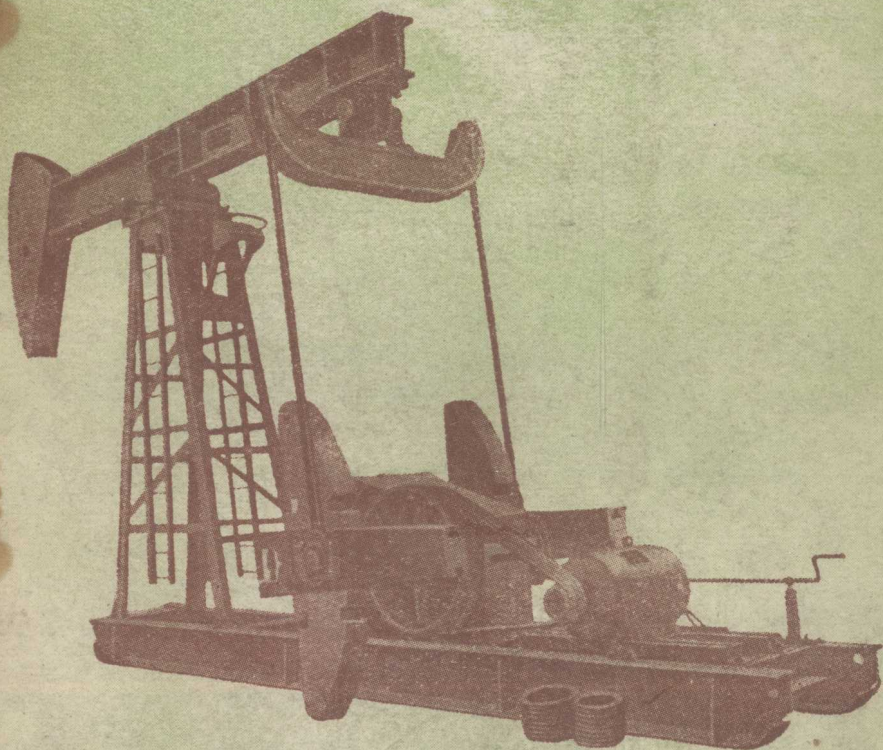


石油工人学习叢書

抽油井采油讀本

玉門油矿采油厂教科編



石油工业出版社

內 容 提 要

本書比較通俗地介紹了深井泵采油法，如抽油設備、抽油井的防砂與防蜡、抽油井的試井等。其中抽油設備一章介紹得比較詳細，對抽油設備的用途、規範、簡單計算方法、選擇以及使用都作了說明。在試井一章中對抽油井的動力試驗和液面探測也作了適當的介紹。

本書除供采油工人學習外，試井工人也可以閱讀。

統一書號：T 15037·309

石油工人學習叢書

抽 油 井 采 油 讀 本
玉門油礦采油廠教育科編

*

石油工業出版社出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第089號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 印張2 $\frac{1}{6}$ * 49千字 * 印2,301—3,300冊

1957年8月北京第1版第1次印刷

1959年7月北京第1版第3次印刷

定價（11）0.55元

目 录

第一章 深井泵采油法	1
第一节 深井泵采油的基本工作原理	1
第二节 深井泵抽油的生产能力	5
第三节 影响深井泵抽油能力的因素	8
第二章 抽油设备	15
第一节 抽油机的各个部件	15
第二节 各种抽油机规范	20
第三节 驴头上负荷的计算	23
第四节 抽油机的平衡	26
第五节 电动机(马达)	30
第六节 深井泵	32
第七节 抽油杆	37
第八节 抽油管	41
第九节 抽油井的井口设备	43
第十节 抽油井的进油设备	43
第三章 抽油井的防砂与防蜡	47
第一节 抽油井的防砂	47
第二节 抽油井的防蜡	49
第四章 抽油井的试井	55
第一节 抽油井的动力试验和动力图分析	55
第二节 抽油井的液面探测	68
第五章 抽油井的管理	73
第一节 抽油井采油设备的选择及其工作制度的确定	73
第二节 间歇生产的抽油井间歇时间的决定	77
第三节 深井泵采油中与设备损坏有关的缺点	78
第四节 深井泵抽油设备的管理	79

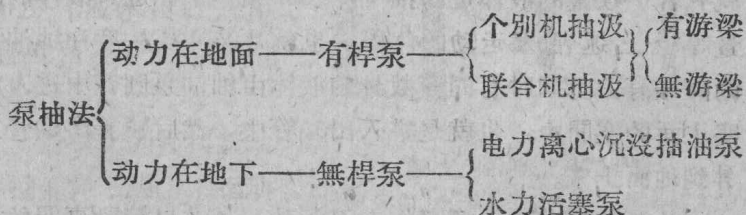
第一章 深井泵采油法

第一节 深井泵采油的基本工作原理

如果油層中天然气能量不足，不能自噴采油，或是产量較低，而用压缩机采油（即用高压压風机向套管环形空間中注气的方法采油）时，須用过度的空气或天然气，使采油成本較高，就要用深井泵进行采油。这种采油方法非常簡單，成本較低，所以世界各油田中已經普遍的采用了深井泵采油法进行采油。这种方法是將抽油泵下入不同深度的井中进行采油的。油井日产量由不足 1 吨起到 300 吨以上都可用这种方法采油。可以說世界上 90% 左右的油井是用抽油法进行采油的。

深井泵采油法对采油指数 $[K]$ 小的井（可以增加压差 Δp ）或水多的井都可以应用，深井泵采油管理簡單，操作方便，多油層的井可以合采，許多井可以联采。

深井泵采油法的分类：



其中以管式泵和桿式泵最为普遍，其重要結構为：

1. 深井泵——
- | | | |
|---|------|----------|
| { | 泵套 | |
| | 活塞 | |
| | 进油凡尔 | ——或称固定凡尔 |
| | 出油凡尔 | ——或称游动凡尔 |

2. 油管与抽油杆

3. 游梁与曲柄連桿

4. 減速傳動器(減速箱)与电动机(馬达)

深井泵下部帶有固定凡尔的圓筒，圓筒內部有帶球形凡尔能上下运动的空心活塞，活塞掛在抽油杆上，由井口裝置的机械(抽油机)經抽油杆傳动活塞上下运动。

活塞向上运动时(圖 1 甲)，由于来自下面的液体压力作用(因为套管环形空間中的油面較高)，使下部固定凡尔开啓，液体进入抽油泵的圓筒中。这时由于抽油管中液柱的压力作用，使上部游动凡尔关闭。

活塞向下运动时(圖 1 乙)，由于活塞上面的液柱压力交給了下部，使下部固定凡尔关闭，而游动凡尔向上开啓，因而液体由泵筒进入活塞上面的空間中。

这样，当活塞上昇时将液体吸入抽油泵的圓筒中，下降时将液体压入出油管中。在不間断地工作下，活塞每一冲程就有若干数量的液体进入抽油泵的圓筒中，进入液体的数量等于上述活塞走动的体积，也就是与冲程長度和抽油泵的直徑有关。同时有同等数量的液体由抽油泵圓筒中进入活塞上面的空間中，也就是进入出油管中，然后順着出油管上昇到地面上来。

为了使深井泵的活塞作上下运动，在井口裝設專門的曲柄搖桿机械，就是所謂磕头机的裝置。磕头机的作用是將电

动机傳动輪的旋轉运动变为抽油桿的往復的直綫运动（上下运动）。

如圖 2 所示，將接在油管上的工作圓筒 1 下到油井中液面下的某一深度，然后在抽油桿 2 上接游动凡尔 3（活塞），將抽油桿下入抽油管下部的工作圓筒中，抽油桿上接光桿 4，光桿通过盤根盒 5 悬挂在磕头机上的驴头 6 下的悬挂器上（方卡），与驴头相連，驴头 6 与游梁 7 是相連的游梁連在支架 8 上，圍着游梁支軸 9 可以活动，这样使抽油桿帶着活塞上下活动，在盤根盒 5 下面有三通 10 作液体出口之用（經過利得管到油罐中去）。

游梁 7 的搖摆运动和抽油桿 4 的上下运动的情况是这样的：在抽

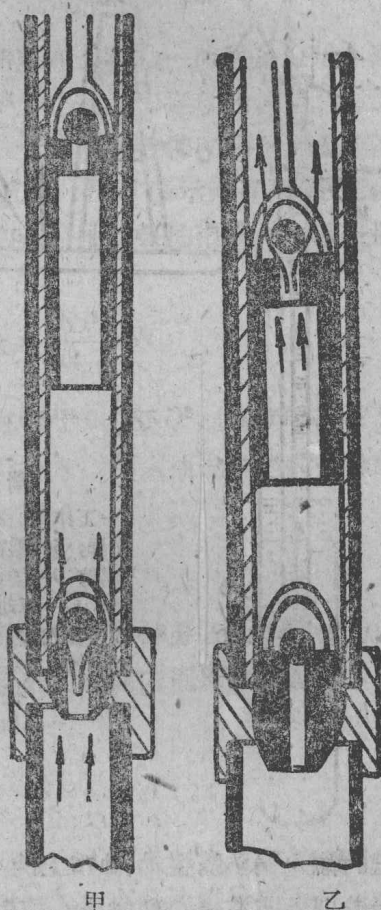


圖 1 抽油泵工作原理圖

甲. 活塞向上运动（固定凡尔开，游动凡尔关）

乙. 活塞向下运动（游动凡尔开，固定凡尔关）

油机后面裝有一电动机 11，由傳动輪 12 經皮帶 13 帶动減速

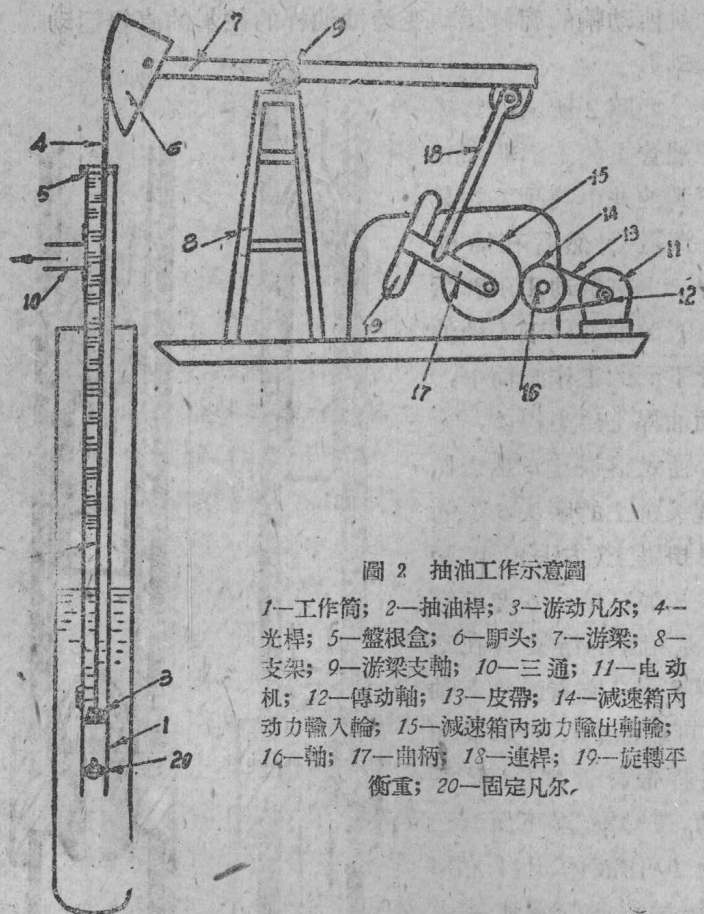


圖 2 抽油工作示意圖

1—工作筒；2—抽油桿；3—游動凡爾；4—光桿；5—盤根盒；6—駝頭；7—游梁；8—支架；9—游梁支軸；10—三通；11—電動機；12—傳動軸；13—皮帶；14—減速箱內動力輸入輪；15—減速箱內動力輸出軸輪；16—軸；17—曲柄；18—連桿；19—旋轉平衡重；20—固定凡爾。

箱上的輸入輪 14，主動軸 16 上的小齒輪與大齒輪 15 相接合，大齒輪則固定在一个曲軸上，在曲軸的二端連接曲柄 17，曲柄和連桿 18 相連，連桿在曲柄上可以轉動。連桿又與游梁的另一端用軸承相連，這樣當曲柄轉動時游梁被連桿橫梁帶動，使游梁做搖擺運動，駝頭便作上下磕頭動作，因此就使

抽油桿帶着活塞在工作筒中做上下運動。

第二节 深井泵抽油的生产能力

在最理想的情况下，活塞向上移动一冲程长度时，进入深井泵圆筒中的液体数量等于上述活塞运动的体积。当活塞向下移动一冲程时，一定数量的液体经游动凡尔进入抽油管中，如果用 D 表示活塞的直径，用 S 表示其冲程长度，那么活塞往上和往下移动一次时，抽油泵抽出液体的数量将等于泵筒的容积。

$$V_{\text{次}} = \frac{\pi D^2}{4} \times S$$

(圆筒的底面积等于 $\frac{\pi D^2}{4}$ 也等于 $0.785 D^2$ ，高度等于 S)。

如果每一分钟冲程次数为 n ，那么抽油泵的每分钟的抽汲能力将等于：

$$V_{\text{分}} = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times n$$

深井泵每小时的生产能力可以用每分钟的生产能力乘一小时的分分钟数求出，每昼夜的生产能力则用每小时的生产能力乘以一昼夜的小时数，即：

$$V_{\text{天}} = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times n \times 60 \times 24$$

(式中 60 表示每小时有 60 分，24 表示每昼夜有 24 小时)。

根据这个公式可以求出深井泵的体积生产能力，也就是说如果公式中的各项数值以公尺计算时，其能力将表现为立方公尺/天。在油矿中一般采油量不以容积为单位，而是按照重量为单位的，也就是按吨来计算的。这样必须知道取出

液体的比重，比重普通用字母 r 来表示。

如果已知液体的比重，那么深井泵按吨计算的理論生产能力可以根据下列公式求出：

$$Q_{\text{理}} = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times n \times 60 \times 24 \times r$$

(式中 $Q_{\text{理}}$ 为抽油泵每晝夜的能力，單位为吨， D 和 S 的單位用公尺)。

上面公式中，活塞的直徑、冲程的長度和搖动次数就是 D 、 S 、 n ，是变化的数值，可以由我們配选决定；对某一口井來說， r 一般是个常数。

在 $r = 0.85$ 的情况下，理論生产能力的公式即：

$$Q_{\text{理}} = \frac{\pi}{4} D^2 \times S \times n \times 60 \times 24 \times 0.85$$

为了便于计算，上式可为：

$$Q_{\text{理}} = 960 \times D^2 \times S \times n$$

式中： $Q_{\text{理}}$ ——深井泵的理論排量，吨/天；

D ——深井泵的活塞直徑，公尺；

S ——活塞冲程，公尺；

n ——活塞冲数，次/分。

深井泵的实际排量就是該抽油井在这天实际抽出的油量。

在抽油井中的实际排量永远小于理論排量，理論排量就是理論生产能力。抽油井的实际排量与理論排量的比叫做深井泵的效率，用公式表示如下：

$$\eta = \frac{Q_{\text{实际}}}{Q_{\text{理}}}$$

(式中 η 是深井泵的效率， $Q_{\text{理}}$ 是泵的理論排量， $Q_{\text{实际}}$ 是

泵的实际排量)。

生产中实际采用的深井泵的标准尺寸(按活塞直径计算)有28、32、38、44、56、70、95和120公厘。最大的抽油泵(120公厘)的活塞断面比小的抽油泵(28公厘)的活塞断面大18.4倍。冲程的长度由0.5公尺到3公尺,这由传动系统

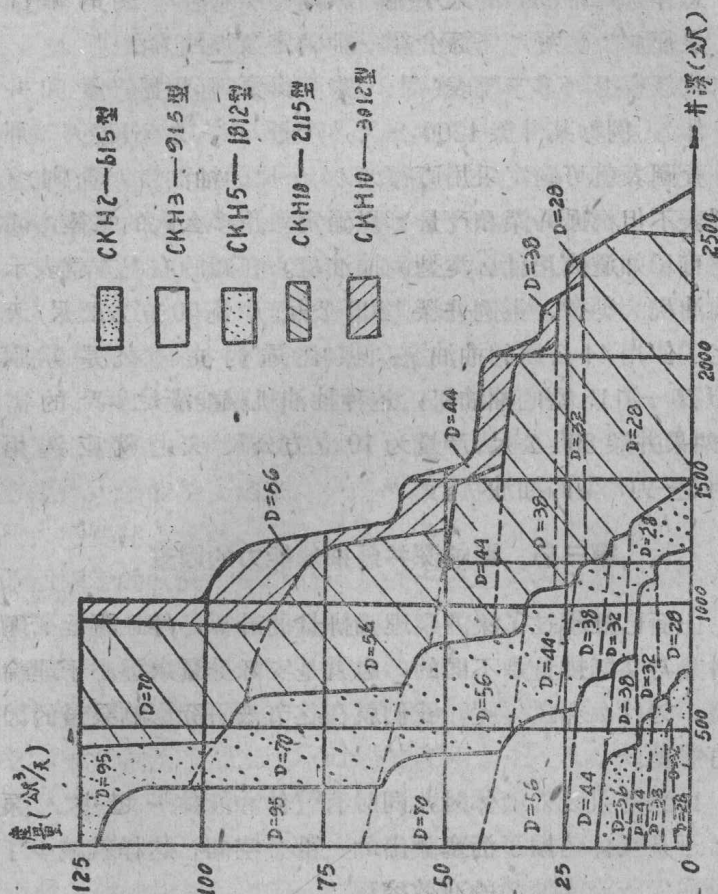


圖 3 阿多宁圖

来决定。每分鐘的冲程次数也是不同的，要看傳动系統和工作条件来决定，但一般每分鐘为6—16次，不过也有1—2冲数的抽油机，这样，如果我們选取了不同的 D 、 S 和 n 的数值，就能使深井泵每晝夜的生产能力由不到一吨而达到数百吨。

怎样选择抽油泵的大小呢？原則是在符合产量的情况下，泵徑愈小愈好，下面介紹一种确定泵徑的方法：

我們根据阿多宁圖表(圖3)来查得泵徑(根据产量和井深条件)，例如某井深1200公尺，产量50立方公尺/天，那么一查圖表就可确定采用直徑为44公厘的抽油泵，查阿多宁圖表不但根据井深和产量可以确定使用多么大的泵徑，而且还可以知道使用什么类型的抽油机。在圖的右上方就表示了抽油机的类型。上例井深1200公尺，产量50立方公尺/天确定了使用44公厘的抽油泵，其合适的抽油机是苏联CKH 10—2115型的抽油机，这种抽油机就能滿足生产的需要。如果井深800公尺，产量为10立方公尺/天，就应选用CKH 3—915型的抽油机。

第三节 影响深井泵抽油能力的因素

上面已經講过了深井泵理論排量的計算，并且講过了理論排量与实际排量是不同的，也就是实际排量永远小于理論排量。为什么会这样呢？我們就在这节来研究影响泵量的因素有哪些。

1. 深井泵吸入液体时，同时有气体和液体一起进入泵筒，于是气体佔据了活塞讓出的一部分空間，这样就減少了泵筒內應該充滿液体的有效容积。

2. 抽油泵的零件配合緊密的程度，不是經常很可靠并正好符合油井條件的，其結果時常在泵筒和活塞之間的間隙，以及各凡爾關閉得不嚴密的地方發生漏油。

3. 抽油泵經過長期工作後，由於油井中砂粒摩擦或腐蝕性物質（鹽水、硫磺氣）侵蝕的緣故，某些個別零件時常發生磨損，其結果使漏油增多，抽油能力降低。

4. 管子結合的地方不夠緊密，使油管中的液體漏出。

5. 計算深井泵理論能力時，一般使活塞沖程長度等於在地面上量出的光桿沖程長度，而真實的活塞沖程長度將小於地面上所量出的長度，因為當抽油泵工作時，油桿、油管會有些伸縮，這樣，使活塞的沖程小於光桿的沖程。

6. 活塞向上移動的速度可能大於油流進入吸入凡爾的速度，因此石油來不及充滿活塞讓出的全部空間，使油不能充滿全部有效容積，影響實際排量。

7. 沖數太快也不行，活塞往上走時游動凡爾開、固定凡爾閉，活塞往下時游動凡爾開、而固定凡爾閉，凡爾的開關有規律，才能抽上油來。但是沖數太快時就破壞了這個規律，活塞往上走時，游動凡爾是關的；當活塞往下走時，由於活塞走的太快，使游動凡爾來不及打開，活塞就已經走到下部，這樣就抽不上油，影響實際排量。

8. 泵中結蜡也影響泵的抽油能力。由於蜡結在氣砂錨內（氣砂錨設備在后面講），会把氣砂錨的進油孔和尾管孔堵塞，這樣就會抽不上油來。有時蜡結在凡爾上，凡爾球被卡，使凡爾失靈，不能正常工作，這樣也抽不上油。

9. 抽油泵的零件突然變成帶有磁性的東西（吸鐵石的吸力就是磁性作用），把凡爾球吸住不能正常工作，這也影響

抽油。在老君庙油田还没有发现这种情况。在石油溝某井使用电热清腊(繞圈式的电热器)后,发现抽不上油来,这可能是气体影响,也可能就是磁性作用使凡尔被吸住。

在实际工作中,如果实际抽油能力等于理论能力的0.6~0.7时,一般的认为抽油设备的工作是良好的。如果抽油能力小于理论能力一半以上时就表示工作不好。抽油泵实际能力和理论能力的比叫做抽油率。

现在讓我們詳細的研究一下每一个因素,对深井泵的能力所發生的影响。

1. 气体对于深井泵工作的影响。任何深井泵,当活塞在最下位置时,在游动凡尔与固定凡尔之間是有一定空隙(叫作余隙)的。余隙中永远充滿石油或石油和气体的混合物。当活塞下降到冲程的末端时,出油管内油柱的重量將自上面压迫着下部凡尔以及余隙中的石油或油气混合物;由下面加到这个凡尔上的压力,將决定于抽油泵浸沒在动液面中的深度,抽油泵的沉沒度大(泵在动液面以下很深),也就是套管环形空間中液体对这凡尔的压力大。

如果抽油泵下入井中的深度为600公尺,沉沒深度为60公尺,那么在石油比重为0.9时,則由上面加于凡尔上的压力將等于:

$$P_1 = \frac{600 \times 0.9}{10} = 54 \text{ 大气压};$$

由下面加于凡尔上的压力:

$$P_2 = \frac{60 \times 0.9}{10} = 5.4 \text{ 大气压}.$$

所以活塞下降时,石油或油气混合物所受的压力是49.6

大气压，这时一部分气体就溶解在石油中。活塞上昇时，抽油泵内的压力將降低到 5.4 大气压，这时气体又由石油中分离出来，并發生膨脹，佔据泵筒体积的某一部分。

当抽油泵中的压力降低到 5.4 大气压以下时，固定凡尔啓开，液体即进入抽油泵的泵筒中，但是此时泵筒中已經有很大一部分容积被气体所佔据。当油井中有气体时，余隙越大，抽油率越低，而在同一余隙时，抽油泵冲程長度越小抽油率也越低。

气体对于深井泵的抽油工作影响很大，有时使抽油泵完全停止工作，也就是說抽不上油，这时抽油泵仅对气体起压缩和膨脹作用。

防止或减少气体对抽油泵工作起不良影响的办法有下列几个：

(1) 將游动凡尔安置在活塞的下部，而不安置在上部，这样可以减少余隙。

(2) 改变抽油机的冲程長度，或將有長冲程的磕头机裝在井上，以增加活塞的冲程長度。

(3) 增加抽油泵的沉沒深度，因为这样可以使沉沒压力 P_2 增加，同时在抽油泵圓筒内由油中析出溶于油中的气量比較少。沉沒深度大也可以使进入固定凡尔的油流速增大，充滿程度可以提高。

(4) 在抽油泵的液体进口处，使用所謂气锚的專門設備，以便由抽油泵中將部分的气体驅入井中。

2. 活塞調整的程度。深井泵在油井中工作时，受有出油管中液柱的压力，这个压力有时有几十个大气压之多。因此为了防止液体由泵筒与活塞間隙中漏出起見，需要仔細調

整活塞，使其适合于工作圓筒中的卡套。

下抽油泵的深度越大，抽油泵受到上面的压力也就越大，这时活塞應該越精密，使活塞与卡套之間間隙小，漏失少。

但是过度减小活塞和抽油泵圓筒之間間隙也不是經常的办法，因为調整过紧会增加圓筒內的阻力，其結果可能使活塞易于卡住。如何选择調整活塞与抽油泵圓筒之間間隙呢？这与抽出的液体性質有关。如果抽潤滑油成份較多的石油时，它們的間隙应当小一些；如果抽汽油成份較多的石油时，它們之間間隙应当大一些。

标准活塞式的抽油泵，其活塞与卡套之間間隙大小，决定于上述零件制造时的原定限度。活塞在圓筒中調整松紧的程度規定为三級：

第一級环狀間隙为 0.02—0.07 公厘；第二級的間隙为 0.07—0.12 公厘；第三級間隙为 0.12—0.17 公厘。

3. 深井泵零件的磨損。活塞、圓筒和各凡尔的工作面，在工作中都要逐漸受到磨損，这样就使調整的精确性被破坏，抽油泵的能力也就显著地降低（因为抽油泵因不严而漏油量增加）。和石油一起进入抽油泵中的还有砂粒，砂粒对于抽油泵各个工作部分都有不良的影响，砂粒进入活塞和圓筒的間隙內，使工作面很快地遭到磨損，結果使抽油泵損坏。玉門油矿抽油泵的活塞自从換用了鋼活塞之后就比較耐磨了。除了抽油泵活塞和套筒之外，球形凡尔也要受到很大的磨損。油流帶着砂粒通过凡尔孔后，急剧地变化其速度和前进方向，并冲刷着凡尔，这时凡尔球和鞍座因受到砂粒摩擦使接合部分不严，这样就会漏油。有时也因为砂粒填在凡尔与凡尔座之間，使凡尔配合不严密，發生漏油。

为了防止并且和砂粒作斗争，在抽油泵入口处装置砂筛（过滤器）使砂的影响就可以减少。

油井中有鹽或硫磺气体的时候，抽油零件也容易很快的被侵蚀而损坏。凡尔和凡尔座是最易被腐蚀的地方。在这种情况下一个办法是将个别钢质的零件换成青铜的或铝的，另一个办法是复上一层抗腐蚀性较强的金属，如将活塞镀铬或其他抗腐蚀性强的金属。

4. 管子的接合处不严。抽油管下入井中时，接箍部分可能未上紧，这样抽油泵在工作时液体会从管中漏到套管环形空间中去。另外漏油的原因可能是在管子丝扣或接箍上有缺陷以及管子有裂隙。所以油管在下入井之前要检查丝扣是否上紧。

5. 抽油杆及抽油管伸长的影响。计算深井泵能力时，一般认为活塞冲程长度等于光杆在地面上的移动长度，当磕头机工作时，这个数值是容易量出来的。但是，实际上抽油杆在地面上移动的长度却永远不会等于活塞的冲程长度。原因是这样的：

（1）活塞向上移动时，上部游动凡尔闭紧，管内的整个液柱压在活塞上，因而抽油杆承受了这部分压力，结果抽油杆除了承担本身的自重外，还有液柱的重量，所以抽油杆就要伸长了。因此在刚开始向上移动时，活塞起初并不运动，就是由于抽油杆伸长的缘故。等到抽油杆适应于负荷伸长到某一数值时，活塞才开始向上运动，也就是说活塞运动的路程比光杆的移动的路程少一点。

（2）活塞开始向下移动时，抽油杆又收缩到原来的长度。因为这时游动凡尔开启，管内整个液柱压在固定凡尔

上。管子承受了管内液体重量后就要伸长，这样就使活塞的实际冲程长度有所减少。

深井泵下入井中越深，也就是管子和抽油杆上部所受的负荷越大时，伸长的程度也越大，所以活塞冲程和抽油杆在地面上移动的长度相比较，相差也越大。

6. 抽油泵冲程的长度和磕头机冲数的影响。由深井泵的理论能力计算公式中，我们可以看出磕头机的冲数越多，抽油泵的能力越大。但实际上增加冲数仅在某种程度内能够增加抽油泵的能力，如果超过这个限度进一步的增加冲数，不但不能使抽油泵能力增加，反而会使其能力减低。发生这种现象的原因在于磕头机的冲数增加时，也就是活塞向上运动的速度太大时，吸入的液体来不及追随着活塞并占据活塞所让出来的圆筒中的容积而使圆筒中某些部分未能充满液体。当活塞向下移动时，它将先通过未充满液体的空间，当遇到液体时不免发生冲撞，这样容易损坏设备，所以抽油机的冲数太多时，除了减低抽油效率之外，还能使抽油杆或抽油机发生事故。由于上述各种原因，增加磕头机的冲数是有严格限制的。在大部分油井中，一般认为正常的冲数是每分钟6—12次，即使是大量抽油，在实际工作中每分钟的冲数也不能超过18次，为了满足一定的产量，最适当的办法是用减少冲数增加冲程长度来进行工作，因为增加冲程的长度可适当地减少冲数，使生产能力同样能满足。

冲程长而冲数少时；同样能使深井抽油设备和发动机的的工作改善，因为这样可以使工作比较稳定地进行，设备的磨损也可以减少。

因此，深井泵采油必须正确的选择抽油泵的型式，决定