



油田设备

技术与管埋

YOU TIAN SHE BEI JI SHU YU GUAN LI

编著◎吉效科

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

责任编辑：白 桦
责任校对：李 伟
封面设计：时代澄宇

内 容 提 要

本书介绍了油气田采油、采气、集输、注水现场使用的主要设备的分类、结构、原理、维修、故障、选型、技术、操作、管理等，内容涉及离心泵、往复泵、螺杆泵、齿轮泵、发电机、压缩机、加热炉、锅炉、锅炉附件与仪表、燃烧器、换热器、油田特种车辆等。

书中汇集了大量基层设备管理的方法和经验，紧紧结合油气田各类设备使用的适应性和技术性，将理论和实践很好地结合，体现了现场适用性管理；同时，还对油气田应用比较成熟的新设备、新技术、新工艺、新材料做了介绍。

本书主要供油气田基层设备管理人员、技术人员、培训人员，以及大中专院校相关专业师生阅读参考。

ISBN 978-7-80229-633-6



9 787802 296336 >

定价：80.00元



油田设备

技术与管埋

YOU TIAN SHE BEI JI SHI GUAN LI

王德林 主编

中国石化出版社

CHINA PETROLEUM PUBLISHING HOUSE

第 二 版

石油、天然气、煤炭的勘探、开采、炼制、储运、销售、利用、环保、安全、节能、管理、法规、标准、规范、规程、制度、办法、规定、措施、方案、计划、总结、报告、论文、书籍、资料、信息、网络、数据库、系统、平台、软件、硬件、设备、仪器、工具、材料、技术、工艺、方法、手段、途径、渠道、方式、形式、类型、品种、规格、型号、名称、代号、符号、标志、标识、图案、色彩、声音、气味、味道、口感、触感、视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉、思维、情感、意志、行为、习惯、性格、气质、风度、仪表、仪容、仪态、仪节、仪规、仪制、仪风、仪貌、仪容、仪态、仪节、仪规、仪制、仪风、仪貌

油田设备技术与管埋

吉效科 编著

图书在版目(CIP)数据

油田设备技术与管埋 / 吉效科编著. — 北京: 中国石化出版社, 2008

ISBN 7-304-04937-9 I. ①吉… II. ①吉… III. ①石油—设备—技术—管埋 IV. ①TE62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第061168号

中国石化出版社

地址: 北京市东城区东直门内大街160号

邮编: 100011 电话: (010) 64539000

网址: <http://www.sinopec.com>

E-mail: service@sinopec.com

中国石化出版社

地址: 北京市东城区东直门内大街160号

邮编: 100011 电话: (010) 64539000

网址: <http://www.sinopec.com>

中国石化出版社

内 容 提 要

本书介绍了油气田采油、采气、集输、注水现场使用的主要设备的分类、结构、原理、维修、故障、选型、技术、操作、管理等,内容涉及离心泵、往复泵、螺杆泵、齿轮泵、发电机、压缩机、加热炉、锅炉、锅炉附件与仪表、燃烧器、换热器、油田特种车辆等。

书中汇集了大量基层设备管理的方法和经验,紧紧结合油气田各类设备使用的适应性和技术性,将理论和实践很好地结合,体现了现场适用性管理;同时,还对油气田应用比较成熟的新设备、新技术、新工艺、新材料做了介绍。

本书主要供油气田基层设备管理人员、技术人员、培训人员,以及大中专院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

油田设备技术与管理/吉效科编著. —北京:中国石化出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 80229 - 633 - 6

I. 油… II. 吉… III. 石油工程 - 机械设备 - 设备管理
IV. TE9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091168 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 32 印张 791 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价:80.00 元

前言



设备是科学技术的载体，科学技术是第一生产力。对于企业来讲，设备既是最主要的生产工具，也是企业现代化水平的重要标志。在油田，勘探主要是解决哪里有油的问题，开发主要是解决用什么方式采油的问题，但无论是勘探还是开发都必须依靠和借助先进的设备、装置来实现。可以说，设备是油田勘探开发的主要物质保障。

要提升企业设备管理水平，关键是要抓好基层设备管理。基层设备管理工作是油田生产有序、平稳的重要保障，是油田基础管理的一个重要部分。抓好设备管理工作，才能做到设备运行高效、节能、长寿、安全。

设备管理具有很强的技术性和综合性。首先，油田设备管理包含了机械、电子、采油、储运等许多方面的科学技术知识，缺乏这些知识就无法合理地使用设备、管理设备；其次，正确地使用、维修油田设备，还需掌握状态监测和诊断技术、机械设计与制造、流体力学、石油机械、压力容器等专业知识。可见，基层设备管理需要工程技术作为基础，不懂理论就无法联系实际分析、解释设备故障表面现象中蕴藏的实质原因，不懂技术就无法结合实际提出设备技术改造和更新。同样作为设备操作人员，必须对所用设备要做到“四懂”（懂结构、懂原理、懂性能、懂用途）、“三会”（会操作、会维护保养、会排除故障）。因此，加强设备岗位培训与学习，不断提高设备管理人员和操作员工的理论水平和素质是抓好基层设备管理工作的关键。

笔者在基层从事设备管理工作期间，发现油气田基层设备管理人员学习和借鉴的专业综合书籍很少，遇到需要查阅文献解决现场问题时需要花费很多时间查找资料，甚至因为一个问题可能查找相关多处资料，不太方便。

为了使从事油田现场设备管理的技术人员能够更好地实施有效管理，将理论和实践有机结合，强化设备基础管理。笔者本着提出问题、分析问题、解决问题的基本思路，结合自身基层设备管理的实践，查看了大量有关资料，并引用了某些文献的资料，整理油田基层设备管理人员必备的专业基础知识，以便让设备管理人员全面掌握油田设备有关知识。同时结合油田装备发展实际，列举了大量新设备、新技术、新材料、新工艺的应用，使本书具有实用性、系统性。最终达到设备管理人员利用理论知识和管理经验解决生产实际问题的目的。

在本书出版之际，笔者在此衷心感谢在本书编写过程中给以支持和帮助的长庆油田公司各采油厂、采气厂、输油处、设备管理处等单位和部门；更感谢长庆油田公司设备管理处李宁会副处长在百忙之中精心指导和大力支持帮助。本书在成书过程中还参阅了部分国内外有关文献，在此对文献的作者表示感谢。但因笔者水平有限，肯定会有许多不足和错误之处，恳请读者批评指正，不吝赐教。

目

录

第一章 设备密封

- 第一节 填料密封 (1)
- 第二节 机械密封 (4)
- 第三节 副叶轮密封 (22)
- 第四节 密封装置选择 (23)

第二章 设备润滑

- 第一节 润滑的基本常识 (25)
- 第二节 滚动轴承润滑 (29)
- 第三节 滑动轴承润滑 (34)
- 第四节 齿轮传动润滑 (38)
- 第五节 润滑油质量识别方法 ... (39)
- 第六节 油田典型设备零部件
润滑 (45)
- 第七节 设备润滑管理 (58)

第三章 游梁式抽油机管理

- 第一节 游梁式抽油机 (61)
- 第二节 抽油机悬点载荷计算 ... (66)
- 第三节 抽油机平衡计算 (70)
- 第四节 抽油机电机配置 (77)
- 第五节 抽油机系统效率测试 ... (79)
- 第六节 抽油设备配置选型 (85)
- 第七节 抽油机参数调整 (89)
- 第八节 抽油机检修与操作 (91)

第四章 无游梁式抽油机管理

- 第一节 皮带抽油机 (95)
- 第二节 链条抽油机 (97)
- 第三节 直线电机抽油机 (98)

第五章 无杆采油设备管理

- 第一节 电动潜油离心泵 (103)

- 第二节 电动潜油螺杆泵 (108)

- 第三节 电动潜油往复泵 (111)

- 第四节 水力活塞泵 (112)

第六章 发电机组管理

- 第一节 发电机 (117)
- 第二节 柴油发动机 (122)
- 第三节 天然气发动机 (131)

第七章 压缩机管理

- 第一节 压缩机分类与结构 (151)
- 第二节 压缩机输气量调节 (165)
- 第三节 压缩机装配和试运转 ... (167)
- 第四节 压缩机操作与维护 (170)
- 第五节 压缩机选型 (189)

第八章 离心泵管理

- 第一节 离心泵结构 (192)
- 第二节 离心泵参数与性能 (197)
- 第三节 离心泵流量调节 (204)
- 第四节 离心泵选型 (209)
- 第五节 离心泵维修与操作 (213)

第九章 往复泵管理

- 第一节 往复泵分类与结构 (219)
- 第二节 往复泵参数与性能 (221)
- 第三节 往复泵工艺性能 (225)
- 第四节 往复泵选型 (229)
- 第五节 往复泵维修与操作 (230)

第十章 螺杆泵管理

- 第一节 单螺杆泵结构与原理 ... (237)
- 第二节 双螺杆泵结构与原理 ... (238)
- 第三节 三螺杆泵结构与原理 ... (239)

第四节	螺杆泵参数与性能	.....	(240)
第五节	螺杆泵的使用	.....	(242)
第六节	单螺杆泵选型	.....	(243)
第七节	双螺杆泵选型	.....	(246)
第八节	三螺杆泵选型	.....	(248)
第九节	螺杆输油泵维修与 操作	.....	(249)
第十节	地面驱动井下螺杆泵	...	(251)

第十一章 齿轮泵管理

第一节	齿轮泵原理与性能	.....	(258)
第二节	齿轮泵维修与操作	.....	(261)

第十二章 电机选型

第一节	电机选型	.....	(264)
第二节	异步电动机拆装	.....	(269)

第十三章 加热炉管理

第一节	水套加热炉	.....	(270)
第二节	管式加热炉	.....	(271)
第三节	真空加热炉	.....	(273)
第四节	热媒加热炉	.....	(275)
第五节	常规加热炉操作与 保养	.....	(277)
第六节	真空加热炉操作与 保养	.....	(279)

第十四章 锅炉管理

第一节	锅炉基本技术参数	.....	(281)
第二节	油田常用锅炉	.....	(286)

第三节	锅炉用水	.....	(293)
第四节	锅炉操作与运行	.....	(323)
第五节	锅炉维护与保养	.....	(348)

第十五章 锅炉附件与仪表

第一节	安全阀	.....	(356)
第二节	压力表	.....	(359)
第三节	水位计	.....	(362)
第四节	温度仪表	.....	(366)
第五节	保护装置与自动控制	...	(369)

第十六章 燃烧器管理

第一节	燃烧器结构与分类	.....	(386)
第二节	燃烧器选型与安装	.....	(408)
第三节	燃烧器故障维修	.....	(418)

第十七章 换热器管理

第一节	换热器分类	.....	(428)
第二节	换热器选型	.....	(433)

第十八章 油田专车管理

第一节	修井机	.....	(442)
第二节	清蜡车	.....	(467)
第三节	试井车	.....	(478)
第四节	洗井车	.....	(489)
第五节	水泥车	.....	(493)
附录一	石油工业常用单位 换算表	.....	(502)
附录二	各种燃料热值表	.....	(504)
参考文献	.....		(505)

第一章 设备密封

目前油田机泵常用密封有填料密封、机械密封等。设备造成泄漏的基本原因是密封部位内外两侧的压力差或浓度差使流体流动,以及密封面上有间隙,使流体溢出。对于不同类型的密封,作用原理有所不同。根据介质、密封性能的不同,密封用于不同的设备、不同的设备部位,如往复泵曲轴箱和抽油机减速箱用橡胶密封防止润滑油的外漏;往复泵的柱塞与缸体之间使用填料密封阻止液体漏出泵外;离心泵的轴封为一种安装于旋转的泵轴和静止的泵体间的密封,作用是阻止输送介质从泵轴与泵壳之间漏出泵外,以及阻止外壳空气进入泵体内,保证离心泵的正常运转。

由于这些设备的轴封都是旋转或往复部件与静止泵体之间的密封,因此通常采用接触式密封,即有端面密封与填料密封等类型,同时随着密封技术的发展,同一设备采用复合密封方式,提高了设备密封性能,如离心泵采用机械密封或填料密封的同时,增加副叶轮密封,实现了密封的动、静结合。本章主要介绍填料密封、机械密封和副叶轮密封三种密封形式。

第一节 填 料 密 封

填料密封是一种接触式密封,即在轴与壳体之间填充弹性密封材料,当填料受到轴向力压紧后能紧贴于轴表面,利于密封材料的弹性变形补偿密封面的磨损,使被密封的空间与外界隔绝,堵塞泄漏间隙,阻止介质外泄。

一、填料密封的结构和特点

填料密封主要由填料盒、填料、导液管、压盖、液封环等组成。见图1-1所示。

填料密封的基本功能是通过填料与转动轴(轴套)之间的紧密结合,形成一层很薄的环形液膜来达到密封的目的,这种液膜来自所输送的液体。在正常运行时,必须压紧填料,液体才不至于从泵轴处泄漏,但是又不能压得太紧,否则轴或轴套与填料的摩擦增加,严重时发热,甚至冒烟,降低泵的效率,并且存在安全隐患。填料密封所用的材料一般是石墨、浸过黄油的绵织物品、石棉、石棉芯、聚四氟

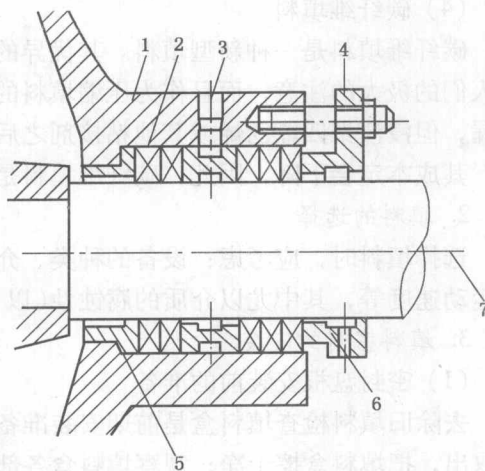


图1-1 填料密封结构示意图

1—填料盒; 2—填料; 3—导液管;
4—压盖; 5—内衬套; 6—液封环; 7—轴

乙烯等。填料密封的液体渗漏量应控制在 5~8 滴/min 范围内。

由于填料密封的结构与特点不同,其适用的场合也不同。填料密封结构简单,但消耗的功率较大,沿轴向分布的紧力不均匀,靠近压盖处的填料磨损最快。

填料密封的缺点是使用寿命短,需随时维护,密封效果不理想。

填料密封必需具备下列条件:

- 1) 有一定的塑性,在压紧力作用下能产生一定的径向力并紧密与轴接触。
- 2) 有足够的化学稳定性,不污染介质,填料不被介质泡胀,填料中的浸渍剂不被介质溶解,填料本身不腐蚀密封面。
- 3) 自身润滑性能良好,耐磨,摩擦因数小。
- 4) 轴存在少量偏心时,填料应有足够的浮动弹性。
- 5) 制造简单,填装方便。

二、填料密封的分类与安装

1. 填料密封的分类

填料的种类很多,可以从其功用方面、构造方面和材料方面分类,最常用的有四类:绞合填料、编结填料、塑性填料、金属填料。

(1) 绞合填料和编结填料

绞合填料即把几股石棉线绞合在一起,将它填塞在填料腔内即可起密封作用。

编结填料是以棉、麻以及石棉纤维纺线后编结而成,并于其中浸入润滑剂或聚四氟乙烯。

(2) 塑性填料

塑性填料是几经膜具压制成型的填料。

(3) 金属填料

金属填料有半金属填料和全金属填料两种。所谓半金属填料是金属与非金属组合而成,全金属填料则不含非金属。

(4) 碳纤维填料

碳纤维填料是一种新型填料。其优异的自润滑性能、耐高、低温性能和耐化学品性能引起人们的极大的注意,而且作为压缩填料的弹性和柔软性也极为良好,其缺点仅在于有渗透泄漏,但浸渍聚四氟乙烯或其他粘接剂之后可以防止。目前其成本较高,但随着碳纤维的发展,其成本定会下降,因此,碳纤维填料是一种最为理想和最有希望的填料。

2. 填料的选择

选择填料时,应考虑:设备的种类、介质的物理、化学特性、工作温度和工作压力,以及运动速度等,其中尤以介质的腐蚀性(以 pH 值表示)及使用温度为最重要。

3. 填料密封的安装

(1) 密封盘根安装前的准备

去除旧填料检查填料盒是前期安装准备的关键之处。配填料前先将旧填料用专用工具全部取出,把填料盒擦干净;观察填料盒各部位有无损伤偏心等缺陷,损伤的轴或轴套和填料盒都能影响盘根性能;检查其他部件是否还可应用;换掉所有破损部件。

(2) 选择合适的盘根

在挑选盘根时必须考虑到两件事。工况要求与盘根性能应相吻合。可根据相关技术数据

来选择最能符合要求的盘根。必须根据密封要求正确选择盘根尺寸。为了确定横截面,可用以下公式测算:

$$\text{横截面} = (\text{填料盒内径} - \text{轴或轴套外径}) / 2$$

有损伤的盘根盒可能需要稍大横截面的盘根,以此来弥补损伤。

(3) 密封盘根的切割和安装

选择合适的盘根,用切割机械精确割下所需长度的盘根环,实际生产现场,如无盘根切割机械,则根据盘根长度 $L = (\text{轴或轴套外径 } d + \text{盘根宽 } s) \times 1.07 \times \pi$ 来进行切割,一般旋转轴上,用 45° 的斜面切割。决不要试图用盘根环绕填料盒来确定长度。或者将盘根环绕在跟轴或轴套相同直径的一根管上,将其紧紧压制,但不可拉伸盘根。然后将其切割成样环,并检验其是否能正确填充空间,并且保证其接口处没有空隙。然后可以用样环作为标准切割其他填料环。如果这些成品在平面上完成,盘根柔软或容易变形,可根据样环制作一条小带子,再根据绳子来制作剩下的填料环。

当盘根用于阀门时,盘根截面和阀的空间一样,最好是预压环。当用于泵时,盘根截面和泵的空间(约 $0.3 \sim 0.6\text{mm}$)使轴和盘根有一泄漏间隙,有利于润滑和散热。一次安装一枚填料环,确信每根填料没有粘上尘土或其他碎片。如果需要,填料环应当与使用在阀杆上同样的清洁润滑油加以润滑。交错安装每根填料环成 $90^\circ \sim 120^\circ$ 。环于轴向慢慢拉开,径向的距离以能使环装到轴上即可,使用专业填充工具紧固每根填料环。当足够填料环安装完成后,对阀门直到格兰伸到填料盒 25% 的盘根厚度,对泵则需要 50% 的盘根厚度。用随动件将其封闭,使用随动件可以增加紧密程度。往复泵中,填料盒内的两端和中间还应放入导向环,以保持其同心运动和受柱塞的重力。安装填料环后,扭紧螺栓。为了在每个螺母上获一定的压力,建议用扳手或相关的计量装置紧固螺母。

注意:此时装置如果处于无泄漏状态,可能引起盘根燃烧。建议慢慢扭紧螺栓直至泄漏量达到允许范围。

旋转或往复部位的填料在运转前,先在无负荷状态下试运转,观察有无异常情况,然后正式启动,细心观测,有无压得不实或过紧,而造成严重泄漏或烧坏填料的现象。泵启动时的关键在于确信其在开始时泄漏。如果一开始将盘根紧固至无泄漏状态,则会灼伤填料导致泄漏。在安装填料环之后,扭紧螺栓或压盖,并确认压盖与填料盒正确结合。一旦开始紧固螺栓或压盖,要确保各个螺栓均匀受力。如果应用一个外部润滑系统,在启动前应确信其能正确运行。启动时允许高泄漏率。在这过程期间,盘根安装到位并开始起作用。运转约 $15 \sim 30\text{min}$ 之后,再次紧固螺栓或压盖直至泄漏达到允许范围。推荐泄漏量 $5 \sim 8 \text{ 滴}/\text{min}$ 。四氟乙烯填料应允许更大流量来导出热能以减少热膨胀。

4. 填料密封举例

离心泵填料的合理安装步骤:

- 1) 清理填料腔,检查轴表面是否有划伤、毛刺等现象。
- 2) 用百分表检查轴在密封部位的径向跳动量,其公差应在允许范围内。
- 3) 填料腔内和轴表面应涂密封剂或与介质相适应的密封剂。

4) 对成卷包装的填料,使用时应先取一根与轴径同尺寸的木棒,将填料缠绕在其上,再用刀切断,切口最好呈 45° 斜面,对切断后的每一节填料,不应让它松散,更不应将它拉直,而应取与填料同宽度的纸带把每节填料呈圆图形包扎好,置于洁净处。

5) 装填时应一圈一圈装填, 每一圈互相错开 $90^{\circ} \sim 120^{\circ}$, 不得同时装填几圈。

6) 取一只与填料腔同尺寸的木质两半轴套, 合于轴上, 将填料推入腔的深部, 并用压盖对木轴套施加一定的压力, 使填料得到预压缩。

7) 以同样的方法装填第二圈、第三圈。

8) 最后一圈填料装填完毕后, 应用压盖压紧, 但压紧力不宜过大。

三、填料密封失效原因

1. 油封结构不合理

离心泵密封结构本身设计上存在的缺陷和隐患, 主要表现在泵的轴向密封不合理。原因是油封的工作介质来源于泵的高压区, 泵比从其他各处渗入填料盒的液压高, 而填料盒上部的油封孔离填料压盖较近, 仅间隔 4~6 圈填料。由于圈数少, 高压密封液很容易发生外泄。在补充添加填料时, 可能会把油封环压入填料盒的内部, 导致油封环与泵盖上的油封孔错位而失去密封作用。此时, 密封的液体不能完全扩散, 导致处于油封孔外侧的填料压力升高, 密封较困难。同时, 填料环安装在填料盒的中央, 填料环上的孔应与冲洗油孔相吻合, 这就增大了更换填料的难度和工作量。

2. 侧向压力分布不均匀

侧向压力分布不均匀导致填料磨损严重, 密封性变差。对于填料施加压力时, 密封填料与轴套之间的侧向压力和密封间隙内的压力就会沿轴向分布, 从而产生相反的弯曲、扭曲、剪切现象, 易造成侧向压力小于被密封的液体压力, 使密封失效。如果填料靠近填料压盖, 当填料的侧向压力大于被密封的液体压力时, 就会导致该处的填料和轴套之间的阻力增大, 产生的热量使填料变硬、变脆, 失去弹性, 增大填料的磨损, 使泵轴力学性能下降。这种情况下, 填料密封的密封效果变差, 填料压盖的压力被进一步加大, 导致压盖处的工作状况恶化, 如此恶性循环, 使得密封的稳定性完全消失。

3. 填料压盖压力失衡

填料盒中的盘根数量通常为 6~10 根, 中间有填料环。使用过程中, 必须通过拧紧压盖两侧的螺栓产生预导压力来压实填料。在大多数情况下, 螺栓的松紧度依靠人工进行控制, 在没有压力显示扳手的条件下, 压力难以控制, 导致填料的侧向压力沿轴向的分布不均匀, 达不到密封要求。特别是油环内侧的填料, 如果手工用力过大, 容易引起填料严重磨损, 影响密封的稳定性及可靠性, 如果用力过小, 又达不到密封的目的。

4. 密封的适应性差

泵轴受到的应力主要为变应力, 发生的破坏主要是疲劳损坏。一般而言, 普通填料密封结构不允许旋转角较大的径向偏向量, 径向偏向量一般要求小于 0.05mm。在设计中, 由于考虑诸多外部条件的变化, 在非理想状态下, 旋转的偏心量有一定的允许误差范围。当外界干扰因素较大时, 旋转轴在密封处的偏心量就会超过允许值, 导致填料与轴套产生较大间隙, 使泄漏量增加。

第二节 机械密封

近几十年来, 由于机械密封有着工作可靠、泄漏量少、使用寿命长、运用范围广等优点, 故在集输生产中获得广泛的应用, 在许多高温、高压、高速、易燃易爆和腐蚀性强等工

况下使用效果较好。

一、机械密封的基本结构、作用原理和特点

1. 机械密封的基本结构

机械密封是一种依靠弹性元件对静、动环端面密封副的预紧和介质压力与弹性元件压力的压紧而达到密封的轴向端面装置(如图 1-2 所示),故又称端面密封。

机械密封的基本构成元件有端面密封副(静环 1、动环 2)、弹性元件(如弹簧 4)、辅助密封(如 O 形圈 8 和 9)、传动件(如传动销 3 和传动螺丝 7)、防转件(如防转销 10)和紧固件(如弹簧座 5 与推环 12、压盖 11、紧定螺丝 6 和轴套 13)。

2. 机械密封基本作用原理和要求

(1) 端面密封副(静、动环)。端面密封副的作用是使密封面紧密贴合,防止介质泄漏。它要求静、动环具有良好的耐磨性,动环可以轴向灵活移动,自动补偿密封磨损,使之与静环良好贴合,静环具有浮动性,起缓冲作用。为此密封面要求良好的加工质量,保证密封副有良好贴合性能。

(2) 弹性元件(弹簧、波纹管、隔膜)。弹性元件主要起预紧、补偿和缓冲作用。要求始终保持足够的弹性来克服辅助密封和传动件的摩擦和动环等的惯性,保证端面密封副良好的贴合和动环的追随性,材料要求耐磨性,耐疲劳性。

(3) 辅助密封(O 形圈、V 形圈、U 形圈、楔形圈和异形圈)。辅助密封主要起静环和动环的密封作用,同时也起浮动和缓冲作用。要求静环的密封元件能保证静环和压盖之间的密封性和静环有一定的浮动性,动环的密封元件能保证动环与轴或轴套之间的密封性和动环的浮动性。材料要求耐热、耐寒,并能与介质相容。

(4) 传动件(传动销、传动环、传动座、传动键等)。传动件起到将轴的转矩传到动环的作用,材料要求耐磨性与腐蚀性。

(5) 紧固件(紧固螺钉、弹簧座、压盖、组装套和轴套)。紧固件起到静、动环的定位,紧固作用,要求轴向定位正确,保证一定的弹簧压缩量,使密封副的密封面处于正确的位置,并保持良好的贴合。同时要求拆装方便,容易就位,能重复使用。与辅助密封配合处,安装密封圈要有导向倒角和压缩量,应特别注意动环辅助密封件与轴套的配合处要求耐磨损和耐腐蚀,有必要时与轴套配合处可采用硬面覆层。

(6) 防转件(防转销)。防转件起到防止静环转动和脱落的作用。要求有足够的长度,防止静环在负压下脱出,并要求正确定位,防止静环随意旋转,要求材料耐磨性,必要时中间可加四氟乙烯套,以免损坏碳石墨静环。

3. 机械密封的特点

(1) 泄漏量可以控制到很小

只要密封面的表面粗糙度与平直度保证达到要求,只要材料耐磨性好,机械密封可以达到很少泄漏量,甚至肉眼看不见泄漏。

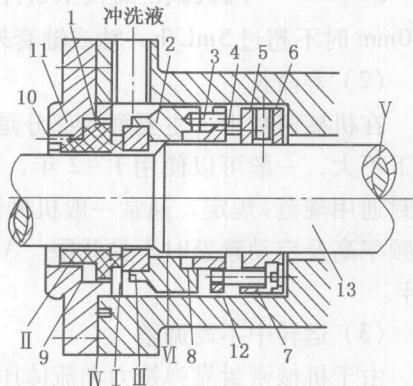


图 1-2 机械密封示意图

1—静环；2—动环；3—传动销；4—弹簧；5—
弹簧座；6—紧定螺钉；7—传动螺丝；8—动环
O 形圈；9—静环 O 形圈；10—防转销；11—压
盖；12—推环；13—轴套
I、II、III、IV、V、VI 泄漏点

JB 4127—85《机械密封技术条件》中规定, 常温清水试验, 平均泄漏轴或轴套外径大于 $\phi 50\text{mm}$ 时不超过 5mL/h , 轴或轴套外径小于 $\phi 50\text{mm}$ 时不超过 3mL/h 。

(2) 寿命长

在机械密封中, 主要磨损部分是密封摩擦副端面, 因为密封端面的磨损量在正常工作条件下不大, 一般可以使用 $1 \sim 2$ 年, 个别场合下也有用 $5 \sim 10$ 年。日本 JISB 2405—77《机械密封通用规范》规定, 通常一般机械设备密封的寿命要求最低使用一年, 但在苛刻条件和运转频率高及启动频繁时不受此限。API682《离心泵与转子泵密封系统》规定, 密封使用寿命 3 年。

(3) 运转中不需调整

由于机械密封靠弹簧力和流体压力使摩擦副贴合, 在运转中自动保持接触, 装配后不用像普通填料密封那样需及时调整压量。

(4) 耐振性比径向密封好

一般在转速 $n = 3000\text{r/min}$ 下最大振幅不超过 0.005mm 。

(5) 使用 $P_s V$ 值不断提高

$P_s V$ 值使密封介质(或系统)压力 P_s 与平均转速 V 的乘积, 说明机械密封的使用条件、工况和工作难度。机械密封可以采用平衡式密封、流体静压型密封、流体动压密封或多级组合式密封, 使 $P_s V$ 值达到较高值。

(6) 结构复杂, 拆装不方便

与其他密封比较, 机械密封的零件数比较多, 要求精密, 结构复杂。对维修技术人员的要求高, 由于输油管道上使用的机械密封为内装式, 维修时要将泵解体, 工作量大, 特别是在装配方面较困难, 拆装时需要从轴端抽出密封环, 必须将设备联轴器或全部拆卸。

二、泵用机械密封

1. 标准机械密封介绍

目前油田集输生产泵用机械密封可概括为三种基本形式标准机械密封, 即 A 型推环式机械密封(图 1-3)、B 型金属波纹管机械密封(图 1-4)、C 型金属波纹管机械密封(图 1-5)。下面进行逐一介绍。

(1) A 型推环式机械密封

A 型为单级、内置、旋转、平衡、集装式推环机械密封。标准机械密封的挠性元件为旋转式, 密封副为反应烧结焦碳化硅对优质抗碳石墨, 辅助密封为氟弹性体 O 形圈密封, 弹性元件为小弹簧、轴套、压盖、环座等。此外, 压盖内还配有优质碳石墨浮环作为抑制密封, 保证密封达到工艺流体零溢出。

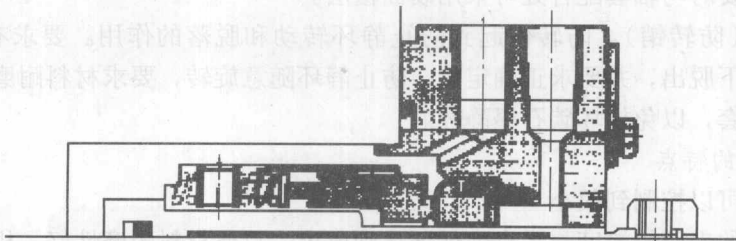


图 1-3 A 型推环式机械密封

(2) B 型金属波纹管机械密封

B 型为单级、内置、旋转(低温)、平衡、集装式波纹管机械密封。标准密封的绕性元件为旋转式,密封副为反应烧焦碳化硅对优质抗碳石墨,辅助密封为氟弹性体 O 形圈密封,弹性元件为合金波纹管、轴套、格兰、环座等。此外,格兰内还配有优质碳石墨浮环作为抑制密封,保证密封达到工艺流体零溢出。

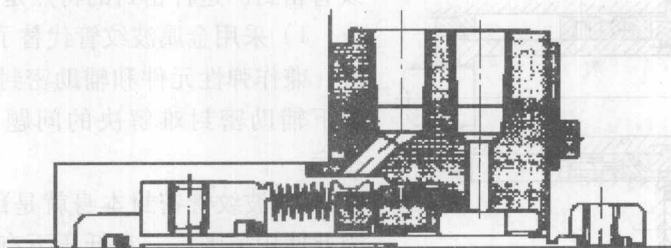


图 1-4 B 型金属波纹管机械密封

(3) C 型金属波纹管机械密封

C 型为单级、内置、静止(高温)、平衡、集装式波纹管机械密封。标准密封的绕性元件为静止式,密封副为反应烧焦碳化硅对优质抗碳石墨,辅助密封为柔性石墨密封,弹性元件为不锈钢波纹管、轴套、格兰、环座等。此外,格兰内还配有优质碳石墨浮环作为抑制密封,保证密封达到工艺流体零溢出。并装有供背冷蒸汽用的抗结焦青铜折流套。

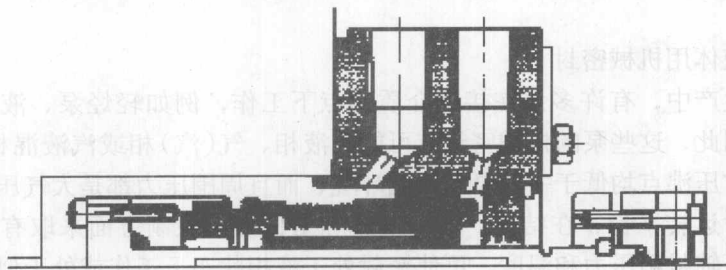


图 1-5 C 型金属波纹管机械密封

2. 特殊工况和介质的泵用机械密封

(1) 热水泵用机械密封

图 1-6 所示为锅炉循环水泵用机械密封。这种机械密封具有下列特点:

- 1) 静、动环座均用钛金属制造,其膨胀系数小,与碳化钨相近,易于固装动、静环。
- 2) 采用聚四氟乙烯 V 形密封圈,保证工作温度下辅助密封圈和动、静环的追随性。
- 3) 采用出口液体冷却器,冷却高压液体送至轴封箱冲洗,结构简单,采用自冲洗。由于采用冲洗液冷却器,保证辅助密封处于聚四氟乙烯允许温度范围内,解决了高温辅助密封问题。

(2) 高温油泵用机械密封

在油田化工和加热装置中所应用的温度较高的热油泵有热媒泵、塔底泵、渣油泵等均用机械密封。

在高温油泵中采用硬对硬密封副解决低压含固体颗粒的热油泵机械密封,采用焊接金属

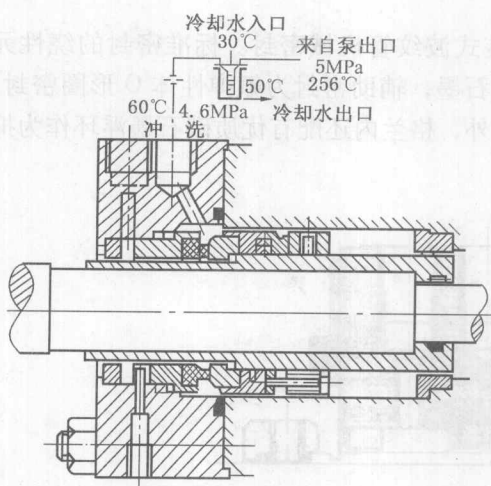


图 1-6 锅炉循环水泵用机械密封

波纹管机械密封解决不同压力下的热油泵密封,采用轴封冷却套降低温度解决热油泵密封,采用翘片冷却轴封箱保护辅助密封解决热油泵密封以及采用双端面密封和加强冲洗等措施。图 1-6 为减压塔底泵用静止式焊接金属波纹管密封。这种密封的特点是:

1) 采用金属波纹管代替了弹簧和辅助密封圈,兼作弹性元件和辅助密封元件,解决了高温下辅助密封难解决的问题,保证密封工作稳定。

2) 波纹管密封本身就是部分平衡型密封,因此使用范围广。在低压下有冲洗液,波纹管密封具有耐负压和抽空能力;在高压下波纹管在耐压限内可以工作。

3) 采用静止式结构对高黏度液体可以避免

由于高速搅拌产生热量。

4) 采用双层金属波纹管可以保持低弹性常熟且能耐高压,在低压下外层磨损,内层仍然起作用(单层波纹管耐压 5MPa,而双层波纹管耐压达 3.0~7.0MPa)。采用双层金属波纹管弹性好。使用时必须注意操作条件变化,波纹管外围沉积或结焦会使波纹管密封失效。

(3) 易挥发液体用机械密封

在石油化工生产中,有许多泵在接近介质沸点下工作,例如轻烃泵、液化气泵、液氨泵、热水泵等。因此,这些泵的机械密封有可能在液相、气(汽)相或汽液混相状态下工作。因为这些介质的常压沸点均低于一般泵的周围环境,而且周围压力都是大气压力,因此,必须注意使这类密封运转平稳,在结构、辅助措施和工作条件控制方面采取有力的措施,例如,加强冲洗保证轴封箱压力和温度,可使密封处于液相状态下工作或处于似液相状态下工作,采取流体动压密封可以使密封在良好的润滑状态下工作,采取加热方法可以使密封在稳定的汽相状态下工作。此外可以采取串级式机械密封。图 1-7 所示为一种液化石油气用机械密封。这种密封是采取多点冲洗的旋转式大弹簧平衡型机械密封。这种密封具有以下特点:

1) 采取多点冲洗,要比一般单点冲洗沿周围分布均匀、变形小、散热好、端面温度均匀稳定,有利于密封面润滑、冷却和相态稳定。

2) 一律采取平衡型密封,采用合适的面积比使之处于合适的膜压系数变化范围内,不至于发生气震或气喷等问题。

3) 采取多点冲洗可以降低液体向周围液体的传热速率,增大传热系数,有利于液膜稳定。

4) 为安全起见,除主密封外还装有起节流、减漏、保

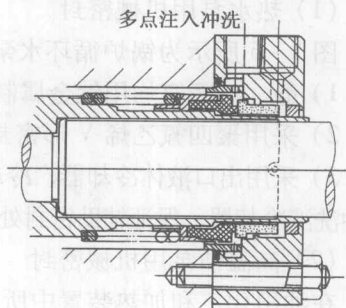


图 1-7 液化石油气用机械密封

险作用的副密封。因为一旦轻烃等液体泄漏到大气中，在轴封处会结成冰霜，使轴封磨坏造成更大泄漏。

5) 轴封箱压盖备有蒸汽防空孔，在启动前排放聚集在轴封箱内的蒸汽，以免形成气囊造成机械密封干运转。

(4) 含固体颗粒介质用机械密封

在原油输送和石油化工生产中，有含有固体颗粒介质的泵采用机械密封。介质含固体颗粒及纤维对机械密封的工作十分不利。固体颗粒进入密封副，会使密封面发生剧烈磨损而导致失效。同样纤维进入密封副也将引起密封严重泄漏。因此，必须进行专门设计来解决含固体颗粒介质或溶解成分结晶或聚合等问题。解决这类问题要考虑结构(双端面、串级密封等)、冲洗及过滤，以及选择材料。另外解决结晶或聚合问题可分别采用不同方法。加热密封室中介质、使之高于结晶温度、待结晶物溶解后可以启动。背冷处腔内使用溶剂来溶解，也可采用水或蒸汽。加热时可采用带夹套的压盖，见图 1-8 所示。这种密封的特点是：

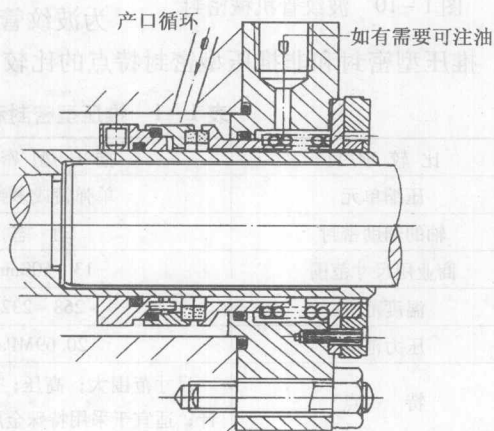


图 1-8 含固体颗粒介质用机械密封

1) 采取静压式大弹簧机械密封，且使弹簧置于压盖内不与固体颗粒接触，可以减少磨损和避免弹簧堵塞而造成“密封搁住”。

2) 采取硬对硬材料密封副，减少材料磨损(密封面硬度应比固体颗粒大)，并且密封面带锐边，防止固体颗粒进入密封面间。

3) O 形密封圈易置于净液处可以防止结焦或堵塞。

4) 轴套上开有应力消除槽，上紧紧定螺丝时不致使 O 形密封圈表面变形。

5) 本身带轴套做成平衡型密封，不需要在轴上车出平衡用台肩。

6) 静环与压盖采用波纹弹簧，使之具有补偿能力和自动调心能力。

含固体颗粒介质密封在辅助措施中考虑粗过滤器除去杂质。

(5) 腐蚀性介质泵用机械密封

在油田生产中，原油输送、污水处理介质具有较强腐蚀性，采用普通机械密封会缩短机械密封寿命，因此采用耐腐蚀机械密封。

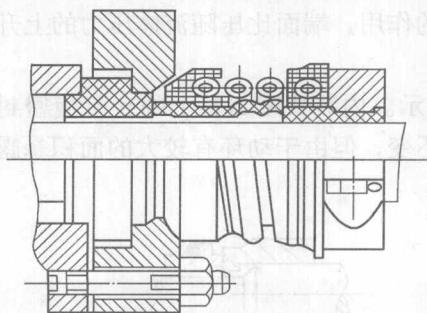


图 1-9 强腐蚀介质用机械密封

强腐蚀条件下的密封主要依赖于材料，例如密封副材料用陶瓷、填充四氟乙烯或浸四氟乙烯、碳石墨、氮化硅、耐腐蚀硬质合金等耐腐蚀材料，并且辅助密封采用腐蚀性良好的氟橡胶和聚四氟乙烯等。

此外，从结构上可设法避免与腐蚀介质接触，如果采用外装式波纹管结构、弹簧不与介质接触的内装式密封、危险性较大的介质用双端面密封和引入封液(阻塞液体)来保护。图 1-9 所示为一种强腐