

Z S 591—C 型石英彈簧重力儀

西安石油儀器廠重力組

工作原理與結構

Z S 591—C 型石英彈簧重力儀的外形如圖 1 所示。

石英彈性系統是儀器的主要部分，如圖 2 所示。擺①的重力矩為主彈簧⑨的彈力及扭絲力矩所平衡。當重力變化時，主彈簧作用力臂的改變與重力變化相反。因此，微弱的重力變化就能引起主彈簧很大的形變，使儀器具有很高的靈敏度。

由於儀器靈敏度是隨擺的位置的不同而改變，這樣擺的角位移就不能直接用於重力變化的度量，為此在測量時應用零位讀數法。從一個測點到另一個測點，重力變化時用改變讀數彈簧⑤的拉力來補償，使擺回到其零點位置，這個零點位置應是水平位置。擺的位置可從光學系統的顯微鏡來觀察，在系統內還有改變測程範圍用的測程調節彈簧⑦，它的作用原理和讀數彈簧相同，但其剛性較後者要大很多。

自動溫度補償裝置是由補償絲⑩、槓桿①和框④等組成。

當溫度變化時，溫度補償絲的長度隨着改變，使槓桿扭轉，而通過拉絲使框④繞其軸扭轉，這樣使擺扭絲產生一個扭力矩，來補償由於溫度變化而引起的主彈簧力矩的變化。

石英彈性系統的基座是一塊圓形厚鋁板，其上與絕熱圓柱牢固連接。基座下有支柱，在它上面固定石英主框，主框上焊着所有石英系統的零件。

絕熱圓柱由有機玻璃圓筒做成，上部用四個埋頭螺絲與面板連接起來。它里面有光學系統管子及測微螺絲。

測量機械位於絕熱圓柱內，由兩個測微螺絲組成，一個用於直接測量，另一個用於調節測程範圍。

計數器有二個刻度盤，一個為一級刻度盤，上有 100 分度。刻度盤轉一周相當測微螺絲一轉，使測微螺絲頂端上下移動而改變讀數彈簧伸長度 0.5 毫米。另一個為二級刻度盤，它有 24 個分度。套在一級刻度盤周圍，並有一個小齒輪與一級刻度盤嚙合。當一級刻度盤轉一周時，通過小齒輪的傳動關係使二級刻度盤轉一個分度。轉二級刻度盤一周，表示測微螺絲行程為 12 毫米。適當的選用讀數彈簧的剛性，使測微螺絲轉一周相當於重力變化 5—10 毫伽，那麼，直接測量範圍約為 120—240 毫伽。

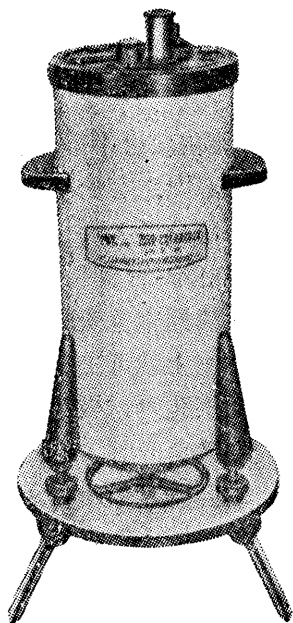


圖 1 Z S 591—C 型
石英彈簧重力儀

改变测程的测微螺丝一轉，即使頂端或测程調节弹簧伸长度变化0.5 毫米，相当于重力变化250—450毫伽，总行程为10毫米。故仪器总测量范围可达5000—9000毫伽。

光学系統中用两节1.5 伏干电池供电的2.2 伏照明灯泡作为光源，光线經过透鏡及反射鏡的聚焦、反射而到达目鏡。其中物鏡放大倍数为15倍，目鏡为10倍，总放大倍数为150倍，刻度片上的刻度每小格为0.1毫米。

阻流玻璃片及密封玻璃片都是平面玻璃，不起任何几何光学的作用，前者为了减小光系管中空气上下对流范围，而后者則在光系通过石英系統外壳处作密封用，在密封玻璃片下面的光系零件都处于密封的石英系統外壳内部。

仪器面板內装有縱橫水泡。調节水泡时可揭开水泡調节孔盖子。指示仪器内部溫度的溫度計，装在面板上部，其上面还有溫度計窗口。面板下部固定有光学聚光管、光学出射管，也有一部分通入面板內。面板內还装有灯座，当照明灯泡烧坏时，拔出灯座即可换上照明灯泡。电源插座也安在面板上，观测时，把电源接到插座上就可进行，目鏡筒借助于弹簧卡扣插在面板孔內，当摆尖指示絲的象与目鏡刻度綫成交叉角度时，可轉动到适当角度进行調节，使两者互相平行。

在面板上还有計数器。

絕热装置主要是真空保溫瓶以及它与外壳之間的絕热层，使仪器由于外溫变化所引起的內溫变化量与速度尽量减小，真空保溫瓶置于外壳內底部之橡皮避震座上。

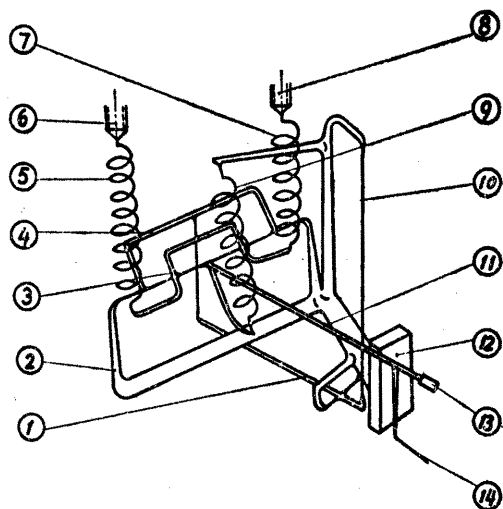


图2 石英弹性系統示意图

①溫度补偿槓桿；②主框；③重力补偿框；④溫度补偿框；⑤讀数弹簧；⑥讀数测微螺丝；⑦测程調节弹簧；⑧测程調节测微螺丝；⑨主弹簧；⑩溫度补偿絲；⑪摆；⑫石英系統支柱；⑬重块；⑭指示絲。

技术特性

- 1、测量精确度：不低于 ± 0.30 毫伽。
- 2、工作溫度范围：在溫度完全补偿点 $T_0 \pm 20^\circ\text{C}$ 以内（ T_0 一般調节在 $\pm 20^\circ\text{C}$ 左右，可随需要調节至指定溫度）。
- 3、溫度系数：在 $T_0 \pm 20^\circ\text{C}$ 范围内平均不超过 ± 2.0 毫伽/ $^\circ\text{C}$ 。
- 5、仪器直接测量范围：120—240毫伽。
- 6、仪器总测量范围：5000—9000毫伽。
- 7、仪器外形尺寸：直径150毫米，高405毫米
- 8、仪器重量：本体重5 公斤，三脚架重1 公斤；避震座重7 公斤。

使用方法

本仪器和其它重力仪一样，工作时普通测点可采用测綫閉合、基点控制的单次观测办法，布置基点則必須重复观测。控制点之間時間的长短要視所需測量精度高低而定，这主要看溫度变化情况来决定：如內溫变化不大或向一个方向变化，則零位移动就将是近似綫性的。在这种情况下，控制点間的工作時間持續可以足够长，实际上在一昼夜之間的溫度变化是不均匀、不一致的，所以在做重力詳查时，控制点間工作時間不要超过12小时。

1、仪器操作方法：

在测点上观测时，将仪器从避震座中取出，置于三脚架上，先将仪器大致对平，再借助于三个底座螺絲調节仪器水平，接通照明灯电源后，就旋轉計数器使在目鏡中的亮綫与零位刻度綫重合。在測量时，旋轉計数器应按一个方向旋轉，以避免螺絲或齒輪的間隙誤差。在每个测点上，要讀取两次以上讀数。在記錄上除了应記下点号、讀数外，必須記錄時間和从水銀溫度計上讀取的仪器內部溫度。还可記下气温、气压，以便有助于在必要时記錄的分析。

2、使用仪器时应遵守并注意下列事項：

①由于仪器的弹性系統是用熔融石英做的，且沒有制动器，因之对仪器应更加謹慎小心，避免一切剧烈的震动或碰撞。仪器無論用何种运输工具时均应当放在避震座中。

②仪器虽然有溫度补偿及較好的絕热装置，但溫度变化对仪器仍有影响，因此，对于仪器內部的溫度变化应給以特別的注意，尽量使內部溫度变化減小和緩慢，这样能保証仪器測量精度。工作期間运输或观测时，在炎热季节里应将仪器放在通风較凉爽地方。在酷寒地区应注意保温，防止內溫突降或驟升。晚間不工作时，应将仪器放置适当地方，使內溫变化尽量減小。

③在野外沒有必要时，不应打开仪器，絕對不允許打开石英系統护壳。

④仪器应經常保持干燥和清洁。

3、仪器常数的測定：

仪器需要測定的常数有：讀数盘格值及溫度系数。

仪器在出厂时給出这两个常数或曲綫，在每年开工及工作期間应分別进行检查以保証測量結果的正确性。

①讀数盘格值的測定可以用下列的方法：

A、在两个已知相对重力值的点上（其重力值之差不小于40毫伽）进行观测，然后用下式求得：

$$C = \frac{g_2 - g_1}{S_2 - S_1}$$

式中：C —— 格值

$g_2 - g_1$ —— 两点間之重力差

$S_2 - S_1$ —— 两点間之讀数差

B、傾斜法：

当石英系統的摆运动或其旋轉軸所在之垂直平面与重力方向不平行时，則讀数減

少，就象重力加速度减小一样，重力变化的量 Δg 与倾角 β 有以下关系：

$$\Delta g = g \frac{\beta^2}{2}$$

当仪器水平时读数为 S_0 ，在上述任一垂直平面内倾斜 β_i 角时的读数为 S_i ，则格值为：

$$C_i = \frac{\Delta g}{S_0 - S_i} = \frac{g \beta_i^2}{2(S_0 - S_i)}$$

式中： g ——观测地点之绝对重力值

测定时可以利用仪器的三个底座螺丝或特制的倾斜台，由于纵向（即摆运动所在的垂直平面内）倾斜，仪器灵敏度要改变，一般都用横向（摆的旋转轴所在的垂直平面内）倾斜，仪器倾斜角度与重力变化（或读数）之间的关系曲线是一条有对称轴的抛物线。对称轴的位置相当于重力最大值，也即仪器水平的位置，根据这个位置来调节纵、横的水泡。

测格值时，先校正水泡，然后在仪器水平位置以及仪器向左、右倾斜 β_i 角时，取得相应的调数 S_0 和 S_i 。已知当地绝对重力值 g 后，就可按上式计算出相应的格值 C_i 再从得到几个 C_i 值取得平均格值。

在野外工作期间，可利用仪器外壳的底座螺丝或在以前所作的测点上来检查格值。

②温度系数的测定：

测定温度系数时，必须在与野外工作温度变化速度近似的情况下进行，使仪器降温或升温，每隔 1°C 读数一次，为了使温度曲线更接近真实变化情况，应求得升温与降温封闭曲线，经零位移动校正后，取其平均值，画出温度曲线。

温度变化和读数之间的关系不是线性的，而是一条二次曲线，其校正值近似式如下：

$$\Delta g = K_t (T - T_0)^2$$

式中： Δg ——温度改变时的重力校正值

T_0 ——曲线极小值或温度完全补偿点的温度

T ——在测点上仪器内部温度

K_t ——温度系数

但温度曲线绝大多数并非是严格的抛物线形式，按照上式校正会引入误差，通常仪器在一天内温度变化不超过 2°C 。为简便起见，可认为在这温度小范围内读数变化是线性的，从曲线上量出单位温度读数变化的格数，作为相对温度校正值，其符号则与曲线上测得者相反，或可制成相对于 T_0 温度校正格数的表格，则其校正值均为负号。

检 修

1、拆卸步骤

只有当仪器某一部分发生故障或损坏，需要调整或修理时，方能将它进行拆卸，拆卸前应先研究故障所在及其性质，然后再开始拆卸。

拆卸仪器首先将面板周围之橡皮避震环边缘揭起，就能使仪器主体部分脱离外壳及

真空保温瓶，这时便可以把水泡从面板中取出来。取走面板与绝热圆柱连接三个螺丝则可以使仪器心脏部分同面板部分隔开，这样可以修理调整面板上的零件。不过，这一步骤在野外是不许可的。因为在野外这样作非常可能引起石英系统之损坏。

2、检修的方法

(1) 石英外壳密封破坏：

石英系统的外壳是经抽气后密封的，其密封的破坏是由于护壳、光学系统、测微螺丝的橡皮垫圈松脱，或气阀顶针松动以及金属折皱管破裂漏气所致。微小漏气时的现象是仪器读数不断减小，不久就必须改变测程范围，在潮湿天气会出现摆粘在限制器上的情况，在透气情况严重时，重力仪读数就和大气压力变化之间存在规律性，当石英系统外壳内不保持原来的真空度时，温度系数就改变了，这样仪器就不能工作，必须去掉漏气的毛病。检查漏气的方法是从气阀重新抽气，从真空计上观测是否有漏气的现象，如有则可以真空腊堵住可疑之处，检查漏气所在。

如在垫圈处则压紧螺母或更换新垫圈即可使之密封。如为金属折皱管破裂则必须在制造的工厂进行更换，在消除了石英系统外壳的漏气后必须重新抽气、测定温度系数和格值。

(2) 仪器灵敏度改变及水泡失调：

纵横水泡如与石英系统有相对位移，则都会使仪器倾差误差增大。仪器灵敏度的改变，是由于纵水泡与石英系统本体有相对位移。这些现象由下列几个原因产生。A、固定垫螺丝松动或垫板与水泡固定块之间螺丝松动。这样便会使纵横水泡与石英系统产生相对位移。灵敏度改变，检查方法是：使仪器在摆的垂直平面内向需要方向倾斜，当读数盘格数与摆尖象在目镜刻度尺位移的格数比与原数相等时，这时仪器便恢复灵敏度。调整方法是：将纵水泡的有关螺丝紧固。重复上述检查步骤，恢复了原有灵敏度时，调节水泡。横水泡的校正，也要在紧固螺丝之后进行，然后使仪器在摆扭转轴所在的垂直平面内倾斜。用测格值相同的办法来确定仪器水平位置。

B、水泡面板与绝热圆筒联系螺丝或面板上的镶柱有松脱。这就需要将螺丝或镶柱拧紧，然后按上述方法，调节横水泡。

C、光学系统零件或石英系统的金属支架的紧固零件失效或松动。在光学系统零件中，只有稜镜、物镜松动才会使水泡相对的地偏移，稜镜、物镜与石英系统整体都置于石英系统的外壳中，要消除这个毛病必须打开石英系统外壳，这一定要在制造仪器的工厂或有一定技术条件的实验室内进行，在重新固紧这些零件后，得重复打开石英系统外壳之后必须的工作，并调整纵横水泡。

(3) 光学系统和石英系统的故障有以下几种：

A、摆象不清晰，一般在野外可上下移动目镜来调节，聚焦至清晰程度，如目镜不能调节，则可能是由于物镜有位移，则必须打开石英系统外壳调节物镜。

B、刻度片的偏转，一般都是由于目镜筒有相对旋转，另外是由于刻度片的固定框未夹紧或刻度片与框脱胶所致。这些都可在野外立即消除。

C、摆象离开目镜视场或停留一边不动有下列几种情况：①摆尖指示丝本身断裂，

②摆扭絲或其他两个框的扭絲断裂；③摆的限制器离开原来位置；④稜鏡有較大的偏轉或脫胶，有时摆象停留目鏡一边不动。如停留在目鏡視場右边，可能是讀数彈簧、測程調节彈簧或主彈簧其中之一断裂所致，这可以測微螺絲及測程調节螺絲是否能使摆象移动或根本不起作用来判断。如停在目鏡視場左面，則是由于摆的质量減小（摆上所焊零件脫落）所致，以上这些毛病都只能在制造仪器的工厂内进行修理，有时需要重新制造石英系統。

D、真空保溫瓶的损坏則使仪器内部溫度变化的量和速度大大的超过正常程度，真空保溫瓶坏后只有換上新的。

第四期勘誤

6 頁，第 1 行“型”字改为“形”，右上图說明中 6—彈片簧改为彈簧片。

10 頁，最后一行“或”改为“有”。

12 頁，倒数第 2 行“……可以減小阻尾”，改为“可以減小阻尼”。

15 頁，图說明中“近”改为“进”。

16 頁，第 8 行“ ± 0.01 毫伽”改为“ ± 0.1 毫伽”，第 17 行“距”改为“矩”。

20 頁，倒数第十一行，“气”改为“汽”。

28 頁，图 7 說明“海地震勘探…”应为“海洋地震勘探…”，图 8 a 倒置。

30 頁，倒数第 4 行“图 1 (a) 应为“图 1 (d) ”。

32 頁，第 12 行“列”改为“則”，倒数第 2 行“左”应为“右”，倒数第 12 行“迭”改为“迭”。

本刊編輯部