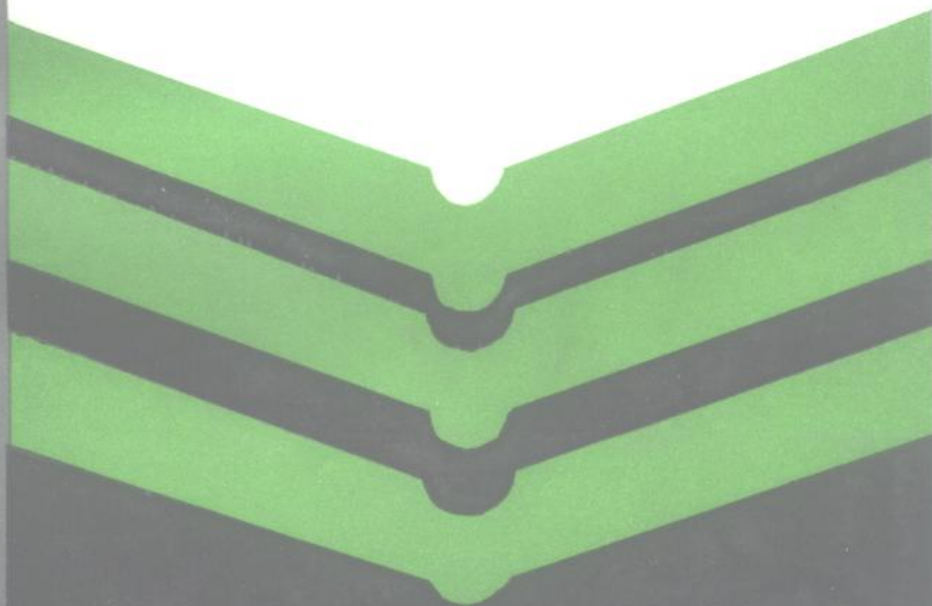


采
油
工
人
系
列
读
本

潜油电动离心泵采油

周吉弟 黄盛林 殷德政 编



石油工业出版社

060064

TE 355.5 / 001

采油工人系列读本

潜油电动离心泵采油

周吉弟 黄盛林 殷德政 编



200470551

石油工业出版社

0026/27
(京)新登字082号

内 容 提 要

本书围绕潜油电泵采油的工艺技术和生产管理,分六章论述了电泵采油方式的确定、潜油电动离心泵装置、电泵井的生产管理、施工作业、测压和生产动态分析等内容。全书以生产管理和实际操作为主,并相应介绍了有关的计算分析方法,可供采油、作业、测试岗位工人和采油厂基层技术干部参考使用。

采油工人系列读本

潜油电动离心泵采油

周吉弟 黄盛林 殷德政 编

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京顺义燕华印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 10⁵/8印张 1插页 230千字 印1—4,000

1992年6月北京第1版 1992年6月北京第1次印刷

ISBN7-5021-0697-9/TE·662

定价: 2.60 元

前 言

目前我国在油田开发中采用的开采方式主要有自喷采油和机械采油两种。自喷采油的特点是利用地层能量把原油举升到地面。但是，随着油田的不断开发，地层能量逐渐消耗，即使注水开发的油田，到开发中后期也会出现水淹和强水淹的现象，致使油井产量下降或停喷。因此，仅靠提高注水压力来维持油田的稳产是不行的。

当油田进入高含水开采阶段，稳产条件发生了很大的变化，稳产难度增加：一是老油井随着含水比的上升，原油产量递减明显加快；二是由于老油田开发区主力油层已大面积水淹，含水饱和度不断升高，含水比大幅度上升；三是由于高压注水，使油水井套管损坏速度明显加快；四是油层压力的普遍增高，在老开发区钻调整井比较困难。鉴于油田进入高含水开采阶段存在的问题，要实现原油的稳产、增产，必须逐步由自喷开采过渡到抽油开采。

抽油开采也叫做机械采油，它可分为有杆泵和无杆泵抽油两种。潜油电动离心泵采油就是目前油田上发展较快较新的无杆泵采油工艺技术。它的特点是不用通过抽油杆传递动力，而是把动力移到井下，用电机直接带动泵抽油，比较好地解决了采油技术对抽油设备提出的两个重要问题：一是增加井下泵的传动功率；二是扩大泵在不同开采条件下参数（排量和压头）的调节范围。电泵采油具有扬程高、排量大、使用寿命长、管理方便、效益明显等优点，因此在油田上得

到广泛应用。

从国外石油工业较发达的国家来看，机械采油井数在生产井中约占80%，而采出的原油产量占总产量的50%以上，我国抽油井的数量和产油量也在逐年增加，特别是电泵采油技术发展得更快，到1990年底，电泵井占总生产井数的8%，电泵采油占总采油量的20%。

为了使广大采油工人、井下作业工人、测试工人和采油厂基层技术干部尽快熟练掌握这一工艺技术，排除生产中出现的故障，我们收集整理了油田上大量的生产技术资料，参考了国内外潜油电泵采油技术的有关资料，编写出《潜油电动离心泵采油》一书。

书中主要介绍了电泵采油方式的确定、潜油电动离心泵装置的结构、工作原理，电泵井的生产管理、施工作业、测压及对电泵井的生产动态分析等工艺技术。

本书特请中国石油天然气总公司开发生产局采油工艺处高级工程师刘万赋同志审稿，在编写过程中还得到许多单位和广大采油、作业和测试工人的大力支持和帮助，在此一并表示衷心地感谢。

由于我们水平有限，书中难免出现一些问题，恳切希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

1991年7月

目 录

第一章 电泵采油方式的确定	(1)
第一节 概述	(1)
一、电泵采油的特点	(1)
二、电泵采油的时机与原则	(3)
第二节 电泵采油的选井	(4)
一、油井产能预测	(4)
二、选井条件	(21)
三、油井合理产量的确定与能量损耗	(23)
第三节 电泵机组的选择	(24)
一、选择依据	(24)
二、设计计算	(30)
三、分级选泵	(35)
第四节 电泵井采油的地面准备	(38)
一、电泵井油气集输流程	(39)
二、电泵井采油树装置	(47)
三、电泵井的电源	(50)
四、电泵井的投产	(51)
第五节 电泵井采油压力系统的调整	(52)
一、压力系统的确定界限	(52)
二、注采比的计算	(53)
三、压力系统的调整	(54)
第二章 潜油电动离心泵装置	(56)
第一节 多级离心泵	(56)
一、结构	(56)

二、工作原理	(60)
三、主要技术性能参数	(60)
四、性能参数的测定及特性曲线	(64)
五、能量损失	(69)
第二节 潜油电机	(72)
一、结构	(72)
二、工作原理	(77)
三、与普通电机的区别	(78)
四、电压变化对潜油电机的影响	(79)
五、频率变化对潜油电机的影响	(80)
第三节 保护器	(81)
一、保护器的作用	(81)
二、连通式保护器	(82)
三、沉淀式保护器	(88)
四、胶囊式保护器	(89)
第四节 油气分离器	(91)
一、沉降式油气分离器	(92)
二、旋转式油气分离器	(95)
三、油气分离器的选择	(97)
第五节 潜油电缆	(100)
一、潜油电缆的结构	(100)
二、潜油电缆的分类	(101)
三、对潜油电缆性能的要求	(102)
第六节 电泵井专用变压器	(103)
一、结构	(103)
二、工作原理	(104)
三、技术参数	(104)
第七节 控制屏	(111)
一、天津低压控制屏	(112)

二、天津高压控制屏	(114)
三、沈阳控制屏	(121)
四、BJ公司控制屏	(123)
五、圣垂公司控制屏	(127)
六、雷达公司控制屏	(130)
七、变频控制屏	(139)
第三章 电泵井的生产管理	(146)
第一节 电泵井地面管理	(146)
一、套管定压放气	(146)
二、调整工作制度	(150)
三、套管补充液量	(152)
四、间歇抽油	(152)
五、作业换泵	(154)
第二节 电泵井的保护措施	(155)
一、油层的保护	(155)
二、井身的保护	(155)
三、电泵装置的保护	(156)
四、生产过程中的维护	(158)
第三节 电泵井井下故障的分析与处理	(158)
一、投产时常见故障的处理	(159)
二、井下机组故障的分析与判断	(161)
三、生产中常见异常现象的处理	(164)
四、岗位及维修管理要求	(166)
第四节 电泵机组故障的地面检查及检修要求	(168)
一、电机故障的检查与拆检要求	(168)
二、保护器故障的检查与拆检要求	(171)
三、泵和分离器故障的检查与拆检要求	(173)
四、电缆的检查与修理	(175)
第四章 电泵井作业	(185)

第一节 电泵井压井作业	(185)
一、下电泵施工步骤	(185)
二、起电泵施工步骤	(201)
第二节 电泵井不压井作业	(202)
一、概述	(202)
二、不压井作业施工步骤	(203)
三、施工注意事项	(206)
第三节 电泵井分采作业	(207)
一、防顶卡瓦分采管柱	(207)
二、平衡式分采管柱	(212)
三、可钻封隔器插入式分采管柱	(215)
第四节 电泵井常用的封隔器	(219)
一、752-2型水力压缩式封隔器	(219)
二、DQ755-2型水力压缩式封隔器	(221)
三、DQ253-4型丢手封隔器	(223)
四、可钻式封隔器	(226)
第五节 电泵井堵水、配产工具	(228)
一、配产器	(228)
二、DQO654型滑套堵水器	(234)
三、分采配套井下工具	(237)
第六节 电泵井不压井作业井下配套工具	(257)
一、扶正器	(257)
二、不压井作业井下开关	(258)
三、井下开关捅杆	(260)
四、DQ253-4筛管	(262)
五、DQ253-4型打捞器	(263)
六、分采丢手接头	(264)
第五章 电泵井测压	(267)
第一节 井下监测装置测压	(267)

一、PHD装置	(267)
二、PSI装置	(269)
三、压力资料的整理	(271)
第二节 测压阀测压	(273)
一、I型测压阀	(273)
二、II型测压阀	(277)
第三节 液面测试及流压计算	(282)
一、回声仪的结构	(283)
二、回声仪的工作原理	(283)
三、回声仪的主要技术指标	(284)
四、液面深度的计算	(284)
五、双频道回声仪	(287)
六、用动液面计算流压	(290)
第六章 电泵井生产动态分析	(292)
第一节 电泵井应录取的资料	(292)
一、采油队应录取的资料	(292)
二、测试大队应录取的资料	(294)
三、资料的整理	(294)
第二节 电泵井的压力、产液量和含水分​​析	(298)
一、油井压力分析	(298)
二、油井产液分析	(300)
三、油井含水分​​析	(302)
第三节 电泵井的电流卡片分析	(303)
一、正常的电流卡片	(303)
二、典型电流卡片分析	(303)
第四节 电泵井的测压卡片及动液面曲线分析	(321)
一、测压卡片分析	(321)
二、动液面曲线分析	(322)
第五节 电泵井的憋压诊断	(323)

一、正常井的憋压曲线	(323)
二、漏失井的憋压曲线	(325)
三、泵轴断脱的憋压曲线	(326)

第一章 电泵采油方式的确定

第一节 概 述

对注水开发的油田，在开发过程中，随着原油含水比的不断上升，油井的产液量也不断上升，为了适应油田的这一变化，使油田能够继续保持稳产，必须转变采油方式。目前，油田普遍采用有杆泵采油，但这种采油方式对一些油层厚度大、出油能力强、产液量高的井已不能完全适应，而潜油电泵则具有排量大、扬程高的特点，它适应油田大液量开采的要求，因此潜油电泵采油在油田开发中已得到广泛应用。

一、电泵采油的特点

电泵采油与其它机械采油相比，有排量，扬程范围大，适应性强，生产压差大，井下工作寿命长，地面工艺简单，管理方便，经济效益明显等特点。

1. 排量、扬程范围大

电泵可以满足低产井高产井和特高产井的排量要求，排量范围在 $32 \sim 7790 \text{米}^3/\text{日}$ 。电泵的扬程可适应深井和浅井的要求，其范围从几百米到4500米。

2. 适应性强

电泵能用于自喷井、非自喷井、斜井及海上油井，对含有不同物理性质原油的油井也能适应。

3. 生产压差大

电泵抽油井生产压差可达5~6MPa。特别是油田进入高含水期开采阶段,采油指数递减速度明显加快,要保持油田稳产就要加大生产压差采油,根据大庆油田莎中地区的统计资料表明,在油井含水达到60%以上,总压差大于1MPa以后,采油指数明显递减,此时采用提高地层压力来加大生产压差显然是不合理的。而采用电泵抽油降低流压的方法是很好的,这种方式有利于减小层间干扰,有效地发挥各类油层的出油能力,可减缓含水上升速度,特别是对储量动用差的中、低渗透油层,加大生产压差生产能更好地发挥其出油能力。

4. 井下工作寿命长

电泵机组在井下的平均工作寿命是2~3年,最长的可达7年以上,减少了油井的检泵作业时间,提高了油井的生产时间。

5. 地面工艺流程简单,管理方便

由于电泵抽油排量大,出油温度较高,与抽油机井相比有二大特点,一是减少了井口设备,二是不易结蜡,因而有减少清蜡工作量和便于管理的优点。

表 1-1 产液量与原油成本关系表

含水率 %	液 油 比	日产液100吨		日产液350吨		日产液500吨	
		日产油 t	每吨油 成本比值	日产油 t	每吨油 成本比值	日产油 t	每 吨 油 成本比值
60	2.5 : 1	40	1.61	140	0.90	200	0.81
70	3.3 : 1	30	2.13	105	1.19	150	1.07
80	5 : 1	20	3.23	70	1.81	100	1.61
90	10 : 1	10	6.43	35	3.61	50	3.23

6. 经济效益明显

在高含水期采油阶段,采用电泵抽油,明显提高了排液

量,可以获得较好的经济效益。表 1-1 列出了某油田油井含水 70% 时,泵抽后若产液量由 100 吨/日提高到 350 吨/日,并保持含水比稳定,则产油量由 30 吨/日增加到 105 吨/日,每吨原油成本将降低 50%。随着电泵采油排液量的增加,成本进一步降低是提高经济效益的保证。

二、电泵采油的时机与原则

1. 转抽时机

自喷井转抽时机主要是根据经济效果来决定的,国外也是如此,如杜玛兹和罗马什金油田不同含水期内自喷采油与泵抽采油经济效果的对比指出,在无水采油期内,自喷方式每采出 1 吨原油成本比值为 1.11,电泵抽油比值为 1.13;当含水 25% 时,成本比值分别为 1.58 和 1.48;含水 50% 时,成本比值分别为 2.53 和 2.16;含水比为 75% 时,成本比值分别为 5.45 和 4.18。上述数字看出油田在开采过程中原油成本在不断上升,同时,也可以看出随着采出液体含水比的上升,泵抽采油成本比自喷采油的成本要低,此时泵抽的单井产油量均高于下泵前自喷的采油量。特别是在高含水期泵抽原油成本比自喷采油方式的原油成本下降的更为显著,所以在油田进入高含水采油阶段下电泵大排量采油经济效果更佳。

另外,油井转抽时机还要根据国家对原油的需求程度及稳产要求等具体因素权衡决定。当国家急需大量原油时,即可大面积地下入泵抽;当油田防止大幅度产量递减保持稳产要求时,也可下电泵抽油。但从经济角度来看采用下电泵抽油的最好时机应是油田进入中高含水期以后为宜。

2. 转抽原则

(1) 符合总体方案的要求 根据油田开发对采油速度

提出的要求，对一些需要提高采油速度的区块必须放大生产压差采油，以保证全油田有均衡的开采速度。

(2) 符合地质要求 根据电泵具有排量大的突出特点，下电泵区块或单井必须选择油层出油条件好、注水连通性好、驱油效率高、水淹体积大的地区；要求下电泵区块层间矛盾不突出，避免转抽后伴随出油强度增大而加剧了层间矛盾；要求注采系统完善。

(3) 依据井况条件 由于电泵机组泵身長(10多米~30多米)、直径大(可到120mm)、管外电缆在施工时易损坏，因此，下电泵井要求井况完好，如套管无大的变形、套管无泄漏等要求，在进行模拟电泵通井后证明井况完好时才能正式下泵。

第二节 电泵采油的选井

为了更有效地发挥电泵采油的作用，在转抽总体方案确定之后，还要对下电泵井逐一进行认真严格的选择，选择的依据主要是预测产液能力和井况的好坏。

一、油井产能预测

产能预测就是根据油层的静态和动态资料，应用科学预测的方法，经过具体的计算，预测出下泵后油井的产液能力。目前，国内普遍应用的产能预测的基本方法有沃格尔(Vogel)方法，相对采油指数法、水距特性曲线法、压差-指数叠加法、抛物线法及经验统计方法等。下面对油田上常采用的沃格尔法(IPR曲线法)和相对采油指数法分别进行介绍。

1. IPR 曲线法

油从油层流入井底的流动状况即为该油井的流入动态，它通常用油井井底的流动压力与采出油量的相互关系来描述。用井底流动压力 p_{wf} 为纵坐标，产量 q 为横坐标，画出产量与流动压力的变化曲线，即为油井的流入动态曲线（IPR 曲线）。我国将此曲线称之为指示曲线。油井的流入动态曲线，说明了油井的生产能力和油藏对该油井的供液能力。

对于某一油层或油井（多层）来说，若限定其它条件不变，而只让流压变化，则在每一个流压值下就有一个产液值与之对应，这就形成了一条 $p-q$ 关系曲线，即流入动态曲线，如图 1-1 所示。取“流入动态特性”的英文字头 IPR 作为曲线的简称。

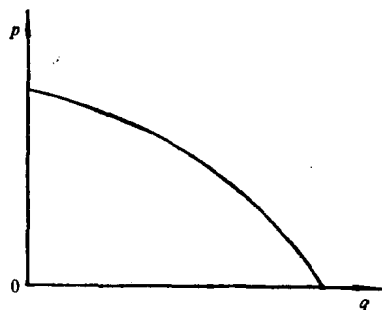


图 1-1 IPR 曲线

若静压不同，便得到一个曲线族，如图 1-2 所示。

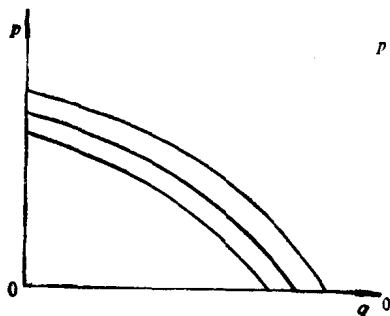


图 1-2 不同静压的 IPR 曲线

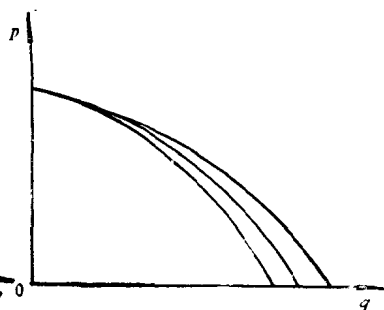


图 1-3 不同含水的 IPR 曲线

对非溶解气驱油田，若含水不同，则又得一曲线族，如图1-3所示。

对静压低于饱和压力的油藏或溶解气驱油藏，则IPR曲线没有直线段，如图1-1所示。

给定一组生产数据，便可确定一条IPR曲线，确定这条曲线及求解另一流压下产量的过程，就是产能预测。

对于静压高于饱和压力的油藏，IPR曲线由两段组成，如图1-4所示。在流压大于饱和压力时，渗流符合达西定律，流量与生产压差成一次线性关系，采液指数为一常量，因此该段IPR曲线为一直线，如图1-4中AB段所示。当流压低于饱和压力后，井底附近开始脱气，使液相饱和度下降，采液指数下降，流压越低则脱气圈越大，液相饱和度越小，采液指数越小，这段IPR曲线如图1-4中的BC段所示。如果油层流体不含气，即气油比为零或含水百分之百时，由于没有气的影响，则按达西定律采液指数不变，IPR曲线全为直线，如图1-4中的AD段所示。

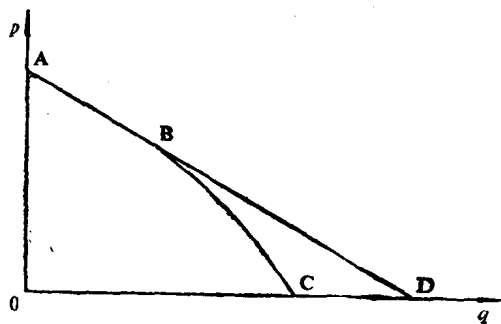


图 1-4 油井流入动态曲线

对于均质流、稳定流和不可压缩流体的径向达西定律可