

# 螺杆泵采油工艺在青海油田的应用及现场评价

田扬<sup>\*1</sup>, 刘文博<sup>2</sup>

(1. 西安石油大学, 陕西 西安 710065; 2. 青海油田采油二厂, 青海 格尔木 816400)

**摘要:**根据螺杆泵采油工艺技术在青海油田的应用现状,本着节约能耗提高生产效益的宗旨,采用理论分析与实际应用情况相结合的方法,阐明螺杆泵采油在青海油田的应用状况及其优势,分析指出现场应用中所存在的问题,并针对所存在的问题提出可行性建议,优化螺杆泵在该油田的应用,提高螺杆泵的现场管理水平及举升效益。

**关键词:**螺杆泵采油技术; 节能; 现场评价; 问题及对策

**中图分类号:**TE35 **文献标识码:**A **文章编号:**1004—5716(2010)12—0102—03

## 1 螺杆泵采油工艺技术

地面驱动螺杆泵采油是20世纪80年代发展起来的一种新型机械采油技术<sup>[1]</sup>。螺杆泵兼有离心泵液流平稳和容积泵效率高的特点,具有举升效率高、占地少,安装、管理方便,并况适应性强等一系列优点<sup>[2]</sup>,近几年来在全国各油田被广泛应用。

近年来,国内外在螺杆泵新工艺、新材料的研究开发方面,取得了一批新成果,极大地提高了螺杆泵的应用范围。青海油田应用螺杆泵采油工艺也有一段时间,但是,就其应用规模和技术水平而言,仍然处于探索阶段。

其工作原理是沿着螺杆泵的全长,在转子外表面与定子橡胶衬套内表面间形成多个密封腔室;随着转子的转动,在吸入端转子与定子橡胶衬套内表面间会不断形成密封腔室,并向排出端推移,最后在排出端消失,油液在吸入端压差的作用下被吸入,经电加热杆加热降粘,并由吸入端推挤到排出端,压力不断升高,流量非常均匀。螺杆泵工作的本质即密封腔室不断形成、推移和消失的过程。

## 2 在青海油田的应用效果及评价

### 2.1 空心杆螺杆泵洗井工艺

#### 2.1.1 空心杆螺杆泵简介

利用高强度空心抽油杆替代常规螺杆泵装置的实心抽油杆,并配套分体式电加热电缆、回路器形成回路,将电能转化为热能使空心杆杆体温度升高,

将油管内原油进行全程加热,以降低原油粘度,防止油管结蜡,既能有效地解决高凝、高粘、高含蜡原油在开采过程中举升困难的问题,又能进一步提高产量,同时大幅度地节约采油成本。这套装置具备如下几个特点:

(1)抗扭能力增大,与1英寸的实心抽油杆相比, $\varnothing 34 \times 5$ 空心抽油杆的抗扭能力是1英寸实心抽油杆的1.8倍, $\varnothing 36 \times 5.5$ 空心抽油杆的抗扭能力是1英寸实心抽油杆的2.1倍。

表1 空心抽油杆尺寸

空心抽油杆规格	长度 (m)	最大外径 (mm)	连接螺纹规格	短节长度 (m)	光杆长度 (m)
$\varnothing 36 \times 5.5$	7.5	$\varnothing 58$	1-9/16 抽油杆螺纹	0.6	8.0
	8.0			1.0	8.5
	8.5			2.0	9.0
				3.0	

(2)可以实现螺杆泵转子到地面之间的全程均匀加热,热效率高,可以改善原油的物性,提高原油的流动性,减小空心抽油杆的旋转扭矩。

(3)加热温度可以调控,根据油井的实际情况,设定加热功率,以达到高效节能地开采高粘、高凝油的目的。节电率可达到15%~25%。

\* 收稿日期:2010-03-02

第一作者简介:田扬(1985-),女(汉族),陕西西安人,西安石油大学在读硕士研究生,研究方向:采油工程理论与技术。

(4)现场操作简便,容易管理。

(5)能改善螺杆泵驱动头电动机的工作状况,提高整套装置的性能。

### 2.1.2 现场应用

2007年针对洗井漏,洗井液返排时间长的问题,在我厂试验了空心杆采油工艺,目前跃二6-4井正在使用空心杆螺杆泵采油工艺,空心杆尺寸如表2所示。

表2 6-4井空心抽油杆尺寸

空心抽油杆规格	长度(m)	最大外径(mm)	连接螺纹规格	短节长度(m)	光杆长度(m)
	8.7				
∅34×886.01	8.6	∅58	1-9/16抽油杆螺纹	0.8	8.16
	8.8				

在空心光杆上端装有单流阀。该空心杆主要用于洗井,洗井管线一端连接空心光杆上端的单流阀,一端连接洗井泵车出口,洗井液从空心杆进入,从油管返出,不会进入油套环空,能达到油杆、油管内壁彻底清洗的目的,解决井漏、返排时间长的问题,能有效的避免地层污染,空心杆螺杆泵在油田现场的应用,取得了很好的效果,有效地解决了洗井难的问题。

### 2.1.3 优点

利用高强度空心抽油杆替代常规螺杆泵装置的实芯抽油杆,并配套分体式电加热电缆、回路器形成回路,将电能转化为热能使空心杆杆体温度升高,将油管内原油进行全程加热,以降低原油粘度,防止油管结蜡,既能有效地解决高凝、高粘、高含蜡原油在开采过程中举升困难的问题,又能进一步提高产量,同时大幅度地节约采油成本。

从表3中可以看出,电流在洗井前后有明显降低,洗井后油压有明显上升,套压不变。载荷有所减小,洗井见效。

表3 跃Ⅱ6-4井洗井前后电流及油套压的变化

电流变化		油压变化		套压变化	
洗井前	洗井后	洗井前	洗井后	洗井前	洗井后
38	28	0.4	0.6	0.2	0.2

所取得的经济效益:使用空心杆洗井可延长检泵周期60d。普通热洗单井单次需要用水45m<sup>3</sup>,采

用空心杆后洗井单井单次用水30m<sup>3</sup>,按单井平均每年洗井20次,单井每年可节约300m<sup>3</sup>水,每次因减少排液时间2d,提高采油时率6%,按抽油机使用18.5kW的电机,通过变频输出后每小时用电11度计算,单井每年节约用电6336度;日产油5t计算,单井每年增油100t油。

### 2.1.4 局限性

(1)单流阀失效。近一年的使用表明,由于单流阀的失效使得空心杆洗井工艺技术在跃进二号的推广受到限制。

解决方法:对单流阀进行过改造,目前在跃Ⅱ4-9上和跃Ⅱ3-5井试用。改进单流阀后,洗井启动压力由原来的15MPa,下降到11MPa,瞬时排量由4m<sup>3</sup>/h上升为8~10m<sup>3</sup>/h,洗井车一挡泵压力由9MPa下降到4MPa。采用改进后的单流阀,可实现洗井车二挡排量压力为7MPa,空心杆大排量洗井,满足油井正常维护清蜡需要。

(2)没有实心抽油杆结实。解决方法:设计使用高强度钢质的空心杆。

(3)腐蚀问题。在利用空心杆进行清防蜡时,空心杆的腐蚀问题比较严重。解决方法:使用防腐蚀的材料制造空心杆。

(4)虽然空心杆能有效的清蜡,但是不能达到彻底清蜡。由于泵压的影响或洗井液量的影响,流体速度不够快造成蜡块沉积,清蜡不彻底的结果,因此考虑大排量洗井或增大泵压,但是泵压过大会对杆造成损伤。所以,泵压的确定显得尤为重要。

(5)空心杆应加强防腐、防垢处理。若没有,会导致空心杆内径生锈,使用寿命会大大减弱。

## 2.2 电加热杆的使用

螺杆泵电加热装置适用条件为:

(1)适用于高粘稠油,100%的水、液-汽两相液体和含砂液体,只要油井含气量不达到形成气塞(柱子状)的程度,均可保持正常生产,不会发生气锁现象。

(2)原油含砂量不应大于3%,超出规定应进行防砂处理。

(3)原油中如含有硫、氯及硫化氢,及时通知厂家。

(4)井斜不应大于10°,油井套管不应变形,以防坐封不牢。

(5)油井供液应充足,确保泵的沉没度不小于

200m,否则定子胶套将因缺液体润滑,而过热老化,形成龟裂、碎胶、以至脱胶。

### 2.2.1 现场应用

对于一些产液量大,含水较低的油井,为了保证油井的产液量和保护地层,油田试验了电加热螺杆泵。2008年6月在跃Ⅱ4-15和跃Ⅱ4-15下两口井下入电加热螺杆泵(此时4-15井日产液平均21.37t/d,含水平均40.1%,4-15下井日产液平均20.17t/d,含水平均9%),6月30日启抽,启抽后每10d加热一次,用80A的电流加热10h;2008年9月、10月分别因螺杆泵原因检泵,2008年10月至今未检泵,目前生产正常,日产液10~13m<sup>3</sup>,含水40%。经过近1a的使用,通过跟踪该井电流与产量对比,清蜡效果较好,油井生产平稳。

通过换算得出加热功率为40kW/h,所以每次加热耗电400度,按照2.5元/度计算,每月加热耗费约3000元,如果使用普通热洗1次/月的耗费约5000元。与热洗相比这一工艺大大节约了成本,也消除了排液周期对产量的影响和入井液对地层的影响,是一种经济、有效的工艺。2009年3月由于跃Ⅱ4-15下井水淹,该设备调整到跃Ⅱ5174井使用,目前使用正常。螺杆泵电加热抽油杆在切6井区应用,定期进行加热,有效解决了切6区块稠油井的蜡卡问题。

### 2.2.2 局限性

使用电加热杆,油井的清防蜡效果明显增强,但是成本高。采出效益是否大于投资成本与用电量有直接的关系。

解决方法:建议采用智能化的、能自动控温的加热装置,对螺杆泵井进行间歇加热。例如跃二244井的电磁加热炉可以设定温度的上下限,当温度超过一定值,此装置将自动断电对其进行间歇加热,不仅能有效的清防蜡,而且节约能源。

## 3 存在的问题及解决方法

### 3.1 定子橡胶失效

由于清防蜡工艺不完善,采用化学清防蜡对螺杆泵定子损坏较大,采用热洗时洗井温度对定子橡胶有一定的影响(采用普通热洗要考虑将螺杆泵转子起出定子打开油管内的油流通道),导致定子橡胶失效原因有:由于局部过热导致疲劳故障、化学影响、气体影响、干运行、磨损、压力过大。

解决方法:对空心抽油杆进行技术改进,将油管

直径加大为89mm,对单流阀进行结构改造,增大过流面积,实现完全清蜡,延长检泵周期大于300d。

### 3.2 螺杆泵井杆柱断裂

热处理质量加工方法与设计工艺缺陷;锻造质量泵杆不匹配;冲击载荷影响;井身结构影响;泵质量问题;抽油杆偏磨引起断裂。解决方法:优化泵结构及优选抽油杆材质。

### 3.3 螺杆泵井杆柱脱断

在螺杆泵应用初期,杆柱大多采用抽油机井用普通抽油杆,由于负载状况不同,普通抽油杆不太适合螺杆泵井杆柱配套需要,杆柱脱扣事故时有发生。杆柱脱扣是由于杆柱反转造成,主要有以下几个方面的原因:抽油杆弹性变形能释放;液体回流影响;产能影响。

解决方法:应用螺杆泵电加热系统防脱断技术。

(1)采用阻尼式液压驱动装置,该装置具有双液压刹车系统,停机后,不需任何操作,光杆扭矩自动缓慢释放,直至恢复自然状态,提高防脱断能力。

(2)电加热抽油杆采用锥形丝扣的螺纹比一般抽油杆要多3扣,加上耐150℃的O型圈,使螺杆泵电加热抽油杆的防脱断及密封能力提高。

(3)电加热抽油杆采用炖杆、摩擦焊两种制造,经过中频调质处理,电加热抽油杆壁厚达到5.5~6.5mm,接头外径56mm,消除了抽油杆的薄弱环节,提高了防脱断能力。

### 3.4 螺杆泵井杆柱撻扣

所谓撻扣就是抽油杆螺纹牙被剪切而失效的现象。

造成抽油杆撻扣的原因很多,主要有以下几方面原因:(1)原油中的腐蚀性介质与抽油杆螺纹接触后,对螺纹表面产生腐蚀性作用,使螺纹抗剪切能力下降;(2)螺纹尺寸不规范,连接后运输线纹间隙过大,使得实际受剪切面减小;(3)抽油杆螺纹某处发生变形,在旋合过程中对与其接触的螺纹造成损伤,使螺纹失去了原有的承载性能。解决对策:插接式抽油杆。

#### 参考文献:

- [1] 吴奇. 井下作业监督[M]. 北京:石油工业出版社, 2003.
- [2] 张震,任志臣,陈洪维,张金红,黄冬菊. 螺杆泵采油工艺技术现状[J]. 油气田地面工程, 2007, 26(9).

# 螺杆泵采油工艺在青海油田的应用及现场评价

作者: [田扬](#), [刘文博](#)  
 作者单位: [田扬\(西安石油大学, 陕西, 西安, 710065\)](#), [刘文博\(青海油田采油二厂, 青海, 格尔木, 816400\)](#)  
 刊名: [西部探矿工程](#)  
 英文刊名: [WEST-CHINA EXPLORATION ENGINEERING](#)  
 年, 卷(期): 2010, 22(12)  
 被引用次数: 0次

## 参考文献(2条)

1. 吴奇. 井下作业监督[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
2. 张霞, 任志臣, 陈洪维, 张金红, 黄冬菊. 螺杆泵采油工艺技术现状[J]. 油气田地面工程, 2007, 26(9).

## 相似文献(7条)

1. 期刊论文 [李登金, 邵泽恩, 张祖峰](#) 大排量螺杆泵采油技术在高含水油田的应用 -资源节约与环保2009(3)

本文通过大港油田第六采油厂在高含水阶段使用电泵采油技术的能耗现状分析, 根据螺杆泵采油技术发展状况, 完善了螺杆泵采油配套技术, 从而使得螺杆泵采油技术从产液量和油井的检泵周期方面均有了较大的提高. 通过大排量螺杆泵采油工艺与电泵采油工艺对比分析, 进行了大排量螺杆泵采油工艺的推广应用, 应用结果证明, 应用大排量螺杆泵采油技术在同等采液量的情况下, 能耗仅为电泵采油工艺的三分之一, 取得了较好的节能效果, 证明大排量螺杆泵采油工艺在高含水油田具有广阔的应用前景.

2. 学位论文 [王森峰](#) 螺杆泵采油经济评价研究与实现 2007

在油田开发过程中, 相同的地质条件下, 采用何种举升工艺将会直接影响最终的经济效益. 在当前市场经济条件下, 效益问题已成为企业生产经营的中心, 尤其是在油田开发后期节能降耗及降低开采成本, 提高油田开发经济效益已成为必须要重点研究的问题.

螺杆泵采油技术自1990年在大庆油田使用以来, 以其独特的优点, 已经迅速发展成一种常规的人工举升方式. 为了充分发挥螺杆泵采油技术的优势, 有必要开展举升方式经济效益综合评价研究, 确定螺杆泵采油技术合理的经济界限, 对于油田开采后期降低成本、减少投入, 更好地适应举升技术的发展需求具有十分重要的意义. 因此螺杆泵采油经济界限分析技术的研究对于提高油田举升工艺技术的经济适应性显得尤为重要.

本文对此作了研究, 提出了三种举升方式经济界限的评价方法, 通过一系列经济评价所特有的指标分析数据关系及结构模型, 建立了相关数据库, 并在此基础上研制了经济界限评价分析系统.

螺杆泵采油经济评价是螺杆泵采油技术可行性研究的有机组成部分和重要内容. 它是在螺杆泵举升工艺技术项目决策前的可行性研究, 本文采用现代分析方法, 对投资项目进行投入产出分析、预测和研究, 确定其经济的合理性, 为决策提供参考依据.

3. 学位论文 [王炯](#) 地面驱动螺杆泵采油系统的智能控制研究 2008

螺杆泵采油技术以其工艺简单、管理方便、适应于高粘度、高含砂开采等优点, 越来越多的用于稠油油藏的开发. 但螺杆泵采油设备的稳定性、可靠性和配套工艺技术的完善程度与常规机采方式相比还存在一定差距. 为最大限度的增产、增效, 提高设备利用率, 需要对目前的螺杆泵进行科学合理调参, 自动控制、变频调速, 以达到增产节能, 提高系统效率的, 充分发挥螺杆泵的潜力. 本文主要对地面驱动螺杆泵采油智能控制系统进行研究.

<br>

针对长庆油田特低渗、异常低压、低丰度的岩性油藏特点以及进入高含水开发后期原油生产成本持续攀升等制约油田可持续发展的难题. 首先探讨了螺杆泵智能控制系统的的工作原理和总体设计方案; 通过对螺杆泵扭矩和转速等有关影响因素的分析与研究, 探讨了合理选择螺杆泵扭矩和转速的原则; 接着设计了智能控制器, 文中采用了模糊-神经网络控制器, 根据人们经验确定模糊规则, 用神经网络对规则进行学习优化, 以便达到较好的控制效果; 最后设计了螺杆泵智能控制系统的硬件和软件, 重点介绍了PLC的选型及模糊控制算法在PLC上实现整个过程. <br>

长庆油田第三采油厂红井子作业区的试验结果表明, 螺杆泵智能控制技术成功地解决了螺杆泵在当地大规模推广应用的技术难题, 进一步提高了螺杆泵井的管理水平, 有效地减缓了抽油杆的频繁断、脱问题, 延长了螺杆泵井的检泵周期, 达到了增产节能、提高系统效率等目的, 开创了长庆油田在高含水开发后期的一种新型采油模式.

4. 期刊论文 [柳海, 李纲要, 马增辉, 冯学章, 张晓红](#) 稀油井区螺杆泵采油工艺技术研究 -西南石油学院学报

2006, 28(6)

通过对螺杆泵结构及原理的研究, 结合油井生产条件, 选择适合螺杆泵采油工艺的油井, 利用专业优化软件进行螺杆泵采油工艺设计. 根据油井流入动态分析和实际生产情况, 确定油井的实际供排关系, 以选择螺杆泵的排量范围和型号, 进行抽油杆、驱动装置和井下举升系统的配套优化设计, 经过现场实测螺杆泵采油工艺与抽油机采油工艺的能耗数据对比, 油井供排关系和举升系统都能正常运行. 阐述了螺杆泵采油技术节能降耗效果, 为深井中质油开发提供了一种可行途径, 对油田开发生产有着重要的现实意义.

5. 学位论文 [吕彦平](#) 单螺杆泵采油系统动态预测及故障诊断技术研究 2007

地面驱动单螺杆泵采油系统是一种新兴的人工举升方式. 由于其具有维护管理方便、系统效率高、成本低等众多优点, 它在油田的应用逐步在扩大. 但因应用时间较短, 目前其配套技术研究滞后于实际应用, 尤其是动态预测及工况诊断技术研究相对滞后, 这制约了螺杆泵采油技术的进一步发展. 为充分发挥螺杆泵井高效节能的优势, 对地面驱动单螺杆泵采油系统动态预测及工况诊断技术进行深入研究具有重要意义.

首先, 根据螺杆泵井液流运动特点, 借鉴钻井液流动规律研究方法, 建立了地面驱动单螺杆泵井杆管环空举升流体稳态及非稳态螺旋流模型, 克服目前多数研究中将螺杆泵井液流运动仅考虑为多相流体轴向流动的缺点. 该模型考虑了杆管同心和偏心两种情况, 运用有限差分法及线性迭代法对其进行了数值求解, 并对流场参数进行了敏感性分析. 实例计算表明, 螺杆泵井杆管同心环空举升流体稳态螺旋流的轴向速度、周向速度、合速度以及压力梯度随转速的增加而增加, 视粘度随转速的增加而减小; 压力梯度随杆管直径比的增加而增大; 泵型对压力梯度、轴向速度、合速度影响很大. 对于杆管偏心环空举升流体稳态螺旋流, 压力梯度随着偏心距增加而下降, 随着转速增加近似线性增加, 随着杆管直径比的增加而增加. 螺杆泵井启动时, 角速度、轴向速度速度不断增加. 停机时, 角速度、轴向速度速度不断减小, 视粘度逐渐增加.

其次, 根据螺杆泵井抽油杆杆运动和受力特点, 并考虑液柱影响, 建立了螺杆泵井启动、正常工作及停机时杆、液柱耦合的动力学模型, 以井口驱动头运动规律和杆柱的井底受力情况为边界条件, 利用有限差分方法进行求解. 该模型可求出任意时刻、任意位置处杆柱扭矩、转角的大小以及任意时刻井液流动态参数变化情况, 利用该模型可进行杆柱优化设计以及抽汲参数优选.

最后, 在上述研究基础上, 建立了螺杆泵井计算机诊断数学模型. 对螺杆泵井故障形式进行划分, 基于对造成螺杆泵井各种故障原因的分析, 结合层次分析法和模糊数学原理, 提出了一种循序渐进的螺杆泵井故障诊断方法, 该方法首先用对比诊断法进行初步诊断, 而后利用层次分析诊断法对故障的可能性进行排序, 最后利用计算机诊断模型进行较精确的诊断. 编制了相应的计算机软件. 实例验证结果表明, 故障诊断结果与实际基本情况吻合; 动

态预测模型的扭矩计算结果平均误差为3.21%。本文的研究将对螺杆泵并在油田的进一步应用提供指导意义。

## 6. 会议论文 [金奇光, 姚宝春, 张金利 螺杆泵举升采油节能分析](#) 2006

螺杆泵采油技术由于其举升效率高、占地少、安装、管理方便, 井况适应性强等一系列优点, 近几年来在全国各油田被广泛应用。扶余采油厂自2000年就开始进行螺杆泵采油试验工作。2004年随着扶余油田大规模井网调整改造, 螺杆泵采油得到了规模应用。截止2006年3月已经应用310口井。这些螺杆泵的应用解决了很多常规抽油泵无法解决的问题, 尤其是节能效果十分显著, 使用后收到了较好的经济效益。

本文通过螺杆泵在我厂的应用, 对我厂螺杆泵采油举升效率的分析、井况的适应性分析, 以及与常规抽油生产井应用效果的对比等多方面的阐述, 说明螺杆泵采油技术在吉林油田扶余采油厂起到了显著的节能效果, 为机械采油经济效益的提高提供了一条有效的途径。

## 7. 学位论文 [李志刚 地面驱动螺杆泵系统动态参数仿真及运行优化](#) 2006

螺杆泵采油系统具有结构简单、适应性强、节能效果明显等优点, 在油田得到越来越广泛的应用。但由于目前螺杆泵采油工艺及其配套技术尚不完善, 使得螺杆泵采油技术优势没有得到充分发挥。随着大排量螺杆泵的推广应用, 螺杆泵系统的振动问题日益突出, 因此研究螺杆泵采油系统动态特性与运行优化技术, 完善其工作理论具有重要的理论与实际意义。

本文在总结螺杆泵抽油杆柱受力的基础上, 改进了部分静力学参数的计算方法; 在考虑地面驱动与传动系统转动惯量对杆柱扭转振动影响的基础上, 完善了螺杆泵杆柱扭转振动特性分析的力学模型与固有频率的计算方法; 综合考虑电动机转速波动以及采油杆柱扭转振动对系统动态参数的影响, 建立了新的螺杆泵采油系统动力学数学模型, 分析了系统起动过程的动力学特性。

深入分析了螺杆泵采油系统各节点功率的影响因素, 改进了螺杆泵系统有效功率的计算方法, 并系统建立了各节点功率、系统效率与分效率的计算方法。仿真结果表明: 工作参数与油井参数对系统效率有显著影响; 优化抽汲参数与保持合理沉没度是提高系统效率的有效途径。

在假定原油流动系数函数模式的前提下, 应用测点拟合法推导出新型油井流入动态曲线模型。综合考虑油井流入动态与流压、杆柱固有频率、油井产能、杆柱强度等因素对系统效率的影响, 建立了以系统效率最高为目标函数的工作参数优化设计方法。优化算例表明: 优化抽汲参数是提高系统效率经济而有效的途径。

应用VisualBasic6.0语言, 开发了《螺杆泵采油系统动力学仿真与运行优化》计算机软件。应用实例表明, 该软件具有较高的仿真精度, 能满足工程实际应用的要求。

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_xbtkgc201012038.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_xbtkgc201012038.aspx)

授权使用: 东南大学图书馆(wfndnx), 授权号: 45a3c464-5e8f-4b6c-aea1-9e9600b93021

下载时间: 2011年2月26日