

136997

基本館藏

石英絲重力儀

水平扭絲和液體溫度補償式

蘇聯 勒·普·斯米爾諾夫著

石油管理總局鄭靜和譯

石油管理總局地球物理實驗室審訂



5613
4291

院學工化

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書敘述一種帶有水平扭絲和液體溫度補償型式的石英絲重力儀，內容包括這一種型式石英絲重力儀的裝置，構造理論，使用方法以及儀器的量測範圍、精確度量、光學點等項的調整。此外並介紹了野外工作應注意事項以及重力測定結果的整理。書本附有六種應用表式。準確度高和攜帶便利是這種重力儀的優點。

本書是重力探勘工程技術人員必需的工作指導用書，此外，地球物理實驗室裝配、檢驗、修理、製造儀器的人員以及科學研究工作，亦可作為參考。



石 英 絲 重 力 儀

水平扭絲和液體溫度補償式

КВАРЦЕВЫЙ ГРАВИМЕТР

С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ КРУТИЛЬНОЙ НИТЬЮ
И ЖИДКОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСОПТЕХИЗДАТ)
1951年列寧格勒俄文第一版翻譯

蘇聯Л. П. СМОРНОВ著

石油管理總局翻譯組譯

石油管理總局地球物理實驗室審訂

燃料工業出版社出版

地址：北京東黃城根北口

北京分發行：北京東黃城根北口

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

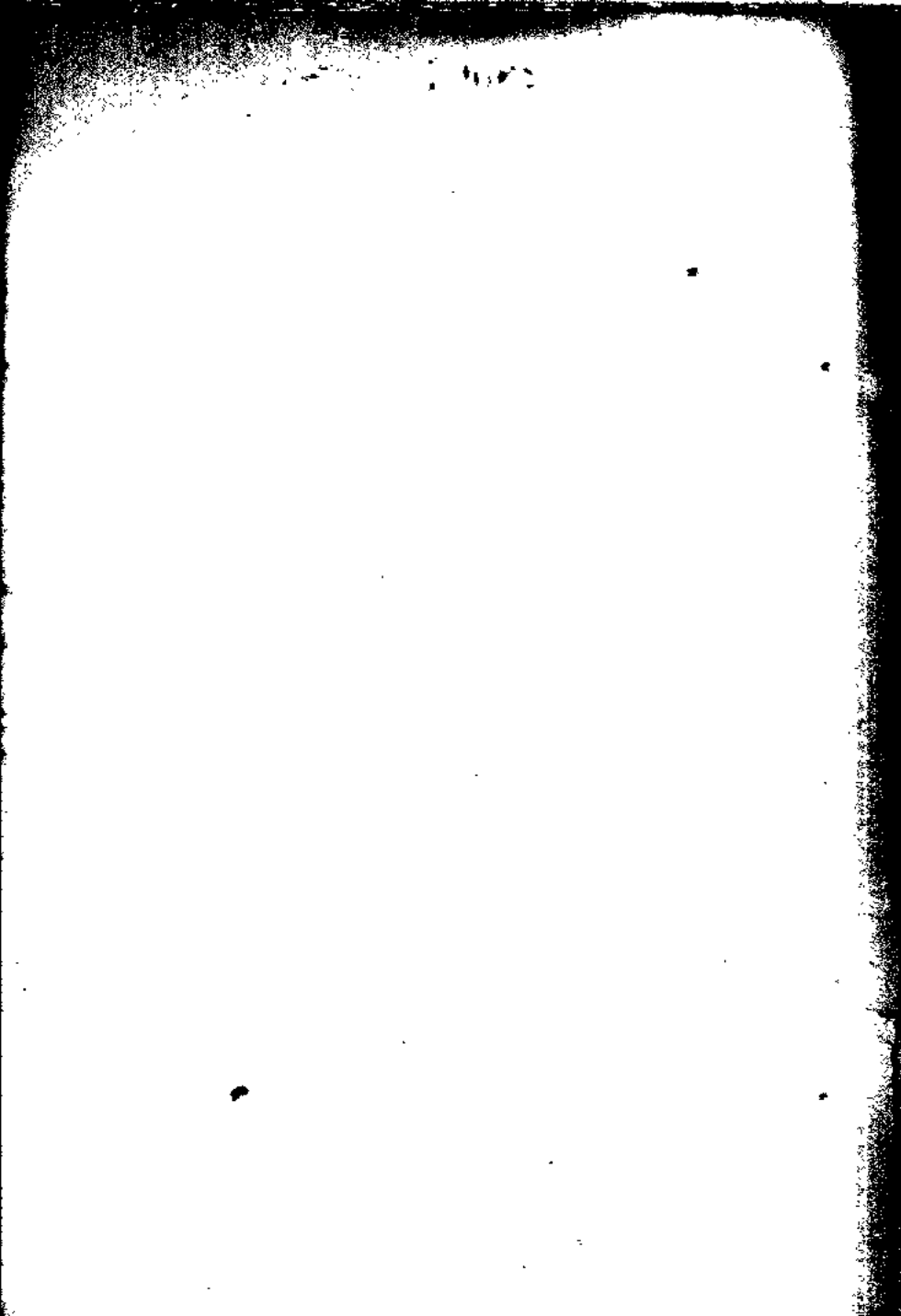
編輯：姚淑清 校對：呂哲人

書號416油66 * 787×1092 32開本 * 24印張 * 55千字 * 印1-2,100册

一九五五年四月北京第一版第一次印刷

定價五角三分

序 言	3
第一章 石英絲重力儀的裝置	5
第二章 理論簡述	10
第三章 儀器的使用	24
第四章 儀器的調節	28
第五章 重力量測範圍的調節	34
第六章 補償用液量的檢查，箱匣的密封以及注液入箱 等工作	44
第七章 光學部份的調節	49
第八章 野外工作	55
第九章 重力觀測結果的整理	60
第十章 重力觀測的準確度和檢查	72
附表 I 觀測記錄簿的格式	75
附表 II № 273 石英絲重力儀(根據 m 的校正 求 g' 用表)	76
附表 III № 273 石英絲重力儀溫度校正表	77
附表 IV 計算 Δg 值所用的第一表	78
附表 V 計算 Δg 值所用的第二表	79
附表 VI 計算重力異常用的表	80



序 言

對於各種有用礦產區域進行地質探勘工作，在目前是以不同型式石英絲重力儀的應用為比較廣泛。在石英絲重力儀裏面，使重力平衡並把所改變的重力值標示出來的主要敏感部份，就是石英絲或稱石英彈簧。

在各種型式石英絲重力儀當中，最有用的一種，是帶有水平扭絲和液體溫度補償裝置的石英絲重力儀。蘇聯所用石英絲重力儀，有好幾種型式是由國內自製，也採用國外製的諾卡爾特 (G. No.gaard) 型式。

本書所述為帶有水平扭絲和液體溫度補償裝置型式石英絲重力儀裝置的各項基本要素。這一種石英絲重力儀的主要靜止部份，為平行扭絲，在平行扭絲的中部，固裝有石英擺。石英絲有某種扭曲的角度。扭曲角度的數值是這樣的，就是由石英絲所產生出來的彈力力矩，這種彈力力矩於石英絲接近於水平位置時，是和石英擺的重力力矩為相等。

於重力發生變動的情況下，石英擺的扭曲角度也就隨之改變。由於這種變動所產生出來的不均衡現象，是由整個石英裝置上平行於石英絲的軸線所成的傾斜角來補償。整個石英裝置的傾斜角發生改變，而所改變的數值(在石英絲扭曲角不變的情況下)是要依於在這一個重力點上所測定出重力值的大小來決定的。

石英絲重力儀能夠保證在每一個重力點上所量測出來的重力，具有 ± 0.2 — ± 0.4 釐的準確度。

這一種型式石英絲重力儀的主要特徵，就是沒有所謂電力溫度調整器(恆溫器)，而是把整個石英裝置放在具有特種組成分的液體裏面，來抵補溫度上所發生的變化。因此，這一種石英絲重力儀就不需要爲了供給恆溫器或者是測電路而備有笨重的供電電源，這就顯然輕便得多，而在交通上難於通行地區，進行重力探勘工作的情況下，人工搬運就便於攜帶而容易處理。

在森林地帶或者山地區域，進行重力探勘，應用這一種型式的石英絲重力儀是最適宜的。

圖1所示，爲一種帶有水平扭絲的石英絲重力儀的全部外形。

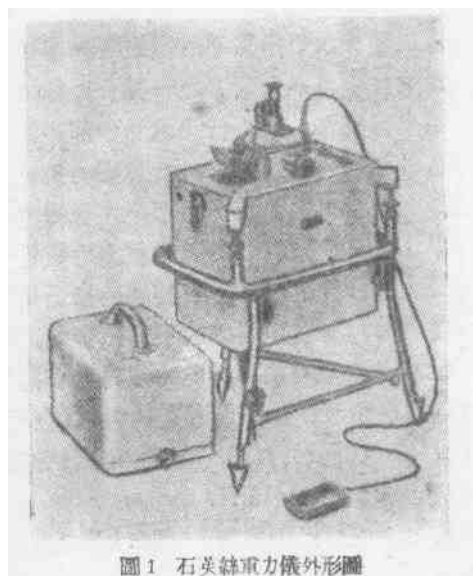


圖1 石英絲重力儀外形圖

第一章 石英絲重力儀的裝置

石英絲重力儀的主要工作部份，就是全部石英裝置（圖2）。這種石英裝置為由石英組成的框架，在這框架兩端之間纏緊一根約0.1公厘粗細而長度為14—15公分的石英絲。絲的中部較粗。石英擺就是鉸在石英絲較粗的部份上面。石英擺長約15公厘，直徑為1.8—2.0公厘。石英擺近似於水平位置。石英擺較粗的一端為磨光並鍍銀，所以就成為一面鏡子。同樣大小的另一面鏡子，則牢固地固定於支桿上面，而支桿則是和石英框架連接在一起的。

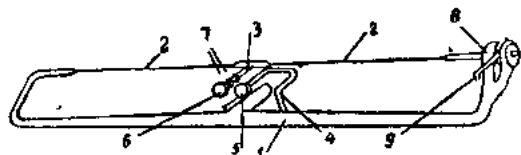


圖2 石英裝置簡圖

- 1—石英裝置的框架；2—石英絲；3—石英擺；4—固定鏡的支桿；
5—固定鏡；6—石英擺的鏡子（活動鏡）；7—石英擺上的白金吊掛秤重；8—調節撥叉；9—用以調節幅度的小把手。

全部石英裝置，是裝在一具由紫銅製成的封閉圓筒裏面，並且由石英框架中部伸出的支桿，把它固定在圓筒壁的下部。所有石英裝置的其他各點，都不和金屬圓筒相接觸。

在圓筒的側壁上，有一帶有三稜鏡的小窗，從小燈泡出來的光線，透過三稜鏡折射到鏡子上面。

圓筒內部注滿淨化過的石油潤滑油，混雜有各種不同成

份的酒精(異戊醇和環己醇)。藉助於這種液體來完成溫度補償的任務。並且液體還起着減震器的作用，因此，由於外界的碰撞而使石英擺發生的振盪，就很快地衰減下去。這樣，就便於進行觀測，並且在儀器搬運時，對於沒有止動器的石英裝置上所產生出顛簸的有害影響，也會減弱。

曲成三彎的玻璃管，固定於圓筒側面的一個壁部上而，這根玻璃管的一端，是和圓筒的內孔連接，而另一端則是敞開着的。這根玻璃管，就是貯存潤滑油的管子。

裝有石英裝置的圓筒是安放在圓筒裏面(圖3)。圓筒和圓筒壁部之間，用棉花和經過壓榨的軟木塞塞滿，目的是爲了要使圓筒儘可能達到相當大的絕熱性能。

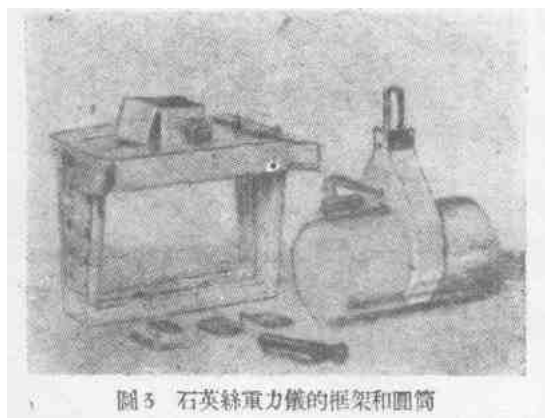


圖3 石英絲重力儀的框架和圓筒

圓筒放在石英絲重力儀框架的兩個滾珠上。1949年以前的產品式樣，圓筒是懸掛在兩條彈簧上面的，這兩條彈簧的張力，是可能加以調節的，這樣就可以縮小圓筒對於滾珠軸承的壓力。而在新近出品的石英絲重力儀中(1949年)，則把支持圓筒的彈簧取消掉。圓筒是可以在某一限度以內，

在比圓筒面較低，並且和圓筒軸線平行的那一條直線上轉動。

石英擺的位置，是用光學上的標記方法來測定的。光線從小電燈泡投射到兩面鏡子上一活動的和固定的。反射光線投射到顯微鏡的視場以內，在那裏，就可以看到兩個數字相同的發光刻度。一個刻度，是由活動鏡反射得來，而另一個刻度，則是由固定鏡反射得來的。

假定在某一起點上，活動鏡刻度線上的刻線，是和固定鏡刻度線上的對應刻線相符合一致。如果重力發生變化，石英擺的位置，因之改變，而活動鏡刻度線上的刻線，也就發生移動。當石英裝置和平行於石英絲相當的軸線發生轉動時，重力的改變，就由整個石英裝置的傾斜角的改變來抵償而保持均衡。

圓筒和它的軸線平行相當的線轉動(擺箱就是裝在圓筒裏面)而使石英裝置的傾斜角改變。圓筒是藉助於從圓筒向上伸出的管子把手來轉動的。管子裏面，裝有帶有顯微鏡的光具組。

石英裝置傾斜角的變動，是藉助於兩個測微螺旋以量測管子把手一端的直線位移來求出的，一個測微螺旋，是量測把手從垂直面向左方的位移，而另一個測微螺旋，則是量測把手從垂直面向右方的位移的。

量測時，測微螺旋的尖端，是支在研磨過的一些玻璃薄膜上面。這些薄膜，是嵌在管子把手轉向測微螺旋兩面的凹槽裏面。

當石英裝置的傾斜角有所改變時，在石英擺上起作用的重力的分力，也因之有了改變。假定整個石英裝置為某一傾

斜角時，這一個重力分力值為 g_r ，就可以看到活動刻度線上和固定刻度線上兩條對應刻線的符合一致。

兩個刻度線上的刻線符合一致，就可以確定出石英擺整個石英裝置箱匣壁部相當的不變位置，也就是說確定出相當於重力值在起點上石英絲扭轉角的不變數值。

在這兩點上面測微器的讀數差，就是這兩點之間重力值的差的函數。

刻度線上的照明，是採用手電筒型式的電燈泡（為一般大小尺寸的燈泡）。為了電燈泡的供電起見，需用電壓約為3.5伏特的電池組。刻度線上照明程度的強弱，是藉助於裝在小電燈泡內供電電路中的變阻器來調節的。

為了要使石英絲重力儀位於水平位置，重力儀上裝有兩具水準器。縱向水準器，是裝在圓筒裏面，並且和圓筒的軸線平行。另一具為橫向水準器，是固裝在重力儀的外殼上面，這一具水準器的軸線，是和圓筒軸線相垂直的。

帶有液體補償裝置的石英絲重力儀，是沒有恆溫器的。利用注滿石英擺圓筒內的液體，來完成溫度上的補償。補償是以下列方式來進行的：於溫度增加的情況下，石英絲的彈性增大，而石英擺就微微從液體內升起。但這時由於液體受熱發生膨脹的關係。而減小了它的密度。

按阿基米得的原理，液體密度減小時，石英擺好像就變得比較重了一些，就應當向下沉下去。選擇所用補償液體的密度，和石英擺的質量（為此不得不在石英擺上裝上金屬懸環），對於某一段溫度間隔內（10—15°），是可能得到完全滿意的溫度補償的。在這樣一段溫度間隔以內，溫度的校正值，一般是不大的。並且確有把握，可以把它求出。

所有重力觀測，都應在整個石英裝置溫度係數等於零的溫度下來進行。這種溫度，叫做觀測溫度，也就是完全可以補償的溫度。

校正值按照複雜的規則隨着與「工作溫度」的差別增大而增加，並且變為越來越不可靠。

為了量測石英絲重力儀裏面的溫度，在儀器上面裝有兩具肘管溫度計(見圖3)。這裏面的一具溫度計(比較接近於觀測者，也就是和石英絲重力儀的外壁較為接近)是插入於固定在石英擺圓筒蓋上的金屬卡套裏面。把這一具溫度計所標示的溫度，作為整個石英裝置的溫度。而另一具溫度計(距離觀察者比較遠一些)，則標示石英擺圓筒和圓筒壁部之間的空氣溫度。這一具溫度計的讀數，標示出石英絲重力儀所具內部溫度的「下降」的特徵，以及這一種儀器在溫度上的穩定程度。於一般進行觀測時，而外界溫度的變化為正常的情况下，就不必一定要採用這一個溫度計上的讀數。而在外界溫度變動很快，並且要求出溫度係數時，就要採用這一個溫度計的讀數。

除掉溫度對於石英絲重力儀所發生的影響而外，還必須考慮到的，就是在儀器上面零點的位移，此外在這種類型的石英絲重力儀上，就再沒有其他有害的影響了。因為整個石英裝置，是放在液體中的，所以大氣壓力的變化，對它不會起着什麼樣的作用。又因為石英是非磁性的，所以也不會有磁力的影響。最後由於液體是良好導電體，所以靜電電荷所發生的影響，也就消除了。

石英絲重力儀裏面裝有特種校準器，藉助於這種校準器，對於測定地面上所發生的任何重力值都可能加以調節。

在一個指定地區進行重力測定時，採用這種校準器，就可以增減儀器量計刻度線上的分度值，這樣，就把儀器的靈敏度改變了。第五章內對於這種校準器，另有詳細說明。

此外，於進行重力測定時，如活動刻度線上和固定刻度線上的兩條不同刻線重合在一起，就可以把測定範圍擴大一些，並且可能獲得儀器靈敏度的改變。

第二章 理論簡述

1. 計算重力相對值所用各公式

附加於石英擺質量中心各重力，在石英擺上所起的作用。於石英絲不發生扭轉時，石英擺在這個重力的影響下是垂直懸垂着的。而於石英絲發生扭轉時，就產生出一種彈力；而這種彈力，是使石英擺離開原來的垂直位置。石英絲就具有這樣的扭轉角度，就是在這種角度上應當使石英擺，差不多成爲水平位置。這在製備整個石英裝置時，就要這樣來做。爲了要使石英擺平衡起見，石英絲的彈力（和扭轉角成正比的彈力）應當等於重力的力矩。由此得出下列基本對比關係式

$$r\theta = mg_i l \cos \alpha_i, \quad (1)$$

式中 i ——石英絲的扭轉係數；

θ ——扭轉角；

m ——石英擺的質量；

g_i ——某一重力點上觀測的重力值；

α_i ——石英擺和水平面相當所成的傾斜角；

l ——石英擺臂的長度（由迴轉軸到石英擺重心這一段的距離）。

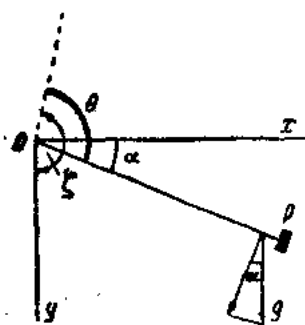


圖 4

在個別情況下（石英擺位於水平位置時），對比關係式（1）則為下式：

$$\tau\theta_0 = mg_0 l,$$

上式 θ_0 ——石英擺位於水平位置時，石英絲所成的扭轉角。

圖 4 所示，為整個石英裝置的運轉原理圖。這裏 OY ——石英

絲在不扭轉情況下，石英擺起始時所佔有的位置， $\zeta = \theta + (90 - \alpha)$ ——石英框架的旋轉角； θ ——石英絲的扭轉角； α ——石英擺和水平面相當所成的傾斜角。

由此可以看出，於整個石英裝置轉動為 ζ 角度時，石英擺以逆時針的方向轉動 $(90 - \alpha)$ 角度，同時石英框架與之相對，以順時針的方向轉動 θ 角。

假設在某一重力點 l 上，所觀測的重力值為 g_1 ，那末，並得下式

$$\tau\theta_1 = mg_1 l \cos \alpha_1. \quad (2)$$

上式 θ_1 ——石英絲的扭轉角，在這一個扭轉角度的情況下的某一點上，可以看到活動刻度線上的刻線和固定刻度線上的刻線相重合。

而在另一重力點 g 上，將為另一重力值，而石英擺的傾斜角，也將因之有所改變。

由改變整個石英裝置的傾斜角來補償重力上所發生的變

化。爲此，整個石英裝置，就環繞着和石英絲平行的水平軸線而轉動着，一直到兩個刻度線上的刻線，重新符合一致爲止。

整個石英裝置的傾斜角改變時，重力分力值 $g \cos \varphi$ 也就因之改變，同時由於石英絲的彈性，是一個不變常數。結果就改變了石英擺的扭轉角。

於整個石英裝置成爲某一傾斜角的情況下，活動刻度線和固定刻度線上的兩條刻線就再重合在一起。

對於儀器殼的壁部來說，祇有石英擺位於和第一重力點上爲相同位置的情況下，第二重力點上的兩條刻線才能够重合。這時，石英絲的扭轉角的數值將爲不變常數 θ_i 。這樣，所有重力觀測，都是在石英絲扭轉角不變的情況下進行的。

因而，在重力點 ϱ 上，得到下列的對比關係式：

$$r\theta_i = m g_2 l \cos \alpha_2 . \quad (3)$$

由式(2)和(3)得下式

$$g_2 = g_1 \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2} . \quad (4)$$

把石英擺位於水平位置上的一點，假定爲起點，因之 α 角將等於零。這點就叫做這一具石英絲重力儀的零點。

那末，對於任何一個動點 i 來說，將有下列的對比關係式

$$g_i = g_0 \sec \alpha_i = g_0 \sqrt{1 + (g^2 \alpha_i^2)} , \quad (5)$$

上式 g_0 ——這一具石英絲重力儀零點上重力點的觀測值。

已知 g_0 值以及由觀測求得 α_i 角時，就可以計算出 g_i ——在某一重力觀測點上的重力觀測值。

爲了便於計算起見，把式(5)分解成冪級數：

$$g_i = g_0 \left(1 + \frac{1}{2} \text{tg}^2 \alpha_i - \frac{1}{8} \text{tg}^4 \alpha_i + \frac{1}{16} \text{tg}^6 \alpha_i + \dots \right),$$

由此得下式

$$g_r = g_i - g_0 = \frac{1}{2} g_0 \text{tg}^2 \alpha_i - \frac{1}{8} g_0 \text{tg}^4 \alpha_i + \frac{1}{16} g_0 \text{tg}^6 \alpha_i. \quad (6)$$

於是， g_r 就是在這一點和在零點上所觀測兩重力值之間的差數，也就是相當於零點上的相對重力值。兩觀測點之間重力值上的差數將爲下式

$$(g_r)_2 - (g_r)_1.$$

用什麼方法來求出 α 角呢？

這裏所採用的方法，就是當活動刻度線上和固定刻度線上的兩條刻線在任一點上重合時，石英擺和圓筒壁部相當總是位於同一的位置。由此可知，石英擺在兩點上位置之間所成的角度是等於在這兩點上，圓筒所成兩個傾斜角的差數。

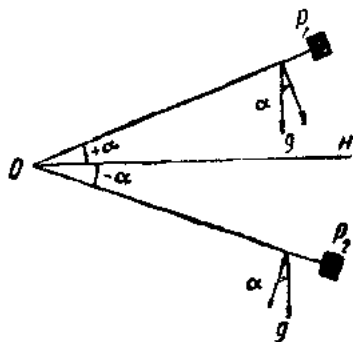


圖 5

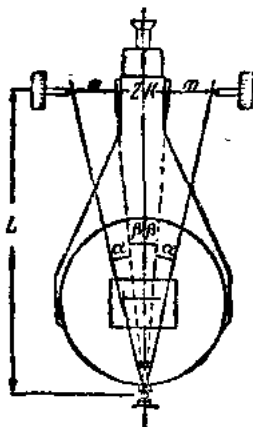


圖 6

顯然，石英擺對於水平面所成的傾角，是和儀器圓筒對於在零點上位置的傾角為相等。

同時，對於水平扭絲的石英絲重力儀來說，是不必要求出和零點的儀器圓筒為相當的位置。事實上，由簡單的幾何作圖，就可以看出，假如在垂直面擺動的石英擺，從水平面向上傾斜和向下傾斜為同一角度的話，那末，在石英擺上所起作用的兩個重力分力，也會是相同的(圖5)。這由式(5)，就可以看出。

由此，當得到兩條刻線在這一點上相重合時，圓筒的傾斜角是有兩個數值： α 角和 $(180-\alpha)$ 角。

圓筒的第一個位置，是相當於石英擺為 α 的傾角(石英擺在水平面以上)，而圓筒的第二個位置，則相當於石英擺為 $360-\alpha$ 的傾角(石英擺在水平面以下)。

假如求出圓筒第一個位置和第二個位置間所成的角度，那末，這個角度的一半，就是石英擺從水平面偏向的角度，也就是所求的 α 值。

正如前述，整個石英裝置的發生傾斜，是由於儀器外殼的轉動，而在儀器外殼內是裝有和它緊密聯繫在一起的全部石英裝置的圓筒。

爲了要求出儀器外殼所成的傾斜角，就得藉助於測微螺旋來測定管子把手的直線位移。爲了要把儀器圓筒傾斜為 α 和 $(180-\alpha)$ 的傾斜角，就必須把管子把手從垂直面向左右兩側偏向成爲大致相同的角度。因此，裝有兩具測微螺旋，一具測微螺旋係用以測量左邊的傾斜角，而另一具測微螺旋，則用以測量右邊的傾斜角。

以下式表示 α 角與測微螺旋直線位移的關係(圖6):

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{K + m}{L}, \quad (7)$$

上式 K ——兩片玻璃墊片表面之間距離的一半(沿着測微螺旋的軸線計算);

L ——測微螺旋軸線和圓筒旋轉軸線之間的距離; K 與 L 的值, 以公厘表示, 從儀器說明書上, 可以找到。

m ——為測微螺旋的開始位置, 是經過校正後的讀數, 也就是和管子把手對稱軸線垂直位置相當, 經過校正後的讀數, 這一個位置, 一般是不和測微計上的零點讀數相符合的。有時把 $2m$ 值叫做測微計張開的 [張角]。

由式(7)求得 $\operatorname{tg}\alpha$:

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\beta} = \frac{K + m}{L}.$$

由圖(圖6)在三角形底邊上, 明顯地得出消去 K 的比例關係式

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{K}{L},$$

而得

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{m \cos^2 \beta}{L + m \sin \beta \cos \beta}. \quad (8)$$

採用下列標記: $A = \cos^2 \beta$, $B = \sin \beta \cos \beta$ 。在這以後, 式(8)標示如下式:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{mA}{L + mB}. \quad (9)$$