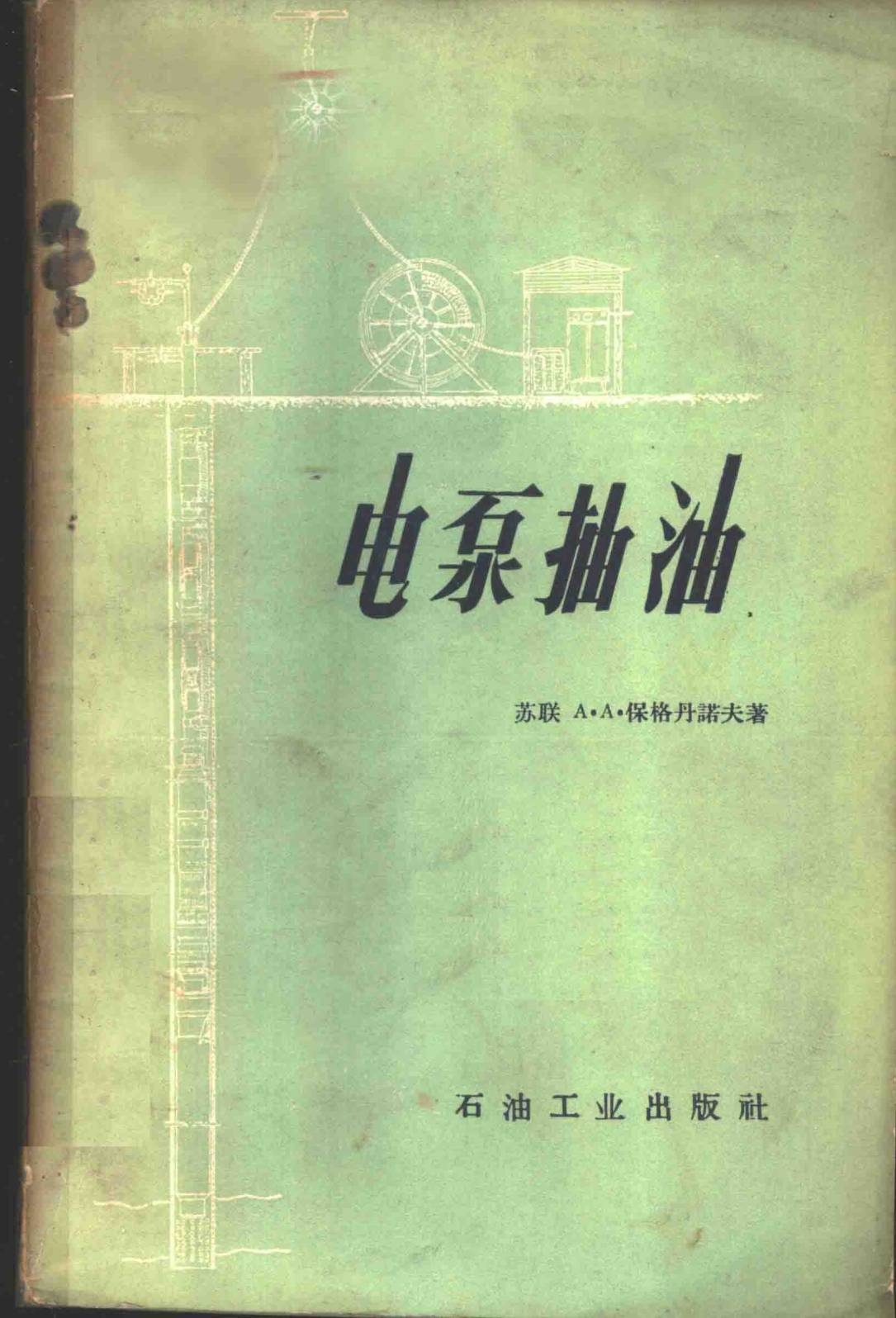


A technical line drawing on a green background depicting an electric oil pump system. The system includes a large flywheel connected to a motor, a long vertical shaft with a series of gears or pistons, and a horizontal pipe leading to a wellhead. A small building is also visible. The title '电泵抽油' is prominently displayed in the center.

电泵抽油

苏联 A·A·保格丹諾夫著

石油工业出版社

电 泵 抽 油

苏联A·A·保格丹諾夫著

刘 永 山等译

石 油 工 业 出 版 社

內 容 提 要

在深井中，用抽油机、深井泵这一套设备抽油很困难，甚至是不可能的。因此，近些年来电泵抽油技术逐渐得到发展，並且臻完善。

电泵抽油的主要设备是电泵。它是由多级离心泵、保护器和沉浸式电动机组成。整个机组和供电的电缆是用油管下到井中。电泵抽油的地面设备主要是控制台，利用控制台对电泵的运转进行手动控制或自动控制。

本书对电泵抽油用的这些设备作了详细介绍；同时还详细地介绍了根据油井具体情况选择这些设备的方法，以及苏联在电泵抽油方面所取得的经验。

本书供采油技师、技术员、工程师以及有关院校师生参考。

本书引言、第一章和第二章由沈家骥、胡泽明等译出；第三章和第四章由刘永山译出。

А.А. БОГДАНОВ

ПОГРУЖНЫЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ

ЭЛЕКТРОНАСОСЫ

根据苏联国立石油燃料科技书籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1957年莫斯科版翻译

统一书号：15037·884

电 泵 抽 油

刘 永 山等译

*

石油工业出版社出版（地址：北京六部局石油工业部内）

北京市书刊出版业营业许可出字第0032号

石油工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 印张5 $\frac{1}{4}$ * 129千字 * 印1—2,500册

1960年5月北京第1版第1次印刷

定价(0)0.91元

目 录

引言	1
第一章 沉沒式無杆电动离心泵	3
电泵裝置	3
电动机	5
保护器	9
沉沒式多級离心泵	12
控制台	20
自耦变压器	29
定子繞組	30
轉子	37
泵的油封	39
第二章 沉沒式电动离心泵抽油的附屬設備和工具	42
电纜滾筒	4 ³
导向滑輪	45
支座	46
掛垫	48
吊卡式卡环	49
充稀油用的注油泵	49
充稠油用的注油泵	52
电力熔接器	57
固定金屬帶用的平口鉗	61
單流凡尔	62
下落凡尔	64
活动實驗室	65
斗蓬式帳幕	65
鉸鏈鉗子	68

第三章 沉沒式电动离心泵的选择	70
沉沒式电动离心泵的应用	70
油井的选择和准备	73
油井的条件特性曲线	75
油井和电泵的 $Q-H$ 特性曲线的对比	79
用油阻限制电泵的排量	81
用改变泵的級数調整其参数	83
油管直径的选择	85
确定必需的沉沒式电泵压头	87
沉沒式电泵的选择	90
电动机的选择	93
电缆的选择	94
自耦变压器的选择	96
用諾模圖选择沉沒式电动离心泵	98
第四章 沉沒式电泵的安裝与使用	109
設备在井場上的安裝	109
电缆引綫的安裝	114
电缆的连接	123
設备的調整	130
沉沒式电泵的使用和維護	137
間歇采油	140
高油气比油井的开采	142
用沉沒式电泵疏導注水井	150
用沉沒式电泵确定油井产油率	156
加压泵	163

引 言

依据地層能量大小，用三种方法开采油井：自噴法、气举法及抽油法。自噴法采油是最簡單且最便宜的采油方法。

目前用自噴法采油的井約佔全部出油井的11%；用气举法采油的約佔4%；而85%的油井用抽油法采油。

有杆深井泵裝置包括泵，油管，抽油杆（帶动泵的柱塞）和抽油机（帶有电动机、減速器、变旋轉运动为往复运动的机构及游梁）。

有杆深井泵下到井內液面以下一定深度。泵的驅動裝置安裝在地面井口旁边。柱塞靠抽油杆帶动，抽油杆是旋接在一起下到抽油管內的。

当电动机作旋轉运动时，抽油机游梁借助曲柄連杆作往复运动。它的摆动次数每分鐘为5到18之間。

泵的生产率取决于摆动頻率（即泵柱塞的冲程次数）、柱塞冲程長度及其直徑。

尽管有杆深井泵結構相当簡單，并且在石油工業中应用广泛，但它有許多缺点。

在很深的井中，抽油杆受着大的交变載荷，在这种載荷作用下，它常常断裂和脫扣，造成事故。有杆泵的下泵深度及排量有限。在深1500米以上的井中，这种泵的排量很难达到50吨/日；而在超过2000米的深井中，用这种方法来抽取液体在目前則是不可能的。

近来广泛發展鑽深井（4000~5000米及更深）。近代鑽井設備不但可打很深的井，而且可鑽斜井。

此外，为了加速鑽井及節約鋼材，小眼井（直徑5 $\frac{1}{4}$ 吋及更

小的)也在逐漸增加。因此，對於采油設備提出了新的更嚴格的要求。

由於有杆泵的壓頭不大，排量小，免修期比較短，以及斷抽油杆會出事故等等，它的使用受到了限制。所以，發明家及設計師早就想以更可靠的設備來代替有杆泵。

近年來提出了數十種關於采油泵的建議及設計。這些設計大多數是一些無杆泵的結構，發動機直接與泵相連，下到井內液面以下一定的深度。

最值得注意的是沉沒式電動離心泵，它是石油機械設計院深水电机局石油工業組在1940年設計創造的。但在蘇聯工業中，使用沉沒式無杆電泵，是在1952年才開始的。目前在巴什基里，韃靼、阿塞拜疆、哈薩克斯坦各油礦，已用這種泵采油和進行注水井的試油工作。

雖然沉沒式無杆電泵開始應用還不久，但蘇聯在1956年用它們采得的石油，卻佔全部用機械采出的油量的15%。

沉沒式電泵不需要基墩或任何井場附加建築。這種裝置的地面設備包括：井口設備、自動控制台、自耦變壓器及電纜滾筒。

井口設備有圓盤、壓力表及閘門。圓盤的作用是密封井口，封住電纜和吊掛油管。電纜是穿過圓盤上的孔眼下到井中的。

沉沒式電泵的特點是管理簡單，免修期相對地較長。泵工作的持續時間（從下泵到為了檢修而起泵的一段時間）在許多井中已達到15~20個月以上。進一步改進泵的結構，並改善其使用技術，還可以延長免修期。

用沉沒式無杆電泵可自任意深度的井內抽取大量液體。泵的排量最大可達1000~2000米³/日，小則可小到40~20米³/日，而壓頭則可從數米到兩、三千米以上。

用電泵采油時裝置的控制是自動的。在裝置中設有自動關井設備，按照規定的圖表定時開井的設備等等。

第一章 沉沒式無杆电动离心泵

电 泵 装 置

沉沒式無杆电泵用于开采油井，可用于强力抽取高产井及水淹井中的液体，以及用于开采深井、超深井及斜井。

沉沒式無杆电泵装置包括：沉沒机組(电泵)，它由抽油管下入井內；特殊电纜，用来供給發动机电能；及自动控制台(圖1)。

电泵是一个机組，包括特殊电动机、保护器及多級离心泵。

电动机、保护器及泵彼此用法蘭联結。电动机軸与泵軸通过保护器軸用花鍵联軸节联結起来。电动机在下边，上边是保护器，再上边是泵。

圖2为沉沒式电动离心泵总成。

电泵用油管下入井內。在井中無須將机組專門固紧。

电动机由三芯电纜供給电能。电纜为繞性鎧裝的，不怕石油侵蝕，断面为16.25或35毫米²。每根芯子包括七根旋繞的銅絲，由厚1.6毫米的电介質橡膠絕緣。絕了緣的并旋繞在一起的芯子，包在一个总的納特橡膠軟管(耐石油橡膠)中。軟管表面包以耐油漆布，并纏卷浸透防腐剂的密度为95~100%的棉紗。漆布及棉紗外面为鍍鋅鋼制柔性繞帶鎧甲(圖3)。断面为3×16毫米²的圓形三芯电纜，其直徑为29.3毫米；断面为3×25毫米²的电纜，其直徑为34.7毫米。圓形电纜的断面根据沉沒式电动机的类型及其下入井中的深度来选择。

为了减小机組直徑，在保护器及泵的那一段使用扁电纜，它也是柔性繞帶鎧裝的。扁电纜末端焊在密封的电纜輸入端插銷接头上。

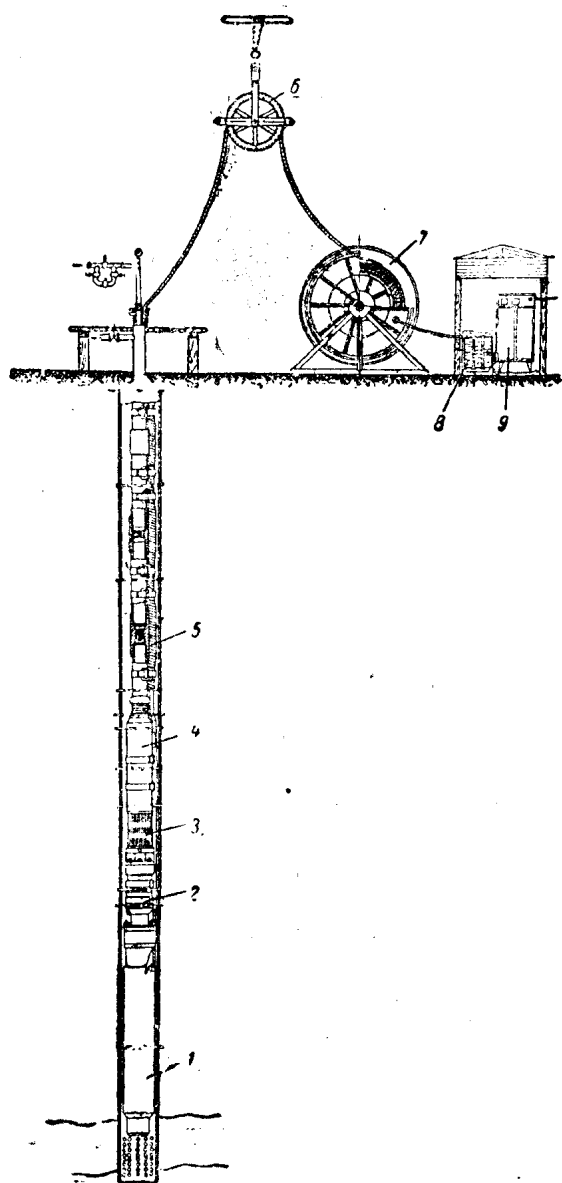


圖 1 沉沒式無杆電泵裝置示意圖

1—電動機；2—保護器；3—泵的濾網；4—泵；5—特殊電纜；6—定向輪；7—滾筒；8—自耦變壓器；9—自動控制櫃。

扁電纜也是三芯的，斷面為 10、16 或 25 毫米²。扁電纜的每一個芯子，緊緊地包上一層耐熱的絕緣橡膠（厚 1.2 毫米）。絕緣外面包着納特橡膠。絕緣芯子放在納特橡膠壳中，外包漆布。三根絕緣芯子在一平面內，外包耐油漆布并繞以浸透防腐劑的、密度為 95~100% 的棉紗。

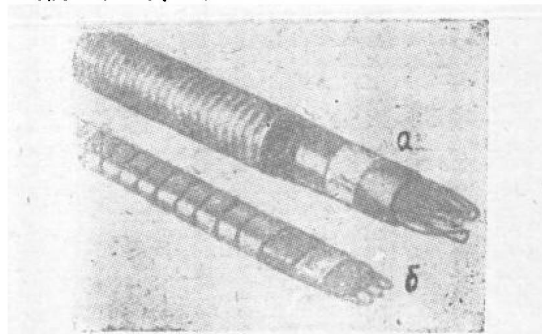


圖 3 柔性繞帶鎧裝電纜

a—圓形電纜；b—扁形電纜。

在棉紗外面是柔性繞帶鎧甲。扁電纜的尺寸如下：斷面 10 毫米²者為 29.4×12.2 毫米，斷面 16 毫米²者，為 32.2×13.1 毫米，斷面 25 毫米²者為 35.6×14.2 毫米。

當往井中下機組時，用特殊防護筋（焊在泵壳上）及漏斗狀鋼壳保護扁電纜，以防止損壞。

圓形電纜用特殊金屬帶固定到油管上。金屬帶焊在接头上下各約 10 厘米的地方。

電 動 機

沉沒式离心泵的異步電動機，在結構上與普

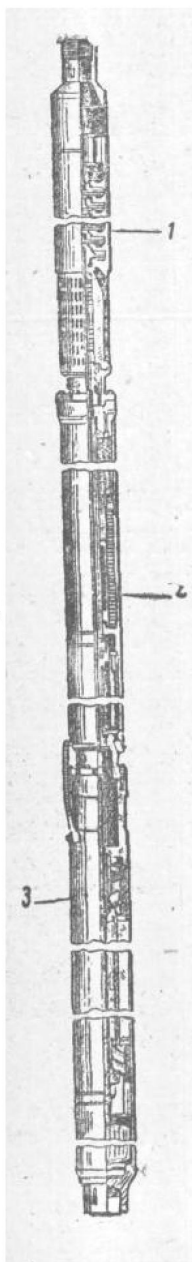


圖 2 沉沒式電泵

1—多級离心泵；2—保護器；3—電動機。

通的交流电动机不同。

因为电动机要下在 6 吋和 5 吋的套管中，所以它的直径应当等于 123~103 毫米。在这种情况下，电动机的长度决定于它的功率。功率 45 仟瓦的电动机，当外径为 135 毫米时，不计算保护器的长度为 5.3 米。功率 35 仟瓦、外径 123 毫米的电动机长 5.5 米，而功率 46 仟瓦者长约 6.7 米。

沉没式泵的电动机制成快速的，即具有同步转速 3000 转/分（当频率为 50 赫芝的）。

因为电动泵直接在井中工作，并处在高静水压力之下，所以它的电动机是密封的。为了避免地层液体从井中浸入电动机内部，电动机内充以稀的润滑油。润滑油有保护器的作用并处在略高于井中液体静水压力之下，因此，只要电动机内部压力高于周围压力，只要保护器还有效，外界液体（石油、地层水）就不可能浸入电动机内。

在电动机中，为了减少因快速旋转转子在油中摩擦引起的机械损失，使用具有高电介质强度的低粘度润滑油。

蒸馏恩姆巴依石油所获得的窄的馏份，或把商品变压器油在沸点为 275~358°C 的蒸馏所得的产品（为原变压器油量的 50%），就是这种润滑油。这种油的恩氏条件粘度，在温度 20°C 时为 $BY=2.4$ ，在温度为 50° 时为 $BY=1.5$ 。如果没有这种专门的低粘度润滑油，则电动机可充以清洁的经过干燥的变压器油，其电介质强度不得低于 30 仟伏。

此外，为了减少转子在油中摩擦的机械损失，建议将转子制成带封闭槽的，而转子的各分段（节）外圆加以磨光。

图 4 为电动机的结构。

转子与定子相似，由数分段组成。转子分段的长度与定子有效节长度相适应。在电动机轴上，在转子分段之间装着滑动或滚动轴承。在安装转子及定子时轴承放在无磁性的衬垫内。

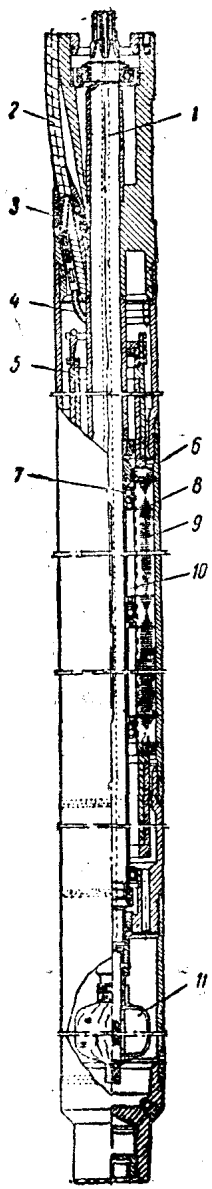


圖 4 电动机

1—軸；2—扁電纜；3—插銷接头；4—定子繞組的輸出端；5—定子繞組；6—定子外壳；7—中間軸承；8—定子的無磁性襯墊；9—定子的有效襯墊；10—電動機的轉子；11—濾器。

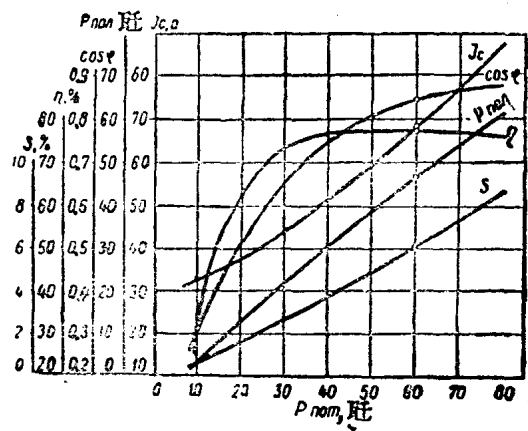


圖 5 ПЭД-46 型电动机工作特性

工厂試驗数据： $P_{\text{ном}}=46.5$ 瓩， $U_c=600$ 伏， $f=50$ 赫芝， $I_c=68.3$ 安， $P_{\text{пот}}=60.02$ 瓩， $\cos \varphi=0.860$ ， $\eta=77.5\%$ ， $S=6.05\%$ ， $n=2820$ 轉/分， $M_H=16.1$ 公斤·米。

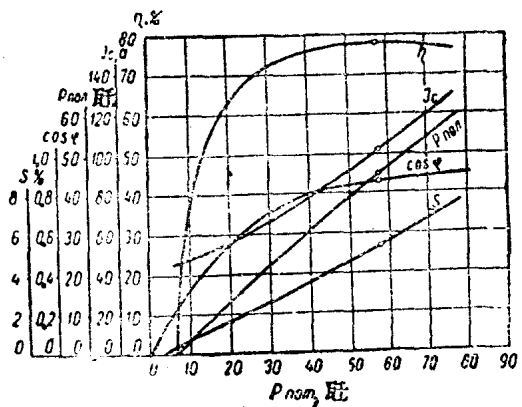


圖 6 ПЭД-45 型电动机工作特性

工厂試驗数据： $P_{\text{ном}}=45$ 瓩， $U_c=380$ 伏， $f=50$ 赫芝， $I_c=103$ 安， $P_{\text{пот}}=58.21$ 瓩， $\cos \varphi=0.860$ ， $\eta=77.3\%$ ， $S=5.42\%$ ， $n=2838$ 轉/分， $M_H=15.5$ 公斤·米。

定子的繞阻在所有各段上是相同的，由耐油耐熱絕緣導線制成。轉子分段有獨立的繞阻。電動機軸作成空心的，以便循環稀油；在定子中有槽，也是為了這個目的。循環油通過轉子軸孔、定子槽及電動機下部的濾器，在濾器中使機械雜質沉淀。

在電動機上部有沉淀器，防止污油或潮氣通過保護器侵入電動機中。

定子繞阻的輸出端，利用電纜輸入端的特殊密封插銷接頭與電纜相聯。

目前礦上所用電動機的基本數據列在表 1 中。

電動機基本參數

表 1

指 標	電 動 機				
	ПЭД-46	ПЭД-45	ПЭД-35	ПЭД-28	ПЭД-17
外徑，毫米	123	135	123	119	119
功率，仟瓦	46.5	45	35	28	17
電壓，伏	600	380	465	430	400
額定電流，安	70	109	70	60.5	43
電流頻率，赫芝	50	50	50	50	50
每分鐘轉數，轉/分	2800	2830	2850	2800	2850
效率，%	76	76	75	74	73.5
功率因數	0.845	0.842	0.810	0.843	0.780
額定轉矩，公斤·米	16.2	15.4	12.0	9.75	5.8
周圍介質溫度，°C	90	95	70	70	70
電動機不帶保護器的長度，毫米	6744	5325	5477	5920	4843
電動機帶保護器的長度，毫米	8596	6915	7329	7772	6695
電動機不帶保護器的重量，公斤	540	450	385	360	350
電動機帶保護器的重量，公斤	608	535	453	428	418

圖 5、6、7、8 及 9 表示 ПЭД-46、ПЭД-45、ПЭД-35、ПЭД-28 及 ПЭД-17 各型電動機的轉子滑動量 S 、功率因數 $\cos \varphi$ 、有效功率 $P_{\text{пол}}$ 、工作電流 I_c 及效率 η 與需用功率 $P_{\text{пот}}$ 的關係。

除了上述 ПЭД-46、ПЭД-45、ПЭД-35、ПЭД-28及 ПЭД-17 各型电动机之外，目前正在設計新結構的电动机：功率为10~12仟瓦的，用在5吋套管的井中；功率100仟瓦的，用于大排量电泵，这种泵大半用来抽取水淹井中的液体，以及进行注水井的試油工作。

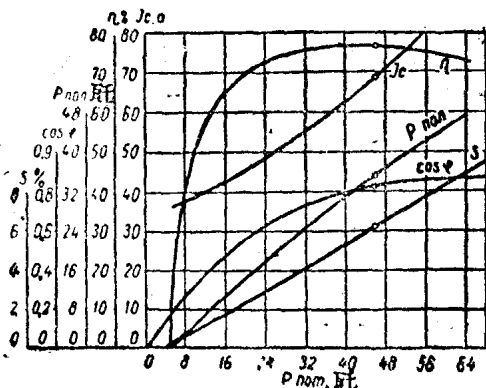


圖 7 ПЭД-35型电动机工作特性

工厂試驗数据: $P_{\text{пол}}=35$ 瓩; $U_c=465$ 伏;
 $f=50$ 赫芝; $I_c=68.8$ 安; $P_{\text{пот}}=45.78$ 瓩; $\cos \varphi=0.826$; $\eta=76.5\%$; $S=6.3\%$; $n=2811$ 轉/分;
 $M_H=12.15$ 公斤·米。

保护器

沉沒式电动机的

保护器，用来防止井中液体侵入机体中。它的主要作用有四：

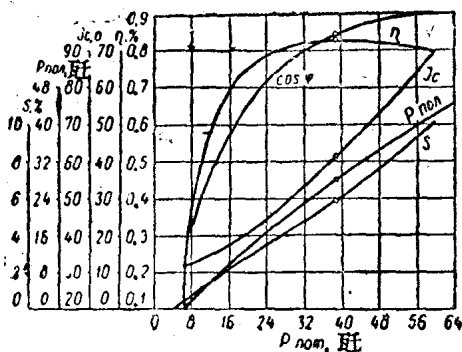


圖 8 ПУД-28 型电动机工作特性

工厂試驗数据: $P_{\text{пол}}=28$ 瓩; $U_c=430$ 伏;
 $f=50$ 赫芝; $I_c=61.3$ 安; $P_{\text{пот}}=38.57$ 瓩;
 $\cos \varphi=0.843$; $\eta=72.6\%$; $S=5.88\%$; $n=2825$ 轉/分; $M_H=9.65$ 公斤·米。

1) 保証潤滑止推軸承和减少通过泵油封处的油耗量;

2) 在电动机内部形成压力，超过井中周圍靜水压力0.2~2.0大气压;

3) 补偿电动机中的潤滑油漏失;

4) 当保护器中的油完全用完，泵油封磨損，或發生其他情况时，不讓井中液体进入电动

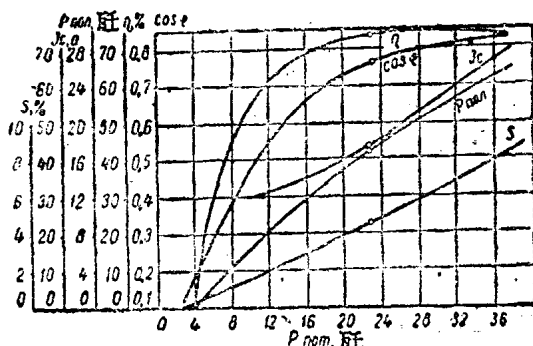


圖 9 ПЭД-17 型电动机工作特性

工厂試驗数据: $P_{\text{ном}}=17$ 瓩; $U_c=400$ 伏; $f=50$ 赫芝; $I_c=43.3$ 安;

$P_{\text{пот}}=22.97$ 瓩; $\cos \varphi=0.767$; $\eta=74\%$; $S=4.54\%$;

$n=2864$ 轉/分; $M_H=5.78$ 公斤·米。

机内部。

起到上述作用的方式如下:

1. 采用特殊稠油来减少通过泵油封的油耗。这种油的恩氏条件粘度为: 当溫度 150°C 时为 $BY=53$, 溫度 130°C 时为 $BY=90$, 溫度 100°C 时为 $BY=512$, 溫度 70°C 时为 $BY=1700$ 。

2. 傳給稠油以靜水压力, 并通过特殊活塞对保护器彈簧加压, 造成电动机內的油压超过周圍压力。

3. 保护器中有儲油器, 儲有稀的低粘度潤滑油。这种油在液力上与稠油相通, 而稠油經常处在彈簧及活塞的剩余压力之下。这样, 保护器中的潤滑油就能不断地补偿电动机中潤滑油的漏失。

4. 用迷宫、油封、密封、沉淀器等杜絕井內液体通过保护器(由于泵油封磨損、潤滑油流尽及其它原因)流入电动机腔內。

保护器为圓柱形, 直徑 $123\sim 103$ 毫米(圖 10)。

保护器外壳由鋼管制成。

在装好的机組中, 保护器位于电动机与泵之間。所以連接电

动机軸与泵軸的中間軸穿过保护器。保护器軸裝在两个軸承上。

如圖 10 所示，保护器由兩部分組成：上部(稠油室)及下部(稀油室)。

稠油室有帶彈簧的活塞。在活塞下面，在保护器壳上鑽有孔眼，通过它們將井中液体的靜水压力傳給活塞，并觀察活塞的狀況。这样就可以控制保护器中的油量。

通过回压閥 1 向保护器中注入稠油，直到活塞到达最下位置，碰到并壓縮彈簧为止。此时回油閥 8 的塞子应当擰到底，使潤滑油不致从保护器中流出。当保护器与泵裝在一起后將此塞子打开。在活塞彈簧压力作用下，稠油通过閥 8 进入泵的下室以潤滑双列徑向止推軸承(双联)，并在机組工作时通过泵的油封逐漸消耗。

在保护器中有 4 升的稠油，可供机組在井中正常工作 6 个月。

保护器下部(稀油室)有專門的帶管沉淀器及油封，防止稠油或其它液体进入电动机內。

由于电动机沒有外部(耗油的)油封，而防止潤滑油在壳体配合处的漏失比在油封处容易的多，所以电动机稀油耗量比稠油耗量少。因此稀油室的容积比稠油室的容积小。

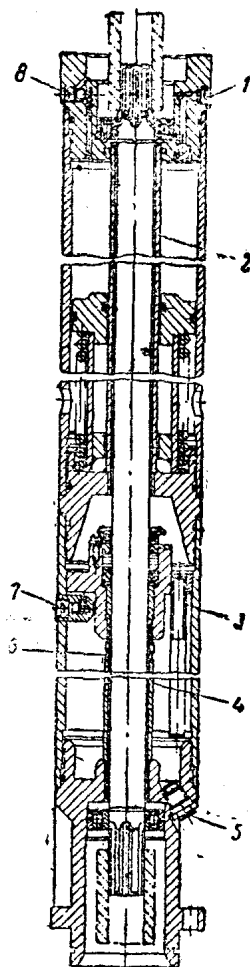


圖 10 电动机的保护器
1 和 5—回压閥；2 和 4—管子；3—沉淀器的管子；6—孔；7—塞子；8—回油閥。

稀油室以及电动机中剩余的压力，是由保护器弹簧造成的。在活塞剩余压力作用下稠油进入泵的下室，即双联轴承室。此外，稠油还通过轴与上管 2 的间隙及沉淀器管 3 进入保护器下室。

稀油自保护器下部通过管 4 上部的孔 6 进入电动机。于是，万一电动机中的稀油通过螺纹及法兰联结漏失时，保护器将以稠油逐渐填补液体室来补偿油的漏失。

稠油通过特殊管 3 充满下室。因为它较重，故沉在沉淀器底。稀油因为较轻，将永远在稠油上边，而充满电动机。在保护器下室中，两种油由于比重不同，成分不同，并且因为它们处于静止状态，所以不会混合。它们靠特殊管 4 与旋转轴隔绝。

通过回压阀 5 或电动机下阀向保护器下部注稀油。注油时撑开塞子 7，放出下室中的空气。

稠油室的密封是这样的：用橡皮圈封住保护器上部外管的螺纹联结，焊住接缝，并在活塞上装上橡皮环。

为了减少活塞橡皮环的磨损，保护器上部外管的内面及管 2 的外面抛光。抛光前对这些表面镀铬，以防与地层水接触时被腐蚀。

沉没式多级离心泵

沉没式多级离心泵装在小直径钢管中。泵的直径受井身套管尺寸的限制。

因为在泵侧要安置接电动机的电缆，所以泵的直径较电动机小些。目前油矿上所用的泵有直径为 92, 109, 114, 119 及 124 毫米的。

沉没式泵的長度决定于压头，即决定于级数。排量 160 米³/日的泵，压头为 800 米时長 5 米（在该泵轴上装着 150 个工作轮）；排量 250 米³/日的泵，压头 800 米时長 5.6 米；而排量为