

采油工人中級讀本

下 册

玉門石油工人技術學校 合編
独山子石油工人技術學校

石油工業出版社

內 容 提 要

該讀本下冊共五章。第十章介紹深井泵采油法，包括抽油設備的構造、選擇和管理，動力儀量測和油井管理技術。第十一、十二章介紹油井增產措施如壓裂、酸化 and 爆炸等等，以及提高油層采收率的方法即注水、注氣和二次采油法。第十三章對原油的輸、貯和開揚初步處理作了簡單介紹。最後兩章介紹油井小修和大修，包括修井設備和工具，熱洗、抽汲、沖砂和防砂技術施工工藝。

這套讀本是根據玉門石油工人技術學校和獨山子石油工人技術學校的講義編寫的，理論結合實際，文字通順，適合於石油工人技術學校作教材，也可供現場培訓采油技工和工人參考。

統一書號：15037·833

采 油 工 人 中 級 讀 本

下 冊

玉門石油工人技術學校 合編
獨山子石油工人技術學校

石油工業出版社出版（社址：北京東城區石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

850×1168 $\frac{1}{32}$ 開本·印張9·220千字·印1—7,000冊

1980年4月北京第1版第1次印刷

定價（10）1.30元

目 录

第十章 深井泵采油法	1
第1节 深井泵工作原理与装置简图	1
第2节 深井泵的工作能力	4
第3节 影响深井泵采油能力的因素	6
第4节 深井泵	12
第5节 深井泵主要零件的构造	26
第6节 深井泵的检查、修理与拆装	33
第7节 深井泵的管理、运送与保存	42
第8节 深井泵进油设备	44
第9节 抽油管	48
第10节 抽油杆	48
第11节 抽油井的井口设备	58
第12节 抽油机	55
第13节 抽油机的平衡	67
第14节 抽油机的安装	75
第15节 抽油井联动采油法	79
第16节 试井	83
第17节 深井泵抽油井的动力仪量测	91
第18节 深井泵采油设备的选择及其工作制度的确定	103
第19节 间歇抽油井的工作制度	111
第20节 抽油井的防砂与清蜡	113
第21节 抽油井的操作	121
第22节 抽油井及其设备的管理	124
第23节 无杆深井泵	133
第24节 深井泵采油的安全技术与防火	137
第十一章 油井增产措施	140
第1节 酸化	140

第2节	油层压裂	152
第3节	油层爆炸	167
第十二章	提高油层采收率的方法	170
第1节	保持油层压力的方法	171
第2节	二次采油法	178
第十三章	原油的储存、输送和初步处理	183
第1节	油矿的管线设备	183
第2节	石油的储存	184
第3节	石油的输送	193
第4节	石油的乳化及脱乳、脱盐、脱硫	200
第十四章	油井小修	205
第1节	修井设备	206
第2节	修井工具	213
第3节	自喷井修井的准备工作	235
第4节	抽油井修井的准备工作	240
第5节	起下油管及抽油杆	242
第6节	热洗	245
第7节	喷水	248
第8节	猛烈抽汲	251
第9节	清除砂堵与防砂	254
第十五章	油井大修	275
第1节	大修井工作的主要内容	275
第2节	油井情况研究	275
第3节	修理套管的损坏	276
第4节	打捞工作	278
第5节	油井回采工作	283
第6节	隔绝水层	284

第十章 深井泵采油法

深井泵采油法是已經被广泛采用的重要的采油方法之一。深井泵采油在世界許多油田的开发过程中，都佔着很重要的地位。在苏联各油田上，使用深井泵采油的油井，佔总采油井数的80%以上，在我国的許多油田上，如独山子油田、玉門石油沟油田、白楊河油田等，都是用深井泵采用的。近年来，老君庙油田，随着油田能量的变化，用深井泵采油的井数也不断地增加。随着油田能力的繼續消耗，深井泵采油法將成为这个油田的重要开采方法。

深井泵采油法，其所以在世界各油田中能获得广泛地应用，是由于它的整套設備簡單、管理方便，价格便宜的緣故（与压缩机采油法比較）。

当油层天然能量不足，或因油层能量消耗过多，不能使油井維持自噴，而用压缩机采油又因产量低，成本高，且工作剂的消耗量太大时，就要使用深井泵采油法来采油。

深井泵采油的設備及技术，經過多年来的实践和改进，已逐漸趋于完善。許多油矿工作者，都在这方面做了不少的努力。到目前，已經具有一套較為完善地深井泵采油設備。依靠这些設備，就可以从井中采出大量的石油。

深井泵采油可用在日产量不足一吨到三百吨以上的油井中。由于深井泵采油設備的日趨完善，就使我們能夠在油井結束自噴后，不采用昂貴的气举采油法，而直接使用深井泵采油法。

第1节 深井泵工作原理与裝置簡图

深井泵是一种变形的活塞泵，因装在深度大的油井内进行采

油，所以叫做深井泵。

深井泵是一个圆筒，里面有一个带球形凡尔的能上下活动的空心活塞。在圆筒的下部，有一个固定的吸入凡尔。活塞挂在抽油杆下部，由井口的专门机械，通过抽油杆带动它上下运动。

深井泵的工作情况如图10—1所示。

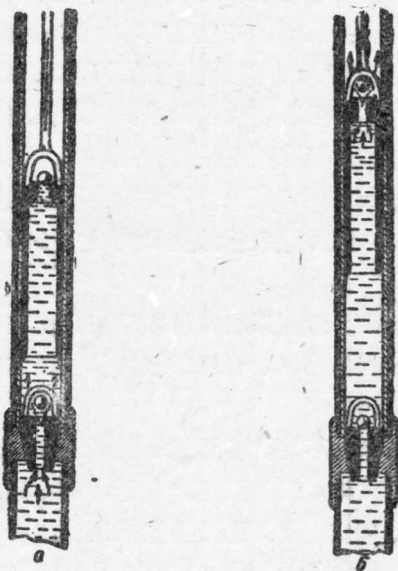


图 10—1 深井泵工作简况

活塞向上运动时（见图10—1，a），由于来自下面的液体的压力的作用，使下部吸入凡尔打开，液体进入抽油泵的圆筒中。这时由于抽油管中液柱压力的作用，使上部压出凡尔闭。

反之，活塞向下（见图10—1，b）运动时，由于活塞下面的液柱压力的作用，使下部吸入凡尔关闭，而上部凡尔打开，因而液体由圆筒进入活塞上面的抽油管中。

这样，当活塞上升时，将液体吸入抽油泵的圆筒中，下降时，将液体压入抽油管中。

如此不断的运动，液体就会升到地面上来。

为了使深井泵活塞动作起来，在井口装设专门的设备来带动活塞，这个特殊设备叫做抽油机（磕头机）。抽油机的作用，是将电动机传动轮的旋转运动，变为抽油杆的往复直线运动。

全套深井泵抽油设备的装置情况，如图10—2所示。

在井中下入抽油管10，在抽油管內下入深井泵11。深井泵上

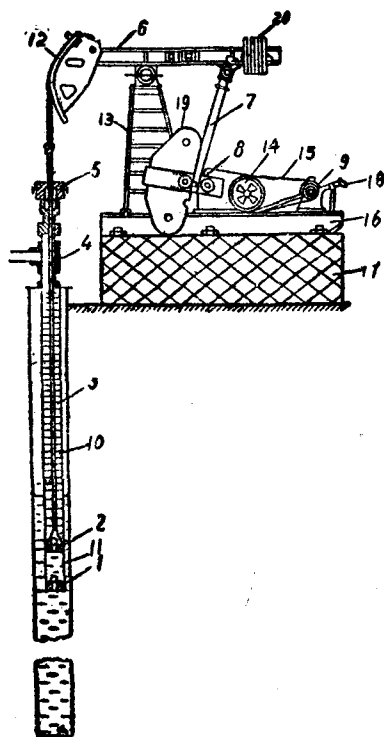


图 10—2 深井泵装置简图

- 1—固定凡尔；2—游动凡尔；3—抽油杆；4—三通；5—盘根盒；
6—游梁；7—连杆；8—曲柄；9—马达；10—油管；11—深井泵；
12—驴头；13—支架；14—皮带轮；15—皮带；16—压座；17—基
墩；18—刹車；19—旋轉平衡块；20—平衡块。

部有游动凡尔（也叫排出凡尔和压出凡尔）2，泵的下部装着一个固定凡尔（也叫吸入凡尔和压入凡尔）1，这两个凡尔都是向上开的。

深井泵的活塞通过抽油杆3与驴头12连接。抽油杆的上端有一个光杆，光杆通过悬绳器和驴头上的钢丝绳连接。驴头连接在游梁6上，游梁靠中轴承座在支架13上。游梁的后部通过尾轴承与连杆7相连，连杆的下部连在曲柄8上。曲柄装在变速箱14的输出轴上。变速箱上的传动轴（即输入轴），通过皮带15与电动机（马达）9相连。整个抽油机装在底座16上，而底座座在洋灰基础17上。抽油机还有制动器（刹车）18，用以制动抽油机。

在抽油机的曲柄上，装有平衡块19，而在游梁的尾端装有平衡块20。有些抽油机，只装平衡块19，或只装平衡块20。

在油井的井口，装有出油用的三通4，而在三通上部装有一个盘根盒5。

第2节 深井泵的工作能力

在理想的情况下，活塞向上移动一个冲程时，进入深井泵圆筒中的液体数量，等于活塞让出的容积；当活塞向下移动一个冲程时，这一部分液体经压出凡尔进入抽油管中。如果用 D 表示活塞的直径，用 S 表示它的冲程长度，那么活塞往上和往下移动一个冲程时，深井泵抽出液体的数量将等于圆筒的容积（圆筒底面

积等于 $\frac{\pi}{4}D^2$ ，高度等于 S ），即

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 \times S,$$

式中 V ——圆筒的容积，米³；

D ——活塞的直径，米；

S ——活塞冲程长度，米。

如果每一分鐘冲数为 N ，那么深井泵每一分鐘抽出的液体体积：

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

式中 $V_{\text{分}}$ ——深井泵每一分鐘的生产能力，米³/分；

n ——每一分鐘冲数。

如果深井泵的生产能力，是以每昼夜計算的話，那么：

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

$$V_{\text{日}} = \frac{\pi}{4} D^2 \times S \times n \times 1440,$$

式中 $V_{\text{日}}$ ——深井泵每昼夜的生产能力，米³；

60——每小时分鐘数；

24——每昼夜小时数。

在上述公式中深井泵的生产能力是以米³表示的。但在实际工作中，並不以体积表示，而是采用重量表示的。

如果井内采出原油的比重为 γ ，那么生产能力將为：

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \times S \times n \times \gamma \times 60 \times 24,$$

式中 Q ——深井泵每昼夜的生产能力，吨；

例題：設泵的活塞直径为0.056米（即56毫米），活塞冲程长度为1.8米，冲数为每一分鐘12次，原油比重为0.9，試求抽油泵的理論日产量。

將題示数据代入上式，即得：

$$Q = \frac{3.14 \times 0.056^2}{4} \times 1.8 \times 12 \times 0.9 \times 60 \times 24 = 68.9 \text{ 吨}.$$

从上述公式中計算出来的泵的生产能力，叫做深井泵的理論生产能力，它比泵的实际生产能力要大一些。我們把泵的实际生

产能力与理論生产能力的比值，叫做深井泵的抽油率或抽油效率，它以字母 η 表示：

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

式中 $Q_{\text{实际}}$ ——深井泵的实际生产能力，吨/日；

$Q_{\text{理論}}$ ——深井泵的理論生产能力，吨/日；

η ——抽油效率。

因为泵的理論生产能力和实际生产能力不一样，所以在計算实际出油能力时，必須考虑到抽油效率。因此，計算实际产量时，可采取下面的公式，即：

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \times S \times n \times \gamma \times \eta \times 60 \times 24$$

式中 Q ——深井泵每天的实际产量，吨。

实际上所采用的深井泵有（按活塞直径計算）28，32，38，44，56，70，95，和120毫米的。最大的深井泵（120毫米）的活塞断面，比最小的深井泵（28毫米）的活塞断面大18.4倍。冲程长度由0.5—3米。每分鐘的冲数也是不同的，一般为6—12，不过也有每分鐘1—2的。

这样，如果我們选取不同的活塞直径、冲程和冲数，就能使深井泵每昼夜的生产能力由不到一吨直到几百吨。

第3节 影响深井泵采油能力的因素

由上节所述，我們知道泵的实际生产能力永远小于理論生产能力，其原因如下。

1. 气体的影响：深井泵吸入液体时，同时有气体和液体一起进入圓筒，于是气体就佔据了一部分空間，这样就減少了油所佔的容积，也就是說活塞所走过的体积，沒有完全被油充滿。

2. 深井泵零件接合的紧密程度的影响：如果泵的零件接合不严密，就产生了空隙，結果发生了漏失，使泵充不滿油。

3. 深井泵零件发生磨损：深井泵长期工作后，就要发生磨损，造成部件结合不严而漏油，或因油中砂子的磨擦或腐蚀性物质（盐水、含硫气体）侵蚀的缘故，使某些零件发生磨损，而降低了深井泵的抽油能力。

4. 管子结合的地方不够严密：管子接合处不严密，会造成漏失，降低泵的生产能力。

5. 冲程长度的差别：在实际生产中，活塞的冲程长度都是在地面上校对的，而真正的活塞冲程长度要比地面上的冲程长度小，因为泵在工作的时候，抽油杆是要伸长和缩短的。

6. 活塞向上移动的速度，可能大于经过吸入凡尔的油流速度，因此石油来不及充满活塞让出的全部空间。

现在我们来仔细研究一下，上述各种因素对深井泵工作能力的影响。

气体对深井泵工作的影响：任何一种深井泵，当活塞在最低位置时，在游动凡尔和固定凡尔之间，有一空间，我们把这个空间叫做余隙。余隙中充满着油和气体的混合物，余隙的值等于活塞的长度加上活塞下端至固定凡尔之间的距离。

当活塞下行时，游动凡尔打开，于是活塞上部的液体和泵内的液体相连，也就是说，上部液柱的压力压着余隙中的混合物及固定凡尔。

由下面加在固定凡尔上的压力，将等于井内油管外油面以下至固定凡尔之间的油柱重量，也就是说，这个油柱等于泵在液体中的沉没度。举例说明如下：

例：如果深井泵下入井内深度为600米，泵的沉没度为60米，油的比重为0.858，则由上部加给固定凡尔的压力将等于：

$$P_1 = \frac{600 \times 0.858}{10} = 51.48 \text{ 大气压。}$$

由下面加给凡尔的压力将等于：

$$P_2 = \frac{60 \times 0.856}{10} = 5.148 \text{ 大气压.}$$

由此可知，当活塞下行时，泵内油气混合物所受的壓力是51.48大气压，此时气体溶解于石油中。活塞上行时，泵内压力將降低到5.148大气压，这时气体又由石油中脫出，发生膨胀，聚集在泵的上部，而佔据了泵的一部分体积。

当活塞在往复运动过程中，压力是改变的。活塞在上行时压力很低，使溶解在石油中的气体脫出，而佔据泵内的一部分体积。当油井中有气体时，余隙越大，抽油率越低。而在同一个余隙中，深井泵冲程长度越小，抽油率也越低。

气体对深井泵采油工作的影响最大，有时会使深井泵完全停止抽油，也就是抽油率等于零了。这时抽油泵的工作，仅对气体起着压缩和膨胀的作用，这种现象称做气鎖。

为防止气体对深井泵工作所起的坏影响，可采用下列措施。

1. 將游动凡尔不装在活塞上部而装在活塞下部，以减小余隙。目前各种深井泵都是根据这点理論来制造的。

2. 移动抽油机上的曲柄肖子，增加活塞的冲程长度，或安装长冲程的抽油机。

3. 增加深井泵的沉沒度，因为这样就增加了沉沒度的压力，从而减少了气体从油中的析出。

5. 在深井泵的下部安装专门的設備（气锚），使气体在井内預先分离，而不进入泵中。

6. 井内气大时，可以开井口套管閘門放气。在实际工作中，常可看到有些井在抽油时，开着套管閘門放气。

活塞調整的松紧程度：深井泵在油井中工作时，受到抽油管中液柱几十个大气压的压力。因此为了防止液体由泵筒与活塞之間的間隙漏出起見，需要仔細調整活塞，使其适合于工作筒中的卡套。

深井泵的下入深度越大，深井泵受到上面液柱的压力也就越

大。此时活塞与卡套的配合应当紧些，以减小活塞与卡套之间的间隙，减少漏失。

但是也不能使活塞与卡套之间的间隙过小，因为调整过紧时会增加摩擦阻力，甚至使活塞被卡住，而发生事故。

活塞调整的程度，和所抽出液体的性质有关。如果抽含润滑油成份较多的石油时，它们的间隙应小一些，而抽含汽油成份较多的石油时，它们的间隙应大一些。抽“冷油”时，其间隙应当小一些，抽“热油”时，间隙应当大一些，因为在温度的作用下，钢制的深井泵活塞比铁制成的卡套膨胀的程度大些。

标准活塞式深井泵，其活塞与卡套之间的间隙大小，决定于上述零制造时的原定限度。活塞在圆筒中间调整的松紧程度规定为三级：第一级间隙为0.02—0.07毫米；第二级间隙为0.07—0.12毫米；第三级间隙为0.12—0.17毫米。

深井泵零件的磨损：活塞、凡尔和泵筒的工作面，在工作中都逐渐受到磨损，这样，就使调整的精密性被破坏，造成漏油，使深井泵的能力显著地降低。

和石油一起进入深井泵中的砂粒，会磨损深井泵各部件的工作面。砂粒进入活塞和泵筒的间隙内，就会使泵很快损坏。

除了深井泵活塞和卡套之外，球形凡尔也要受到很大的磨损。油流带着砂粒通过凡尔孔以后，被迫突然改变前进的方向和速度，冲刷着凡尔球，这时凡尔球和凡尔座因受到砂粒的摩擦致使其接合部分不严密，因而使深井泵的能力降低。有时，也因为砂粒填在凡尔与凡尔座之间，使凡尔球与凡尔座配合不严密，而造成漏油。

为了防止砂子对深井泵的影响，在深井泵的入口处装置过滤器（砂锚），这样，就能使液体在进入深井泵之前，部分地和砂粒分开，减少砂粒的影响。

油井中有盐水或含硫气体的时候，深井泵的零件也容易很快地损坏，这时凡尔球和凡尔座是腐蚀最快的地方。在这种情况下

下，防止的方法是將各別的鋼質零件，換成青銅或鋁制的，或者是涂一层抗腐蝕性較強的金屬，如將活塞鍍鉻或其他金屬。

管子的接合部分不嚴：抽油管下入井中時，接箍部分未上緊，這樣，深井泵在工作時，液體就會由管中漏出。另外，可能管子絲扣或接箍有毛病，以及管子有裂縫，因而造成漏油。所以當下油管時，對每一根管子都要仔細地檢查，並上緊接箍。

抽油杆及抽油管伸長的影響：計算深井泵能力時，一般地認為活塞衝程長度等於光杆在地面上移動的長度；這一長度當抽油機工作時，是容易量出來的。但是實際上，光杆在地面上移動的長度永遠也不會等於活塞衝程的長度，其原因如下。

1. 活塞向上移動時，上部游動凡爾緊閉，管內的整個液柱壓在活塞上，因而抽油杆除了承擔本身的自重以外，還要承受液柱的重量，所以抽油杆就伸長了。因此光杆在開始向上移動時，活塞起初並不運動，要等到抽油杆針對着負荷伸長到某一數值時，活塞才開始向上移動。也就是說活塞向上運動的路程，此光杆所移動的路程少一些。

2. 活塞向下移動時，抽油杆又收縮到原來長度。同時，因為這時游動凡爾打開，管內整個液柱壓在固定凡爾上，油管除承受本身的重量外，還承受了管內液柱的重量，因而伸長，這樣就使活塞的衝程長度減少了。

深井泵下入井中越深，也就是管子和抽油杆上部所受的負荷數越大時，伸長的程度也越大。所以活塞衝程和光杆在地面上移動的長度相比較，損失也越大。

深井泵衝程的長度和抽油機衝數的影響：由深井泵的理論能力計算公式中，我們可以看出，抽油機的衝數越多，抽油機的能力也越大。但是實際上增加抽油機的衝數，僅是在某種限度以內能夠增加深井泵的能力，如果超過這個限度，不但不能使深井泵的能力增加，反而會使之降低。發生這種現象的原因，是抽油機的衝數增多時，也就是活塞向上運動的速度甚大時，吸入液體來

不及追随着活塞並佔据它所讓出来的泵筒的容积，而使泵筒中某些部分未充滿液体；而当活塞向下移动时，它將先通过未充滿的液体的空間，及至遇到液体时，不免发生冲撞，这样就使整个抽油設備发生激烈的震动，降低抽油效率，同时还可能使抽油杆或抽油机发生事故。

由于上述各种原因，增加抽油机的冲数，是有严格限制的。在大部分油井中一般認為正常的冲数是每分鐘 6—12 次；即使大量抽油，在实际工作中，每分鐘冲数也不超过 18 次。为了滿足一定的产量，最适当的办法是減少冲数而增加冲程长度，因为增加冲程长度而适当地減少冲数，和增加冲数而縮短冲程长度，可以获得同样的生产能力。

冲程长而冲数少时，还能使深井泵抽油設備和发动机的工作改善，因为这样可以使設備运转比較平稳，設備的磨損也較少。

泵內結蜡：原油中的石蜡析出之后，便粘附在泵的內壁上，因而使它的流通面积縮小，进入泵內的液体減少，降低泵的生产能力。

磁化現象：在有些井內，由于泵的生鉄制的零件与鋼制零件发生磁化現象，就使泵的排油工作停止了。这时凡尔球紧貼在凡尔罩的旁側，而不再进行工作。

为了防止这种現象，可采用青銅凡尔球，但是它不如鋼凡尔球耐用。

綜合以上所述，可知深井泵的实际生产能力变化很大，它决定于深井泵零件制造的質量，磨損的程度，深井泵的下入深度，以及是否有气体影响等等。

因此，用深井泵采油时，正确的选择深井泵的类型，合理地决定它的冲程和冲数，以及仔細地監督全部抽油設備的工作等等，是起着很大作用的。

第4节 深 井 泵

按照深井泵在井内安装的方法，可以将深井泵分为两大类：管式深井泵和固定式深井泵。

管式深井泵的工作筒是抽油管的延續部分，也就是泵筒直接连接在抽油管的下部，因此在修井或更换深井泵时，就得将油管和抽油杆全部起出，因而就要花很多时间，特别是在深井中。

由于经常起下油管，油管丝扣会很快磨损，从而促使液体漏入井中的机会增多。

虽然管式泵有缺点，但它也有优点，那就是：排量大，不会造成严重的砂卡（与固定式泵比较），价格便宜。

固定式深井泵，它无论是起或下，都不需起下油管，而只是起下抽油杆就可以把它起出或下入井内，因而可以减少起下操作的时间，同时减少油管丝扣的磨损。但它容易造成砂卡，价格较贵。

由上述可知，管式泵适合于含砂较多的浅井中；固定式泵则适用于含砂较少的深井中。

苏联各油矿，使用各种类型的深井泵已有二十多年的经验，曾制造出很多类型的深井泵。目前苏联已制成标准级的深井泵。

这些标准级深井泵的规范，见表10—1所示。

在我国，目前已能制造出一些类型的泵，但今后随着深井泵的进一步发展，我们将会制造出多类型的合乎油井要求的新型泵来。

现在，我们仔细介绍一下各种类型的泵。

管 式 深 井 泵

管式深井泵有下列几种型式：HГН-1型，HГН-2型，2HГН-2型，3HГН-2型，43型（我国兰州制造），56型（匈牙利仿苏HГН-2制）。

表10-1

深井泵 型 式	深井泵构造	活塞直径 毫 米	活塞冲程长度, 米	供何种井采油之用
HGH-1	管式, 二凡尔 带拔桿	47,56,70	0.9	不深的油井, 含少 量气体及砂子
HGH-2	管式, 三凡尔 带专门拔出装 置	44,56,70 95	0.9-1.5 -1.8	不深的正常的油 井, 含少量砂子
2HGH-2	管式, 卡套的, 带刮砂活塞	44,56,70 95	0.9-1.5 -1.8	不深的井, 液体中 含气体及砂子
3HGH-2	皮碗式带卡套 組成的泵筒	44,56,70 95	0.9-1.5 -1.8	含腐蝕性水的、高 液面而不深的不出 砂井
4HGH-2	皮碗式带管子 制成的泵筒	44,56,70 95,120	1.5-1.8 -3.0	出腐蝕性水的高液 面而不深的出砂井
HGH-3	固定式上部 带鎖	28,32,38 43,56,70	0.9-1.5 -1.8-3.0	各种中等深度及大 深度的井
HGH-4	固定式下部带 鎖	28,32,38 43,56,70	0.9-1.5 -1.8-3.0	各种中等深度及大 深度的井
HGH-5 及 HGH-6	望远镜式双 筒的	38,50,63	0.9-1.5-1.8	中等深度多砂的井
HGH-7	望远镜式三 筒的	38,50,63	0.9-1.5-1.8	中等深度多砂的井

管式深井泵主要由以下三个部分组成:

1. 在下部带有锥形凡尔座的泵筒; 2. 带圆锥座及打捞杆的固定凡尔; 3. 带有游动凡尔的活塞。

现在详细介绍几种类型的深井泵。

43型管式泵: 这种泵是我国兰州通用机厂制造的一种管式泵, 在我国玉门油矿各矿场已广泛应用。它是由工作筒、上部接箍、下部接箍、衬套(卡套)、活塞、固定凡尔、游动凡尔、打捞杆等组成。它的构造如图10-3所示。

工作筒是泵的主体, 全长为1700毫米(不算上下接箍), 直