



中华人民共和国国家标准

GB/T 21411.1—2014
代替 GB/T 21411.1—2008

石油天然气工业 人工举升用螺杆泵系统 第1部分：泵

Petroleum and natural gas industries—Progressing cavity pump
systems for artificial lift—Part 1: Pumps

(ISO 15136-1:2009, Petroleum and natural gas industries—Progressing
cavity pump systems for artificial lift—Part 1: Pumps, MOD)

2014-12-22 发布

2015-10-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 缩略语和符号 7

5 性能规范 8

6 技术规范 12

7 对供应商或制造商的要求 15

8 维修 24

9 运输、搬运和储存 24

附录 A (资料性附录) 螺杆泵需求信息表 26

附录 B (资料性附录) 安装指南 29

附录 C (资料性附录) 操作指南 31

附录 D (规范性附录) 设计确认 38

附录 E (规范性附录) 性能评价 42

附录 F (规范性附录) 螺杆泵合成橡胶技术要求 47

附录 G (资料性附录) 螺杆泵橡胶的选择和测试 51

附录 H (资料性附录) 螺杆泵性能特征补充信息 59

附录 I (规范性附录) 螺杆泵试验报告数据表 63

附录 J (资料性附录) 修理和检查 64

附录 K (资料性附录) 使用后分析 66

附录 L (资料性附录) 辅助设备 77

附录 M (资料性附录) 螺杆泵驱动杆柱的选取和使用 81

附录 N (资料性附录) 本部分与 ISO 15136.1:2009 的技术差异及其原因 87

参考文献 91

前 言

GB/T 21411《石油天然气工业 人工举升用螺杆泵系统》分为二个部分：

- 第1部分：泵；
- 第2部分：地面驱动装置。

本部分为 GB/T 21411 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 21411.1—2008《石油天然气工业井下设备 人工举升用螺杆泵系统 第1部分：泵》，与 GB/T 21411.1—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了规范性引用文件(见第2章)；
- 增加了“中心偏差”等术语(见第3章)；
- 增加了缩略语和部分符号(见第4章)；
- 在性能规范中增加了“设计确认”“产品性能评价”“质量控制等级”的内容(见第5章)；
- 在技术规范中删去了“设计有效性”的内容，增加了“额定性能”及“设计确认”的相关内容(见第6章，2008年版的第5章)；
- 在对供应商与制造商的要求中，修改了“设计文件”与“随机文件”的相关内容(见第7章，2008年版的第6章)；
- 在对供应商与制造商的要求中，增加了“质量”“检测”的相关内容，修改了“产品标识”的标记内容(见第7章，2008年版的第6章)；
- 增加了维修的内容(见第8章)；
- 增加了运输、搬运和储存的内容(见第9章)；
- 删除了上一版除附录“螺杆泵试验报告数据表”外的所有附录(见附录I，2008年版的附录B)；
- 增加了“螺杆泵需求信息表”(见附录A)；
- 增加了“安装指南”(见附录B)；
- 增加了“操作指南”(见附录C)；
- 增加了“设计确认”(见附录D)；
- 增加了“性能评价”(见附录E)；
- 增加了“螺杆泵合成橡胶技术要求”(见附录F)；
- 增加了“螺杆泵橡胶的选择和测试”(见附录G)；
- 增加了“螺杆泵性能特征补充信息”(见附录H)；
- 增加了“修理和检查”(见附录J)；
- 增加了“使用后分析”(见附录K)；
- 增加了“辅助设备”(见附录L)；
- 增加了“螺杆泵驱动杆柱的选取和使用”(见附录M)。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 15136-1:2009《石油天然气工业 人工举升用螺杆泵系统 第1部分：泵》。本部分与 ISO 15136-1:2009 相比存在技术差异，附录N中给出了相应技术差异点及其原因的一览表。

为便于使用，本部分还做了以下编辑性修改：

- 增加了附录I“螺杆泵试验报告数据表”；
- 增加了附录N“本部分与 ISO 15136.1:2009 的技术差异及其原因”；

——以公制单位为主,考虑使用习惯,对部分单位进行了调整。

请注意本部分的某些内容可能涉及专利。本部分的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会(SAC/TC 96)提出并归口。

本部分由北京石油机械厂负责起草,大庆油田有限责任公司采油工程研究院、大庆油田力神泵业有限公司、中国石油勘探开发研究院采油采气装备研究所、渤海钻探工程研究院、中国石油集团渤海石油装备制造有限公司、石油工业机械产品质量监督检验站、胜利油田高原石油装备有限责任公司等参加起草。

本部分主要起草人:王兴燕、范育昭、陈晓军、曹刚、李斌、朴雪峰、王维、张立新、魏纪德、田晓艳、吴频、于庆东、吴苗法。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 21411.1--2008。

石油天然气工业

人工举升用螺杆泵系统 第1部分：泵

1 范围

本部分规定了石油天然气工业人工举升用螺杆泵的设计、设计验证、设计确认、生产和数据控制、性能评价、维修、操作和贮存的相关要求。

本部分包括了规范性附录,对定子橡胶材料的测试、设计确认以及性能评价等方面提出了要求。此外,资料性附录包含以下信息:螺杆泵需求信息表、安装指南、操作指南、螺杆泵橡胶的选择和测试、修理和检查、使用后的螺杆泵的评价、螺杆泵驱动杆柱的选用以及辅助设备。

本部分适用于人工举升用螺杆泵的设计、制造、检验、试验、维护及贮存。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺)(GB/T 230.1—2009,ISO 6508-1:2005,MOD)

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 231.1—2009,ISO 6506-1:2005,MOD)

GB/T 528—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定(ISO 37:2005,IDT)

GB/T 531.1—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法[邵尔硬度](ISO 7619-1:2004,IDT)

GB/T 1172—1999 黑色金属硬度及强度换算值

GB/T 1690—2010 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法(ISO 1817:2005,MOD)

GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 4340.1—2009,ISO 6507-1:2005,MOD)

GB/T 9445—2008 无损检测 人员资格鉴定与认证(ISO 9712:2005, IDT)

GB/T 19830—2011 石油天然气工业 油气井套管或油管用钢管(ISO 11960:2004, IDT)

GB/T 20972(所有部分) 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料[ISO 15156(所有部分)]

GB/T 21411.2—2009 石油天然气工业井下设备 人工举升用螺杆泵系统 第2部分:地面驱动装置(ISO 15136-2:2006,MOD)

GB/T 27025—2008 检测和校准实验室能力的通用要求(ISO/IEC 17025:2005,IDT)

ASME 锅炉压力容器规范 第V卷 无损检测[ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section V, Nondestructive Examination]

ASME 锅炉压力容器规范 第VIII卷 第1册 压力容器[ASME Boiler and Pressure Vessel Code(BPVC), Section VIII, Division 1, Rules for Construction of Pressure Vessels]

ASME 锅炉压力容器规范 第Ⅸ卷 焊接和钎接评定:焊接和钎接工艺、焊工、钎焊工,焊接和钎接操作工评定标准[ASME Boiler and pressure vessel code(BPVC),Section IX, Welding, brazing, and fusing qualifications]

ASTM D412 -2006(修订2) 硫化橡胶或热塑性弹性体拉伸试验方法(Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers -Tension)

ASTM D429 -2008 橡胶与刚性材料的粘合强度的试验方法(Standard Test Methods for Rubber Property - Adhesion to Rigid Substrates)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

实际转排量 actual capacity per rpm

针对一个特定产品通过性能测试确定的每转体积排量。

3.2

施加扭矩 applied torque

由地面驱动系统施加到驱动杆柱顶部的扭矩。

3.3

人工举升系统 artificial lift system

将流体从地层输送到地面的组装设备,可能包括泵、驱动杆柱、原动机和生产管柱。

3.4

辅助设备 auxiliary equipment

由用户或厂家选择或者安装的、超出规定范围的典型的设备或元件。

3.5

井下驱动系统 bottom-drive system

利用井下原动机的螺杆泵驱动系统。

3.6

套管尺寸 casing size

在 GB/T 19830 -2011 中被定义的公称套管外径。

3.7

中心偏差 core deflection

定子腔中心线与定子管中心线间的径向偏移。

3.8

腐蚀环境 corrosive environment

在温度和化学剂共同作用下,使设备失效的工作环境。

3.9

设计确认 design validation

通过试验确认产品满足设计要求的校核过程。

3.10

设计验证 design verification

通过计算、比较或调查等方式,检查核实给定设计条件与规范要求是否一致的过程。

3.11

压差 differential pressure

泵的排出压力与吸入压力之差。

3.12

狗腿严重度 dogleg severity

单位长度的井段内狗腿角的大小。

3.13

井下转排量 down hole capacity per rpm

通过计算和井况预测的体积排量。

3.14

驱动杆柱 drive string

在地面驱动系统和螺杆泵之间用来传递动力的装置(通常是指抽油杆)。

3.15

动液面 dynamic level

在标准状况下,螺杆泵运转过程中的液面深度。

3.16

啮合空腔 engaged cavities

在泵的定子与转子配合时,二者间形成的连续的螺旋形密闭腔室。

3.17

失效项 failed item

已失效的项目。

3.18

失效 failure

结构丧失其规定的功能。

3.19

失效原因 failure cause

设计生产或应用等过程中导致的失效。

3.20

流量 flow rate

泵在单位时间内所排出的液体体积。

3.21

摩擦扭矩 friction torque

驱动杆柱与油管,以及转子与定子之间在相对旋转过程中产生的摩擦阻力所引起的扭矩,主要和以下因素有关:井深和井眼轨迹、杆柱和油管尺寸、泵的几何尺寸和定转子间的过盈配合,以及盘根盒特性。

3.22

性能规范 functional specification

定义设备的性能和使用要求的特点、工艺条件、操作范围和禁令。

3.23

性能测试 functional test

通过试验确认设备运行正常。

3.24

等级 grade

根据对质量或设计确认的不同要求确定的类别或等级。

3.25

额定扬程 head rating

根据等效水柱高度表示的额定压力。

3.26

液压扭矩 hydraulic torque

通过泵的介质压差产生的扭矩。

3.27

项 item

任何可独立考虑的零件、组件、设备、子系统、功能模块、设备或系统。

3.28

插入式泵 insertable pump

用抽油杆柱将定子插入油管的泵。

3.29

制造 manufacturing

为满足用户的要求,达到供应商或制造商的标准,设备供应商或制造商为完成零件、装配和相关文档工作所执行的一系列工艺和工作。

3.30

最高工作温度 Max. working temperature

由供应商或制造商指定的泵的最高工作温度。

3.31

型号 model

装置区别于其他同类型设备的独特组件和工作特性。

3.32

防脱工具 no-turn tool

防止定子或油管因转动定子过盈配合产生的转动力矩而旋松连接螺纹的装置。

3.33

公称转排量 nominal capacity per rpm

基于理论计算或根据商业目的调整给出的公称每转体积排量。

3.34

不合格 non-conformance

不满足规定要求,如设备、元件、实验或程序与已有的标准不一致。

3.35

操作手册 operator's manual

由供应商或制造商提供,其中包含关于设计、安装、操作和设备维护的详细数据以及说明。

3.36

工作环境 operational environment

在全寿命周期内,产品工作的环境。

3.37

过渡油管短节 orbit tube

连接在定子上面的一段大尺寸的生产油管。

- 3.38
螺杆泵几何形状 PCP geometry
由螺距、偏心距和直径组合而成。
- 3.39
额定性能 performance ratings
泵的水力性能额定值。
- 3.40
额定压力 pressure rating
额定的举升压差能力。
- 3.41
主要失效项 primary failed item
会引发螺杆泵失效的失效项。
- 3.42
原动机 prime mover
提供扭矩使螺杆泵转子旋转的马达(通常为液压驱动、电动或内燃机)。
- 3.43
螺杆泵 progressing cavity pump
螺杆泵由定子和转子组成,二者配合形成了两个或多个双凸透镜状、螺旋分布的相互隔离的空腔。
- 3.44
合格零件 qualified part
在获得认证的质量保证体系下制造的零件,需要更换时,该零件可达到或超过原来零件的性能。
- 3.45
有资质人员 qualified person
通过培训或经验达到了与既定要求(如标准或测试)相符的特点和能力,且可以完成特定工作的人。
- 3.46
检泵原因 reason for pull
将泵从井下起出的原因。
- 3.47
补救 redress
仅限于更换合格零件的行为。
- 3.48
检修 repair
除补救行为外,将设备恢复到原有性能的所有活动,包括:拆卸、组装和对更换或未更换合格零件的系统测试,还可能包括机加工、焊接、热处理或者其他制造工艺。
- 3.49
转子 rotor
螺旋的、波形轮廓的轴。
- 3.50
转子相位对准工装 rotor phasing alignment
与转子型线相吻合的模具。

3.51

尺寸 size

由供应商或制造商确定的用特定长度或角度表示的设备特性。

3.52

段塞流 slugging

非均匀流动状态的油井生产。

3.53

定子 stator

内部具有螺旋轮廓表面,在油管轴向方向上与转子啮合形成一系列双凸透镜状空腔的管子。

3.54

静液面 static level

在标准状况下,螺杆泵在停机时稳定的液面深度。

3.55

定子相位对准工装 stator phasing alignment jig

与定子内腔型线相吻合的模具。

3.56

淹没度 submergence

泵挂深度与动液面之差。

3.57

重大设计更改 substantial design change

由供应商或制造商确定的设计更改,其可能影响产品在预定工作条件下的性能。

3.58

溶胀过程 swelling process

由于流体和弹性体之间的相互作用,当流体渗入材料体内,引起弹性体体积增大的过程。

3.59

限位器 tag bar

安装在定子底部,限制转子伸出定子端部的组件。

3.60

技术规范 technical specification

设备为符合性能规范而需满足的技术要求。

3.61

试验压力 test pressure

基于所有相关设计标准的设备测试压力。

3.62

试验温度 test temperature

基于所有相关设计标准的设备测试温度。

3.63

扭矩锚 torque anchor

防止定子或油管因工作时产生的转动力矩而旋松连接螺纹的装置,同时它还可以防止泵与套管发生轴向相对运动。

3.64

油管布置 tubing deployed

通过油管将定子送至油管柱底部的螺杆泵采油系统。

3.65

类型 type

设备区别于其他功能类似设备的特征。

3.66

唯一标识符 unique identifier

用于识别某一特定组件的唯一字母数字字符组合。

3.67

有效转排量 validated capacity per rpm

通过设计确认试验确定的每转体积排量。

3.68

井口 wellhead

在地面实现井口控制的设备组合。

4 缩略语和符号

4.1 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

C30+ 分子中碳数超过 30 的烃组分

CP 粘接剂底胶与面胶间失效(界面失效)

d 天(时间单位)

M 粘接剂与金属界面间失效(界面失效)

MD 测深

PCP 螺杆泵

PIP 泵吸入压力

R 橡胶失效(基底失效)

RC 橡胶与粘接剂间失效

r/min 每分钟转数

TVD 真垂深

4.2 符号

下列符号适用于本文件。

d_r 驱动杆柱直径

D 转子小径

e 偏心距

F_r 驱动杆柱轴向载荷

F_t 螺纹上的轴向力

F_s 扭矩台肩上的轴向力

N 轴转速

P 定子导程,见图 H.1

P_b 泵的输出功率

P_{req} 泵的输入功率

q_c 某一设定转速下压差小于 0.35 MPa 时的体积流量

q_v 在某一设定转速下某一特定压差时的体积流量

q_{TC} 分钟的公称转排量,表示为 100 r/min 情况下每天产多少立方米,见式(H.1)

T 轴扭矩

T_r 驱动杆扭矩

T_s 扭矩台肩上的扭矩

T_t 螺纹上的扭矩

δ 相位或者损耗角

Δp 压差

η 泵的总效率

η_v 容积效率

σ_e 有效应力

5 性能规范

5.1 概述

订购符合本部分的产品时,用户可以根据使用要求自行指定螺杆泵,也可以提供相关信息由供应商推荐选型。这些信息可通过螺杆泵需求信息表(附录 A)、安装指南(附录 B)和操作指南(附录 C)提供给供应商。用户或采购商应为所提供数据指定计量单位。

用户在使用为特殊工况设计的螺杆泵前需要详细评估,以确保该系统能正常工作。附录 B 和附录 C 包含安装指南和操作指南。用于新工况的评估程序应与初始应用工况的评估程序同样严格。

5.2 螺杆泵的选型

用户应根据以下条件来选择螺杆泵:

- a) 生产要求;
- b) 流体特性;
- c) 地面设备配置;
- d) 定子下入方式,如驱动管柱、油管、电缆、连续油管。

5.3 技术要求

5.3.1 应用参数

5.3.1.1 概述

螺杆泵的安装应符合其技术要求,而技术要求是根据应用参数确定的。这些参数包括但不限于 5.3.1.2~5.3.3.4 中所列内容。

5.3.1.2 井况信息

对下列适用的井况信息要详细说明:

- a) 工作环境,如热力采油、磨蚀场合、腐蚀环境、重油和常规石油开采以及煤层气等应用;
- b) 井型,如垂直井、斜井或水平井;
- c) 井的定向测量;
- d) 井口位置,如陆上、平台或海底;
- e) 油藏类型,如碳酸盐、固结砂岩、疏松砂岩、煤或页岩;
- f) 油藏开采机理及工艺,如浸水驱动、溶解气驱、水驱、热力驱、煤脱水;提高采收率的方法,如

CO₂ 驱、水气交替驱或聚合物驱；

- g) 完井类型,如射孔井、裸眼井、割缝衬管、砾石填充或者防砂筛管；
- h) 螺杆泵的应用史及其他生产方式,如其他人工举升方法和自喷井；
- i) 预期工作寿命,如总产量、转数、天数、年数。

5.3.1.3 完井信息

如适用,应指定以下完井信息：

- a) 以泵吸入口的 MD 和 TVD 表示的泵挂深度；
- b) 以 MD 和 TVD 表示的生产井段深度；
- c) 当前总井深,如以 MD 和 TVD 表示的填砂深度；
- d) 无详细井斜检测数据的情况下需提供：
 - 1) 泵挂处的井斜(井斜角)和井眼曲率(如适用)；
 - 2) 井口和泵挂深度之间的最大井眼曲率(最大狗腿严重度),在安装过程中,泵需要通过此处。
- e) 套管尺寸(包括外径和重量)、生产套管的连接类型和等级；
- f) 井口和挂泵深度之间的最小通径；
- g) 在泵挂深度处的最小通径；
- h) 生产油管尺寸(包括外径和重量)、连接类型和等级；
- i) 生产油管的内涂层类型和厚度；
- j) 泵吸入口类型选择,如开槽式、筛管式、油气分离器、尾管式；
- k) 扭矩锚类型；
- l) 扭矩锚顶部的测量深度；
- m) 限制泵安装或工作的其他油井尺寸。

5.3.1.4 操作与生产信息

对下列适用的操作与生产信息要详细说明：

- a) 标准状况下的总产量；
- b) 含水率,产液中水的体积分数；
- c) 含砂量,体积分数；
- d) 最高和最低的运转速度,以每分钟转数表示；
- e) 井口压力；
- f) 井口流体温度；
- g) 套管头压力；
- h) 泵吸入口的静压或关井压力；
- i) 参考深度的储层静压或关井压力；
- j) 泵吸入口的静态温度或关井温度；
- k) 参考深度的储层静态温度或关井温度；
- l) 在标准状况下采出气油比或实测产气量；
- m) 在标准状况下,套管气体比率到油管气体比率,或井下自由气体分离效率；
- n) PIP 由以下之一表示：
 - 1) 泵吸入口的生产压力；
 - 2) 动液面,环空梯度或密度和套管头压力；
 - 3) 油藏静压和采油指数；

- 4) 静液面和采油指数。
- o) 段塞流的趋势,如气体、水、固体、蒸汽。

5.3.2 环境适应性

用户或采购商要对下列适用的环境适用要求作详细说明:

- a) 油:
 - 1) 在标准状况下的密度;
 - 2) 成分分析,包括但不限于以下两点:
 - 芳烃的种类和含量;
 - 苯胺点。
 - 3) 在测试条件或工作条件下的黏度;
 - 4) 在油藏温度下的泡点压力。
- b) 水:
 - 1) pH 值;
 - 2) 密度;
 - 3) 氯离子含量。
- c) 气体:
 - 1) 成分构成,如:
 - 二氧化碳含量,以摩尔分数表示;
 - 硫化氢含量,以摩尔分数表示;
 - 蒸汽温度、压力和质量。
 - 2) 气体相对密度。
- d) 固体:
 - 1) 与固体相关问题的记录,如腐蚀、堵塞、磨损;
 - 2) 形态,如大小、结构、棱角、成分构成;
 - 3) 积垢趋势;
 - 4) 沥青质或石蜡沉积的趋势。
- e) 其他:
 - 1) 乳化性能,如
 - 转化点(含水率);
 - 井下工作条件超过标准的工作条件的油水乳液黏度;
 - 乳化液的形成趋势。
 - 2) 泡沫状油的性质;
 - 3) 其他流体类型和含量,如稀释剂、腐蚀或阻垢剂、完井液、分散剂和井眼注入点。

5.3.3 对相应油井设备和服务的适应性

5.3.3.1 概述

用户或采购商应指定或确定接口连接的设计、材料要求以及外部尺寸的限制等,以保证该产品能够符合预定的要求。

5.3.3.2 驱动系统

应用时应考虑以下内容:

- a) 类型:地面或井下驱动;
- b) 扭矩、速度和轴向载荷的限制;
- c) 井下驱动系统:
 - 1) 驱动类型,如电动、液压驱动;
 - 2) 运转的限制因素,如生热、吸入口和出口的节流作用;
 - 3) 最大外径、长度、位置,包括螺杆泵的上部和下部;
 - 4) 齿轮箱减速比。

5.3.3.3 驱动杆柱

应用时应考虑以下内容:

- a) 类型,如标准抽油杆、连续抽油杆、空心抽油杆;
- b) 材料等级;
- c) 杆体直径;
- d) 连接类型和说明;
- e) 额定扭矩和额定轴向载荷;
- f) 旋转扶正器的类型说明及安装数量;
- g) 导向器的类型说明及安装数量。

5.3.3.4 附属设备和油井作业

可考虑以下内容:

- a) 注入油管柱的外径和注入点,例如,在泵的上部、在泵的下部、环空、油管柱;
- b) 井下仪器的外径、长度和位置,如应用时在泵的上部或下部;
- c) 井下设备的外径、内径、长度,与泵的位置和泵的连接装置,如限位器与泵的连接、防脱工具、气体分离器、尾管、泄油阀;
- d) 油井维修的制约因素,如最小光杆长度、泵长度、最大连续油管直径。

5.4 设计确认

用户或采购商宜指定以下三个设计确认等级中的一个:

- V1 最高级;
- V2 基本级;
- V3 传统级。

每个设计确认等级的基本要求见附录 D。

5.5 产品性能评价

用户或采购商宜指定以下两个产品性能评价等级中的一种:

- F1 水力性能试验:

在性能测试中用户或采购商为了应用可指定容积效率范围、测试流体、泵速,以及流体温度和压力。

- F2 不进行台架试验的性能评价:

在性能评价中用户或采购商为了应用可指定容积效率范围、流体、泵速,以及流体温度和压力。产品性能评价等级的基本要求见附录 E。

5.6 质量控制等级

用户或采购商宜指定由第 7 章中定义的三种质量控制等级之一:

- Q1 最高质量控制等级；
- Q2 中等质量控制等级；
- Q3 基本质量控制等级。

5.7 随机文件

随机文件,如操作手册、合格证和产品数据表,这些都可由用户或采购商针对具体质量等级提出要求。

5.8 附加要求

针对具体应用中必需的内容,用户可以指定额外的设计验证、设计确认测试及产品性能评价,这些要求应作为附录 D 和附录 E 的补充。

如有要求,作为附录 F 的补充,应根据附录 G 进行相应的橡胶适应性试验和粘接试验。

6 技术规范

6.1 概述

供应商(或制造商)应制定与性能规范相对应的技术规范。供应商(或制造商)还应向用户(或采购商)提供第 7 章中规定的产品资料。

6.2 技术特点

应满足下列要求:

- 螺杆泵应能承受一定压差,将流体从井底输送到地面,并持续工作至人为终止。设备正常磨损老化或达到工作寿命的除外;
- 螺杆泵的安装应符合其性能规范;
- 螺杆泵应与相关设备和服务相匹配。

6.3 设计

6.3.1 材料

金属和非金属材料应由供应商或制造商指定,并符合性能规范。供应商或制造商对关键材料应有书面规定,且应符合这些规定。

如果供应商或制造商的材料选择准则有书面文件,且由有资质的人士批准并符合本部分所有其他要求,那么产品设计确认的材料替换可不经确认试验。

6.3.2 金属

6.3.2.1 概要

在螺杆泵中,主要金属部件有定子壳体、相关的连接组件和转子,转子通常会电镀或喷涂。

供应商或制造商的技术规范应规定与应用情况相适应的定子管体和转子材料,应考虑以下几点:

- a) 化学成分;
- b) 机械特性:
 - 1) 拉伸强度;
 - 2) 屈服强度;
 - 3) 延伸率;

4) 硬度。

转子材料应具有足够的强度,其截面及螺纹可以承受在泵规定操作范围内的扭转和轴向复合载荷。当弯曲载荷和交变复合载荷同时存在时,转子强度的评价应考虑疲劳的影响。高温条件下使用时,也应重新考虑材料强度是否适合。设计确认结果应经有资质人员的批准。

材料供应商或制造商提供的材料测试报告可以用来证实材料与规范的一致性。

6.3.2.2 焊接

转子和定子部件的焊接应符合 7.6.3 中供应商或制造商规范。应根据特定的质量等级对焊缝进行鉴定和检查。

6.3.3 转子镀层或表面处理

转子镀层或表面处理的形式和厚度应考虑工作环境(在性能规范中指定的环境)中的流体特性,特别是一些磨蚀井和一些预先经过化学处理的油井。供应商或制造商技术规范应确定转子镀层或表面处理的性质和验收标准,包括:

- a) 镀层或表面处理的基础成分;
- b) 有效的表面硬度;
- c) 转子波峰和波谷处的适用的最大和最小镀层厚度;
- d) 表面粗糙度。

6.3.4 定子橡胶和粘接剂

定子橡胶和粘接剂应符合附录 F 要求,其中含有关于橡胶分类、特性、测试程序等详细信息。

供应商或制造商应有书面的程序和评价过程,其结果可以检验所用定子橡胶材料和粘接剂是否与性能指标中定义的特定的螺杆泵结构、工作环境和应用程序相匹配。评价和结果认证应由有资质的人员执行,并应考虑测试数据,以及在压力、温度和流体共同作用下随时间变化的橡胶和粘接系统的历史数据。

6.4 尺寸信息

6.4.1 定转子配合

供应商或制造商应具有书面程序,该程序由有资质的人员负责实施,以选择合适的转子定子配合,从而满足性能规范的要求。附录 H 提供了选择定转子配合的相关资料。

6.4.2 尺寸限制

应限定螺杆泵的尺寸以便于下泵,这样当需要时才可保证在指定的井筒曲率下作业。对于通过油管下入的结构,定子周围应提供足够的环形空间用以分离气体;若螺杆泵下到射孔段以下,留出较大的环空可避免过大的压降。当性能规范包括下述设备如:用于注入或洗井的油管柱或仪器电缆,定子总成应留出足够的环空。

供应商或制造商应指定以下内容:

- a) 定子外径和定子总成的最大外径;对于油管送入式泵,定子总成应可通过套管下入;对于插入式泵,定子总成应可通过油管和作为管柱组成部分的其他工具下入;
- b) 转子截面的大径以及转子总成的最大直径;转子总成应通过生产油管和油管柱上的其他工具下入;
- c) 转子截面和转子接头的公转直径;转子和转子接头的偏心运动不能超出生产油管的内径,如油

管内径不够大,应在定子上端连接一个内径合适的过渡油管短节;

d) 转子和定子总成的长度和重量。

6.5 额定性能

6.5.1 转排量

对于每个泵型供应商或制造商应提供公称转排量和实际转排量。这些参数宜表示为在给定速度(100 r/min)下的流量(m^3/d)。

实际转排量应该通过确认测试来确定,如概述 6.7 和附录 D 中所述。关于排量的附加论述参见附录 H。

6.5.2 额定压力和扬程

供应商或制造商应给出螺杆泵的额定压力、额定扬程、单级空腔承压和啮合空腔数量。

额定压力应通过试验确认,见 6.7 概述和附录 D。

关于额定压力的附加论述参见 H.5。

6.5.3 设计性能曲线

供应商或制造商应给出每个泵型的设计性能曲线,该曲线显示出流量与压差和泵速的函数关系。

至少该曲线能显示正常定转子过盈时在不同转速下从零压力到泵额定压力的计算数据。

6.5.4 容积效率

供应商或制造商应给出设计性能曲线,用以描述在性能规范指定条件下的预期性能。

注:实际容积效率会由于未知的井下条件和宽泛的工作范围而产生显著的变化。容积效率综合描述了泵的容积效率和泵吸入多相流速与地表流速之差所产生的无用效率。更多信息参见附录 H。

6.5.5 设计泵速、扭矩和功率

供应商或制造商应提供螺杆泵的设计水力性能、总扭矩和功率数值,这些数值可表示为压差和泵速的函数。如需要,供应商或制造商应给出最大扭矩,最大与最小的转速值。

注:关于泵速、扭矩和速度的附加讨论参见附录 H。应谨慎使用泵的设计水力性能、总扭矩及功率值,因为它们并不能代表井下条件。需要利用经验分析这些值是否能达到预期的井下性能。

6.5.6 泵最大吸入气体体积分数

如用户或购买者要求,供应商或制造商应提供泵所能处理的最大吸入气体体积分数,并应给出书面报告予以证实。

6.6 设计验证

供应商或制造商应给出设计验证,以证实产品设计符合技术规范。设计验证工作包括以文档形式给出的设计计算、产品测试、与定义工作条件下的类似设计和历史记录的比较。设计验证中使用的经验方法或物理测试应以图纸和材料要求的形式进行完整记录。

设计验证结果应予以记录,包括基本几何参数审查,是否满足排量和压力要求、尺寸限制、强度性质和公差,以确保其符合技术规范。所有设计验证文件都应包含在产品设计文件中,应由有资质的人员(而非初始设计人员)批准。

6.7 设计确认

应对每台螺杆泵的转子和定子及橡胶的设计进行设计确认测试,以确保其设计符合供应商或制造

商的技术规范。设计确认等级规定了该等级所需的设计确认过程、程序和测试。附录 D 给出了 3 个确认等级(V1、V2 和 V3)的详细规定。用户或采购商可能需要额外的设计确认。

注：某些使用情况需要附加的设计确认测试。例如，用替代介质和多相流进行的泵的性能和耐用性测试；泵的最小吸入压力测试；最大含气率测试；或更先进的橡胶评价测试，如抗瞬间减压性能、压缩永久变形、耐热性、动态特性或抗 H₂S 性能。

6.8 性能评价要求

性能评价应根据附录 E 执行，并由有资质的人员批准，以检验制造的每台螺杆泵是否符合供应商或制造商的书面要求、技术规范和性能规范。评价结果应予以记录，并作为该产品质量文件的组成部分。

6.9 设计更改

供应或制造商应记录所有设计更改，并根据设计验证和设计确认文档进行审核，以确定是否为重大更改。重大设计更改是由供应商或制造商认定的，在预定工作条件下影响产品性能的设计更改。设计经过重大更改后成为一个新设计，需要根据 6.6 进行设计验证和 6.7 进行设计确认。

所有设计更改和修改在实施前应被确认、记录、审查和批准，并满足该部分适用的确认测试要求。对设计的非实质性调整也应予以记录。供应商或制造商应至少考虑以下设计更改：

- a) 修改或更换零部件的应力等级；
- b) 材料变化；
- c) 功能变化。

6.10 设计确认调整

以前的确认设计可调整并用于确认新设计和设计更改，但有以下限制：

- a) 调整只适用于 V1 或 V2 确认的设计。
- b) 根据附录 F，橡胶和粘接性能确认只适用于经测试的特定橡胶化合物。设计确认的调整不适用其他橡胶化合物。确认的调整可用于使用经过测试橡胶化合物的所有设计。
- c) 根据附录 D，耐用性的确认可根据设计更改进行调整，包括与经过测试产品使用相同的定子结构的橡胶化合物，设计更改所用橡胶化合物需有以前的定子结构耐久性测试的确认。
- d) 根据附录 D，水力性能确认只适用于特定的橡胶化合物和定子结构组合的测试。水力性能确认可以根据设计更改进行调整，设计更改需使用与已测试产品相同的橡胶化合物和定子结构。

7 对供应商或制造商的要求

7.1 概述

为验证产品是否符合特定性能和技术规范的要求，第 7 章给出了详细要求。

7.2 文件和资料

7.2.1 概述

供应商或制造商应建立并维护书面程序，以控制与本部分要求相关的所有文件和数据。应对这些文件和资料进行维护，以证明产品符合规定的要求。所有文件和资料应清晰，应进行分类和保存，便于工厂的检索，工厂应提供适宜的环境以防止文件和资料损坏或丢失。

文件和资料可以采用任意的媒体形式，如硬拷贝或电子媒体。用户或采购商可以获得并审核所有

文件和资料。设计文件和资料应在产品停产后保存至少 5 年。

7.2.2 设计文件

对每种型号、尺寸和规格的泵,其设计过程的文件应至少包括以下内容:

- a) 设计标准;
- b) 性能规范和技术规范;
- c) 工程图纸和材料清单;
- d) 确认测试程序、验收标准和检测结果;
- e) 性能评价程序和验收标准;
- f) 设计更改及原因。

7.2.3 随机文件

产品交给用户或采购商时,提供的文件应至少包括:

- a) 供应商或生产商名称和地址;
- b) 供应商或生产商的产品标识;
- c) 与规定性能等级相应的性能评价文件;
- d) 与规定质量等级相应的质量文件。

7.2.4 操作手册

当质量控制等级或用户、采购商有要求时,应提供操作手册,并至少包含以下信息:

- a) 供应商或生产商的名称和地址;
- b) 供应商或生产商的产品标识;
- c) 示意图,标示出主要部件、关键尺寸和结构,以及接口接头的详细信息;
- d) 搬运和存放指南;
- e) 安装前的检查和使用前的规程;
- f) 安装指南,包括所有泵部件和转子防冲距的装配程序(参见附录 B);
- g) 操作和故障排除指南,包括安全和环保作业的预案。

7.2.5 合格证书

当质量控制等级或用户、采购商有要求时,应提供合格证书,证明该产品至少符合下列要求:

- a) 质量等级;
- b) 性能等级;
- c) 确认等级。

合格证书应包含产品名称,并应由供应商或制造商指定有资质的人员批准。

7.2.6 产品数据表

根据质量等级或用户、购买者要求,应提供产品数据表,并至少包括以下内容:

- a) 产品名称;
- b) 供应商或生产商的名称和地址;
- c) 运输方式;
- d) 公称转排量;
- e) 有效转排量;
- f) 额定压力;

- g) 级数；
- h) 设计性能曲线；
- i) 测试性能曲线；
- j) 转速范围；
- k) 转子长度和质量(重量)；
- l) 定子总成的长度和质量(重量)；
- m) 转子大径,小径及回转直径；
- n) 定子外径和定子总成的最大外径；
- o) 转子和定子螺纹规格；
- p) 转子镀层类型和厚度；
- q) 操作手册版本。

以上部分内容会包含在螺杆泵试验数据表中,典型的螺杆泵试验数据表见附录 I。

7.2.7 橡胶数据表

根据质量控制等级检验或用户、采购商有要求时,应提供橡胶数据表,并至少包括附录 F 中规定的下列内容:

- a) 定子橡胶的分类；
- b) 耐介质性能；
- c) 机械性能；
- d) 最高工作温度；
- e) 未老化的粘接性能。

7.3 产品标识

7.3.1 一般标识法

一般标识法中应至少标记如下信息:

- a) 供应商或制造商名称或商标,宜喷涂或粘贴于定子外壳上；
- b) 产品型号,以“GLBvvv-hh e”表示:
 - 1) vvv 是公称转排量,以 mL/r 为单位；
 - 2) hh 是公称级数；
 - 3) e 为改进标记代号,一般用英文字母标记。
- c) 定子应在距上端不超过 1 m 处设标志槽,用钢印字符标记以下内容:产品型号、定子编号、橡胶代号及生产日期(如该信息已在定子编号中体现可不单独标记)；
- d) 转子应在端部设标记槽,用钢印字符标记以下内容:产品型号、转子编号和材料炉号；
- e) 泵下短节上应有标记槽,用钢印字符标记以下内容:产品型号、整机出厂编号；
- f) 每次大修时,应在修理的设备上根据供应商或制造商的唯一标识符做标记:
 - 1) T 表示重新攻丝；
 - 2) R 表示表面喷涂；
 - 3) S 表示校直。

7.3.2 ISO 标识法

ISO 标识法中应至少标记如下信息:

- a) 供应商或制造商名称或商标,宜喷涂或粘贴于定子外壳上；

- b) 唯一标识符(整机出厂编号),可用钢印字符标记在泵下短节上;
- c) 定子应用钢印字符标记制造年、月,以“mm-yyyy”表示;
- d) 定子应在距上端不超过 1 m 处用钢印字符标记“ISO-vvv-hhhh-eee”:
 - 1) vvv 是公称转排量,以转速 100 r/min 时的日产量 m³/d 为单位;
 - 2) hhhh 是额定扬程,以 m 为单位;
 - 3) eee 是橡胶代号。
- e) 转子应在转子端部用钢印字符标记“ISO-vvv-hhhh-rrr”:
 - 1) vvv 是公称转排量,以转速 100 r/min 时的日产量 m³/d 为单位;
 - 2) hhhh 是额定扬程,以 m 为单位;
 - 3) rrr 是转子编号。
- f) 每次大修时,应在修理的设备上根据供应商或制造商的唯一标识符做标记:
 - 1) T 表示重新攻丝;
 - 2) R 表示表面喷涂;
 - 3) S 表示校直。

产品标识可按以上两种方法选择执行,装配好的定子、转子应根据供应商或制造商的规范做永久标识。

7.4 质量

7.4.1 概述

供应商或制造商应书面记录质量控制程序,该程序由有资质的人员执行,以确保产品符合适用规范和图纸要求。

质量控制等级检验适用于最终产品,除非另有规定。

表 1 列出了最少一件的产品订单的抽检百分比。产品抽检百分比小于 100%时,供应商或制造商和用户或采购商应就抽样的选择达成一致。

表 1 列出了满足质量等级最低要求的检测方法。符合较高质量等级要求的产品,自动满足较低等级要求。这些程序包含了适用该标准所有产品的验收标准。

表 1 中规定的技术要求应按相关条款执行。

表 1 质量等级检验

检查	相关条款	质量等级检验要求		
		Q3	Q2	Q1
原材料认证 (金属和非金属)	7.5	按供应商或制造商规范	100%转子; 100%定子	100%转子; 100%定子
定子橡胶硬度测试	7.9.2	按供应商或制造商规范	20%	100%
定子橡胶粘接测试	7.9.3	按供应商或制造商规范	20%	100%
定子相位对准	7.9.4	按供应商或制造商规范	依照供应商或制造商规范	100%
转子镀层测试	7.9.5 和 7.9.6	按供应商或制造商规范	厚度,20%	厚度,100%; 表面粗糙度,100%; 试样硬度,100%

表 1 (续)

检查	相关条款	质量等级检验要求		
		Q3	Q2	Q1
转子相位对准	7.9.7	按供应商或制造商规范	依照供应商或制造商规范	100%
定子可见表面缺陷检测	7.9.8	按供应商或制造商规范	基本,100%	详细,100%
转子可见表面缺陷检测	7.9.8	按供应商或制造商规范	100%	100%
中心偏差检测	7.9.10	按供应商或制造商规范	通过或不通过,100%	定量的,100%
定子焊缝无损检测	Q3: 7.9.9.2 Q2: 7.9.9.5 或 7.9.9.6 Q1: 7.9.9.3 或 7.9.9.4	目测	磁粉检测或液体渗透检测,100%	射线或超声检测,100%
转子焊缝无损检测	Q3: 7.9.9.2 Q2: 7.9.9.5 或 7.9.9.6 Q1: 7.9.9.3 或 7.9.9.4	目测	磁粉检测或液体渗透检测,100%	射线或超声检测,100%
零件尺寸检测	7.9.11	按供应商或制造商规范	转子和定子总体尺寸,100%; 转子轮廓尺寸,50%	转子和定子总体尺寸,100%; 转子轮廓尺寸,100%; 定子轮廓尺寸,100%
文件	7.2.4~7.2.7	按供应商或制造商规范	合格证 产品数据表 橡胶数据表	合格证 操作手册 产品数据表 橡胶数据表

7.5 原材料认证

如质量控制等级检验有要求或用户或采购商有要求时,零件所用材料应有材料测试报告,以证实其符合供应商或制造商书面材料规范的规定。

7.6 零部件的其他处理工艺

7.6.1 文件

7.6.2、7.6.3 和 7.6.4 中所述的工艺文件应有资质的人员批准,至少应符合以下要求中的一条:

- 合格证说明所用材料和工艺符合供应商或制造商的书面规范和验收标准;或
- 材料测试报告证实材料和工艺符合供应商或制造商的书面规范和验收标准。

7.6.2 镀层

镀层和涂层的应用应根据书面程序执行,以确保产品符合供应商或制造商的验收标准。

当质量等级控制检验有要求时,应按供应商或制造商的抽样程序或 GB/T 2828.1—2012 的规定,对转子表面硬度取样测量。硬度测试和硬度的单位制转换应符合 GB/T 230.1, GB/T 231.1,

GB/T 4340.1及 GB/T 1172—1999 的相关规定,GB/T 20972 给出了特殊材料,这些材料适用于含腐蚀化学剂(其会导致应力腐蚀开裂)的油井。

7.6.3 焊接

焊接和钎焊程序以及人员资质应符合相关标准,如 ASME 锅炉压力容器规范 第Ⅸ卷的规定。未在该规范中提及的材料参照该规范的要求执行。

供应商或制造商应确保焊接和钎焊程序适合特殊井下使用条件,应考虑诸如腐蚀敏感性和氢脆等问题的影响。

供应商或制造商应有书面验收标准。

7.6.4 热处理

热处理应根据书面程序执行,以确保产品符合供应商或制造商的验收标准。

7.7 可追溯性

可追溯性应按照供应商或制造商的书面程序执行。使用唯一标识符,所有组件都可以追溯到原材料热处理或批量处理和材料测试报告。设备出厂时,如果其符合该部分内容要求,则认为已充分考虑了产品的可追溯性。

7.8 校准系统

用于验收的检验、测量和测试设备应当根据书面规范(如 GB/T 27025—2008 和本部分)按时进行确认、检查、校准和调整,并用便于使用的国家标准机构或国际标准(比此处的要求更严格)进行追溯。检验、测量和测试设备应在标定量程内使用。

检验、测量和测试技术应选用恰当的文件并经有资质人员批准,其测试的准确度应与该标准的测试相当或更高。

校准间隔应根据使用频率和使用程度确定。校准间隔最长 3 个月,同时应建立校准历史记录。根据文件记录的使用频率、使用程度和校准历史,间隔可延长或缩短。校准间隔不能长于先前间隔(不超过 1 年)的两倍,且不超过 1 年。

校准测量设备使用的标准应通过符合适用国家或国际标准的独立外部机构的检查和批准。

7.9 检测

7.9.1 概述

当采用供应商或制造商及用户或采购商的技术规范时,应根据其供应商或制造商的书面规范(包括 7.9 规定的要求和验收标准)执行并接受无损检测的检验。

在供应商或制造商的程序文件中应对无损检测程序做详细说明,并符合该部分要求。所有的无损检测程序应由经具备 GB/T 9445—2008 中Ⅲ级检测资质的人员批准,并由有资格人员执行。无损检测的执行和验收人员应满足供应商或制造商最低资质要求,能够执行评估和解释程序。根据 GB/T 9445—2008 对适用的专业,应每年对外观检查人员进行目测考试。作为替代方案,以预先规定标准为基础,质量管理人员可对质检员的读或观察能力进行资质审核。

7.9.2 定子橡胶硬度

定子橡胶的硬度应至少从定子上取一个有代表性的胶样根据附录 F 测量,并且应保证橡胶硬度在橡胶材料性能所规定的范围内。

7.9.3 定子橡胶粘接

定子橡胶粘接剂的测试应至少从定子上取一个有代表性的胶样按 F.4.5.1 测试,并由具备资质的人员目测检查证实橡胶粘接 100%失效。

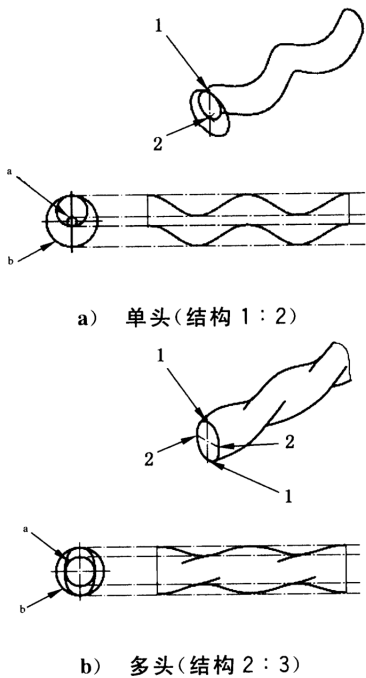
7.9.4 定子相位对准

作为最低要求,通过将定子相位对准工装插入组装定子的对接区进行验证。如工装不能无阻碍地通过对接区,则定子不合格。

7.9.5 转子镀层厚度

转子镀层厚度应该直接测量,或者通过镀层前后的测量值进行计算。测量位置应至少包括距转子两端大约 1 m 的位置和转子的中部。每个测量位置应至少测量两次(分别在转子的波峰波谷处),如图 1 所示。

所有测量值应在产品技术规范规定的波峰和波谷的镀层厚度范围之内。



说明:

1——波峰;

2——波谷。

a 波谷在转子中心线法向平面上的投影;

b 波峰在转子中心线法向平面上的投影。

图 1 波峰和波谷的定义及转子镀层测量规范

7.9.6 转子表面粗糙度

转子表面粗糙度应用比较样块对比或已证明的其他准确方法进行目测。

7.9.7 转子相位对准

作为最低要求,通过将转子总成放入转子相位对准工装对转子部件相位进行验证。焊接转子部位通过相位对准工装所需的力应不大于通过未焊接转子部位所需的力。

7.9.8 外观检查

7.9.8.1 转子

根据供应商或制造商的书面规范,转子的外观检查应对照下列现象:

- a) 镀层中的裂纹(除焊缝区附近热裂纹检查)和气泡;
- b) 转子镀层中的气泡(或针眼);
- c) 表面粗糙度的机械损伤;
- d) 弯曲。

7.9.8.2 定子

按产品质量控制等级检验,应规定两项定子外观检查:

- a) 定子的基本外观检查仅限于定子外部以及定子端部的内表面。
- b) 详细外观检查除基本外观检查外,还要用可观察定子整个内表面的内孔表面检查仪或者其他技术。

在定子外观检查中,以下为不合格:

- 橡胶裂缝、气泡和其他表面变形;
- 橡胶与定子管分离;
- 定子外壳或螺纹的机械损伤;
- 弯曲。

7.9.9 焊缝

7.9.9.1 概述

焊缝检测应按照质量控制等级检验和 7.9.9 的要求执行。该标准的焊缝检测部分不包含金属基材的焊接检测(如转子库存材料)。其他转子或定子上的焊接检测均包含在内。

7.9.9.2 外观检查

根据质量控制等级检验对所有可见焊缝应进行外观检查并记录。在焊缝外观检查中,以下现象为不合格:

- 基材或填充金属有裂纹;
- 焊缝中有夹杂物;
- 表面缺陷。

7.9.9.3 射线检测

射线检测应符合 ASME 锅炉压力容器规范 第 V 卷的要求,验收准则依据 ASME 锅炉压力容器规范 第 VIII 卷 第 1 册 UW-51 进行。

7.9.9.4 超声波检测

超声波检测应符合 ASME 锅炉压力容器规范 第 V 卷的要求,验收准则依据 ASME 锅炉压力容器规范 第 VIII 卷 第 1 册 附录 12 进行。

7.9.9.5 磁粉检测

磁粉检测应符合 ASME 锅炉压力容器规范 第 V 卷的要求。

7.9.9.6 液体渗透检测

液体渗透检测应符合 ASME 锅炉压力容器规范 第 V 卷的要求。

7.9.10 中心偏差

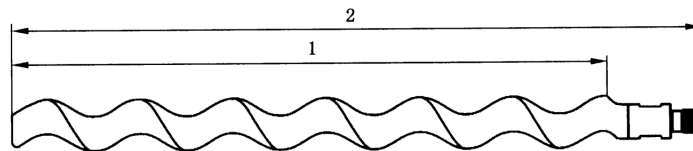
根据质量控制等级检验要求,供应商或制造商应检查每个定子的中心偏差。中心偏差表示定子腔中心线与定子管中心线间的最大径向偏移。

7.9.11 零件尺寸检测

根据质量控制等级检验要求对零件尺寸进行检测,确保符合供应商或制造商的设计标准和规范。如果不要求对装配体进行测量,零件尺寸检测应在生产期间或生产后进行,并在组装前完成。根据供应商或制造商的书面程序,同一批定子-橡胶检测都应在相同温度下进行并记录。检测结果应存档。

零件尺寸检测应包括以下内容:

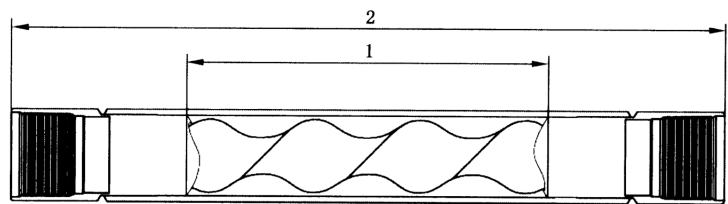
- a) 基本尺寸:
 - 1) 转子:
 - 总长;
 - 螺旋长度(见图 2);
 - 上部螺纹连接类型和尺寸。
 - 2) 定子:
 - 总长;
 - 橡胶螺旋长度(见图 3);
 - 定子管外径和内径;
 - 上部螺纹连接类型和尺寸;
 - 下部螺纹连接类型和尺寸。
- b) 轮廓尺寸,应根据测量要求的精度作记录:
 - 1) 转子:
 - 沿转子轴线上至少均匀分配 5 个大径和小径的测点,测点间距不超过 1 m;
 - 所记录尺寸的最高精度应读至 0.02 mm。
 - 2) 定子:
 - 沿定子轴线上至少均匀分配 5 个大径和小径的测点,测量点间距不超过 1 m;
 - 所记录尺寸的最高精度应读至 0.02 mm;
 - 环境温度。



说明:

- 1——螺旋轮廓长;
2——总长。

图 2 转子示意图



说明：
1——橡胶长度；
2——总长。

图 3 定子示意图

7.10 不合格品

供应商或制造商应建立并实施书面控制程序,防止不合规定的组件或零件的交货和安装。该控制程序可实现不合格产品的鉴定、分拣、评价、记录和处理。不合格组件或零件返修时应按原始零件或组件的要求重新检测。不合格产品的评价责任和处置权利应由供应商或制造商确定。

7.11 用户或购买者投诉反馈

如果产品不符合性能规范,供应商或制造商有责任向用户提供投诉电话,以便跟踪和记录投诉原因。用户或采购商应提供相关的油井和作业数据,为故障检查提供便利,以便解决投诉。

7.12 产品性能测试

产品性能测试应由供应商或制造商按照本标准执行。产品性能测试结果应予以记录,由执行测试的有资格人员注明日期并签名。详细的测试和验收标准应通过供应商或制造商的书面程序确定。产品性能测试应至少包括附录 E 所列的项目。

8 维修

维修螺杆泵应具备一定的条件,该条件要满足或超过本部分(或原生产时间对应的有效版本)中规定的要求。维修产品应达到或超过由用户或采购商指定的产品性能评价等级的要求。

大修可能会影响产品的性能,包括重新喷涂、螺纹修复和矫直。大修时,产品的每次维修应作永久标记以便识别(见 7.3),这样就可以跟踪产品的完整维修历史。

供应商或制造商应在维修时进行记录并出具维修单进行跟踪。维修单中应至少包括维修中心标志、日期和维修类型、检查和检测记录。

附录 J 给出了维修和重新调试转子、定子与限位器的指南。

9 运输、搬运和储存

9.1 概述

应根据供应商或制造商的书面规范运输、搬运和储存螺杆泵,防止设备的污染以及可预测载荷引起的设备损坏。

9.2 运输准备

运输或存放螺杆泵时应排出泵内的所有流体。

运输螺杆泵定子和转子时,支点的最大间距为 3 m。

螺纹接头的保护应包括但不仅限于外螺纹接头或内螺纹接头的护丝。保护装置应与螺纹接头牢固连接,避免螺纹损坏或运输过程中意外松脱。

转子镀层完整性的保护应包括,但不仅限于,覆盖整个转子轮廓的保护层,如尼龙网。保护层应与转子牢靠固定,防止运输过程中的意外松脱。

9.3 搬运

9.3.1 转子

搬运转子前应先安装螺纹保护装置。

搬运转子时,应采用无破坏性的吊带和支架。直接在转子上使用钢链,吊钳和齿条会损坏转子表面。

转子在水平移动时,其支点间距不超过 3 m。

转换到垂直起吊作业时应注意,防止转子产生永久弯曲变形。从水平向垂直方向转换时,通常需要对转子进行支撑。

转子在搬运期间不应碰撞。

注:螺纹和转子端部最易损坏。

9.3.2 定子

搬运定子前先安装螺纹保护装置。

将定子水平移动时,其支点间距最大不超过 3 m。

转换到垂直起吊作业时应审慎,防止定子产生永久弯曲变形。

定子在搬运期间不应碰撞。

不应敲击、跌落,以及在接近和达到橡胶脆点温度以下时碰撞定子。这些行为可能引起定子橡胶破裂并导致泵迅速失效。

注:由于橡胶的化合物复合特性,它可在低至 -50°C 高至 -4°C 的范围内达到脆点。

9.4 储存

应根据该产品操作手册中提供的指南对螺杆泵进行存放,避免产品损坏。

未喷涂的含铁零部件在签收前应由供应商或制造商喷涂许用防锈剂。暴露的转子螺纹接头应在安装螺纹保护器前涂上防锈剂。保护器应与螺纹接头牢固连接,以防止螺纹损坏或保护器在搬运期间意外松脱。

为尽量减少橡胶在环境中的暴露(如阳光、高湿度、盐水、温度的变化)应采取预防措施,并避免定子腔室被污染。定子螺纹接头应安装螺纹保护器。

螺杆泵的转子和定子,应放置在一个平面或机架上,其支点最大间距是 3 m。转子不得存放在定子内。

如有要求,供应商或制造商应给出特定环境下的存放方法,使其有利于提高存放寿命。

如定子在低温下存放,在将转子插入定子之前,转子和定子应加热到 0°C 以上。应特别注意,在做泵的水力测试前应确保定子充分预热。

对于长期储存的产品,或在储存期间可能已损坏的产品,用户或采购商应与供应商或制造商协商,确定产品安装前应进行的检查。

附录 A
(资料性附录)
螺杆泵需求信息表

表 A.1 提供给使用者或采购商,以帮助他们按照第 5 章的内容确定对螺杆泵系统的性能规范。本表可能未包括所有要求。

表 A.1 使用者或购买者填写螺杆泵需求信息表

客户名称:		油井资料	
联系人:	日期:	油田:	
电话:	电子邮件:	井号:	
完井数据 (单位任选其一)		油井位置: 陆地 <input type="checkbox"/> 海上 <input type="checkbox"/>	
泵挂深度(MD)	m 或 ft	工作环境: 煤层气 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/>	
泵挂深度(TVD)	m 或 ft	常规石油 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>	
最大井斜或狗腿严重度	(°)/30 m 或 (°)/100 ft	油藏类型: 碳酸盐 <input type="checkbox"/> 固结砂岩 <input type="checkbox"/> 页岩 <input type="checkbox"/>	
泵挂深度的倾角	(°)/30 m 或 (°)/100 ft	疏松砂岩 <input type="checkbox"/> 煤层 <input type="checkbox"/>	
总井深(TVD)	m 或 ft	采收工艺: 含水层驱动 <input type="checkbox"/> 溶解气驱 <input type="checkbox"/> 注水 <input type="checkbox"/>	
基准或参考深度	m 或 ft	煤脱水 <input type="checkbox"/> 提高采收率法 <input type="checkbox"/>	
生产井段深度(MD 或 TVD)	m 或 ft	井的类型: 直井 <input type="checkbox"/> 斜井 <input type="checkbox"/> 水平井 <input type="checkbox"/> 其他:	
套管外径	mm 或 in	完井类型: 套管射孔 <input type="checkbox"/> 裸眼 <input type="checkbox"/> 衬管 <input type="checkbox"/>	
井口和泵挂深度间最小套管通径	mm 或 in	砾石填充 <input type="checkbox"/> 筛管 <input type="checkbox"/>	
套管重量	kg/m 或 lb/ft	目标产量: m ³ /d 或 bfpd	
套管等级		螺杆泵预期寿命:	
套管连接类型		配置方式: 抽油杆 <input type="checkbox"/> 油管 <input type="checkbox"/> 电缆 <input type="checkbox"/>	
油管外径	mm 或 in	生产数据 (单位任选其一)	
油管重量	kg/m 或 lb/ft	当前产量	m ³ /d 或 bfpd
油管等级		含水率	%
油管螺纹类型		固体体积含量	%
油管内镀层类型和厚度		泵最低工作转速	r/min
封隔器深度(MD)	m 或 ft	泵最高工作转速	r/min
扭矩锚深度(MD)	m 或 ft	生产气油比	M ³ /m ³ 或 scf/stb
扭矩锚类型		井口压力	kPa 或 psi
泵吸入口类型: 开槽 <input type="checkbox"/> 气体分离器 <input type="checkbox"/>		套管压力	kPa 或 psi
尾部短节 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>		泵进口温度	°C 或 °F
流体数据		井口温度	°C 或 °F
API 重度		静液面	m 或 ft
流体总黏度	cP °C 或 °F	基准深度的油藏温度	°C 或 °F
黏度表	cP °C 或 °F	油藏静压	kPa 或 psi
	cP °C 或 °F	泵入口的生产压力	kPa 或 psi
		或动液面	m 或 ft
		采油指数	(m ³ /d)/kPa 或 bbl/psi
		套管或油管气油比或井底自由气分离效率	M ³ /m ³ 或 scf/stb
		气体、液体或固体入泵的堵塞趋势	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>
		结垢史	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>
		结蜡史	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>
		沥青质沉积史	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>

表 A.1 (续)

黏度表		cP ℃ 或 °F		泡沫状原油史 有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
水: pH 值		H ₂ S: % 或 ppm		固体颗粒引起的井下部件磨损、腐蚀或堵塞 有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>	
相对密度		CO ₂ : % 或 ppm		乳状液 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
含盐浓度 ppm				若是,请提供转化点和乳状液黏度数据:	
泡点压力(油藏温度下)		kPa 或 psi		处理剂注入油井 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
芳香烃化合物 (苯,甲苯,二甲苯)				若是,请说明:	
地面驱动:				现场能否提供: 井斜测量 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
				流体成分分析 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
				井下驱动:	
抽油杆柱类型		标准 <input type="checkbox"/> 连续 <input type="checkbox"/> 空心 <input type="checkbox"/>		井下驱动方式 电 <input type="checkbox"/> 液压 <input type="checkbox"/>	
抽油杆体外径		mm 或 in		齿轮传动比	
接箍外径		mm 或 in		电动机转速(额定频率下) r/min	
抽油杆柱材料等级				电动机功率(额定频率下) kW 或 Hp	
连接类型				电动机极数 2 极 <input type="checkbox"/> 4 极 <input type="checkbox"/> 6 极 <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> 旋转扶正器		类型:	数量:	其他 <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> 抽油杆导向器		类型:	数量:	井下驱动外径 mm 或 in	
<input type="checkbox"/> 电动机		r/min	kW 或 Hp	井下驱动机组长度 m 或 ft	
<input type="checkbox"/> 燃气原动机		品牌:	型号:	井下驱动机组连接类型	
地面驱动		直接 <input type="checkbox"/> 液压 <input type="checkbox"/>		是否有作业和修井限制	
皮带与皮带轮传动比		齿轮减速比		井下设备细节:尺寸、类型、相对于泵吸入口的位置	
工作频率		线电压		井下化学剂注入:注入油管串外径和相对于泵吸入口的位置	
液压泵和马达					

设计确认等级要求 (选择一项)		
<input type="checkbox"/> V3:传统级	<input type="checkbox"/> V2:基本级	<input type="checkbox"/> V1:最高级

产品性能评价等级要求 (选择一项)					
<input type="checkbox"/> F1:水力性能试验			<input type="checkbox"/> F2:不进行台架试验的性能评价		
F1 预期的或 F2 性能试验的要求:			泵速:	r/min	试验流体温度: °C 或 °F
容积效率	%	试验流体:	试验入口压力	kPa 或 psi	
流体流量	m ³ /d 或 bfpd		试验出口压力	kPa 或 psi	

质量控制等级要求 (选择一项)		
<input type="checkbox"/> Q3:基本	<input type="checkbox"/> Q2:中等	<input type="checkbox"/> Q1:最高

表 A.1 (续)

其他要求 (选择适用项)
<div><input type="checkbox"/> 橡胶兼容性测试</div> <div><input type="checkbox"/> 粘接强度测试</div> <div><input type="checkbox"/> 撕裂强度测试</div> <div><input type="checkbox"/> 耐磨性测试</div> <div><input type="checkbox"/> 压缩模量测试</div> <div><input type="checkbox"/> 瞬间减压测试</div> <div><input type="checkbox"/> 抗 H₂S 测试</div> <div><input type="checkbox"/> 动态特性测试</div> <div><input type="checkbox"/> 文件,如:操作手册,合格证,产品数据表</div> <div>请详述:</div>

附录 B

(资料性附录)

安装指南

B.1 概述

该附录概述了地面驱动螺杆泵系统的安装技术和步骤。其他系统的安装步骤,比如插入式、钢绳投捞和金属定子螺杆泵,需要由供应商或制造商指定。供应商或制造商也可以为辅助设备提供专门的安装步骤,比如地面和井下仪器、稀释液注入管线等。安装步骤应与特定螺杆泵系统操作手册的要求一致。用户或采购商也可以在 GB/T 21411.2—2009 里找到地面驱动装置要求的数值。

螺杆泵泵挂深度之上的局部井眼曲率或狗腿度过大可能限制所安装螺杆泵系统的外径及长度。如果使螺杆泵强行通过狗腿段,有可能会造成螺杆泵定子的塑性变形,使螺杆泵因为疲劳或者磨损导致运行寿命显著降低。应当根据局部井眼曲度选择适合的螺杆泵,狗腿段较长时使用较细的泵更合理。

选择泵的泵挂深度时,即使在井眼曲率不大的井段也要注意,确保定子没有弯曲或者在全长范围内仅支撑在不连续的点。将泵安装在大井眼曲率井段可能会导致振动和疲劳失效。

减少转子从定子中的伸出量可以减少井下的振动,但应确保充足的驱动杆柱间距,以保证泵运转时转子与驱动杆柱接触不会接触定子上部的橡胶。与转子上部连接的第一根抽油杆应至少 3 m 长,以减少定子上部第一根油管短节内的磨损和压降。如果使用抽油杆扶正器,应将第一个扶正器安装在第一根抽油杆之上。

一般情况下泵的吸入口应置于套管射孔段以下,这有助于井内环空中气体的分离,减少固体碎屑积聚堵塞射孔段的风险。尾部短节可安装在泵的底端,以防止扭矩锚通过射孔段。

泵(包含其辅助设施)与其所挂套管或衬管内壁之间的环形空间应允许流体流动而没有过多压降,且应允许含有固体物质的自由流体流至泵的吸入口。

B.2 安装前准备

典型的螺杆泵系统标准设备及辅助设备配置参见附录 L,在安装螺杆泵系统之前推荐考虑以下步骤。

- 在运行螺杆泵之前,清除井底固体物质例如沉砂或煤粉,使泵可以安装在目标深度,并且应防止固体物质在泵安装和启动前不断的流入井筒。
- 确保以前作业残留的井下施工介质不会影响定子橡胶和转子镀层。如果介质有损坏泵的可能,在泵安装前,应对其进行清除或稀释。
- 确保现场的螺杆泵及相关硬件与供应商或制造商提供文件的内容是否一致。检查所有零部件,确保取掉所有包装和保护性装置,并且设备没有损坏。
- 确保所有辅助设备与螺杆泵系统和油井的正确连接,并执行了辅助设备的专门安装程序。
- 确保所有油井作业、人员和硬件符合井口操作的 HSE 标准、当地法规和政策等文件要求。
- 确保现场作业设备有足够的力量完成定子组件、生产油管、转子和驱动杆柱的装配。
- 确保现场所有提升和处理设备具有足够能力处理泵组件的长度和重量,而不会导致破坏。

B.3 定子安装

安装螺杆泵定子时,推荐考虑以下步骤:

- a) 确保定子组件与供应商或制造商提供的文件一致。
- b) 确保旋紧所有定子组件的连接,上扣扭矩应为产品操作手册给出的最优扭矩和最大扭矩之间。记录所有上扣扭矩。
- c) 确保定子上方油管的内径可为转子及其接头的偏心运动提供充足的旋转空间。
- d) 根据需要,将定子与需要的辅助设备,如限位器、扭矩锚、尾部短节、气体分离器和井下压力计等连接好后,接在生产油管柱末端。
- e) 将定子组件和生产油管下入井内,以最优与最大扭矩之间的扭矩值旋紧所有油管螺纹。
- f) 记录所有序列号、供应商或制造商的型号信息、橡胶代号、组件长度和外径。记录下入的生产油管的数量。
- g) 根据需要,把定子组件下放到指定深度,固定油管锚或防转工具。记录所有设备的下入深度。

B.4 转子安装——下放步骤

安装螺杆泵转子时推荐考虑以下步骤:

- a) 清洗驱动杆柱的所有外螺纹和内螺纹。
- b) 检查已使用的驱动杆柱部件有无严重磨损或其他缺陷。根据油井作业和供应商或制造商的规范,替换损坏的设备。
- c) 记录转子产品标识(编号等)。在地面处理转子时,应注意避免损坏转子螺纹及其表面。为防止弯曲损坏,应以正确形式支撑转子。将转子与驱动杆柱连接,下入油井。
- d) 按照推荐的步骤旋紧所有的驱动杆柱接箍。记录下入驱动杆柱的数量。针对螺杆泵使用中特定驱动杆柱旋紧步骤的信息,参见附录 M。
- e) 在转子下入定子之前,记录驱动杆柱和转子的悬重。
- f) 缓慢将转子下入定子以防止破坏定子橡胶。转子下入定子时,驱动杆柱通常右旋(顺时针)。
- g) 下放驱动杆柱直至转子坐在限位器上,此时指重计上读数为零。水平井中,由于杆柱和生产油管的摩擦阻力,指重在转子接触到限位器之前可能会出现零读数。如果转子不能插入定子,应与供应商或制造商协商替代程序。
- h) 确认驱动杆柱长度与油管柱相当。
- i) 标记出零悬重时驱动杆柱的位置。
- j) 缓慢上提驱动杆柱直至杆柱悬重完全恢复,并记录驱动杆柱位置。
- k) 重复 g)~j) 的步骤直至三次标记的位置一致。
- l) 按照产品操作手册中规定,上提防冲距,该防冲距包括对驱动杆柱拉伸、热膨胀和其他因素的补偿。此时,转子在定子里应处于运行位置。
- m) 测量从地面驱动装置底部井口连接处到光杆卡瓦顶部的高度。
- n) 确定驱动杆柱上部抽油杆短节和光杆的组合,保证光杆的顶端伸出光杆卡瓦顶部 0.1 m~0.3 m。扳手钳口不要直接作用在光杆上。
- o) 按照 GB/T 21411.2—2009 的要求安装地面驱动装置。
- p) 通过光杆卡瓦将光杆连接在地面驱动装置上。

附 录 C
(资料性附录)
操作指南

C.1 概述

该附录为用户或采购商提供了安全操作螺杆泵系统的一般信息。

C.2 启动程序

推荐的螺杆泵系统启动程序包括根据启动规程制定的启动前检查。

注：对于某些特定井型，需要采取特定启动程序以防止大量产气。如有必要应咨询螺杆泵的生产商或制造商。

C.3 启动前检查

启动时检查转子的转动方向是非常重要的。由于螺杆泵是一种容积式泵，它具备双向泵送介质的能力，因此一旦转子反向旋转，就会导致螺杆泵干运转。如果泵干运转，定子就会因为缺少润滑而导致损坏。泵的反转，也会导致驱动杆柱螺纹被旋松。

开泵前应采取以下步骤进行检查：

- a) 短时启动原动机检查地面驱动装置的旋转方向。
- b) 确保满足以下条件：
 - 1) 光杆卡瓦已充分紧固。
 - 2) 光杆伸出驱动装置最上端不大于供应商或制造商的推荐值(通常小于 0.3 m)。
 - 3) 驱动装置的所有转动部件都已安装防护装置。
 - 4) 轴承和盘根盒已正确润滑和密封。
 - 5) 密封盘根没有过紧。
 - 6) 井口至储油罐或集输管线上的阀门已全部处于打开状态。
 - 7) 检查刹车系统功能，具体步骤见 GB/T 21411.2—2009。
 - 8) 根据制造商规范安装地面驱动装置，并且润滑油液充足，皮带张紧力适当；具体步骤见 GB/T 21411.2—2009。
 - 9) 螺杆泵控制系统中停车参数设置正确，比如感应集液设备状态的压力开关。如果一个设备关闭，停车信号能直接传递至井口以防止泵继续向设备泵送。
- c) 启动前，测液面或记录井底传感器读数，获取初始井底基准压力数据。

C.4 启动程序

宜按照以下步骤启动螺杆泵系统：

- a) 执行 HSE 相关规定，如确保设备启动前已通知了所有相关人员，所有现场人员已了解可能存在的风险。
- b) 将原动机开关扳至关的位置。
- c) 开启电源开关面板上主开关(如适用)并装有电流表测量启动电流和运转电流。

- d) 将调速器调至最低转速(如适用)。
- e) 开启原动机电源,记录马达启动电流(如适用)。
- f) 开机后仔细观察螺杆泵系统 1 min,查找任何不正常的声音或震动。
- g) 关闭原动机确认刹车能正常工作。如果在关机过程中没有发现任何问题,则重启原动机。

注:反复重启会造成刹车系统过热,可能导致危险。

- h) 关闭管线上的阀门确认高压停机开关能正常工作。如果没有发现任何问题,打开管线阀门后重启原动机。
- i) 检查井口、地面驱动装置和管线确保无泄漏。
- j) 确定扭矩和转速在供应商或制造商规定的范围内。
- k) 遵守提高转速的操作程序以保护系统(如适用),如减少砂的吸入量。
- l) 调整泵的转速使泵适应油井的产液能力。通常来说,在开始生产阶段应经常调整泵的转速以达到理想的动液面或者泵的沉没度。
- m) 做一小型试油检验(如使用井口油罐或测试分离器)确认泵的效率在供应商或制造商的规定范围内。
- n) 密切观察该井 24 h 确认液面和产量平稳。
- o) 每天测量液面变化,通过井下仪器记录井下压力,记录试油直至油井生产平稳,以确认输入和设计数据可靠,并确定螺杆泵是否在规定条件下运行。
- p) 如可能,应尽量避免频繁的停车和重启。

C.5 停车程序

螺杆泵系统停车时,宜按以下步骤:

- a) 熟悉井史,包括:转速、产量、扭矩、作业限制等。
- b) 执行 HSE 相关规定,如确保停机前已通知了相关人员,且通知所有人员可能存在的危险。
- c) 逐渐降低系统转速至最小转速并使系统维持稳定。
- d) 系统稳定后关闭原动机。
- e) 在有保护的情况下检查螺杆泵系统是否有不正常的反转。观察刹车是否起作用 and 反转的速度。
- f) 如果刹车失灵,保护好自己和在场的其他人直到系统完全停止运转。

警告——直到反转完全停止才能靠近地面驱动装置。

- g) 锁定系统并悬挂相关标识。

警告——当地面驱动装置停车和反转停止后,仍有可能发生反转。这类反转是由于油管液面为了达到与套管液面的平衡,原油从泵回流到套管中造成的。拆卸地面驱动装置和光杆卡瓦时务必仔细观察,小心操作。

C.6 系统监测

C.6.1 概述

系统监测是指对螺杆泵运行状况和生产参数进行周期或连续的测量与评估。监测的原因包括生产能力优化、故障检测和生产统计。除此之外还包括其他的生产性能参数,如泵效,其可以参照生产和操作参数的测量值计算。表 C.1 列举了可以测量或计算得到的参数。

C.6.2 测量生产参数

C.6.2.1 总流体产量

总流体产量是通过测量计量分离器内一段时间(几小时)的液体量确定的。产量是根据储油罐质量或者流体体积(不含气流体)变化确定的。当油液中含有气体时,由于气体释放和膨胀,地面测量的流体体积并不能直接表示井下泵的产液量。

表 C.1 推荐测量及计算参数

生产参数(测量)	操作工作参数(测量)	计算参数
总流体产量	泵的转速	净流体产量
携砂液	液体压力	随泵排出的气体量
含砂量	电机电流	砂子体积
含水量	光杆扭矩	泵的容积效率
总气产量	油管头压力	泵的入口压力
环空气产量	套管头压力	泵的出口压力
液面位置	泵的吸入压力	泵的压差
油液黏度	泵的排出压力	光杆扭矩
		光杆轴向载荷

C.6.2.2 携砂液

携砂液既可直接注入井下环形空间或者通过独立注入管柱注入井下。携砂液可以是化学制品、水、油或有增产、降黏和控砂目的的稀释剂。通过监测地面产液量,可估算携砂液的注入量。

C.6.2.3 含砂量和含水量

含砂量和含水量一般是通过产液样品的分离试验得出的。通常在井口采集油液样品。为了使样品测试结果准确可信,不能在生产不正常或出现水或砂的段塞流的情况下取样,因为这样不能反应产液的真实情况。

C.6.2.4 液面位置

液面位置、井眼几何尺寸和估计的环空液柱密度,可以用来估算螺杆泵入口压力。液面位置的解释具有很强的主观性,由于原油里含有泡沫油,很难做到对实际油气分界面的准确区分。

C.6.2.5 总气产量

总气产量是与流体产量的测试紧密相关的。总的气产量包括环空中的气体和通过泵而产生的气体。准确测量气体体积是非常重要的,因为气体对油套管环空中的液体平均密度有非常大的影响。油管中举升的气体对原油物性同样有影响,例如原油的可压缩性和黏度。

C.6.2.6 环空中的气产量

环空中气体产量是不通过泵流出的那部分生产气体。从总气产量中减去环空中气体产量就是通过泵产出的气体量。校正井下条件泵的产气量能够更准确的估计实际泵效,更多信息参见附录 G。

C.6.2.7 流体黏度

对从井口采集的流体样本进行流体黏度测量。这有可能包括油水乳状液。流体黏度可以用来估计生产油管中的压力损失,更好的估计泵的工作性能,如出口压力、压差和扭矩。

C.6.3 测量工作参数

C.6.3.1 泵的转速

泵的转速主要用于计算泵的效率,通常直接通过变速驱动装置进行监测。泵的转速可能受到液压系统环境温度、地面驱动设备的磨损情况以及泵载荷变化的影响。

C.6.3.2 液体压力或电机电流

这些值可间接的测量光杆所受扭矩。每天检测一次虽不能发现扭矩短时间内的变化,但足以估计井的大体运行状况。光杆扭矩可直接通过变速驱动装置监测得到。

C.6.3.3 油管头压力

油管头压力用于计算泵的出口压力。

C.6.3.4 套管头压力

套管头压力用于计算泵的入口压力。

C.6.4 计算生产参数

各类生产统计参数包括净产液量、净产油量、净产水量和含砂量,通常是计算得出的。这些参数是通过油井的总产量、携砂液产量、含砂量以及含水量计算得出的。

C.6.5 计算工作参数

C.6.5.1 泵的容积效率

泵的容积效率是根据泵的井下转排量、泵的转速以及泵的总流体产量计算得出的。泵的效率受到流体性质、生产实践和工况的影响。在一段时间内跟踪泵的效率可以用来检定泵的故障、磨损状况、流入物限制以及油管的泄漏情况。更多信息参见附录 H。

C.6.5.2 泵的排出压力

泵的排出压力可根据油管头压力和已知的流体性质、井眼几何尺寸以及生产油管的流动损失估算出的。此计算是在许多假设的情况下得到的,所以结果也只能视作近似值。泵的出口压力也可以通过井下压力表直接测量。出口压力可为泵的载荷计算和转速选择提供参考。

C.6.5.3 泵的入口压力

泵的入口压力可根据环空液面和气体流量,并考虑井眼几何尺寸估算出来的,或者可用井下压力表直接测量入口压力。密切监控泵的入口压力对控制泵的转速以最大化产能、同时防止泵失效至关重要,尤其是对井下低流压的井。

为充分利用螺杆泵系统的性能,泵的入口压力应降至最低以增加井内入流。但低入口压力势必影响泵的性能,造成泵的效率 and 流量降低。

C.6.6 光杆扭矩

光杆扭矩是评价光杆载荷、地面设备载荷、分析泵的故障及性能的一项重要数据。光杆扭矩通常根据测量的电机电流和泵的转速计算得出。

C.6.7 光杆轴向载荷

光杆轴向载荷通常是根椐驱动管柱的悬重、泵的压差和泵的尺寸计算得出的。很少直接测量光杆的轴向载荷。

C.7 系统诊断

绝大多数泵不是自动化控制的。在很多情况下,需采集表 C.1 列出的关键数据。通常需要一个周期来评估转速是否过快造成泵的抽空(这将加剧泵的损坏趋势),或转速过慢导致系统不能按照最大生产能力产出油液。因此,从设备保护和生产优化两个方面看,自动化测量关键生产和工作参数,并使用测量数据来控制泵系统运转以优化生产工艺有着巨大发展前景。

C.8 系统故障

泵投产后一段时间后,整套系统运转时会不时出现一些故障。不过,如果对异常状态及时发现,绝大多数螺杆泵系统运行的问题可以避免或者降低到最小程度。表 C.2 给出了泵安装运行过程中常见问题的分析和解决办法。

C.9 系统维护

C.9.1 概述

地面驱动螺杆泵系统简单可靠,运行的维护量非常少。但是,如果能够定期维护,一些简单工作即可大大提高螺杆泵系统的可靠性。

C.9.2 地面驱动装置

关于日常维护及螺杆泵系统的监测,用户或采购商应仔细查阅螺杆泵制造商提供的产品操作手册。对地面驱动装置的日常维护应包括以下内容:

- a) 检查井口、地面驱动装置和液压系统是否有泄漏。
- b) 检查安全护罩是否安装到位且有效。
- c) 检查驱动装置的润滑油液面、齿轮箱、刹车和液压系统。
- d) 检查盘根盒是否润滑良好并密封有效。根据需要润滑并盘紧盘根盒。
- e) 检查驱动装置皮带是否损坏、振动,并适当张紧。
- f) 监测液压系统压力和电机电流以估测系统载荷。

对驱动装置的定期维护还应包括以下内容:

- 更换驱动装置、齿轮箱、刹车和液压系统的润滑油和滤油器。
- 替换皮带和皮带轮。

C.9.3 螺杆泵井下部分

螺杆泵安装在井下时不需要维护。泵效率很低时,就应该更换。通过检查和测试可以决定泵的零

部件定子、转子或两者是否可以继续使用。具体参见附录 K。

在重新下泵前,应在试验台上测定定子、转子对的性能,确定其是否满足性能规范(见附录 E)。

表 C.2 故障查找指南

可能的原因	观测到的问题											建议的解决方法	
	没有产量	产量下降	间歇性生产	泵无法启动	泵启动时马达停转	马达过热	功率超载	噪音震动异常	泵组件磨损	盘根盒严重磨损	盘根盒泄漏		泵被锁死
磨损过快									×	×		选择合适的转子与定子配合,降低泵的转速	
抽油杆脱开	×							×				打捞抽油杆并换新抽油杆	
油管脱开	×	×						×				充分旋紧新油管	
井液不足（与油藏或完井有关）	×	×	×					×				降低泵的转速或打开间抽开关	
油管或接箍刺漏	×	×	×									更换油管或接箍	
马达电源或接线				×		×		×				检查电源及电缆	
泵入口堵塞	×	×	×	×								拉出转子,对井进行循环	
油液黏度高于预估值		×	×	×	×	×	×	×				降低泵转速	
油液温度大于或小于预估值		×						×			×	选择适当的转子过盈量	
油液黏度小于预估值		×										增加泵转速	
排出压力大于预估值		×			×	×	×	×	×		×	检查管线是否堵塞或者关闭了截止阀	
盘根盒太紧				×	×	×	×			×		×	调整盘根盒
盘根盒不够紧											×		调整盘根盒
泵入口出游离气体过多		×	×					×					安装气锚,降低泵的转速或加深泵挂
泵转速大于设计值			×			×	×	×	×	×			降低泵的转速
泵转速太低	×	×											增加泵的转速
驱动装置皮带打滑		×	×	×				×					检查电机皮带松紧度
转子安置位置不当	×					×	×	×	×				检查并调整转子的防冲距
驱动装置安装不安全								×					检查或紧固所有安装件
驱动装置轴承磨损或失效				×	×	×	×	×				×	更换或检修地面驱动装置
泵磨损(转子或定子)		×											更换磨损的部件
电机低电压				×	×	×							检查电压或电缆尺寸
盘根盒的磨损					×					×	×		检查盘根类型和状况
驱动设备失效	×			×		×		×				×	检查更换失效的零部件
不兼容的处理剂		×	×						×	×	×	×	重新检查对化学物质的兼容性
泵排出口堵塞或阀关闭	×	×	×		×	×	×	×	×			×	泄压,清除堵塞物
定子磨损或破坏	×	×	×	×	×							×	更换磨损部件
盘根压盖损坏盘根			×							×	×		检查光杆是否有磨损

表 C.2 (续)

可能的原因	观测到的问题											建议的解决方法	
	没有产量	产量下降	间歇性生产	泵无法启动	泵启动时马达停转	马达过热	功率超载	噪音震动异常	泵组件磨损	盘根盒严重磨损	盘根盒泄漏		泵被锁死
马达功率太小				×	×	×							检查并重新计算马达功率
转子防冲距不正确				×	×		×	×				×	重提转子防冲距
定子橡胶膨胀				×	×		×		×			×	重新评测橡胶属性
砂子进泵	×			×	×							×	冲洗或上提泵
注：对应观测到的问题，“×”处表示可能的原因。													

附 录 D
(规范性附录)
设计确认

D.1 概述

每个确认等级要求通过一系列独立的确认程序、工艺和试验。供应商或制造商应在设计确认文件中记录确认测试的程序和结果,确认文件应清晰、易检索。确认文件应包含确认设计的测试结果,并应由有资质的人员(而非发起人)进行审核批准。该审核应至少满足该部分内容包含的所有设计确认要求。试验设备应符合 7.8 的要求和供应商或制造商的书面程序。

D.2 设计确认等级

D.2.1 概述

该部分给出了产品设计确认的三个等级,概述如下。适用现有产品的以前文档或测试应被认为满足相应等级。满足设计确认更高等级的产品自动满足较低的设计确认等级。

V3 传统级:除确认测试外,适用于满足该部分所有性能、技术和制造要求的产品,并包含在先前标准或程序下测试的系统或产品;

V2 基本级:除耐久性确认试验外,适用于满足该部分所有性能、技术和制造要求的产品;

V1 最高级:适用于满足该部分所有性能、技术和制造要求的产品。

每个设计确认等级的具体要求见表 D.1。

表 D.1 设计确认等级

项目	设计确认等级要求和参考规范		
	V3	V2	V1
文档编制	历史记录 (D.2.2.2)	要求 (D.2.3.1)	要求 (D.2.3.1)
水力性能确认	不要求	要求 (D.2.3.2)	要求 (D.2.3.2)
橡胶和粘接确认	不要求	要求 (D.2.3.3)	要求 (D.2.3.3)
耐久性确认	不要求	不要求	要求 (D.2.4.2)

D.2.2 V3——传统级

D.2.2.1 概述

确认等级 V3,是通过历史性能记录由现有螺杆泵安装获得的经验来确认产品能满足该部分内容要求,见表 D.1。等级 V3 仅适用于已库存的定子、橡胶和粘接剂,其产出在本部分出版之前。

D.2.2.2 文档编制

通过历史记录,供应商或制造商证明螺杆泵产品能够满足设计工作条件。该文档应表明,至少已有 20 台泵满足以下性能要求:

- 排量;
- 承压能力;
- 流体适应性;
- 扭矩和功率;
- 预期工作寿命。

D.2.2.3 其他确认项目

水力性能、橡胶和粘接性能以及耐久性确认在 V3 等级中不作要求。

D.2.3 V2——基本级

D.2.3.1 文档编制

设计确认文档应包括所有设计确认所用假设、计算、评价、测试结果以及所有其他用来确认设计的支持文档。

D.2.3.2 水力性能确认

进行水力性能确认测试可以确定螺杆泵的有效转排量,压力和性能特性(如扭矩和消耗功率)。此测试的目的是为了确认特定的螺杆泵几何形状。该部分内容的测试要求并不能代表井下条件。

特定泵的几何尺寸通过水力性能确认,但确认仅对测试的特定橡胶和粘接剂有效。

水力性能确认测试应根据附录 E 中等级 F1 进行,但有下列例外情况:

- a) 转速应覆盖该泵型的指定操作范围。至少应包括 3 种转速,相邻转速的差应不超过 200 r/min。
- b) 压差在零到额定压力的范围内应至少有 10 个测试点。
注:当测试温度在 100 °C 以上时,测试最低泵压可以是防止水闪蒸的压力。
- c) 测试流体应为水或液压油。
- d) 试验温度范围从室温到泵的最高工作温度,温度增量的最大步长为 30 °C。只有当流体与定子外表之间的最大温差小于 10 °C 时,才可以采集试验数据。
注:为满足中到高温下测试的标准,定子外应循环测试流体。
- e) 利用测试转子对泵进行测试,该转子的尺寸应基于供应商或制造商的内部设计标准。当转速和测试温度范围很大时,可利用多个转子尺寸以达到所要求的性能。但是,对转速和试验温度的特定组合,应利用相同转子来确定转排量、压力和扭矩性能。
- f) 在水力性能确认测试中,测量的水力性能应与由技术规范给出的理论性能进行比较:
 - 1) 在指定测试温度下,以 300 r/min 转速进行水力性能确认测试时,配合转子的容积效率应能达到 70%~90%,或跟用户协商确定的值。
 - 2) 在室温下,最大测量压力应达到或超过规定的额定压力。
 - 3) 在室温下,测量的转排量应在有效转排量±5%范围内。
 - 4) 在试验转速下,在整个压力范围内测量的扭矩应在总设计扭矩±10%的范围内。
- g) 在水力性能测试后,转子和定子应根据 7.9.8 进行外观检查,并根据 7.9.11 测量,不应有任何

磨损或损坏。

D.2.3.3 橡胶和粘接确认

应按照附录 F 的规定对橡胶和粘接性能进行确认,应至少包括如下内容:

- a) 根据 F.4.3 确认耐流体性能;
- b) 根据 F.4.4 确认机械性能;
- c) 根据 F.4.5 确认橡胶的粘接性能。

D.2.3.4 耐久性确认

耐久性确认在等级 V2 中不做要求。

D.2.4 V1——最高级

D.2.4.1 概述

等级 V1 是设计确认的最高等级。根据等级 V1 选择的螺杆泵应符合表 D.1 的指定要求。

文档编制、设计确认、水力性能确认和橡胶粘接确认应符合确认等级 V2 的要求。

D.2.4.2 耐久性确认

耐久性确认测试的目的是证明采取具体措施可以避免螺杆泵在使用中的过早失效。它包括延长周期的、全尺寸的测试,以确认螺杆泵在超过规定时间的情况下保持性能的能力。这个测试能同时验证泵的多方面性能,包括泵几何结构、转子配合、合成橡胶和粘接剂。试验条件并不一定代表井下条件,而只是为了使泵承受工作状态下的循环机械负荷。通过耐久性确认,可令新结构、橡胶和粘接剂的使用,或现有产品超过之前使用范围使用时更令人放心。

测试用泵的选择取决于以下确认目的:

——特定的泵结构应用来确认其几何尺寸或选定的转子配合。

——任何几何结构(其包含可代表最终产品的材料)可用于评估橡胶或粘接剂。

作为最低限度,测试应在以下组合条件下进行:

- a) 泵应在以下组合条件下进行测试:
 - 1) 100%额定转速;
 - 2) 125%额定压力;
 - 3) 额定温度。
- b) 该泵应至少包含三个定子导程。
- c) 泵初始容积效率应至少为 70%。
- d) 在试验台上应将以下参数保持在要求的±5%范围以内:
 - 1) 转速;
 - 2) 出口压力;
 - 3) 试验周期内的流体温度。
- e) 应至少以天为单位记录泵流量、转矩和定子外部的温度。
- f) 应以水或液压油作为测试流体。除了标准的耐久性试验之外,其他试验流体,如高温流体与磨蚀性泥浆,可以用来确认特定的工作条件。
- g) 测试应运行至少 25×10^6 转或直到泵失效。在耐久性测试中,失效定义为泵容积效率低于 50%。在特殊情况下,用户或采购商可以指定替代验收标准。

- h) 在耐久性测试后,转子和定子应根据 7.9.8 进行外观检查,并根据 7.9.11 测量。应根据附录 F 评价橡胶和粘接系统。
- i) 文档应详细总结测试产品、测试条件、测试周期内的性能和最后检查等内容。此文档应包含在产品设计文件中。

附 录 E
(规范性附录)
性能评价

E.1 概述

本附录包含对性能评价程序的要求,在用户或采购商指定使用条件下,通过评价程序可证明螺杆泵或其组件是否满足特定性能标准。对每种使用情况,用户或采购商需要以下性能信息:

- a) 证实供应商或制造商所提供的泵的性能;
- b) 对特定的使用情况,确定泵的适用性。

注:几个因素的存在使得建立一个单一且满足上述第二个要求的评价程序很困难。这些因素包括:转子定子配合上的流体与橡胶的相互作用;生产流体性质(黏度,气体等)对泵性能的影响。当螺杆泵处于井下环境时,由于橡胶的化学溶胀和热膨胀,实际容积效率和实际转排量可能会不同于性能测试的结果。更多信息参见附录 H。

性能评价程序分两个等级:

- F1:水力性能试验;
- F2:不进行台架试验的性能评价。

所有测试应按照供应商或制造商的书面程序执行,该程序应满足或高于该部分内容的要求。

供应商或制造商应将性能评价程序和结果记录在性能评价文件中,该文件清晰且易检索。该文件应由有资质的人员审核批准。

E.2 等级 F2——不进行台架试验的性能评价

E.2.1 概述

性能评价等级 F2 应包含按照书面程序测量转子和定子尺寸,并由有资质的人员批准。至少应包括以下内容:

- a) 按照 7.9.11 测量定子外形尺寸;
- b) 按照 7.9.11 测量转子外形尺寸。

供应商或制造商应有书面的评价方法,通过该方法用转子和定子的测量结果就能估计泵的工作特性。

E.2.2 文档要求

螺杆泵性能评价报告至少应记录以下内容:

- a) 评价地点;
- b) 评价日期;
- c) 由符合资质的人员实施评价;
- d) 用户或购买者;
- e) 螺杆泵描述:
 - 1) 泵型、定子编号、转子编号和橡胶牌号;
 - 2) 定子长度、定子和转子平均小径和大径(来自于符合 E.2 的数据点)。
- f) 环境温度;
- g) 根据 6.5 评估的泵工作特性。

E.3 等级 F1——水力性能试验

E.3.1 概述

以下程序适用于完整的泵(实际定子和转子的组合体)和单个定子,对单个定子,应使用由用户或购买者和供应商或制造商商定参考尺寸的转子。

水力测试的目的是在特定转速、温度、压差条件下,用性质已知的流体测量泵的流量和扭矩。

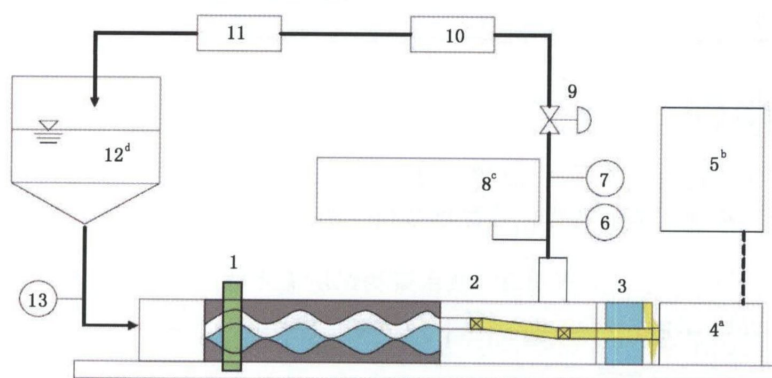
在确定水力测试的最佳方式时,应考虑应用的类型和参数。因此,该部分内容只是给出对测试程序的要求。

测试应在可控环境下进行,泵速、泵压差、流体性质和温度等关键输入参数是可控的,流量、扭矩和消耗功率等输出参数能达到一定的测量精度。

在给定流体温度和转速下,测试设备和程序应能够给出书面的、可重复的结果,其与要求的流量和扭矩的误差在 $\pm 10\%$ 范围内。

E.3.2 试验台要求

图 E.1 为包含最基本部件的试验台的示意图。



说明:

- 1 —— 定子装夹装置,以防止剧烈振动;
- 2 —— 万向节或挠性轴,吸收转子的偏心运动;
- 3 —— 密封部分,用于减少驱动轴周围的泄漏;
- 4 —— 驱动系统,给驱动轴提供机械能;
- 5 —— 扭矩测量装置;
- 6 —— 压力测量装置,测量出口压力;
- 7 —— 温度测量装置,测量出口温度;
- 8 —— 安全阀和压力开关(设为低于台架最大设计压力);
- 9 —— 控制阀或节流器,用于调节出口压力,从而在螺杆泵两端产生压差;
- 10 —— 流量测量装置,采用直接(如管线内)或间接(如量油箱)方法测量;
- 11 —— 温度控制装置,以限制测试过程中流体的温度变化;
- 12 —— 供液罐;
- 13 —— 压力测量装置,测量泵的入口压力。

- ^a 该系统可以是电动马达和传动装置,液压马达和液动力装置,或根据程序要求能控制转速和测量消耗功率的其他驱动系统。
- ^b 驱动轴密封(如盘根盒)产生的摩擦扭矩是不可忽视的,供应商或制造商应确定此扭矩的经验值,并在最终报告中将扭矩和功率消耗数值减去该值。
- ^c 安全装置设计为“失效保护”,即失效时自动打开阀门和失效时自动切断开关。至少有一个安全触发装置由管线压力直接控制。
- ^d 供液罐提供足够的泵净吸入压力,防止在试验条件下发生气穴现象。

图 E.1 试验台示意图

E.3.3 仪表精度

检测仪表应由有资质人员放置、安装和操作。试验设备应满足 7.8 和供应商或制造商的书面程序要求。

对所测试的泵,供应商或制造商应确保仪表精度等级满足表 E.1 要求。

注:为确保测试参数获得足够精度和控制,应尽量避免小型泵在大试验台上进行测试。

表 E.1 试验参数所需的测量精度

测量参数	测量精度 最大预期值的百分数/%
压力	±5
温度	±5
转速	±3
流量	±5
泵扭矩	±5
泵消耗功率	±5

E.3.4 螺杆泵台架试验程序

针对螺杆泵台架试验的每个步骤,供应商或制造商应形成书面程序,其中至少包括表 E.2 所列的要求。测试顺序应符合用户或采购商所提供性能规范包含的所有要求。

表 E.2 泵台架测试所需步骤

步骤		要求
1	检查试验台和测试流体	至少每月检查并核实流体可见的污染程度。 准备试验台的运行检查程序
2	检查及测量	检验型号、转子、定子标识。 根据 7.9.8 对转子和定子进行基本外观检查。 测量转子:小径、大径、以及总长
3	安装	根据供应商或制造商的书面程序安装螺杆泵
4	启动和预热	以试验温度的流体对泵进行预热,直到定子管外部温度 5 min 内变化值不高于 5℃
5	数据采集	在最低压差下开始每次试验。 增加压差并保持恒定转速。 根据表 C.3,在每个压力点上使所有变量稳定。 每条速度曲线至少记录 5 个压力测试点上的流量。 根据要求,在其他转速下重复测试
6	试验数据核准或否决	将采集到的数据与表 E.2 和表 E.3 中的标准对比,并经有资质人员批准
7	基于性能核准或否决螺杆泵	将试验结果与技术规范比较,并经有资质的人员批准,最低要求如下: ——在最低压力和测试温度下,实际转排量和转矩值的测试结果应在规定值的 ±10% 范围内。 ——给定的泵压差和泵吸入压力下,要求的泵容积效率允许偏差应由用户或采购商和供应商或制造商共同商定,见 5.8
8	测试后泵的检查	根据 7.9.8 对转子和定子进行基本外观检查

测试参数要求和推荐值见表 E.3。

表 E.3 螺杆泵台架测试参数要求

参数	要求	推荐值
泵转速/(r/min)	最大允许偏差为 ±2% ^a	100, 150, 200, 250, 300, 500
流体类型	测试流体满足性能规范。 在测试和贮存期间,流体对定子和转子无危害	水 油, SAE 140 车用齿轮油 油水混合液
流体污染	由供应商或制造商提供的污染判定的书面标准	
流体温度/℃	在流动路径上测量的试验温度,且最大允许偏差应在±5℃范围内	30, 40, 50, 60, 90
定子管外温度	在试验开始和结束时测量并记录定子中部的温度	
泵吸入压力	试验期间最大允许偏差±0.07 MPa	
泵压差	每个测量点最短运行时间为 2 min	最小压力、泵额定压力和三个中间值
^a 以实际仪表读数为基础。此要求与过程的可控性相关,与仪表精度无关。		

E.3.5 测试数据

实际转排量应在给定转速下且流体压力低于 0.35 MPa 时测得,并由单位时间的实测流量导出。
泵出口压力与泵入口压力之差为压差。
容积效率 η_v ,以百分比表示,应根据式(E.1)进行计算:

$$\eta_v = \left(\frac{q_v}{q_c}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:
 q_v ——在某一设定转速下某一特定压差时的体积流量,单位为升每分(L/min);
 q_c ——在某一设定转速下压差小于 0.35 MPa 时的体积流量,单位为升每分(L/min)。
泵轴输入功率 P_{req} ,应根据式(E.2)进行计算:

$$P_{req} = \frac{\pi}{30\,000} T \cdot N \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:
 T ——轴扭矩,单位为牛米(N·m);
 N ——轴转速,单位为转每分(r/min)。
输出功率 P_h ,应根据式(E.3)进行计算:

$$P_h = \frac{q_v \cdot \Delta p}{60} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中:
 q_v ——给定 Δp 下的流量,单位为升每分(L/min);
 Δp ——压差,单位为兆帕(MPa)。
指定压差和流量下的泵的总效率 η ,以百分比表示,应根据式(E.4)进行计算:

$$\eta = \frac{P_h}{P_{req}} \times 100\% \dots\dots\dots (E.4)$$

E.3.6 试验记录

螺杆泵台架试验报告应包括以下内容:

- a) 测试地点；
- b) 试验日期；
- c) 符合资质的测试人员；
- d) 标准状况下的测试流体和黏度(流体为水时不填写)。
- e) 用户或采购商名称,如适用；
- f) 螺杆泵说明：
 - 1) 螺杆泵型号、定子编号、转子编号以及橡胶代号；
 - 2) 按照表 E.2 给出的转子测量值。
- g) 测试流体温度(初值和终值)；
- h) 定子外部温度(初值和终值)；
- i) 测试环境温度；
- j) 入口压力；
- k) 验收标准和测试及检查结果；
- l) 实际转排量；
- m) 数据点和曲线表示出:流量、容积效率、扭矩以及泵效与压差和转速的函数关系。

附 录 F
(规范性附录)
螺杆泵合成橡胶技术要求

F.1 概述

本附录为用户或采购商和供应商或制造商给出了螺杆泵橡胶的分类和试验要求。橡胶材料应符合本附录的要求。这些要求对每种橡胶材料、粘接剂和管材的组合都有定义。所有试验按照由有资质的人员审批的书面程序(包括验收标准)进行,使用设备应满足 7.8 要求。

本附录内容并未禁止供应商或制造商使用替代材料(即附录内未指定的材料),也未阻止用户接受替代材料。使用替代材料时,供应商或制造商应指出其相对本附录内容的变动,并提供详细的橡胶数据表。

F.2 橡胶分类

F.2.1 概述

螺杆泵橡胶的分类应符合国家标准,或相关的国际标准,如美国 ASTM D1418。分类主要根据橡胶的基础聚合物,而不是根据其特性,因为特性主要依赖于专有配方和工艺。供应商或制造商使用橡胶的主要分类在 F.2.2~F.2.4 中列出。替代材料类型和其他分类分别见 F.2.5 和 F.2.6。

F.2.2 丁腈橡胶

丁腈橡胶(NBR)是丁二烯和丙烯腈(ACN)的共聚物。丙烯腈混合在聚合物结构中具有抗烃和耐油特性。丁二烯分别具有弹性和类似橡胶的性能,见 F.2.6。

F.2.3 氢化丁腈橡胶

氢化丁腈橡胶(HNBR)是丁腈橡胶经过加氢工艺,即在橡胶结构中增加氢饱和度。此工艺减少了双键碳(双键碳容易老化)的数量,使聚合物更耐某些环境(如硫化氢)和高温;见 F.2.6。

F.2.4 氟橡胶

氟橡胶(FKM)是含氟的橡胶,与丁腈橡胶相比,氟橡胶更耐受油、某些化学品和热老化。

F.2.5 替代材料类型

除了 F.2.2~F.2.4 规定的三类橡胶外,供应商或制造商可指定其他橡胶类型。F.3 和 F.4 的要求适用于替代材料类型。

F.2.6 其他分类

丁腈橡胶和氢化丁腈橡胶的丙烯腈成分有助于橡胶耐受烃化合物。在丁腈橡胶中,丙烯腈和其他化合物的性质共同决定了橡胶的性能。供应商或制造商在与用户或采购商协商时应给出丙烯腈的近似含量。

F.3 橡胶特性

根据质量等级或用户或采购商的要求,供应商或制造商提供的橡胶数据表中应包含以下橡胶特性:

- a) 耐流体性能:
 - 1) 橡胶浸泡测试,应按表 F.1 所示条件,根据 F.4.3 执行并记录;
 - 2) 橡胶粘接保持性测试,应按表 F.1 所示的条件,根据 F.4.5.2 执行并记录;
- b) 机械性能:
 - 1) 硬度,按照 F.4.4.1 执行并记录;
 - 2) 拉伸性能,按照 F.4.4.2 执行并记录;
- c) 最高工作温度,应按照 F.4.6 作记录;
- d) 粘接性能试验,按照 F.4.5.1 或 F.4.5.2 对未老化的试样进行试验并记录。

表 F.1 浸泡试验参数

试验液体	标准	名义测试温度 ^a /°C				
		30	60	100	150	175
蒸馏水	—	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	—	—
IRM 903 标准油	ASTM D471	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	氟橡胶
Fuel B 标准油 (ASTM)	ASTM D471	丁腈橡胶, 氢化丁腈橡胶, 氟橡胶	—	—	—	—
^a 在标准大气压下曝光 168 h。						

F.4 试验要求和程序

F.4.1 概述

供应商或制造商应按 F.4.2~F.4.6 中所列的要求进行试验,并记录所有试验结果。

F.4.2 橡胶试样制备

橡胶试样应与螺杆泵定子同时硫化,并在平板模具中制备。

F.4.3 耐流体性能

橡胶材料耐流体性能的试验应根据标准(如 GB/T 1690—2010)按以下要求进行:

- a) 试样:2 mm 厚哑铃形状试样[ASTM D412—2006(修订 2)—拉伸模具 C 型];
- b) 试验条件符合表 A.1;
- c) 浸泡试验条件报告:
 - 1) 试验流体;
 - 2) 温度;
 - 3) 压力;

- 4) 曝光时间;
- d) 橡胶以下特性的初值、终值和变化的记录:
 - 1) 体积;
 - 2) 质量(重量);
 - 3) 硬度,按照 F.4.4.1 执行并记录;
 - 4) 扯断强度,按照 F.4.4.2 执行并记录;
 - 5) 扯断伸长率,按照 F.4.4.2 执行并记录。

F.4.4 机械性能

F.4.4.1 硬度

应按 GB/T 531.1—2008 进行硬度试验。对于所有的试验,试验力保持时间为 3 s,并记录硬度值。

F.4.4.2 拉伸性能

应根据 GB/T 528—2009,试验拉伸性能(扯断强度和扯断伸长率)并作记录。

F.4.5 橡胶粘接性能

F.4.5.1 粘接力活塞试验

本项试验应根据下列条件进行:

- a) 试样应为 9.5 mm(3/8 in)或 15.9 mm(5/8 in)厚的定子环切片。
- b) 测试系统应包括一个机械或液压装置,其推动活塞穿过定子环,速度在 5 cm/min 和 10 cm/min 之间。活塞应具有以下几个特点:
 - 1) 活塞外径应比定子筒的公称内径小 4 mm。
 - 2) 活塞长度应超过 20 mm。
 - 3) 活塞的导向面应有圆角,圆角半径至少为 5 mm,以避免切坏橡胶。
- c) 试样测试后,应按照 F.4.5.3 规定对橡胶和定子筒壁的接触面进行外观检查。

F.4.5.2 粘接力剥离试验

应按 ASTM D429—2008 中的相关方法进行粘接剥离试验,确定橡胶和筒壁间的附着力,其中方法 B 是橡胶粘接在金属板上的 90°剥离测试;改进的方法 B 是橡胶粘接在金属板上的 180°剥离测试。在任何情况下,试样应尽可能的模拟螺杆泵定子特点和粘接性能。

试验结果应包括:

- 粘接剂剥离力;
- 按照 F.4.5.3 中定义的失效形式。

F.4.5.3 粘接力剥离试验检查

试验后,粘接保持率测试试样应由有资质的人员按照 ASTM D429—2008 的要求进行检查。粘接保持率应按照橡胶失效面积占总接触面的比率记录。试验结果应表示为下面的一个、多个字母或字母组合:

- R,表示该橡胶失效(衬底失效);
- RC,表示橡胶与粘接剂间失效(界面失效);
- CP,表示粘接剂面胶与底胶间失效(界面失效);
- M,表示粘接剂与金属间失效(界面失效)。

例如 R-60、RC-40 表示粘接面积的 60%为橡胶失效,另 40%为橡胶-面胶失效。

F.4.6 最高工作温度

供应商或制造商应有书面程序,用于定义和确定橡胶和粘接系统的最高工作温度。

附 录 G
(资料性附录)
螺杆泵橡胶的选择和测试

G.1 概述

本附录为用户或采购商和供应商或制造商提供了关于螺杆泵橡胶选择和测试的信息。这些信息是对附录 F 要求的补充,并针对具体应用给出了可选测试项目和选择指南。所有测试应在满足 7.8 要求的设备上,记录测试过程并由符合资质的人员对结果进行批准。当性能规范有要求时,对应条款就成为规范性的要求。

G.2 附加要求

供应商或制造商和用户或采购商应针对特殊用途橡胶的附加特性达成一致。其包括但不限于以下附加性质:

- a) 典型的橡胶兼容性;
- b) 在特定老化条件下的粘接保持率;
- c) 机械特性:
 - 1) 撕裂强度;
 - 2) 耐磨性;
 - 3) 压缩模量。
- d) 压缩形变;
- e) 抗瞬间减压性能;
- f) 抗 H₂S 性能;
- g) 动态特性:
 - 1) 动态形变分析;
 - 2) 生热;
 - 3) 回弹性。

G.3 可选测试程序

G.3.1 概述

若无其他规定,橡胶试样应在实验室中用平板模具制备,并确保橡胶试样的特征、性质和硫化状态尽可能接近螺杆泵定子的设计值。

可选试验的特殊要求包括以下方面:

- a) 用户或购买者应指明试验流体成分,其可能是包含改良的标准试验流体,或是用户提供的井液样品。针对试验程序,供应商或制造商应确定试验所需样品的体积。通常井液样品的最少体积为 2 L。
- b) 对于多相组分的试验流体(例如,油和水),试验设备应提供充分地搅拌,保证橡胶试样与试验流体的接触有代表性。

- c) 老化试验中使用的压力容器应满足当地压力容器设备的法定要求,并能在试验开始前清除设备内的氧气。
- d) 用户或采购商和供应商或制造商应对测试温度、压力、持续时间和其他相关条件达成一致,所选条件应该能够代表井下工况。

所有试验应编制书面程序和验收标准,并由符合资质的人员执行试验并记录。试验程序应符合 D.3.2~D.3.9 规定。是否接受可选试验的结果应由用户或采购商自行决定。

G.3.2 井液取样和运输

样品的采集和运输应符合国家或国际法规,并由用户或采购商和供应商或制造商取得一致。这包括保证样品容器与井液样品不发生化学反应,并在运输中对容器妥当密封以保证安全。

G.3.3 特殊应用的橡胶兼容性试验

G.3.3.1 概述

此试验能确认在使用用户或购买者指定的试验流体和条件下的橡胶的适用性。试验结果是为了给橡胶性能评价提供指导,而非给出其与工作性能的直接相关性。

G.3.3.2 试验程序设计

G.3.3.2.1 数据要求

评估橡胶试样时应尽可能模拟其特殊的工作环境。

注:使用中橡胶材料的性能主要取决于工作环境的特殊物理性质和化学成分。水、碳氢化合物和气体成分的任何变化都可能严重影响测试结果。

用户或采购商应至少提供以下信息以便进行试验:

- a) 符合 G.3.3.2.6 的流体类型;
- b) 井底温度;
- c) 目前生产气油比;
- d) 气体成分;
- e) 泵入口压力。

G.3.3.2.2 试样

对比橡胶性能时,应选择相似厚度的试样。推荐使用不同试样取决于各种特殊情况和试样的可用性。用户或采购商和供应商或制造商可就其他几何尺寸的试样达成一致,推荐选取下列几何尺寸:

——ASTM D412—2006(修订 2):2 mm 厚,拉伸模具 C 型或裤型;

——ISO 815-1:2008,A 型:12.7 mm 厚压缩形变试样;

——ISO 815-1:2008,B 型:6.1 mm 厚压缩形变试样。

注:推荐 2 mm 厚度的试样是为了加速溶胀过程,以减少渗透率的影响。在螺杆泵应用时,厚的试样更能接近螺杆泵应用时的实际老化过程,但是达到平衡溶胀值需要更长曝光时间。

用户或采购商和供应商或制造商可通过协商采用厚的试样进行试验。

G.3.3.2.3 曝光时间

老化橡胶试样使用时推荐的曝光时间如下;其余时间可由用户或采购商和供应商或制造商协商:

- a) 168 h(7 d);
- b) 336 h(14 d)。

注：溶胀动力学是流体类型和温度的函数，选择测试放置时间时应考虑这些因素。轻油和高温通常会加快溶胀过程。经历几天到几个月的曝光时间达到平衡溶胀，溶胀速度主要取决于测试条件。

G.3.3.2.4 温度

推荐的测试温度应等于地层温度。在整个测试过程中，温度偏差不超过 2℃。

注：通常，高温能增加流体-橡胶间的相互作用，从而导致更快更剧烈的溶胀和橡胶性质的改变。其他因素，诸如因高温引起增塑剂析出或附加交联作用，也会影响橡胶的预期性能。

G.3.3.2.5 压力

试验压力应符合现场应用情况或根据平均现场条件确定的标准。如果不能得到现场的压力，推荐标准为 77℃ 下压力为 6.9 MPa (1 000 psi)。在整个测试过程中，试验压力偏差不应超过 0.07 MPa。

为了进行测试，测试容器可用氮气（推荐）、水或者任何能代表井口气体成分的气体混合物增压，比如 CO₂ 和烃类。

注：因为溶胀是一个热力学过程，压力也影响溶胀速率。通常，由于压力会驱动化学物质渗透入橡胶骨架，压力越高溶胀速度越快。

G.3.3.2.6 流体介质

下列介质可考虑用于橡胶兼容性测试：

- a) 原油样品；
- b) 油水混合物；
- c) 化学添加剂；
- d) 盐水；
- e) 可能与泵接触的任何其他流体介质。

为了避免重复，兼容性测试时应使用性质相差较大的流体介质或条件，以使橡胶性能产生差别。

注：油井流体介质包括油罐内分离后收集的不流动介质，井口收集的流动介质，地面收集的含气高压流体或者井下收集的流动介质。当处理不流动介质时，样品可与气体在实验室重新混合以获得代表现场典型工况的气油比。

在这种情况下，需要对流体介质进行特殊测试和处理程序。

警告：将高压流体样品转移到用于测试的压力容器需要专门考虑和步骤。

G.3.3.3 测试步骤

测试应按照以下步骤进行：

- a) 至少测量三件未老化橡胶试样的以下值：
 - 1) 按 ASTM D471 规定测量的质量（重量）；
 - 2) 按 ASTM D2240—2005 规定测量的硬度；
 - 3) 按 ASTM D412—2006（修订 2）规定测量的拉伸性能。
- b) 把每件试样放置在容器中，使其完全浸入测试介质中，且样品之间或样品和容器内壁无接触。
- c) 用氮气清除测试容器内的空气。
- d) 净化后，封闭测试容器。
- e) 将足量的测试介质装入测试容器以完全覆盖试样。如果采用加压流体，则此试样应放置在带压容器中，以减少试样中流体成分的分离。
- f) 可利用样品容器的压力，或者通过注入介质如不流动的油、化学药品、水、氮气或者混合气体，使容器升压至规定试验压力。
- g) 加热测试容器至规定温度。
- h) 在测试中控制压力和温度以维持特定的工况。

- i) 曝光结束后,开始给测试容器减压。如果测试介质包括气体,有必要使容器压力缓慢释放以防止瞬间减压破坏测试样品。释放试验容器压力宜使用下面两种方法之一:
 - 1) 恒定速率式,不超过 0.138 MPa/min(20 psig/min);
 - 2) 阶梯式,每步减少 0.69 MPa (100 psig),每步至少持续 5 min。
- j) 减压后,在 6 h 内冷却试验容器至最高温度 38℃。直到试验容器温度冷却到低于 38℃,才能将测试试样从容器中取出。
- k) 从测试容器中取出试样,并擦干试样上的测试介质。不要使用任何溶剂清洗样品。
- l) 从测试容器中取出样品的 2 h 内,在室温下按照 D.3.3.3 a) 要求测量试样的老化情况。
- m) 记录老化和未老化试样之间的性能差别,最少应包括以下项目:
 - 1) 按 ASTM D471 规定测量的质量(重量)和体积变化;
 - 2) 按 ASTM D2240—2005 规定测量的硬度变化;
 - 3) 按 ASTM D412—2006(修订 2)规定测量的拉伸性能变化。

G.3.3.4 测试报告

测试报告最少应包括以下内容:

- a) 所测试的橡胶化合物;
- b) 测试流体介质说明;
- c) 兼容性测试条件:
 - 1) 测试日期;
 - 2) 测试温度;
 - 3) 试验压力和加压介质;
 - 4) 曝光时间;
 - 5) 减压率;
 - 6) 减压和测量之间的时间间隔。
- d) 测试结果。

测试报告应包含所有相关的观察结果和记录数据。符合资质的人员应对每件橡胶试样进行外观检查,以确定有无微裂缝、气泡或水泡,每件试样的截面也应予以检查。根据供应商或制造商或第三方的书面程序,报告同时应包含对测试结果的解释。

G.3.4 在特定老化条件下的粘接强度测试

测试目的是把代表性试样置于模拟井下环境的老化条件下,证明定子粘接是否合格。

用户或采购商和供应商或制造商应就试验条件(包括介质,压力,温度和曝光时间)达成一致。

注意: 老化条件可以与本附录中典型橡胶兼容性测试所考虑条件相似,但不限于此。

典型的粘接试样,选择定子环或剥离试样,放置在特定环境,并按照 F.4.5.1 或 F.4.5.2 规定的方法评定粘接牢固性。

G.3.5 机械性能

G.3.5.1 概述

如果用户或采购商要求,供应商或制造商应提供橡胶材料的下列机械性能,测试应按 G.3.5.2~G.3.5.4 进行。

G.3.5.2 撕裂强度

撕裂强度应按 GB/T 529—2008 的规定进行测试。可使用两种不同类型的试样,C 型或裤型,试样

类型应在测试结果中注明。

G.3.5.3 耐磨性

将测试试样和经同样研磨测试程序的已知参考样品比较,就能比较该试样的耐磨性。因为变量范围宽,可能在测试中不能再现实际工作条件。测试应根据认可的标准执行,比如 GB/T 9867—2008。

测试报告应包括磨蚀试验机类型、测试条件和合格标准。

G.3.5.4 压缩模量

应按 GB/T 7757—2009 的规定测试和记录压缩模量。

G.3.6 压缩形变

应按 ISO 815-1:2008 规定和以下修正选项进行压缩形变测试:

- a) 试样尺寸应为 type I(推荐)或 type II。
- b) 环境是用户或采购商和供应商或制造商商定的温度和压力特定条件下的空气或流体。
- c) 曝光时间和温度:丁腈橡胶在 100 °C 下放置 72 h,氢化丁腈橡胶在 100 °C 和 150 °C 下分别放置 72 h。其他的时间和温度可根据用户或购买者和供应商或制造商协商。
- d) 如果试验环境不是空气,报告应包括对测试介质、温度和曝光时间的描述。

G.3.7 瞬间减压性能

应按 NACE TM0192 标准测试橡胶瞬间减压性能,条件如下:

- a) 试件大约 6 mm 厚,由面积约 16 cm² 的方形试件构成。
- b) 测试温度应稳定在 20 °C ~ 30 °C 之间。
- c) 曝光时间 3 d。
- d) 气体宜选择 CO₂ 或供需双方协商决定的其他气体。
- e) 使用 CO₂ 气体的试验压力为 5.17 MPa;对其他气体,由供需双方协商决定测试压力。
- f) 减压率应不大于 2.07 MPa/min,并应稳定在 ±20% 范围内。
- g) 结果应包括以下内容:
 - 1) 减压 10 min、1 h 和 24 h 后,对表面和横断面的物理损伤(气泡、裂纹)进行外观检查。橡胶瞬间减压性能评估应根据标准 NACE TM0192 标准执行,或采用供需双方商定的标准执行;
 - 2) 根据书面程序,按照减压时间对试样进行拍照。

G.3.8 抗 H₂S 性能

抗 H₂S 性能测试应符合 F.4.3 的规定,要求如下:

- a) 应记录初值,终值和下述橡胶性能的变化:
 - 1) 按照 F.4.4.1 规定测量和记录硬度;
 - 2) 按照 F.4.4.2 规定测量和记录极限拉伸强度;
 - 3) 按照 F.4.4.2 规定测量和记录极限伸长。
- b) 为比较或为橡胶定级,推荐采用以下测试参数:
 - 1) 符合 ASTM D412—2006(修订 2)标准的 C 型拉伸试样,或符合 ISO 815-1:2008 的 A 型压缩试样;
 - 2) 至少 5d 的曝光时间;
 - 3) (10±1)% 摩尔分数的气体含量;

- 4) 测试温度稳定在 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- 5) 压力 $(5.17 \pm 0.1)\text{MPa}$ 的氮气。
- c) 测试后,应在气体出口测量反应釜中 H_2S 的浓度,确保整个试验过程中 H_2S 浓度保持恒定;
- d) 推荐将相似的橡胶试样置于同温同压下的 N_2 中进行重复测试。以比较同温同压下 H_2S 对橡胶性能的影响。

注:实验室测试不能代表实际工况。在实际使用中, H_2S 作为游离气或者溶解气导致的降解问题在此试验中不能确定。降解程度和动力学是温度和气体浓度的函数。更严格的测试可能很费时,而且可以包括更多变量。

G.3.9 动态性能

G.3.9.1 背景信息

在周期或动态振荡载荷下,橡胶黏弹性发挥重要作用。对理想弹性材料,当外力去掉时,材料变形所需能量完全恢复,但是由内部分子摩擦导致的黏滞损失延迟了弹性变形,并导致了能量损失。损失的能量以热的形式消散在橡胶中,由此引起的橡胶温升,称为热积聚。每个形变周期引起的能量损失的百分比被称为滞后损失。如果将外力对每一周期形变量作坐标图,可以得到滞回曲线。

回弹率是形变恢复后返回的能量与产生变形的能量的比值。因此,滞后损失就是 1 减去回弹率。

滞后损失和热积聚是螺杆泵定子的重要失效类型,特别是在高速或定转子过盈量较大的情况下。特定橡胶化合物的黏弹特性关系到动态运转下定子的性能。一般硬的橡胶表现出较高的滞后损失和较差的动态性能。

一件试样经过均匀正弦形变,橡胶的动态特性就能直观显示出来。弹性成分引起同相应力,黏性成分导致不同相应力。由于滞后损失,应变滞后于两种应力的合力,通常被称为相位差或损耗角 δ 。材料黏性越好,损耗角越大,滞后损失越高。损耗角正切值 $\tan\delta$,最简单的意义是,黏性模量除以弹性模量。

G.3.9.2 测试

G.3.9.2.1 测试螺杆泵橡胶的动态性能的推荐方法是动力机械分析,采用标准的测试程序如 ASTM D5992。

注:橡胶动态测试的结果取决于试样尺寸、变形形式、应变幅度、应变历史、频率和温度。收集到的数据实际上是很复杂的,并难以解释。

为了使动态测试符合标准,推荐在下列工况测量橡胶模量:

- 频率:20 Hz;
- 温度:30 $^\circ\text{C}$;
- 应变幅度:2%~5%。

G.3.9.2.2 可以采用其他测试程序直接或间接地表征螺杆泵橡胶的不同动态性能,比如:

- 按 ISO 4666(所有部分)或 ASTM D623 进行热积聚试验并记录;
- 按 GB/T 1681—2009 试验并记录回弹性。

G.4 应用原则

G.4.1 概述

本章给出了关于一般环境条件和针对典型螺杆泵应用选择橡胶的通用原则和背景信息。这些内容不是为了规定或限制产品的选择。确定特定产品的使用限制是供应商或制造商的责任。

G4.2~G4.4 给出了选择橡胶时应考虑的环境参数以及这些参数间的相互作用。

G.4.2 化学环境

G.4.2.1 原油相对密度和芳香烃含量

轻油通常比重油更具腐蚀性,主要是因为其包括低分子量芳香烃。这些芳香烃表现出对丁腈橡胶的化学亲和性,可导致溶胀。但是,API 重度本身不能作为绝对指标,因为一些重油中包含高浓度的芳香烃,与之相反,一些轻油中可能仅包括少量的芳香烃。

在原油中,芳香烃类型和浓度是橡胶选择的关键因素,因为芳香烃是造成丁腈橡胶溶胀的主要原因。

使用气相色谱仪和质谱仪方法,比如根据 ASTM D3239 确定芳香烃含量,并根据 ASTM D5790 确定挥发组分,有助于建立其与橡胶溶胀的相应关系,从而有助于针对具体工况选择正确的橡胶。

评定芳香烃含量的另一种方法是按照 GB/T 262—2010 确定苯胺点。虽然不如前面所述试验方法可靠,但是它更经济,能在更基础的实验室中进行。烃类流体的苯胺点越低,它的芳香烃含量就越高,其腐蚀性越大,也就更容易引起橡胶溶胀。

原油中碳氢组分的分布一般称为 C30+ 分析,进行此分析时应参考相关标准如 ASTM D2887,使用气相色谱仪进行分析。

注 1: 轻质芳香烃化合物一般是由包含 6~11 个碳原子的化合物组成,比如苯、甲苯、二甲苯、短链烷基芳烃和无替代双苯环(non-substituted diaromatics)(比如萘)。这些芳香烃具有高膨胀势,因为他们在丁腈橡胶基质中可溶性很强。原油中轻质芳香烃的绝对浓度一般在 0%~5% 的范围内变化。

注 2: 一般在重油中的芳香烃类是高分子量的、单、双和多个苯环,完全替代了长烷基链的混合物。这些芳香烃往往具有更低膨胀势,因为他们与丁腈橡胶不兼容,扩散到橡胶基质很缓慢。但是不能低估他们的影响,因为其浓度通常很高,甚至高达 50%。

G.4.2.2 原油含蜡量

低分子量蜡(C3~C30+)从丁腈橡胶中获取增塑剂,并导致橡胶收缩,使模量和硬度的增加。获取量取决于橡胶中增塑剂的类型和浓度。增塑剂的获取导致反作用,即定、转子过盈配合减小和橡胶刚性增加,从而影响泵的性能。

G.4.2.3 含水率

水通常具有有限的溶胀势因为它比普通丁腈橡胶具有更强极性。水溶胀往往随着丁腈橡胶的丙烯腈(CAN)含量增加而增加。水可稀释油成分里最具腐蚀性的芳香烃类,限制水、油混合物的溶胀势。即使水可以拖延油相导致完全溶胀的时间,但随时间延长,油成分的影响仍会占主导地位。

应考虑水对橡胶粘接性能的影响,因为许多粘接系统易受水击影响,特别是高温时。

水中盐离子倾向于降低溶胀势。比如,对于相同的丁腈橡胶,盐水比蒸馏水产生的溶胀值低。当评估水引起的橡胶溶胀时,应考虑总的盐浓度。

G.4.2.4 H₂S 和 CO₂ 含量

H₂S 能与橡胶化合物中的聚合物成分发生化学反应,导致腈橡胶硬化。这种气体使橡胶链产生递增交联作用,导致橡胶硬化、收缩,最终引起材料开裂。一般说来,氢化丁腈橡胶或氟橡胶往往能抵抗高浓度的 H₂S。

CO₂ 扩散到橡胶骨架中,通过物理作用引起溶胀和软化。甲烷(CH₄)和其他碳氢化合物气体也能使橡胶发生相似变化。针对特定气体环境,选择特定橡胶配方可增加橡胶对气体的抵抗力。

生产井中的气体容易对橡胶产生附加影响。当泵在高含量游离气环境中工作时,橡胶吸收的气体达到饱和值。如果泄压过程发生,气体释放太快,由于气体突然膨胀,橡胶可能出现内部气泡、撕裂或裂

纹。这种现象一般称为瞬间减压,频繁发生在高浓度 CO_2 环境中。橡胶渗透性、交联度和它的机械性质决定了材料的抗瞬间减压性能。采用缓慢降压和最小橡胶厚度值有助于预防这种现象。

对于腈橡胶来说丙烯腈含量越高,其渗透性越低,因此对瞬间减压损坏越敏感。

G.4.2.5 工作温度

橡胶作为一种有机化合物有耐温限制。螺杆泵极限工作温度取决于供应商或制造商的橡胶配方。通常,氟橡胶耐温性能最好,其次是氢化丁腈橡胶(尤其是过氧化物交联化合物),然后是丁腈橡胶。提高橡胶对工作温度的耐受性能可能会导致橡胶性能发生变化,比如硬度和抗拉强度,这些性能变化可影响螺杆泵的整体性能。

G.4.3 含砂量

螺杆泵在含砂原油中使用时,要求橡胶具有弹性复原能力,砂粒经过橡胶密封线时不会撕裂橡胶。柔软的有弹性的橡胶一般具有高极限伸长率和抗磨性。定子橡胶的抗嵌砂能力对防止转子磨损同样重要。

砂含量以及砂粒的大小也会对橡胶磨损产生影响。转子定子配合尺寸和转速对优化泵在含砂原油中的性能同样重要。一般来说,短导程、紧配合和低转速能提高泵的抗磨损性能。

G.4.4 气体体积分数

螺杆泵定子能适应有高含量游离气体原油的开采,然而,通常来说,游离气体含量增加会降低泵的性能和运行寿命。螺杆泵的运转需要一定量的油液来提供润滑和冷却,以避免定子橡胶过度摩擦和烧损。控制泵的尺寸和定转子配合可以减小游离气体对泵的性能和运行寿命的影响。

附录 H
(资料性附录)
螺杆泵性能特征补充信息

H.1 概述

本附录对螺杆泵关键性能指标、相应选择方法和应用范围进行了补充。

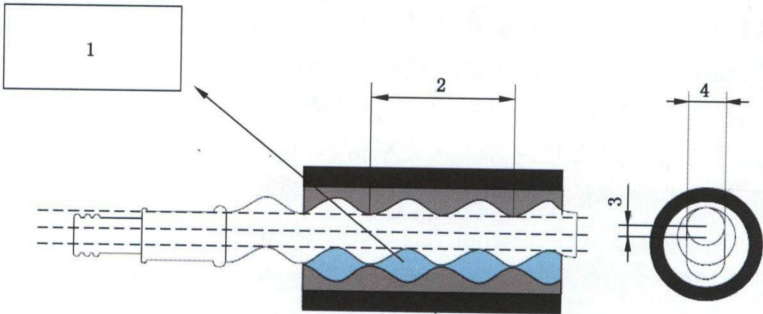
H.2 泵的排量

螺杆泵是容积式泵,因此,流体输送量是排量和转速的函数。排量,即每转泵出流体的体积,可根据泵的几何尺寸计算或通过分析性能测试结果确定。但是,在油井中使用时,螺杆泵排量的计量习惯是依据泵每分钟的转速下的流量,用单位表示如 100 r/min 的情况下每天输出多少立方米,或 500 r/min 情况下每天输出多少桶。这样,通过将每分钟转排量乘以预定转速,用户或采购商可方便的计算出最大流量。

对每种尺寸的泵,供应商或制造商应给出每分钟的公称转排量, q_{TC} ,表示为 100 r/min 情况下每天产多少立方米。通常采用式(H.1)对单头泵进行理论计算:

$$q_{TC} = \frac{9 \times e \times D \times P}{15\,625} \dots\dots\dots (H.1)$$

- 式中:
- e —— 偏心距,单位为毫米(mm);
 - D —— 转子小径,单位为毫米(mm);
 - P —— 定子导程,单位为毫米(mm),参考图 H.1。



- 说明:
- 1——密封腔;
 - 2——定子导程;
 - 3——转子偏心距;
 - 4——转子和定子小径。

图 H.1 定子导程的定义

虽然针对特定设计定子导程是一个常数,与横截面相关的尺寸,包括偏心距和直径,他们的变化受许多因素影响。转子与定子通常采用过盈配合;因此,装配后,各组件间的横截面尺寸都是不同的。另外,尺寸变化不仅受加工公差的影响,更重要的是基于使用情况所进行的设计改变;参见 H.4。最后,由

于热和流体作用,定子橡胶材质的尺寸会发生变化。因此,一般是在环境温度下根据定子平均尺寸来计算理论排量。除此之外,在确定公称转排量时,这个理论值常常需要微调,以便经济的取得一个满意值。

理论或公称转排量代表的是理想情况下的排量,因为转子的过盈配合、高温或流体溶胀会减少内腔尺寸和相关的容积。为了更准确的表示排量,供应商或制造商应给出在一定转速下每个泵型的有效转排量。这个值通过水力性能试验(见附录 E)确定,该试验是在额定扬程和 300 r/min 的泵速下,使试验转子达到 70%~90%的容积效率,试验在环境温度下,以水为介质,以减少定子橡胶尺寸的改变。这个试验模拟了一个理想的工作状态,在一定转速下的有效转排量一般比计算的理论值低 2%~5%。

井下螺杆泵的排量可能会与地面测量值不同,并且通常不是静态的。即使是在稳定的流体特性、井口和工作条件下,它也会随时间变化。这种变化是因为定子橡胶材料由于热膨胀和橡胶的溶胀造成尺寸变化。由热效应引起的尺寸变化仅需几个小时,而由于橡胶溶胀引起的变化会长达几天、几周甚至几个月。这些改变对泵的几何尺寸来说是非常敏感的,橡胶越厚的部分变化越大。导致排量比实际转排量减少近 20%。对每种橡胶和几何尺寸组合,由温度引起的尺寸变化,其数值是可以估计的。但由溶胀引起的变化则瞬息万变,很难预测。

橡胶的弹性能允许定子尺寸明显减小,仍然可以满足转子旋转。然而,相应的提高转子、定子过盈会导致高摩擦扭矩、定子内部局部热积聚和最终缩短使用寿命。因此,通常的做法是调整转子与预期的井下定子尺寸的配合,以最大程度地提高性能,方法参见 H.4。

H.3 泵的容积效率

为了评估螺杆泵输送能力,应考虑与转速相关的泵的转排量和容积效率。螺杆泵因漏失导致容积失效,这是泵几何尺寸、定子材料、流体特性和工作条件之间复杂的互相作用的结果。

漏失和相应的容积效率下降伴随着压差增加而增加,随着流体黏度增加和转速降低而下降。针对每个型号,供应商或制造商给出的设计性能曲线显示流量是压差和泵速的函数;见 6.5.3。当这些曲线与泵的转排量一起考虑时,即可推算出容积效率。设计性能曲线中反映的值是在理想工况下的参考值,因井下工况和工作条件范围较宽,实际容积效率可能会发生显著变化。

通常泵或特定的转子、定子组合的性能曲线是以水作为流体介质确定的,是在一定压力和转速组合范围内进行的性能测试;见附录 E。在这些曲线里的容积能力和相应的容积效率反映了具体转子的尺寸和试验条件。但是,在大多数情况下,这些试验条件不能反映预期的井下工况,因为不可能采用实际井内流体进行试验,也不可能等热膨胀或溶胀达到平衡后再测试。相反,测试的主要目的是为了确定与转子、定子配合策略相关的性能指标。根据经验,可将台架试验性能转化为井下工况下的预期性能。在此过程中,设备供应商或制造商应提供说明和工具以帮助使用者或采购商。

虽然流体漏失是降低螺杆泵容积效率的主要原因,但是传统的效率计算方法引出了更进一步重要的思考。具体来说,容积效率通常只单独计算地面的液体产量,而不考虑固体和气体的影响,以及由于地面和井下温度和压力的不同而产生的液体体积的变化。因此,用户或采购商应提供井下流体条件和操作参数,以便据此确定泵入口的多相流流量。供应商或制造商应使用这个流量来选择和配置设备,以达到要求的地面流量。

用户或采购商根据地面流量所确定的容积效率,该数值综合了泵容积效率和因入口多相流流量与地面液体流量差别导致的无效容积。因此,为了确定泵实际性能,应根据由井下和地面温度和压力的差值所引起的流体体积变化来进行调整。虽然泵能够生产相对高含量的气体、固体的多相流液体,但这些成分占据泵密封腔,就会减少液体容积。

H.4 转定子配合

通过调整转子和定子之间过盈配合,供应商或制造商可以针对特定井下工况优化泵的配置。因为配合不仅影响泵的效率而且影响使用寿命,应认真选取。如果配合太松,压力密封不足会增加流体漏失,导致容积和综合效率性能欠佳,内部热量增加,最终导致泵寿命缩短。如果配合太紧,导致转子引起的橡胶压缩量太大,产生高的材料应力、摩擦载荷、内热和磨损,这些因素也会缩短泵的寿命。

供应商或制造商应和使用者或采购商一起评估使用情况的要求,并选择恰当的转子-定子配合,以保证使用性能和寿命。供应商或制造商们通常都有各自专有的工艺,通过该工艺确定各自螺杆泵产品的转子尺寸。

配合可直接通过测量定子内部尺寸和配合转子的尺寸确定。或者,也可以间接通过泵性能测试确定。在这两种情况下,初始配合或测试性能通常不代表泵的井下性能,因为定子橡胶在井下有热膨胀和流体溶胀。针对特定使用情况,这些及其他条件,比如流体黏度、泵转速、含砂量和压力载荷,应在优化转子或定子配合时予以考虑。

H.5 泵的扬程

泵几何尺寸、定子橡胶材料、流体性质和工作条件之间复杂的相互作用,决定着螺杆泵的扬程。供应商或制造商应提供每个泵型的额定压力,并且在大多数情况下,也应提供额定扬程。这些额定值主要与泵结构的腔室数量有关,而且也受泵基本几何尺寸和橡胶的影响。

供应商或制造商给定额定压力的方法不同。为了帮助使用者或采购商比较非标准的额定值,供应商或制造商要给出每个泵型单个腔室压力和工作腔室数量。将两个参数相乘,可得出泵的额定压力。通过耐用性试验,供应商或制造商可证明指定的额定压力和相关的每个密封腔压力的合理性;见附录 E。

螺杆泵流量与压力的关系通常是通过台架试验确定的,但是这仅仅是在标准试验条件下,在较短时间按对泵的配合进行相对地测量。泵的扬程应结合实际井下工况,泵在预期的使用寿命内能可靠输送的介质共同考虑。为了评估泵的扬程是否满足性能规范中对压差的要求,额定压力应综合流体性质(黏度)、工作条件(转速)和最重要的——井下工况下,短期变化(温度)和长期变化(溶胀)对定子材料的影响等因素进行考虑。虽然台架试验在一定的转速和温度范围内能确定泵的扬程,但准确模拟井下工况通常是不实际的。因此,这些测试通常仅表征泵性能。运用经验可以将台架测试给出的泵性能解释为井下工况下的预期性能。供应商或制造商应对这一过程提供说明以帮助使用者或采购商。

H.6 泵的扭矩和功率

推动螺杆泵旋转的扭矩由水力扭矩和摩擦扭矩分量组成。根据结构,也可能有随驱动杆柱和地面设备旋转所产生的增量扭矩。

螺杆泵液压扭矩是泵转排量和工作压差的简单函数。虽然与想像的不同,但是泵的转速和容积效率确实不会影响液压扭矩。因此,虽然小排量转速快的泵与大排量转速慢的泵可能具有一样的流量,大排量泵比小排量泵具有更高的扭矩,且扭矩与他们的排量成正比。

泵的摩擦扭矩由三个主要组成部分,受泵的设计和 operation 等多重因素影响,因此难以预测。螺杆泵的主要摩擦包括转子与定子间的滑动或滚动相互作用,与橡胶变形相关的滞后损失,流体通过泵的摩擦损失。滑动或滚动相互作用主要取决于泵的几何形状、转子定子配合和流体的润滑性能。滞后损失主要取决于泵的几何形状、转子定子间配合和橡胶特性。流体通过泵的摩擦损失取决于泵密封腔的几何形

状、流量和流体黏度。在正常工作情况下,泵摩擦扭矩只占泵总扭矩的 10%~25%。但是,在某些情况下摩擦扭矩可能会显著增加,比如因为溶胀或输送高黏度流体导致转子定子配合紧密。

螺杆泵运行所需的功率是施加的扭矩和转速的直接函数。因此,在相同的压差和产量下,虽然转速快的小排量泵比转速慢的大排量泵需要更少的扭矩,但所需功率通常相同。

针对每种泵结构,供应商或制造商给出的设计性能曲线显示出泵扭矩和功率为压差和转速的函数。从设计性能曲线中查到的值是理想条件下的参考值,实际扭矩和功率会因井下和工作条件很宽而有显著变化。按照附录 E,对泵和特定的转子、定子组合,扭矩和功率值通常也表示在性能曲线上。因为性能测试条件通常不能反应预期的井下工况,相应扭矩和功率数值应谨慎使用。设备供应商或制造商提供指南和工具,以帮助使用者或采购商将设计和性能测试扭矩和功率与实际井下工况联系起来。

H.7 总效率

螺杆泵系统常常被认为是常规人工举升系统中总效率最高的。系统总效率一般从 55%~70%,也可从低至 20%~80%以上变化。系统总效率是地面设备、驱动杆柱和螺杆泵等相关设备各自效率的乘积。

螺杆泵的总效率,是有效水力功率与输入功率的比值。水力功率是泵出口流量和过泵压差的函数。输入功率是泵转子扭矩和转速的函数。计算方法见附录 E.3.5。

由于螺杆泵的容积特性,任何无效容积直接影响总效率,因为他们不能提高水力功率,但却需要输入功率。泵性能曲线能证明该影响,曲线显示随着容积效率的大幅降低,实测的扭矩和功率值没有明显改变。因此,最高总系统效率总是低于容积效率。除了无效容积,泵摩擦也会导致总效率降低。依照 H.6,螺杆泵的主要摩擦分量包括转子与定子的滑动或滚动相互作用,与橡胶变形相关的滞后损失,流体通过泵的摩擦损失。正常运转时,大多数泵的总摩擦只导致总效率降低 10%~25%。

H.8 工况改变

螺杆泵系统通常根据特定的使用环境进行选择。使用环境的改变,比如流体性质或成分的改变,以及地面设备的改变,都可能使得螺杆泵系统不适合。此外,在许多情况下,一些螺杆泵系统从一个口井拆卸下来,并安装在其他井口。对使用者或采购商来说,应确定设备是否适合新的工况,因为多数使用情况的变化会影响螺杆泵系统的效率和运行寿命。

附 录 I
(规范性附录)
螺杆泵试验报告数据表

螺杆泵试验报告数据表见表 I.1。

表 I.1 螺杆泵试验报告

(填写供应商/ 生产商名称)		螺杆泵出厂 试验记录				编号/顺序号					
						试验日期					
客户名称						试验地点				螺纹检测	
泵 型 号						产品编号				<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格	
定子编号						定子尺寸				螺纹粘结剂牌号	
转子编号						转子尺寸					
试验介质						橡胶代号				转子镀层或镀层材料	
环境温度		(℃)				运转试验		min			
测试点 序号	N/(r/min)	p_1 /MPa	p_2 /MPa	$T/(N \cdot m)$	$t_1/℃$	$t_2/℃$	$q_v/(L/min)$	P_{req}/kW	P_h/kW	$\eta_v/\%$	$\eta/\%$
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
:											
责 任 者		装 配 员		检 验 员		试验结论				备注:	
签字/日期											
<p>说明:</p> <p>N —— 泵的转速; p_1 —— 泵的进口压力; p_2 —— 泵的出口压力;</p> <p>T —— 轴扭矩; t_1 —— 试验介质温度; t_2 —— 定子管中部温度;</p> <p>q_v —— 在某一设定转速下某一特定压差时的体积流量; P_{req} —— 泵的输入功率;</p> <p>P_h —— 泵的输出功率; η_v —— 容积效率; η —— 泵的总效率。</p> <p>在最低压差下开始每次试验,逐级增加压差直到额定压力并保持恒定转速。在每个压力点上待所有变量稳定时记录数值。每条速度曲线至少记录 5 个压力测试点上的流量。根据要求,在其他转速下重复测试。</p>											

如果试验温度与现场温度不同,或者是当橡胶浸入油中发生膨胀,制造商应解释并调整试验的结果。

附 录 J
(资料性附录)
修理和检查

J.1 总述

本附录为修理和检查使用过的定子、转子和限位器提供指南。转子、定子和辅助设备应按厂家或制造商的书面程序进行修理和检查,应考虑 J.2~J.4 给出的信息。

J.2 转子

转子重新使用前应清洗。堆积的污物可能导致定子橡胶和螺纹的损伤。可使用一定量的普通清洁剂和去油剂清洗钢铁、电镀或硬质镀层的转子表面。转子上的清洗剂应用水冲刷干净。在储存备用时,转子应先安装护丝。

注 1: 运输、装卸和违章操作可能损伤转子。

清洗过的转子应进行损伤或材料损耗检查。如果观测到明显的材料损耗,应将测量尺寸与原始测量尺寸相比较。微小损伤例如凹痕都可能降低泵的容积效率。如果发现明显的材料损耗或损伤,就需要对泵进行性能测试以确定转子是否合格。

注 2: 在使用中转子螺纹可轻微屈服。因此,已用过转子的螺纹可能通不过针对新螺纹的计量试验。

表 J.1 列举了普通转子损伤和修理选项。

表 J.1 转子修理选项

观测到的损伤	典型原因	普通修理和调试操作
磨损	普通使用,磨蚀性流体	除去和重镀或重涂转子磨损表面
轻微螺纹损伤 ^a	普通使用,污染物	在规范公差范围内去除毛刺或损伤的螺纹,一般依照 SY/T 5029
严重螺纹损伤 ^b	装卸,操作不当,污染物,超载	替换转子头。这项操作宜由厂家进行
轻微弯曲(没有镀层或涂层损伤) ^a	装卸,操作不当	采取机械方法矫直转子。这项操作宜由厂家进行
严重弯曲或挠曲(镀层或涂层损伤) ^b	装卸,操作不当	除去镀层或镀涂层并检测转子基材。确定转子是否报废或修理。矫直和电镀或喷涂转子磨损表面
严重的凹痕表面 ^b	装卸,操作不当	除去和重镀或重涂转子磨损表面
破碎的或碎裂的镀层或涂层	装卸,操作不当	除去和重镀或重涂转子磨损表面。注意,一些裂缝源于制造工艺,这些情况下转子视为合格并可重新使用
破裂或断裂的转子	装卸,操作不当	报废转子。其他常见的细微裂缝往往很难通过外观检查发现。但这些微裂纹可能随后引发转子和定子的损伤
基材的损伤或磨损	在磨蚀性流体中使用,装卸,违章操作	报废转子
^a 调试零件以满足相应的规定。 ^b 零件要求修理或无法修理。		

- 应避免以下维修作业：
- 打磨或消除损伤镀层或涂层的边缘以代替修理，在正常泵送作业时，会引起暴露基材的腐蚀或定子橡胶的损伤；
 - 由无资质人员进行的焊接、铜焊或其他热处理往往会损害转子的结构完整性，并常常导致正常作业中的失效；
 - 去除超出适用螺纹规范（如 SY/T 5643—2010）规定公差范围的损伤螺纹。

J.3 定子

不推荐修复定子橡胶。旧定子需要用无腐蚀性的液体清洗并检测。如果检验员发现重要损伤，需要进行性能测试以确定定子是否合格。性能测试的结果不应作为结论性的。应由用户决定定子是否可继续使用。表 J.2 列出了普通定子损伤和修理的选项。

表 J.2 定子修复选项

观测到的损伤	典型原因	普通修理和调试操作
轻微螺纹损伤 ^a	普通使用，污染物	在规范公差范围内去除毛刺或损伤的螺纹，一般依照 GB/T 19830
严重螺纹损伤 ^b	装卸，操作不当，污染物，超载	报废定子
管体开裂或明显弯曲	操作不当，材料缺陷	报废定子
明显的损伤或橡胶溶胀	普通使用，污染物，操作不当	报废定子
^a 调试零件以满足相应的规定。 ^b 零件要求修理或无法修理。		

J.4 限位器

重新使用前应清洗和检测限位器。旋紧螺纹时，堆积的污染物可导致螺纹损伤。可用一定量的普通清洁剂和去油污剂清洗限位器表面，但同时可能除去剩余的油漆。限位器上的清洗剂应使用合适的液体冲洗干净。在储存备用时，限位器应先安装护丝。

表 J.3 列举了普通限位器损伤和修理的选项。

表 J.3 限位器修理选项

观测到的损伤	典型原因	普通修理和调试操作
轻微螺纹损伤 ^a	普通使用，污染物	在规范公差范围内去除毛刺或损伤的螺纹，一般依照 GB/T 19830
弯曲、破裂或限位器磨损	操作不当，错误的防冲距	废弃限位器，修复焊接坡口，焊接新限位器，或报废限位器
严重螺纹损伤 ^b	装卸，操作不当，污染物，超负荷	报废限位器
管体开裂或明显弯曲	操作不当，材料缺陷	报废限位器
^a 调试零件以满足相应的规定。 ^b 零件要求修理或无法修理。		

附 录 K
(资料性附录)
使用后分析

K.1 概述

- 本附录包括：
- 螺杆泵检测等级确定；
 - 每个检测等级包括的检测过程；
 - 报告要求，包括每项检测的术语。

K.2 检测等级

K.2.1 概述

根据检测原因，对泵的检测进行分级，保证使用者或采购商和供应商或制造商清楚检测目的和每个等级检测后是否可交付。三个检测等级规定如下：

- 等级 1：拔出后检测，参见 K.2.2；
- 等级 2：使用后的泵的评估，参见 K.2.3；
- 等级 3：失效调查，参见 K.2.4。

对 K.2.2~K.2.4 描述的情况，在使用这些检测的地方，应由厂家提供每个检测等级的信息。图 K.1 显示每个检测等级的内容。

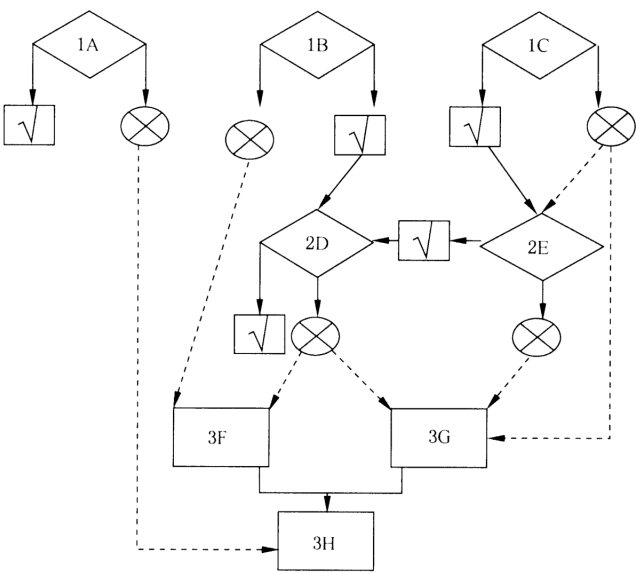


图 K.1 泵检测等级的描述和应用

关键名称	检测		描述
	等级	应用	
1A	1	拔出后检测	辅助设备检测
1B	1	拔出后检测	转子检测
1C	1	拔出后检测	定子外部检测
2D	2	使用后的泵的评估	泵台架试验
2E	2	使用后的泵的评估	内部定子检测
3F	2	失效调查	详细的转子检测
3G	3	失效调查	详细的定子检测
3H	3	失效调查	失效原因分析
☑	可再使用的		
☒	不能再使用的		

图 K.1（续）

K.2.2 等级 1 检测——拔出后检测

K.2.2.1 目的和启动

等级 1 检测的目的是要判断从井口拔出的泵是否有严重损伤。在该项检测中，如果无明显损伤，泵可以重新使用。

通常由使用者或采购商进行这项检测。

K.2.2.2 检测地点

该项检测通常在井场或供应商或制造商的油田服务中心进行。负责该项检测的人员应熟悉任何特殊要求，包括来自使用情况的，或使用者或购买者提出的。

K.2.2.3 检测内容

等级 1 检测应包括以下内容：

- 参照 7.9.9.2 进行转子外观检查；
- 参照 K.3.4 进行定子外观检查；
- 参照 K.3.6 进行辅助设备检查。

K.2.2.4 报告

报告包括检测过程和泵标识（见 7.3）上所收集的信息以及井况描述。也包括任何可能妨碍泵重新使用的损伤迹象。如果确认了主要失效项，应用典型螺杆泵失效术语进行记录。

K.2.3 等级 2 检测——使用后的泵评估

K.2.3.1 目的和启动

等级 2 检测的目的是要确定一台使用后的泵是否满足使用者或采购商的作业要求并完全实现其功能。等级 2 检测步骤也可用于帮助确定等级 3 的检测范围。等级 2 检测通常由使用者或采购商启动以

判断泵是否能重新使用。

K.2.3.2 检测地点

这项检测通常在供应商或制造商的现场服务中心进行,并应由具有资质的人员执行。

K.2.3.3 检测内容

等级 2 检测包括以下内容:

- 等级 1 检测的所有内容(拔出后检测);
- 参照 K.3.5 进行定子内部检查;
- 参照 K.3.7 进行泵台架试验。

等级 1 检查或定子内部检查可发现泵损坏的严重程度,而泵台架试验往往不能提供更多信息,或者定子条件不允许泵台架试验。另外,一些定子的小径可能太小,不能够使用内孔表面检查仪进行内部定子检测。在检测报告中,供应商或制造商有责任指出试验不能进行的原因。

K.2.3.4 报告

检测报告应包括在检测和泵鉴定(见 7.3)过程中收集到的信息和并况描述。基于检测结果,报告应指出在特定使用条件下泵能否重新使用。如果确认了主要的失效项,用典型螺杆泵失效术语进行记录。

K.2.4 等级 3 检测——失效调查

K.2.4.1 目的和启动

等级 3 检测的目的是收集额外的信息以帮助完成全面的失效调查。这些检测通常由供应商或制造商启动,对用户认为提前失效的泵做相应认证。但是用户也可以启动调查,以了解更多使用中的失效情况。

K.2.4.2 检测地点

这项检测通常在供应商或制造商的制造厂或服务中心进行。这项检测需要专业检测设备和专业技术人员,而这些条件当地服务中心往往不具备。

K.2.4.3 检测内容

等级 3 检测宜包括以下内容:

- 等级 1 和等级 2 检测的所有内容;
- 参照 K.3.9 进行详细的转子检测;
- 参照 K.3.8 进行详细的定子检测;
- 参照 K.3.10 进行失效原因分析。

K.2.4.4 报告

失效调查报告应包括检测中收集到的所有信息。失效调查报告应是一份书面的总结(包括解释关键损伤特征的图片)。除了评估检测中收集到的信息外,报告应综合评价导致失效原因。包括对泵历史和制造质量控制记录的检查。

报告应包括调查后的总结,含下列内容:

- 主要失效项和描述;

——失效原因(和任何诱发因素)。

K.3 检测内容

K.3.1 概述

根据需要,在 K.3.2~K.3.10 中描述的相关信息应包括在检测报告中。

K.3.2 安装和工作条件

K.3.2 中要求信息包括确定泵的安装地点,并且描述泵从井口拔出前大概的工作条件。这些信息可用于追踪泵的使用寿命和工况,以确保泵型适合其使用情况。可包括以下信息:

- a) 油井作业商(公司、部门)和联系人;
- b) 油田名称和油井编号;
- c) 泵的供应商或制造商和型号;
- d) 供应商或制造商接收泵的日期;
- e) 供应商或制造商的检测日期;
- f) 进行检测人员的姓名;
- g) 安装和拔出的日期;
- h) 检泵原因;
- i) 设备进入性(定子留在井底、定子不能检测、转子被定子抱住、不能检测转子);
- j) 泵采油开始和结束的日期;
- k) 泵转速和平均总流量;
- l) 泵入口温度;
- m) 井口油管 and 套管头压力;
- n) 生产液面和泵安装深度;
- o) 油相对密度(API 重度)、芳香烃化合物含量、含水量和生产流体的气油比;
- p) 气体的 CO₂ 和 H₂S 含量;
- q) 含砂量。

K.3.3 转子外观检查

此项检测能够给出转子状况,确定转子是否能重新使用。记录以下信息:

- a) 转子序列号;
- b) 转子镀层类型(例如镀铬、硼等);
- c) 使用表 K.1 中的描述项对转子部件的拔出状态进行描述,包括严重程度和观察地点;
- d) 转子使用状况(例如可重新使用或不能再使用);
- e) 拒收转子使用的标准(如果认为转子不能重新使用)。

按照附录 K 描述,可通过重镀、修复螺纹、校直等方式修复不能重新使用的转子,以使其恢复正常功能。按照 7.3 要求在修复的转子上做出永久标记。

表 K.1 给出的描述转子损伤的照片在 K.4 中列出。

表 K.1 转子状态检查结果

转子部分	可用	不可用	描述	顶部			中部			底部		
				轻度	中度	重度	轻度	中度	重度	轻度	中度	重度
主体			弯曲									
			断裂									
			基材磨损									
镀层			裂纹或热裂									
			点蚀									
			磨损									
			脱色									
			烧损或过热									
			腐蚀									
			划痕或沟槽									
接箍			损坏									
焊接			断裂									
			裂纹或热裂									
基材			磨损									

K.3.4 定子外部检查

此项检查收集信息以描述定子的状态。在某些情况下,只将转子拔出地面,定子则留在井底而不能检查。在这些情况下,检测报告应注明定子被留在了井底,而不是简单地将定子检查栏空着。

此项检查的结果应作为定子是否能重新使用的建议。可以记录以下信息:

- a) 定子序列号;
- b) 橡胶类型;
- c) 使用表 K.2 中的描述项对定子部件的拔出状态进行描述,包括严重程度和观察地点;
- d) 定子使用状况(例如,看上去可重新使用或不能再使用);
- e) 拒收定子使用的标准(如果认为定子不能重新使用)。

如果定子看上去可以重新使用,使用者或采购商可选择执行等级 2 的检测以证明泵可重新使用。

K.3.5 定子内部检查

该项检查收集信息以描述定子全长内的橡胶状态。该检测可使用内孔表面检查仪或类似工具以对定子橡胶内表面的外观进行检查。工具可以从定子的一端运行到另一端,以完成全部橡胶螺旋表面的检查。

在表 K.2 列出的描述项可用于报告定子的状态。可以将这些描述项添加到定子外部检查收集到的信息中。该项检查应作为建议,判断定子是否适合进行台架试验或不能重新使用(报废)。如果认为定子不能再重新使用,检查报告中也应指出拒收定子的判定标准。

表 K.2 定子状态检查结果

转子部分	可用	不可用	描述	顶部			中部			底部		
				轻度	中度	重度	轻度	中度	重度	轻度	中度	重度
壳体			弯曲									
			断裂									
			腐蚀									
橡胶			烧损									
			脆性									
			冲蚀或高压冲刷									
			划伤									
			磨损									
			溶胀									
			起泡									
			硬化									
			脱胶									
			撕裂或碎块									
接箍			污染或杂质									
			损坏									
限位器			磨损									
			断裂									
			弯曲									
			丢失									

- 内部检查可能也包括：
- a) 使用内径规或塞规来测量定子内部尺寸；
 - b) 收集定子内所有异物(例如砂土、蜡)，并根据需要进行分析。

K.3.6 辅助设备检查

螺杆泵安装涉及多种辅助设备,比如限位器、防松工具、井下止回阀和气体分离器。这部分设备的检查结果应作为建议,判断辅助设备是否能重新使用。通过一些小维修(例如重修螺纹、替换配件、喷漆),辅助设备的功能可能得到恢复并被重新使用。

- 在检查中可记录以下信息：
- a) 辅助设备类型,制造商和型号；
 - b) 维护背景,例如检泵原因；
 - c) 使用状况,例如可重新使用或不能再使用；
 - d) 拒收辅助设备使用的标准(如果认为辅助设备不能重新使用)；
 - e) 其他观察结果以帮助分析螺杆泵系统失效的深层原因。

K.3.7 泵台架试验

泵台架试验可用于评估一套定子-转子组件的性能,如果认为其可重新使用。在附录 E 中给出了台架试验的步骤。

K.3.8 详细的定子检查

应切开一根定子对其进行详细的检查并作为失效原因分析报告的一部分。一般不必对整根定子进行详细检查,可以从定子顶部、中部和底部切下大约 0.5 m 长作为检查段。如果有其他的证据,比如内孔表面检查仪检查显示在定子的其他段出现重要问题,可调整检查样品的选取位置。每个样品沿轴向切开并露出橡胶。可收集以下信息:

- a) 使用表 K.2 提供的描述项对每段橡胶状态进行描述;
- b) 描述定子特征及其位置的详细图片;
- c) 在每个切开的截面处至少测量三次位于切割表面、密封线和椭圆大径上的橡胶硬度(邵氏 A);这些测量值可与特定橡胶的名义材料参数比较;
- d) 在每个切开截面处至少三个位置,测量最大厚度和最小厚度,以确定橡胶的溶胀程度和定子壳内密封腔的同轴度;这些测量值应与制造公差比较。

与描述符对应的损坏定子橡胶的照片参见 K.5。

详细检查也可包括测量从定子橡胶上所取样品的密度、硬度、粘接强度、拉伸强度和延伸率。针对特定橡胶和粘接剂,可将这些特性与材料的名义参数进行对比。

K.3.9 详细的转子检查

详细的转子检查应收集和报告以下信息并作为失效原因分析的一部分:

- a) 详细描述转子特征位置的图片;
- b) 在转子的顶部、中部、底部和任何存在转子镀层损伤的部分中,至少对转子的大径和小径进行三次测量;
- c) 镀层硬度测量(维氏或努氏硬度);
- d) 如果腐蚀或转子断裂暴露出金属基材,测量金属基材的硬度(洛氏 C 硬度);
- e) 如果转子断裂,应做金相学分析,应包括失效表面的显微照片,显微硬度测量值,腐蚀产品和特征的分析。

与描述项对应的损坏转子的照片 K.4。

K.3.10 失效原因分析

K.3.10.1 概述

失效原因分析用来识别导致失效的条件。应使用典型的描述项表述失效原因。从螺杆泵检查报告中可能不能确定其失效原因。为了确定失效原因,全面分析泵工作历史和制造过程的质量控制文件,可作为泵检查中所收集信息的补充。除检查报告外,应收集的信息还包括 K.3.10.2 和 K.3.10.3 要求的内容。

K.3.10.2 螺杆泵历史

报告应简述定子和转子的安装历史,包括失效发生前的所有安装。可包括以下内容:

- a) 油井结构和完井结构的简单描述;
- b) 与泵一起运行的其他全部辅助设备;

c) 泵在井下的工作条件。

K.3.10.3 螺杆泵质量控制文件

转子和定子的制造和质量控制记录可用于检查并认定产品缺陷。这些文件应包括认定出现问题的泵的原材料性质、几何尺寸和制造工艺相对标准制造工艺允许偏差的变动。

K.4 损坏转子示例

图 K.2~图 K.4 显示了不同类型的转子损坏。



图 K.2 磨损的转子



图 K.3 裂纹或热裂转子

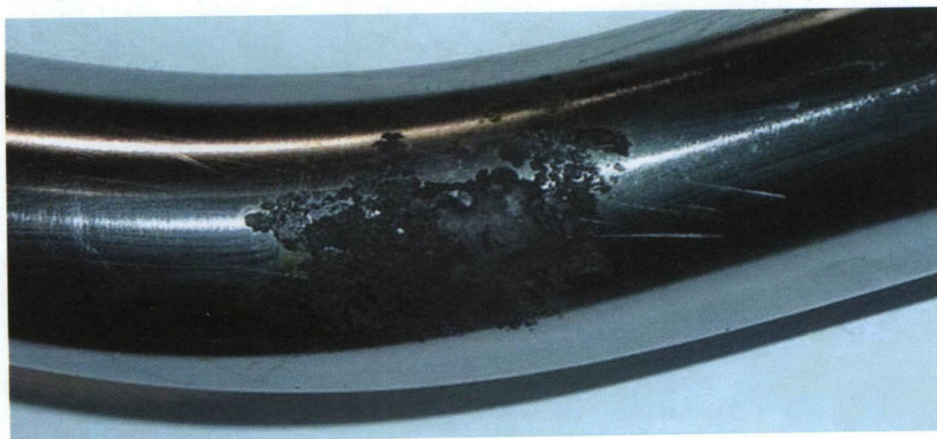


图 K.4 麻点腐蚀的转子

K.5 损坏定子示例

图 K.5~K.12 显示了不同类型的定子损坏。

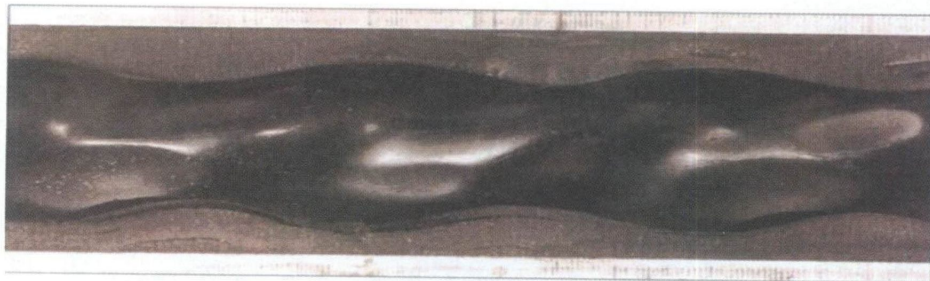


图 K.5 起泡的定子



图 K.6 烧损或过热的定子



图 K.7 冲蚀或高压冲刷的定子



图 K.8 脱胶的定子



图 K.9 划伤的定子



图 K.10 撕裂或碎块的定子

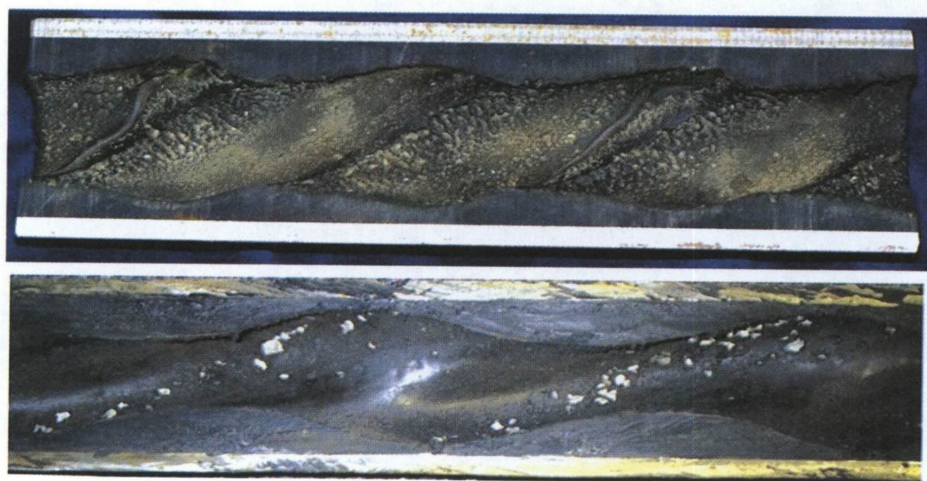


图 K.11 定子污染或杂质

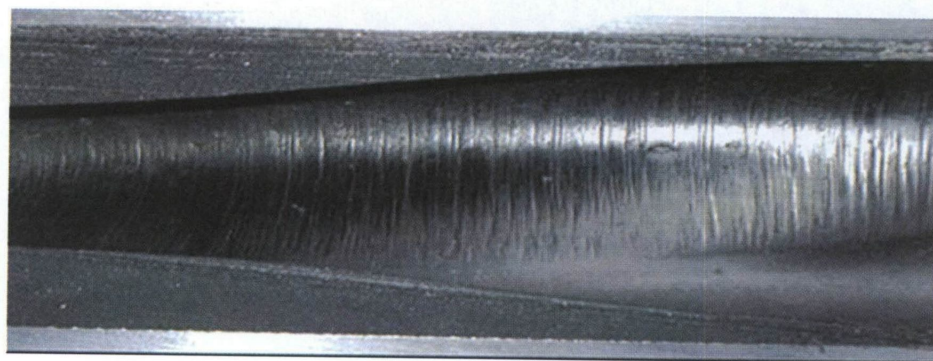


图 K.12 定子磨损

附 录 L
(资料性附录)
辅助设备

L.1 概述

本附录叙述了螺杆泵系统通常包括的辅助设备,参见图 L.1 和图 L.2 举例说明。本部分并不涉及这些辅助设备。

L.2 承扭环

这类垫环适合 API J 部分和其他无台肩油管接箍,使旋紧螺纹和作业时能承受更高扭矩。

L.3 驱动杆柱扶正器

当驱动杆柱和油管柱可能发生磨损时,就要考虑使用减磨装置,如扶正器。

在转子和最下部抽油杆柱接箍间,不推荐使用扶正器。

扶正器的使用将增加一些约束,在计算总扬程和系统所需功率时,应要考虑这些因素。

L.4 油管旋转器

人工的或自动的油管旋转器使生产油管四周磨损均匀分布,以延长油管运行寿命。

L.5 扭矩限制器

扭矩限制器用来防止任何系统元件的损坏。比较典型的,如它可以限定驱动杆柱上的应力低于最小屈服值。

L.6 防抽空控制器

防抽空控制器能监测泵抽空时的状态,并能控制原动机防止泵的损坏。

L.7 压力控制器

压力计或压力传感器监测管线压力,防止管线压力过高,从而保护系统。

L.8 井下单流阀

井下单流阀用来控制泵内液体的回流,安装在转子限位器下端。

L.9 变频控制器

变频控制器能方便的调节泵的转速,以使泵适应不同的井况。

L.10 油管泄油器

泄油器用于修井作业中排出油管内液体。当泵入口安装井下止回阀或发生堵塞时使用油管泄油器。

L.11 杆柱剪切销

杆柱剪切销靠近转子安装,当转子无法从定子中拔出时,其可使抽油杆柱与转子脱开。

L.12 气体分离器

气体分离器安装在泵的入口,用于分离游离气体。

L.13 光杆卡瓦

光杆卡瓦安装在驱动装置上,用于悬挂驱动杆柱,及将扭矩传递给驱动杆柱。

L.14 锁紧卡瓦

锁紧卡瓦是固定在驱动装置上的安全装置,可防止驱动装置的意外旋转。

L.15 实心轴地面驱动装置

实心轴地面驱动装置通过固定的连接机构将动力传递给驱动杆柱。

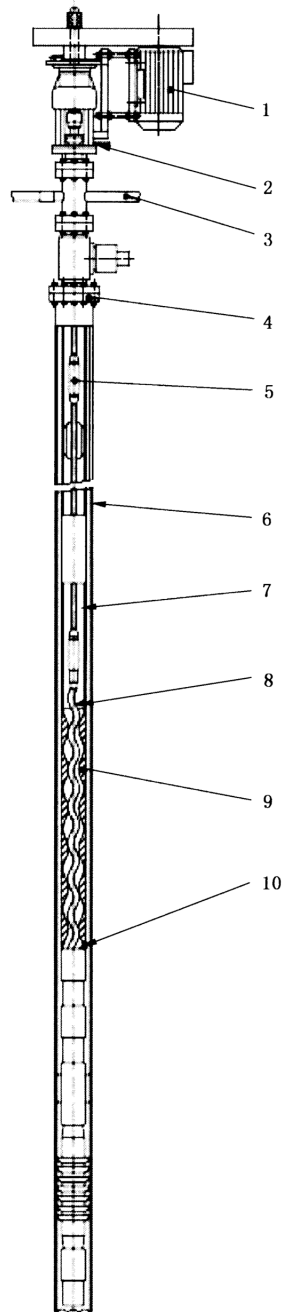
L.16 空心轴地面驱动装置

空心轴地面驱动装置是通过卡瓦将动力传递给驱动杆柱。它为光杆到地面驱动装置提供了一种连接形式,使驱动杆柱垂直运动时无须拆卸地面驱动装置。

L.17 地面驱动刹车

地面驱动刹车是驱动装置的一部分,是用于释放储存能量的装置,在紧急情况下,它用来限制或停止驱动杆柱的旋转。刹车有以下几种类型:

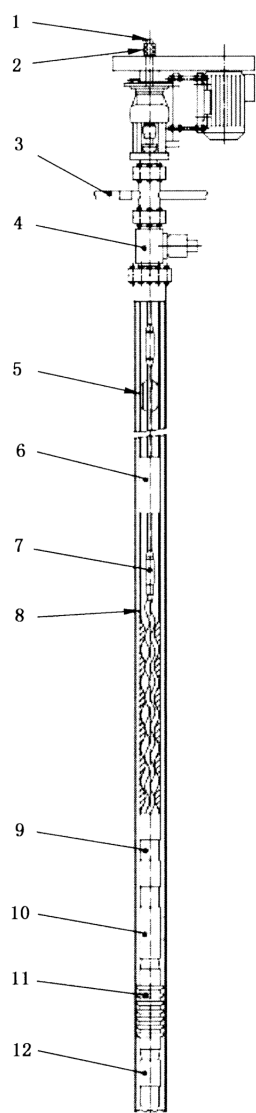
- 摩擦式刹车;
- 液压刹车;
- 电动马达刹车;
- 人力刹车。



说明：

- 1 —— 电机；
- 2 —— 驱动装置；
- 3 —— 出油管线；
- 4 —— 井口；
- 5 —— 接箍；
- 6 —— 油管；
- 7 —— 驱动杆柱；
- 8 —— 转子；
- 9 —— 定子；
- 10 —— 转子限位器。

图 L.1 标准设备



说明:

- 1 —— 光杆;
- 2 —— 卡瓦;
- 3 —— 泄压管线;
- 4 —— 油管旋转器;
- 5 —— 驱动杆柱扶正器;
- 6 —— 卸荷阀;
- 7 —— 杆柱剪切销;
- 8 —— 油管短节;
- 9 —— 井下单向阀;
- 10 —— 扭矩锚;
- 11 —— 气体分离器;
- 12 —— 吸入总成。

图 L.2 辅助设备

附录 M

(资料性附录)

螺杆泵驱动杆柱的选取和使用

M.1 概述

本附录主要讨论了地面驱动螺杆泵系统中的驱动杆柱,给出了螺杆泵用抽油杆的技术要求。

M.2 背景

螺杆泵系统是一个典型的应用驱动杆柱将能量从地面驱动装置传递给井下螺杆泵的系统。虽然绝大多数的驱动杆柱都是抽油杆,但其他设备诸如空心抽油杆和连续杆也可能用到。

与螺杆泵配套使用的驱动杆柱承受着扭矩和轴向载荷,在这一点上它不同于与往复泵的驱动杆,不同之处有:

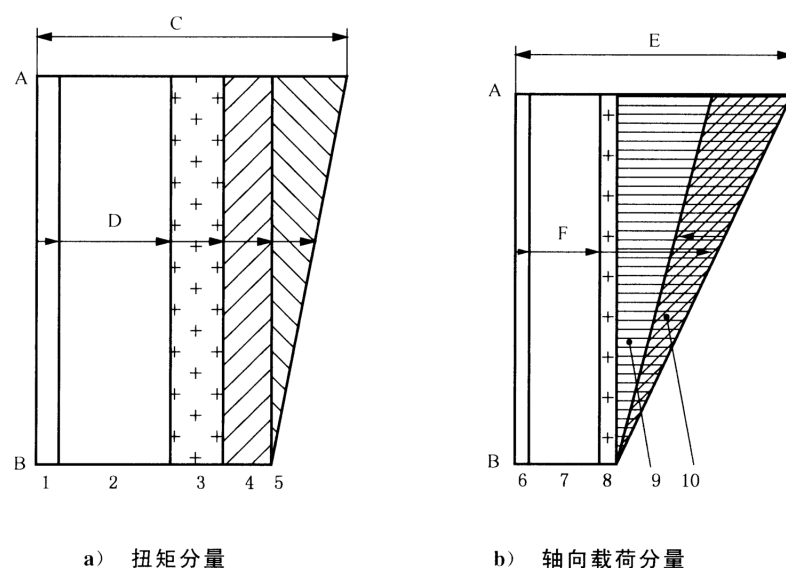
- a) 螺杆泵驱动杆柱载荷为扭转与轴向的复合载荷。
- b) 井眼曲率导致弯曲载荷,而杆柱上的弯曲应力循环在几天内可以达到百万次,使疲劳成为一种可能的失效形式。
- c) 旋紧驱动杆柱连接螺纹很关键。如果连接螺纹的旋紧扭矩小于其承受的扭转载荷,驱动杆柱会逐渐旋紧连接螺纹,从而损坏驱动杆柱接箍。
- d) 当驱动杆柱最大外径处发生侧向载荷集中或流体中有磨蚀性固体介质时,由于接箍旋转摩擦总发生在相同位置,导致驱动杆柱和油管的磨损加速。
- e) 倒转是由于地面驱动装置停车时油液排回油管导致的。这时会出现一个瞬时反扭矩,有可能导致驱动杆螺纹松脱。

M.3~M.9 中介绍了这些内容。

M.3 驱动杆柱载荷

M.3.1 概述

在螺杆泵系统中,驱动杆宜设计为既能承受轴向载荷又可向井下螺杆泵传递扭矩。驱动杆上任一位置的轴向载荷和扭矩由图 M.1 中所示的不同分量构成。几个主要的载荷分量施加在泵上面的驱动杆上(如泵的水力扭矩和泵的轴向载荷),其他载荷以分布力的形式沿着驱动杆柱分布(如反扭矩和驱动杆自重)。绝大多数情况下,驱动杆的轴向载荷和扭矩在地面光杆连接处最大。



说明:

A——地面;

B——泵;

C——光杆扭矩;

D——抽油杆扭矩;

E——光杆轴向载荷;

F——抽油杆轴向载荷。

1——泵的水力扭矩(油管头压力);

2——泵的水力扭矩(静水压力);

3——泵的水力扭矩(沿程损失);

4——泵的摩擦扭矩;

5——反扭矩;

6——泵的轴向载荷(油管头压力);

7——泵的轴向载荷(静水压力);

8——泵的轴向压力(沿程损失);

9——杆自重;

10——举升力。

图 M.1 驱动杆柱上的扭矩和轴向载荷分力图

在螺杆泵使用中,很多驱动杆柱会承受剧烈的载荷波动。因生产油管中的气体段塞流以及气体从流体中分离所引起的泵出口压力的变化,或者由于砂粒、段塞流或者橡胶溶胀导致的螺杆泵摩擦力增大,这些情况都可导致泵扭矩和轴向载荷的剧烈波动。在斜井段,驱动杆柱承受着由于泵旋转运动导致的循环弯曲应力。在给定泵常规工作转速下,几天内这种载荷循环就可达到几百万次。

如果轴向载荷和扭矩共同作用形成的复合应力超出了该尺寸和钢级的驱动杆柱所能承受的范围,就会导致驱动杆柱失效。除此之外,积累的循环应力也会造成疲劳失效。正确的设计、安装和操作可防止失效,延长驱动杆柱的使用寿命。

M.3.2 泵摩擦扭矩

泵摩擦扭矩是泵截面尺寸、长度和定转子过盈量的函数。泵摩擦力矩一般通过台架试验测量确定。然而,螺杆泵在井下作业时,如果定子橡胶在温度和化学作用下发生溶胀,可能会导致泵摩擦扭矩增加。高速泵送高黏油液时,黏性力矩也会增加泵的扭转载荷。由于定转子间静摩擦力的影响,泵的摩擦力矩通常在泵启动时最大。

M.3.3 驱动杆柱阻力扭矩

当驱动杆柱旋转时,杆体和接箍会接触生产油管。驱动杆柱杆体和油管间的摩擦力会在驱动杆柱上产生一个反扭矩,它是杆管接触载荷、组件直径和组件间摩擦系数的函数。其中,接触载荷与作用在驱动杆柱上的轴向载荷和井眼曲率成正比。摩擦系数取决于零件的材料性质、流体和固体颗粒的性质。

此外,驱动杆柱在生产油管内的流体中旋转,由于黏度的影响在流体和驱动杆柱间形成的表面剪切

力会阻止杆柱旋转。

M.3.4 泵的轴向载荷

泵的轴向载荷是泵的承载面(与定子的横截面有关)的函数,并与通过泵两端的压差成正比。

M.3.5 驱动杆柱自重

泵转子和驱动杆柱的重量,扣除浮力作用,是轴向载荷的一部分。

M.3.6 驱动杆柱所受举升力

流动损失会在驱动杆柱上产生一个顺着油液流动方向的作用力,该作用力会减小驱动杆柱的轴向负荷并以举升力的形式分别作用在接箍和驱动杆柱杆体上。

M.4 驱动杆柱应力的额定值

驱动杆柱杆体应力可以用冯·米塞斯(Von Mises)应力表示(有效应力, σ_e),它是轴向载荷和扭矩作用下的复合应力。在螺杆泵使用中,这个应力主要表现为扭矩的函数,受轴向载荷影响略小。因为扭矩作用,该应力一般发生在抽油杆的最薄弱位置(外表面),而抽油杆内部的应力则小得多。该应力以兆帕为单位,可由式(M.1)计算:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{16F_r^2}{\pi^2 d_r^4} + \frac{7.68 \times 10^8 T_r^2}{\pi^2 d_r^6}} \quad \dots\dots\dots (M.1)$$

式中:

F_r —— 驱动杆轴向载荷,单位为牛(N);

T_r —— 驱动杆扭矩,单位为牛米(N·m);

d_r —— 驱动杆柱直径,单位为毫米(mm)。

与游梁抽油机的驱动杆柱循环应力相比,在螺杆泵使用中产生的驱动杆柱应力的数值相对恒定。因此,驱动杆柱等效应力值可能接近驱动杆柱材料的屈服应力而不会造成失效。而因为弯曲导致的疲劳失效是定向井和水平井作业应考虑的问题。

计算螺杆泵疲劳寿命时,应同时考虑高频(如弯曲载荷)和低频(如气体段塞流)影响。应充分考虑到零部件因受到交变载荷而导致的金属疲劳失效。在驱动杆柱使用中,以下因素可导致疲劳失效,包括扭转载荷下的旋转圈数的累积和拉伸载荷在最大最小区间内的变化。即使材料的峰值应力低于材料的屈服强度也可能发生疲劳失效。大多数金属有一个疲劳极限,交变应力低于疲劳极限不会产生疲劳失效。设计驱动杆柱时应使交变应力低于金属的疲劳极限,或在设计中引入安全系数。

M.5 驱动杆柱的安全系数和设计系数

在确定驱动杆柱许用工作应力时,两个因子会施加到屈服强度上:设计系数和安全系数。制造商在驱动杆柱设计时使用设计系数以适应材料性质和制造公差的变化。举例来说,制造商会推荐他们的驱动杆柱在使用中所受的应力应不超过其材料许用应力的90%。安全系数一般由用户针对使用条件给定,安全系数的给出将降低驱动杆柱的承载能力,从而导致驱动杆柱公称额定承载能力的降低。安全系数包括以下几个方面:

- 腐蚀性环境和磨损环境导致金属的快速磨损;
- 酸性环境易导致金属的脆性;
- 井的大斜度增加了泵的弯曲;

——载荷剧烈波动导致施加载荷的增量变化。

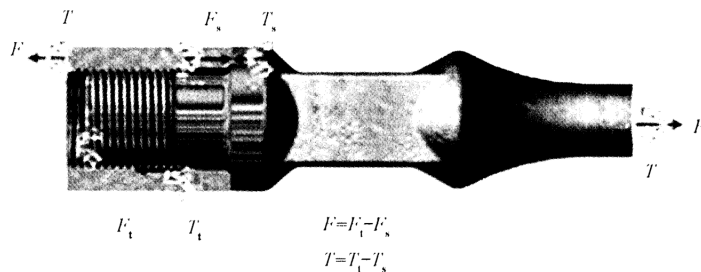
建议用户在为特定条件选择驱动杆柱前应对制造商的额定载荷确定方法进行讨论。

M.6 接箍连接

M.6.1 概述

接箍连接在螺杆泵使用中非常重要,当施加扭矩超过接箍抗扭能力时,泵送过程中的扭转载荷可导致接箍的持续旋紧。为了达到要求的连接扭矩以保证在运行时不损坏驱动杆,应将螺纹表面和台肩的镀层和污物清理干净,并严格按照制造商推荐的安装程序进行接箍的安装。这些程序包括在外螺纹上涂抹适量的合适的螺纹润滑脂。

接箍的抗扭强度是在连接过程中螺纹和台肩上的预紧力的函数,如图 M.2 所示。在连接过程中螺纹旋紧不足会导致低的预紧力,并因此降低抗扭强度。驱动杆柱上的拉伸载荷也会降低台肩上的预紧力,并由此造成接箍抗扭强度的降低。



说明:

F_1 —— 螺纹上的轴向力;

T_1 —— 螺纹上的扭矩;

F_2 —— 扭矩台肩上的轴向力;

T_2 —— 扭矩台肩上的扭矩。

图 M.2 接箍上的载荷

接箍连接的抗扭强度是由螺纹牙和旋转台肩的静摩擦系数决定的。静摩擦系数,以及因之产生并传递给接箍的扭矩受到螺纹表面和驱动杆柱扭矩台肩粗糙度、润滑脂的涂抹、防腐镀层以及污染物等因素的影响。如果超出抗扭强度,摩擦特性由动摩擦系数决定,其明显低于静摩擦系数。此外,接触表面(例如扭矩台肩和螺纹表面)间的快速运动会产生动态润滑,进一步降低摩擦的影响。这样使得螺纹抗扭强度急剧降低,使连接处螺纹进一步旋紧。这可能会对螺纹处施加破坏性载荷。

接箍螺纹过大时,会产生以下现象:

- 螺纹滑牙;
- 接箍锥面扩大,或接箍和抽油杆结合面屈服;
- 拉伸变形或螺纹根切失效。

螺纹旋紧增量在油井内特别严重,因为驱动杆柱就像一个大扭簧,以驱动杆柱弹性扭转方式储存能量。当超出接箍抗扭强度时,储存能量维持外加的扭矩,导致螺纹旋紧增量迅速发生。这被称为螺纹动态旋紧,并导致接箍损伤。确保按照厂家的规范对驱动杆柱螺纹旋紧,能使螺纹旋紧增量的可能降至最小。

M.6.2 螺纹旋紧位移

驱动杆柱接箍螺纹旋紧的传统方法是采用圆周位移法,在手紧后再将接箍旋到一个指定的位置。

位移卡片通常由厂家提供以测量螺纹旋紧的量。最初,在螺杆泵安装中使用互换的位移标准和相应的螺纹旋紧规,但是研究表明这种螺纹旋紧标准不能提供足够的螺纹旋紧扭矩。因此,驱动杆柱厂家为螺杆泵应用专门制定了螺纹旋紧位移标准和相应的规。距离,或位移,是以室内试验结果为基础的,意在使螺纹旋紧扭矩等于或略大于驱动杆柱的额定扭矩。实际的螺纹旋紧扭矩受加工差异、螺纹润滑或接触面的污染物影响。

M.6.3 螺纹旋紧扭矩

驱动杆柱的厂家也可推荐使用扭矩法来安装驱动杆柱。这种方法的前提是确保螺纹旋紧扭矩超过预期的启动和工作扭矩,这样工作中不会发生螺纹旋紧增量。一般说来,螺纹旋紧扭矩是基于使用动力钳的液压力来估计的。这就要用机械压力表测量液压力。液压力和应用扭矩之间有直接联系,它取决于动力钳产品及其型号。

一些动力钳厂家开发了直接测量施加扭矩的系统以减少不确定因素。建议在组装驱动杆柱接箍时使用低速、大扭矩的动力钳系统。在大扭矩应用场合,如驱动杆柱在额定载荷附近工作,或者驱动杆柱频繁失效的螺杆泵系统,特别推荐采用扭矩旋紧法。

扭矩旋紧法作为一些新驱动杆柱设计不可分割的部分,常常在一些非常规连接中应用,比如锥形螺纹或多个扭矩台肩的接箍。如前所述,接箍连接的抗扭强度取决于螺纹和扭矩台肩的静摩擦系数。

M.7 驱动杆柱和油管磨损

螺杆泵系统中,驱动杆柱和油管的磨损与游梁式泵系统不同,因为驱动杆柱接箍旋转所处的位置相对油管固定,导致局部出现磨损。另外,螺杆泵常用于含固体颗粒的油藏,从而大大加速了磨损率。

使用带有软的、消耗性材料(例如氨基甲酸乙酯、橡胶)镀层的接箍,或在驱动杆柱接箍间放置几个扶正器分散驱动杆柱的接触载荷,可以降低磨损率。但使用减摩装置时须谨慎,因为通常会增加生产油管的压力损失,导致更大的抽油杆张力并增加杆管间的接触载荷。因此,在某些情况下,安装减摩装置的最终结果是提高了驱动杆柱载荷并相应增加了磨损。

去掉驱动杆柱接头的镦粗部分可以将接触载荷均匀的分配到杆柱的全长上。这个方法可以通过连续抽油杆、连续油管和内平连接产品来实现。

人工或自动的油管旋转器可用于将磨损分散到生产油管四周,从而延长油管运行寿命。

螺杆泵使用中,由于油管磨损集中在邻近接箍的一个点,操作者可通过逐渐提升或下放驱动杆柱延长油管寿命,使接箍磨损生产油管的不同位置。在提升或降低驱动杆柱时注意保持驱动杆柱防冲距的要求是很重要的,应确保转子完整地进入定子并且不会碰到泵下的限位器。

M.8 连续驱动杆柱

连续驱动杆柱安装方法与连续油管安装方法相似。驱动杆柱卷放在地面并使用机械注入系统插入或从油井拉出。连续驱动杆柱可以分散侧向载荷以减少驱动杆柱和油管磨损,并减少转子入井的安装时间,或在插入式螺杆泵系统中用于运行整台泵。另外,因为消除了接头镦粗部分对流动的干扰,从而减少流体压力损失。

M.9 空心驱动杆柱

通常使用管钳或其他可控制扭矩的工具安装空心驱动杆柱。空心杆柱能够在泵入口注入化学处理剂,例如缓蚀剂、石蜡抑制剂和稀释剂。空心驱动杆柱还可采用外平型螺纹接头设计,具有与连续驱动

杆柱相似的流动和减磨优势。

M.10 储存和搬运

驱动光杆的储存和搬运宜按照 SY/T 5643—2010 进行操作。另外,制造商应有书面的储存和装卸程序,其应适应现场及其环境条件。

附 录 N
(资料性附录)

本部分与 ISO 15136.1:2009 的技术差异及其原因

表 N.1 给出了本部分与 ISO 15136.1:2009 的技术差异及其原因。

表 N.1 本部分与 ISO 15136.1:2009 的技术差异及其原因

本部分的 章节编号	技术性差异	原因
1	明确适用范围	符合 GB/T 1.1 的要求
2	<p>规范性引用文件更改：</p> <p>a) 12 项国际标准由我国已采标的国标代替，具体调整如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 用修改采用国际标准的 GB/T 230.1 代替了 ISO 6508-1(见 7.6.2)； • 用修改采用国际标准的 GB/T 231.1 代替了 ISO 6506-1(见 7.6.2)； • 用等同采用国际标准的 GB/T 528 代替了 ISO 37(见 F.4.4.2)； • 用等同采用国际标准的 GB/T 531.1 代替了 ISO 7619-1(见 F.4.4.1)； • 用修改采用国际标准的 GB/T 1690 代替了 ISO 7619-1(见 F.4.4.1)； • 用等同采用国际标准的 GB/T 2828.1 代替了 ISO 2859-1(见 7.6.2)； • 用修改采用国际标准的 GB/T 4340.1 代替了 ISO 6507-1(见 7.6.2)； • 用等同采用国际标准的 GB/T 9445 代替了 ISO 9712(见 7.9.1)； • 用等同采用国际标准的 GB/T 19830 代替了 ISO 11960(见 3.6)； • 用 GB/T 20972(所有部分)代替了 ISO 15156(所有部分)(见 7.6.2)，两项标准各部分之间的一致性程度如下： <ul style="list-style-type: none"> ◆ GB/T 20972.1—2007 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 1 部分：选择抗裂纹材料的一般原则(ISO 15156-1:2001,IDT)； ◆ GB/T 20972.2—2008 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 2 部分：抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁(ISO 15156-2:2003,MOD)； ◆ GB/T 20972.3—2008 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第 3 部分：抗开裂耐蚀合金和其他合金(ISO 15156-3:2003,MOD)； <ul style="list-style-type: none"> • 用修改采用国际标准的 GB/T 21411.2 代替了 ISO 15136-2(见附录 B.1)； • 用等同采用国际标准的 GB/T 27025 代替了 ISO/IEC 17025(见 7.8)； <p>b) 用 GB/T 1172《黑色金属硬度及强度换算值》取代 ISO 18265</p>	<p>适应我国的技术条件，提高了标准的实用性</p>
2	用 ASME BPVC 第 V 卷《无损检测》代替 ASTM E94、ASTM E164、ASTM E165 及 ASTM E709	ASME BPVC 第 V 卷无损检测中直接引用了 ASTM E94、ASTM E164、ASTM E165 及 ASTM E709 等标准，使用和查阅起来都更为方便
2	将原标准在资料性附录中提及的标准从第 2 章中删除，移入参考文献中	不是规范性引用

表 N.1 (续)

本部分的 章条编号	技术性差异	原因
3	在“术语和定义”中增加了“动液面”“静液面”等 3 个术语和定义。并对所有术语进行重新顺序	便于更好的理解标准内容并符合 GB/T 1.1 的要求
4	修改了部分符号的表示方法并重新顺序	为了方便使用,采用一些国内的常用符号并根据 GB/T 1.1 的要求进行顺序
5.1	概述中增加“用户可以根据应用信息自行指定螺杆泵”	为了更便于该标准的使用
5.3.1	原标准中关于提及的“井况信息”“完井信息”等均用的“shall be”,即为强制要求提供,在修订标准中部分信息改为“宜”	在实际应用中,用户有些信息并不能全部提供,此项修改提高标准的可行性
6.5.6	关于“泵最大吸入气体体积分数”增加“如用户/购买者要求,供应商或制造商应提供泵所能处理的进气最大体积分数”	根据使用条件,此条可不做为强制要求提供
7.2.2	应提供的设计文档中删去“c)适用的规范和标准”	该条要传递的信息比较模糊,实际使用时不便于操作
7.2.6	应提供的产品数据表中删去“g)单级压力”和“k)泵最大吸入自由气体体积分数”	实际泵的“单级压力”并不是一个准确值,可以通过“额定压力”和“级数”进行大致的估算
7.3	增加产品型号表示方法的描述,修改 ISO 的标记方法	充分考虑我国的习惯,使其更具操作性
7.6.2	用 GB/T 2828.1—2012《计数抽样检验程序 第 1 部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划》代替 ISO 2859-1 用 GB/T 231.1《金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分:试验方法》代替 ISO 6506-1 用 GB/T 4340.1《金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分:试验方法》代替 ISO 6507-1 用 GB/T 230.1《金属材料 洛氏硬度试验 第 1 部分:试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺)》代替 ISO 6508-1 用 GB/T 1172—1999《黑色金属硬度及强度换算值》代替 ISO 18265	采用国家标准,便于操作
7.9.1	用 GB/T 9445《无损检测 人员资格鉴定与认证》代替 ISO 9712	采用国家标准,便于操作
7.9.9.5	用 ASME BPVC 第 V 卷《无损检测》代替 ASTM E709	ASME BPVC 第 V 卷中包含 ASTM E709 的内容,便于使用和查阅
7.9.9.6	用 ASME BPVC 第 V 卷《无损检测》代替 ASTM E165	ASME BPVC 第 V 卷中包含 ASTM E165 的内容,便于使用和查阅
7.9.11	将“所有定子-橡胶检测应在 15℃ 下进行并记录”修改为“同一批定子-橡胶检测应在相同温度下进行并记录”	保证相同的温度是为了使测量更为准确,修改为相同温度下而不是指定某一温度会更方便控制

表 N.1 (续)

本部分的 章条编号	技术性差异	原因
附录 A	原标准的附录 H	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 B	原标准的附录 E	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
B.3	用 GB/T 21411.2—2009《石油天然气工业井下设备 人工举升用螺杆泵系统 第 2 部分:地面驱动装置》代替 ISO 15136.2	采用国家标准,便于操作
附录 D	原标准的附录 B	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 D.2.3.2	“测试流体应为水”修改为“测试流体应为水或液压油”	可以针对不同的工况进行选用,使标准更具操作性
附录 E	原标准的附录 C	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 E.3.4	“kPa”换算为“MPa”	符合我国的单位使用习惯
附录 E.3.5	修改式 E.2 和式 E.3 式 E.4 中“机械泵效”改为“总泵效”	为了方便使用明确计算方法,并修正原文中的错误,见化学工业出版社出版《机械设计手册》第四版 第 4 卷 P17-127 表 17-5-5 中关于容积效率、机械效率和总效率的定义及公式
附录 F	原标准的附录 A	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 F.4.3	用 GB/T 1690—2010《硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法》代替 ISO 1817	采用国家标准,便于操作
附录 F.4.4.1	用 GB/T 531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第 1 部分:邵氏硬度计法[邵尔硬度]》代替 ISO 7619-1	采用国家标准,便于操作
附录 F.4.4.2	用 GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》代替 ISO 37	采用国家标准,便于操作
附录 G	原标准的附录 D	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 G.3.5.2	用 GB/T 529—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤形、直角形和新月形试样)》代替 ISO 34-1	采用国家标准,便于操作
附录 G.3.5.3	用 GB/T 9867—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定(旋转辊筒式磨损机法)》代替 ISO 4649	采用国家标准,便于操作

表 N.1 (续)

本部分的 章条编号	技术性差异	原因
附录 G.3.5.4	用 GB/T 7757—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩应力应变性能的测定》代替 ISO 7743	采用国家标准,便于操作
附录 G.3.9.2.2	用 GB/T 1681—2009《硫化橡胶回弹性的测定》代替 ISO 4662	采用国家标准,便于操作
附录 H	原标准的附录 G	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 H.7	删去了关于总泵效的计算公式	E.3.5 中已有公式,不再重复叙述
附录 I	新增附录“螺杆泵试验报告数据表”	可以提高标准的指导性和规范性
附录 J	原标准的附录 K	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 J 表 J.1	用 SY/T 5029—2013《抽油杆》代替 API Spec 11B	采用行业标准,便于操作
附录 J 表 J.2	用 GB/T 19830—2011《石油天然气工业 油气井套管或油管用钢管》代替 ISO 11960	采用国家标准,便于操作
附录 K	原标准的附录 I	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 M	原标准的附录 J	符合 GB/T 1.1 的要求,根据正文中提及的先后顺序对附录做了调整
附录 M.10	用 SY/T 5643—2010《抽油杆维护和使用推荐方法》代替 API RP 11BR	采用国家标准,便于操作
附录 N	增加了资料性附录 N“本部分与 ISO 15136-1:2009 的技术性差异及其原因”	便于标准使用

参 考 文 献

- [1] GB/T 262—2010 石油产品和烃类溶剂苯胺点和混合苯胺点测定法(ISO 2977:1997, MOD)
- [2] GB/T 529—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤形、直角形和新月形试样)(ISO 34-1:1994, MOD)
- [3] GB/T 1681—2009 硫化橡胶回弹性的测定(ISO 4662:1986, IDT)
- [4] GB/T 7757—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩应力应变性能的测定(ISO 7743:2007, IDT)
- [5] GB/T 9867—2008 硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定(旋转辊筒式磨耗机法)(ISO 4649:2002, IDT)
- [6] SY/T 5029—2013 抽油杆(API Spec 11B:2010, MOD)
- [7] SY/T 5643—2010 抽油杆维护和使用推荐方法(API RP 11BR:2008, MOD)
- [8] ANSI B46.1 Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay
- [9] API TR 5C3 Technical Report on Equations and Calculations for Casing, Tubing, and Line Pipe Used as Casing or Tubing; and Performance Properties Tables for Casing and Tubing
- [10] ANSI/API RP 11BR Recommended Practice for the Care and Handling of Sucker Rods
- [11] ASTM A370 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products
- [12] ASTM A388/A388M Standard Practice for Ultrasonic Examination of Steel Forgings
- [13] ASTM A450/A450M Standard Specification for General Requirements for Carbon and Low Alloy Steel Tubes
- [14] ASTM A609/A609M Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof
- [15] ASTM A789/A789M Standard Specification for Seamless and Welded Ferritic/Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service
- [16] ASTM D471 Standard Test Method for Rubber Property—Effect of Liquids
- [17] ASTM D623 Standard Test Methods for Rubber Property—Heat Generation and Flexing Fatigue in Compression
- [18] ASTM D638 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics
- [19] ASTM D1414 Standard Test Methods for Rubber O-Rings
- [20] ASTM D1415 Standard Test Method for Rubber Property—International Hardness
- [21] ASTM D1418 Standard Practice for Rubber and Rubber Latices—Nomenclature
- [22] ASTM D2240-05 Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness
- [23] ASTM D2887 Standard Test Method for Boiling Range Distribution of Petroleum Fractions by Gas Chromatography
- [24] ASTM D3239 Standard Test Method for Aromatic Types Analysis of Gas-Oil Aromatic Fractions by High Ionizing Voltage Mass Spectrometry
- [25] ASTM D5790 Standard Test Method For Measurement Of Purgeable Organic Compounds in Water by Capillary Column Gas Chromatography/Mass Spectrometry
- [26] ASTM D5963 Standard Test Method for Rubber Property—Abrasion Resistance (Rotary Drum Abrader)

- [27] ASTM D5992 Standard Guide for Dynamic Testing of Vulcanized Rubber and Rubber-Like Materials Using Vibratory Methods
- [28] ASTM E10 Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials
- [29] ASTM E18 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials
- [30] ASTM E92 Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials
- [31] ASTM E94 Standard Guide For Radiographic Examination
- [32] ASTM E140 Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness
- [33] ASTM E165 Standard Test Method For Liquid Penetrant Examination
- [34] ASTM E273 Standard Practice for Ultrasonic Examination of the Weld Zone of Welded Pipe and Tubing
- [35] ASTM E309 Standard Practice for Eddy-Current Examination of Steel Tubular Products Using Magnetic Saturation
- [36] ASTM E426 Standard Practice for Electromagnetic (Eddy-Current) Examination of Seamless and Welded Tubular Products, Austenitic Stainless Steel and Similar Alloys
- [37] ASTM E446 Standard Reference Radiographs for Steel Castings Up to 2 in. (51 mm) in Thickness
- [38] ASTM E570 Standard Practice for Flux Leakage Examination of Ferromagnetic Steel Tubular Products
- [39] ASTM E709 Standard Guide for Magnetic Particle Examination
- [40] ANSI/AWS D1.1/D1.1M Structural Welding Code—Steel
- [41] ANSI/AWS B2.1/B2.1M Specification for Welding Procedure and Performance Qualification
- [42] BS 2M 54 Specification for temperature control in the heat treatment of metals
- [43] ISO/IEC 17050 (all parts) Conformity assessment—Supplier's declaration of conformity
- [44] ISO 31-0; Quantities and units—Part 0: General principles
- [45] ISO 80000-4 Quantities and units—Part 4: Mechanics
- [46] ISO 815-1:2008 Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of compression set—Part 1: At ambient or elevated temperatures
- [47] ISO 1302 Geometrical Product Specifications (GPS)—Indication of surface texture in technical product documentation
- [48] ISO 4649 Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of abrasion resistance using a rotating cylindrical drum device
- [49] ISO 4666 (all parts) Rubber, vulcanized—Determination of temperature rise and resistance to fatigue in flexometer testing
- [50] ISO 6892-1 Metallic materials—Tensile testing—Part 1: Method of test at room temperature
- [51] ISO 9606-1 Approval testing of welders—Fusion welding—Part 1: Steels
- [52] ISO 10428 Petroleum and natural gas industries—Sucker rods (pony rods, polished rods, couplings and sub-couplings)—Specification
- [53] ISO 12095 Seamless and welded steel tubes for pressure purposes—Liquid penetrant testing

- [54] ISO 13665 Seamless and welded steel tubes for pressure purposes—Magnetic particle inspection of the tube body for the detection of surface imperfections
 - [55] ISO 15607 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—General rules
 - [56] ISO 15611 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Qualification based on previous welding experience
 - [57] ISO 15612 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Qualification by adoption of a standard welding procedure
 - [58] ISO 15613 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Qualification based on pre-production welding test
 - [59] ISO 15614-1 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials—Welding procedure test—Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys
 - [60] ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
 - [61] ISO 18265 Metallic materials—Conversion of hardness values
 - [62] ISO/TS 29001 Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Sector-specific quality management systems—Requirements for product and service supply organizations
 - [63] MIL-STD-792F Identification Marking Requirements for Special Purpose Components
 - [64] NACE TM0192 Standard Test Method—Evaluating Elastomeric Materials in Carbon Dioxide Decompression Environments
 - [65] NORSOK M-710 Qualification of non-metallic sealing materials and manufacturers
 - [66] SAE AMS-H-6875 Heat Treatment of Steel Raw Materials
 - [67] SAE AS4059 Aerospace Fluid Power—Cleanliness Classification for Hydraulic Fluids
 - [68] ISO 9000 Quality management systems—Fundamentals and vocabulary
 - [69] ASNT SNT-TC-1A Recommended Practice No. SNT-TC-1A—Non-Destructive Testing
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
石油天然气工业
人工举升用螺杆泵系统 第1部分：泵
GB/T 21411.1—2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室：(010)68533533 发行中心：(010)51780238
读者服务部：(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

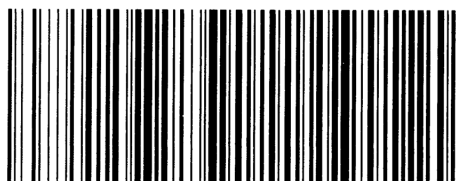
*

开本 880×1230 1/16 印张 6.25 字数 182 千字
2015年6月第一版 2015年6月第一次印刷

*

书号：155066·1-51515 定价 37.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68510107



GB/T 21411.1—2014