
对中：光学对中，激光器对中；
整平：粗平，精平
- **盘左用中丝**精确瞄准目标，调节指标水准管**气泡居中**，读数 **$L(V)$** ；
- **盘右用中丝**精确瞄准目标，调节指标水准管**气泡居中**，读数 **$R(V)$** ；

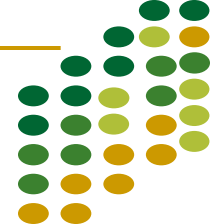
02竖直角观测

2瞄准



02竖直角观测

3观测手簿



测站	目标	竖盘位置	竖盘读数	半测回值	指标差	一测回值
A	B	盘左	87 52 18	+2 07 42	-6	+2 07 36
		盘右	272 07 30	+2 07 30		
A	C	盘左	93 16 54	-3 16 54	+9	-3 16 45
		盘右	266 43 24	-3 16 36		

$$\alpha_{\text{左}} = 90^\circ - L$$

$$\alpha_{\text{右}} = R - 270^\circ$$

$$i = (L + R - 360^\circ) / 2$$



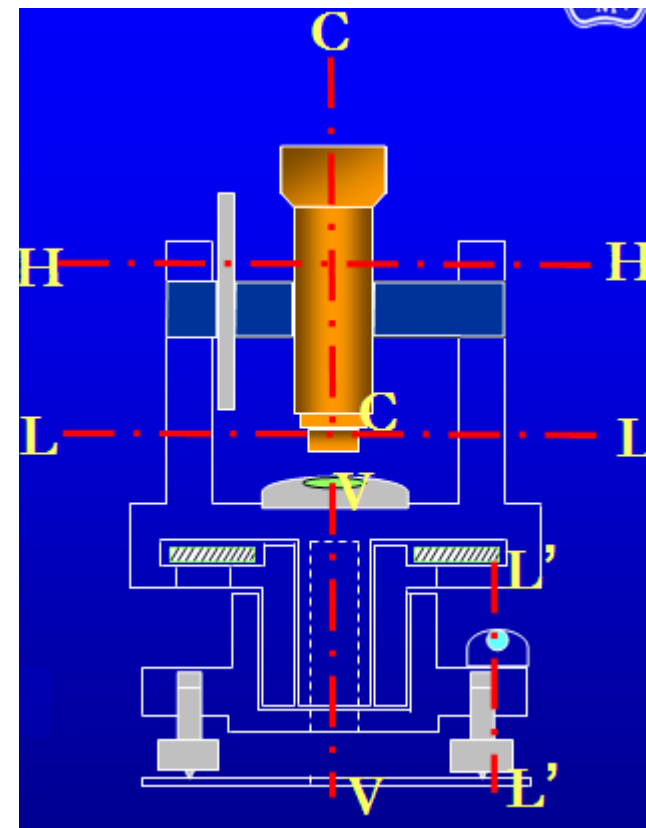
05

全站仪检验校正

01 全站仪检验校正

1 全站仪的几何轴线

- 1: 照准部水准管轴 (LL)
- 2: 望远镜视准轴 (CC)
- 3: 仪器竖轴/垂直轴 (VV)
- 4: 仪器横轴/水平轴 (HH)
- 5: 竖盘指标水准管水准轴 ($L_{\alpha} L_{\alpha}$)



01 全站仪检验校正

2轴系应满足的几何条件

- 1: 照准部水准管轴垂直于竖轴 ($LL \perp VV$)
- 2: 十字丝竖丝垂直于横轴 (竖丝 $\perp HH$)
- 3: 视准轴垂直于横轴 ($CC \perp HH$)
- 4: 横轴垂直于竖轴 ($HH \perp VV$)
- 5: 竖盘指标水准管水准轴垂直于指标线 L_{α} ($L_{\alpha} \perp$ 指标线)



05

角度测量误差分析

01 角度测量误差及消除方法

1 仪器误差

1、照准部偏心误差

产生情况: 照准部旋转中心与度盘分划中心不重合

消除与减弱措施: 盘左盘右取平均值可削弱

2、度盘刻划误差

产生情况: 度盘制造时产生

消除与减弱措施: 变换度盘位置

3、视准误差

产生情况: 视准轴不垂直于水平轴时产生的误差

消除与减弱措施: 盘左盘右取均值可以削弱

01 角度测量误差及消除方法

1 仪器误差

4、横轴误差

产生情况: 横轴不水平

消除与减弱措施: 盘左盘右取平均值可消除

5、纵轴误差

产生情况: 纵轴不铅垂

消除与减弱措施: 注意水准管的精度与精确整平

注意: 不能用盘左盘右取均值可以消除

01 角度测量误差及消除方法

2 观测误差

1、仪器对中误差

产生情况: 仪器中心与测站点不在同一铅垂线上

消除与减弱措施: 精确对中

2、目标偏心误差

产生情况: 觇标中心偏离目标标石中心

消除与减弱措施: 觇标铅垂

3、照准误差

产生原因: 未精确瞄准目标的几何中心

消除与减弱措施: 选择较好的观测环境

01 角度测量误差及消除方法

2 观测误差

4、读数误差（全站仪一般不存在）

产生情况： 估读导致

消除与减弱措施： 认真读数

5、视差和十字丝不清晰的影响（自动对焦，影响较小）

产生情况： 目标成像不在十字丝板上

消除与减弱措施： 观测时认真调焦、消除视差

01 角度测量误差及消除方法

3 外界环境影响

1、大气折光、旁折光

消除与减弱措施： 视线离开障碍物1m，长边选有利时间

2、垂直折光

消除与减弱措施： 视线高于地面1m以上，选有利时间观测

3、空气抖动、气压、温度、湿度、风力等

消除与减弱措施： 打伞