

有杆抽油设备与技术



成 艾万诚 盛曾顺 陈宪佩 安锦高 郭亦炯 等著

抽 油 泵

石油工业出版社

TE 974
2

有杆抽油设备与技术

抽 油 泵

沈迪成 艾万诚 盛曾顺 等著
陈宪侃 安锦高 邬亦炯

石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 提 要

《有杆抽油设备与技术》丛书分为《抽油机》、《抽油杆》、《抽油泵》和《有杆抽油系统》4个分册，此书全面系统地介绍了有杆抽油设备与技术的基本理论与应用技术，反映了近几年国内外在这方面的科研成果和新技术。

《抽油泵》分册着重介绍了石油开采用有杆抽油泵的工作理论；常用和特殊用途抽油泵的结构和性能；抽油泵的设计；抽油泵的选择使用和失效分析等。

本书可供从事机械采油和设备管理的工程技术人员、石油机械厂和科研院所的工程技术人员阅读，也可作为石油高等院校和中等专业学校有关专业的教学参考书。

有杆抽油设备与技术

抽 油 泵

沈迪成 艾万诚 盛曾顺 等著
陈宪侃 安锦高 邬亦炯

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168毫米 32开本 12 $\frac{1}{2}$ 印张 321千字 印1-3000

1994年7月北京第1版 1994年7月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-1025-9/TE·954

平装定价：12.00元

有杆抽油设备与技术
编委会名单

主任：余国安

副主任：安锦高 赵宗仁 万仁溥 刘天民

委员（按姓氏笔划为序）：

万邦烈	孔昭瑞	艾万诚	吕德本
刘津生	刘卓钧	朱绍曾	吉宗瑀
李健	李景文	邬亦炯	沈秀通
沈迪成	杨敏嘉	吴则中	陈宪侃
张琪	赵之善	赵学胜	郑晓轮
唐锴	崔振华	盛曾顺	

有杆抽油设备与技术

编 审 组

主 编: 安锦高

副 主 编: 邬亦炯

主 审: 赵宗仁

责任编辑: 方代煊 吕德本 包文德

著者及审稿人员名单

书 名	章	节	编 写 人
抽 油 机	总论		安锦高
	1		赵贵祥
	2.4		邬亦炯
	3	1.2	李键
		3	邬亦炯
	5		刘卓钧
	6	1.2	赵允文
		3	吉宗璜
	7		李键
	8		邬亦炯
	9		刘卓钧
	10	1.3,4	赵贵祥
		2	邬亦炯
	统稿人		
初审人			万邦烈 朱绍曾

续表

书 名	章	节	编 写 人	
抽 油 杆	1		吴则中 唐锴	
	2		李景文	
	3		赵学胜 谢宁 唐锴	
	4		赵学胜	
	5		李景文	
	6		李策 田丰	
	7		田丰	
	8		吴则中	
	9		赵学胜	
	10		丁维成 吴则中	
	11		钟伯明 魏嘉荃	
	统稿人			吴则中
	初审人			刘天民
抽 油 泵	1		沈迪成	
	2	1	张广泰	
		2,3	艾万城	
	3		沈迪成	
	4		盛曾顺	
	5		陈宪侃	
	6		艾万诚	
	7	1	张广泰	
		2	艾万诚	
		3	盛曾顺	
统稿人			沈迪成	
初审人			万邦烈 沈秀通	
有杆 抽油 系统	1,5	1	崔振华	
	2		崔振华 金仁贤	
	3,4		余安国	
	统稿人			崔振华
	初审人			杨敏嘉 张琪

序

有杆抽油是世界石油工业传统的采油方式之一，也是迄今在采油工程中一直占主导地位的人工举升方式。在我国各油田的生产井中大约有 80% 是使用有杆抽油技术。全国各油田产液量的 60%、产油量的 75% 是靠有杆抽油采出的。有杆抽油设备的能耗已占油田总能耗的三分之一左右。由于我国各油田每年要有几千口新井投入生产，连同已有装备的更新，每年需要新增几千台抽油机、成万台抽油泵、上千万米抽油杆和相应的辅助工具。有杆抽油技术在我国石油开采中占有重要地位。

由于我国投入开发的油藏类型越来越复杂，投入开采的储层深度不断增加，泵挂深度也不断增加，加以部分老油田含水持续上升，对有杆抽油技术不断提出新的要求，推动了这项技术的发展。长冲程抽油机、节能抽油机、计算机控制的抽油机变频节能技术、空心抽油杆、超高强度抽油杆、玻璃钢抽油杆、整筒式抽油泵、适合于稠油和高腐蚀介质的抽油泵以及由抽油杆传动的井下螺杆泵都在 80 年代和近一两年出现了。产品系列和型谱的覆盖面不断加大，使油田现场在选择有杆抽油装备方面有了比较大的选择余地，而且这个余地还在继续扩大之中。

然而有杆抽油技术是一个系统工程，其组成不只是抽油机、泵、杆等硬件，还包括大量的有关软件，这就是油井的完井设计（储层产液量设计、泵挂深度、防砂技术等）、有杆抽油设备参数选择、设备优选、动态监测、智能诊断及优化设计等等。只有把硬件和软件做为一个整体加以优化并且由素质良好的人员管理和操作才能构成一个符合每口生产井具体情况的有杆抽油系统，从而取得最佳经济效益。在这样的系统上进一步增加抽油井工况信号远传就构成生产井操作数据的在线采集系统，实时采集油井动

态，改善我们对油藏生产的操作和管理，这是我们的努力方向。

在发展有杆抽油技术的硬件和软件方面，我国各油田、研究院、制造厂和石油院校都付出了艰巨的劳动，对提高有杆抽油系统的系统效率、可靠性、耐用度方面取得了重大成果。本书就是由这些单位的一批专家、工程师、教授联合编著的，力图反映出我国在这方面的实际成就和国际上 80 年代末期的水平，力争做到有助于广大从事采油工作者的工作。本书的编著者、出版者和组织者都欢迎读者多提宝贵意见，帮助改进，促使本书能成为一本不断修订再版的有用读物。

李相

一九九二年十二月二十八日

前 言

近年我国石油装备总水平有很大提高，特别是采油工程中，机械采油井数已超过 90% 以上，其中有杆抽油井又占总机械采油井的 90% 以上。目前抽油机、抽油杆、抽油泵自给率 100%，对保持原油总产量稳定，起了决定性的作用。但是有杆抽油设备的书籍，尚不够系统和完整，且沿用原苏联技术的成分较多。进入 80 年代以后，国内有杆抽油设备和技术，实际是国内科研成果和实践经验同原苏联和美国技术融合基础上的发展。这一历史时期，有杆抽油设备在技术上取得了实质性的进步，应该写一本书将其全面、系统、具体的反映出来献给读者。怀着这个愿望，原装备局安锦高等几位高级工程师于 1989 秋季开始着手编写此书，并成立了编委会，编委会设在西安石油学院。

本书定名为“有杆抽油设备与技术”，以反映本书除讲述装备内容之外并附带介绍了有杆抽油系统内在匹配要求和外在环境及条件等相关内容。

全书共分四本：分别为抽油机，抽油杆，抽油泵，有杆抽油系统。本书的著作者都是长期从事专业技术工作的科技工作者，是该领域内公认的专家、教授，有较丰富的实践经验和理论基础。

编写本书的目的是为从事有杆抽油设备制造、科研和教学以及现场操作维修人员提供一本全面而系统的集设计、制造和工艺技术于一体的综合性书籍。同时，考虑到处在更新年龄段上的技术接班人员及新进入石油装备行业人员的需要，在总结老一辈科技人员实践经验的基础上编写了这本具有较高理论层次和反映最新科技进步成果的实用性较强的参考书。并力求反映国内外最新科技成果。对有杆抽油设备领域尚存的许多技术难关，特别是稠

油开采方面技术难题本书未作介绍，今后随着科学技术的发展将逐步增添新内容，以期本书更加完善。

、本书各分册内容有少量重复之处，特为单独握有某分册的读者便于阅读而置。

最后，对于陈泽轩、张德录同志给予本书的关心和支持表示感谢，对于玉门石油机械厂、大港石油机械厂、承德石油机械厂、烟台采油设备厂等单位给予本书编写工作的大力支持表示感谢。

本书不足或错误之处，热忱欢迎各界批评指正。

刘天民

目 录

总论	(1)
第一章 抽油泵工作特性	(8)
第一节 抽油泵工作原理	(8)
一、抽油泵工作原理	(8)
二、抽油泵工作特点和要求	(8)
第二节 油井流入特性	(9)
一、抽油系统流程	(9)
二、油井流入动态	(10)
三、有杆抽油井流入特性曲线的绘制	(18)
第三节 有关多相流相关物性	(40)
一、生产油气水之比	(40)
二、溶解度	(41)
三、体积系数	(42)
四、混合液的产量	(43)
五、液体滞留量	(44)
六、混合流体的密度	(46)
七、混合液体的动力粘度和表面张力	(47)
第四节 垂直管路特性	(51)
一、垂直管流的压力梯度	(51)
二、垂直管路压力梯度的计算	(54)
第五节 泵的抽汲参数的确定	(73)
一、有杆泵吸入流压	(73)
二、有杆泵的联合作业	(77)
三、有杆抽油泵抽汲参数	(78)
参考文献	(83)

第二章 抽油泵类型与结构	(84)
第一节 抽油泵类型与基本参数	(84)
一、抽油泵类型	(84)
二、基本参数及标记	(84)
第二节 标准抽油泵	(90)
一、管式抽油泵	(90)
二、杆式抽油泵	(94)
三、软密封柱塞泵	(100)
四、组合抽油泵	(103)
第三节 特殊用途抽油泵	(104)
一、抽稠油的抽油泵	(104)
二、适合含砂油井的抽油泵	(110)
三、适合油气比大的油井使用的抽油泵	(113)
四、其它特殊用途的抽油泵	(117)
参考文献	(121)
第三章 抽油泵水力学问题	(122)
第一节 泵的缝隙流动	(122)
一、泵筒同心圆环间的缝隙流动	(123)
二、泵筒偏心圆环间的缝隙流动	(127)
三、缝隙流的流量	(129)
第二节 柱塞与泵筒的间隙	(132)
一、柱塞与泵筒间的初始间隙	(133)
二、影响间隙的因素	(138)
第三节 泵筒间隙的漏失	(152)
一、泵筒定间隙的漏失	(152)
二、泵筒变间隙的漏失	(155)
三、变冲程长度的漏失	(165)
四、泵的使用寿命与检泵周期	(168)
第四节 泵阀的运动	(177)
一、盘状阀的运动	(177)

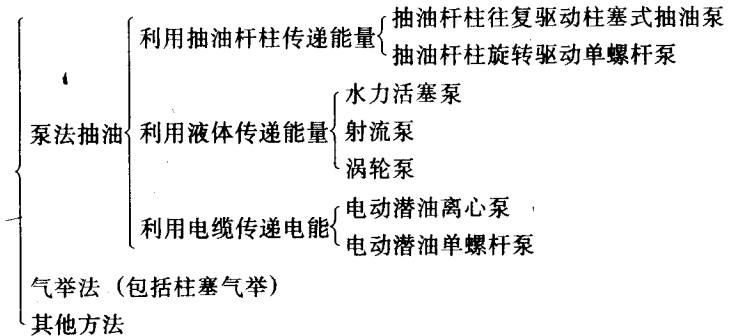
二、球阀的运动	(187)
第五节 功率与泵效	(194)
一、功率	(194)
二、泵效	(195)
参考文献	(205)
第四章 抽油泵设计	(206)
第一节 抽油泵总体尺寸计算	(206)
一、油管直径与泵径的匹配	(206)
二、抽油杆规格与泵径的匹配	(208)
三、抽油泵最大外径	(208)
四、抽油泵长度	(208)
第二节 抽油泵主要零件的设计与计算	(209)
一、古德曼图	(209)
二、泵筒	(214)
三、柱塞	(229)
四、泵阀	(234)
五、阀罩	(239)
六、特种泵结构设计的要点	(254)
参考文献	(256)
第五章 有杆泵抽油井井下器具	(258)
第一节 油管锚	(258)
一、抽汲油管柱的工况分析	(258)
二、改善油管受力状况的方法	(259)
三、油管锚定后上提力计算	(260)
四、油管锚类型	(262)
五、坐锚和解锚时的注意事项	(266)
第二节 气锚	(266)
一、抽油泵抽汲过程的气体影响	(266)
二、气锚和井下油气分离器分气原理及设计计算	(268)
第三节 砂锚	(282)

一、砂锚的分砂原理	(283)
二、砂锚的设计与计算	(284)
第四节 泄油器	(287)
一、液压式油管泄油器	(288)
二、机械式油管泄油器	(290)
三、凸轮式油管泄油器	(293)
参考文献	(293)
第六章 抽油泵失效分析	(295)
第一节 抽油泵的工作条件	(295)
第二节 抽油泵失效的基本形式	(297)
一、抽油泵磨损失效	(298)
二、抽油泵易损件的磨损失效	(304)
三、抽油泵腐蚀失效	(314)
四、抽油泵零件的机械破坏和机械故障	(326)
第三节 提高抽油泵使用寿命的措施	(343)
一、根据井况正确选用抽油泵的泵型和细部结构	(344)
二、正确地选用抽油泵易损件的材质和表面强化工艺	(344)
三、抽砂泵出砂	(344)
四、提高油井注水水质的质量	(345)
五、其它措施	(345)
参考文献	(346)
第七章 抽油泵的试验、使用、维修及选用	(347)
第一节 抽油泵的试验	(347)
一、阀球与阀座的密封性能试验	(347)
二、泵总成密封和承压强度试验	(347)
三、间隙漏失量试验	(349)
四、泵筒内柱塞通过性能试验	(351)
第二节 抽油泵的使用	(352)
一、抽油泵的运输和储存	(353)
二、抽油泵下井前的准备及下井操作	(354)

第三节 抽油泵的维修	(356)
一、抽油泵的基本维修程序	(356)
二、管式抽油泵的维修	(357)
三、定筒式顶部固定杆式抽油泵的维修	(360)
第四节 抽油泵的选用	(363)
一、抽油泵选型	(363)
二、抽油泵主要零件的材料及强化工艺的选择	(364)
三、确定泵径、冲程长度及冲次	(366)
四、确定防冲距离	(366)
五、泵隙的选择	(370)
参考文献	(375)
附录 1 装配抽油泵配件时螺纹上紧近似扭矩	(376)
附录 2 阀罩螺纹上紧后密封端面产生 114MPa 压 应力时的圆周位移量	(376)
附录 3 油管圆锥管螺纹上紧近似扭矩	(377)
附录 4 三抽产品生产厂家及其三抽产品一览表	(378)

总 论

从地层中开采石油的方法可分为两大类：一类是利用地层本身的能量来举升原油，称为自喷采油法；另一类是由于地层本身能量不足，必须人为地用机械设备给井内液体补充能量，才能将原油举升到地面，称为人工举升采油法或机械采油法，目前有各种各样的人工举升采油法，见下表：



凡是不利用抽油杆柱传递能量的抽油设备统称为无杆抽油设备，凡是利用抽油杆柱上下往复运动进行驱动的抽油设备统称为有杆抽油设备。利用抽油杆柱旋转运动驱动的井下单螺杆抽油泵装置虽然也有抽油杆，但在习惯上不列入有杆抽油设备。

有杆抽油方法是应用最早也最为广泛的一种人工举升采油法，早在石油工业问世时，就开始采用这一方法进行采油。随着技术的不断发展，有杆抽油设备也不断完善。目前，在各种人工举升采油方法中，有杆抽油仍居于首要地位。据 1989 年年底的统计，有杆抽油井在机械采油井中所占的比例，我国为 91%，美国为 85%，原苏联为 75% 左右。

有杆抽油设备由三部分组成：一是地面驱动设备即抽油机，目前应用最为广泛的是游梁式抽油机；二是井下的抽油泵，它悬挂在油管的下端；三是抽油杆柱，它把地面设备的运动和动力传给井下抽油泵。除以上三个主要组成部分外，就有杆抽油系统而言，还应包括用于悬挂抽油泵并作为液体通道的油管柱、油套管环形空间以及井口装置等。

近二十年来，有杆抽油设备与技术取得了长足的发展与进步。在美国，采用超高强度组合抽油杆柱的泵挂深度已达4420m (14500ft)；采用玻璃钢-钢复合抽油杆柱的最大泵挂深度已达5120m (16800ft)。现将主要的技术进步分述于下：

一、有关抽油机方面的技术与进步

近年来，除了常规型游梁式抽油机、前置型游梁式抽油机和气平衡游梁式抽油机以外，又出现了异相型游梁式抽油机。这种游梁式抽油机综合了常规型与前置型游梁式抽油机的优点，既保留了常规型游梁式抽油机结构简单、工作可靠、制造容易等特点，又具有类似前置型抽油机那样的减速器扭矩变化较均匀、峰值扭矩较低、所需电动机的功率较小等特点。

为了取得更好的平衡效果以进一步减少能耗，在游梁式抽油机的平衡方式上出现了“随动平衡”这一新的平衡方式。它可以随着抽油机悬点载荷的变化，自动调整游梁平衡重的位置。

超高转差率电动机在游梁式抽油机上逐步得到应用。它利用电动机转速的变化，通过旋转零件惯性的动能均衡作用，使减速器和电动机的扭矩变化更为均匀，峰值扭矩明显降低。

出现了多种型式的无游梁抽油机，它们大多具有冲程长、重量轻、能耗较低等特点。但在工作可靠性方面仍不及游梁式抽油机。