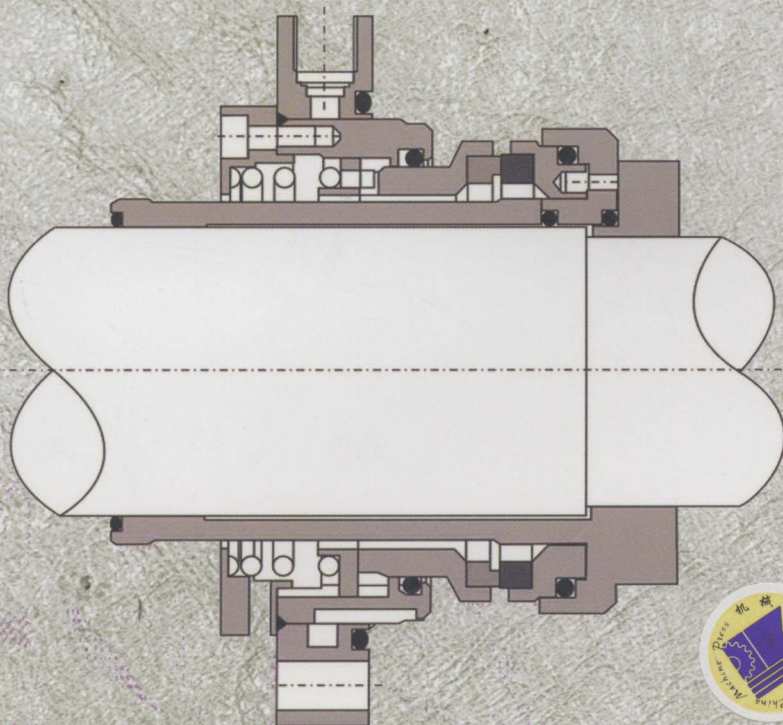




机械零部件设计与实用数据速查丛书

密封设计 与实用数据速查

崔建昆 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械零部件设计与实用数据速查丛书

密封设计与实用数据速查

崔建昆 编著



机械工业出版社

本书从机械产品密封结构设计的实用性出发,系统完整地阐述了垫片密封、胶密封、填料密封、密封圈密封、油封和防尘密封以及机械密封等各种常见密封的工作原理、结构特点和应用范围,介绍了密封材料的合理选择方法和密封结构的设计计算。另外,书中还给出了密封材料的规格、密封件标准、密封结构参数等各类密封设计实用数据,便于读者查找使用。

本书可供工程技术人员在从事机械密封装置设计及设备维修时使用,也可以作为大中专院校相关专业的教学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

密封设计与实用数据速查/崔建昆编著. —北京:机械工业出版社, 2010. 6

(机械零部件设计与实用数据速查丛书)

ISBN 978-7-111-30920-8

I. ①密… II. ①崔… III. ①密封-设计 IV. ①TB42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 106684 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:黄丽梅 责任编辑:张淑杰

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:赵颖喆 责任印制:李妍

北京富生印刷厂印刷

2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·16.75 印张·326 千字

0001-4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30920-8

定价:28.00 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

策划编辑:(010)88379770

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

前 言

机械设备普遍存在着泄漏问题，在机器中起密封作用的零部件称为密封件，简称密封。密封的功能是防止泄漏，密封性能是评价机械产品质量的一个重要指标，密封件是机械产品中应用最广的零部件之一。

随着我国现代化工业的发展，密封技术已在机械、化工、冶金、航空、轻工及印刷等行业得到广泛应用。本书从实用性出发，系统地阐述了各类密封的机理、密封结构、密封材料、密封性能分析和密封结构设计方法，针对机械设备中常用的垫片密封、胶密封、填料密封、密封圈密封、油封和防尘密封以及机械密封，介绍了各自的特点、结构形式、应用范围和设计计算方法，还给出了设计过程所需的密封材料类型、密封元件规格等实用数据。

本书的特点是内容浅显易懂、技术覆盖面广、工程实用性强。本书可供工程技术人员在从事机械密封装置设计及设备维修时使用，也可以作为大中专院校相关专业的教学参考资料。

本书在编写过程中，得到了上海机械工程学会张展老师的大力支持，研究生李时丹、梁冰冰在编写过程中完成了大量的文字编排和图表处理工作，在此表示由衷的感谢！

本书的编写还参阅了大量相关的技术文献资料，引用了其中一些内容，对其编、著者在此深表敬意！

由于编者水平有限，书中难免有不足或疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 1 月于上海理工大学

目 录

前言

第1章 密封设计概述	1
1.1 密封的分类及特点	1
1.2 密封材料	6
1.2.1 密封材料的基本要求	6
1.2.2 常用密封材料及性能	6
1.3 密封设计的基本原则	9
1.3.1 密封的基本原理	9
1.3.2 密封的工作条件	10
1.3.3 密封设计的基本要求	10
第2章 垫片密封	13
2.1 垫片密封概述	13
2.1.1 垫片密封的密封机理	13
2.1.2 密封垫片的性能要求	14
2.2 密封垫片及其种类	16
2.2.1 非金属密封垫片	17
2.2.2 金属密封垫片	20
2.2.3 半金属密封垫片	21
2.3 垫片密封的结构	23
2.4 密封垫片的选择	24
2.5 垫片密封的设计	28
2.5.1 最小有效压紧力设计值 Y	29
2.5.2 垫片密封的垫片系数 m	30
2.6 垫片密封设计实用数据	32
2.6.1 石棉橡胶板	32
2.6.2 耐油石棉橡胶板	33
2.6.3 管法兰用非金属平垫片	34
2.6.4 金属缠绕式垫片	39
2.6.5 金属环形垫片	45
2.6.6 金属包覆垫片	50

2.6.7 聚四氟乙烯包覆垫片	52
第3章 胶密封	55
3.1 密封胶的种类	55
3.1.1 聚硫橡胶密封胶	56
3.1.2 硅橡胶密封胶	56
3.1.3 非硫化型液体密封胶	57
3.1.4 液态密封胶	58
3.1.5 厌氧密封胶	59
3.2 密封胶的性能	60
3.2.1 密封胶的物理性能	60
3.2.2 密封胶的成膜性	62
3.2.3 密封胶的施工性能	63
3.3 密封胶的选用和施工工艺	64
3.3.1 密封胶的选用原则	64
3.3.2 密封表面及其处理	65
3.3.3 胶密封的施工工艺	66
3.4 胶密封设计实用数据	67
3.4.1 聚硫橡胶密封胶	67
3.4.2 硅橡胶密封胶	69
3.4.3 厌氧胶	72
3.4.4 非硫化型液体密封胶	75
3.4.5 液态密封胶	77
3.4.6 其他密封胶	78
第4章 填料密封	80
4.1 填料密封的原理和特点	80
4.1.1 填料密封的分类和特点	80
4.1.2 软填料密封的结构和工作原理	81
4.2 密封填料	83
4.2.1 绞合填料	84
4.2.2 编结填料	84
4.2.3 塑性填料	87
4.2.4 金属填料	88
4.2.5 碳纤维填料	90
4.2.6 密封填料的选用	91
4.3 填料密封的摩擦、磨损与润滑	94

4.3.1 填料密封的摩擦和磨损	94
4.3.2 润滑剂在填料密封中的作用	96
4.3.3 润滑剂的要求和种类	97
4.3.4 液体润滑剂	98
4.3.5 固体润滑剂	100
4.3.6 固体润滑剂的使用方法	101
4.4 填料密封的结构设计	102
4.4.1 填料箱的类型和结构特点	102
4.4.2 填料箱的基本尺寸	106
4.5 填料密封设计实用数据	108
4.5.1 油浸棉麻填料	108
4.5.2 石棉填料	109
4.5.3 柔性石墨填料	111
4.5.4 聚四氟乙烯编织填料	112
4.5.5 碳纤维浸渍聚四氟乙烯编织填料	113
4.5.6 芳纶纤维、酚醛纤维编织填料	113
4.5.7 钢制填料箱	114
4.5.8 密封填料产品	115
第5章 密封圈密封	118
5.1 密封圈的类型和特点	118
5.1.1 挤压型密封圈	118
5.1.2 唇形密封圈	120
5.2 O形密封圈及密封结构	121
5.2.1 O形圈的材料	121
5.2.2 O形圈的安装	122
5.3 唇形密封圈及密封结构	126
5.3.1 唇形密封圈的类型	127
5.3.2 唇形密封圈的材质	127
5.3.3 V形密封圈	128
5.3.4 Y形密封圈	129
5.3.5 J形和L形密封圈	131
5.4 密封圈密封设计实用数据	131
5.4.1 O形橡胶密封圈尺寸系列及公差	131
5.4.2 径向密封的O形橡胶密封圈沟槽尺寸	135
5.4.3 轴向密封的O形橡胶密封圈沟槽尺寸	165

第 6 章 油封和防尘密封	169
6.1 油封的结构和特点	169
6.1.1 油封的基本结构及工作原理	169
6.1.2 油封的特点及类型	170
6.1.3 油封的主要性能参数	171
6.1.4 油封的选用	172
6.2 油封材料	173
6.2.1 油封材料的种类	173
6.2.2 油封材料的性能	174
6.3 防尘密封	177
6.4 油封和防尘密封设计实用数据	178
6.4.1 唇形密封圈	178
6.4.2 橡胶防尘密封圈	180
6.4.3 毡圈密封	188
第 7 章 机械密封	189
7.1 机械密封概述	189
7.1.1 机械密封的结构	189
7.1.2 机械密封的基本元件	190
7.1.3 机械密封的特点	191
7.2 机械密封的类型	191
7.2.1 密封端面的对数	192
7.2.2 密封流体所处的压力状态	193
7.2.3 密封流体的压力卸荷	193
7.2.4 弹簧和动环的安装位置	194
7.2.5 介质的泄漏方向	194
7.2.6 弹簧的运动方式和数量	195
7.2.7 密封面的润滑方式	196
7.2.8 波纹管型机械密封	197
7.3 机械密封设计	198
7.3.1 端面摩擦状态	198
7.3.2 载荷系数	199
7.3.3 密封端面比压	201
7.3.4 摩擦功率	206
7.3.5 圆周速度 v 和 pv 值	207
7.3.6 工作温度	208

7.3.7	泄漏率	209
7.3.8	磨损量	210
7.3.9	使用寿命	210
7.4	机械密封主要零件的结构设计	211
7.4.1	密封环结构及尺寸计算	211
7.4.2	辅助密封	214
7.4.3	传动机构	215
7.4.4	弹性元件	217
7.5	机械密封材料	218
7.5.1	摩擦副材料	219
7.5.2	辅助密封圈材料	222
7.5.3	弹性元件材料	223
7.5.4	机械密封零件材料的选用	224
7.6	机械密封辅助装置	226
7.6.1	润滑装置	226
7.6.2	冲洗装置	226
7.6.3	冷却装置	227
7.6.4	过滤装置	228
7.7	机械密封应用实例	229
7.7.1	集装式机械密封	229
7.7.2	化工反应釜搅拌轴用机械密封	231
7.7.3	高温油泵用机械密封	232
7.7.4	高粘度液体用机械密封	232
7.7.5	易挥发液体用机械密封	233
7.7.6	含固体颗粒介质用机械密封	234
7.8	机械密封设计实用数据	235
7.8.1	机械密封技术条件	235
7.8.2	国产碳石墨的牌号和性能	237
7.8.3	国产硬质合金和陶瓷的牌号和性能	240
7.8.4	机械密封用 O 形橡胶密封圈	241
7.8.5	机械密封用氟塑料全包覆橡胶 O 形密封圈	247
附录	国内主要密封产品生产企业	253
参考文献		260

第 1 章 密封设计概述

1.1 密封的分类及特点

密封位于机械零件结合面之间起封堵隔离作用，能有效减小或消除间隙，防止泄漏，是现代机械产品中重要的零部件。被密封的工作介质可以是气体、液体或固体粉末。机械设备中的工作介质或润滑剂的泄漏，会造成浪费并污染环境。一方面，易燃、易爆、剧毒、腐蚀性、放射性物质的泄漏，会危及人身及设备的安全；另一方面，环境中的腐蚀性气体、灰尘、水分等进入机械设备内部，也会导致轴承、齿轮等零部件过早地磨损失效。因此，密封性能是评价机械产品质量的一个重要指标。

工业上应用弹塑性材料作为密封件始于 19 世纪的蒸汽机。随着工业技术的发展，对密封件的性能也提出了越来越高的要求，并针对密封件在不同工作环境下的应用，开发出了许多具有优良性能的密封材料，以及不同类型、不同用途的密封结构。

密封可以分为相对静止的零件表面之间的静密封和相对运动的零件表面之间的动密封两大类，见图 1-1。静密封通常用于各种容器、管道法兰结合面、液压气动零件连接处、箱体零件结合面的密封，有垫片密封、胶密封、橡胶圈密封、填料密封和螺纹密封等类型；动密封一般用于旋转轴或往复运动零件与机壳之间的密封，根据零件的相对运动形式分为旋转密封和往复密封。常见的动密封形式有毛毡密封、填料密封、油封、机械密封和迷宫密封等。

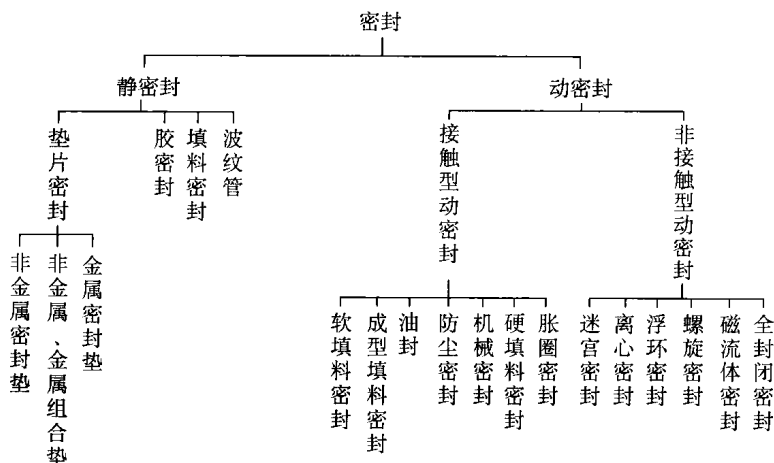
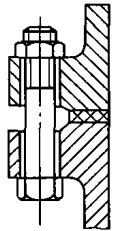
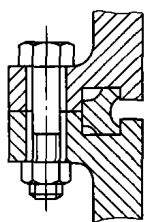
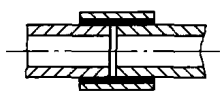
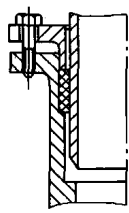


图 1-1 密封的类型^[1]

按密封件与其做相对运动的零部件是否接触,密封还可分为接触式密封和非接触式密封两种类型。几乎所有的静密封都属于接触式密封,如垫片密封、胶密封。而动密封既有接触式的,如填料密封、油封;也有非接触式的,如迷宫密封、离心密封。接触式动密封有非弹性体接触密封(采用金属、石墨等材料)和弹性体接触密封(主要采用橡胶材料)两种类型。一般来说,接触式密封的密封性能好,由于受摩擦磨损限制,只适用于静密封或速度较低的动密封场合;而非接触式动密封可用于较高速度的动密封,使用寿命长,但其密封性较差,而且结构较为复杂。

表 1-1、表 1-2 分别介绍了工业上常用的静、动密封的类型、特点和应用。

表 1-1 常用静密封的类型、特点和应用

密封类型	图 例	工作原理	特点及应用
垫片密封		在零件密封面之间垫上由弹性材料制成、具有一定厚度的密封垫片。利用螺栓等装置压紧使垫片产生变形,以填塞密封面的不平处,达到密封的目的	结构简单,密封垫片可使用不同的材料和断面形状,密封性能与压紧力有关 广泛应用于容器结合面、管法兰连接处。工作温度范围为 $-70 \sim 600^{\circ}\text{C}$, 工作压力小于 35MPa
自紧密封		不仅由外部连接件施加的压紧力进行密封,而且还依靠介质的压力压紧密封元件,提高密封性能,介质压力越高,密封面上的压紧力就越大	介质压力直接作用在密封环上,利用密封环的弹性变形压紧在法兰的端面上,用于化工高压容器法兰的密封
胶密封		用刮涂、压注等方法将密封胶涂在需要密封的零件间隙处,靠胶的浸润性填满密封面,密封胶凝固后形成一层薄膜,起到密封作用	密封牢固,结构简单,密封效果好,但耐温性差,工作温度通常在 150°C 以下 胶密封主要用于管道密封,以及平面法兰、螺纹连接、承插连接处的密封结构
填料密封		在内管与壳体之间充以填料,用压盖和螺钉压紧,填料在压力作用下产生变形,填补可能的泄漏间隙,达到密封的目的	多用于化学、石油、制药等工业设备可拆式内伸接管的密封。根据充填材料的不同,可用于不同的温度和压力

(续)

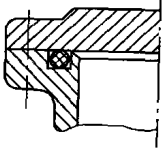
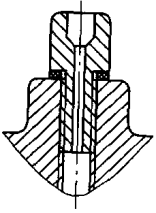
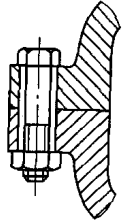
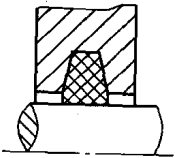
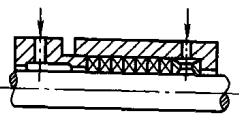
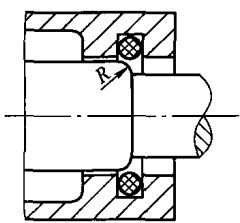
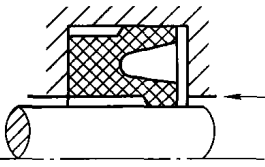
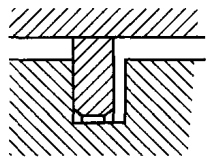
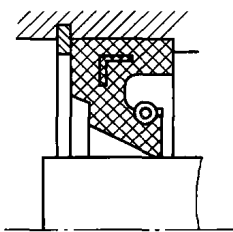
密封类型	图 例	工作原理	特点及应用
密封圈密封		密封圈装入零件的密封沟槽内, 安装后一般产生 15% ~ 30% 的压缩变形, 以有效封堵零件结合面间隙	结构简单, 密封可靠, 装拆方便。密封圈材料一般为橡胶, 也可采用空心金属环。若压力较高或者为了密封更加可靠, 可使用两个密封圈
螺纹密封		采用管螺纹或锥管螺纹。由于内外螺纹间存在配合间隙, 一般需在螺纹处放置密封材料, 如麻、密封胶或聚四氟乙烯带等, 以保证密封性能	用于公称直径 $DN \leq 50\text{mm}$ 的管道接头密封, 最高使用压力为 1.6MPa
研合面密封		靠两密封面的精密研配消除间隙, 用外力压紧 (如螺栓) 来保证密封。实际使用中, 密封面往往涂敷密封胶, 以提高严密性	密封面表面粗糙度 $Ra = 2 \sim 5\mu\text{m}$ 。自由状态下, 两密封面之间的间隙不大于 0.05mm。通常工作压力在 100MPa 以下, 介质温度小于 550℃, 要求连接螺栓能承受较大的轴向载荷。多用于汽轮机、燃气轮机等气缸接合面的密封

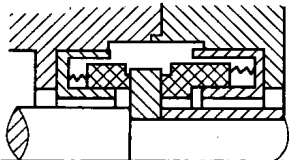
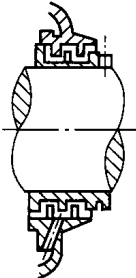
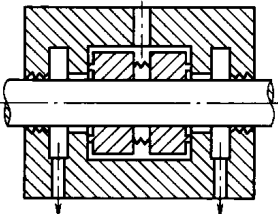
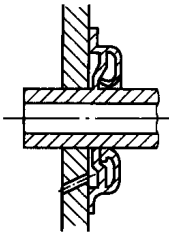
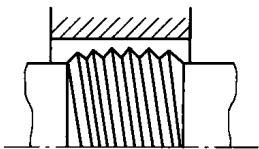
表 1-2 常用动密封的类型、特点和应用

密封类型	图 例	工作原理	特点及应用
毛毡密封		在壳体槽内填以毛毡圈, 以堵塞泄漏间隙, 达到密封的目的。毛毡具有天然弹性, 呈松孔海绵状, 可贮存润滑油并防尘。轴旋转时, 毛毡可将润滑油从轴表面刮下, 提供润滑	一般用于低速、常温、常压的电机、齿轮箱等机械中, 用以密封润滑脂、润滑油、大粘度液体以及防止粉尘, 不宜用于气体密封。工作温度不超过 90℃, 线速为 3 ~ 10m/s
填料密封		在内管与壳体之间充以填料, 用压盖和螺钉压紧, 填料在压力作用下产生变形, 填补可能的泄漏间隙, 从而达到密封的目的 由于填料压紧力沿轴向分布不均匀, 轴在靠近压盖处的磨损较快	可用于液体或气体介质往复运动和旋转运动的密封, 广泛用于各种阀门、泵类, 如水泵、真空泵等。工作压力 $\leq 35\text{MPa}$, 温度 $\leq 600^\circ\text{C}$, 线速度 $\leq 20\text{m/s}$

(续)

密封类型	图 例	工作原理	特点及应用
挤压密封		挤压型密封按密封圈的断面形状分为 O 形、方形等, 以 O 形密封圈的应用最广 挤压型密封靠密封圈安装时预先被挤压, 产生压紧力, 工作时又靠介质压力挤压密封圈, 封闭密封间隙, 达到密封的目的 结构紧凑, 所占空间小, 摩擦阻力小, 拆卸方便, 成本低	可用于往复及旋转运动的密封。密封压力从 1.33×10^{-5} MPa 的真空度到 40 MPa 的高压, 工作温度为 $-60 \sim 120^{\circ}\text{C}$, 线速度 $\leq 3 \sim 5\text{m/s}$
唇形密封		依靠密封唇的过盈量和工作介质所产生的径向压力即自紧作用, 使密封件产生弹性变形, 堵住泄漏间隙, 达到密封的目的 有 Y、V、U、L 等多种结构形式。与 O 形环密封相比, 结构较复杂, 体积大, 摩擦阻力大, 装填方便, 更换迅速	在许多场合下, 已被 O 形环所代替, 因此应用较少。现主要用于往复运动的密封, 如活塞等。有时也可作静密封件使用 常用材料有橡胶、皮革及聚四氟乙烯等
胀圈密封		带切口的弹性环放入槽中, 由于胀圈本身的弹力, 而使其外圆紧贴在壳体上, 工作时胀圈与壳体间无相对转动 由于介质压力的作用, 胀圈一端面贴合在胀圈槽的一侧, 工作时产生相对运动, 用液体进行润滑和堵漏, 从而实现密封	一般用于液体介质的密封 (因胀圈密封必须以液体润滑), 广泛用于密封油的装置。用于气体密封时, 要有油润滑摩擦面。工作温度 $\leq 200^{\circ}\text{C}$, 线速度 $\leq 10\text{m/s}$, 工作压力: 往复运动 $\leq 70\text{MPa}$, 旋转运动 $\leq 1.5\text{MPa}$
油封密封		在自由状态下, 油封内径比轴径小, 即有一定的过盈量。油封装到轴上后, 其刃口的弹力和自紧弹簧的收缩力对密封轴产生一定的径向压力, 阻断泄漏间隙, 达到密封目的 油封密封尺寸紧凑, 密封性能好, 使用寿命长。对机器的振动和主轴的偏心都有一定的适应性。拆卸容易、检修方便、价格便宜, 但不能承受高压	常用于尺寸不大的旋转传动装置中密封润滑油, 也用于封气或防尘。不同材料的油封适用情况不同: 合成橡胶: 线速度 $\leq 20\text{m/s}$, 常用于 12m/s 以下, 温度 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 皮革: 线速度 $\leq 10\text{m/s}$, 温度 $\leq 110^{\circ}\text{C}$ 聚四氟乙烯: 用于磨损严重的场合, 寿命约比橡胶高 10 倍, 但成本高

(续)

密封类型	图 例	工作原理	特点及应用
机械密封		动环和静环的端面靠弹性构件和密封介质的压力使其互相贴合并做相对转动，工作时端面间维持一层极薄的液体膜而达到密封的目的	用于密封各种不同粘度、有毒、易燃、易爆、强腐蚀性和含磨蚀性固体颗粒的介质。技术指标：轴径为 5 ~ 2000mm；工作压力为 10^{-6} （真空）~ 45MPa；温度为 - 200 ~ 450℃；速度为 150m/s
迷宫密封		在旋转件和固定件之间形成很小的曲折间隙来实现密封，流体经过许多节流间隙与膨胀空腔组成的通道，经过多次节流而产生很大的能量损耗，流体压力大为下降，使流体难于渗漏，以达到密封的目的	适用于高温、高速、大尺寸条件下的气体密封，亦可用于液体密封 广泛用于离心压缩机、汽轮机、鼓风机等设备的轴端和级间密封
浮动环密封		浮动环可以在轴上径向浮动，密封腔内通入比介质压力高的密封油。径向密封靠作用在浮动环上的弹簧力和密封油压力与隔离环贴合而达到；轴向密封靠浮动环与轴之间的狭小径向间隙对密封油产生的节流作用来实现	结构简单，检修方便，但制造精度高，需要配备复杂的自动供油系统 适用于介质压力大于 10MPa、转速为 10000 ~ 20000r/min、线速度在 100m/s 以上的流体机械，如离心压缩机、泵类的轴封
离心密封		借离心力的作用（甩油盘）将液体介质沿径向甩出，阻止液体进入泄漏缝隙，从而达到密封的目的。转速越高，密封效果越好，当转速过低或停转时，密封失效	结构简单，成本低，没有磨损，不需要维护 用于密封润滑油及其他液体，不适用于气体介质。广泛用于高温、高速的各种传动装置，以及压差为零或接近零的场合
螺旋密封		利用螺杆泵原理，当液体介质沿漏泄间隙渗漏时，借旋转轴的螺旋作用而将液体介质赶回去，以实现密封。轴不能反向旋转	结构简单，制造、安装精度要求不高，维修方便 适用于高温、高速下的液体密封，不适用于气体密封，低速下密封性能差，需设置停机密封装置

1.2 密封材料

1.2.1 密封材料的基本要求

机械设备中起密封作用的零部件称为密封件，密封件是机械产品中应用最广泛的零部件之一，也是机械产品的重要基础元件。制造密封件的材料一般应具有良好的物理和力学性能，回弹性高、塑性变形小、加工方便、不易老化。其主要的性能要求为：

- 1) 有较好的柔软性或流动性，易于与密封面结合。
- 2) 致密性好，不易泄漏介质，能达到气密、水密的目的。
- 3) 有适当的机械强度和硬度，回弹性好，压缩永久变形小。
- 4) 在工作温度范围内物理和力学性能稳定，不在零件表面粘附。
- 5) 耐蚀性好，在特定介质中能长期工作。
- 6) 接触式动密封要求密封材料的摩擦系数小，耐磨性好。
- 7) 耐老化性好，经久耐用，密封性能稳定。
- 8) 加工制造方便，价格适中。

橡胶是最常用的密封材料，如丁腈橡胶、氯丁塑胶、氟橡胶及硅橡胶。适合于做密封材料的还有石墨、聚四氟乙烯、聚氨酯、尼龙以及毛毡、皮革等。

1.2.2 常用密封材料及性能

丁腈橡胶是橡胶密封制品中最常见的材料，具有优良的耐油性，其耐油性仅次于聚硫橡胶和氟橡胶，同时具有较好的耐磨性和气密性，广泛用于制作耐油密封制品，如 O 形密封圈、油封，适用于一般的液压、气动系统，使用温度为 $-40 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 。丁腈橡胶不耐酮、酯和氯化烃等介质，不适用于磷酸酯系列液压油及含极性添加剂的齿轮油。丁腈橡胶通过特殊加氢处理可以得到氢化丁腈橡胶，其强度高、耐油、耐磨、耐热、耐老化，一般用于高温、高速的往复密封和旋转密封。

氯丁橡胶具有良好的耐油和耐溶剂性能，能用于齿轮油和变压器油，但不耐芳香族油。氯丁橡胶还具有优良的抗老化性能，可用于制作门窗密封条。氯丁橡胶对于无机酸也有良好的耐蚀性。此外，氯丁橡胶还具有良好的挠曲性和气密性，可制成膜片或真空用的密封制品。由于氯丁橡胶具有良好的粘接性能，所以还被广泛地用作胶粘剂。氯丁橡胶的缺点是耐寒性和电绝缘性差。

橡塑材料弹性模量大、强度高，性能类似于氢化丁腈橡胶，使用温度为 $-30 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，常用于制作 O 形、Y 形密封圈、防尘圈等，应用于工程机械及高压

液压系统的密封。

氟橡胶是含有氟原子的合成橡胶,具有突出的耐热和耐油性能,工作温度为 $-20\sim 250^{\circ}\text{C}$,国外研制的全氟橡胶产品,最高工作温度可达 320°C 。氟橡胶一般用于制造气缸套密封圈、橡胶碗和旋转轴唇形密封圈,使用寿命长,可用于所有润滑油、汽油、液压油及合成油,适用于耐高温、化学药品和耐燃液压油的密封,在冶金、电力等行业用途广泛。

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高压、高速系统的密封。

硅橡胶耐热、耐老化及耐寒性好,压缩永久变形小,使用温度为 $-60\sim 230^{\circ}\text{C}$,适宜制作高温零件中所需的密封垫,如强光源灯罩密封衬圈、座垫,以及食品机械的密封。硅橡胶的缺点是不耐油、机械强度低、价格昂贵,因此不宜制作耐油密封制品。

聚氨酯橡胶具有优异的耐磨性和良好的气密性,使用温度范围一般为 $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。此外还具有中等耐油、耐氧及耐臭氧老化特性,但不耐酸碱、水、蒸汽和酮。用于制造各种橡胶密封制品,如油封、O形圈和隔膜等。

氯醚橡胶兼有丁腈橡胶、氯丁橡胶和丙烯酸酯橡胶的优点,其耐油、耐热、耐臭氧、耐燃、耐碱、耐水及耐有机溶剂的性能都很好,并具有良好的工艺性能,但耐寒性较差。在使用温度不太低的情况下,氯醚橡胶仍是制造油封、密封圈、垫片、隔膜和防尘罩等密封制品的良好材料。

聚丙烯酸酯耐热性优于丁腈橡胶,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,耐水性较差,使用温度为 $-20\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。可用于各种车辆油封及各种齿轮箱、变速器,可耐中高温。

乙丙橡胶以乙烯和丙烯为主要原材料合成,乙丙橡胶的化学稳定性好,耐磨性、弹性、耐油性和丁苯橡胶接近,由于乙丙橡胶属于聚烯烃家族,因此还具有极好的硫化特性。在所有橡胶当中,乙丙橡胶具有最低的比重,可大量充油和填充炭黑,因此可以制作成本低廉的橡胶化合物。乙丙橡胶的耐气候性能好,在空气中耐老化、耐油性能一般。乙丙橡胶已广泛用于洗衣机、电视机的配件和门窗密封制品,或多种复合体剖面的胶条生产。

聚四氟乙烯化学稳定性好,耐热、耐寒性好,能耐油、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。为了克服聚四氟乙烯的冷流动性、导热性差等缺点,减少产品磨损,目前广泛采用聚四氟乙烯材料为基体,与碳纤维、聚酰亚胺、聚醚醚酮等材料复合开发无油润滑密封件,在中高压无油润滑压缩机等设备中使用。

天然橡胶与多数合成橡胶相比,具有良好的综合力学性能、较高的耐寒性、回弹性及耐磨性。天然橡胶不耐矿物油,但在植物油和醇类中较稳定。在以正丁醇与精制蓖麻油混合液组成的制动液的液压制动系统中作为密封件的胶碗、胶圈均用天然橡胶制造,一般密封胶条也常用天然橡胶制造。

尼龙是一种热塑性树脂,其耐油、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 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ 。常用于制作导向环、支撑环、压环及挡圈等零件。

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 $-40\sim 140^{\circ}\text{C}$ 。一般用于制作导向环、挡圈。

表 1-3 列出了常用密封材料的种类及用途。

表 1-3 常用密封材料的种类及用途^[1]

类 别		材 料	用 途
液 体		高分子材料	液体密封胶、厌氧胶、热熔密封胶
纤维	植物纤维	棉、麻、纸、软木	垫片、软填料、防尘密封件、夹布橡胶密封件
	动物纤维	毛、毡、皮革	垫片、软填料、成型填料、油封、防尘密封件
	矿物纤维	石棉	垫片、软填料
	人造纤维	有机合成纤维、玻璃纤维、碳纤维、陶瓷纤维	软填料、夹布橡胶密封件
弹塑性体	橡胶	天然橡胶、合成橡胶	垫片、成型密封件、油封、软填料、防尘密封件
	塑料	氟塑料、尼龙、聚乙烯、酚醛塑料、氯化聚醚、聚苯硫醚	垫片、成型密封件、油封、软填料、硬填料、活塞环、机械密封、防尘密封件
	密封胶	液态密封胶、厌氧胶	垫片、导管连接、螺纹密封
无机材料	柔性石墨	天然石墨	垫片、软填料、密封件
	碳石墨	焙烧碳、电化石墨	机械密封、硬填料、动力密封、浮环密封
	工程陶瓷	氧化铝瓷、滑石瓷、金属陶瓷、氧化硅、硼化铬	机械密封、硬填料、动力密封、间隙密封
金属	有色金属	铜、铝、铅、锌、锡及其合金	垫片、软填料、机械密封、迷宫密封、硬填料、间隙密封
	黑色金属	碳钢、铸铁、不锈钢、堆焊合金、喷涂粉末	垫片、硬填料、机械密封、活塞环、间隙密封、防尘密封件、全封闭密封件、成型填料
	硬质合金	钨钴、钨钴钛硬质合金	机械密封
	贵金属	金、银、钨、钼	高真空密封、高压密封、低温密封