

Z400重力仪

使用说明书



北京奥地探测仪器公司


地址：北京市朝阳区酒仙桥东路1号M3座 邮编：100016

电话：010-64358663 010-64383418 传真：010-64376846

目 录

1. 概述 (1)
2. Z400 重力仪主要技术指标 (1)
3. 仪器成套性 (3)
4. 仪器的使用及维护 (4)
5. 仪器的调节 (10)
6. 仪器常见故障及其排除 (19)

特别提示:

 仪器内装有放射性静电消除源 Pu^{238} ，放射性活度 $\leq 1.11 \times 10^6$ 贝可，属 V 类放射源，正常使用对人体无伤害。请不要自行拆卸仪器主体，以免污染环境或造成无辜伤害。

根据中华人民共和国国务院 449 号令：“放射性同位素与射线装置安全和防护条例”第三章、第 32 条有关废旧放射源回收的规定，重力仪报废时，用户应将废旧仪器送交当地有相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存。

北京奥地探测仪器公司
联系电话：010-64376846

声明:

- ①新版“Z400 型重力仪使用说明书”版权归北京奥地探测仪器公司所有，未经允许不得转载、翻印。
- ②公司保留在不预先通告的情况下，对产品进行修改和改进的权力，用户以实物为准。

北京奥地探测仪器公司
2009.5.8 (第二版)

1. 概述

欢迎您使用 Z400 型重力仪。

Z400 型重力仪是 ZSM 石英弹簧重力仪系列产品之一。ZSM 重力仪是地面上测量重力加速度值相对变化的一种高精度重力测量仪器。仪器采用零点读数法测量重力加速度值的变化。重力传感器用石英玻璃制成，设有精密的温度补偿装置和精良的保温隔热系统，有效地消除了环境温度变化对重力仪读数的影响。Z400 型重力仪具有精度高、重量轻、体积小、操作简单、携带方便等特点。

Z400 重力仪最大的特点是仪器直读范围大（约 400 毫伽），广泛用于地质构造和地质矿产的重力勘探（包括重力普查、重力详查和区域重力测量）及大地重力测量。

为了用好仪器，使用前，请详细阅读使用说明书。重力仪是高精度的计量仪器，仪器操作人员必须经过严格培训，考核合格，持证上岗。

2. Z400 重力仪主要技术指标

名称	参数
读数精度	± 0.01 毫伽
观测精度	$\varepsilon \leq \pm 0.03$ 毫伽
计数器读数范围	0~3999.9 格
格 值	0.09~0.11 毫伽/格
测程范围	> 5000 毫伽
亮线灵敏度	1.6 ~ 2.0 毫伽（约 16~20 格）
混合零点位移	$\leq \pm 0.1$ 毫伽/小时
格值线性度	$\leq 1/1000$
仪器重量	约 4.5 千克



Z400 型重力仪各部件的名称

3. 仪器成套性:

序号	名称	数量	单位	备注
1	重力仪	1	台	
2	防震箱及背带	1	套	
3	三角底盘	1	个	
4	备件包	1	个	备件详见产品装箱单
5	随机文件: ① 使用说明书 ② 检验卡 ③ 产品合格证 ④ 产品装箱单	1 1 1 1	份 份 份 份	



4. 仪器的使用及维护

使用仪器从事操作的人员，使用前请详细阅读仪器使用说明书，必须掌握正确的操作与调节。Z400 型重力仪的传感系统是采用石英玻璃制成，精度高，必须养成轻拿轻放的好习惯，绝不允许粗暴地对待仪器，操作中不允许出现磕碰的声响，否则将造成严重后果，甚至还可能损坏仪器。



4. 1 照明灯的使用

Z400 重力仪的照明灯由灯座、电池和开关座组成的一体化照明系统，用于读数和水准器的照明。（图 1）



图 4-1

光源采用高亮发光二极管；电池采用三只 A13/A76 碱性纽扣电池(电池容量为 140mAH)，可提供连续约 10 小时照明的电量。

电池安装步骤:

- 左手扶好仪器，右手将照明灯向上拔出；
- 拧开开关座，将三只 A13/A76 碱性纽扣电池倒出来；
- 将三只新的 A13/A76 碱性纽扣电池正极向下依次装入灯座（参看图 4-1），也可以先将三只新的 A13/A76 碱性纽扣电池用透明胶带串成一体后正极向下装入灯座；
- 拧上开关座，按下开关按钮，灯亮表示极性正确。若灯不亮表示极性不正确，应将电池极性反接即可。

4. 2 电源开关:

电源开关采用自锁按钮开关, 按下按钮, 当按钮处于低位时, 电路接通。再按一下按钮, 按钮回到高位时, 电路断开。(图 4-2)




图 4-2

4. 3 重力仪操作步骤:

4.3.1 放好底盘: 用手将底盘大致摆平、放稳。(图 4-3)

注意:


 底盘不允许用脚踩。底盘放稳, 才能保证仪器在读数过程中, 水准器的气泡稳定居中。

4.3.2 取出仪器: 从防震箱内取出仪器, 轻轻放在底盘上, 并利用底盘的凹面大致摆平。




图 4-3

注意:

 切不可使仪器与防震箱相碰, 不允许仪器与底盘相撞!

4.3.3 仪器调平: 双手同时反向旋转前面两个横水准器调节脚螺丝, 使横水准器气泡居中(图 4-4 (1)); 转动靠近操作员的纵水准器调节脚螺丝, 使纵水准器气泡居中(图 4-4 (2))。最后, 两个水准器的气泡都保持居中(图 4-4 (3))。

注意:

 在测点上整个观测过程中, 应保持两个水准器气泡始终居中。发现气泡偏离应及时调平, 最大偏离不得大于半格(即不得大于水准器两根角值线距离的一半)。

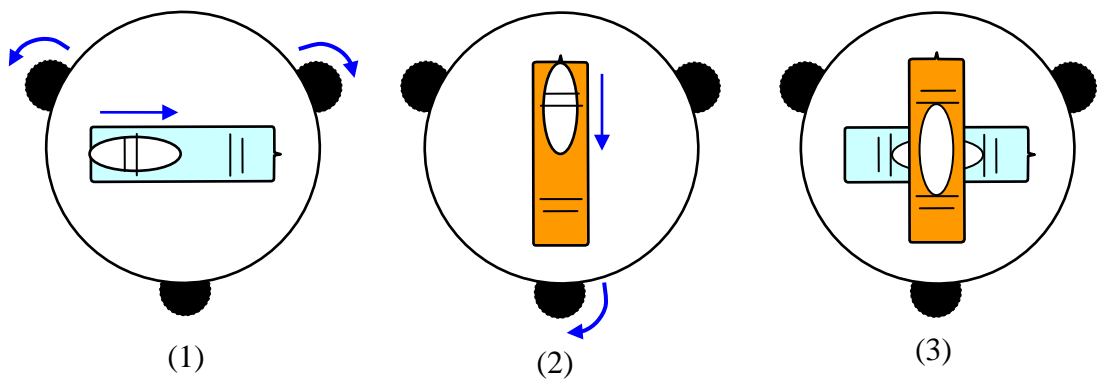


图 4-4

4.3.4 接通电源：按下电源按钮，当按钮处于低位时，电路接通。

4.3.5 零点读数：观察目镜中亮线的位置，转动计数器手轮，使亮线与零线重合（图 4-5），这时，计数器将显示该测点的读数。

计数器（图 4-6）个位数轮每个数之间，细分十个小格，可以精确读准 0.1 格。如果读数刻线位于两根刻线之间，一般采用四舍五入的方法取数。

注意：

▲ 亮线与零线重合的位置自始至终必须固定不变。为了做到这点，可以利用零线上的两个“豁口”，增加重合的参照物，固定一个位置重合零线。

▲ 顺时针（向前）转动计数器手轮，亮线从左向右移动，计数器的读数由大变小（图 4-7）；反之，反时针（向后）转动计数器手轮，亮线从右向左移动，计数器的读数由小变大（图 4-8）。

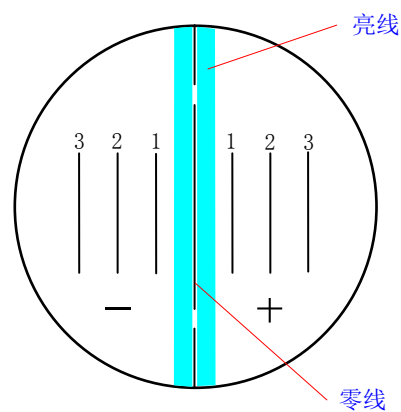
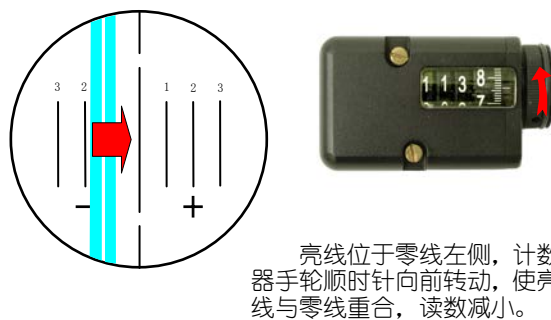


图 4-5



图 4-6

▲ 为了减小测量系统中机械间隙对读数产生的误差，每一次读数亮线应从一个方向重合零线。如果，选定从左向右重合零线，当重力值增大亮线将在零线的右侧，这时，应反时针方向转动计数器手轮，将亮线拧过零线少许，再顺时针方向转动计数器手轮，将亮线从左向右重合零线。



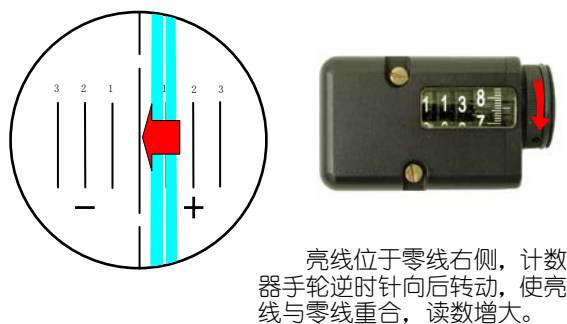
亮线位于零线左侧，计数器手轮顺时针向前转动，使亮线与零线重合，读数减小。

图 4-7

4.3.6 关好电源，将仪器放回防震箱。

注意：
▲ 一定要及时关闭电源！否则，将耗尽电池的能量。

▲ 长期不使用仪器时应及时取出电池，以免电池烂在灯座内。



亮线位于零线右侧，计数器手轮逆时针向后转动，使亮线与零线重合，读数增大。

图 4-8

4. 4 重力值的计算

重力仪是测量地面上重力值相对变化的仪器。两点间的重力差 (Δg) 等于仪器分别在两点观测的读数差 (ΔS) 乘以仪器格值(K)，即：

$$\Delta g = K \times \Delta S$$

由于仪器读数存在零点漂移，在计算重力值之前，必须进行零点漂移改正。(具体的做法参看有关重力测量的规范。)

4.5 重力仪的维护

4.5.1 ZSM 重力仪是高精度精密仪器，仪器的读数精度为 ± 0.01 毫伽，约为重力值的万万分之一（ 10^{-8} ），在使用过程中要避免震动和磕碰，否则仪器读数会产生突变。一定要养成轻拿轻放的好习惯。


4.5.2 在运输中，应将仪器放入防震箱内，由专人护送。运输过程中，注意防震，保持直立。车载时，中速行车，避免急刹车、急拐弯；乘坐飞机时，当飞机着陆时应将仪器提起，以免仪器受到撞击。

4.5.3 在测量过程中，车载时应在防震箱下面再加一个厚的泡沫垫减震，在路面不好时，操作员应将防震箱放在双腿上扶好，尽量避免仪器读数产生突变。

4.5.4 在观测中，应避免阳光直照仪器，并注意防潮。

4.5.5 在使用过程中（包括仪器的运输和贮存），仪器应保持直立状态，不允许大角度倾斜（图 4-9）。在作业中遇到较长时间休息或用餐时，最好找一个安全的场所将仪器调平，并使亮线与零线重合，以保证仪器性能更加稳定。

注意：

 为了确保仪器稳定，在使用全过程中，仪器瞬间的最大倾斜角也不得超过 45° 。

4.5.6 仪器存贮场所的气温应尽量与作业时的气温相近，减小温度变化对仪器读数的影响。

4.5.7 仪器在观测中若出现沾摆现象，可以轻敲面板，使亮线与限制器脱开。沾摆不影响仪器使用。

4.5.8 新仪器的零点漂移可能大一些，随着使用时间的增加，零点漂移将逐渐减小。


4.5.9 注意保持仪器的清洁。目镜筒和水准器望窗上的尘土应使用洗耳球吹去尘土，再用软毛刷和擦镜纸轻轻擦拭，不允许用手或其它粗糙的东西擦拭。



图 4-9 人背仪器也要保持直立状态

4.5.10 重力传感器容器内的真空度应保持在 15 毫米汞柱。**ZSM 重力仪每年需检查一次真空度。**

注意：

 当仪器出现：受温度影响增大；混和零点漂移大而不规则；读数受微震影响增大时，应及时检查仪器的真空度。

5. 仪器的调节

重力仪在出厂以前经过严格的调节和标定，仪器的各项性能均达到技术指标。由于操作员的视差造成亮线与零线重合的位置（即零点位置）不完全一致，加之长途运输和工区重力值和外界温度条件的变化，所以，在作业之前，**操作人员必须亲自检查和调节仪器**，以保证仪器正常使用。

重力仪的调节主要包括：

- ◆ 测程调节；
- ◆ 水准器调节；
- ◆ 亮线灵敏度调节。

5.1 测程调节

Z400 重力仪的直读范围为 4000 格（约 400 毫伽），当到达新的工区或测量工作中因重力变化可能超出直读范围时，需进行测程调节。

测程调节步骤：

5.1.1 将仪器放置在底盘上，调平；将计数器读数调到中间位置（2000.0 格）或根据实际情况调到某个读数附近；

5.1.2 打开测程调节孔孔塞。用小改锥按下述方向转动测程调节连杆，将亮线调节到零线附近：

- ◆ 当亮线位于零线左侧，顺时针转动测程调节连杆；（图 5-1 左）
- ◆ 当亮线位于零线右侧，反时针转动测程调节连杆。（图 5-1 右）

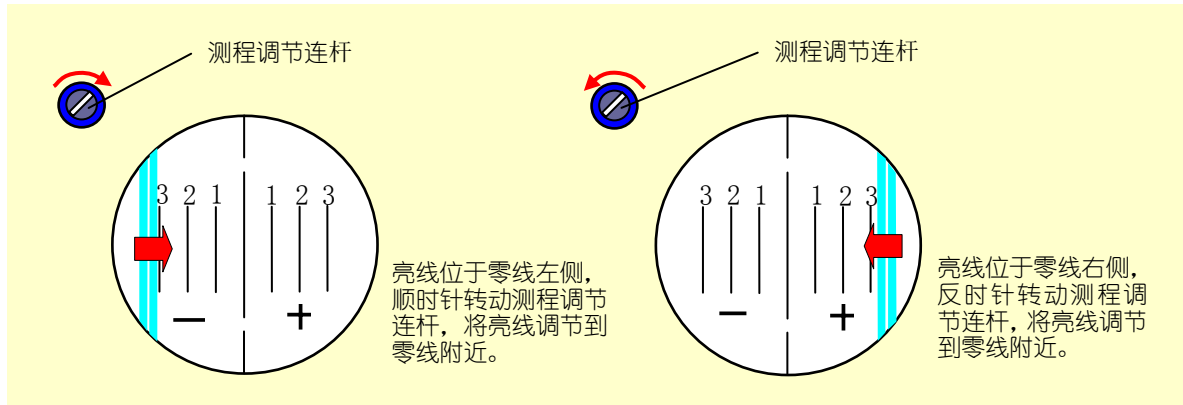


图 5-1 测程调节图解

5.1.3 转动后，随即用小改锥轻按测程连杆端面数次，以**加速测程稳定**。

5.1.4 检查仪器经过测程调节后是否已经稳定：读一个数后，将仪器提起上下晃动（每秒 1~2 次，上下约 10~15 厘米）1~2 分钟，重新读一个数，当前后两次读数符合读数重复性（读数差小于三个小格，约 0.03 毫伽）的要求时，表明仪器已稳定可以进行作业。如果前后两次读数变化较大，重复上面步骤晃动仪器，直到仪器稳定，才能进行作业。

5.1.5 调节完毕，将测程调节孔的孔塞塞好。

5. 2 水准器调节：

ZSM 重力仪设有两个水准器：横向水准器与重力传感器的旋转轴平行；纵向水准器与重力传感器的摆杆平行。**当重力仪水准器的气泡居中时，应确保仪器的纵向倾角和横向倾角皆为零。这时，仪器读数为出现最大值。**

每个操作员亮线重合零线的位置不完全一致，所以，不同操作员水准器的位置是有差异的（尤其是纵向水准器），更换操作员时一定要检查和调节水准器；运输途中的震动以及气温的变化，也会对水准器机械稳定性产生影响，所以，必须定期检查和调节水准器。

5.2.1 纵向水准器的检查和调节：

- (1) 选择稳定、扰动小的场所放置仪器，**提前打开**面板上纵向水准器调节孔的孔塞；
- (2) 调平。调节纵向和横向脚螺丝使纵向、横向水准器的气泡居中时，读一组数 S_0 ，并做记录；（图 5-2(2)）
- (3) 将纵向水准器的气泡向远离操作员（向前）移动一格，并保持横向水准器气泡居中，读一组数 S_{-1} ，并做记录；（图 5-2(3)）

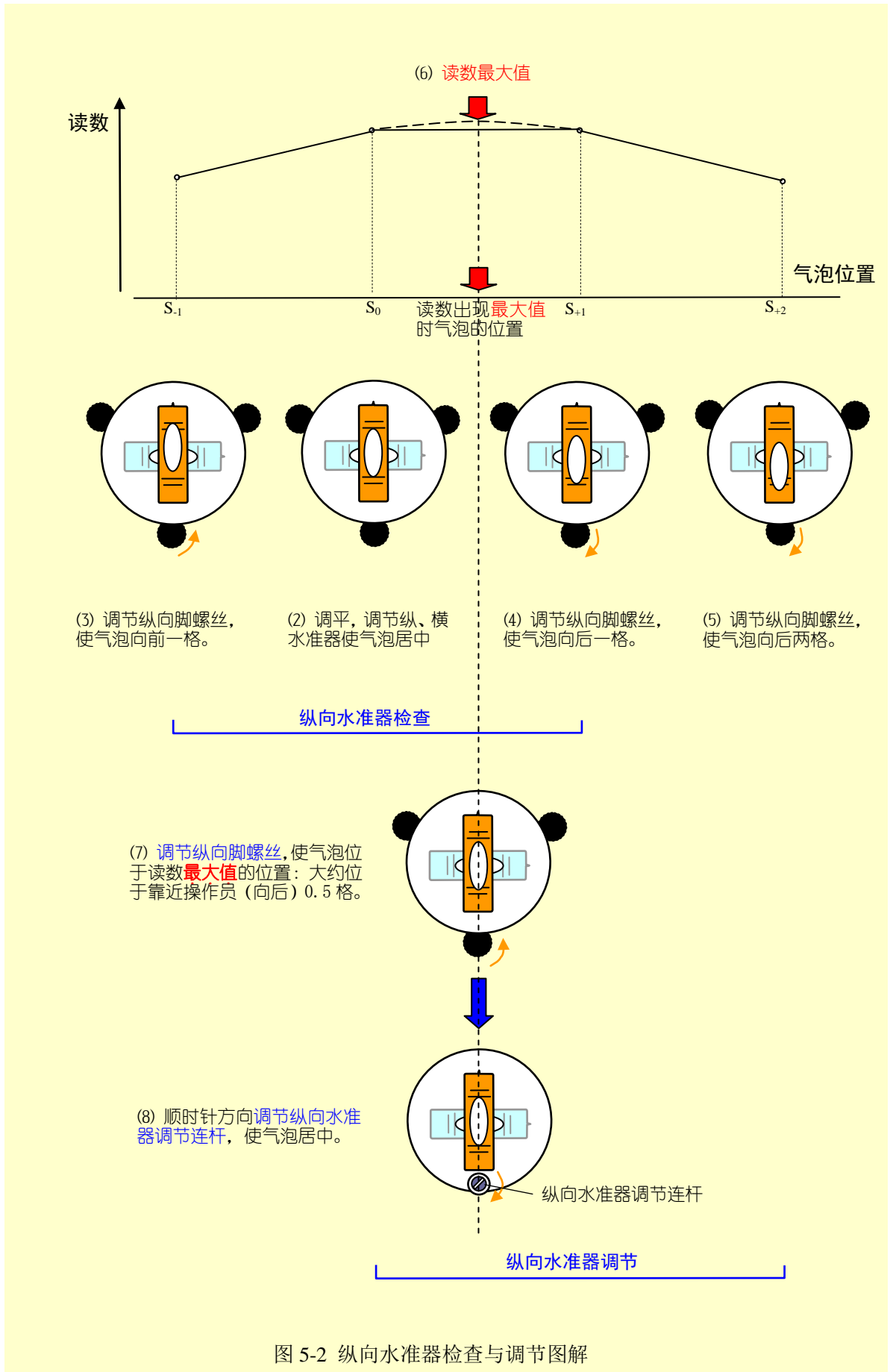



图 5-2 纵向水准器检查与调节图解

注意：

 在纵向水准器的检查和调节的过程中，要始终保持横向水准器气泡居中。

(4) 将纵向水准器的气泡向靠近操作员（向后）移动一格，并保持横向水准器气泡居中，读一组数 S_{+1} ，并做记录；（图 5-2(4)）

当： $S_0 > S_{-1}$ 和 S_{+1} ；且 $S_{-1} \approx S_{+1}$ 表明纵向水准器气泡居中时读数出现最大值，仪器的纵向倾角等于零，纵向水准器准确无误。

当： S_{-1} 或 $S_{+1} > S_0$ 时表明纵向水准器气泡位置出现偏差，需要调节。

下面以 $S_{+1} > S_0$ 为例，进行调节。

(5) $S_{+1} > S_0$ 表明仪器未出现最大值，纵向水准器的气泡还须继续向靠近操作员（向后）移动一格（共 2 格），并保持横向水准器气泡居中，读一组数 S_{+2} ，并做记录；（图 5-2(5)）

(6) 这样，继续移动纵向水准器的气泡，直到读数出现最大值（图 5-2(6)）。


(7) **转动纵向脚螺丝**使纵向水准器的气泡位于读数出现**最大值**位置上（图 5-2(7)）。


(8) **用调节螺丝刀调节**纵向水准器调节连杆，使纵向水准器的气泡居中（图 5-2(8)）。

(9) 重复步骤(2)~(4)进行复查。如复查结果仍不合格，重复步骤(5)~(8)进行调节。

(10) 调节完毕，将水准器调节孔的孔塞塞好。

注意：

 操作员必须亲自定期检查和调节水准器。

 仪器的灵敏度随着纵向倾角的增加而增大。所以，当检查仪器亮线灵敏度出现异常变化时，应及时检查水准器，特别是纵向水准器。

5.2.2 横向水准器的检查和调节：

横向水准器的检查和调节与纵向水准器的检查和调节的方法及步骤大体相同，不同点在于：用横向脚螺丝左右改变横向水准器气泡的位置，同时，要始终保持纵向水准器的气泡居中。

5.3 亮线灵敏度的检查和调节

5.3.1 什么是“亮线灵敏度”？

ZSM 重力仪的灵敏度可以用单位重力变化亮线移动的距离来衡量，移动的距离越大表明仪器的灵敏度越高。为了便于精确的测定，引出“亮线灵敏度”这个概念。所谓“亮线灵敏度”是指亮线从零线移动到左“1”线（-1线）或右“1”线（+1线）时，对应的读数的变化值。即亮线移动一个固定的距离时，对应的读数的变化值。亮线灵敏度是 ZSM 重力仪主要技术指标之一：亮线灵敏度值应符合 1.6~2.0 毫伽（约 16~20 格）。亮线灵敏度值越大，表明仪器的灵敏度越低，仪器的灵敏度太低将影响仪器读数精度；亮线灵敏度值太小，表明仪器的灵敏度太高，导致仪器读数困难，甚至难以读数。

5.3.2 什么时候需要检查和调节亮线灵敏度？

- (1) 到了新的工区，重力值发生较大的变化时；
- (2) 季节的变化，环境的温度发生较大的变化时；
- (3) 每天出工前检查一次亮线灵敏度，作为仪器的工作状况，记录在案。

注意：



操作人员必须亲自检查和调节亮线灵敏度。

5.3.3 亮线灵敏度的检查

- (1) 选择稳定、干扰小的场所放置仪器。先检查水准器，尤其是纵向水准器，必须确保纵向水准器水泡居中时，仪器的纵向倾角等于零。
- (2) 将亮线与零线重合，读取读数 S_0 ，并做记录；
- (3) 用计数器将亮线与右侧的“+1”线重合读取 S_{+1} ，或将亮线与左侧的“-1”线重合读取 S_{-1} ，并做记录；
- (4) 取 $(S_{-1} - S_{+1}) \div 2$ ，作为仪器的亮线灵敏度值。若读数差在 16~20 格之间，表明亮线灵敏度正常。若读数差大于 20 格，表明仪器灵敏度偏低；若读数差小于 16 格，表明仪器灵敏度偏高，必须进行调节。

注意：

▲ 用“+1”线和“-1”线计算出的亮线灵敏度值一般是不完全相同的，可以用两者的平均值来表示亮线灵敏度。也可以用固定一侧的“1”线来测定亮线灵敏度。但是，如果两侧测定的亮线灵敏度值相差较大时，可以用差值的一半调整亮线灵敏度的指标。例如：用“+1”线测出的亮线灵敏度值为20格；用“-1”线测出的亮线灵敏度值为16格，可以用平均值18格作为亮线灵敏度值。如果固定采用“-1”检查亮线灵敏度，可以将亮线灵敏度的指标改为18~14格；而固定采用“+1”检查亮线灵敏度，可以将亮线灵敏度的指标改为22~18格。

5.3.4 亮线灵敏度的调节

调节灵敏度是通过转动偏心结构的目镜（图 5-3）左右微调零线的位置，并在新的零线位置上调节纵向水准器，使新的零点位置纵向倾角等于零，以达到调节灵敏度的目的。这是因为：目镜座的旋转轴与目镜筒（内置刻度片）的旋转轴是偏心的，于是，通过转动目镜座和目镜筒，可以左右移动零线的位置。

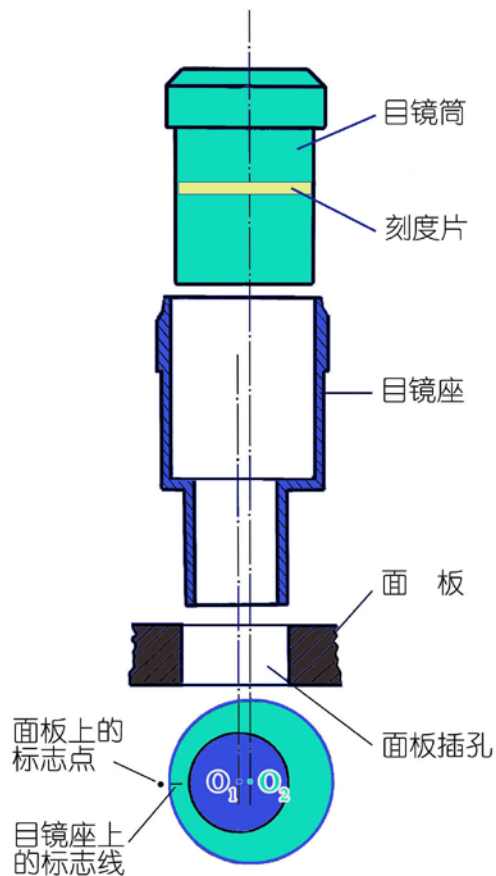


图 5-3

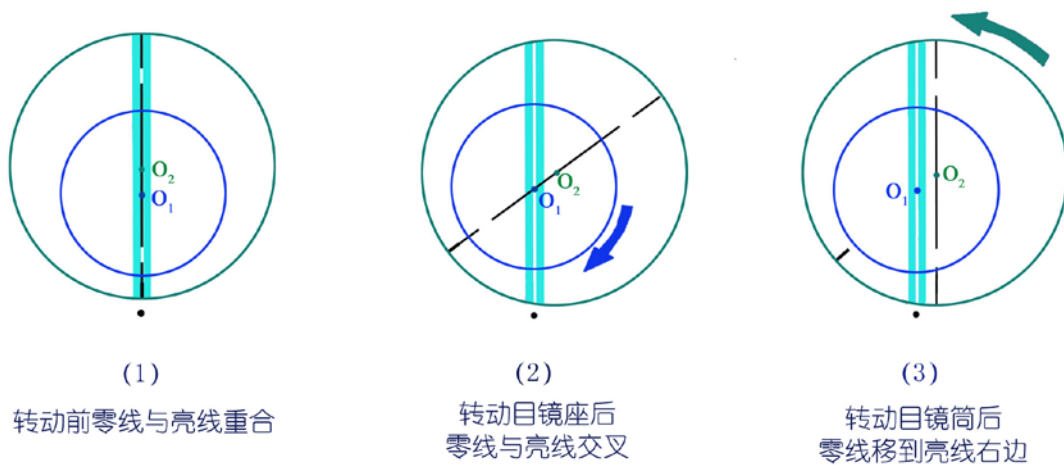


图 5-4

如果用与零线重合的亮线表示转动前零点位置（图 5-4(1)），转动后零线移动到原来零线的右边（图 5-4(3)）。

灵敏度调节的具体步骤：

(1) 检查纵向水准器。

注意：

▲ 检查亮线灵敏度必须在确认纵向水准器位置正确无误的前提下进行。

(2) 检查亮线灵敏度。

亮线灵敏度值小于 16 格，表明灵敏度偏高；亮线灵敏度值大于 20 格，表明灵敏度偏低。下面以亮线灵敏度大于 20 格，灵敏度偏低，需要提高灵敏度为例，介绍具体调节步骤。

(3) 转动目镜座和目镜筒，移动零线位置：

◆ 将仪器调平，将亮线与零线重合，这样，可以用亮线代表调节前零线的位置。

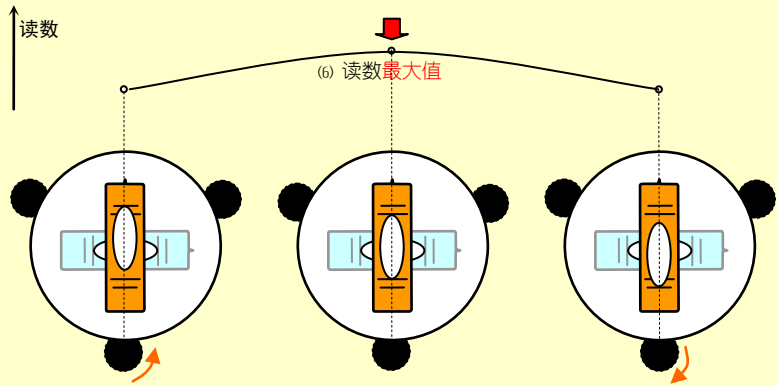
图 5-4 (1)

◆ 将目镜座顺时针方向转一个角度，这时，零线与亮线交叉。如图 5-4 (2)

◆ 左手捏住目镜座使其不动，用右手逆时针方向转动目镜筒，使零线与亮线平行；这时，零线移动到亮线（代表调节前的零线位置）的右边。如图 5-4 (3)

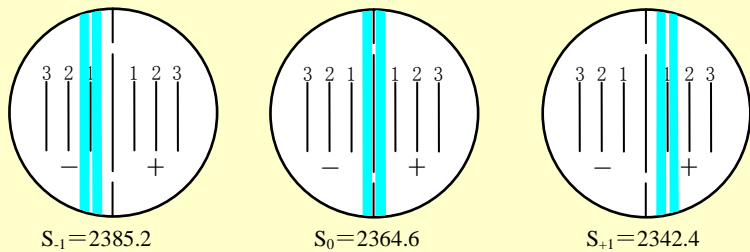
(1) 检查纵向水准器

在纵向水准器气泡居中时读数出现**最大值**，表明纵向水准器位置正确。



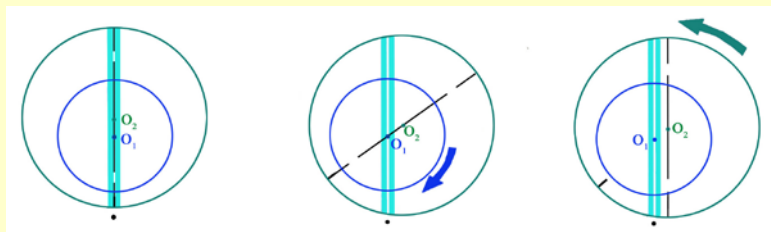
(2) 检查亮线灵敏度

亮线灵敏度值 = $(S_{-1} - S_{+1}) \div 2$
 = $(2385.2 - 2342.4) \div 2$
 = 21.4 格
 灵敏度偏低，需要调节亮线灵敏度。

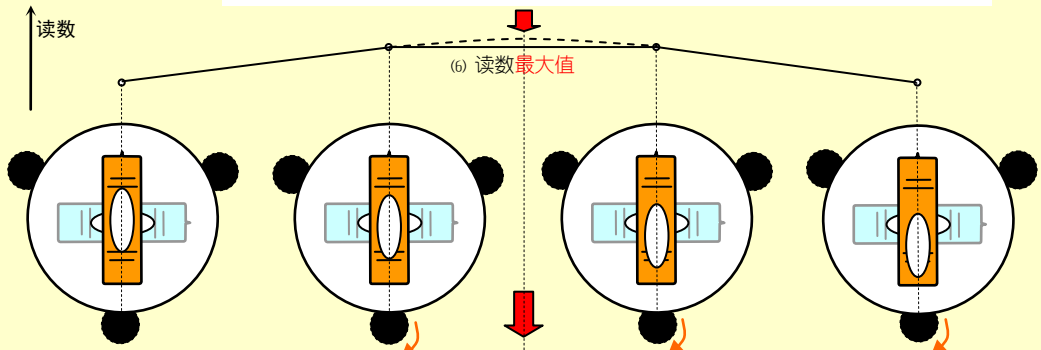


(3) 转动目镜座和目镜筒，移动零线位置

顺时针方向转动目镜座后，反时针方向转动目镜筒，零线移向原来零线的右侧。



(4) 重新检查纵向水准器



调节纵向脚螺丝，改变气泡位置，测出读数**最大值**的位置。
 调节纵向脚螺丝，使气泡位于读数**最大值**的位置：大约位于靠近操作人员（向后）1.5格。
 然后，调节纵向水准器调节连杆，使纵向水准器气泡居中

(5) 检查亮线灵敏度

亮线灵敏度值 = $(S_{-1} - S_{+1}) \div 2$
 = $(2364.8 - 2328.0) \div 2$
 = 18.4 格
 亮线灵敏度符合 16~20 格的要求。

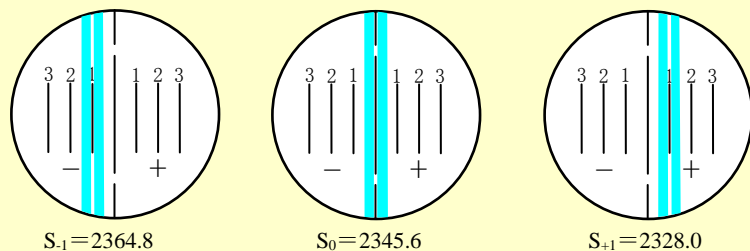


图 5-5 调节亮线灵敏度图解

注意：

目镜座转动角度大小与需要调节的量成正比，一般转动 10~15 度。目镜座最大转动范围：以标志线与标志点对齐算起，顺时针、逆时针各转动 90°。（图 5-6）

在转动目镜座和目镜筒后，应随即用手将目镜筒向下压一压，以消除由于转动可能产生的目镜座与面板之间的间隙，使零线位置稳定。

(4) 重新调节纵向水准器，使新的零点位置的纵向倾角等于零。移动前零点位置纵向倾角等于零，移动后，新零点位置的纵向倾角已经不为零，需要重新调节纵向水准器。

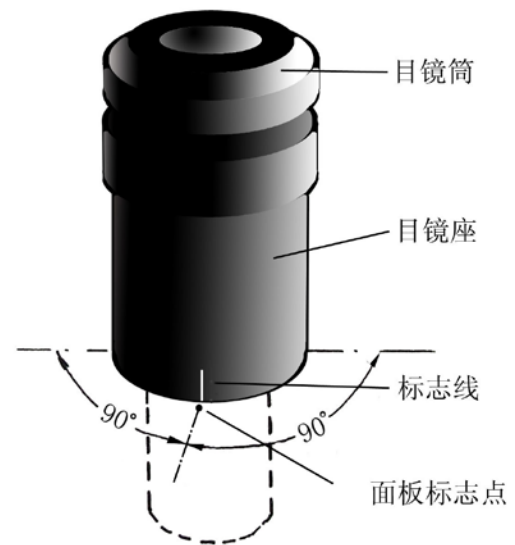


图 5-6

注意：

一定要经过重新调节纵向水准器，使新的零点位置的纵向倾角等于零，才能达到调节亮线灵敏度的目的。

(5) 重新测定亮线灵敏度，检查调节是否达到要求。若仍不符合要求，重复步骤(3)~(5)直到符合要求为止。

(6) 调节完毕，将水准器调节孔的孔塞塞好。

亮线灵敏度值小于 16 格，表明仪器灵敏度偏高需要降低时，降低灵敏度的调节步骤与上述大体相同。所不同的是转动的方向与上述相反，即将目镜座逆时针旋转一个角度，再将目镜筒顺时针转动使零线与亮线平行。转动后，零线将移动到亮线的左边。然后，重新调节纵向水准器，使新的零点位置的纵向倾角等于零。

注意：

调节后，必须将仪器面板上调节孔塞及时塞好。这样做是为了防尘和防止空气对流造成仪器内部温度的扰动，影响仪器的精度。

6. 仪器常见故障及其排除

故障表征	可能的原因及部位	排除方法
1. 灯不亮	1. 发光二极管坏; 2. 电池失效; 3. 电池极性装反。	更换照明灯。 更换新电池。 检查电池, 三只电池正极向下、负极向上。
2. 光线太暗, 视场不清	电池太旧, 电压不足。	更换新电池。
3. 视场不清晰	接目镜上落尘太多。	用洗耳球或软毛刷清洁接目镜。
4. 水准泡看不清	1. 水准器视窗上落尘太多; 2. 电池太旧, 亮度不足;	用洗耳球或软毛刷清洁水准器视窗上的放大镜。 更换新电池。
5. 亮线靠在一边不动	1. 测程范围不对; 2. “沾摆”。	调节测程。 轻敲面板, 消除沾摆。
6. 亮线非周期性地来回摆动	1. 地震; 2. 地面微震, 如刮大风或附近有震源。	不是故障。 不是故障。
7. 拧计数器时亮线不动	计数器读数增大时超出直读范围, 这时计数器第一位数轮示数大于“3”。	顺时针拧计数器手轮, 将读数减小到 3999.9 以内的适当的数, 再用测程将亮线调节到零线附近, 这时, 就可以读数了。
8. 计数器手轮发紧或拧不动	计数器读数减小时超出直读范围, 这时计数器第一位数轮示数为“9”或“8”。	逆时针拧计数器手轮, 将读数增大到 0000.0 以上的适当的数, 再用测程将亮线调节到零线附近, 这时, 就可以用计数器读数了。
9. 读数重复性不好	1. 仪器的纵向倾角或横向倾角不等于零; 2. 仪器灵敏度太高或太低; 3. 读数太快或重合零线的位置不固定。 4. 亮线没有从同一方向重合零线	调节水准器。 检查、调节亮线灵敏度。 不是故障。一定要固定亮线重合零线的位置, 加强练习。 不是故障。每一个读数都要固定从同一方向重合零线。
10. 仪器零点漂移非线性增大	1. 仪器贮存、运输时环境温度与作业地点的气温相差太大; 2. 仪器保温系统或温度补偿失调; 3. 重力传感系统的真空度降低。	改善贮存和运输条件。 送厂检查。 送厂检查真空度。