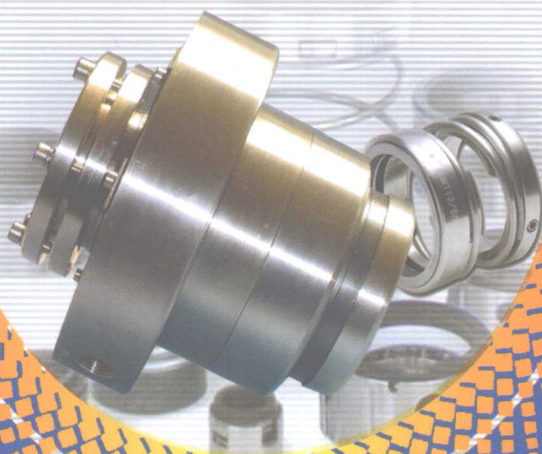


JINENG ZHUANJIA JIAO JUEQIAO CONGSHU

技能专家教诀窍丛书

机械密封实用方法与技巧

赵林源 编著



石油工业出版社

技能专家教诀窍丛书

机械密封实用方法与技巧

赵林源 编著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械密封实用方法与技巧 / 赵林源编著.
北京: 石油工业出版社, 2009.3
(技能专家教诀窍丛书)
ISBN 978-7-5021-6964-0

I. 机…

II. 赵…

III. 机械密封

IV. TH136

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016315 号

机械密封实用方法与技巧

赵林源 编著

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523582 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/32 印张: 7.125

字数: 108 千字

定价: 20.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

出版前言

企业兴盛，人才为本。高技能人才队伍是中国石油天然气集团公司（以下简称“集团公司”）三支人才队伍的重要组成部分，在企业日常生产运行、技术创造发明和经营管理活动中具有不可替代的重要作用。近年来，集团公司高度重视技能人才的培养与使用，两级技能专家制度的建立，也为广大技能操作人员立足岗位成才、拓展发展道路、实现自身价值提供了良好的环境和机遇。实践证明，中国石油的任何一名员工，无论从事哪个职业，无论工作在哪个岗位，只要干一行、爱一行，钻一行、精一行，就能成为某一个领域内的专家，就能实现自我价值，得到企业的认可和人们的尊重。

尽管每个人的成才道路是不同的，但所有人的成才之路都绝不是平坦的。集团公司的这些高技能人才，要么身经百战，技术水平高超，要么理论基础扎实，实践经验丰富，他们都是新一代石油工人的杰出代表，集中体现了忠诚企业、献身石油的坚定信念，刻苦钻研、追求卓越的进取精神，爱岗敬业、甘于奉献的优秀品质。

经过多年的努力，集团公司人才工作取得了很大成绩，但与国际大石油公司相比，现有高技能人才的

数量、质量和结构还不能适应企业发展的需要。加快高技能人才队伍建设，壮大高技能人才队伍，已成为促进企业产业优化升级，推动技术创新和科技成果转化，保证装置、设备平稳运行和安全生产，提高企业核心竞争力的当务之急。一个人浑身是铁，又能打几根钉？我们组织这套《技能专家教诀窍丛书》，就是要搭建一个交流的平台，一方面将这些技能专家多年来积累的经验与做法传授给广大的青年员工，培养和带动更多的人走技能成才之路；另一方面，鼓励和吸引集团公司的高技能人才不断总结、提升和发扬自己的经验和成果，为集团公司员工培训教材的出版发挥积极作用，从而为集团公司人才队伍的建设贡献自己的力量。

我们衷心地希望，本套丛书的出版能够实现组织者的初衷，让越来越多的实用性技术和宝贵经验能够被总结和出版，进而广为传播，让个人的聪明才智成为集体共享的资源，共同在奉献能源、创造和谐的宏伟事业中，创造出更多更辉煌的成绩！

2008 年 10 月

序

这是一本通俗易懂、图文并茂的机械密封专业书籍。

本书作者赵林源同志是中国石油天然气集团公司技能专家、全国“五一”奖章获得者。他刻苦钻研，在 20 多年的工作中积累了大量的实践经验和理论心得，从而使本书的内容贴近实际，实用性很强。在本书中，赵林源结合自己的心得和经验，系统地介绍了机械密封原理、结构、辅助措施、材料，密封的检验，密封的故障分析与处理，密封管理方面的知识，从事机械密封的技术人员和维修工人都可以从中受益。

在国外，19 世纪初就有简单的机械密封，近半个世纪以来，机械密封技术得到迅猛发展，不同结构、品种、规格的机械密封很快在工业生产中得到广泛应用。我国机械密封的应用始于 20 世纪 60 年代。

机械密封是流体机械中不可缺少的部分，它对整台机器、整套设备，甚至整个工厂的安全生产影响很大，特别是在石油化工企业中，对保证设备的可靠运转、装置连续生产具有重大的意义。石油化工生产所处理的介质大部分具有腐蚀性、可燃性、易爆性及毒性，一旦密封失效，火灾、爆炸和人身伤亡等重大

事故在所难免。因此说，机械密封技术的地位举足轻重。

作为一名多年从事密封专业的工作者，我对这本书的出版深感欣慰，同时我希望赵林源同志今后有更大的进步，取得更多优异的成绩。

中国机械工程协会高级会员、流体
工程分会常务理事与密封专业委员
会主任、美国摩擦学会会员、国际
流体密封会议技术顾问委员会委员

A handwritten signature in black ink, appearing to read '赵林源' (Zhao Linyuan), written in a cursive style.

2007 年 3 月 14 日

前 言

机械密封技术的发展对石油石化企业有着重要的意义，它是炼化企业转动设备密封的主要方式，是减少设备跑、冒、滴、漏的主要手段。在石油化工生产中，机械密封是关系到转动设备是否正常运转的重要部件，决定了设备的安全性、可靠性和耐久性，特别是石油化工生产所处理的介质大多数具有易燃、易爆、剧毒等危害性，设备通常有较高的压力和温度，一旦泄漏就会造成环境污染、火灾、爆炸和人身伤害等事故。1984年12月3日，美国联合碳化物公司在印度的一个农药厂异氰酯储罐发生泄漏，造成3000多人死亡，12万人中毒，其中5万人失明，印度高级法院裁定该公司赔偿损失4.7亿美元。1986年1月28日，美国“挑战者”号航天飞机升空不久爆炸，造成这场悲剧的原因是飞机左侧火箭助推器连接处O形密封圈失效引起的泄漏，就是这个小小的密封圈，导致7名宇航员全部遇难，价值12亿美元的航天飞机瞬间化为乌有，这些事件充分说明了密封的重要性，所以密封技术一直是各方面专家所关注的问题。密封是一门综合性的新兴科学，它是研究密封材料、密封机理的科学，是一门多学科交叉性的边缘学科。

我国的机械密封技术从 20 世纪 60 年代在石油工业采用，至今已有四十多年的历史。近十几年来，机械密封技术有了很大的发展，在炼化企业中已成为离心泵和压缩机最主要的密封方式。由于机械密封有着可靠性好、泄漏少、使用寿命长、适用范围广等优点，所以炼化企业的离心泵 90% 以上都采用了机械密封。但是设备运转难免会出现这样和那样的密封故障，据统计，在抚顺石化公司，日常机泵的设备维修中，机械密封故障就占到 60% ~ 70%。在解决和处理密封故障方面我们遇到很多难题，主要问题就是缺乏理论知识和实践经验。我从事机泵机械密封的维护维修工作已有 20 多年，在生产实践中，我向同行学习，向专家学者请教，积累了一点解决机械密封故障的方法和机械密封管理方面的经验，我想把它总结一下，如果对从事机械密封维修技术的人员有帮助的话，我感到非常欣慰。

本书在撰写过程中得到顾永泉教授和中国石油大学郝木明教授的大力支持和帮助，在此致以衷心的感谢。

由于本人水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

赵林源

2008 年 10 月于抚顺

目 录

第一章	国内外机械密封技术发展状况·····	1
第二章	机械密封原理与结构形式·····	6
第三章	波纹管密封的工作原理及特性·····	30
第四章	机械密封常用材料·····	40
第五章	机械密封的辅助措施·····	55
第六章	机械密封安装技术要求及试车与运行·····	67
第七章	机械密封研磨与抛光·····	97
第八章	机械密封故障分析与处理·····	110
第九章	机械密封新技术和新结构·····	183
第十章	填料密封及填料密封改机械密封·····	195
第十一章	机械密封的管理·····	208
参考文献	·····	215

第一章 国内外机械密封技术 发展状况

一、国外机械密封技术发展状况

机械密封技术在国外发展比较早，最早是 1885 年在英国作为专利出现，至今已有一百多年的历史。随着化学工业的发展及材料科学的进步，机械密封技术获得了较大的发展。早期机械密封的使用参数很低，直到 1939—1945 年，随着陶瓷、石墨、硬质合金等新材料的出现以及加工技术的提高，机械密封的使用参数有了提高。此时机械密封在美国开始广泛使用，并且越来越多地用于转动轴密封。国外对机械密封技术比较重视，设立了专门的研究机构，而且进行不定期的技术交流。英国机械协会就提出，要十分重视在恶劣条件下工作的机械密封，并且要对机械密封的性能进行广泛的研究；解决密封问题的有效办法就是利用大量的资料和经验，而超越现阶段的深度研究尚无必要。为了充分利用现有的资料，他们建立相关的技术协会，以便汇集所推荐的高效能、长周期的密封方法。

密封故障统计分析表明，机械密封的平均寿命为 8—13 个月，某些情况可达 3—5 年。然而，即使在实行严格质量保证的原子能工业，由于原因不明的“早期失效”和偶然性的损坏事故，密封失效仍时有发生。限于目前的技术水平，试图获得密封寿命的一般规律是很难的。近几年，国外在新技术、新材料等方面进行了广泛试验和研究，机械密封的水平不断提高，密封技术得到了更为迅速的发展。

二、我国炼化企业密封技术的发展状况

我国炼化企业最早是在 20 世纪 60 年代初开始在离心泵上使用机械密封，至今有 40 多年的历史。到 20 世纪 90 年代，密封技术已接近世界先进水平。在高温、低温、高压、悬浮颗粒的介质的密封方面做了一些工作。但是技术水平发展不平衡，各地密封制造和维修水平存在一定差距。

随着新技术不断涌现，机械密封的技术水平也在不断提高。目前机械密封得到了广泛的应用，已成为压缩机、离心泵的主要密封方式。就机械密封的通用性而言，它已大量取代填料密封之类的老式密封技术，并显示出巨大的优越性。通常，机械密封的性能难以预测，

使用寿命远低于滚动轴承的使用寿命，这就意味着需要停车更换机械密封，浪费大量的人力、物力，并要支付巨额的维护费用。某些机械密封泄漏还造成整个装置停产，并发生爆炸、着火、人身伤害事故等。

三、机械密封技术总的发展趋势

随着科技的进步和工业的发展，研发新的密封结构形式、改进密封性能、提高安全可靠性和延长机械密封的使用寿命已成为趋势，例如干气密封、组合密封、螺旋槽密封、流体动密封、多极密封、磁力密封等不断出现。密封的使用范围也在不断扩大，而且发展到要求重视机械密封的辅助系统。为了延长装置的检修周期，炼厂现在要求机械密封的使用寿命在1年以上。

四、机械密封技术目前存在的问题

1. 目前的技术水平

有关技术参数为：

单级压力 $10^{-3}\text{Pa} \sim 35\text{MPa}$ ；

使用温度最高达 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最低可达 $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

轴径为 $3 \sim 1000\text{mm}$ ；

机器转速可高达 50000r/min;

PV 值达 1000MPa·m/s。

2. 密封失效的基本原因

我们对泵类机械进行了数年的调查,发现密封失效的基本原因如下:

(1) 操作问题(如冲洗液中断等)占 30%;

(2) 机械方面的问题(如安装误差、间隙不当、调整不当、配件质量问题、加工精度偏低等)占 24%;

(3) 流体回路设计错误(工艺问题等)占 20%;

(4) 密封元件选择问题(如材料或基本机构问题、设计问题等)占 10%;

(5) 热油泵机械密封没有辅助措施和措施不完善占 15%;

(6) 其他问题占 1%。

五、几点看法和建议

目前炼化企业装置的机械密封技术基本满足生产需要,但是与国外先进水平相比还存在很大差距,主要表现在密封泄漏量大、使用寿命短。所以有必要研究机械密封寿命短的原因,考虑应该采取哪些措施。

密封不是单纯地堵漏，除了阻止跑、冒、滴、漏，更要提高机泵密封的可靠性、安全性。要重视国外密封技术的消化和吸收，培养那些在生产一线的技术人员，使他们从生产中发现问题的，解决问题，提高技术水平。



第二章 机械密封原理与结构形式

一、基本概念

(1) 机械密封是一种用来解决旋转轴与机体之间密封的装置，它是由至少一对垂直于旋转轴线的端面，在流体压力和补偿机构弹力（或磁力）的作用及辅助密封的配合下，保持贴合并相对滑动而构成防止流体泄漏的装置，常用于泵、压缩机、反应搅拌釜等旋转式流体机械，也用于齿轮箱、船舶尾轴等密封。因此，机械密封是一种通用的轴封装置。

(2) 机械密封结构多种多样，最常用的机械密封结构是端面密封，见图 2-1。端面密封的静环、动环组成一对摩擦副，摩擦副的作用是防止介质泄漏。它要求静环、动环具有良好

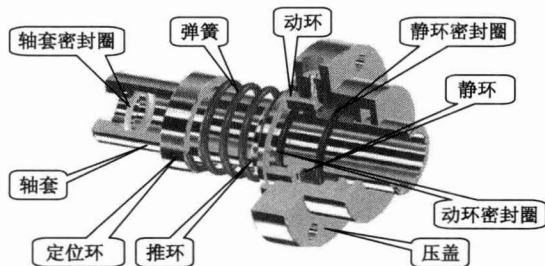


图 2-1 单端面机械密封

的耐磨性，动环可以在轴向灵活地移动，自动补偿密封面磨损，使之与静环良好地贴合；静环具有浮动性，起缓冲作用。为此，密封面要求有良好的加工质量，保证有良好的贴合性能。

构成机械密封的基本元件有静环、动环、压盖、推环、弹簧、定位环、轴套、动环密封圈、静环密封圈、轴套密封圈等。

(3) 弹性元件（弹簧、波纹管）主要起预紧、补偿和缓冲的作用，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、动环等的惯性，保证端面密封副贴合良好和动环的追随性，材料要求耐腐蚀、耐疲劳。

(4) 辅助密封（O 形圈、V 形圈、U 形圈、楔形圈和异形圈等）主要起静环和动环的密封作用，同时也起到浮动和缓冲作用。要求静环的密封元件能保证静环与压盖之间的密封性，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。

(5) 传动件（传动销、传动环、传动座、传动键、传动突耳或牙嵌式连接器）起到将轴的转矩传给动环的作用。材料要求耐磨和耐腐蚀。