

苏联 伏·伏·史尼特金著

油井回声液面測定儀 使用技術



14

石油工業出版社

內 容 提 要

本書闡述油井液面測定儀器的工作原理、構造及其使用方法。本書所講述的內容具有实际的、指導性的意义。本書可供檢驗測量人員、採油操作人員、採油技師以及油礦工程技術人員閱讀。

В.В. СНЫТКИН

ТЕХНИКА ЗАМЕРОВ УРОВНЕЙ В
СКВАЖИНАХ ЭХОЛОТОМ

根据苏联國立石油燃料科技書籍出版社 1951 年列寧格勒版翻譯

統一書号: 15037 · 14

油井回聲液面測定儀使用技術

刘 永 山譯

石油工業出版社出版(地址: 北京六環路石油工業部十号楼)

北京市書刊出版業營業許可證出字第083*

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

787 × 1092 1/32 開本 * 3 1/2 印張 * 74 千字 * 印1—2, 100 册

1956 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

定價(9) 8 角 2 分

80

TE

3

序 言

在試井中，液面測定是一件極其重要的工作。

油管下入油井之前，用亞關夫列夫儀器可以很準確地測出油井的靜液面或修井期間的液面。

油井內裝設了深井泵以後，再應用亞關夫列夫儀器實際上是不可可能的。

採用抽油井增產措施的效果，在很大程度上與及時測定開動抽油機（即叩頭機）後的井內動液面有關。

自從製出專門用來測定液面的電聲儀器（即現在稱謂的回聲液面測定儀或者回聲測深器）之後，才有可能測定深達 1000—1200 公尺的動液面。

在 1947—1948 年試製出首批 9C-00 型回聲液面測定儀（史尼特金式回聲液面測定儀，其發明證明書號碼為 88 112）。

使用 9C-00 型回聲液面測定儀的經驗證明，阻礙推廣和掌握油井動液面測定技術的原因，常常是因為採油工作人員和檢驗測量人員對回聲液面測定儀的電路及其無綫電真空管沒有起碼的知識所致。

由於 1950 年製出第二批有些改進的 9C-50 型回聲液面測定儀的緣故，所以作者決定向讀者介紹儀器的工作原理、構造和使用規則。

為了滿足採油工作人員的願望，本書內列了有關電工

原理和回声液面測定儀自動記錄裝置电路的構件、零件工作原理等章。關於电工和無綫电工程方面的理論性材料，則僅供独立使用 ЭС-00 型和 ЭС-50 型 回声液面測定儀所必需的最低限度的材料。

目 錄

序 言

第一章 回声測量学的一般知識	5
第1節 声学液面測定法	5
第2節 声学液面測定法的誤差	8
第二章 Θ C-50 型回声液面測定儀	10
第1節 回声液面測定儀的構造說明	11
第2節 液面測定前的準備工作	16
第三章 油井裝置	19
第1節 井口	19
第2節 回声标	21
第四章 液面的測定	24
第1節 回声液面測定儀在井口的安裝	24
第2節 液面測定的方法	26
第3節 安全技術和使用規則	28
第五章 回声記錄圖的解釋	31
第1節 單回声标的簡單回声記錄圖	31
第2節 双回声标的簡單回声記錄圖	32
第3節 掩蔽真相的偶然干擾	35
第4節 掩蔽真相的經常性干擾	36
第5節 回声标設在液面以下時所測得的回声記錄圖	38
第6節 彈性波的重複循環	39
第7節 回声标的重複反射	41
第8節 液面的重複反射	43
第9節 游离的液面波峯	44
第10節 複雜回声記錄圖的实例	45
第11節 解釋的一般規則	49

第六章 电工学	50
第1節 电流的基本原理	50
第2節 直流、交流和脈動电流	56
第七章 無綫电电工零件	58
第1節 电阻	58
第2節 电容器	62
第3節 变压器和抗流圈	65
第4節 無綫电真空管	66
第八章 $\Theta C-50$ 型回声液面測定儀的电路圖	75
第1節 自動記錄裝置的工作原理	75
第2節 整流器的工作原理	79
第3節 $\Theta C-50$ 型回声液面測定儀电路的主要工作 制度	82
第4節 工作制度的檢查	83
第5節 $\Theta C-50$ 型回声液面測定儀电路的構件和零件	85
第6節 構件和零件的檢查	90
第7節 $\Theta C-50$ 型回声液面測定儀电路的質量指标	94
第8節 質量指标的檢查	97
第9節 質量指标數值的意义	101
第九章 $\Theta C-50$ 型回声液面測定儀工作中的故障	103
第1節 自動記錄裝置	103
第2節 火藥爆响器	107
第3節 熱感收音器的修理	108
第十章 $\Theta C-00$ 型回声液面測定儀	109
第1節 儀器構造的概述	109
第十一章 应解决的回声測量学諸問題	116
第1節 有效測距問題	116
第2節 高压井內測定液面的問題	119
第3節 無回声标液面測定法問題	120

第一章 回声測量学的一般知識

第1節 声学液面測定法

回声液面測定法即是利用声学測定抽油井液面的方法。这个方法的實質是在同一時間內進行三个主要的工序，即：

1. 向井內傳送声的脈衝，其响度必須能够由液面得到可靠的反射(回声)；
2. 測定声的脈衝从井口到液面，再反射過來所耗費的時間；
3. 測定声的脈衝在油井套管与油管間隙的气体介質內傳播的速度。

井口至液面的距离 H_x (公尺)，可由下面的公式求得

$$H_x = T \cdot v,$$

式中 T ——声的脈衝在單方向內，由井口傳至液面的時間；

v ——声的脈衝在井內傳播的速度。

現在我們研究一下完成上述三个工序的方法。

1. 从液面反射回來的声音(回声)之响度，在頗大程度上受着最初傳向井內声的脈衝頻率高低的影响。这声的脈衝响度由脈衝發生器來決定。如果利用声强的汽車喇叭、哨笛等做为脈衝發生器時，它們虽然也能够產生頻率为100 赫芝，甚至更高的空气或天然气振動，但是產生声的

脈衝反射(回声)的液面深度,却不能超过 400—500 公尺。如果將脈衝發生器的振動頻率降低時,則声音在井內油管与套管間隙中反射的距离就有顯著的增加。產生最高的「有效測距」的脈衝發生器要屬於所謂衝擊波或彈性波的脈衝發生器。这种彈性波与爆炸時所產生的爆炸波相似。現代類型的回声液面測定儀所採用的脈衝發生器是一个火藥爆响器。它在瞬時間內燃尽火藥而產生強烈的彈性波。

2. 彈性波沿井身傳播所耗費的時間,是由將最初声之脈衝及返回來的回声轉變為電流脈衝而求得的。電流脈衝用以恒速運動的紙製記錄帶記錄下來。同步交流電動機保證了記錄帶按恒定不變的速度運動。

3. 彈性波在井內傳播的速度,主要是受着氣體介質密度的影响。由於套管与油管間隙內有着大量比重高的氣體(硫化氫、碳酸氣等),因而使彈性波傳播的速度会降低到 300 公尺/秒,甚至还低。如果井內主要的是輕質氣體(如甲烷),那麼彈性波傳播的速度,就要增高至 420 公尺/秒,甚至更高。实际的試驗証明,在各种不同的油井內,彈性波傳播的速度處於 250—460 公尺/秒的範圍內,並且,不隨着混合氣體密度的变化而变化。由於各种不同的油井內彈性波的傳播速度懸殊頗大,所以在測定液面時,不可能对所有的油井採取任何一种統一的平均速度。

用回声液面測定儀測定液面時,該井声音傳播的速度与液面同時進行測定。为了这个目的,在套管与油管間隙中就要裝設一个能够反射彈性波的附加反射器。这个反射

器叫做回声标，它是由一節短管製成並裝在連接油管的一个接箍上。下深井泵時，应丈量井口至回声标的距离。在許多情況下，也可以利用所謂「自然回声标」，如套管鞋，因管子直徑不等所形成的台肩以及套管与油管間隙橫断面的其他变化，但是我們預先一定要知道它們至井口的距离。

圖 1 是採用彈性波發生器(即脈衝發生器)，回声标以及記錄彈性波沿井身傳播時間所進行液面測量的原理簡圖。

火藥爆响器開口的一端，密封地同油井套管与油管間隙的空間相連接。彈性波是在彈殼內火藥燃發時發生的。圖 1 所指的箭头表示彈性波自井口至回声标、液面以及返回的運動方向。設在火藥爆响器內部的熱感收音器能使放炮的炮声和反射回來的回声改变为电流的脈衝。自動記錄裝置的放大器將电流的脈衝强度增高，使其具备擺動自記器筆尖所必要的能力。

按照上面的液面測定簡圖在運動記錄帶上所記錄下來的回声記錄圖如圖 2 所示。

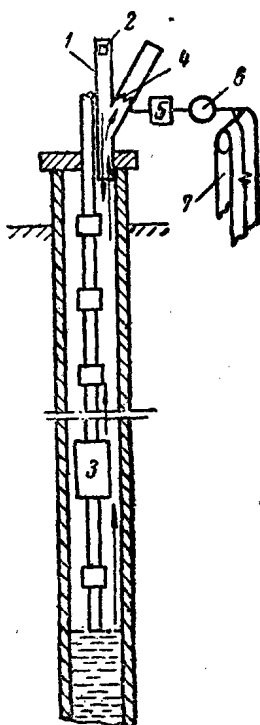


圖 1 液面測定簡圖

- 1—火藥爆响器；2—火藥；
3—回声标；4—熱感收音器；5—放大器；6—自記器；7—記錄帶。

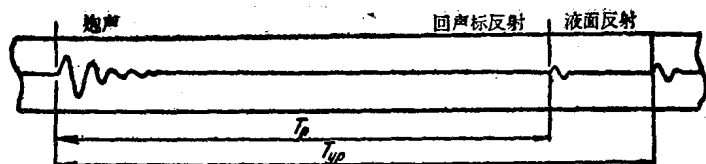


圖 2 回声記錄圖

回声記錄圖中第一个波峯相当於炮声，第二个波峯是由回声标反射過來的回声，而第三个波峯，則为液面的反射。根据各波峯間距离的二分之一以及記錄帶运动的速度可以計算彈性波在單一方向內，从井口至回声标和从井口至井內液面的傳播時間。

假設，彈性波傳播的速度沿整个井身是不变的，那麼可由下面的比例式求得井口至液面的距离：即

$$\frac{T_p}{H} = \frac{T_{yp}}{H_x},$$

式中 T_p ——彈性波自井口至回声标傳播的時間，秒；

H ——井口与回声标間的距离，公尺；

T_{yp} ——彈性波自井口至液面傳播的時間，秒；

H_x ——井口与液面間的距离(未知數)，公尺。

因此，

$$H_x = \frac{H}{T_p} \cdot T_{yp},$$

式中 $\frac{H}{T_p}$ ——彈性波的速度 v 。

第 2 節 声学液面測定法的誤差

因为測定彈性波在井內傳播時間錯誤所產生的誤差甚

小，所以，一般是不加以考慮的。記錄帶每秒鐘運動速度等於 100 公厘，而測定波峯〔炮聲〕與〔液面〕之間距離錯誤為 0.2 公厘時，那麼測定時間所得的誤差等於 0.002 秒或者彈性波自井口到液面在單一方向內傳播時間的誤差祇有 0.001 秒。根據彈性波每秒鐘速度為 330 公尺，測定井口至液面距離時，其所造成的誤差僅有 0.33 公尺。

這種方法產生嚴重誤差的原因，是由於測定彈性波傳播速度發生錯誤所造成的。如果沿整個井身彈性波傳播速度一致不變時，那麼測定液面的誤差即係井口至回声標的距離不準所致。

我們研究一下測定油井液面的一種情況。在該井井深 $H=400$ 公尺處裝設有回声標。彈性波自井口到回声標傳播時間 $T_p=1$ 秒鐘，而從井口至井內液面傳播所費時間則為 $T_{yp}=1.75$ 秒鐘。試求井口至液面的距離：

$$H_x = \frac{H}{T_p} \cdot T_{yp} = \frac{400}{1} \times 1.75 = 700 \text{ 公尺。}$$

假設在裝設回声標時，量錯了井口至回声標的距離，其誤差為 2 公尺。在這種情況下，井內液面深度應等於：

$$H_x = \frac{402}{1} \times 1.75 = 703.5 \text{ 公尺，}$$

因此，測定液面的誤差等於 3.5 公尺或者 0.5%。

為了進行比較，我們仍然在這一口油井內再研究一下液面的測定，不過這次回声標安設的深度 $H=600$ 公尺，而 $T_p=1.5$ 秒鐘， $T_{yp}=1.75$ 秒鐘。這時液面位置應在：

$$H_x = \frac{600}{1.5} \times 1.75 = 700 \text{ 公尺，}$$

但是，倘若裝設回声標時所發生的誤差為 2 公尺，那麼：

$$H_x = \frac{602}{1.5} \times 1.75 = 702.275 \text{ 公尺，}$$

其誤差即為 2.275 公尺或者 0.32%。

由此可見，(1) 回声標下入井內愈深，則測定井口至液面距離的誤差也就愈小；(2) 如果測量井口至回声標距離的精確度為 ± 1 公尺時，那麼測定井口至液面距離的誤差，可以不超過 0.3%。

根據油礦測定井內液面所獲得的資料，我們可以做出如下的結論：在很多油井內，彈性波沿井身傳播的速度是有變化的。這一變化是由於井深各部位氣體介質不均勻和溫度不等所引起，其性質及規律性到目前為止還沒有研究清楚。在彈性波傳播速度有變化的油井內，實際檢查聲學液面測定法的精確度證明：如果將回声標裝設在佔井口至液面距離的十分之九的部位時，那麼測定液面深度的誤差就在 0.5—1% 範圍以內。

根據回声記錄圖計算油井液面深度時，我們假定彈性波沿整個井身的傳播速度是一致不變的。

第二章 3C-50 型同声液面測定儀

3C-50 型回声液面測定儀可以在下有各種不同直徑的套管和油管的抽油井內進行液面測定工作。藉助這個儀器可以測定修井期間的液面、靜液面及動液面。同時，也可以觀測油井液面隨着時間的變化情況。

用回声液面測定儀測定修井期間的液面和靜液面的工作，在修井或者停採的任何時間內，均可進行之。動液面

可以在抽油机工作期間測定出來。無論採取何種油井增產措施，都可以用多次連續測取回声記錄圖的方法，來觀測油井液面的漲落情況。如果儀器準備工作做好了，那就每30秒鐘可以測得一個回声記錄圖。

9C-50型回声液面測定儀最高的有效測距為1200公尺。所謂有效測距是意味着回声液面測定儀所能測到的液面最大深度。

第1節 回声液面測定儀的構造說明

回声液面測定儀的構造是相當複雜的。整套儀器包括：

1. 火藥爆响器；
2. 自動記錄裝置^①；
3. 蓄電池；
4. 联接電綫。

火藥爆响器的概略構造如圖3所示。

火藥爆响器是由直徑42吋^②壁厚5公厘的兩根無縫鋼管焊接而成，其間有一角度。長達900公厘的主管是聲脈衝的聲源。放炮所用的火藥是裝在一個被截短的24號口徑獵用彈殼內。採用普通撞擊中心部分的赤銅雷汞引爆帽做為雷管。彈殼和提出器一同插入彈膛（裝彈殼用的）開口內，並用鎖扣帽嚴密地壓住。放炮時，用手衝擊撞針帽，使撞針尖頭碰擊引爆帽的中心部分而引起雷管和火藥的燃爆。燃爆後的彈殼連提出器一同用手從彈膛內取出。

①包括熱感收音器，放大器和自記器。——譯者

②可能是42公厘之誤。——譯者

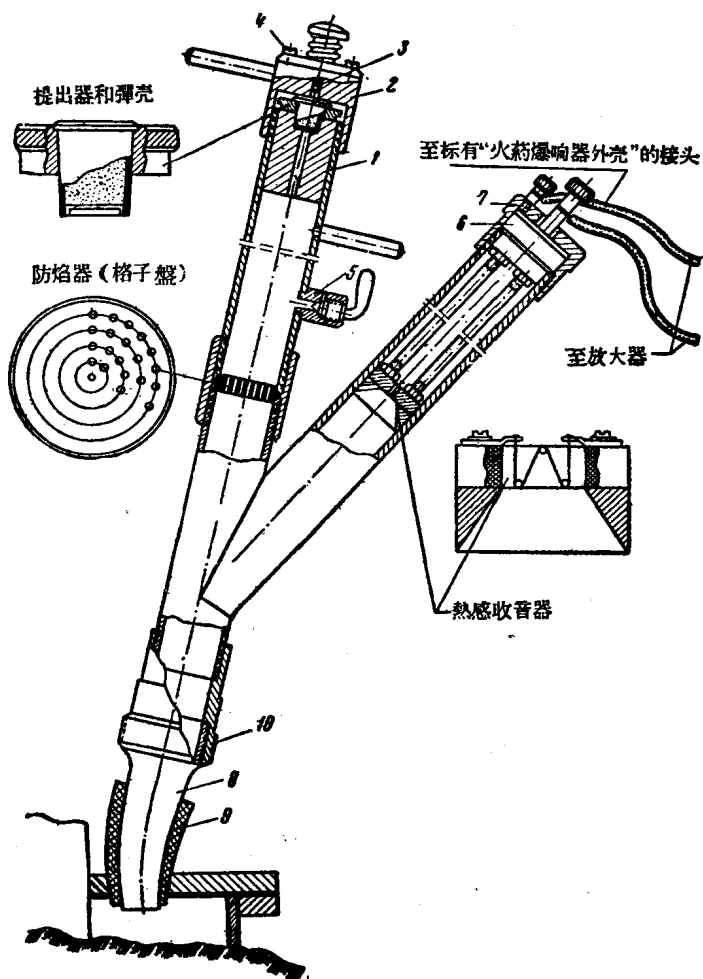


圖 3 火藥爆响器構造示意圖

1—彈腔；2—鎖扣帽；3—撞針；4— $M6 \times 12$ 型螺絲；5—針形閥；6—絕緣墊圈；7—外套螺帽；8—錐形短節；9—橡皮管；10—管子絲扣。

由於彈膛開口是一個呈圓錐形的配座，因而保證了很迅速而輕便地重裝新彈殼的工作。撞針用 6 個 M6×12 型螺絲固定在鎖扣帽的背面。

火藥爆响器內部裝有降低爆炸氣體溫度的防焰器。當往油井套管與油管間隙內的氣體介質放炮時，防焰器可以防止爆炸。防焰器是由一個厚度為 10 公厘並穿有孔眼的金屬圓盤製成。孔眼直徑為 0.8 公厘。共有 175 個孔眼。

在出天然氣很多的油井內進行測定液面時，為了降低火藥爆响器內部的壓力，所以上面就裝了一個針形閥。

將炮聲和反射過來的回聲轉變為電流脈衝的熱感收音器裝在旁側的短管內。熱感收音器的接觸綫穿過絕緣墊圈後與管外的接頭相連接。絕緣墊圈被外套螺帽緊密地頂在短管頭上。熱感收音器本身就是一條直徑為 0.03 公厘，長約為 40 公厘的鎢絲，呈「W」字形張緊在硬橡皮圓盤的縫隙內。0.2—0.3 安培的直流電流通入鎢絲以後，使鎢絲加熱至 100°C 。這種熱感收音器綫路內所以能夠產生電流的脈衝，是因為熱感收音器受到彈性波脈衝的作用，使其溫度發生變化的結果。

彈膛的構造、防焰器以及熱感收音器的裝配，全都保證了整個火藥爆响器的密封性。火藥爆响器下部的開口是一個彎曲的空心錐形短管。火藥爆响器插入井口法藍盤的圓孔時，為了達到密封性，所以在錐形短管上應該套上橡皮管。倘若法藍盤上沒有圓孔，這時可以將錐形短管擰下來，然後藉助管子錐形絲扣與井口的套管放氣管相連接。

回聲液面測定儀的自動記錄裝置之外形如圖 4 所示。

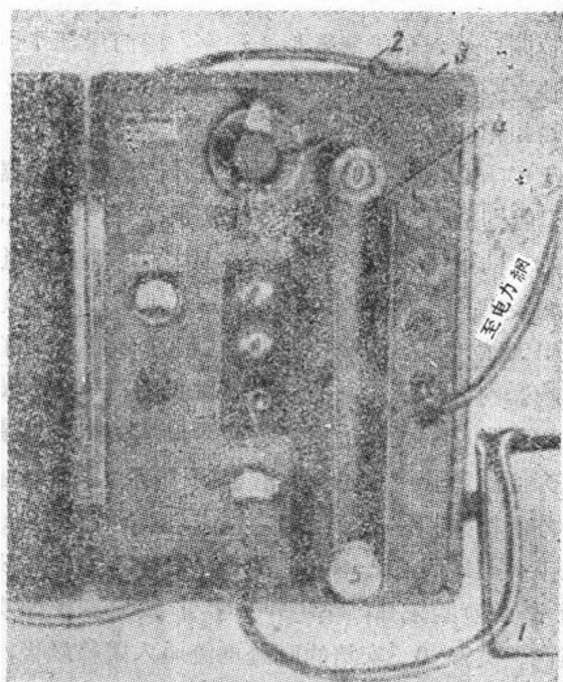


圖 4 回声液面測定儀的自動記錄裝置

1—蓄電池箱；2—自記器；3—筆尖；4—記錄帶；5—拉緊滑輪；6—牽引滑輪。

自動記錄裝置是裝在一個箱內，其正面的金屬操作盤上安有電流脈衝放大器，自記器和帶動記錄帶的牽引裝置。自動記錄裝置外部的最大尺寸為 $436 \times 290 \times 167$ 公厘。

在操作盤左下角裝有連接蓄電池和火藥爆响器電線的接头，並有連接接地綫路的接头，其上標有 [земля] ([接地]) 記号。在上述接头的上方，裝有能够測量熱感收音器电路內電流強度的千分安電流計(毫安計)。

操作盤反面的中央部分裝有放大器的無線電真空管。

在無線電真空管左側貼有表明真空管型號的標籤。

位於自動記錄裝置的左側便是測量放大真空管電流用的毫安計，其下方設有放大調整器的旋鈕。藉此旋鈕的旋轉，可將電流脈衝的放大係數由零值調整到最大限度。

自記器是裝在操作盤的上方，它的插頭可以插入放大器的插座內。自記器順着它的小軸轉動時，筆尖就能夠落在記錄帶上。

採用任何一種薄紙均可製成可換的記錄帶，其方法如下：將紙裁成窄條，並將窄條兩端粘在一起，使成為紙圈即可。記錄帶的緊度用活動的拉緊滑輪保證之。牽引滑輪直接固定在操作盤裏面所裝的交流同步電動機軸上。記錄帶每秒鐘運動速度為 100 公厘。此速度不受電力網內電壓變化的影響。

在操作盤的右側安有起倒開關。藉此開關可以分別接通電動機和放大器。另外，還安有保險器，以便預防自動記錄裝置的電路內發生短路。放大器和電動機所需要的電流全是由 220 伏特交流電力網供給。

回声液面測定儀的主要工作制度

交流電力網的電壓	180—220 伏特
放大器的電流強度	10—15 毫安
熱感收音器的電流強度	200—300 毫安
每發火藥量	1 克
油井套管與油管間隙內氣體壓力不得高於	3 大氣壓

联接電纜是採用 ШРПС2×1.5 型 雙心電纜。火藥爆响器的電纜長度為 8 公尺，接通交流電力網的電纜長度為 10 公尺，蓄電池的電纜長度為 1 公尺。