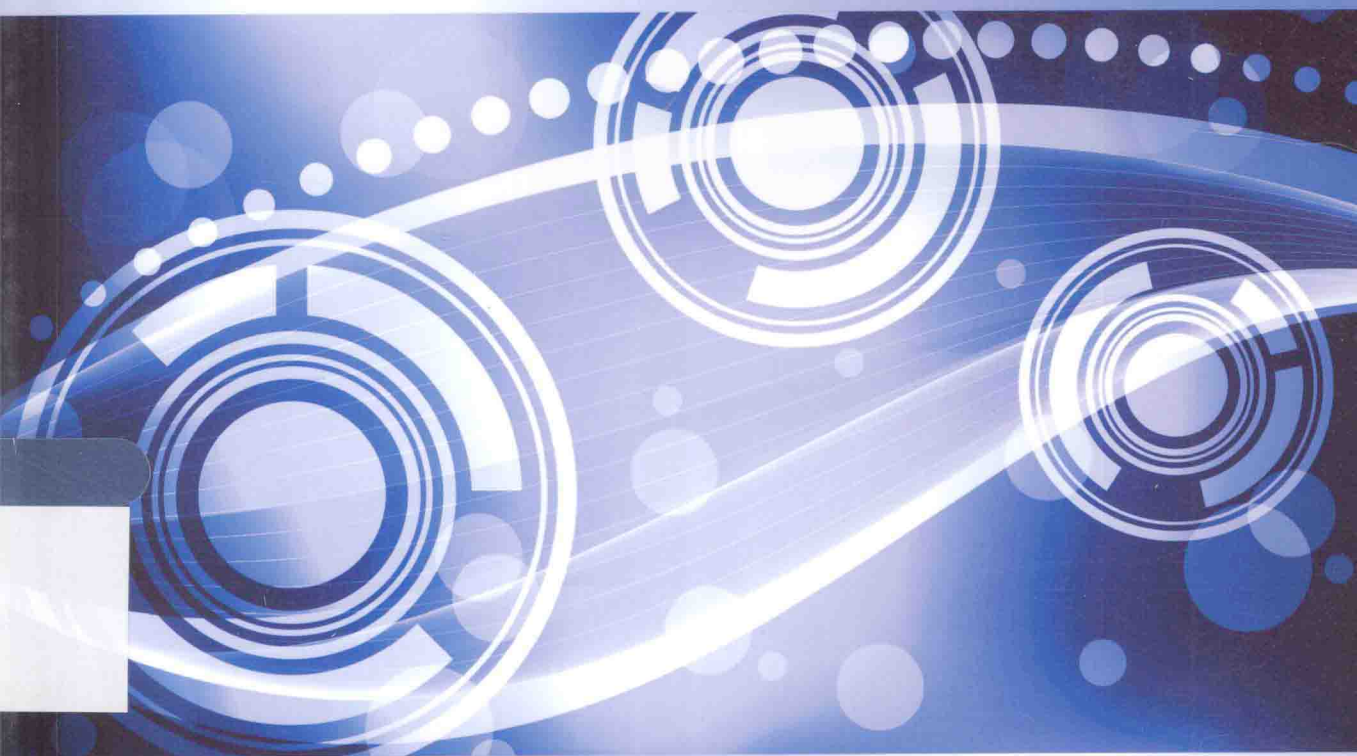


机械密封技术及应用

(第二版)

郝木明 李振涛 任宝杰 王选盈 编著



中国石化出版社

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

机械密封技术及应用

(第二版)

郝木明 李振涛 任宝杰 王选盈 编著

ISBN 958-3-211-9-9

中国石化出版社

中国石化出版社

内 容 提 要

本书介绍了接触式机械密封的工作原理、技术特征、基本结构形式和性能分析,给出了其基本的设计方法和步骤,并根据特殊工况对机械密封的要求介绍其设计、使用及维护的有关知识;对气膜密封和液膜密封等非接触式机械密封的基本原理、性能特征、结构形式等进行了系统介绍,给出了其选择设计和工业应用的基本信息;简要介绍了机械密封系统的组成和功能,对 API682 标准做了清晰的介绍,便于指导机械密封系统的工程设计及应用;同时介绍了机械密封用材料及密封失效分析和故障诊断的相关知识。

本书主要供机械动力设备维修工程技术人员、密封设计开发与制造专业技术人员以及大中专院校相关专业的学生与教师参考、自学。

图书在版编目(CIP)数据

机械密封技术及应用 / 郝木明等编著. —2 版.
—北京:中国石化出版社,2014. 10
ISBN 978 - 7 - 5114 - 3051 - 9

I. ①机… II. ①郝… III. ①机械密封 IV. ①TH136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 220365 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

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

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 21 印张 512 千字
2014 年 10 月第 2 版 2014 年 10 月第 1 次印刷
定价:68.00 元

再版前言

本书自2010年4月付梓以来,陆续得到了不同行业读者的好评,为机械密封知识及技术在相关领域的推广和应用做出了积极的贡献。本书第一版力争以浅显易懂的文字叙述、直观明了的图表展示、源于实际的案例分析,把机械密封特别是非接触式机械密封的有关理论、基本知识、典型结构、辅助系统以及选择、设计及使用维护等内容介绍给读者。为了进一步对本书内容进行完善,提高本书的针对性和实用性,根据编者的教学及工程应用实践并广泛听取各位同行、专家的意见和建议,在第一版的基础上重新修订完成第二版。

在本次修订过程中,根据读者反映的情况,针对第一版中存在的问题作了认真修改,如部分语句叙述的准确性、公式符号说明的详细性及各类机械密封的应用场合等等;尤其是完善了书中各章节的参考例图,对书中存在的个别错误进行了修正,以求让读者对机械密封相关内容有更清晰的认识,从而更好地指导机械密封工程实际应用。

随着近年来“健康、安全、环保、节能”理念不断深入人心,以非接触式机械密封为代表的新型机械密封得以快速发展,国家及有关部门对部分过时的机械密封标准陆续进行了更新,并制定了一些新的标准;在本书此次修订过程中,都一一进行了认真查阅,并在书中有所体现。相信该书的再版能够继续为众多机械密封开发设计人员、密封产品营销人员、工程技术人员以及设备管理与维护人员提供必要的技术支持,继续为提升我国机械密封行业开发设计及使用维护水平做出贡献。

本书主要由郝木明、李振涛、任宝杰、王选盈等四位分工完成,郝木明编写了概述、第3章、第4章、第10章、第11章、附录1~3等并负责全书的统稿;李振涛编写了第1章、第2章、第7章;任宝杰编写了第5章、第6章、第9章;王选盈编写了第8章、第12章、第13章。同时,在编写修订过程中,得到了中国石油大学(华东)化工学院化工装备与控制工程系诸多老师的支持与帮

助，中国石油大学(华东)密封技术研究所的研究生王淮维、厉晓英、李勇凡、杨文静等也参与了相关资料的搜集和整理工作，在此向他们一并表示感谢。借此机会，也向对该书再版提出宝贵意见和建议的各位专家学者和各方朋友表示由衷的谢意。

因作者水平有限，书中定有谬误和不当之处，敬请读者不吝批评指教。

编者
2014年4月

前 言

机械密封以其优良的密封性、可靠性、经济性和适用性等，在炼油化工、油气集输、冶金、电力、食品医药、机械、造纸、给排水、汽车、航空航天等行业得到迅速的推广应用。不同行业特别是不同工况下对机械密封的材料、结构形式、辅助系统的选择及密封的使用和维护提出了不同的要求，尤其是“健康、安全、环保、节能”理念的不断深入人心，要求开发设计人员在具有全面而专业的密封理论和基本知识的基础上，能设计出适应性很强的高性能机械密封产品和密封系统，而销售人员必须把密封产品的结构特征、技术优势及使用维护中应注意的问题介绍给用户；与此同时，现场工程技术人员和设备维护管理人员亦应具备必需的密封知识和工程经验的充分积累，才能使密封产品发挥其正常的使用功能，减少突发性事故，实现长周期安全运行。希望本书的出版能够实现以上所述目标。

与目前国内已出版的有关机械密封方面的书籍不同的是，本书力求避免对现有书籍中有关机械密封一般知识的简单再现、晦涩难懂的理论描述以及大量公式的堆砌罗列；而以浅显易懂的文字叙述、直观明了的图表展示、源于实际的案例分析，把机械密封特别是非接触式机械密封的有关理论、基本知识、典型结构、辅助系统以及选择、设计及使用维护等介绍给读者，注重启发性、实用性和指导性。

由于我国正处在重化工业迅猛发展的阶段，对机械密封产品特别是高端密封产品的需求迅速增加。国内机械密封生产厂家众多，但密封产品开发设计人员和技术服务人员普遍缺乏机械密封理论和技术方面的有关知识以及对机械密封最新技术和发展趋势的把握，从而制约了国内机械密封技术自主开发和水平的提高。随着不同工业领域特别是炼油化工行业对环保、安全生产管理的日益重视，对工程技术人员、机泵维护维修人员进行以机械密封为主的密封技术知识的培训工作也不断加强。本书的出版能够满足众多机械密封开发设计人员、密封产品销售人员、工程技术人员以及设备管理与维护人员的需要，为提升国内机械密封开发设计及使用维护水平做出贡献。

在本书编写过程中，得到中国石油大学(华东)机电工程学院化工装备与控制工程系诸多老师的支持与帮助，我的研究生李振涛、王淮维、历晓英、任宝杰等参与了相关资料的搜集和整理工作，在此向他们一并表示感谢。

因作者水平有限，书中定有谬误和不当之处，敬请读者不吝批评指教。

目 录

概 述	(1)
0.1 机械密封的作用及地位	(1)
0.2 机械密封发展进程	(1)
0.3 现代工业对机械密封的基本要求	(3)
0.4 机械密封技术的发展趋势	(3)

第 1 篇 接触式机械密封

第 1 章 接触式机械密封的基本知识	(5)
§ 1.1 机械密封工作原理及组成	(5)
§ 1.2 机械密封的分类与特点	(6)
1.2.1 机械密封的分类	(6)
1.2.2 机械密封的优点	(13)
§ 1.3 机械密封的力学分析	(14)
1.3.1 机械密封的主要参数	(14)
1.3.2 机械密封的力学分析	(19)
§ 1.4 机械密封的性能分析	(22)
1.4.1 机械密封的性能参数	(22)
1.4.2 机械密封的摩擦特性	(31)
1.4.3 机械密封的变形及其控制	(34)
1.4.4 接触式机械密封存在的问题	(40)
第 2 章 接触式机械密封的设计	(42)
§ 2.1 机械密封设计的基本要求	(42)
2.1.1 对机械密封的要求	(42)
2.1.2 对端面密封副(摩擦副)的要求	(42)
2.1.3 对弹性元件的要求	(43)
2.1.4 设计条件	(43)
2.1.5 设计顺序	(44)
§ 2.2 机械密封结构型式的选择	(44)
2.2.1 机械密封结构型式的选择	(44)
2.2.2 特殊型式的机械密封	(51)
§ 2.3 机械密封的设计计算	(55)
2.3.1 机械密封设计程序	(55)

2.3.2	端面密封副(摩擦副)的设计计算	(55)
2.3.3	弹性元件的设计计算	(60)
2.3.4	辅助密封圈的设计	(62)
2.3.5	动环传动和静环支承方式	(64)

第2篇 非接触式机械密封

第3章	非接触式机械密封基本知识	(68)
§3.1	非接触式机械密封的工作原理	(68)
3.1.1	流体静压型机械密封	(68)
3.1.2	流体动压型机械密封	(69)
3.1.3	气膜密封	(69)
3.1.4	液膜密封	(76)
§3.2	非接触式机械密封的技术特征	(78)
3.2.1	气膜密封的技术特征	(78)
3.2.2	液膜密封的技术特征	(81)
3.2.3	新型密封技术	(82)
§3.3	非接触式机械密封的影响因素	(83)
3.3.1	非接触式机械密封的特性	(83)
3.3.2	非接触式气膜密封性能影响因素	(84)
3.3.3	非接触式液膜密封性能影响因素	(85)
第4章	非接触式机械密封的结构型式及应用	(88)
§4.1	风机用非接触式机械密封	(88)
4.1.1	风机用气膜密封的结构型式	(88)
4.1.2	风机用气膜密封的供气系统	(90)
4.1.3	风机用油膜密封	(90)
4.1.4	风机用非接触式机械密封的应用	(92)
§4.2	泵用非接触式机械密封	(96)
4.2.1	泵用气膜密封的结构型式	(97)
4.2.2	泵用气膜密封的供气系统	(98)
4.2.3	泵用液膜密封的布置方式	(99)
4.2.4	泵用非接触式机械密封的应用	(101)
§4.3	釜用气膜密封	(105)
4.3.1	釜用气膜密封结构型式	(106)
4.3.2	釜用气膜密封系统	(106)
4.3.3	釜用气膜密封应用	(107)

第3篇 机械密封用材料

第5章 机械密封用材料分类及选择	(109)
§ 5.1 机械密封材料的基本要求	(109)
§ 5.2 动静环摩擦副材料	(109)
5.2.1 摩擦副材料的性能	(109)
5.2.2 摩擦副材料的种类	(110)
5.2.3 摩擦副材料配对规律	(119)
§ 5.3 辅助密封件材料	(119)
5.3.1 辅助密封圈材料的性能及要求	(120)
5.3.2 辅助密封圈材料	(120)
§ 5.4 弹性元件材料	(123)
5.4.1 弹簧	(123)
5.4.2 波纹管	(123)
§ 5.5 其他金属件材料	(124)
§ 5.6 不同工况下机械密封材料的选择	(125)

第4篇 机械密封系统

第6章 机械密封系统的组成及功能	(128)
§ 6.1 机械密封系统的组成	(128)
6.1.1 机械密封系统的基本器件	(128)
6.1.2 机械密封系统——压力控制系统	(132)
6.1.3 机械密封系统——温度控制系统	(134)
6.1.4 机械密封系统——流体替代系统	(136)
6.1.5 机械密封系统——杂质清除系统	(137)
§ 6.2 机械密封系统的功能	(140)
6.2.1 机械密封系统的功能	(140)
6.2.2 机械密封系统功能的基本流程	(140)
第7章 API 682 标准	(150)
§ 7.1 API 682 标准的内容简介	(150)
§ 7.2 机械密封辅助系统方案介绍	(157)
第8章 机械密封系统的设计及评估	(170)
§ 8.1 机械密封系统的设计程序	(170)
8.1.1 按照 API682 进行机械密封的选择程序	(170)
8.1.2 密封类别、型式和布置方式的特征	(171)
8.1.3 密封型式选择	(172)
8.1.4 标准密封材料选择	(174)
8.1.5 密封装置选择	(174)

§ 8.2 机械密封系统的评估	(180)
8.2.1 生命周期费用概念	(180)
8.2.2 机械密封系统生命周期费用分析	(181)
8.2.3 机械密封系统生命周期费用评价表	(181)

第5篇 特殊工况下机械密封技术应用

第9章 泵用机械密封	(184)
§ 9.1 高温介质泵用机械密封	(184)
9.1.1 高温介质泵机械密封存在的问题	(184)
9.1.2 常见高温介质泵用机械密封	(187)
§ 9.2 易汽化介质泵用机械密封	(189)
9.2.1 运行特点	(189)
9.2.2 易气化介质泵用典型机械密封	(191)
§ 9.3 固体颗粒介质泵用机械密封	(192)
9.3.1 固体颗粒杂质分类	(193)
9.3.2 机械密封设计要点	(193)
9.3.3 典型高含固体颗粒杂质泵用机械密封介绍	(194)
§ 9.4 高黏度、易凝固介质泵用机械密封	(202)
9.4.1 刃边机械密封	(203)
9.4.2 HJA977G 型机械密封	(203)
9.4.3 UU77-R ₁ 机械密封	(204)
§ 9.5 腐蚀性介质泵用机械密封	(204)
9.5.1 耐酸泵用机械密封	(205)
9.5.2 耐碱泵用机械密封	(206)
§ 9.6 变工况条件下泵用机械密封	(214)
9.6.1 热油泵抗变机械密封	(214)
9.6.2 船用泵轴的变压力机械密封	(214)
§ 9.7 高速泵用机械密封	(217)
§ 9.8 高压泵用机械密封	(219)
第10章 风机用机械密封	(221)
§ 10.1 接触式机械密封	(221)
10.1.1 煤气升压风机用机械密封	(221)
10.1.2 风机用接触式干运转机械密封	(221)
10.1.3 船用透平压缩机用机械密封	(222)
§ 10.2 非接触式气膜密封	(223)
10.2.1 压缩机用气膜密封	(224)
10.2.2 气膜密封材料分析	(225)
10.2.3 气膜密封设计与操作范围	(226)

§ 10.2.4	气膜密封制造质量要求	(226)
§ 10.3	非接触式油膜密封	(227)
第 11 章 釜用机械密封		(230)
§ 11.1	反应釜密封的特点	(230)
11.1.1	概述	(230)
11.1.2	釜用机械密封及其辅助系统的类型	(231)
§ 11.2	釜用机械密封技术规范	(237)
11.2.1	釜用机械密封的类型及结构特点	(237)
11.2.2	釜用机械密封的结构及主要尺寸	(238)
11.2.3	釜用机械密封常用材料及代号	(247)
11.2.4	釜用机械密封辅助系统	(248)
11.2.5	釜用机械密封技术条件	(249)
11.2.6	釜用机械密封试验规范	(249)
§ 11.3	特殊工况下釜用机械密封	(249)
§ 11.4	非接触式气膜密封	(252)
11.4.1	釜用气膜密封的优势	(252)
11.4.2	釜用气膜密封气体消耗量	(253)
11.4.3	影响气体消耗量的因素	(253)
11.4.4	釜用气膜密封故障及措施	(254)
11.4.5	釜用气膜密封发展趋势	(255)

第 6 篇 机械密封安装、使用及维护

第 12 章 机械密封的安装、使用及维护		(256)
§ 12.1	机械密封的安装	(256)
12.1.1	机械密封的安装	(256)
12.1.2	不同结构离心泵安装机械密封需注意问题	(259)
§ 12.2	机械密封的正确使用	(259)
12.2.1	机械密封启动前的准备工作	(259)
12.2.2	机械密封的运转	(259)
12.2.3	机械密封的停车	(259)
§ 12.3	机械密封的合理维护	(260)
12.3.1	机械密封维修中的几个误区	(260)
12.3.2	机械密封维修中的注意事项	(260)
12.3.3	机械密封的维护	(261)

第 7 篇 机械密封故障诊断

第 13 章 机械密封失效及故障分析		(262)
§ 13.1	机械密封的失效	(262)

13.1.1	机械密封的失效	(262)
13.1.2	密封失效的外部特征	(262)
13.1.3	密封失效的表现型式	(264)
13.1.4	机械密封失效分析与对策举例	(271)
§ 13.2	机械密封的故障分析方法	(273)
13.2.1	一般故障诊断的方法——目测检查和故障判断	(273)
13.2.2	故障树分析方法	(274)
13.2.3	磨损图像分析方法	(279)
13.2.4	平晶平直度检查和判断	(282)
§ 13.3	机械密封故障原因及措施	(286)
13.3.1	机械密封的故障分析	(286)
13.3.2	常见故障及症状总结	(289)
13.3.3	机械密封故障的原因及措施	(289)
13.3.4	机械密封故障诊断检查与分析记录	(305)
13.3.5	机械密封故障分析实例	(308)
附录 1	符号说明	(312)
附录 2	我国机械密封标准	(314)
附录 3	机械密封英汉词汇对照	(316)
参考文献		(323)

概 述

0.1 机械密封的作用及地位

随着科学技术的不断进步,机械密封已在各种流体机械和设备中得到了广泛的应用。据调查,在炼油化工装置中90%以上的机泵使用了机械密封。可见,机械密封在机泵用轴封中占据举足轻重的地位。同时,机械密封在设备管理中也起着重要的作用,主要体现在以下几个方面:

① 安全生产和环境保护的有力保证。据日本对石油化工联合企业灾害事故的统计,在化工装置发生的786起事故中,约有332起是由泄漏引起的。发生在印度博帕尔市美国联合碳化物公司农药厂的异氰酸钾毒气泄漏,造成了灾难性的后果。此外,流体介质的泄漏还会造成环境污染,包括对大气、水和车间环境的污染。

② 延长生产装置的运转周期,提高机器的效率。机械密封使用性能优良,可实现工艺介质的液相零泄漏或气相零逸出(统称无泄漏),保证设备正常运行,有效地提高生产装置和单机的运转率,从而使装置的运转周期延长。因此,设备的维修间隔时间得到延长,机器的效率也得到提高。

③ 降低能耗、节约资源,实现节能减排。机械密封工作性能优良,可减少水、电、油、气以及物料的损耗;工艺流体回收,减少或消除动力蒸汽和工艺流体的损耗,减少封油的损耗等。

机械密封技术在现代流体工程技术中所占的分量虽然不是太大,但也不容忽视。主要体现在:

① 机械密封虽不属于具有决定性意义的技术领域,但在某些场合却是关键性的技术。例如,核电站的循环水泵为安全可靠起见,可将有轴封泵改为无轴封泵,这个事例体现了密封技术的重要作用。

② 密封件虽不大,只是机器中的一个基础零部件,但却能决定机器运行的性能(安全性、可靠性等)。在各种机械设备上,一旦机械密封失效,不仅会影响设备的正常工作,还会发生燃烧或爆炸,甚至造成机毁人亡的重大安全事故等。

③ 机械密封在动设备的维修中,工作量约占一半以上。通过对国内外几个石化企业的调查,发现机械密封在设备的维修工作量中占的比重较大。尤其是在离心泵中,大约70%的维修费用是由密封故障所致。

0.2 机械密封发展进程

在旋转式流体机械用各种密封形式中,密封界面有两种型式(见图0-1):一种是两个径向对置的圆柱形表面形成的径向密封,泄漏发生在圆柱形表面间的间隙;另一种是两个轴向对置的平面表面形成的轴向密封,泄漏发生在平面环形表面间的间隙。机械密封就属于后者。

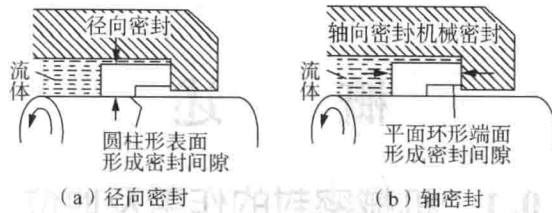


图 0-1 径向密封和轴向密封原理

机械密封的发展进程，可以用表 0-1 来说明。

表 0-1 机械密封的发展

年代	历史事实	$p_n v / (\text{MPa} \cdot \text{m/s})$	发展的动力
1885	英国第一个端面密封的专利		
1900	开始用于轴承密封		
1908	汽轮机上出现几个端面密封		
1919	出现单端面密封		
1920	用于小型家用冷冻压缩机和汽车水泵	< 1.0	结构上单、双端面密封形成机械密封
1930	用于内燃机水泵	3.04	机械加工和材料方面的技术进步
1940	在一定程度上解决轻烃泵密封		
1945	出现平衡型和中间环高压高速机械密封	14.7	满足石油、化工发展的需要；石墨、陶瓷、硬质合金等新材料；密封面粗糙度的改进，由 $R_a 0.2 \mu\text{m}$ 改为 $0.1 \mu\text{m}$
1957	美国西乐(Sealol)公司第一个金属波纹管高温机械密封	30	满足航空、石油化工等工业要求
1960	出现热流体动力楔机械密封流体		原子能工业的要求；结构上出现流体静压、流体动压和热流体动压密封(动力楔和压垫效应)
1963 ~ 1969	静压密封、流体动压密封及工业上应用	167 ~ 267	
1974	出现新的密封面材料，如碳化硅和优质碳石墨等	353	宇航和核电的特殊需要；结构上出现多级密封；材料有碳化硅和优质碳石墨
1977	出现各种密封的组合机械密封和螺旋槽干运转气体密封的工业应用	500	由于宇航和核电特殊需要，出现螺旋-机械密封、浮环-机械密封和螺旋槽密封
1985	密封面变形协调和材料合适配对工艺流体的零泄漏和零逸出密封技术迅速发展	700	用于高 $p v$ 值热水泵密封，环境保护、长寿命和安全要求，API 610、API 1682 和 STLE SP-30 等新标准
2000	非接触(表面改形技术)机械密封发展	≥ 1000	激光加工、表面改形技术、计算机技术和密封设计理论发展

0.3 现代工业对机械密封的基本要求

现代工业对机械密封产品或系统的基本要求应体现在以下几个方面：

密封性和安全性：实现密封介质的低微泄漏甚至无泄漏（包括液相零泄漏和气相零逸出），满足安全生产和环保功能的要求。

可靠性：使用寿命长、稳定性高、抗干扰能力强。

经济性：成本低，能耗和运行费用少，使用维修方便，性价比高。

适用性：能满足机泵具体的工艺条件要求和现场能提供的实际条件。

0.4 机械密封技术的发展趋势

(1) 机械密封特点及发展趋势要求(表 0-2)

表 0-2 机械密封特点及发展趋势要求

密封端面状态		摩擦润滑状态	端面平均膜厚/ μm	趋势要求
接触式机械密封	液体润滑的“湿运转密封”	混合摩擦	$h < 1.0$	减少泄漏、降低摩擦磨损、提高可靠性和工作稳定性、延长寿命
	气体润滑的“干运转密封”	干摩擦	$h < 1.0$	
非接触式机械密封	气膜密封	气膜润滑	$1.0 \leq h < 10.0$	实现无泄漏（液相零泄漏和气相零逸出）无污染功能、提高流体膜刚度和动态稳定性、延长使用寿命
	液膜密封	液膜润滑	$1.0 \leq h < 5.0$	

(2) 发展趋势

随着现代工业的迅速发展，机械密封的使用环境正在发生深刻的变化，对其工况要求更加苛刻，操作条件正向高速、高压、高温、低温、高真空、大尺寸、微尺寸等方向发展。以石油化工为例，石化用机泵的发展方向是大型化、高速化、机电一体化，泵产品成套化、标准化、系列化和通用化，多品种、性能广、寿命长及可靠性高。机泵用密封向大型化和专业化方向发展，特别是适用高压、高速透平，高温、低温和超低温泵，高速泵，耐腐蚀泵，输送黏稠介质和带固体颗粒介质的密封技术和产品发展很快。除此之外，电力、冶金等行业设备正向着大型化、高度自动化、智能化、节能和绿色环保的方向发展，对于高温、高压密封要求越来越高。比如发电设备，压力要求能承受 27 ~ 28MPa，耐热温度要求达到 600℃，这都需要密封等设备能够耐高温高压。机械密封发展特点如下：

① 机械密封理论、技术和产品不断创新。新技术、新概念、新结构、新材料、新工艺和新标准不断涌现；高参数（如高压、高速、高温、大直径）、高性能（如干运转、零泄漏、零逸出、无油润滑、密封浆液）和高水平（如高 pv 值、大型剖分式、状态监控）的密封产品大量研制；失效机理（如疤痕、热裂、空化-汽蚀、橡胶密封圈泡胀、老化和爆裂）、失效分析（开停车频繁泄漏问题、汽蚀磨损失效、故障的可靠性分析、密封件失效）和失效监控（如流体膜、摩擦状态和相态）的研究和应用。

② 密封技术由经验性设计向理论性专家系统设计转变。经验性设计（ p 或 pv 值）是一种

传统设计方法, 根据经验性知识, 确定密封的几何参数和弹簧比压, 依次计算出密封端面的接触压力、线速度、摩擦功耗、摩擦热、冲洗量, 并确定相应的辅助系统; 计算机辅助设计主要局限在密封零部件的绘制。而理论性专家系统设计($p-v-T-h-t$)是以计算机为工具, 根据具体的工艺条件, 采用完善的专业数据库和专业软件, 对密封进行性能分析、动态仿真、结构优化和参数化设计, 尽可能在设计阶段使密封的实用性能达到最优, 实现设计的合理准确和快捷高效, 满足密封专业化和规模化生产的需要。

③ 机械密封使用范围不断拓宽。机械设备方面: 机械密封不仅机泵阀采用, 而且工艺设备(如反应釜、转盘塔、搅拌机、离心机等)都采用; 应用领域: 石化、石油、化工、造纸、汽车、船舶、家电、机械制造、冶金、矿业开采、原子能工业、航空航天、军工、电力、医药、食品加工等重要工业领域; 工况参数方面: 高压、高速、高 pv 值、高温、低温等。

④ 重视密封系统的开发、应用和维护。过去只重视单独密封件的开发、使用和维护, 而随着现代工业的迅猛发展及对密封技术要求的不断提高, 现在已经发展到重视整个密封系统(包括密封件和密封辅助系统), 而且已制订了新的密封系统标准(如 API 682“离心泵与转子泵的轴封系统”标准)并不断完善。

⑤ 注重安全和环境保护、倡导节能减排。把安全和环境保护放在首位。选一套机械密封装置, 不单单考虑价格的问题, 更重要的是从安全和环境保护的角度考虑。过去只注意眼睛可视的“泄漏”, 不注意眼睛看不见的易挥发物的“逸出”, 这样对人身安全和环境造成潜在的危害。现在发展到不仅要实现零泄漏, 更要实现零逸出, 也就是说从要求“液相零泄漏”到要求“气相零逸出”。美国摩擦学会和润滑工程师学会(简称 STLE 摩润学会)已经制订了 SP-30 易挥发物逸出量控制规定的指南。现在, 大力推广应用无危害性泄漏的非接触式气膜密封和液膜密封产品, 在能够满足环保要求的前提下, 可极大提高流体机械运行的可靠性和经济性, 实现以人为本的健康、安全、环保和经济的现代化生产理念。

⑥ 密封可靠性不断提高。在炼油、石油化工等领域, 为了延长工艺装置的检修周期和装置的操作周期, 要求机械密封的工作寿命由 1 年延长到 2 年, 国外由 2 年延长到 3 年甚至 5 年以上(API 682 中作了明确规定)。

⑦ 开发出适用性强的“个性化”实用密封产品和密封系统。不仅要求不断研制出高性能的密封技术和密封产品, 更重要的是根据具体的工况条件研制开发出针对性和适用性很强的密封技术和产品, 并使其得到实际应用。

⑧ 重视技术培训和咨询服务。涉及对企业内部员工的密封技术培训和到现场密封系统安装、使用和维护维修人员的技术性咨询服务两个方面。