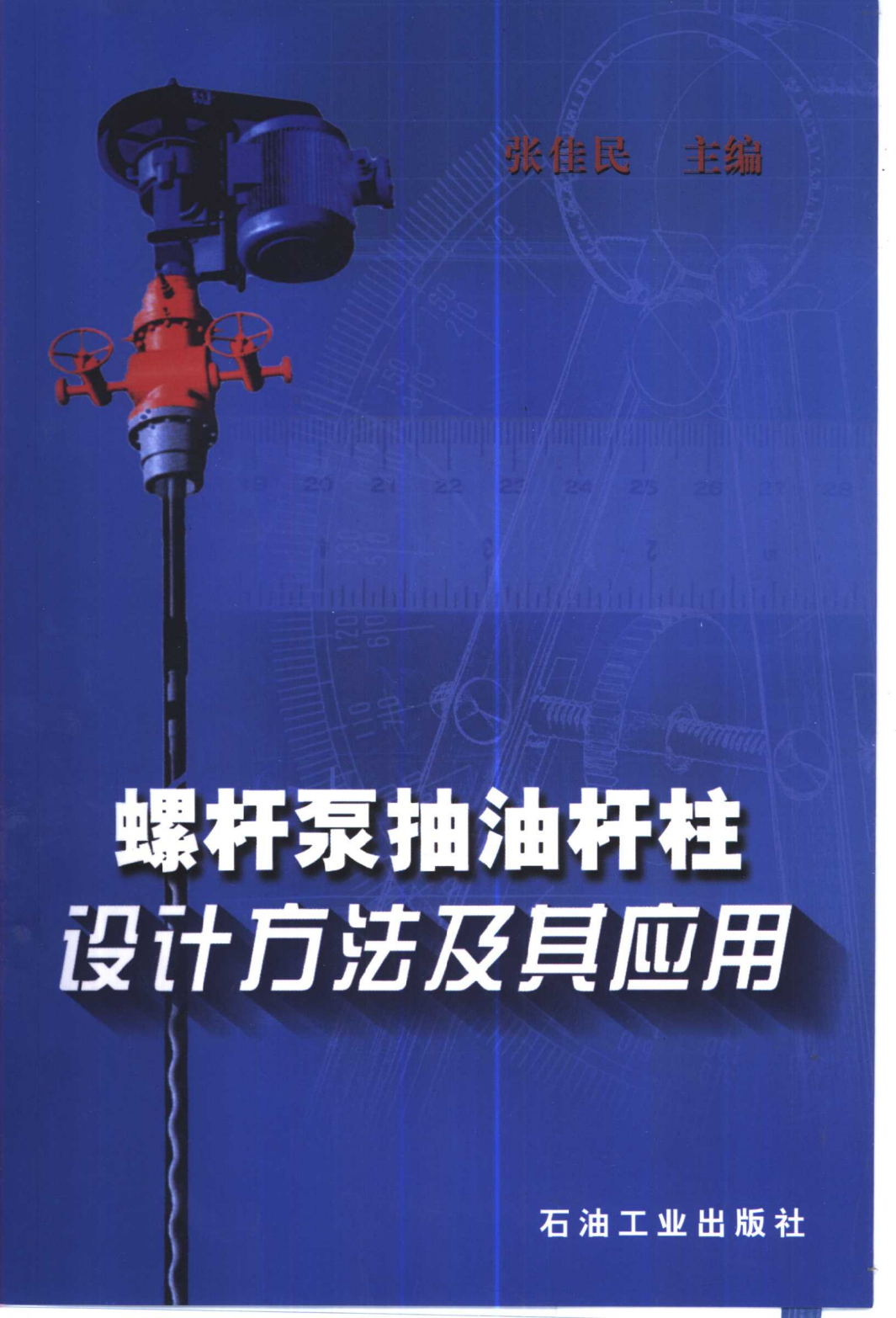




张佳民 主编

# 螺杆泵抽油杆柱 设计方法及其应用

石油工业出版社

# 螺杆泵抽油杆柱设计 方法及其应用

张佳民 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书根据大庆油田聚驱螺杆泵采油技术现状和多年的科研成果,对螺杆泵抽油杆的抗扭性能和杆柱的设计方法进行了系统的论述和应用。结合现用抽油杆直螺纹和钻柱锥螺纹结构,对螺纹连接的抗扭特性进行了分析计算;对抽油杆柱进行了瞬态动力学分析,可以得到任一时刻、任一井深处的抽油杆运动状态、杆管柱间碰撞接触状态和动内力值;结合抽油杆柱动力有限元分析结果,给出了抽油杆柱强度和扶正器安放位置的数值设计方法。

本书适用于螺杆泵抽油杆柱设计和现场管理人员,以及高等院校相关专业的教师和研究生阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

螺杆泵抽油杆柱设计方法及其应用/张佳民

主编. —北京:石油工业出版社, 2002.6

ISBN 7-5021-3784-X

I. 螺…

II. 张…

III. 螺杆泵—抽油杆—机械设计

IV. TE933

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 035861 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

850×1168 毫米 32 开本 6.125 印张 162 千字 印 1—1500

2002 年 6 月北京第 1 版 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3784-X/TE·2758

定价: 15.00 元

## 编 委 会

主 任：董焕忠

成 员：陈会军 王 林 张佳民

刘巨保 李淑红

主 编：张佳民

副主编：陈会军 刘巨保

## 前 言

自从 20 世纪 80 年代初期，螺杆泵被用作石油工业中的人工举升设备以来，螺杆泵的研究与应用得到了快速发展，许多技术规范已经制定出来，每年都有一些新工艺、新技术进入应用领域，迄今，螺杆泵举升技术和其它举升技术一样，已被国内外各油田广泛采用。

随着螺杆泵采油技术的发展，尤其是螺杆泵制造技术的提高和使用方法的合理，使螺杆泵寿命得到明显延长，已基本上能够满足油田的需要。但是，随着地面驱动大排量螺杆泵采油技术的进一步推广应用，尤其是在大庆油田聚驱井中的应用，使得抽油杆柱失效问题越来越突出，严重制约着采油效率的提高。为此，作者近几年来针对这一问题开展了大量的科学研究和技术推广，现以这些研究成果为基础，参考国内外有关文献编成此书。

本书系统地介绍了螺杆泵抽油杆柱的设计原理，对抽油杆螺纹连接方式、杆柱结构和扶正器的安放位置都进行了详细的论述，尤其是锥螺纹的设计和应用、抽油杆柱的瞬态动力学有限元分析和应用，为抗扭抽油杆和旋转抽油杆柱的设计提供了一些新观点和新方法，这些成果还没有公开发表。通过本书，作者希望能够对从事螺杆泵采油技术的研究人员和工程人员有所裨益，对有关专业的研究生和教师具有参考价值。

本书由中国石油勘探开发研究院郑俊德教授进行了审阅，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，因此书中难免有疏漏或不足之处，敬请读者批评指正。

作 者

2002 年 1 月于大庆油田

# 目 录

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| <b>第一章 螺杆泵举升技术概述</b> .....          | ( 1 )   |
| 第一节 螺杆泵采油技术发展过程及特征.....             | ( 1 )   |
| 第二节 地面驱动螺杆泵采油系统概述.....              | ( 3 )   |
| 第三节 抽油杆柱失效类型分析及预防对策 .....           | ( 6 )   |
| 第四节 井下杆管柱连接螺纹和应用情况 .....            | ( 11 )  |
| <b>第二章 抽油杆柱载荷计算与简单强度设计</b> .....    | ( 17 )  |
| 第一节 抽油杆柱载荷分析与计算 .....               | ( 17 )  |
| 第二节 抽油杆柱简单强度设计方法.....               | ( 26 )  |
| 第三节 抽油杆柱简单强度设计工程实例 .....            | ( 30 )  |
| 第四节 结论与认识 .....                     | ( 34 )  |
| <b>第三章 抽油杆螺纹连接力学特性分析与强度计算</b> ..... | ( 36 )  |
| 第一节 螺纹连接的预紧与松脱.....                 | ( 36 )  |
| 第二节 旋合螺纹力学特性分析 .....                | ( 39 )  |
| 第三节 螺纹连接强度计算 .....                  | ( 45 )  |
| 第四节 现用抽油杆螺纹连接力学特性分析与计算 ...          | ( 53 )  |
| 第五节 结论与认识 .....                     | ( 77 )  |
| <b>第四章 锥螺纹连接力学特性分析与抗扭锥螺纹设计</b> ...  | ( 79 )  |
| 第一节 锥螺纹连接力学特性分析 .....               | ( 79 )  |
| 第二节 锥螺纹连接强度计算 .....                 | ( 86 )  |
| 第三节 锥螺纹力学分析与设计计算 .....              | ( 93 )  |
| 第四节 螺杆泵抽油杆锥螺纹试件与抗扭实验 .....          | ( 115 ) |
| 第五节 结论与认识 .....                     | ( 119 ) |
| <b>第五章 抽油杆柱瞬态动力学分析的有限单元法</b> .....  | ( 121 ) |
| 第一节 抽油杆柱瞬态动力学分析模型.....              | ( 121 ) |
| 第二节 抽油杆柱的一般动力学方程.....               | ( 124 ) |

|             |                                |              |
|-------------|--------------------------------|--------------|
| 第三节         | 抽油杆柱碰撞接触分析的动力间隙元 .....         | (129)        |
| 第四节         | 考虑碰撞接触的抽油杆柱动力学方程 .....         | (135)        |
| 第五节         | 抽油杆柱动力学方程的求解 .....             | (142)        |
| 第六节         | 结论与认识 .....                    | (146)        |
| <b>第六章</b>  | <b>抽油杆柱设计理论与方法 .....</b>       | <b>(148)</b> |
| 第一节         | 抽油杆柱设计基本准则 .....               | (148)        |
| 第二节         | 抽油杆柱强度设计方法 .....               | (149)        |
| 第三节         | 抽油杆柱扶正器安放位置计算方法 .....          | (153)        |
| 第四节         | 抽油杆柱动力学有限元分析与设计 .....          | (155)        |
| 第五节         | 结论与认识 .....                    | (158)        |
| <b>第七章</b>  | <b>螺杆泵抽油杆柱动力分析与设计软件及应用 ...</b> | <b>(159)</b> |
| 第一节         | 抽油杆柱动力学分析与设计软件 .....           | (159)        |
| 第二节         | 抽油杆柱设计因素分析 .....               | (172)        |
| 第三节         | 结论与认识 .....                    | (184)        |
| <b>参考文献</b> | .....                          | <b>(185)</b> |

# 第一章 螺杆泵举升技术概述

## 第一节 螺杆泵采油技术发展过程及特征

螺杆泵的发展历史较长，可以追溯到 20 世纪 20 年代中期，由法国的勒内·莫依诺发明设计，并获得专利。在随后的几十年内，法国的 PCM 公司、英国的 Moyno 泵有限责任公司、美国的 Kois & Myers 公司以及一些其他公司都在生产这种螺杆泵，并在许多工业领域得到了广泛应用，同时也在石油工业的地面传输设备中得到了应用。

螺杆泵被用作石油工业中的人工举升设备才始于 20 世纪 80 年代初期，Kois & Myers 公司率先在采油工程中把莫依诺原理应用于人工举升，制造了首批采油螺杆泵，并把螺杆泵作为一种新型的人工举升技术推向市场。进入 90 年代，螺杆泵的研究与应用得到了快速发展，许多技术规范已经制定出来，每年都有一些新工艺、新技术进入应用领域。目前，螺杆泵举升技术和其他举升技术一样，已被国内外各油田广泛采用。

螺杆泵采油系统与其他机械采油设备相比，具有以下优点<sup>[1]</sup>：

(1) 节省一次投资。螺杆泵与电动潜油泵、水力活塞泵、游梁式抽油机相比，结构简单、价格低。

(2) 地面装置结构简单，安装方便，可直接座在井口套管四通上，占地面积小。

(3) 泵效高、节能、管理费用低。由于螺杆泵是容积泵，流量无脉动，轴向流动连续、流速稳定，因此他与游梁式抽油机相比，没有液柱和机械传动的惯性损失，是现有机采油设备中能

耗最小、效率较高的机种之一。

(4) 适应于高含砂井。一般情况下，在原油含砂量高（最大含砂量达 40%）的条件下螺杆泵能够正常工作。

(5) 适应于粘度变化范围较大的井，可以举升稠油。一般来说，螺杆泵可以举升粘度为  $8000\text{mPa}\cdot\text{s}$  ( $50^{\circ}\text{C}$ ) 以下的各种含原油流体。

(6) 适应于高含气井。螺杆泵不会气锁，比较适合于油气混输，但井下泵入口的游离气体会占据一定的泵容积，降低泵效。

(7) 允许井口有较高的回压。在保证正常抽油生产情况下，井口回压可控制在  $1.5\text{MPa}$  内或更高，因此对边远井集输很有利。

(8) 由于井口设备占地面积小，适应于海上油田的丛式井组和水平井。

虽然螺杆泵采油具有很多优点，但在某些方面也存在一定的缺点，具体为：

(1) 定子为橡胶材料，最容易损坏。若定子寿命低，会导致检泵次数增多，螺杆泵举升技术的经济效益就会下降。

(2) 泵需要流体润滑，如果在缺少足够量的液体润滑和散热的工作情况下，则泵会因过热而引起定子弹性体老化，甚至烧毁。

(3) 定子橡胶不适合在注蒸汽井中工作。

(4) 与有杆泵相比，总压头较小。目前大多数油田应用在井深  $1000\text{m}$  左右的井，当下泵深度大于  $2000\text{m}$  时，扭矩大、杆脱断事故率比较高，技术还不过关。

综上所述，螺杆泵采油技术也和其他举升方法一样，都有其优缺点和使用条件，各油田可根据开发区块的实际情况进行选择。但是，螺杆泵利用旋转运动实现抽油，可以弥补其他举升技术的不足，具有良好的经济效益和广阔的应用前景。

## 第二节 地面驱动螺杆泵采油系统概述

螺杆泵采油系统按驱动方式可划分为地面驱动和井下驱动两大类，而地面驱动按不同驱动形式又可分为皮带传动和直接传动两种形式，井下驱动也可分为电驱动和液压驱动两种形式。

在整个螺杆泵采油系统中，地面驱动发展较早、也比较成熟，但是井下驱动避免了地面驱动扭矩的损失、设备也比较少，具有较高的采油效率，国内正处于试验阶段，因此，国内各油田现用的螺杆泵采油系统，一般都选取地面驱动方式。

地面驱动螺杆泵采油系统如图 1.1 所示，主要由地面设备和井下设备组成。井下设备有螺杆泵和锚定工具，地面设备主要有驱动头、动力设备及井口。动力源将动力传递给驱动头，再通过驱动头减速后，由方卡子将动力传递给光杆，再经与光杆连接的抽油杆柱将动力直接传至螺杆泵。螺杆泵举升的原油沿抽油杆与油管的环形空间上升到井口，由于井口上端有一盘根盒密封，使原油进入输油管线。现将这一系统的主要设备做一简介。

### 一、地面驱动设备

#### 1. 动力源

螺杆泵采油系统采用的动力源有电机、柴油机、液压马达等，其中电机通过皮带轮将动力传至驱动装置，操作简便、易于管理，是应用最广泛的一种；柴油机通过皮带将动力传给驱动装置，这种方式可用在无电网地区，但管理费也相应增加，国内有些油田已采用。

#### 2. 驱动头

驱动头是一个减速装置，他将动力源的高转速降低到适合螺杆泵及抽油杆柱的转速，一般为  $150 \sim 500 \text{r/min}$ ，目前应用的驱动头结构形式主要有偏置式、平衡式和一体式。其中平衡式稳定性好，油田应用较多。

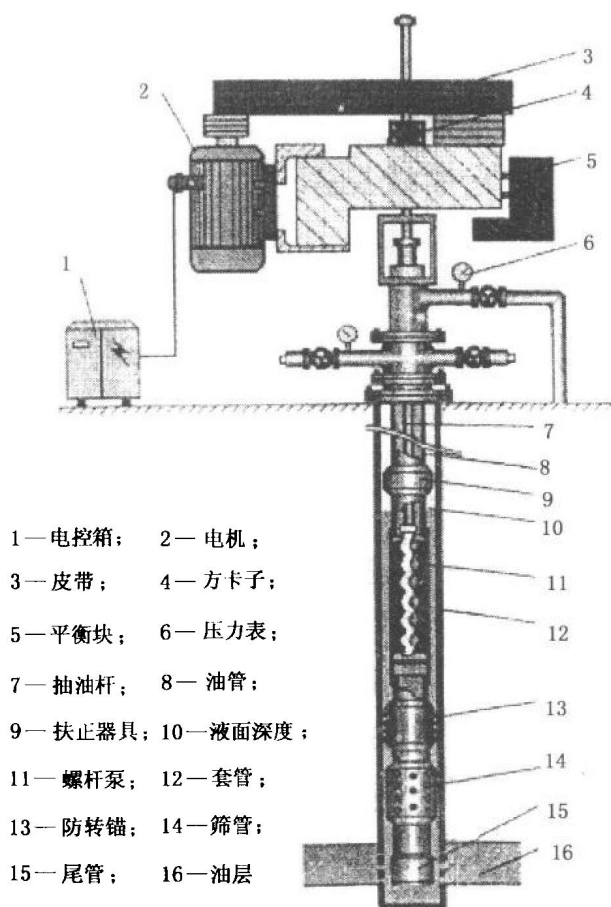


图 1.1 地面驱动螺杆泵采油系统示意图

### 3. 井口密封

螺杆泵抽吸的液体到达井口，流入集油管线，其井口回压一般应保持 1.0MPa 左右，以保证液体流送到计量间。从工程应用角度考虑，井口盘根密封最低压力不应小于 1.0MPa，由于洗井解堵时压力可达 10.0MPa，因此井口密封的短期最大压力应达

10.0MP<sub>a</sub>。

#### 4. 防反转机构

螺杆泵在运转后，井下抽油杆柱积累了一部分变形能量，在加上液面深度与油管内液体的高度差，在螺杆泵停机时，抽油杆柱将高速反转，若不加以限制，势必会造成抽油杆的脱扣。因此，在螺杆泵驱动装置上应安装防反转机构或采取其他措施。

## 二、井下设备

### 1. 螺杆泵

螺杆泵是井下的主要设备，它由定子和转子组成。其中定子是由橡胶衬套粘接在钢体外套内形成的，而转子是由合金钢调质后经防腐耐磨处理的，定子的磨损程度直接影响着螺杆泵的使用寿命，经过长期科学研究和现场试验，这一问题已得到基本解决。

### 2. 防转锚

为了实现螺杆泵的定子和转子间的相对转动，在定子下端必须安装防转锚。当螺杆泵正常运转抽油时，抽油杆柱带动转子正转，并通过摩擦力带动定子和油管柱正转，此时连接在定子上的防转锚牙块伸出，与套管咬死，阻止油管柱和定子正转，从而实现螺杆泵定子和转子的相对运动；反之，当油管柱受到反力矩时，牙块缩回，与套管松开，不限制油管柱和定子的运动，可进行起下油管柱作业。

### 3. 防脱器

在下泵过程中，先将定子和油管柱下井后，再将转子和抽油杆柱下井。此时，由于转子外形为螺旋线，在下放过程中会发生旋转，而转子和抽油杆柱又连接在一起，若抽油杆柱不旋转势必会导致抽油杆脱扣。为此，在抽油杆和转子之间需安装防脱器或采取其他措施来解决这一问题。

### 4. 扶正器

为了使螺杆泵和抽油杆柱保持稳定运转、不发生振动和杆管

柱磨损，需在油管柱和抽油杆柱上分别安装扶正器。扶正器是螺杆泵采油系统中不可缺少的井下配套工具，可选用金属材料和非金属材料进行制造，其中金属材料的耐磨性一般应低于抽油杆、油管或套管，通常选为球墨铸铁；而非金属材料通常为尼龙或橡胶。

表 1.1 大庆油田采油三厂聚驱螺杆泵抽油杆脱断事故统计表

| 脱断事故<br>14 次  | 按杆分类       | 事故描述                                           | 井号                               | 备注               |
|---------------|------------|------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| 杆柱断裂失效<br>6 次 | 空心杆<br>3 次 | 36×6 第 7 根杆断<br>36×6 第 25 根杆断<br>36×6 第 74 根杆断 | 2-J6-P41<br>2-J6-P31<br>1-J1-P37 | 第 64 根油管磨漏       |
|               | 实心杆 1 次    | 25D 级第 89 根断                                   | 2-J6-P41                         | 有缩径、断面齐茬         |
|               | 其他 2 次     | 转子上 $\phi 25\text{mm}$ 短节<br>断转子接箍与旋转<br>转子间断  | 2-J6-P41<br>2-J5-P17             |                  |
| 螺纹连接失效<br>7 次 | 空心杆 1 次    | 36×6 第 4 根杆脱扣                                  | 2-J6-P41                         |                  |
|               | 实心杆 3 次    | 25H 级第 4 根脱扣                                   | 2-6-49                           |                  |
|               |            | 25H 级抽油杆底部脱扣                                   | 2-6-41                           |                  |
|               |            | 25D 级第 4 根抽油杆丝扣磨平                              | 2-6-J 水 18                       |                  |
|               | 防脱杆 3 次    | 38×6 防脱杆第 7 根杆脱扣                               | 2-4-P25                          | 转子丝扣磨<br>平 5-6 扣 |
|               |            | 38×6 防脱杆泵上短接脱扣                                 | 2-4-P25                          |                  |
|               |            | 28 防脱杆转子与抽油杆脱扣                                 | 2-4-P27                          |                  |
| 偏磨 1 次        | 实心杆        | 25H 级第 25 杆接箍磨断                                | 2-6-49                           |                  |

### 第三节 抽油杆柱失效类型分析及预防对策

随着螺杆泵采油技术的发展，尤其是螺杆泵制造技术的提高和使用方法的合理，使螺杆泵寿命得到明显延长，已基本上能够满足油田的需要。但是，随着地面驱动螺杆泵采油技术的进一步推广应用，尤其是大庆油田聚驱井中的应用，使得抽油杆柱失效问题越来越突出，严重制约着采油效率的降低，也约束着该举升技术的优点发挥和进一步推广应用。为此，本节将对这一问题做一阐述。

## 一、抽油杆柱失效类型与分析

根据螺杆泵采油系统中抽油杆柱失效的实例统计和分析<sup>[2,3]</sup>,可划分为以下3类。

### 1. 抽油杆断裂失效

抽油杆断裂是最常见的失效形式之一,通过对大庆油田采油三厂螺杆泵抽油杆失效事故的不完全统计,如表 1.1 所示,在 14 次事故中,断裂事故就发生了 7 次。造成螺杆泵抽油杆柱断裂的主要原因有:

(1) 抽油杆杆体外径选择偏小,使得抽油杆的工作安全系数偏低。这是因为螺杆泵抽油杆柱的受力变形状态不同于往复泵的抽油杆柱,一方面它不仅受到轴向应力的作用,还有扭转剪应力作用;另一方面抽油杆柱做较高速度的旋转,若抽油杆偏心或井斜作用,将引起的横向不稳定运动势必会导致较大的横向力和附加弯矩,如空心抽油杆制造时可能产生偏心。从目前工程上采用的抽油杆柱设计方法中不难看出,现有方法只能考虑静力载荷部分,而无法考虑动力载荷,也就是说只能做静力强度评定,而不能做动力强度评定。

(2) 杆体在制造过程或使用过程中产生缺陷,使杆体的工作应力明显增大、导致抽油杆承载能力下降。若抽油杆有初始缺陷,在较高速的旋转运动和腐蚀介质作用下,其缺陷会很快扩大,导致杆体承载能力急剧下降。

(3) 井下出现异常现象导致抽油杆柱过载,而螺杆泵系统过载保护不理想,如螺杆泵卡泵、局部井段产生蜡堵或砂卡,电流保护装置效果不好等。这些异常现象,一方面是抽油杆柱不能旋转,将产生过大的扭矩;另一方面由于部分堵塞限制了抽油杆柱的轴向运动,此时不稳定的抽油杆柱旋转运动势必会引起过大的轴向载荷,这些轴向载荷和扭矩的过载,得不到过载保护装置的及时限制,都可能导致抽油杆柱断裂。如表 1.1 中的 25D 级杆断面有齐茬、缩径特征,就是由于轴向载荷过载所致。

## 2. 连接螺纹脱扣、撻扣和粘扣失效

目前，螺杆泵采油井所用的抽油杆多数还是往复式抽油泵采用的抽油杆柱结构，由于载荷状况不同，普通抽油杆已不能完全适合于螺杆泵采油井的工作条件，因此杆柱发生脱扣、撻扣失效事故时有发生，如表 1.1 中就有 7 次螺纹连接失效事故，可见螺纹连接失效已成为抽油杆柱的首要失效形式，导致这种结果的主要原因有：

(1) 抽油杆柱的不稳定旋转运动会导致横向振动，使螺纹连接的预紧力得到明显降低或瞬时消失，在很小的反扭矩作用下都可能引起螺纹的脱扣。

(2) 抽油杆柱在传递扭矩过程中，由于泵卡、砂卡和蜡堵等原因，井下的扭矩突然变化或抽油杆柱的旋转运动突然停止和开始，都能够导致抽油杆柱的旋转速度、加速度变化，使部分井段（靠近突变井深）的抽油杆柱出现反扭矩，当反扭矩大于螺纹连接处预紧力产生的反扭矩，就会发生脱扣现象。

(3) 在地面电机停机或过载停机时，抽油杆柱会进行反转运动，若地面驱动装置不具备防反转功能或防反转设备失灵时，就会造成抽油杆柱高速反转，由于惯性作用产生反扭矩，导致螺纹连接处出现卸扣现象。抽油杆柱的反转运动一方面是由于抽油杆柱抗扭刚度低、杆柱长，在传递扭矩时已有大量扭转变形以变形能的形式存储，当地面电机停止时，这一能量会很快释放，引起抽油杆柱的反转运动；另一方面，如果动液面较深时电机停止工作，油管柱内的液体在压差作用下将驱动井下螺杆泵反转工作（液体倒流），此时转子带动抽油杆柱进行高速反转，直到油管柱内液面与油套内液面相等（即螺杆泵的进出口压差为零）时为止。

(4) 在施工作业中，如果抽油杆柱的连接螺纹上扣扭矩不足、预紧力偏低，在抽油杆柱下放过程或工作过程中，其承受的反扭矩一旦大于螺纹连接的反扭矩就会出现脱扣现象。

(5) 螺纹牙齿强度不够、出现撻扣和粘扣失效。引起螺牙齿

失效的原因主要是螺纹连接的上扣扭矩过大、工作过程中轴向载荷过大或出现上扣扭矩，这些过大的载荷使螺纹牙齿承受的载荷增大，若牙齿出现剪切或弯曲破坏，就会导致撻扣现象，若螺纹牙齿或接触端面出现挤压破坏，就会导致粘扣现象。

### 3. 抽油杆或油管偏磨失效

由于抽油杆偏心、井眼曲率等因素的影响，高速旋转的抽油杆柱与油管柱发生碰撞接触，若扶正器安放位置不合理，随着工作时间的延长，使抽油杆发生偏磨失效或油管柱被磨漏失效；若扶正器安放太多，会增加抽油杆柱的摩擦扭矩，降低采油效率。

## 二、预防对策及技术措施

针对上述螺杆泵抽油杆柱的失效形式，通过大量的理论分析和实验研究，可从以下 4 个方面进行预防和采取技术措施：

### 1. 选取合理的抽油杆柱设计方法和杆体直径

根据螺杆泵抽油杆柱的工作状态，应综合考虑抽油杆柱结构、井眼轨道形态、杆管柱间碰撞接触状态、采油工艺参数等因素，分析计算出任一井深处抽油杆柱的运动和碰撞接触状态、动内力变化规律，据此可进行抽油杆柱的动强度评定和扶正器安放位置的合理计算，从而完成抽油杆柱的设计。这种设计与现有的抽油杆柱简单力学分析计算和设计方法相比，具有考虑因素多、设计结果可靠的优点，但计算方法比较繁琐、计算工作量大，需计算机才能完成。考虑到现有 PC 机的发展水平，本书将对这一设计方法进行全面的论述，有些内容还是首次提出。

### 2. 加强抽油杆的质量检测和现场施工管理

抽油杆和螺纹的自身质量缺陷是造成抽油杆断裂和螺纹连接失效的最大隐患。为此，应加强施工过程中无损伤检测技术的应用力度，最大限度地避免不合格抽油杆下井；在抽油杆螺纹制造和检测过程中，应严格控制螺纹的配合精度；此外，抽油杆和接箍的材料、热处理工艺也应严格控制。

在现场施工管理工作中，一方面是保证施工质量、严格执行

施工作业标准,避免人为因素造成抽油杆脱断现象的发生;另一方面是及时掌握油井生产动态,适时采取清蜡、解堵等措施,从而有效地控制抽油杆柱的工作载荷异常增大,避免过载现象的发生。

### 3. 抽油杆柱配套设备的使用

在发生砂卡、蜡堵较为严重的井中,应使用过载保护设备。为了提高过载保护设备的可靠度,除了电控箱上配备过电流或过功率保护器外,还应在驱动头上安装机械式过扭矩保护器实现过载保护。

为了避免高速反转造成的抽油杆柱脱扣现象,应采用防反转装置。在地面驱动装置的主传动轴或从动轴上安装防反转装置,可以有效地防止抽油杆柱高速旋转;在泵的吸入口处安装止回阀可以有效防止管柱内液体回流,从而避免因泵的进出口压差造成的抽油杆柱高速反转现象。

### 4. 专用抽油杆的研制和应用

普通抽油杆用于螺杆泵采油井,不仅螺纹的受力状态比用于往复泵要差,而且还存在脱扣、撻扣及卸扣困难的隐患。因此,为了提高抽油杆的抗扭能力,一方面对抽油杆本体结构进行了研究和试验,主要是空心抽油杆<sup>[4]</sup>;另一方面对螺纹连接方式进行了研究和应用,就目前研究现状来看,其主要解决途径有以下2条:

(1) 用键来传递扭矩<sup>[3]</sup>。这种方法是在抽油杆和接箍的连接处设计出键和键槽,有矩型键、十字键和花瓣键等,工作时将通过键来传递扭矩,具有抗扭能力强和双向传递扭矩等优点,但是这种连接方式由于键的对位,给作业施工带来不便,而且在空心抽油杆中无法确保密封、中心流道的畅通。

(2) 用特殊螺纹传递扭矩<sup>[2]</sup>。这种方法仍保留原来的抽油杆连接方式,只是通过螺纹形状的改进来提高螺纹连接处的预紧力和抗扭能力,以利于扭矩传递,并能够确保空心抽油杆的密封和中心流道。这种方法仍沿袭传统的连接方式,不会给施工带来麻