

工业设备密封 及泄漏防治



GONGYE SHEBEI MIFENG
JI XIELOU FANGZHI

黄志坚 编著



工业设备密封及 泄漏防治

黄志坚 编著



机械工业出版社

黄志坚

密封是机电产品中防止产品漏油、漏气、漏水以及外界环境介质和灰尘侵入的装置。密封技术已在石油、化工、机械、冶金、电力、建材、轻工、纺织、交通运输及国防军工行业得到广泛应用。本书结合大量实例,系统地介绍了工业设备密封及泄漏防治技术。

全书共8章,其中第1章是概述;第2~7章分别介绍管道与阀门、泵类设备、压力容器、内燃机与压缩机、减速器与轴承、液压与气动等装置的密封及泄漏防治技术;第8章介绍注剂带压、粘接带压及带压焊接堵漏及其安全技术。

本书可供企业广大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师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业设备密封及泄漏防治 / 黄志坚编著. —北京:机械工业出版社, 2014.12

ISBN 978-7-111-48763-0

I. ①工… II. ①黄… III. ①工业设备—密封—防漏 IV. ①TB42

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第282663号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:沈红 责任编辑:沈红

版式设计:赵颖喆 责任校对:闫玥红

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2015年3月第1版第1次印刷

169mm×239mm·22.5印张·429千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-48763-0

定价:59.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工微博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

随着我国现代化工业的发展,密封技术已在石油、化工、机械、冶金、电力、建材、轻工、纺织、交通运输及国防军工行业得到广泛应用。

密封是机电产品中防止产品漏油、漏气、漏水及外界环境介质和灰尘侵入的装置,密封也是现代流体机械和动力机械不可缺少的零部件。在一些企业中,所处理的流体具有腐蚀性、可燃性、易爆性及毒性,一旦密封失效、介质泄漏,不仅污染环境、影响人体健康和产品质量,而且还会导致火灾、爆炸和人身伤亡等重大事故。正确选择、安装、使用密封件,对防止设备泄漏、减少环境污染、提高产品性能、节约能源与材料、保障人身安全,都有重要意义。

机械设备的泄漏,涉及密封件的设计、生产、使用及机械本身结构的各个环节,需要运用系统观点分析、诊断泄漏原因,进行综合治理,做到预防、均压、疏导与封堵兼用。

密封及泄漏治理工作涉及面广、专业性强、难度大,对相关人员的理论知识、实践经验均有较高的要求。编著此书,旨在对广大读者更好地完成密封及泄漏防治的工作任务能有所帮助。

全书共8章,其中第1章是概述;第2~7章分别介绍管道与阀门、泵类设备、压力容器、内燃机与压缩机、减速器与轴承、液压与气动等装置的密封及泄漏防治技术;第8章介绍注剂带压、粘接带压及带压焊接堵漏及其安全技术。

本书可供企业广大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师生参考。

黄志坚

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 密封	1
1.1.1 密封的概念	1
1.1.2 密封的分类	1
1.1.3 密封材料	2
1.2 泄漏治理	3
1.2.1 泄漏的分类	3
1.2.2 泄漏的相关因素	4
1.2.3 防漏、治漏的基本途径	4
第 2 章 管道与阀门密封及泄漏治理	6
2.1 管道垫片密封	6
2.1.1 垫片密封的原理和结构	6
2.1.2 垫片的种类	10
2.1.3 垫片的选择	12
2.1.4 垫片的保管与安装	15
2.1.5 垫片的替换	18
2.1.6 垫片密封的失效	20
2.2 阀门密封与泄漏治理	24
2.2.1 阀门密封结构概述	24
2.2.2 高温阀门阀杆填料密封技术	25
2.2.3 低温阀门密封技术	30
2.2.4 阀门的泄漏问题及治理方法	34
2.2.5 阀门密封结构的改进	36
第 3 章 泵类设备密封及泄漏治理	38
3.1 泵类设备机械密封及泄漏治理	38
3.1.1 机械密封的基本结构、作用原理、特点及分类	38
3.1.2 泵用机械密封的安装维护要点	40
3.1.3 漏损原因及其消除方法	41
3.1.4 机械密封使用维修注意事项	45

3.1.5	根据摩擦副磨损情况分析故障原因	48
3.1.6	炼油厂泵类设备机械密封故障分析	51
3.1.7	热油泵机械密封泄漏原因及处理	53
3.1.8	给水泵机械密封事故的原因分析	55
3.1.9	CHZE200-250 型循环水泵机械密封损坏原因分析与改进	58
3.1.10	泵串联机械密封及系统改造	59
3.1.11	高温泵机械密封失效分析与改进	61
3.1.12	甲胺泵机械密封的改造	64
3.1.13	热媒循环泵机械密封失效及改进	65
3.1.14	乳液聚合物输送泵机械密封的改造及应用	67
3.1.15	双端面机械密封的密封液系统改造	72
3.1.16	污水泵机械密封的改造	74
3.2	泵类设备填料密封及泄漏治理	77
3.2.1	填料密封泄漏的原因及其消除方法	77
3.2.2	R 型热水循环泵填料密封结构改造	78
3.2.3	水泵新型填料密封技术应用	78
3.2.4	循环水泵填料密封技术改造及选用	81
3.3	泵类设备间隙密封及泄漏治理	83
3.3.1	填充尼龙在离心泵密封环上的应用	83
3.3.2	ZJ 系列渣浆泵在选煤厂的应用	86
3.4	泵类设备迷宫密封及泄漏治理	87
3.4.1	双级迷宫密封离心式低温液体泵的使用维修	87
3.4.2	气动给水泵油中进水问题的分析处理	89
3.4.3	机械密封的迷宫改造	90
3.5	泵类设备浮环密封及泄漏治理	92
3.5.1	浮环密封失效原因分析	92
3.5.2	减少浮环密封油损耗的措施	94
3.6	泵类设备动力密封及泄漏治理	96
3.6.1	离心密封	96
3.6.2	副叶轮密封在液尿泵上的应用	98
3.6.3	离心泵动力密封装置的使用维修	101
3.6.4	离心泵的动力密封改造	103
3.6.5	螺旋密封	107
3.6.6	D 型输油泵螺旋密封改造	113
3.6.7	200DI-65×10 输油泵反螺旋密封的改进和修复	116

3.6.8 锅炉给水泵螺旋密封装置的改进	117
3.6.9 螺旋密封在灰渣泵轴封上的应用	118
第 4 章 压力容器密封及泄漏治理	122
4.1 釜类设备密封及泄漏治理	122
4.1.1 釜类设备概述	122
4.1.2 催化剂反应釜密封系统失效分析与改进	123
4.1.3 立式搅拌釜 R-21 机械密封的改进	127
4.1.4 制冷剂反应釜机械密封的改进	131
4.1.5 蒸压釜釜门密封失效事故的分析	135
4.2 锅炉密封及泄漏治理	137
4.2.1 锅炉概述	137
4.2.2 大型锅炉密封技术的改进	138
4.2.3 电站锅炉炉顶气密封技术	140
4.2.4 锅炉炉顶柔性密封技术	145
4.2.5 中温变换废热锅炉管板静密封泄漏的消除	149
第 5 章 内燃机与压缩机密封及泄漏治理	153
5.1 活塞环及其应用	153
5.1.1 活塞环概述	153
5.1.2 活塞环的选配、安装与修磨	157
5.1.3 活塞环使用维修中的误区	159
5.2 活塞环在内燃机密封中的应用	161
5.2.1 摩托车发动机活塞环磨损的快速检查	161
5.2.2 内燃机活塞环在环槽内折断的原因	161
5.2.3 柴油机密封的使用维护	163
5.2.4 内燃机活塞环的漏气及其应对措施	167
5.2.5 柴油机窜气相关因素的分析	172
5.2.6 柴油发动机排蓝烟的原因与处置	175
5.3 活塞环在压缩机密封中的应用	176
5.3.1 活塞式压缩机活塞环过快磨损的分析及处理	176
5.3.2 6M50-312/314 型压缩机六段活塞环损坏的分析与处理	179
5.3.3 6M50 型压缩机一级活塞组件的改进	180
5.3.4 2V-6/8 型空气压缩机密封环的改进	182
5.4 干气密封及其在气体压缩机中的应用	183
5.4.1 干气密封	183
5.4.2 串联干气密封在合成氨压缩机中的应用	186

5.4.3 循环氢压缩机干气密封损坏的分析及处理	189
第 6 章 减速器与轴承密封及泄漏治理	196
6.1 油封及其使用与维修	196
6.1.1 油封概述	196
6.1.2 油封安装注意事项	198
6.1.3 油封的润滑与漏油	200
6.1.4 骨架油封的维护	202
6.1.5 车用橡胶油封的使用与维修	204
6.1.6 油封密封中降低旋转轴磨损的对策	205
6.2 减速器密封及泄漏治理	208
6.2.1 减速器漏油的综合治理	208
6.2.2 变速器油封的使用和装配	212
6.2.3 行星减速机轴承漏脂问题及治理	214
6.2.4 SEW 三合一减速机拆卸工艺及密封形式的改进	217
6.3 轴承密封与泄漏治理	220
6.3.1 油膜轴承 DF 密封与水封常见损坏形式与对策	220
6.3.2 高线轧机初中轧轴承座密封系统的改进	224
6.3.3 $\phi 400\text{mm}$ 立式轧机轴承密封结构的改进	226
6.3.4 $\phi 150\text{mm}$ 水平轧机轴承密封结构的改进	228
6.3.5 风电转盘轴承密封件选型与安装	230
6.3.6 新型轮毂轴承单元密封件	233
6.3.7 利用毛毡和填料改进轴承密封	237
第 7 章 液压与气动密封及泄漏治理	240
7.1 液压密封原理与密封件	240
7.1.1 液压密封件的结构形式及密封原理	240
7.1.2 常用液压密封材质及应用	245
7.1.3 新型密封件	248
7.1.4 山形组合密封圈的特点及其应用	253
7.1.5 密封的相关因素	256
7.2 液压密封件的设计计算与合理选用	257
7.2.1 密封件设计选用概述	257
7.2.2 最大允许间隙	258
7.2.3 正确选用密封件	259
7.2.4 O 形密封圈压缩率的确定	260
7.3 密封件的安装与更换	261
7.3.1 密封件安装基本要求	261

7.3.2	大型液压缸 Yx 密封件的装配	262
7.3.3	Y 形油封的快速更换	263
7.3.4	格来圈的安装	264
7.3.5	打包机油封更换实例	265
7.4	密封件故障分析与排除	265
7.4.1	现场各种密封失效问题	265
7.4.2	现场密封失效的原因	265
7.4.3	密封件的常见损坏	267
7.4.4	密封失效典型问题分析	267
7.4.5	数控镗铣床液压系统内泄漏故障分析与排除	269
7.4.6	卧式加工中心液压故障分析及其防止措施	271
7.4.7	MQ1350A 外圆磨床液压系统爬行故障诊断	272
7.4.8	CY5 液压操作机构运行故障分析及处理	273
7.4.9	减摇鳍装置液压故障的诊断与排除	276
7.4.10	连续挤压机主轴轴向液压缸超高压密封故障分析与排除	277
7.5	液压系统密封维护及泄漏治理	281
7.5.1	液压系统的内泄与外泄	281
7.5.2	造成泄漏的相关因素	282
7.5.3	液压系统的维护	283
7.5.4	泄漏治理几点措施	283
7.5.5	煤矿液压支架液压系统泄漏治理	286
7.5.6	单体液压支柱大修中油缸密封失效的解决方案	287
7.5.7	挖掘机液压缸无法分解时泄漏故障排除实例	289
7.6	液压系统的技术改进	291
7.6.1	消除泄漏技术改进途径	291
7.6.2	连铸机大包回转台托臂液压缸密封改进	292
7.6.3	水电站液压启闭机的改进	295
7.6.4	连铸机液压剪泄漏分析与改进	298
7.6.5	门式堆取料机液压缸的改进	300
7.6.6	O 形密封圈在机载雷达液压系统改进中的应用	302
7.6.7	自卸货车液压缸的修复与改进	305
7.7	气动系统密封及泄漏治理	306
7.7.1	气动密封概述	306
7.7.2	气动密封要点	307
7.7.3	气缸常见故障	309

7.7.4	气缸故障原因与对策	310
7.7.5	气缸的拆卸与检修	312
7.7.6	气缸的日常检查维护	313
7.7.7	气缸密封件的改进	314
7.7.8	气动系统漏气故障的分析	315
7.7.9	换向气阀泄漏故障的排除	316
第8章	带压堵漏技术	319
8.1	注剂带压堵漏技术	319
8.1.1	概述	319
8.1.2	注剂带压堵漏的特点	320
8.1.3	带压堵漏技术应用技术关键	321
8.1.4	几种在线带压堵漏夹具及应用	324
8.1.5	液化石油气储配站带压堵漏	327
8.1.6	中压蒸汽阀盖的带压堵漏	330
8.2	粘接带压堵漏技术	332
8.2.1	储输油设备“一堵二补三固化”堵漏工艺	332
8.2.2	带压粘接密封技术在石化大型装置维修中的应用	334
8.2.3	粘接密封技术在制碱设备上的应用	336
8.3	带压焊接堵漏技术	338
8.3.1	承压设备的带压引流焊接密封	338
8.3.2	带压引流焊接密封操作注意事项	342
8.3.3	带压引流焊接堵漏应用实例	343
8.3.4	其他带压焊接补漏方法	345
8.4	带压堵漏安全技术	346
8.4.1	带压堵漏安全规范	347
8.4.2	带压堵漏的安全管理要点	347
8.4.3	带压堵漏施工安全注意事项	347
参考文献		349

第1章 概述

1.1 密封

1.1.1 密封的概念

密封是防止流体或固体微粒从相邻结合面间泄漏，以及防止外界杂质，如灰尘与水分等侵入机器设备内部的零部件或措施。较复杂的密封件，称为密封装置。

对密封件的基本要求有如下几点：①在一定的压力和温度范围内具有良好的密封性能；②摩擦阻力小，摩擦系数稳定；③磨损小，磨损后在一定程度上能自动补偿，工作寿命长；④与工作介质相适应；⑤结构简单，装拆方便，价格低廉；⑥应保证互换性，实现标准化、系列化。

密封件是机械产品的重要基础元件，其制造精度要求较高，密封件产品无论在结构上还是材料上都需要高精的技术和装备支撑。

1.1.2 密封的分类

密封可分为相对静止接合面间的静密封和相对运动接合面间的动密封两大类。

静密封主要有垫片密封、胶密封和接触密封三大类。根据工作压力，静密封可分为中、低压静密封和高压静密封。中、低压静密封常用材质较软、垫片较宽的垫密封，高压静密封则用材料较硬、接触宽度很窄的金属垫片。

动密封可分为旋转密封和往复密封两种基本类型。按密封件与其作用相对运动的零部件是否接触，可以分为接触式密封和非接触式密封。一般来说，接触式密封的密封性好，但受摩擦磨损限制，适用于密封面线速度较低的场合。非接触式密封的密封性较差，适用于较高速度的场合。

具体密封形式与主要应用如下：

1) 填料密封：用于泵、水轮机、阀、高压釜。可用缠绕填料、纺织填料或成型填料。

2) O形密封圈：用于活塞密封，可广泛用作静密封，耐久性良好。

3) Y形密封圈：用于活塞密封，有时用作静密封。

4) 机械密封：用于泵、水轮机、高压釜、压气机、搅拌机。可用不同的材料组合，包括金属波纹管密封。

- 5) 油封: 或与其他密封并用防尘, 用于轴承、齿轮箱等。
- 6) 分瓣滑环: 用于水轮机、汽轮机, 多用石墨作滑环。
- 7) 迷宫式密封: 用于汽轮机、泵、压气机, 以往复方式使用时, 宜高速, 低速不用。
- 8) 浮动环: 用于泵、压气机。
- 9) 活塞环: 用于气体压缩机、内燃机等。
- 10) 离心密封和螺旋密封: 用于泵类设备。
- 11) 磁流体密封: 用于压气机, 只用于气体介质。

1.1.3 密封材料

密封材料应满足密封功能的要求。由于被密封的介质不同, 以及设备的工作条件不同, 要求密封材料具有不同的适应性。对密封材料的要求一般是: 材料致密性好, 不易泄漏介质; 有适当的机械强度和硬度; 压缩性和回弹性好, 永久变形小; 高温下不软化, 不分解, 低温下不硬化, 不脆裂; 抗腐蚀性能好, 在酸、碱、油等介质中能长期工作, 其体积和硬度变化小, 且不黏附在金属表面上; 摩擦系数小, 耐磨性好; 具有与密封面结合的柔软性; 耐老化性好, 经久耐用; 加工制造方便, 价格便宜, 取材容易。橡胶是最常用的密封材料。适合于做密封材料的还有石墨、聚四氟乙烯以及各种密封胶等。

密封材料特性及主要应用如下:

1) 丁腈橡胶耐油、耐热、耐磨性好, 广泛用于制作密封制品, 但不适用于磷酸酯系列介质, 使用温度为 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。用于制作 O 形圈、油封, 适用于一般的液压、气动系统。

2) 氢化丁腈橡胶强度高、耐油、耐磨、耐热、耐老化, 使用温度为 $-40\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。用于高温、高速的往复密封和旋转密封。

3) 橡塑胶材料弹性模量大, 强度高, 其他性能同上, 使用温度为 $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。用于制作 O 形圈、Y 形圈、防尘圈等, 应用于工程机械及高压液压系统的密封。

4) 氟橡胶耐热、耐酸碱及其他化学药品、耐油 (包括磷酸酯系列液压油), 适用于所有润滑油、汽油、液压油、合成油, 使用温度为 $-20\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。适用于耐高温、化学药品、耐燃液压油的密封, 在冶金、电力等行业用途广泛。

5) 聚氨酯耐磨性能优异、强度高、耐老化性能好, 使用温度为 $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$, 适用于工程机械和冶金设备中的高压、高速系统密封。

6) 硅橡胶耐热、耐寒性好。压缩永久变形小, 但机械强度低, 使用温度为 $-60\sim 230^{\circ}\text{C}$, 适用于高、低温下的高速旋转密封及食品机械的密封。

7) 聚丙烯酸酯耐热性优于 NBR, 可在含极性添加剂的各种润滑油、液压油、石油系液压油中工作, 但耐水性较差。使用温度为 $-20\sim 150^{\circ}\text{C}$, 可用于各种小汽

车油封及各种齿轮箱、变速器,可耐中、高温。

8) 乙丙橡胶耐气候性能好,在空气中耐老化、耐油性能一般,可耐氟利昂及多种制冷剂,使用温度为 $-50\sim 150^{\circ}\text{C}$,应用于冰箱及制冷机械的密封。

9) 聚四氟乙烯化学稳定性好,耐热、耐寒性好,耐油、水、汽、药品等各种介质。机械强度较高,耐高温、耐磨,摩擦系数极低,自润滑性好,使用温度为 $-55\sim 260^{\circ}\text{C}$,用于制作耐磨环、导向环、挡圈,为机械上常用的密封材料,广泛用于冶金、石化、工程机械、轻工机械。

10) 尼龙耐油、耐热、耐磨性好,抗压强度高,抗冲击性能好,但尺寸稳定性差,使用温度为 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$,用于制作导向环、支撑环、压环、挡圈。

11) 聚甲醛耐油、耐热、耐磨性好,抗压强度高,抗冲击性能好,有较好的自润滑性能,尺寸稳定性好,但屈挠性差,使用温度为 $-40\sim 140^{\circ}\text{C}$,用于制作导向环、挡圈。

1.2 泄漏治理

所谓泄漏是指从运动副的密封处越界漏出少量不做有用功的流体的现象。

设备的泄漏是一个不可忽视的质量问题,漏油、漏水、漏气严重影响设备的正常运转、外观、工作效率及使用寿命,并会引起环境污染、能源浪费。因此产品的密封性是评价其性能、质量的重要指标。泄漏治理与企业生产安全、生产秩序稳定、节能环保、降本减耗有密切的联系。泄漏治理是一项专业性很强的技术工作,又是一项涉及因素复杂的管理工作,历来是设备工作的难点之一,搞好泄漏治理意义重大。

1.2.1 泄漏的分类

系统的泄漏可分为两种类型:一种是内部泄漏,一种是外部泄漏。

(1) 外部泄漏 压力管道的泄漏可以很容易地被发现,因为可以看到泄漏出的介质。维护人员和操作者应当经常检查整个系统的每个元件,及时发现泄漏点并立即着手解决泄漏问题。

(2) 内部泄漏 由于系统中元件的磨损,随着时间的推移,在元件内部产生的泄漏会越来越明显,轻微的内部泄漏可能察觉不到,但是,随着内漏的增加,系统过热将成为问题。

系统中的元件一旦发生泄漏,不仅会造成介质的浪费和环境的污染,而更严重的会使整个系统发生故障,中止工作,以致发生安全、质量事故。

为了减少系统的故障,提高系统的效率,防止环境污染和减少介质的损耗,必须注意泄漏问题,并分析造成泄漏的原因,采取相应的措施,达到减少泄漏以

至避免泄漏的目的。

1.2.2 泄漏的相关因素

(1) 工作压力 在相同的条件下, 系统的压力越高, 发生泄漏的可能性就越大, 因此应该使系统压力的大小符合系统所需要的最佳值, 这样既能满足工作要求, 又能避免不必要的过高的系统压力。

(2) 工作温度 系统所损失的能量大部分转变为热能, 这些热能一部分通过元件本身、管道等的表面散发到大气中, 其余部分就贮存在介质中, 使温度升高, 造成密封元件加快老化、提前失效, 引起严重泄漏。

(3) 介质的清洁程度 系统的介质常常会含有各种杂质, 例如元件安装时没有清洗干净, 附在上面的铁屑和涂料等杂质进入介质中; 侵入设备内的灰尘和脏物; 介质氧化变质所产生的胶质、沥青质和炭渣等。油中的杂质能使元件滑动表面的磨损加剧, 阀的阀芯卡阻、小孔堵塞, 密封件损坏等, 从而造成阀损坏, 引起油泄漏。

(4) 密封装置 正确地选择密封装置, 对防治系统的泄漏非常重要。密封装置选择得合理, 能提高设备的性能和效率, 延长密封装置的使用寿命, 从而有效地防止泄漏。否则, 密封装置不适应工作条件, 造成密封元件过早地磨损或老化, 就会引起介质泄漏。此外, 元件的加工精度、系统管道连接的牢固程度及其抗振能力、设备维护的状况等, 也都会影响设备的泄漏。

1.2.3 防漏、治漏的基本途径

由于机械设备的泄漏, 涉及密封件的设计、生产、使用及机械本身结构的各个环节, 因此需要运用系统观点分析、诊断泄漏原因, 进行综合治理, 预防、均压、疏导与封堵兼用。一般而言, 防漏、治漏的基本途径如下:

(1) 均压 使密封部位内、外侧的压力差均衡, 例如设置适当的通气帽, 或在介质通道中加设小型泵送元件, 可使动密封的接触压力分布均匀。

(2) 疏导或引流 在零部件上开设回油槽、回油孔、挡油板等, 将泄漏的流体引导流回吸入室、吸入侧或引回油池中。

(3) 流阻或反压 利用密封件的狭窄间隙或曲折通道造成密封所需要的流动阻力, 例如间隙密封、迷宫密封; 利用密封件对泄漏流体造成反压, 使之部分平衡或完全平衡, 达到密封目的。

(4) 封堵或阻塞 应用密封技术封堵界面泄漏通道, 例如使用密封垫、填料密封、密封团、密封环和填缝敛合或者涂密封胶、缠绕密封带等进行密封; 利用在适当间隙中保持有适当流体以阻塞被密封流体的泄漏, 例如气封、液封、水环密封或铁磁流体密封等, 也可将不接合部位的表面焊合、铆合、压合、折边等以

封死泄漏通道。

(5) 全封闭或部分封闭 将设备用机壳或护罩全部或部分封闭住, 例如目前有不少数控机床或加工中心, 就是采取了全封闭的方法, 以防止冷却液或润滑油飞溅。

(6) 回流抛甩 采用回流结构密封, 例如在流体机械旋转轴唇形密封唇口内侧锥面上开设三角形凸垫或凹槽、正弦波形的弓形或半圆形的凸棱, 或是在零件上增设螺旋槽等回流措施, 或使用甩油环(或槽), 将泄漏的油(或水)抛甩回油池。

(7) 分隔与间隔 利用密封件将泄漏处与外界分隔或间隔开, 例如隔膜密封与机械密封等。

(8) 其他 消除密封部位的振动、冲击及腐蚀等可能引起泄漏的因素, 也可以调换润滑脂(或固体)润滑剂, 以消除流体的泄漏。

(9) 综合 采用以上几种方法的组合以达到密封目的。

第2章 管道与阀门密封及泄漏治理

2.1 管道垫片密封

垫片是一种夹持在两个独立连接件之间的材料或材料的组合，其作用是在预定的使用寿命内，保持两个连接件间的密封。垫片在管道密封中应用广泛。垫片需要的预紧载荷也各不相同，如低压水泵薄法兰用的垫片需要的压紧载荷较低，而压力容器和管道法兰垫片，需要较大的压紧载荷和刚性较好的连接结构。对于后者，通常有标准可查，对于特殊要求的垫片密封，则没有标准的连接尺寸，如法兰厚度、螺栓尺寸、螺栓间距等，需要考虑专门的设计。

2.1.1 垫片密封的原理和结构

(1) 垫片密封的原理 垫片必须能够密封结合面，使密封介质不渗透和不被密封介质腐蚀，并能经受温度和压力等的作用。就垫片密封而言，通常密封流体在垫片结合处的泄漏情况如图 2-1 所示。

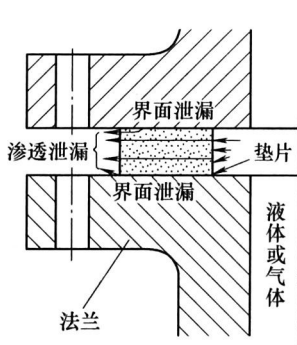


图 2-1 垫片泄漏形式

一是两连接表面（即密封面），从机械加工的微观纹理来看表面粗糙度和变形，它们与垫片之间总是存在泄漏通道，由此产生的流体泄漏称为界面泄漏，其泄漏量占总泄漏量的 80%~90%。

二是对非金属材质而言，从材料的微观结构来看，本身存在微小缝隙或细微的毛细管，具有一定压力的流体自然容易通过它们渗漏出来，此称为渗透泄漏，

它占到总泄漏量的10%~20%。

当夹紧垫片的总载荷因各种原因减少到几乎等于作用在连接件端部的流体静压力时,会导致密封面的分离。这时若增加密封面的压力,则对于机械完整性很差的垫片,如操作期间材料性能发生劣化,则沿垫片径向作用的流体压力会将其撕裂,引起密封流体的大量泄漏,此被称为吹出泄漏,它属于一种事故性泄漏。

对于渗透泄漏通常可采用不同材料的复合或机械组合形成不渗透性结构,或者使用较大的夹紧力使材料更加密实,减少或消除泄漏。而对于界面泄漏和事故性泄漏则与垫片材料的性质、接头的机械特征、密封面的性质与状态、密封流体的特性及紧固件夹紧程度有关。它们也是解决垫片密封设计、安装、使用及失效分析等问题的关键。

垫片密封是靠外力压紧密封垫片,使其本身发生弹性或塑性变形,以填满密封面上的微观凹凸不平来实现密封的,也就是利用密封面上的比压使介质通过密封面的阻力大于密封面两侧的介质压力差来实现密封。它包括初始密封和工作密封两部分。初始密封即垫片用于对两个连接件密封面产生初始装配密封和保持工作密封。理论上如果密封面完全光滑、平行,并有足够的刚度,它们可直接用紧固件夹持在一起,不用垫片即可达到密封的目的(即直接接触密封)。但实际上,连接件的两个密封面上存在表面粗糙度,也不是绝对平行的,刚度也是有限的,加上紧固件的韧性不同及分散排列,因此垫片接受的载荷是不均匀的。为弥补不均匀的载荷和相应变形,在两连接密封面间插入垫片,使之适应密封面的不规则性,以达到密封的目的。显然,产生初始密封的基本要求是使垫片压缩,在密封面间产生足够的压紧力,即垫片预紧应力(也称初始密封比压),以阻止介质通过垫片本身的渗漏;同时保证垫片对连接件有较大的适应性,即垫片压缩后产生弹性或塑性变形,能够填塞密封面的变形及因其表面粗糙而出现的微观凹凸不平,以堵塞介质泄漏的通道。当初始垫片应力加在垫片上之后,它必须在装置的设计寿命内保持足够的压紧应力,以维持允许的密封度。因为当接头受到流体压力作用时,密封面将被迫发生分离,此时要求垫片能释放出足够的弹性应变能,以弥补这一分离量,并且留下足以保持密封所需要的工作垫片应力,这就是工作密封的概念。此外,这一弹性应变能还要补偿装置在长期运行过程中任何可能发生的垫片应力的松弛,因为各种垫片材料在长期的应力作用下,都会发生不同程度的应力降低。此外,接头不均匀的热变形,例如连接件与紧固件材料的不同、热膨胀系数不同、引起各自的热膨胀量不同,也会导致垫片应力的降低或升高;或者紧固件因受热引起应力松弛而使作用在密封垫片上的应力减少等。

任何形式的垫片密封,首先要在连接件的密封面与垫片表面之间产生一种垫片预紧力,其大小与装配垫片时的“预紧压缩量”及垫片材料的弹性模量等有关,而其分布状况与垫片截面的几何形状有关。理论上垫片预紧应力愈大,垫片中贮