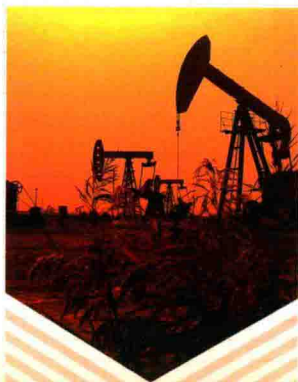


提高抽油泵泵效

理论研究与技术实践

李汉周 狄敏燕 杨海滨 邹俊松 张 格 编著



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

提高抽油泵泵效 理论研究与技术实践

李汉周 狄敏燕 杨海滨
邹俊松 张格 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书对影响抽油泵泵效的因素进行了分析。分析认为井下设备在往复运动中,泵效与抽油杆冲程损失、抽油泵充不满、抽油泵漏失这三方面有关,同时进一步分析得到下泵深度、泵挂处井斜、工作参数是影响抽油泵泵效的主要因素。同时,提出了降低抽油泵漏失的技术措施、降低气体对抽油泵影响的技术措施、降低工作参数对抽油泵影响的技术措施、降低抽油泵冲程损失技术措施。

图书在版编目(CIP)数据

提高抽油泵泵效理论研究与技术实践/李汉周等编著.
—北京:中国石化出版社,2014.12
ISBN 978-7-5114-3141-7

I. ①提… II. ①李… III. ①采油泵—研究
IV. ①TE933

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 293454 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

710×1000 毫米 16 开本 14.75 印张 275 千字

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定价:66.00 元

前言

有杆泵采油是国内外油田最广泛应用的机械采油方式。抽油泵是有杆抽油系统中的关键井下设备。在油井生产过程中,抽油泵的实际排量往往要小于理论排量,两者的比值称作泵容积效率,油田统称泵效。抽油泵的泵效是反映抽油机井工作状况的重要参数,它不仅影响油井的产量,还影响着油井的开采效率。随着油田开发的逐步深入,稠油井、出砂井、注聚井、产气井等复杂开采条件井不断涌现,丛式井和定向井越来越多,泵挂深度逐渐加大,井筒流体日趋复杂……,这些因素都影响着抽油泵泵效。因此针对中石化有杆抽油泵占机抽井比例达到89%的现状,开展提高抽油泵泵效技术研究工作已成为提高油田开采效益的重要途径之一。

本书采用理论计算与现场数据统计相结合的方法详细分析了影响抽油泵泵效的主要因素;全面总结了各油田提高抽油泵泵效的技术措施;展示了针对不同类型油井提高泵效的抽油泵新系列与新型油气分离装置;提出了一种以提高抽油泵泵效为目的的工作参数优选新方法;介绍了提高抽油泵泵效新技术在油田现场的应用情况。希望通过本书的公开发表为读者提供一套适合不同类型油井的提高泵效的技术方法。

本书共分七章,第一章简要介绍了抽油泵的结构、原理、失效原因及诊断方法;第二章详细分析了影响抽油泵泵效的主要因素,简要介绍了提高抽油泵泵效的主要措施;第三章重点介绍了降低抽油泵漏失的主要措施;第四章介绍了减少气体对抽油泵泵效影响的方法;第五章阐述了现场在降低冲程损失方面所做的工作;第六章在分析国内常用工作参数优选方法的基础上,提出了一种新的以提高抽油泵泵效为目的的工作参数优选的方法;第七章主要介绍了提高抽油泵泵效新技术在油田现场的应用情况。

本书第一次尝试把提高泵效新技术和新方法集中在一本书加以介绍。在提高泵效新工艺方面,通过数值模型计算、室内实验评价以及现场应用完善,形成了适合不同类型油井的抽油泵新系列与新型油气分离装置。尤其是高效抽油泵、变螺距双螺旋气锚、双尾管沉砂抽油泵等专利技术在现场应用中取得较好的效果。在抽油泵工作参数优化研究方面,应用工程最优化方法,实现了泵排协调和泵效最大化为目标的工作参数组合的优化,与同类方法相比,计算结果更准确。书中展示的技术成果在一定程度上满足了定向井、出砂结垢井、含气井、深井等多类型油井提高泵效的需要。

本书可为从事采油工程的技术人员、管理人员、科研人员、抽油泵设计人员以及大专院校的师生提供参考。

本书在编写过程中得到了江苏油田试采一厂、试采二厂、安徽采油厂、南通市华业石油机械有限公司、东北石油大学、上海大学等单位的技术支持，在此表示感谢！由于作者的经验和水平有限，难免存在不足或错漏之处，恳请读者提出批评和修改意见。

目 录

第一章 抽油泵及相关抽油装置	(1)
1 抽油泵	(1)
1.1 抽油泵类型与基本参数	(1)
1.2 常规抽油泵	(3)
1.3 抽油泵工作原理	(6)
1.4 抽油泵主要零件	(7)
2 抽油泵失效分析	(12)
2.1 抽油泵的工作条件	(12)
2.2 抽油泵失效的基本形式	(12)
2.3 抽油泵磨损失效	(13)
2.4 抽油泵腐蚀失效	(14)
2.5 抽油泵零件的机械破坏和机械故障	(15)
3 抽油泵工况分析	(17)
3.1 地面理论示功图及其分析	(17)
3.2 典型示功图及其分析	(18)
3.3 井下示功图及其分析	(23)
4 有杆抽油其他装置	(25)
4.1 抽油机	(25)
4.2 抽油杆柱	(33)
参考文献	(35)
第二章 抽油泵泵效的主要影响因素分析	(36)
1 气体和充不满对泵效的影响	(37)
1.1 抽油泵充满系数	(37)
1.2 气体对充满系数的影响	(37)
1.3 工作参数对充满系数的影响	(39)
1.4 泵充满系数计算方法以及影响因素分析	(40)
2 抽油杆和油管的弹性伸缩对泵效影响	(46)
2.1 活塞有效冲程	(47)
2.2 悬点载荷分析	(47)
2.3 悬点载荷对柱塞有效冲程影响	(51)

3 抽油泵漏失对泵效的影响	(57)
3.1 柱塞与泵筒间隙漏失对泵效的影响	(57)
3.2 阀球启闭滞后对泵效的影响	(63)
4 其他因素对泵效的影响	(72)
4.1 腐蚀、出砂、结垢的影响	(72)
4.2 流体黏度和含水的影响	(72)
4.3 抽油泵材质与处理工艺的影响	(73)
5 提高抽油泵泵效主要措施	(73)
5.1 采用井下油气分离和井口放套管气装置	(73)
5.2 改善泵的结构和材质	(73)
5.3 使用油管锚和减载装置	(74)
5.4 选择合理的工作制度	(74)
参考文献	(74)
第三章 降低抽油泵漏失的措施	(76)
1 国内常用特殊类型抽油泵	(76)
1.1 防砂卡抽油泵	(76)
1.2 深井抽油泵	(80)
1.3 斜井抽油泵	(83)
1.4 注聚合物油井抽油泵及组件	(84)
1.5 稠油油井抽油泵及组件	(87)
2 高效抽油泵	(89)
2.1 常规抽油泵在定向井中应用存在的问题	(89)
2.2 高效泵的结构特点	(90)
2.3 室内实验评价	(103)
3 双尾管沉砂抽油泵	(107)
3.1 常规抽油泵在出砂井中应用存在的问题	(107)
3.2 双尾管沉砂泵结构组成	(108)
3.3 双尾管沉砂泵主要特点结构	(109)
4 深抽泵研制	(110)
4.1 现有深井泵应用状况	(110)
4.2 深抽泵主要结构	(111)
4.3 深抽泵结构特点	(111)
参考文献	(112)
第四章 减少气体效影响的措施	(114)
1 井下油气分离器分气原理	(114)
1.1 滑脱效应	(114)

1.2	离心效应	(115)
1.3	捕集原理	(116)
1.4	碰撞辅助分离原理	(116)
1.5	边界层辅助分离原理	(117)
2	常见气锚及其特点	(117)
2.1	沉降式气锚	(117)
2.2	螺旋式气锚	(122)
2.3	复合型气锚	(126)
3	变螺距双螺旋气锚	(129)
3.1	螺旋气锚油气分离原理	(130)
3.2	变螺距双螺旋气锚的结构与工作原理	(143)
3.3	变螺距双螺旋气锚的结构优势分析	(144)
3.4	数值模拟计算评价	(147)
3.5	室内实验评价	(150)
	参考文献	(153)
第五章	降低冲程损失的措施	(155)
1	悬挂尾管	(155)
2	油管锚定器	(156)
2.1	常用的油管锚定器	(157)
2.2	二合一液压锚定器	(160)
2.3	可反洗井的油管锚	(162)
2.4	油管锚定器在坐锚和解锚时的注意事项	(162)
3	抽油机减载器	(163)
3.1	工作原理	(163)
3.2	减载器作用	(164)
3.3	减载器的适用范围	(165)
3.4	减载器使用注意事项	(165)
4	抽油杆增油短节	(166)
4.1	增油短节主要结构	(166)
4.2	增油短节工作原理	(167)
4.3	抽油杆增油短节的使用	(167)
5	液压补偿泵	(167)
5.1	液压补偿泵结构及原理	(167)
5.2	液压补偿泵性能特点	(168)
	参考文献	(168)

第六章 抽油泵工作参数优化	(170)
1 国内常用的工作参数优化方法	(170)
1.1 美国石油学会有杆抽油系统设计计算方法	(170)
1.2 国内有杆抽油系统设计方法	(172)
1.3 工作参数优化应用实例分析	(174)
1.4 国内外工作参数组合优选方法小结	(175)
2 基于泵效最大化的工作参数优化方法	(175)
2.1 优化设计研究思路	(175)
2.2 优化方法的计算模型	(176)
2.3 工程最优化求解方法	(187)
参考文献	(194)
第七章 提高泵效新方法现场应用	(196)
1 高效抽油泵现场应用	(197)
1.1 Y36 井	(197)
1.2 G6-49 井	(199)
1.3 S19-1 井	(201)
1.4 Z38-1 井	(202)
1.5 S23-1	(204)
1.6 W38 井	(206)
2 新型双螺旋气锚现场应用	(208)
2.1 F5-1 井	(209)
2.2 H88-10 井	(211)
2.3 H107 井	(214)
2.4 H88P1 井	(216)
3 双尾管沉砂泵应用情况	(218)
3.1 H88-17 井	(219)
3.2 T83-1 井	(220)
3.3 C1-2 井	(221)
4 深抽泵应用	(223)
4.1 H26-5 井	(223)
4.2 H26-6 井	(224)
5 工作参数优化与应用	(225)
5.1 W19-1 井	(226)
5.2 W19P1 井	(227)
5.3 W2-35 井	(227)

第一章 抽油泵及相关抽油装置

有杆泵采油是指利用抽油杆将地面动力传递给井下抽油泵，从而举升液体的采油方式，该方式采油具有结构简单、适应性强和寿命长的特点，是目前国内外应用最广泛的机械采油方式。

有杆抽油装置主要包括抽油机、抽油杆以及抽油泵。其中抽油泵是有杆泵抽油系统中的重要设备，作业时安装在井下抽油管柱的下部，沉没在井液中，通过抽油杆传递的动力将井液抽汲至地面。由于抽油泵在数百米甚至数千米的井下工作，同时所抽汲的液体中常含有蜡、砂、气、水及其他腐蚀性物质，使得工作环境和条件相当复杂和恶劣，因此抽油泵性能的好坏以及其工作效率直接影响有杆抽油系统的机采效率。

1 抽 油 泵

抽油泵属于一种特殊形式的往复泵，主要由工作筒(外筒和衬套)、柱塞及游动阀(排出阀)和固定阀(吸入阀)组成。柱塞装在泵筒内与泵筒形成密封，柱塞上端装有游动阀，随柱塞运动而运动，游动阀为泵的排出阀，固定阀为泵的吸入阀，一般为球座型单流阀。

1.1 抽油泵类型与基本参数

按照抽油泵在油管中的固定方式，可分为管式泵和杆式泵两大类型。对于符合抽油泵标准设计和制造的抽油泵称为常规抽油泵；对具有专门用途的抽油泵，如抽稠泵、防气泵、防砂泵、防腐泵和耐磨泵等，称为特殊用途的抽油泵。

我国常规抽油泵的基本参数如表 1-1 所示。

表 1-1 抽油泵基本参数

基本形式		泵的直径/mm		柱塞长度 系列/m	加长短 节长度/m	联接油管 外径/mm	柱塞冲程长 度范围/m	理论排量/ (m ³ /d)	联接抽油 泵螺纹直 径/mm
		公称直径	基本直径						
杆式泵		32	31.8	0.6	0.3 0.6 0.9	48.3, 60.3	1.2~6.0	16~69	23.813
		38	38.1	0.9		60.3, 73.0	1.2~6.0	20~112	26.988
		44	44.5	1.2		73.0	1.2~6.0	27~138	26.988
		51	50.8	1.5		73.0	1.2~6.0	35~173	26.988
		57	57.2	1.8		88.9	1.2~6.0	44~220	26.988
		63	63.5	2.1		88.9	1.2~6.0	54~259	30.163
管式泵	整体 泵筒	32	31.8	0.6 0.9 1.2 1.5	0.3 0.6 0.9	60.3, 73.0	0.6~6.0	7~69	23.813
		38	38.1			60.3, 73.0	0.6~6.0	10~112	26.988
		44	44.5			60.3, 73.0	0.6~6.0	14~138	26.988
			45.2						
		57	57.2			73.0	0.6~6.0	22~220	26.988
		70	69.9			88.9	0.6~6.0	33~328	30.163
		83	83			101.6	1.2~6.0	93~467	30.163
		95	95			114.3	1.2~6.0	122~613	34.925
	组合 泵筒	32	32	0.6 0.9 1.2 1.5	0.3 0.6 0.9	60.3, 73.0	0.6~6.0	7~69	23.813
		38	38			60.3, 73.0	0.6~6.0	10~128	26.988
		44	44			73.0	0.6~6.0	13~138	26.988
		56	56			73.0	0.6~6.0	21~220	26.988
		70	70			88.9	0.6~6.0	33~328	30.163

按照我国抽油泵标准 GB/T 18607—2008 规定，抽油泵型号表示方法如图 1-1 所示。

1.2 常规抽油泵

常规抽油泵主要由泵筒、柱塞、泵阀、阀罩等组成。按照抽油泵在油管中的固定方式，抽油泵可分为管式泵和杆式泵。

1.2.1 管式泵

管式泵的泵筒直接接在油管柱下端，柱塞随抽油杆下入泵筒内。管式泵只有泵筒和柱塞两大部分。普通管式泵的结构如图 1-2(a) 所示。其特点是把外筒和衬套在地面组装好并接在油管下部先下入井内，下抽油杆柱时把柱塞接在抽油杆下端下入泵内。管式泵结构简单，成本低，承载能力大，同时在相同油

管直径下允许下入的泵径比杆式泵大，理论排量也相应较大，但作业时必须起出全部油管，工作量大，一般适用于供液能力强、产量较高的浅、中深油井。

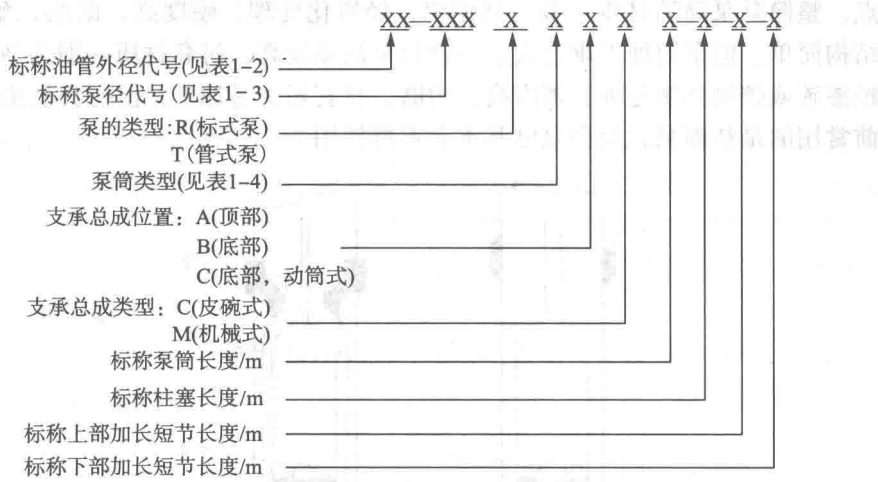


图 1-1 抽油泵型号表示方法

表 1-2 抽油泵标称油管外径与代号对应表

代 号	15	20	25	30	40
标称油管外径/mm	48.3	60.3	73.0	88.9	114.3

表 1-3 抽油泵标称泵径与代号对应表

代 号	106	125	150	175	178	200	225	250	275	375
标称泵径/mm	27.0	31.8	38.1	44.5	45.2	50.8	57.2	63.5	69.9	95.3

表 1-4 抽油泵泵筒类型与编码对应表

编 码	H	W	S	X
泵筒类型	金属柱塞泵 厚壁泵筒	金属柱塞泵 薄壁泵筒	软密封柱塞泵 薄壁泵筒	金属柱塞泵厚壁泵 筒，薄壁形螺纹构形

示例：一台泵径为 31.8mm 的杆式泵，其厚壁泵筒长 3.048m，上部加长短节长 0.610m，下部加长短节长 0.610m，柱塞长 1.219m，在 60.3mm 油管中工作并以底部皮碗支承总成固定，该泵代号表示为：20-125RHBC3.0-1.2-0.6-0.6。

根据泵筒、柱塞结构不同，管式泵可分为整筒泵和组合泵(衬套泵)。组合泵的外筒内装有多节衬套组成泵筒，并与金属柱塞配套，而整筒泵的泵筒没

有衬套，直接与柱塞配套，是由一个整体的无缝钢管加工而成。与组合泵相比，整筒泵具有泵效高、冲程长、型式多、规格全、质量轻和装卸方便等优点。整筒泵泵筒的材质一般为铬铂铝，经氮化处理；硬度高，耐磨，耐腐蚀，结构简单，但泵筒加工难度大。组合泵泵筒强度高，衬套材质一般为 20CrMn，经渗碳或碳氮共渗处理，硬度高，耐磨，衬套短，易加工，但衬套易错位。目前常用的是整筒泵，组合泵已基本上不再使用。

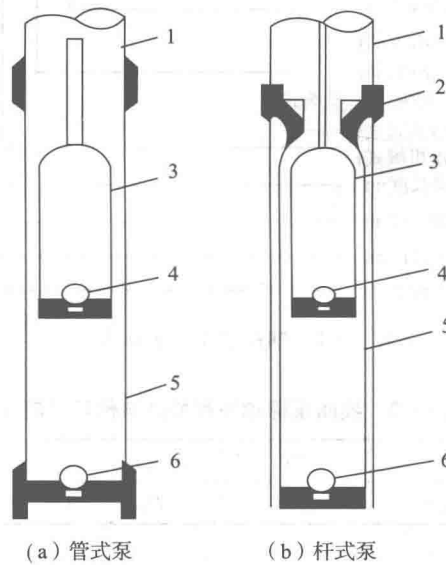


图 1-2 抽油泵示意图

1—油管；2—锁紧卡；3—柱塞；4—游动阀；5—工作筒；6—固定阀

根据固定阀结构，管式泵又可分为可打捞型管式泵和不可打捞型管式泵。固定阀可捞式管式泵一般由泵筒集成、柱塞集成、固定阀固定装置、固定阀及打捞装置组成。泵筒集成包括泵筒、泵筒接箍、加长短节、油管接箍；柱塞集成由柱塞上部出油阀罩、上下出油阀球、阀座、柱塞、柱塞下部出油阀罩组成；柱塞按表面强化工艺可分为镀铬柱塞和喷焊柱塞；固定阀固定装置由密封支承环、弹性芯轴、支承套组成。固定阀由固定阀罩、固定阀球、筛管、固定阀座及接头等组成，由锁紧装置将其固定；弹性芯轴上端与固定阀集成的接头用螺纹连接，并将密封支承环压紧；打捞装置由打捞体、导向套、弹簧、销子、丝锥式打捞头组成，打捞体用螺纹分别与柱塞下部出油阀座相连，导向套内孔装销子、弹簧和丝锥式打捞头，打捞时丝锥式打捞头对中固定阀罩的螺孔，对扣或造扣将固定阀捞出。装有可打捞式固定阀的管式泵可在不起出油管的情况下将固定阀打捞上来进行检修，简化检泵操作；但同时也增加漏失几率，而且这种结构增大了余隙体积，不适用于高气油比井；另外可打捞固定阀

流道小,不宜在出砂和稠油井使用。不可打捞式管式抽油泵的固定阀直接装在泵筒下部,结构相对简单,在起出抽油杆和油管后,才能将固定阀起出。目前大多数油井采用不可打捞式管式抽油泵。

1.2.2 杆式泵

普通杆式泵的结构示意图见图1-2(b)所示。其特点是将整个泵在地面组装好并接在抽油杆柱的下端,整体通过油管下入井内,然后由预先装在油管预定深度上的卡簧固定在油管上,检泵时通过抽油杆将工作筒提出。因此,杆式泵又叫插入式泵。杆式泵检泵时不需要起油管,检泵方便,但结构复杂,制造成本高,在相同油管直径下允许下入的泵径比管式泵小,适用于下泵深度大,产量较小的油井。

按固定装置在泵上的位置和在抽油时是泵筒移动还是柱塞的移动,杆式泵又分为定筒式顶部固定杆式泵、定筒式底部固定杆式泵和动筒式底部固定杆式泵。

定筒式顶部固定杆式泵是由泵顶部固定支承装置将泵筒固定在油管内设计位置,柱塞经滑杆与抽油杆连接,由抽油机和抽油杆带动上下运动。泵筒总成包括泵筒和上、下加长接箍,其结构与性能均与管式泵泵筒相同,只是泵筒壁厚稍薄一些;柱塞总成由柱塞上部出油阀罩、阀座、柱塞、柱塞下部出油阀罩、阀球、阀座、压帽组成,其结构与性能均与管式泵柱塞相似;阀杆总成包括阀杆异径接头和阀杆,阀杆异径接头上端与抽油杆相连,下端用带锥度的变形管螺纹与拉杆上端可靠连接;固定阀总成由泵筒、进油阀罩、阀球、阀座接头组成。阀座接头的下端为管螺纹,供连接防砂管或气砂锚用;泵固定装置由导向套、密封支承环、心轴、弹性套、接头组成。导向套上部小孔对阀杆上下运动起导向作用,防止柱塞与泵筒偏磨。定筒式顶部固定杆式泵适用于斜井、含砂或含气的油井。

定筒式底部固定杆式泵是由泵的底部锁紧装置将泵固定在油管内,其结构与定筒式顶部固定杆式泵结构基本相同,区别是泵的固定装置在底部,由弹性心轴、密封支承环和接头组成。该类型抽油泵其优点是泵筒不会因液柱作用而伸长,只受外压,间隙不会增大,适合在深井使用。其缺点是在固定支承套和底部铰紧装置的环形空间极易沉积砂粒,造成起泵困难,不宜在出砂井中使用。

动筒式底部固定杆式泵的泵筒与抽油杆柱连接,并作上下运动。柱塞通过拉管及底部锁紧装置固定在油管内支承套上,这种泵的泵筒、柱塞、泵固定装置和泵支承装置与定筒式底部固定杆式泵通用。泵筒出油阀总成、柱塞出油阀总成与拉管总成结构不同。泵筒出油阀总成安装在泵筒上端,流道较大,由泵筒出油罩、阀球、阀座、接头组成。这种泵工作时泵筒上下运动,不停地搅动井液,砂粒不易沉积在锁紧装置上造成卡泵,在间歇抽油井停抽时,顶部阀球

封闭阀座，油管中的砂粒不会沉积在泵内产生卡泵，适用于含砂的油井，但这种泵拉杆稳定性差，不宜在长冲程井和在稠油井中使用。

当前国内抽油泵使用的是带环状槽的金属柱塞。近些年来随着新型密封材料的出现，国内外都在研制封性能好、抗油耐磨的软柱塞（如橡胶皮碗、聚酰胺 68 及尼龙 1010 等材料做的“皮碗”），可以不用衬套，即软柱塞无衬套泵。这种泵的泵筒和柱塞的机加工要求低，易制造，皮碗磨损后，只需起出柱塞更换皮碗，而柱塞体仍可继续使用。

1.3 抽油泵工作原理

1.3.1 泵的抽汲和排液过程

泵工作过程中，随活塞的运动泵容积发生变化，从而使得泵内压力随之变化。当阀球下方压力大于其上方压力时，阀打开，液体通过阀座孔向上流；当阀球下方压力小于其上方压力时，阀关闭阻止液体向下流。具体抽汲和排液过程为：

1. 上冲程

抽油杆柱向上拉动柱塞运动[图 1-3(a)]，柱塞上的游动阀受阀球的自重和油管内液柱压力而关闭。此时，泵内（柱塞下面）的泵腔容积增大，泵内压力降低，固定阀在环形空间液柱压力（沉没压力）与泵内压力之差的作用下打开，原油吸入泵内。与此同时，如果油管内已逐渐被液体所充满，在井口将排出相当于冲程长度的一段液体。

2. 下冲程

抽油杆柱带动柱塞向下运动[图 1-3(b)]。柱塞压缩固定阀和游动阀之间的液体，当泵内压力增加到大于泵沉没压力时，固定阀先关闭，当泵内压力增加到大于柱塞以上液体压力时，游动阀被顶开，泵内（杆塞下面）的液体通过游动阀进入柱塞上部，同时柱塞向下运动，部分光杆进入油管内，在井口挤出相当于冲程长度的光杆体积的液体。

1.3.2 泵的排量

泵的工程过程是由三个基本环节所组成，即活塞在泵内让出容积、原油进泵和从泵内排出液体。假设活塞冲程等于光杆冲程，上冲程吸入泵内的全是液体，并且其体积等于活塞让出容积，而这些液体全部都能排到地面没有漏失，在这种理想体条件下，抽油泵的排量叫理论排量。

活塞上下运动一次，泵理论排量为：

$$q_o = \frac{1}{4} \pi D^2 S \quad (1-1)$$

式中： q_o 为每分钟排量， m^3/d ； D 为泵径， m ； S 为光杆冲程， m 。

每分钟理论排量为：

$$q_m = \frac{1}{4} \pi D^2 S n \quad (1-2)$$

式中: q_m 为每分钟排量, m^3/d ; n 为冲次, $1/\text{min}$ 。

每日理论排量为:

$$Q_t = 360 \pi D^2 \rho S n \quad (1-3)$$

式中: Q_t 为泵的每日排量, t/d ; ρ 为抽汲液体的密度, kg/m^3 。

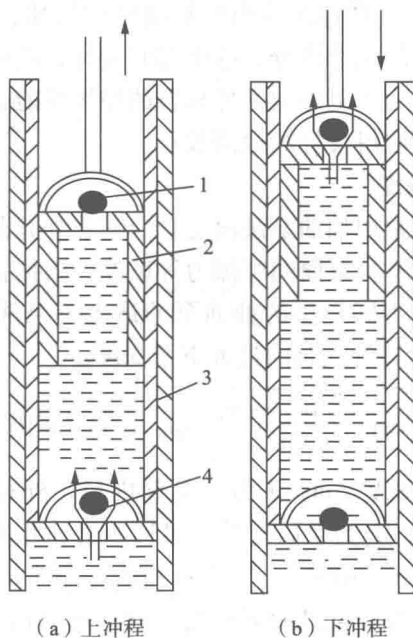


图 1-3 泵工作原理图

1—排出阀; 2—柱塞; 3—衬套; 4—吸入阀

抽油井生产过程中, 由于受设备、流体、工艺参数等各种因素影响, 实际产量一般都比理论产量要低, 实际排量与理论排量的比值叫泵的容积效率, 即我们常说的泵效。泵效的高低, 反映了抽油泵工作性能的好坏。

1.4 抽油泵主要零件

1.4.1 泵筒

泵筒是抽油泵的主要零件, 柱塞在其内部作往复运动, 抽汲油液, 它又是固定阀、泵筒接箍等零件的支持件。

1. 泵筒分类

(1) 按泵筒壁厚可分为薄壁筒、中厚壁筒、厚壁筒和超厚壁筒。API 规范中, 薄壁筒壁厚 $\delta = 3.175\text{mm}$, 厚壁筒 $\delta = 6.35\text{mm}$; 中厚壁筒和超厚壁筒的壁

厚由厂家自定。一般中厚壁筒壁厚 $\delta=4.763\text{mm}$ ；超厚壁筒 $\delta=8\sim12\text{mm}$ 。

(2) 按泵筒两端螺纹结构可分为外螺纹和内螺纹两种，由于内螺纹强度较好，故薄壁筒常用内螺纹。

2. 泵筒的材料

制造泵筒的材料主要有碳钢、合金钢、不锈钢和有色金属，较常用的是碳钢和合金钢，常用的泵筒摩擦表面强化工艺主要有碳氮共渗、镀镍、镀碳化钨合金等工艺。井下介质主要有固体颗粒和腐蚀性物质，不同井中固体颗粒大小、含量和腐蚀性物质的化学成分、浓度都有变化，应根据不同油井井下介质选择相应的泵筒材料。为了更好地发挥材料的使用性能，还应该与采用的泵筒加工工艺结合起来，以取得较好的经济效益。

3. 泵筒最大下泵深度

实际生产过程中，常用抽油泵泵筒受管内与管外井液压力、泵筒自重、尾管重量、井液浮力及柱塞与泵筒间摩擦力等影响，根据古德曼图和第四强度理论可计算出不同材质、不同类型的抽油泵的最大下泵深度和允许悬挂尾管质量，如公式(1-4)可计算管式泵的最大下泵深度。

$$H_{\max} = (\frac{\sqrt{[\sigma]^2 - \sigma_c^2}}{A} - p_B) / (9.8 \times 10^{-3}) \tag{1-4}$$

式中： $H_{\max}$ 为最大下泵深度，m； A 为与泵筒内径、外径有关的系数； $[\sigma]$ 为泵筒的许用应力，MPa； σ_c 为泵筒自重、尾管质量、井液浮力等造成的轴向载荷，MPa； p_B 为井口回压，MPa。

技术人员将常用的抽油泵最大下泵深度制作成表格供现场使用参考(见表1-5、表1-6)。

表 1-5 API 管式泵最大下泵深度

最大下泵深度/m	泵径/mm				
	38.1	44.45	57.15	69.85	82.55
$H_{\max}$	3540	2836	2106	1658	1355

4. 泵筒最大外径

杆式泵泵筒最大外径受到油管内径的限制，两者之间应有足够的间隙以保证杆式泵能顺利的下入。

管式泵泵筒最大外径受到套管内径的限制。国内常用的套管外径为 $\phi140\text{mm}(5\frac{1}{2}\text{in})$ ，壁厚最厚的一种内径为 $\phi117.7\text{mm}$ ，因此国内的抽油泵泵筒最大外径应小于 $\phi116\text{mm}$ 。为了在套管与抽油泵之间的窄小环形空间内下入测试仪器，一般国内抽油泵泵筒最大外径不超过 $\phi90\text{mm}$ 。有时为了油井生产需