

# 密封元件 选用手册

第2版

李新华 主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 密封元件选用手册

第2版

李新华 主编

张俊 (CIP) 目錄編查并图



机械工业出版社



本手册以现行标准为依据,分3篇16章,重点介绍静密封和动密封元件及与其相关的基础知识,内容包括:密封的基本概念与密封分类;密封名词术语;密封材料分类、主要密封材料特点;静密封元件基础;非金属平垫片;金属复合垫片;金属垫片;胶黏剂与密封胶;机械密封分类、产品型号编制方法及机械密封腔尺寸;机械密封用O形橡胶圈及氟塑料全包覆橡胶O形圈;填料函密封基础;编织填料函;成型填料密封与油封基础;往复运动用成型橡胶密封圈;旋转轴用唇形密封圈以及O形橡胶密封圈,为用户在密封装置设计及安装时合理选用密封件提供丰富而详实的信息。本手册特点是内容新、资料全、实用便查。

本手册可作为机械、石油、化工、电力、水利、轻工、制药、城市建设及核工业等相关行业的工程技术人员和有关采供人员的工具书,也可作为有关科研单位及大、专院校相关专业师生的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

密封元件选用手册/李新华主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2018.4

ISBN 978-7-111-59790-2

I. ①密… II. ①李… III. ①机械密封:手册 IV. ①TH136-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第087418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:曲彩云 责任编辑:曲彩云 高依楠

责任校对:张晓蓉 封面设计:路恩中

责任印制:张博

三河市国英印务有限公司印刷

2018年7月第2版第1次印刷

169mm×239mm·26印张·512千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-59790-2

定价:89.00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

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

# 《密封元件选用手册》 编写人员名单

主 编 李新华

副主编 田 争 刘 洋

编写人 李新华 田 争 刘 洋

薛 靖 侯立宇

# 前 言

流体密封装置广泛应用于机械、石油、化工、水利、电力、轻工、制药、城市建设及核工业等行业的工程领域。现代化工、石油、原子能、航天及深海技术的迅速发展对装备的密封提出了越来越多的要求，密封失效轻则造成能源、原材料的大量浪费，重则导致设备报废、停工停产，甚至可导致人员伤亡和严重的环境污染。密封失效主要表现在泄漏，由于泄漏而引起的事故屡见不鲜。

从环境保护观点出发，决不允许机器及系统内部的油料、燃料、有害液体及气体等流体介质向周围环境中泄漏。对可燃性气体及核辐射的密封，允许的泄漏率大大低于  $10^{-5} \text{ cm}^3/\text{s}$ ；对于某些石油、化学和原子能工业，泄漏率则应控制在  $10^{-7} \text{ cm}^3/\text{s}$  以下。这些指标目前已被世界众多国家所认同。然而，流体的密封是一个复杂且较难解决的问题，密封的可靠性不仅与采用的密封材料和密封元件有关，而且与连接的结构形式、流体介质特性、工况条件等诸多因素有关。

密封件是防止产品漏油、漏气、漏水以及外界环境介质和灰尘侵入的重要基础元件。正确选择、安装与使用密封件，对防止产品泄漏与由此而引起的环境污染，改善产品外观，提高产品效率与性能，节约能源与材料，防止设备失效，保障人身安全，都具有十分重要的意义。

为使广大读者快速、准确、系统、全面地了解、掌握和选用密封件，我们组织有关行业技术力量编写了本手册。本手册于 2011 年 1 月出版，经 7 年来的使用，效果良好。鉴于第 1 版手册中所引用的标准现在有很多已经更新，相关内容需进行修改并补充新的内容，因此本手册在 2011 年第 1 版的基础上，由编写人员进行修改与补充完成。

本手册由机械科学研究院李新华（主编）、田争（副主编）、刘洋（副主编）、薛靖、侯立宇编写。

限于编者水平有限，书中难免有错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第 1 篇 密封元件基础

|  |    |
|--|----|
| 第 1 章 密封的基本概念与密封分类                             | 1  |
| 1.1 基本概念                                       | 1  |
| 1.1.1 泄漏与密封                                    | 1  |
| 1.1.2 泄漏的危害                                    | 1  |
| 1.1.3 泄漏的形式                                    | 2  |
| 1.1.4 减少泄漏的方法                                  | 4  |
| 1.2 密封件的分类                                     | 4  |
| 第 2 章 密封名词术语                                   | 6  |
| 2.1 静密封、填料密封 (摘自 JB/T 6612—2008 《静密封、填料密封 术语》) | 6  |
| 2.1.1 基本术语                                     | 6  |
| 2.1.2 结构术语                                     | 7  |
| 2.1.3 密封件术语                                    | 13 |
| 2.1.4 材料性能术语                                   | 17 |
| 2.1.5 设计术语                                     | 17 |
| 2.2 机械密封 (摘自 GB/T 5894—2015 《机械密封名词术语》)        | 18 |
| 2.2.1 机械密封及类型术语                                | 18 |
| 2.2.2 机械密封零件及相应术语                              | 22 |
| 2.2.3 流体及循环辅助系统术语                              | 24 |
| 2.2.4 常用设计、试验及性能术语                             | 26 |
| 第 3 章 密封材料分类、主要密封材料特点                          | 31 |
| 3.1 密封材料的分类                                    | 31 |
| 3.1.1 密封材料在密封技术领域中的地位                          | 31 |
| 3.1.2 现代工程对密封材料的基本要求                           | 31 |
| 3.1.3 密封材料的一般分类                                | 32 |
| 3.2 主要密封材料的特点                                  | 33 |
| 3.2.1 橡胶密封材料                                   | 33 |
| 3.2.2 树脂型密封材料                                  | 36 |
| 3.2.3 石墨密封材料                                   | 37 |
| 3.2.4 新型密封材料                                   | 37 |

## 第 2 篇 静密封元件

|  |     |
|--|-----|
| <b>第 4 章 静密封元件基础</b> .....   | 40  |
| 4.1 垫片密封的基本概念 .....  | 40  |
| 4.1.1 垫片密封机理 .....   | 41  |
| 4.1.2 垫片密封连接的泄漏形式 .....  | 41  |
| 4.1.3 垫片的微观密封过程 .....  | 42  |
| 4.1.4 影响泄漏的主要因素 .....  | 43  |
| 4.2 垫片的一般结构形式、种类、参数和设计选用 .....   | 45  |
| 4.2.1 垫片的一般结构 .....  | 45  |
| 4.2.2 垫片的种类 .....  | 45  |
| 4.2.3 垫片参数 .....   | 46  |
| 4.2.4 垫片的设计选用 .....  | 50  |
| <b>第 5 章 非金属平垫片</b> .....  | 54  |
| 5.1 GB/T 9126—2008 及 JB/T 87—2015 非金属软垫片 .....                         | 54  |
| 5.1.1 形式与尺寸 .....  | 54  |
| 5.1.2 尺寸公差 .....   | 69  |
| 5.1.3 技术要求 .....   | 71  |
| 5.1.4 标记和标志 (摘自 GB/T 9126—2003) .....                                  | 73  |
| 5.2 NB/T 47024—2012 非金属软垫片 .....                                       | 73  |
| 5.2.1 适用范围 .....   | 73  |
| 5.2.2 典型材料和代号 .....  | 74  |
| 5.2.3 形式与尺寸 .....  | 74  |
| 5.2.4 技术要求 .....   | 74  |
| 5.2.5 标记 .....   | 76  |
| 5.3 聚四氟乙烯包覆垫片 .....  | 76  |
| 5.3.1 形式、尺寸与公差 .....   | 76  |
| 5.3.2 技术要求 .....   | 80  |
| 5.3.3 标记及标志 .....  | 81  |
| <b>第 6 章 金属复合垫片</b> .....  | 82  |
| 6.1 GB/T 4622.1—2009~4622.3—2007、GB/T 13403 及 JB/T 90—2015 缠绕式垫片 ..... | 82  |
| 6.1.1 形式与代号 .....  | 82  |
| 6.1.2 尺寸 .....   | 84  |
| 6.1.3 技术要求 .....   | 100 |
| 6.1.4 缠绕式垫片的选择、注意事项及使用方法 .....   | 103 |
| 6.1.5 标记和标志 .....  | 105 |
| 6.2 NB/T 47025—2012 缠绕垫片 .....   | 106 |
| 6.2.1 适用范围 .....   | 106 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 6.2.2      | 材料和代号  | 106        |
| 6.2.3      | 垫片结构形式、代号、尺寸与公差  | 107        |
| 6.2.4      | 技术要求   | 107        |
| 6.2.5      | 标记及示例  | 109        |
| 6.3        | 金属包覆垫片   | 110        |
| 6.3.1      | 形式、代号  | 111        |
| 6.3.2      | 尺寸   | 111        |
| 6.3.3      | 技术要求   | 117        |
| 6.3.4      | 标记和标志  | 119        |
| 6.4        | 金属冲齿板柔性石墨复合垫片  | 121        |
| 6.4.1      | 形式、尺寸与公差   | 121        |
| 6.4.2      | 技术要求   | 126        |
| 6.4.3      | 标记   | 127        |
| 6.5        | 柔性石墨金属波齿复合垫片   | 128        |
| 6.5.1      | 形式、代号  | 128        |
| 6.5.2      | 尺寸及公差  | 130        |
| 6.5.3      | 技术要求   | 145        |
| 6.5.4      | 标记和标志  | 147        |
| <b>第7章</b> | <b>金属垫片</b>  | <b>149</b> |
| 7.1        | 金属环形垫片 (摘自 GB/T 9128—2003、GB/T 9130—2007 和 JB 89—2015) | 149        |
| 7.1.1      | 形式、尺寸及公差   | 149        |
| 7.1.2      | 技术要求   | 156        |
| 7.1.3      | 标记   | 157        |
| 7.2        | 金属齿形垫片 (摘自 JB/T 88—2014)                               | 158        |
| 7.2.1      | 垫片形式   | 158        |
| 7.2.2      | 垫片本体 (齿形) 结构及相关尺寸                                      | 159        |
| 7.2.3      | 代号   | 159        |
| 7.2.4      | 尺寸   | 160        |
| 7.2.5      | 技术要求   | 163        |
| 7.2.6      | 标记及标志  | 164        |
| 7.3        | R 型、RX 型及 BX 型专用自紧密封金属环垫 (摘自 GB/T 22513—2013)          | 165        |
| 7.3.1      | 形式与尺寸  | 166        |
| 7.3.2      | 技术要求   | 170        |
| 7.3.3      | 标志   | 171        |
| 7.4        | 金属透镜垫 (摘自 JB/T 2776—2010)                              | 172        |
| 7.4.1      | 形式与尺寸  | 172        |
| 7.4.2      | 技术要求   | 172        |
| 7.4.3      | 标记   | 174        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>第 8 章 胶黏剂与密封胶</b> .....                     | 175 |
| 8.1 胶黏剂 .....                                  | 175 |
| 8.1.1 胶黏剂术语 (摘自 GB/T 2943—2008) .....          | 175 |
| 8.1.2 胶黏剂分类 (摘自 GB/T 13553—1996) .....         | 186 |
| 8.1.3 胶黏机理 .....                               | 188 |
| 8.1.4 胶黏剂选用原则 .....                            | 188 |
| 8.2 密封胶 .....                                  | 189 |
| 8.2.1 密封胶的分类 .....                             | 190 |
| 8.2.2 密封胶的特性 .....                             | 192 |
| 8.2.3 密封胶的密封机理 .....                           | 193 |
| 8.2.4 密封胶的选用 .....                             | 194 |
| 8.2.5 密封胶的使用注意事项 .....                         | 196 |
| 8.2.6 液态密封胶产品种类及技术要求 (摘自 JB/T 4254—2016) ..... | 196 |
| <b>第 3 篇 动密封元件</b>                             |     |
| <b>第 9 章 机械密封分类、产品型号编制方法及机械密封腔尺寸</b> .....     | 198 |
| 9.1 机械密封分类 (摘自 JB/T 4127.2—2013) .....         | 198 |
| 9.1.1 按应用的主机分类 .....                           | 198 |
| 9.1.2 按作用原理和结构分类 .....                         | 199 |
| 9.1.3 按使用工况和参数分类 .....                         | 201 |
| 9.1.4 按参数和轴径分类 .....                           | 202 |
| 9.2 机械密封产品型号编制方法 (摘自 GB/T 10444—2016) .....    | 203 |
| 9.2.1 产品型号编制方法 .....                           | 203 |
| 9.2.2 有关说明 .....                               | 204 |
| 9.2.3 机械密封产品型号编制方法应用举例 .....                   | 204 |
| 9.3 机械密封腔尺寸 (摘自 JB/T 8726—2011) .....          | 205 |
| 9.3.1 适用范围 .....                               | 205 |
| 9.3.2 尺寸 .....                                 | 205 |
| <b>第 10 章 机械密封用 O 形橡胶圈及氟塑料全包覆橡胶 O 形圈</b> ..... | 208 |
| 10.1 机械密封用 O 形橡胶圈 .....                        | 208 |
| 10.1.1 尺寸及公差 .....                             | 208 |
| 10.1.2 技术要求 .....                              | 212 |
| 10.1.3 尺寸标注和胶料种类标志 .....                       | 214 |
| 10.2 机械密封用氟塑料全包覆橡胶 O 形圈 .....                  | 214 |
| 10.2.1 适用范围 .....                              | 214 |
| 10.2.2 尺寸及公差 .....                             | 214 |
| 10.2.3 技术要求 .....                              | 221 |
| 10.2.4 安装注意事项 .....                            | 221 |

|                           |   |     |
|---------------------------|---|-----|
| 10.2.5                    | 氟塑料全包覆橡胶 O 形圈压缩回弹性能试验方法                 | 222 |
| 10.2.6                    | 尺寸标记                                    | 223 |
| <b>第 11 章 填料函密封基础</b>     |   | 224 |
| 11.1                      | 填料函密封的范畴                                | 224 |
| 11.2                      | 填料函密封结构及原理                              | 224 |
| 11.3                      | 填料函密封的填料及其对材料的基本要求                      | 225 |
| 11.3.1                    | 填料函密封的填料                                | 225 |
| 11.3.2                    | 填料对材料的基本要求                              | 225 |
| 11.4                      | 选择填料密封的注意事项                             | 226 |
| <b>第 12 章 编织填料函</b>       |   | 228 |
| 12.1                      | 聚四氟乙烯编织盘根 (摘自 JB/T 6626—2011)           | 228 |
| 12.1.1                    | 适用范围                                    | 228 |
| 12.1.2                    | 名称及代号                                   | 228 |
| 12.1.3                    | 技术要求                                    | 228 |
| 12.1.4                    | 检验方法                                    | 229 |
| 12.2                      | 碳纤维/聚四氟乙烯编织填料 (摘自 JB/T 8560—2013)       | 229 |
| 12.2.1                    | 适用范围                                    | 229 |
| 12.2.2                    | 分类                                      | 229 |
| 12.2.3                    | 技术要求                                    | 229 |
| 12.2.4                    | 检验方法                                    | 230 |
| 12.2.5                    | 标志                                      | 230 |
| 12.3                      | 碳 (化) 纤维浸渍聚四氟乙烯编织填料 (摘自 JB/T 6627—2008) | 230 |
| 12.3.1                    | 适用范围                                    | 230 |
| 12.3.2                    | 型号、材料代号及型号示例                            | 231 |
| 12.3.3                    | 产品分类                                    | 231 |
| 12.3.4                    | 技术要求                                    | 231 |
| 12.3.5                    | 试验方法                                    | 233 |
| 12.3.6                    | 标志                                      | 233 |
| 12.4                      | 柔性石墨编织填料 (摘自 JB/T 7370—2014)            | 233 |
| 12.4.1                    | 适用范围                                    | 233 |
| 12.4.2                    | 分类                                      | 233 |
| 12.4.3                    | 材料                                      | 234 |
| 12.4.4                    | 技术要求                                    | 234 |
| 12.4.5                    | 检验方法                                    | 235 |
| 12.4.6                    | 标志                                      | 235 |
| <b>第 13 章 成型填料密封与油封基础</b> |   | 236 |
| 13.1                      | 成型填料密封与油封的基本概念、种类及应用                    | 236 |
| 13.1.1                    | 基本概念                                    | 236 |

|                            |  |     |
|----------------------------|--|-----|
| 13.1.2                     | 种类   | 236 |
| 13.1.3                     | 应用   | 236 |
| 13.2                       | 成型填料的工作原理  | 236 |
| 13.3                       | 成型填料的有关术语和定义   | 237 |
| 13.3.1                     | 橡胶密封制品的术语和定义   | 237 |
| 13.3.2                     | 热塑性材料的旋转轴唇形密封圈的术语及定义<br>(摘自 GB/T 21283.2—2007)         | 241 |
| 13.4                       | 往复运动用及旋转轴唇形用橡胶密封圈材料                                    | 247 |
| 13.4.1                     | 往复运动用橡胶密封圈材料   | 247 |
| 13.4.2                     | 旋转轴唇形用橡胶密封圈材料  | 250 |
| <b>第 14 章 往复运动用成型橡胶密封圈</b> |  | 253 |
| 14.1                       | 密封圈及其沟槽尺寸系列  | 253 |
| 14.1.1                     | 单向密封橡胶密封圈  | 253 |
| 14.1.2                     | 液压缸活塞和活塞杆动密封沟槽   | 268 |
| 14.1.3                     | 双向密封橡胶密封圈  | 277 |
| 14.1.4                     | 液压缸活塞用带支撑环的密封沟槽  | 282 |
| 14.1.5                     | 橡胶防尘密封圈  | 284 |
| 14.1.6                     | 液压缸活塞杆用防尘圈沟槽   | 290 |
| 14.2                       | 橡胶密封圈外观质量  | 298 |
| 14.2.1                     | 适用范围   | 298 |
| 14.2.2                     | 分类   | 298 |
| 14.2.3                     | 外观质量   | 299 |
| <b>第 15 章 旋转轴用唇形密封圈</b>    |  | 301 |
| 15.1                       | 密封元件为弹性体材料的旋转轴用唇形密封圈的基本尺寸和公差<br>(摘自 GB/T 13871.1—2007) | 301 |
| 15.1.1                     | 适用范围   | 301 |
| 15.1.2                     | 有关术语和定义  | 302 |
| 15.1.3                     | 字母符号   | 302 |
| 15.1.4                     | 密封圈的基本类型与公称尺寸  | 302 |
| 15.1.5                     | 轴  | 303 |
| 15.1.6                     | 腔体   | 304 |
| 15.1.7                     | 密封圈的尺寸公差   | 305 |
| 15.1.8                     | 尺寸标识代码   | 306 |
| 15.1.9                     | 标注说明   | 306 |
| 15.1.10                    | 来自用户及生产厂家的信息   | 306 |
| 15.2                       | 密封元件为热塑性材料的旋转轴用唇形密封圈的基本尺寸和公差<br>(摘自 GB/T 21283.1—2007) | 309 |
| 15.2.1                     | 适用范围   | 309 |

|               |   |            |
|---------------|---|------------|
| 15.2.2        | 有关术语和定义 .....                                   | 309        |
| 15.2.3        | 字母符号 .....                                      | 309        |
| 15.2.4        | 密封圈的类型和示例 .....                                 | 309        |
| 15.2.5        | 基本尺寸 .....                                      | 311        |
| 15.2.6        | 轴 .....   | 312        |
| 15.2.7        | 腔体 .....  | 313        |
| 15.2.8        | 密封圈尺寸公差 .....                                   | 313        |
| 15.2.9        | 尺寸标识代码 .....                                    | 314        |
| 15.2.10       | 标注说明 (摘自 GB/T 21283.1—2007) .....               | 315        |
| 15.2.11       | 来自用户及生产厂家的信息 .....                              | 315        |
| 15.3          | 液压传动用旋转轴唇形密封圈 (摘自 GB/T 9877—2008) .....         | 317        |
| 15.3.1        | 适用范围 .....                                      | 317        |
| 15.3.2        | 密封圈的基本结构、类型及代号 .....                            | 318        |
| 15.3.3        | 设计 .....  | 320        |
| 15.3.4        | 基本尺寸与技术要求 .....                                 | 329        |
| 15.3.5        | 来自用户及制造商的信息 .....                               | 330        |
| <b>第 16 章</b> | <b>O 形橡胶密封圈 .....</b>                           | <b>333</b> |
| 16.1          | O 形橡胶圈的密封方式、一般结构、密封原理及密封特性 .....                | 333        |
| 16.1.1        | O 形橡胶圈的密封方式 .....                               | 333        |
| 16.1.2        | O 形橡胶圈的一般结构 .....                               | 333        |
| 16.1.3        | 密封原理 .....                                      | 334        |
| 16.1.4        | 密封特性 .....                                      | 335        |
| 16.2          | 液压气动用 O 形橡胶密封圈尺寸 .....                          | 336        |
| 16.2.1        | 适用范围 .....                                      | 336        |
| 16.2.2        | 符号说明 .....                                      | 336        |
| 16.2.3        | 形状 .....  | 336        |
| 16.2.4        | 内径、截面直径及其公差 .....                               | 336        |
| 16.2.5        | 尺寸标识代号 .....                                    | 351        |
| 16.3          | 液压气动用 O 形橡胶密封圈的外观质量及气动用橡胶密封件的技术要求 .....         | 352        |
| 16.3.1        | 液压气动用 O 形橡胶密封圈的外观质量 (摘自 GB/T 3452.2—2007) ..... | 352        |
| 16.3.2        | 气动用橡胶密封件的技术要求 (摘自 JB/T 6660—1993) .....         | 358        |
| 16.4          | 液压气动用及纯气动用 O 形橡胶密封圈沟槽尺寸 .....                   | 359        |
| 16.4.1        | 液压气动用 O 形橡胶密封圈沟槽尺寸 (摘自 GB/T 3452.3—2005) .....  | 359        |
| 16.4.2        | 纯气动用 O 形橡胶密封圈的沟槽尺寸与公差 .....                     | 398        |

# 第 1 篇 密封元件基础

在介绍密封元件之前,本篇先对密封的一些基本知识略加说明,以便读者快速掌握和正确选用密封元件。本篇共包括 3 章:密封的基本概念与密封分类,密封名词术语,密封材料分类、主要密封材料特点。

## 第 1 章 密封的基本概念与密封分类

### 1.1 基本概念

#### 1.1.1 泄漏与密封

泄漏是管道及密封装置常见的现象。日常生活中,如自来水、煤气管道的泄漏常常给人们带来不便甚至危害;工业中,如压力容器、反应器、阀门、液压设备一旦发生泄漏,轻则造成能源和原材料的浪费,使机械设备不能正常工作,重则导致设备报废、管道或管道装置瘫痪、人员伤亡和严重的环境污染。因此,人们在生产实践中,都千方百计地防止和消除管道及管道装置的泄漏。

泄漏是指人们不希望发生的介质(如液体、气体、固体或它们的混合物)从有限空间内部流到外部或从外部进入有限空间内部的现象。单位时间内泄漏的介质量称为泄漏率。由于机械加工的原因,机械产品的零部件表面必然存在各种缺陷以及形状和尺寸偏差。因此,在机械零件的接触处不可避免地会产生微小的间隙,当存在压力差或浓度差时,工作介质就会通过间隙而泄漏。

密封是指机器、设备中没有泄漏的现象。起密封作用的零件(包括金属件及非金属件)称为密封件。较复杂的密封件称为密封系统或密封装置。

#### 1.1.2 泄漏的危害

泄漏是密封装置的主要失效形式。机器设备如果不能保证密封,会因工作介质的跑、冒、滴、漏引起物质流失和能量损失,使生产不能正常进行,造成环境污染增加非计划停产和维修,甚至危及人体健康和生命安全。因此,密封装置的性能是

评价机械产品品质的重要指标，也是决定工厂安全状况和生产经济性的重要因素。

虽然任何工业部门都存在密封问题，但化工、石油化工及核工业中的密封问题比其他工业更为突出，其主要表现有两大特征：广泛性与危害性。广泛性表现在化工、石油化工及核能等工业部门的设备、机器复杂程度和管道系统以庞大而著称。据统计，一个年产 30 万 t 乙烯的石油化工装置中，仅静密封点就多达 120 多万个。这些密封点构成了主要的泄漏源；危害性表现在化工、石油化工及核能等工业企业处理的很多流体介质易燃、易爆、有毒，或具有腐蚀性、放射性，并且通常有较高的温度和压力，一旦发生泄漏，其后果比单纯的经济损失严重得多。如切尔诺贝利核电站 4 号反应堆发生核泄漏，死 31 人，伤 300 人，周边 20 多个国家、4 亿多人遭核辐射污染，污染后患迄今未绝。1986 年全世界炼油工业设备维修费用约为 60 亿美元，用于更换和维修密封装置的费用约占总费用的 12%，仅设备中的轴封一项就花去 5 亿美元。可见，泄漏的预测与防止对国计民生的作用是无法估量的。

### 1.1.3 泄漏的形式

泄漏所发生的部位相当广泛，如密封装置本身（垫片、填料、机械密封等）的泄漏、设备本体（壳体、管壁、阀体等）的泄漏及关闭件（阀瓣、闸板、旋塞等）的泄漏等。而泄漏的形式也是多种多样的，但归纳起来泄漏有下面几种分类方法。

#### 1. 按泄漏机理分类

(1) 界面泄漏 当垫片与法兰密封面之间、填料与轴或填料箱之间贴合不严密时会发生泄漏。这种发生在密封件与被密封件接触界面之间的泄漏称为界面泄漏。

(2) 渗透泄漏 鉴于非金属垫片通常由植物纤维、动物纤维、矿物纤维或化学纤维与橡胶黏结压制而成或由柔性石墨等多孔材料制作而成，其组织疏松，致密性差，纤维之间存在无数微小间隙，很容易被介质浸透，特别是在压力的作用下，介质通过材料内部的孔隙渗透出来。这种发生在密封件材料内部的泄漏称为渗透泄漏。

#### 2. 按泄漏率大小分类

(1) 液体介质的泄漏 液体介质的泄漏可定性地分为以下 5 级：

1) 无泄漏，即目测未发现明显的介质渗漏痕迹。

2) 渗漏，一种轻微的泄漏，表现为明显的介质渗漏痕迹，擦掉痕迹，几分钟后仍可见渗漏痕迹。

3) 轻微滴漏，泄漏的介质呈水珠状，5min 或更长时间滴漏 1 滴。

4) 滴漏，短于 5min 滴漏 1 滴。

5) 严重泄漏，介质喷涌不断，呈线状流淌。

(2) 气体介质的泄漏 气体介质的泄漏可定性分为以下 4 级：

1) 无泄漏,用小纸条或纤维放在泄漏处检查为静止状态,用肥皂水涂抹检查无气泡产生。

2) 渗漏,用小纸条或纤维检查会微微飘动,用肥皂水涂抹检查有气泡产生,用石蕊试纸检验可见变色痕迹。若被密封的是有色气态介质,则可见淡淡的烟雾。

3) 泄漏,用小纸条或纤维检查时会飞舞,用肥皂水涂抹检查时气泡成串产生,用石蕊试纸检验时马上变色。若被密封时是有色气体介质,则烟雾明显可见。

4) 严重泄漏,可明显听见气体泄漏产生的噪声。

### 3. 按泄漏时间分类

按泄漏的时间可分为经常性泄漏、间歇性泄漏和突发性泄漏3种形式。

(1) 经常性泄漏 从安装运行或使用开始就一直发生的一种泄漏。它主要是由密封装置的制造、安装或维护质量不佳等原因造成的。

(2) 间歇性泄漏 运转或使用一段时间后才发生的泄漏,时漏时停。这种泄漏是由于操作工况不稳定、介质本身的变化和环境条件的变化等因素引起的。

(3) 突发性泄漏 这是一种危害性很大的突然发生的泄漏。它是由于误操作,如超压、超温所致,也与零部件的疲劳破损、腐蚀和介质冲刷等因素有关。

### 4. 按泄漏部位分类

按泄漏的部位可分为静密封泄漏、动密封泄漏、关闭件泄漏和设备本体泄漏4种。

(1) 静密封泄漏 无相对运动的密封副之间的泄漏称为静密封泄漏,如法兰、螺纹、箱体等静止结合面间的泄漏。相对而言,这种泄漏较易治理。

(2) 动密封泄漏 有相对运动的密封副之间的泄漏称为动密封泄漏,如旋转轴与轴座之间、往复杆与填料之间、机械密封的动环与静环之间等运动结合面间的泄漏。这种泄漏较难治理。

(3) 关闭件泄漏 关闭件,如阀瓣、闸板、旋塞、节流锥、滑块、柱塞等与关闭座(如阀座、旋塞体等)之间的泄漏称为关闭件泄漏。这种密封形式不同于静密封和动密封,它具有截止、换向、节流、减压、止回、分离以及安全保护等作用,是一种特殊的密封装置。这种泄漏很难治理。

(4) 设备本体泄漏 是指壳体、管壁、阀体等由于材料或制造缺陷所造成的自身的一种泄漏,如砂眼、裂缝及焊接缺陷等造成的泄漏。

### 5. 按泄漏的危害性分类

按泄漏的危害性可分为不允许泄漏、允许微漏和允许泄漏3种。

(1) 不允许泄漏 装置的泄漏率低于人为规定的指标泄漏率,此时采用具有相应分辨率的检漏方法无法检测出泄漏。用于易燃、易爆、剧毒、放射性介质的装置,以及一些非常重要的部位是不允许泄漏的。

(2) 允许微漏 允许介质有少量的泄漏,但不产生危害。

(3) 允许泄漏 一定场合下的水和空气等介质的泄漏。

#### 6. 按泄漏介质流向分类

按泄漏介质的流向可分为向外泄漏、向内泄漏和内部泄漏 3 种。

(1) 向外泄漏 指介质从设备内部向外部空间流动的传质现象。工业设备和管道的泄漏大多属于这种泄漏类型。

(2) 向内泄漏 指介质从外部空间向设备内部流动的传质现象,如空气和水渗入真空设备和管道中。

(3) 内部泄漏 内部泄漏简称内漏,它是指设备内部发生的泄漏,如阀门的泄漏、换热器管程和壳程之间流体的泄漏。相对而言,这种泄漏很难治理。

### 1.1.4 减少泄漏的方法

减少泄漏的方法亦即密封的方法。密封的本质在于阻止被密封的空间与周围介质之间进行质量交换。减少泄漏的方法主要有以下几种:

(1) 尽量减少密封部位的数量 在运行容器和管道设备时,应尽可能少设置密封部位,特别是对那些装有易燃、易爆、有毒、强腐蚀性介质的容器和管道设备,更应少采用密封连接。

(2) 堵塞或隔离泄漏通道 对于静密封来说,在其密封部位采用各种密封垫片、密封胶,就可大大提高连接的密封性能;对于动密封来说,在其密封部位可采用填料函或成形填料隔离泄漏通道,即在通道中间设置障碍,堵塞或隔离泄漏通道。

(3) 增加泄漏通道中的流动阻力 流体介质通过泄漏通道时会遇到阻力,阻力的大小与通道两侧的压力差、通过长度等有关。流动阻力与泄漏通道的长度成正比,与泄漏通道当量半径的 4 次方(对于层流状态)或 3 次方(对于分子流状态)成反比。对于垫片密封来说,适当增加垫片宽度,即增加泄漏通道长度;提高垫片的密封比压,即减小泄漏通道的当量半径,就可以增加泄漏阻力以改善连接的密封性。

(4) 采用永久性或半永久性连接 采用焊接、钎焊或利用黏结剂,可形成永久性或半永久性连接以防止流体泄漏。

## 1.2 密封件的分类

密封件可分为静密封件和动密封件两大类:相对静止的结合面之间的密封件称为静密封件;相对运动的结合面之间的密封件称为动密封件。按照运动的类型,动密封件又可分为往复轴动密封件及旋转轴动密封件两类;而按照密封元件之间是否接触又可以分为接触密封件和非接触密封件。

静密封件的分类如图 1-1 所示，动密封件的分类如图 1-2 所示。



图 1-1 静密封件的分类

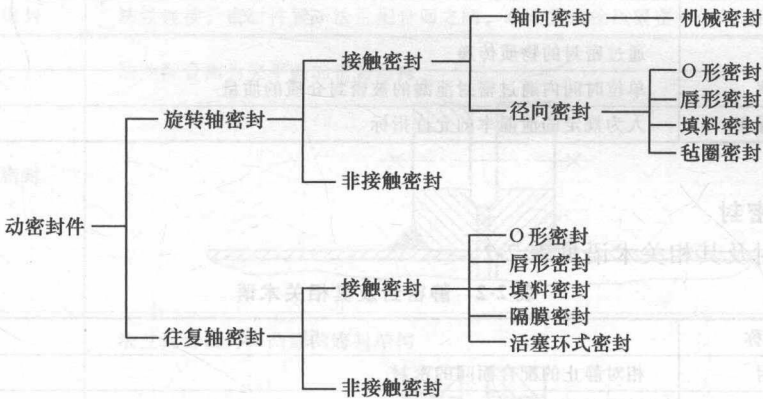


图 1-2 动密封件的分类