

高等

基本馆藏

川書

118434

# 油田开采

下册

苏联 И. М. 穆拉維也夫等著



石油工业出版社

高等学校教学用书

---

# 油田开采

## 下册

苏联 Н.М.穆拉維也夫等著

北京石油学院采油教研室译

苏联高等教育部批准作为高等石油学校教材

石油工业出版社

## 內 容 提 要

本書1册已經出版。在這本下冊中主要敘述壓縮機采油法、抽油法、抽油設備、各種強化采油的方法和油井修理。本書除作教材外，還可供油田地質采油工程師和技術員作參考或進修之用。

**И. М. МУРАВЬЕВ и А. П. КРЫЛОВ**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1949年列寧格勒版翻譯

統一書號：15037-243

油 田 開 采

下 冊

北京石油學院采油教研室譯

\*

石油工業出版社出版(地址：北京八寶坑石油工廠附近十零樓)

北京市書刊出版營業登記可証出字第083號

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

\*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 \* 印張15 $\frac{3}{4}$  \* 379千字 \* 印1—3,600册

1957年4月北京第1版第1次印刷

定價(10) 2.50元

# 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第十二章 压缩机采油法 .....                 | 1   |
| 第 1 节 概 論 .....                   | 1   |
| 第 2 节 气举系統及其特征 .....              | 2   |
| 第 3 节 压缩气举管的計算 .....              | 9   |
| 第 4 节 压缩气举井投入生产和启动压力的計算 .....     | 27  |
| 第 5 节 降低启动压力的方法 .....             | 34  |
| 第 6 节 启动凡尔 .....                  | 44  |
| 第 7 节 裝置启动凡尔的計算 .....             | 53  |
| 第 8 节 压缩气举井的工作方式之建立 .....         | 66  |
| 第 9 节 压缩气举井的試井 .....              | 78  |
| 第 10 节 压缩气举井井口裝置 .....            | 88  |
| 第 11 节 气体調配系統 .....               | 92  |
| 第 12 节 气体調配室的設備 .....             | 98  |
| 第 13 节 气举及气举循环 .....              | 115 |
| 第 14 节 压缩机采油常遇到的故障 .....          | 120 |
| 第 15 节 压气自噴井的管理 .....             | 121 |
| 第 16 节 气体供应量不足时合理分配供給 各井的气体 ..... | 125 |
| 第 17 节 压缩机开采的安全技术及防火措施 .....      | 130 |
| 第十三章 压缩气举井的間歇开采 .....             | 131 |
| 第 1 节 压缩气举井采用間歇开采的条件 .....        | 131 |
| 第 2 节 活塞气举 .....                  | 132 |
| 第 3 节 活塞气举管的計算 .....              | 136 |
| 第 4 节 間歇供給工作剂的压缩气举之流程 .....       | 143 |
| 第 5 节 間歇气举裝置的計算 .....             | 153 |
| 第 6 节 向井内間歇压气的自动設備(轉換器) .....     | 172 |
| 第十四章 压缩机站的業務 .....                | 178 |

|        |                   |     |
|--------|-------------------|-----|
| 第 1 节  | 矿场压缩机             | 178 |
| 第 2 节  | 压缩机站              | 181 |
| 第 3 节  | 压缩机站中水的作业         | 185 |
| 第 4 节  | 压缩机站的管理           | 188 |
| 第十五章   | 深井泵采油法            | 193 |
| 第 1 节  | 深井泵的装置简图及工作原理     | 193 |
| 第 2 节  | 深井泵的生产率           | 196 |
| 第 3 节  | 抽油杆的工作            | 199 |
| 第 4 节  | 抽油杆上的载荷之测定        | 201 |
| 第 5 节  | 静载荷               | 208 |
| 第 6 节  | 在静载荷作用下, 抽油杆的弹性变形 | 210 |
| 第 7 节  | 动载荷               | 216 |
| 第 8 节  | 抽油杆的振动过程          | 224 |
| 第 9 节  | 抽油杆上的载荷之计算        | 231 |
| 第 10 节 | 抽油杆的损坏            | 237 |
| 第 11 节 | 抽油杆柱的结构           | 241 |
| 第 12 节 | 影响深井泵生产率的因素       | 249 |
| 第 13 节 | 气体对深井泵工作的影响       | 254 |
| 第 14 节 | 泵的沉没深度            | 259 |
| 第 15 节 | 活塞移动的速度           | 260 |
| 第 16 节 | 动力测量法对估计深井泵生产率的作用 | 262 |
| 第 17 节 | 活塞行程的计算           | 236 |
| 第 18 节 | 活塞直径对深井泵生产率之影响    | 275 |
| 第 19 节 | 选择活塞尺寸的条件         | 280 |
| 第 20 节 | 深井泵工作方式的确定        | 288 |
| 第 21 节 | 深井内的工作方式          | 293 |
| 第 22 节 | 水浸油井的工作条件         | 308 |
| 第 23 节 | 小产量油井的开采          | 311 |
| 第 24 节 | 抽油井的试井及其工艺方式的控制   | 314 |
| 第十六章   | 深井泵设备             | 326 |

|        |                      |     |
|--------|----------------------|-----|
| 第 1 节  | 深井泵的标准装置             | 326 |
| 第 2 节  | 管式深井泵                | 328 |
| 第 3 节  | 杆式泵(插入式泵)            | 334 |
| 第 4 节  | 深井泵的零件               | 338 |
| 第 5 节  | 标准级深井泵               | 3 2 |
| 第 6 节  | 無管泵的裝置               | 345 |
| 第 7 节  | 用空心抽油桿的深井泵裝置         | 343 |
| 第 8 节  | 深井泵的进口設備             | 353 |
| 第 9 节  | 抽油桿                  | 3 4 |
| 第 10 节 | 泵管                   | 338 |
| 第 11 节 | 抽油井的井口裝置             | 3 2 |
| 第十七章   | 深井泵的傳动機構             | 376 |
| 第 1 节  | 游梁式單獨傳动機構            | 376 |
| 第 2 节  | 游梁式抽油机的平衡原理          | 379 |
| 第 3 节  | 曲柄軸上的力矩及游梁式單獨傳动機構的功率 | 384 |
| 第 4 节  | 抽油机的类型               | 396 |
| 第 5 节  | 标准級抽油机               | 334 |
| 第 6 节  | 气动平衡的抽油机             | 401 |
| 第 7 节  | 無游梁的單獨傳动機構           | 403 |
| 第 8 节  | 深井泵裝置的計算及抽油机之選擇      | 406 |
| 第 9 节  | 由一个动力机帶動几个深井泵的機構     | 410 |
| 第 10 节 | 傳动搖架                 | 412 |
| 第 11 节 | 地面拉桿及其支柱             | 414 |
| 第 12 节 | 地面运动系統中的輔助設備         | 419 |
| 第 13 节 | 曲柄傳动機構               | 423 |
| 第 14 节 | 曲柄联动裝置的平衡            | 426 |
| 第 15 节 | 中心組合傳动               | 432 |
| 第 16 节 | 組合傳动機構的平衡及它們的裝置地点    | 437 |
| 第 17 节 | 深井泵裝置的發动机            | 442 |
| 第 18 节 | 深井泵裝置的管理             | 446 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第十八章 無桿深井泵 .....             | 454 |
| 第 1 节 無桿泵的应用条件 .....         | 454 |
| 第 2 节 水力活塞泵 .....            | 455 |
| 第 3 节 水力泵的基本工作参数之确定 .....    | 461 |
| 第 4 节 沉沒式电动离心泵 .....         | 435 |
| 第 5 节 沉沒式离心泵的工作 .....        | 471 |
| 第 6 节 渦輪泵 .....              | 477 |
| 第 7 节 泵与气举的联合 .....          | 479 |
| 第十九章 强化石油及天然气流向井底的方法 .....   | 481 |
| 第 1 节 油井的鹽酸处理 .....          | 481 |
| 第 2 节 用鹽酸处理井时所用的药剂 .....     | 486 |
| 第 3 节 鹽酸处理井的实际工作 .....       | 491 |
| 第 4 节 酸处理井时的工作組織 .....       | 416 |
| 第 5 节 油井的热化学处理 .....         | 498 |
| 第 6 节 井底爆炸法 .....            | 5 1 |
| 第二十章 井下修理 .....              | 512 |
| 第 1 节 井下修井工作的内容与組織 .....     | 512 |
| 第 2 节 油井的起昇裝置 .....          | 514 |
| 第 3 节 起下油管与抽油桿用的設備和工具 .....  | 519 |
| 第 4 节 井下修理时的起下操作 .....       | 525 |
| 第 5 节 抽油井井下修理的特点 .....       | 533 |
| 第 6 节 防砂 .....               | 538 |
| 第 7 节 砂堵的清除 .....            | 540 |
| 第 8 节 冲洗砂堵 .....             | 545 |
| 第 9 节 冲洗砂堵的水力計算 .....        | 553 |
| 第 10 节 在吸收性地層中冲洗砂堵 .....     | 560 |
| 第 11 节 和油井中石蜡及鹽类的沉积作斗争 ..... | 562 |
| 第 12 节 油井大修理 .....           | 533 |
| 第 13 节 油井报废 .....            | 571 |

## 第十二章 压缩机采油法

### 第 1 节 概 論

当油井以最适宜的方式开采时，如果进入井中的地層能量减少到不能保证把相应数量的液体举上地面，为了使液体上昇就必须要从外面增加能量以补充地層能量的不足。

压缩机采油法是人为的延長自噴采油的方法。在利用压缩机采油时，由地面上把压缩机压缩后的空气或天然气导入出油管管鞋处，以加强来自油層的气体。如果压入井内的是压缩空气，则此种举升液体的装置称之为空气气举。如果是压缩后的天然气，则称之为天然气气举。假如油井在开采的初期，由地層进入的能量就不足以將相应数量的液体举上地面，则此时就有可能应用空气气举。

根据工程师 B. Г. 舒霍夫的建議，于 1897 年在巴庫矿場上第一次成功地应用了压缩空气来从井内取得石油。这里的情况对空气气举非常合适，所以这种开采法取得了良好的效果，并有力地说明了这是一种基本的采油方法。目前，在苏联，凡是井的条件适合于空气气举或天然气气举采油方法的采油区里，都在运用这种采油方法。而从 1924—1925 年起压缩机采油法才在美国矿場上开始应用。

压缩机采油法的特点是：当油管沉沒到动液面以下很深时，能得到很高的产量和效率。因此，在那些允許大量排油和有足够高的工作的动液柱的油井里，可以成功地应用压缩机采油法。

当不断地把被压缩的工作剂挤入上昇管时，液体亦相应地不断上昇，这就是所谓的連續气举法，除了此种气举法以外，还应用定期压入工作剂的間歇气举法，这种方法应用于开采井底压力低、产量較小的油井。

这样，压缩机采油法，广义地说，可适合于各种不同的举油条件的油井。对此还应当补充一点，此法所需的设备沒有摩擦的部分，故能有效地应用于原油含砂的油井里。

但是尽管有这些优点，压缩机采油法由于效率一般較低，并在严冬时，向油井供应工作剂不方便，所以与深井泵采油法相比較，其应用范围仍然是有限的。

## 第 2 节 气举系統及其特征

为了要用压缩气体举出井里的液体，必須要有兩条通路：一条通路是用以供給工作剂的(天然气或空气)，另一条是用以將液体举升到地面上的。

气举系統和型式，是各种各样的，它取决于放入井內的管子的層数、及其相互的位置、工作剂和油气混合物运动的方向。

1. 波列系統 此系統是在矿場得到广泛应用的最原始的系統之一。圖182示出管子的位置以及空气和混合物在其中运动的方向。从圖中可看出，在用此系統时，在井內平行的放下兩根管子，其中一根管子把工作剂引至管鞋处，另一根管子用作上昇管。

为了启动油井，必須把空气引到管鞋处；若在启动前油井是关闭的，液体处于靜液面的位置，且充滿了上昇管与空气管內的相应部分，那末，为了將空气引到上昇管管鞋处，

就必须用空气将液面从空气管内压到上昇管管鞋处。被排挤的液体进入到井内和上昇管内，并升高了其中的液面，这样就引起管鞋处空气压力的加大。

压入的空气刚抵达管鞋处时的压力，称为启动压力。在波列气举系统中，从空气管内必须压出的液体体积较小，而除去空气管的横断面积以外的油井的横断面积，是比较大的，故井在启动时，其中液面的上昇，是不大的，因之，启动压力也是不高的。启动压力较低是波列气举系统的优点。

但此系统也有缺点。在起下管子时，必须同时操作在下部严密地联结在一起的兩根管子，这使得工作额外地复杂化。由于兩根管子平行排列，并眼的利用是不合理的。在现代結構的井中，只能放下尺寸很小的管子。

因为有这些缺点，波列系统在石油工业中未能获得广泛的应用。现在，已经完全不采用它了。

在从不深的井里和水井里汲取水的时候，此系统得到了较广泛的应用。

2. 薩翁捷尔斯系统  
圖 183 所示的是薩翁捷尔斯系统的两种方案(a 为兩層管方案，б 为一層管方案)。

在兩層管方案时，放

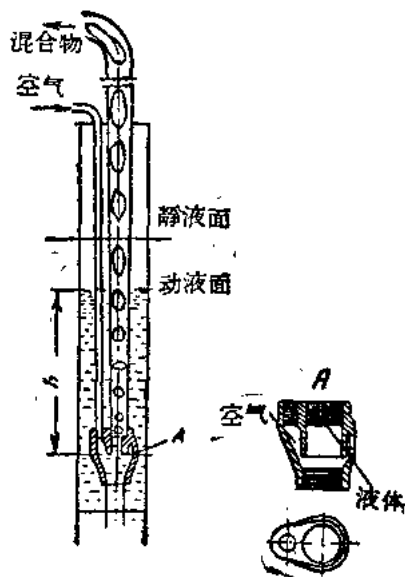


圖 182 波列气举系统

入井中的兩層管子成同心圓排列。管間的環形空間，在井口予以密封。为了更好地將砂子帶出，通常，外面的一層管子一直下到襯管附近，這一層管子稱之為空氣管。里面一層管子，稱之為上昇管。壓縮空氣或天然氣，則從地面壓入到管柱間的環形空間里。

地層中的液體經過襯管流到井里，然後在空氣管里上升，到達上升管管鞋時，就在那里被空氣或天然氣帶着而升到地面。

若管外空間(套管與空氣管之間)的壓力，保持一個大氣壓，則在沒有自由氣的情況下，此空間內的液面，就穩定於動液面的位置，而從此液面至上昇管管鞋的距離即為上升管的沉沒深度。

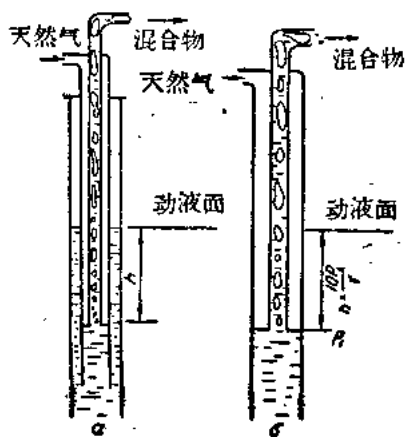


圖 183 薩翁捷斯氣舉系統的兩層管和一層管方案

當有由地層進入井底的自由氣時，則存在於管外空間的是油氣混合液柱；當井底壓力相同時，其液面高於無自由氣時的液面，此液面的高度決定於液體的混氣程度。在這種情形下，若以液柱的公尺數來表示井底壓力，則可得出假想的動液柱和動液面。同樣，氣舉管管鞋處的壓力，如以液柱

的公尺數表示時，也可以得出氣舉管在液面下面之假想沉沒

深度。

在一層管方案时，放到井中的为一層管子，此即为上昇管，井的油層套管即为空气管。压缩的工作剂，压入油層套管与上昇管之間的环形空間。

从一層气举管的草圖上，可以看出：井中的实际液面是在上昇管管鞋处。上昇管本身，为混合物所充滿，而环形空間則为工作剂所充滿，因而在井里实际的动液面是不存在的；但如果我們用上昇液体的液柱公尺数表示管鞋处的压力，并且將此液柱从管鞋处向上延長，則可以得到假想的液体动液面。

薩翁捷尔斯系統的兩層管方案，具有下列优点：

(1) 与波列系統比較起来，起下管子要簡單得多，因为不是兩層管子同时操作，而是依次地进行。

(2) 比起一層管子的方案来，启动压力要低些，因为在启动时，只需將上昇管与空气管之間的液体压出去。

(3) 管長相等时，井底砂粒的帶出較一層气举管时要好些，因为在兩層气举管时，液体从井底到上昇管管鞋的运动是在比井的断面要小一些的空气管的内部进行的，这就是說，此时，油井下部的液体的上昇速度与一層气举管时相比較，是較高的。

(4) 油井工作时，由于注入空气的环形空間較小，所以比起一層气举管来，其激动現象是較少的。这样，便提高了气举的效率和減少了形成砂塔的可能性。

但是除了这些优点之外，兩層气举管还有非常严重的缺点，以致其使用范围一天天地縮小。其缺点为井眼使用不合理。由于这个原因，在空气管通常为 4 吋，而上昇管最大为

2 1/2 吋的現代結構的井中，氣舉管尺寸的大小不可能廣泛的變更；這樣，所有的井，不管其生產能力如何，一概裝置小尺寸的氣舉管（因之，其工作能力也就小），有時候，就使井的生產能力不能充分利用。另外與一層氣舉管比較起來，它又多了一層直徑相當大的 4 吋的空氣管，故以一層氣舉管裝配井要便宜得多。

單層氣舉管的優點是：

(1) 上昇管尺寸的变化範圍可相當大，這就可以按照油井的生產能力來選擇氣舉管的尺寸；

(2) 因為沒有多餘的空氣管，油井的設備較兩層氣舉管為便宜。

但是，單層管有如下的缺點：

(1) 啓動壓力高。因為環形空間的橫斷面積與上昇管的橫斷面積的比值較大，所以將液體從環形空間內排出時，上昇管內液體的上昇是顯著的。

(2) 若油管沒有下到襯管處，則從井內帶出砂粒的條件變壞了。

(3) 當井在工作時，由於環形空間的體積較大，所以常發生激動現象。

單層氣舉管的所有缺點，都能採取適當措施加以消除，這些措施，以後將要研究到。

目前，在礦場上薩翁捷爾斯系統的第三種方案，即所謂一層半氣舉管方案（如圖 184 所示）也有了某種程度的推廣。此種方案的外空氣管柱分兩節：下面部份的直徑較小，而上部的直徑較大。上昇管下在空氣管的上部中，並大約到空氣管的大小接頭處。一層半氣舉管基本上具有兩層氣舉管的優

点和缺点。此种气举管較兩層气举管方案要便宜，重量也較輕，因为一部份大直徑的管子为小直徑的管子所代替。但另一方面，在用一層半气举管时，就不可能以再往下放上昇管的办法，来增加上昇管的沉沒度，而这在兩層气举管时是可能的。若上昇管管鞋靠近大小接头处，为了增加沉沒深度，就必须上提空气管，并相应地移动空气管上大小头的位置。

当开采有砂的油井时，此种气举結構較之單層气举管优越一些。

由于第二層空气管的存在，这就有可能在管外空間注入液体，从而可以从井底帶上已下沉的砂子，或者压毁在管内形成的砂堵。

根据 T.A. 巴巴良的建議，在空气管的座子上自由地吊着一个尾管(空气管的大小要能足够放下帶有接箍的尾管)，这就可以有效地把砂子所卡住的尾管解脫出来。

圖 185 为清洗和解除尾管被卡的草圖，圖 a 表示空气管已經脫开砂子，圖 b 表示在空气管内尾管以上处已有砂堵；在这种情况下，必須預先冲洗空气管中的砂堵。

因为可能比較容易地解除尾管的砂卡，所以可以不把尾管放至襯管上部孔的地方，而放到更低一些的地方，这样能阻碍砂子在油層套管的射孔部分下沉。

薩翁捷尔斯系統在巴庫石油矿場上获得了广泛的采用。

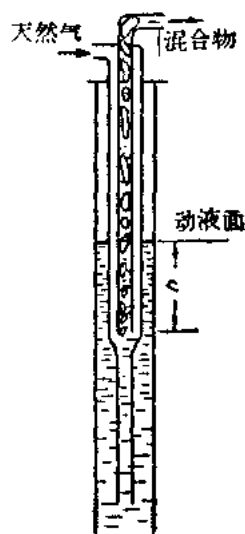


圖 185 薩翁捷尔斯系統的一層半气举管方案

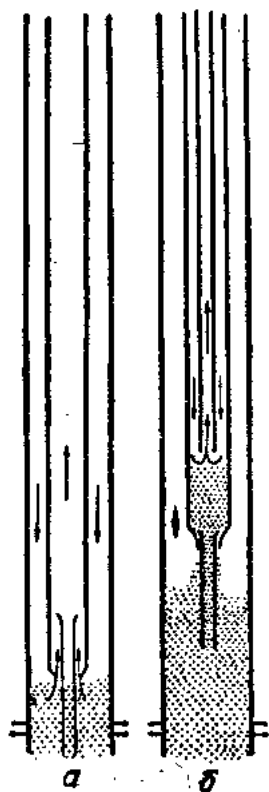


圖 185 一層半氣舉時的  
尾管沖洗草圖



圖 186 中心氣舉系統

3. 中心系統 此系統（見圖 186）通常是放下一層管子；工作劑即從該管內壓入，液体和天然氣，或液体和空氣的混合物，則由這層管子和套管之間的環形空間上舉至地面。

此系統和薩翁捷爾斯系統的一層管方案一樣，不可能看到井中的動液面。

中心系統具有以下優點：

（1）啓動壓力低，因為上昇管截面積（當油井啓動時，液体即從此上昇管中被排擠出去）與環形空間的截面積之比

值小:

(2) 井眼利用得最合理。

应当指出, 此系統的缺点为混合物运动發生在环形空間內, 其中有突出来的联接接箍(內層管上的), 故当油流中含有砂子时, 这些接箍可能受到侵蚀, 其結果可能使油管柱断裂。

除了上面所列举的几种主要气举系統外, 还有別种方案, 但在工業上都未获得广泛的应用。所以我們就不准备去講它們。

將所探討过的諸系統加以对比后, 可得出以下的結論: 当消除了一層气举管的缺点时(这些缺点并非是本質的, 而是能采取适当措施加以消除的), 应当認為薩翁捷爾斯一層管气举系統是最为完善的。以后, 我們將把此系統認為是主要的系統。

在某些罕見的情況下, 为了举昇液体, 要求大直徑的油管, 而按照薩翁捷爾斯系統, 此种直徑的油管在一定口徑的油井中是不可能或者是很难實現的。这时, 最合适的系統, 应当是中心气举系統(一層管的)。

### 第 3 节 壓縮气举管的計算

壓縮气举管的生产率和在气举管中所消耗的能量利用效率, 是取决于气举管在其中工作的油井的情况, 取决于气举管的大小——直徑和長度, 最后, 取决于气举管的工作方式。

在用壓縮机开采时, 为了使液体上升, 就必须消耗外来的能量。因此, 就應該創造使举昇液体所消耗的能量为最小

的气举工作条件。

在气举管的生产率方面，應該保証举出預計的或者容許的油井的排量。

这样，对压缩气举所应提出的要求，可归纳如下：

- (1) 以最大的效率举升液体；
- (2) 保証得到最适宜的液体产量。

必須予以确定的气举管尺寸是气举管的直径和长度。

此时，井的深度及其直径、液体和气体的产量和与此相应的井底压力、以及液体的比重、气体的溶解度，都是主要的原始数据。

在地質和技术条件对液体排出量未加限制的情况下，液体的产量和其相应的井底压力应以气举管技术上的可能性（在气举管尺寸方面以及在允許的气体比流量方面）来确定之。

因而，在解决关于气举管尺寸的問題时，油井的工作情况可有二种：液体排量是有限制的，以及液体排量按照地質或其他原因是沒有限制的。对每一种情况的解决办法，是不同的。因此，我們要分析在这两种情况下，应如何来确定压缩机气举管的尺寸。

### 液体排量有限制时

在此种情况下，井底必須保持一定的回压；此回压的大小，根据試井的結果，應該是已知的。

最終的井底压力，决定于井中的一定的液柱高度。气举管放在液面下不同的深度，我們便得到各种不同的相对沉沒度。