



学者书屋系列

采油螺杆泵 举升性能 检测技术

韩国 有宋玉杰 杜秀华 韩道权◎编著



Harbin Engineering University
哈尔滨工程大学

采油螺杆泵举升性能 检测技术

韩国有 宋玉杰 杜秀华 韩道权 编著

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了采油螺杆泵的工作原理、线型设计方法和螺杆泵采油系统的供采平衡问题;详细介绍了采油螺杆泵举升性能检测系统,该检测系统由机械、液压和电气控制和数据采集与控制等几部分组成。利用该检测系统结合理论研究成果,对螺杆泵举升性能影响因素的试验研究方法以及螺杆泵举升性能的综合评价模型和评价方法进行了论述。

本书是在课题组多年来对采油螺杆泵的研究成果基础上编写而成的,实用性较强,可作为石油高等院校工科类学生、教师以及油田工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

采油螺杆泵举升性能检测技术/韩国等编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-5661-0047-4

I. ①采… II. ①韩… III. ①螺杆泵—性能—检测
IV. ①TE933

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020281 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 10.75
字 数 225 千字
版 次 2011 年 3 月第 1 版
印 次 2011 年 3 月第 1 次印刷
定 价 23.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

螺杆泵采油作为一种新兴的人工举升方式,具有投资少、设备结构简单、操作方便、节能效果明显以及适应性强等特点,能有效降低采油成本,提高采油效率,因此备受国内外油田重视。随着我国各大油田的不断开发,油田开发的难度不断增加,部分油井呈现含水量高、含砂多、产量低等特点。螺杆泵凭借其优越性能,在油田的应用数量上呈明显上升趋势,并有望成为油田主要的机采方式之一。

采油螺杆泵安装在油管柱的末端,并且在井下几千米处工作,其功能是将井下的产出液经油管举升到地面。一旦井下的螺杆泵质量不合格,不具备一定的举升性能,对其进行油井的检泵作业将会造成巨大的经济损失,因此在下井前对螺杆泵质量进行检测尤为重要。

螺杆泵螺杆-衬套型面的复杂性,给加工和检验都带来一定难度,为了保证螺杆泵的举升性能,在下井前要对其举升性能,即举升压力、排量、功率和系统效率进行检测,得到螺杆泵的水力特性曲线,即容积效率、扭矩、系统效率与压差之间的关系曲线。为此本书利用机电液一体化技术研制了一套用于检测螺杆泵举升性能的检测系统,该检测系统包括机械系统、液压系统和电控系统等几部分,自动化程度较高,具有较高的检测精度和数据的稳定性,操作方便。本书利用该检测系统对螺杆泵举升性能的影响因素进行系统的试验研究,并建立了螺杆泵举升性能的综合评价模型和评价方法。

本书内容共分6章。第1章为绪论,主要介绍检测系统的分类、组成和发展趋势,螺杆泵采油的特点、系统组成、新型采油螺杆泵以及螺杆泵举升性能检测的意义;第2章介绍采油螺杆泵的工作原理、线型设计方法和螺杆泵采油系统的供采平衡问题;第3章介绍螺杆泵举升性能检测系统的机械系统设计、液压系统设计和电控系统设计;第4章介绍螺杆泵举升性能影响因素的理论分析;第5章介绍利用该检测系统试验研究螺杆泵举升性能的影响因素;第6章介绍螺杆泵举升性能的综合评价模型和评价方法。

本书是在课题组多年来对采油螺杆泵的研究成果基础上编写而成的,实用性较强,可作为石油高等院校工科类学生、教师以及油田工程技术人员的参考用书。

本书在编写过程中,参考了许多同行的著作和文献,在此特向有关作者表示衷心感谢。

由于作者水平有限,许多理论和实践的问题还在不断的发展中,有待进一步探讨。书中出现的错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 检测系统的组成	1
1.2 检测系统的分类	1
1.3 检测技术与系统的发展趋势	2
1.4 采油螺杆泵的发展概述	4
1.5 螺杆泵采油的特点	6
1.6 螺杆泵采油系统的组成	7
1.7 新型采油螺杆泵	10
1.8 螺杆泵性能检测的意义	12
第 2 章 采油单螺杆泵	15
2.1 采油螺杆泵的工作原理	15
2.2 单螺杆泵的线型理论	17
2.3 单螺杆泵转子和定子的线型分析	25
2.4 单螺杆泵的水力特性曲线及供采协调	32
第 3 章 单螺杆泵性能检测系统	47
3.1 单螺杆泵性能检测系统总体设计	47
3.2 单螺杆泵性能检测系统机械设计	52
3.3 单螺杆泵性能检测系统液压设计	77
3.4 单螺杆泵性能检测系统的电控设计	79
第 4 章 螺杆泵举升性能影响因素分析	130
4.1 转速对螺杆泵举升性能的影响	130
4.2 定子与转子间配合间隙对螺杆泵举升性能的影响	133
4.3 下泵深度对螺杆泵举升性能的影响	136
4.4 温度对螺杆泵举升性能的影响	137
第 5 章 螺杆泵举升性能影响因素的试验分析	138
5.1 试验分析评价指标	138

5.2	转速试验	140
5.3	温度试验	148
5.4	螺杆泵内部结构参数对外特性的影响试验	152
第6章	螺杆泵举升性能模糊综合评价研究	159
6.1	螺杆泵举升性能因素指标体系	159
6.2	螺杆泵举升性能的模糊综合评价模型的建立及应用	160
参考文献		163

第1章 绪 论

1.1 检测系统的组成

检测技术是自动控制技术、微电子技术、通信技术、计算机科学和物理学等学科有机结合、综合发展的产物,是工业生产的耳目,是监视、控制、保证和提高产品质量的重要手段。随着现代工业科学技术的发展,检测技术的重要性越来越被人们所重视。检测技术对于控制和改进产品生产过程中的质量,保证设备的安全运行以及提高生产率、降低成本等方面都起着重要的作用。为了确保生产安全,保证产品的产量和质量,减少能源消耗和降低成本,必须对反映生产过程的诸参数,如温度、压力、流量、物位、成分量、机械量等进行自动检测和控制。

一个完整的检测过程,一般应包括以下几个部分:

(1) 信息的提取——用传感器来完成。信号是信息的载体,一般将被测信息转换成电信号,也就是说,把被测信息转换成电压、电流或电路参数(如电阻、电感、电容)等电信号输出。

(2) 信号的放大、转换与传输——用中间转换装置来完成。一般是把信号放大并转换成传输方便、功率足够的电量(如电流、电压或频率)。信号的传输也包括通过网络的传输。

(3) 信号的显示和记录——用显示器、指示器或记录仪完成。

(4) 信号的处理和分析——用计算机、数据分析仪、频谱分析仪来完成。找出被测信息的规律,为研究和鉴定工作提供有效依据,为控制提供信号。

检测技术的发展是以生产发展为基础的,随着生产的发展而迅速地发展。特别是微电子技术,为检测技术提供了物质手段,使检测仪表、传感器有可能实现小型化、智能化和网络化,实现多功能和高可靠性。软测量技术、数据融合处理方法等新技术的应用,使原来不能实现的一些难测参数的测量得以实现。同时,生产的发展又不断地提出新的检测任务,促使人们去研究和解决这些新课题,从而推动检测技术的发展。

1.2 检测系统的分类

过程检测技术从不同角度出发,有不同的分类方法。按被检测量值的物理属

性是电量与非电量,可分为电量检测技术与非电量检测技术;按传感器的测量原理,可分为电磁法、光学法、超声法、微波法、电化学法等;按测量敏感元件是否与被测介质接触,可分为接触式测量与非接触式测量;按测量方法分类有偏差法、零位法和微差法;按被测参数进行分类,有热工量(通常指温度、流量、压力和物位)、成分量和机械量。

按如何取得测量结果分类包括如下几种检测方法:

1. 直接测量法

不必去测量与被测量有函数关系的其他量,而直接得到被测量值的一种方法。直接测量的特点是简便,例如用压力表测量容器中气体的压力等。

2. 间接测量法

通过测量与被测量有函数关系的其他量而得到被测量值的一种方法。例如为了测量某电阻值的大小,可通过测量流过该电阻的电流和在该电阻上的电压降,经过计算求出其电阻值的大小。

3. 组合测量法

当被测量与直接测量的一些量不是一个函数关系,需要求解一个方程组才能取得时即为组合测量。例如测量某电阻的温度系数,其电阻与温度的关系为 $R_t = R_0(1 + at + bt^2)$, 式中 R_t 为温度为 t °C 时电阻的数值,可以直接测得。要取得系数 a 和 b , 需要解一个二元一次方程组。

1.3 检测技术与系统的发展趋势

1.3.1 发展趋势

随着微电子技术、微处理器技术、信息处理技术、DSP 技术、通信技术、计算机科学和材料技术飞速发展并不断变革,检测技术发展呈现出下列几种发展趋势。

1. 高度集成化

传感器与测量电路相互分开,时常会受到电缆传输过程中干扰信号的影响,因此人们希望能把传感器与测量电路合并在一起。随着半导体技术的发展,硅压阻传感器在这方面已取得很大进展,近年来正在研究的一种物性型检测传感器,就是在半导体技术基础上,进一步实现“材料、器件、电路、系统一体化”的新型仪表。它利用某些固体材料的物性变化(包括机械特性、电特性、磁特性、热特性、光特性、化学特性等)来实现信息直接变换。也就是说利用不同材料的物理、化学、生物效应做成器件,直接测量对象物的信息,而且把电路也做在一起,这样它与一般传感器相比,具有构造简单、体积小、无可动部件、反应快、灵敏度高、稳定性好等特点。

2. 非接触化

在检测过程中,把传感器置于被测对象上,就相当于在被测对象上加了负载,这样会影响测量的精度,此外,在有些被测物上根本不可能安装传感器,例如,测量高速旋转轴的振动转矩等。因此,国际上都在研究非接触式测试技术,光电式传感器、电涡流式传感器、超声波仪表、同位素仪表等都是在这个要求上发展起来的。微波技术原来主要是用于通信,现在也被用来作为非电量检测技术的一种手段。有关其他原理、方法的无接触式测量技术目前还在不断探索中。

3. 多参数融合化

随着检测技术的发展,人们对检测系统的要求不再满足于对单一参数的测量,而是希望能实现对系统中多个参数进行融合测量。即利用先进的测量技术,对系统中的多个参数进行单次测量,然后通过一定的算法对数据进行处理,分别得到各个参数。多传感器信息融合技术因其立体化的多参数测量性能而被广泛应用于军事、地质科学、机器人、智能交通、医学、工业等众多领域。

1.3.2 发展特征

随着各种新技术的出现,在现代工业生产、仪器仪表高度自动化和信息管理现代化的过程中,大量以计算机为核心的信息处理与过程检测相结合的实用检测系统相继问世。其检测系统发展趋势大致呈现下列几个特征:

1. 综合化

电子测量仪器、自动化仪表、自动化检测系统、数据采集系统在过去分属于不同的应用领域,并各自独立发展。由于生产自动化的需求,它们在发展中相互靠近,功能相互覆盖,差异逐渐缩小,体现出一种信息流综合管理的特点,其综合的目的是为了提高人们对生产过程全面的监视、检测、控制与管理等多方面的能力。与此同时,对检测技术本身也提出了更高的技术要求,如高灵敏度、高精度、高分辨率、高响应性、高稳定性以及高自动化性等,这就要求提高系统的综合设计能力,综合利用内在规律,使系统向功能更强和层次更高的方向发展。

2. 智能化

现代检测系统,或多或少地趋于智能化这个特点。智能化仪表或系统,可以在个别部件上,局部或整体系统上,使之具有智能特征。例如,智能化检测仪表,它能在被检测参数变化时,自动选择测量方案,进行自校正、自补偿、自检测、自诊断,还能进行远程设定、状态组合、信息存储、网络接入等,以获得最佳测试结果。为了更有效地利用被测量,在检测时往往需要附加一些分析与控制功能,如采用实时动态建模技术、在线辨识技术等,以获得实时最优和自适应特性。

3. 系统化及标准化

现代检测任务更多地涉及到系统特征。例如,作为采集检测用的前端机或仪表,它需要与生产设备的主机、辅机合成一体,相互建立通信联系,有时还需要以一个车间、一个工厂作为系统的整体,由此形成了各种集散式、分布式数据采集,以适应系统开发、复杂工程及大系统的需要。在研究集散与分布式系统中,要涉及数据通信、计算机网络技术及系统分层递阶控制技术等知识。在向系统化发展的同时,还涉及系统部件接口的标准化、系列化与模块化,以便搭建通用系统。

4. 虚拟化

虚拟仪器 VI (Virtual Instrument) 是随着计算机技术和现代测量技术的发展而产生的一种新型高科技产品,代表着当今仪器发展的新方向。VI 的主要工作是把传统的控制面板移植到普通计算机上,利用计算机的资源,实现相关的测控需求。由于 VI 技术给用户提供了一个充分发挥自己才能和想象力的空间,用户可以根据自己的需求来设计自己的仪器系统,从而满足了多种多样的应用需求,具有极好的性能价格比,可被广泛地应用于试验、科研、生产、军工等方面的检测。

5. 网络化

智能检测可以用一台计算机来实现,也可以用多台计算机来实现,尤其在计算机网络技术迅速发展和普及的今天,将一个智能检测系统接入计算机网络,无疑会进一步增强其功能和活力。检测系统网络通常包含两个层面:一是传感器网络,二是检测系统网络。前者是将现场总线系统技术和嵌入式技术应用到传感器当中,将众多的传感器组成一个局部网络,后者是将传统的以太网技术(或工业以太网技术)直接应用到检测系统中,实现批量数据的快速传递与共享。

1.4 采油螺杆泵的发展概述

20 世纪 20 年代中期,法国人勒内莫依诺发明了螺杆泵,并在 30 年代初期获得了专利。随后,法国 PCM 泵公司、英国 Moyno 泵有限责任公司以及美国 Kois & Myers 公司开始生产这种泵,还有一些小公司也依据莫依诺原理(螺杆泵工作原理)制造出相关的产品。螺杆泵相继在化学、煤炭、机械制造、矿业、造纸、石油、纺织、烟草、水及废水处理等领域得到应用。

1945 年以来,螺杆泵在技术和制造工艺上都作了大量的改进和完善,继法国之后,美国、前苏联以及加拿大等国家都开展了螺杆泵的制造和应用研究。20 世纪 50 年代中期,莫依诺原理被应用于水力马达,广泛用于钻井工业中,这是反用螺杆泵的功能,即利用钻井泥浆驱动转子转动,使之成为原动机。

20 世纪 60 年代末,前苏联开发应用了潜油单螺杆泵采油系统用于井下原油的

举升,并形成了排量为 $10 \sim 200 \text{ m}^3/\text{d}$ 、扬程为 $600 \sim 1\,200 \text{ m}$ 的系列产品。由于该种螺杆泵转子转速很高($2\,800 \sim 3\,000 \text{ r/min}$),致使定子橡胶的抗磨损性能、抗疲劳性能不能满足长期使用的要求,加之该种举升系统复杂、成本较高等不利因素的影响,潜油螺杆泵采油没有得到广泛推广与应用。

20 世纪 80 年代,螺杆泵被用作石油工业中的人工举升设备,美国的 Kois & Myers 公司是首批采油螺杆泵的制造商,他们把螺杆泵作为一种代替常规举升工艺的替代技术推向市场。美国、法国、加拿大和德国等相继成功开发了排量为 $2 \sim 300 \text{ m}^3/\text{d}$ 、扬程为 $500 \sim 2\,000 \text{ m}$ 的地面驱动螺杆泵的系列产品,并得到广泛应用。20 世纪 80 年代初美国开始推广使用 Мейко 公司生产的地面驱动螺杆泵,该泵主要用于开采高黏度石油,其最大下井深度为 $1\,000$ 多米。Родемип 公司于 20 世纪 80 年代末开始生产类似的螺杆泵装置,与 Мейко(Нейко)公司生产的螺杆泵相比,该泵性能更加完善,可在井深 $2\,000 \text{ m}$ 以内采油,最大产量为 $240 \text{ m}^3/\text{d}$ 。此外加拿大的 Corod Manufacturing 和 Amoco 加拿大石油有限公司也研制了用于开采高黏石油(脱气后为 $60\,000 \text{ MPa} \cdot \text{s}$)的大扭矩($1\,900 \text{ N} \cdot \text{m}$)螺杆泵,当时生产地面驱动螺杆泵的厂家已达到 10 家。我国从 20 世纪 80 年代中期将螺杆泵引入到油田生产当中,1986 年大庆油田从加拿大 Griffin 公司引进螺杆泵在油田试用,从此,国内厂家便开始了较系统地研制井下采油螺杆泵的工作。

20 世纪 90 年代初期,随着水平井、定向井、斜直井在油田的比例不断增加,以及高黏、高含砂重油油藏的相继开发,美国、加拿大等国的一些石油公司又重新开展了潜油螺杆泵采油系统的研究与试验工作。与前苏联开发的潜油螺杆泵不同的是,为了提高螺杆泵的使用寿命,开发了能够降低转子转速的井下减速装置,使转子转速降为 $500 \sim 1\,000 \text{ r/min}$ 。虽然使潜油螺杆泵性能有所改善,但实际应用还很少。我国于 20 世纪 90 年代中后期开始尝试潜油螺杆泵的研发工作,但进展不大,尚处研发阶段。

20 世纪 90 年代中期,我国较大范围地开始研究并应用地面驱动螺杆泵,已形成了排量 $2 \sim 200 \text{ m}^3/\text{d}$ 、扬程为 $500 \sim 1\,800 \text{ m}$ 的系列产品,并已在国内各油田逐步推广应用。

目前,采油单螺杆泵在国外已得到了普遍的应用,采油螺杆泵的下井深度已达到 $2\,438 \text{ m}$,最大排量已达到 $795 \text{ m}^3/\text{d}$,泵的平均净举升高度为 $900 \sim 1\,550 \text{ m}$,实际排量为 $80 \sim 160 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在这种情况下,系统的平均效率在 63% 左右,定子的平均寿命为 $1 \sim 2$ 年,地面驱动部分的寿命在 5 年以上,推荐泵的转速在 500 r/min 以下。

随着我国各大油田的不断开发,油田开发的难度不断增加,如大庆油田的原油生产已经进入高含水期,在这种情况下举升设备的重要性就日显突出。螺杆泵以其优越的性能在油田生产中的作用越来越显著,目前,螺杆泵采油作为一种重要的

油田举升方法,其应用数量与水平正呈明显的上升趋势,在今后的石油开采中,以螺杆泵作为举升工具的采油井数量还会继续增加。截至 2003 年 6 月底,大庆油田在用螺杆泵井累计达到 916 口,排量范围 $5 \sim 240 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程 $800 \sim 1\,200 \text{ m}$,平均检泵周期超过 400 d,预计 2003 年底可突破 1 500 口井。

1.5 螺杆泵采油的特点

1.5.1 螺杆泵采油的优势

螺杆泵采油作为一种新兴的人工举升方式,具有投资少、设备结构简单、操作方便、节能效果明显以及适应性强等特点,能有效降低采油成本,提高采油效益,由于具有抽油机柱塞泵、潜油电泵、水力活塞泵等机采方式无法比拟的优点,因此备受国内外油田重视,并有望成为油田主要的机采方式之一。

螺杆泵与其他机械采油设备相比,具有以下优点:

(1) 一次性投资少。螺杆泵与电动潜油泵、水力活塞泵和游梁式(链条式)抽油机相比,结构简单,一次性投资最低。

(2) 泵效高,节能效果好,维护费用低。由于螺杆泵是螺旋举升的容积泵,流量无脉动,轴向流动连续,流速平稳,负载稳定,机械损失小,泵效高达 90%,是现有机械采油设备中能耗最小、效率较高的机种之一。

(3) 安装方便,占地面积小。螺杆泵地面装置简单,安装方便,可以直接安装在井口套管四通上,除原井口外,几乎不另占面积。

(4) 适合稠油开采。螺杆泵可开采的原油的黏度范围较广,适合于黏度为 $8\,000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ($50\text{ }^\circ\text{C}$) 以下的原油开采,因此多数稠油井都可以应用。

(5) 适用于高含砂井。理论上,螺杆泵可输送含沙量达 80% 的砂浆,在原油中含沙量高达 40% 的情况下,螺杆泵仍可正常生产(沙埋情况除外)。

(6) 适应高含气井。螺杆泵不会气锁,因此较适合于油气混输,但井下泵入口的游离气体会影响容积效率。

(7) 适合于海上油田纵式井组和水平井。螺杆泵可下在斜直井段,而且设备占地面积小,因此适合于海上采油。

1.5.2 螺杆泵采油的局限性

螺杆泵在使用过程中也要受到如下条件的限制:

(1) 排量限制。目前螺杆泵的最大排量一般低于 $400 \text{ m}^3/\text{d}$,虽然研究人员试图通过结构参数优化、增加运动比值等途径提高螺杆泵的排量,但受到研究条件和

其他条件的限制,目前实际效果并不明显。

(2) 扬程限制。螺杆泵的扬程与转子与定子的过盈值和级数密切相关,增大这两项参数,势必会导致扭矩的大幅度增加,工作环境更加恶劣,从而增加抽油杆柱断裂的危险。另外,螺杆泵的加工工艺也限制了螺杆泵转子和定子的长度。目前,国外螺杆泵的最大扬程可以达到 2 000 m 以上,而国内最大只能达到 1 500 m 以下,限制了螺杆泵应用于深井的开采。

(3) 工作温度限制。螺杆泵定子衬套一般采用丁腈橡胶,因此螺杆泵的工作温度决定于丁腈橡胶的耐热性能。

(4) 应用条件的限制。不同橡胶的配方对不同的原油物性适应性也不同,这主要是由原油中烃的组分对橡胶性能的影响不同造成的。 H_2S 含量高会使橡胶变硬、变脆,降低定子的使用寿命。在采油的增产措施(如三元复合驱等)中使用的化学药剂对定子橡胶也会有影响,如溶胀、结垢等。

(5) 管理经验的限制。由于螺杆泵在采油工艺中应用的时间较短,许多经验需要在实践中逐步总结和摸索,这也是限制螺杆泵应用的一个重要因素。

1.6 螺杆泵采油系统的组成

目前,螺杆泵采油系统按驱动头位置的不同可分为地面驱动和井下驱动两大类。

1.6.1 地面驱动螺杆泵采油系统

地面驱动螺杆泵采油系统是螺杆泵采油系统中结构形式最简单,也是国内外油田应用最广的一种螺杆泵采油形式。地面驱动螺杆泵采油系统主要由地面驱动部分、井下部分、电控部分、配套工具四部分组成。

1. 地面驱动部分

地面驱动装置(驱动头)是螺杆泵采油系统的主要地面设备,它是把动力通过抽油杆传递给井下的螺杆泵转子,使转子实现自转和公转,实现抽汲原油的机械装置。地面驱动装置可采用机械传动和液压传动两种形式,机械传动的地面驱动装置有无级变速和分级变速两种类型。无级变速又可分为机械式和变频式两种:机械式无级变速器的成本低,但传动比系列受限制,不便于遥控;变频式无级变速器是利用改变电流频率进行变速,允许电动机低速启动,在完全平衡的情况下将转速平滑地增加到最大值,可遥控调节转速。下面以机械传动的驱动装置为例介绍它的组成,如图 1-1 所示。

(1) 电机,是螺杆泵的动力源,将电能转化为机械能,一般采用防爆型三相异

步机。

(2) 减速器,主要作用是传递动力并实现二级减速。电机的动力通过皮带传动传递给减速器的输入轴,减速器通过一对锥齿轮传动将动力传递给输出轴。减速器除了具有减速、传递动力的作用外,还将抽油杆的轴向负荷传递到采油树上。

(3) 方卡子,主要作用是将减速器输出轴与光杆连接起来。

(4) 密封盒,主要作用是密封井口,防止井液流出。

2. 井下部分

井下部分主要由抽油杆、接头、转子、导向头和油管、接箍、定子、尾管等组成。为了防止油管、定子脱扣,在尾管下部应安装油管锚定装置。

3. 电控部分

电控箱是螺杆泵井的控制部分,控制电机的启、停。该装置能自动显示、记录螺杆泵井正常生产时的电流、电压等,有过载、欠载自动保护功能,确保油井的正常生产。

4. 配套工具

(1) 专用井口。它简化了采油树,使用、维修、保养方便,同时增加了井口强度,减小了地面驱动装置的振动,起到保护光杆和换密封盒时密封井口的作用。

(2) 特殊光杆。它强度大、防断裂、光洁度高,有利于井口密封。

(3) 抽油杆防倒转装置。防止了抽油杆倒扣。

(4) 油管防脱装置。锚定泵和油管,防止油管脱落。

地面驱动螺杆泵采油系统的工作原理是:地面驱动装置带动抽油杆柱旋转,使螺杆泵转子随之一起转动,井下产出液由螺杆泵下端吸入,从上端排出,并沿油管柱向上流动,经井口流入油管线。这种采油方法简便,实际使用时井下也不需要再安装卸油装置。由于螺杆泵转子随抽油杆柱下入和起出,螺杆泵转子一旦脱离定子(泵筒),油套管之间便连通,于是起到了卸油的作用,同时可在生产过程中测量动液面,费用也较低,是较理想的采油方法之一。

地面驱动螺杆泵采油系统是利用抽油杆传递螺杆泵所需要的扭矩,因此在大排量情况下很难实现深井采油,一般适用于井深1 000米左右的直井。

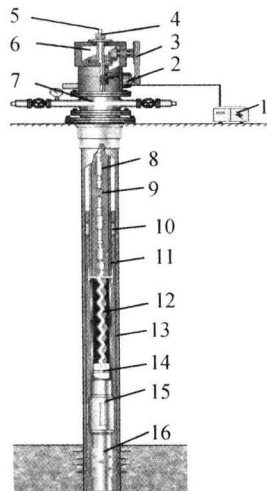


图 1-1 地面驱动螺杆泵采油示意图

- 1—电控箱;2—电机;3—皮带;
- 4—方卡子;5—光杆;6—减速器;
- 7—专用井口;8—抽油杆;
- 9—抽油杆扶正器;10—油管扶正器;
- 11—油管;12—螺杆泵;13—套管;
- 14—定位销;15—防脱装置;16—筛管

1.6.2 井下驱动螺杆泵采油系统

按驱动形式不同,可分为电驱动和液压驱动两种形式。动力置于井底,不用抽油杆,其系统结构特点如下:

1. 电动潜油螺杆泵采油系统

如图1-2所示,将潜油电动机、保护器和螺杆泵组合在一起,下入井下,利用电缆将其地面电力输送到井下潜油电动机,地面上有变压器和自动控制柜等。当井底电机接通电源后,电机驱动螺杆泵工作,将井底产出液泵入油管内,并通过油管柱向上被举升至井口,最后进入油管线。正常工作时,卸油器通孔是关闭的,起下油管时卸油器旁通孔被打开,使油套管之间相互连通,起平衡管柱内外压力的作用。电动潜油螺杆泵采油工艺简单,而且可在不停产情况下直接测量动液面,但井底电机、电缆和其接头在井液中要保持绝缘的状态下长时间可靠地工作仍是个棘手的问题。

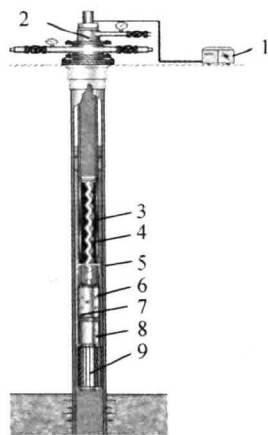


图1-2 潜油螺杆泵采油示意图

- 1—电控箱;2—专用井口;3—油管;
4—螺杆泵;5—套管;6—筛管;
7—电缆;8—保护器;9—电机

由于电动潜油单螺杆泵和驱动其工作的电机都处于地下,因而不需要抽油杆传递动力,特别适合于深井、斜井和水平井采油作业。较早开展这种泵研究工作的是前苏联和法国,近年来,美国等发达国家也开始重视电动潜油螺杆泵的开发,并在多砂、高黏深井、定向井、水平井中采用,取得了很好的效果。在某些情况下,电动潜油螺杆泵的使用寿命甚至比电动潜油离心泵高5倍,电动潜油螺杆泵寿命的提高,大大降低了采油成本,使一些原来经济上无开采价值的油井有了良好的效益。

2. 液压驱动螺杆泵采油系统

利用地面泵提供一定压力和排量的液体,通过油管通向井下液压马达,驱动螺杆泵转子旋转抽油。整个系统分为地面和地下两部分,地面设备有管路、油水分离器、供液泵,井下设备有旁通阀、液压马达、封隔器和螺杆泵。工作时供液泵将高压水通过油管供给液压马达,液压马达转动带动螺杆泵工作,井底产出液从螺杆泵上部排出并与动力液混合后流入油管和套管的环形空间返回井口,经分离计量后流入大罐,分离出的水再注入供液泵,循环使用。

正常工作时,旁通阀靠压力差处于关闭状态。起下油管柱时,阀靠弹簧打开,使油管和套管的环形空间相互连通,从而起平衡管柱内外压力的作用。

由此可见,液压驱动(液力)螺杆泵采油流道简单,对动力液要求低,一般的工业用水便可作为动力液,简化了动力液净化系统。只要调节地面动力泵的流量,就可以调节单螺杆泵的转速,使它能在工况不稳定的油井中或者在具有不同产量的黏油井中有效地进行抽油。用热动力液可以简化高凝油井的开采并且方便螺杆泵的启动。液力螺杆泵采油虽比电动螺杆泵复杂,涉及到的设备较多,且在测试液面时须关井停泵,但这些设备的问题容易解决,且系统工作可靠,并能根据油层供液能力、动液面深度和泵挂深度,确定系统的技术参数,同时一个地面站可集中管理多口井,便于维护和管理。

石油大学(华东)研制的单螺杆液动机-单螺杆泵装置,可将地面动力液送入井下的顶部螺杆衬套副中,以顶部螺杆衬套副作为动力,驱动底部螺杆衬套副旋转,由底部螺杆衬套副作为泵来实现采油作业,目前这种装置在国外已投入现场应用,但数量较少。

1.7 新型采油螺杆泵

随着螺杆泵研发技术水平的提高,加之新材料、新工艺的不断涌现,螺杆泵的泵体技术发展较快,出现了以下几类能够解决专项问题、满足不同需要的螺杆泵。

1. 等壁厚定子螺杆泵

常规螺杆泵定子是将丁腈橡胶浇铸在钢体泵筒内形成的,衬套内表面是双螺旋曲面,其厚度不均匀,因此螺杆泵工作时,转子对它摩擦和冲击的机械能将转变成热能,这些热量主要聚集在橡胶较厚的部位,造成橡胶溶胀不均匀,溶胀大的部位的物理和机械性能大幅度降低,同时局部摩擦增大,磨损严重,导致螺杆泵定子过早失效。

加拿大 Weatherford 公司和美国休斯顿 National-Oilwell 公司已经开发了等壁厚定子螺杆泵。将定子的钢套内壁设计成双螺旋面,从而保证橡胶衬套的厚度均匀,定子的钢套外壁可以是圆柱面,也可以是双螺旋面,如图 1-3 所示。

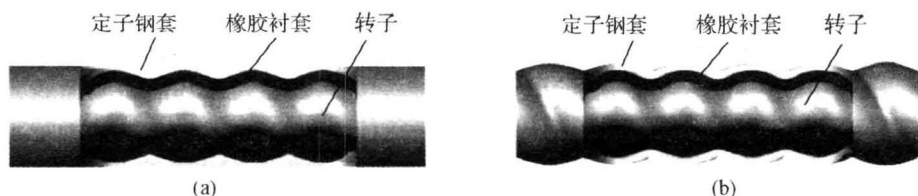


图 1-3 等壁厚定子螺杆泵

等壁厚定子螺杆泵与常规螺杆泵相比,具有以下优点: