

T/ACCEM

团 体 标 准

T/ACCEM XXXX—2025

沟槽密封技术在特殊工况中的应用规范

Application specifications of groove sealing technology in special conditions

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国商业企业管理协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 1

5 特殊工况下的技术要求 2

6 安装要求 3

7 检测与维护 4

8 验收要求 4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由玫德集团临沂有限公司提出。

本文件由中国商业企业管理协会归口。

本文件起草单位：玫德集团临沂有限公司。

本文件主要起草人：。

沟槽密封技术在特殊工况中的应用规范

1 范围

本文件规定了沟槽密封技术在特殊工况（如高温、高压、强腐蚀、高粉尘、低温、振动冲击等）中的设计、选材、安装、检测、维护及验收等要求。

本文件适用于涉及特殊工况的各类设备、管道系统中沟槽密封技术的应用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沟槽密封技术 groove sealing technology

通过在密封部位加工沟槽，安装密封圈、密封垫片等密封元件，利用元件的弹性变形或挤压作用实现密封功能的技术。

3.2

特殊工况 in special conditions

超出常规使用条件的工作环境，包括但不限于高温（ $>200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、高压（ $>10\text{ MPa}$ ）、强腐蚀（ $\text{pH}<2$ 或 $\text{pH}>12$ 的介质环境）、高粉尘（粉尘浓度 $>50\text{ g/m}^3$ ）、低温（ $<-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、剧烈振动冲击（振动加速度 $>5\text{ g}$ ）等工况条件。

3.3

密封泄漏率 seal leakage rate

在规定的压力、温度等条件下，单位时间内通过密封部位泄漏介质的体积或质量。

4 基本要求

4.1 设计要求

4.1.1 密封系统设计应考虑特殊工况的具体参数，如温度、压力、介质特性等，进行力学分析、热膨胀计算和密封可靠性评估。采用计算机辅助设计（CAD）、有限元分析（FEA）等手段优化设计方案。

4.1.2 沟槽的形状、尺寸应根据密封元件的类型和性能参数进行设计，确保密封元件安装后能有效实现密封功能。沟槽深度、宽度公差应控制在合理范围内，具体公差要求根据密封元件的精度等级确定。

4.2 材料要求

4.2.1 密封元件材料应具有良好的密封性能、耐温性、耐腐蚀性、耐磨损性和抗老化性能，性能参数如表 1 所示。

表 1 密封元件材料性能参数表

工况类型	材料名称	耐温范围	耐压等级	耐腐蚀指标	机械性能
高温工况	石墨	$-200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\geq 10\text{ MPa}$	—	抗压强度 $\geq 30\text{ MPa}$, 线膨胀系数 $\leq 5\times 10^{-6}$
	PTFE 填充碳纤维	$-180\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 280\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\geq 15\text{ MPa}$	—	拉伸强度 $\geq 25\text{ MPa}$, 摩擦系数 ≤ 0.1

表1 密封元件材料性能参数表（续）

工况类型	材料名称	耐温范围	耐压等级	耐腐蚀指标	机械性能
低温工况	乙丙橡胶（EPDM）	-50℃~150℃	≥8 MPa	耐油膨胀率≤10%（标准油浸泡 72 h）	扯断伸长率≥500%， 硬度 60±5（邵氏 A）
	氟橡胶（FKM）	-25℃~200℃	≥12 MPa	耐酸蚀（pH=1 介质，浸泡 30 天）≤5%	扯断永久变形≤20%
强腐蚀工况	哈氏合金 C-276	-196℃~1 300℃	≥20 MPa	腐蚀速率≤0.1mm/a（pH=1 盐酸）	抗拉强度≥690 MPa，屈服强度≥310 MPa
	全氟醚橡胶（FFKM）	-20℃~26℃	≥10 MPa	体积变化率≤5%（98%硫酸浸泡）	拉伸强度≥15 MPa， 断裂伸长率≥200%

4.2.2 密封元件材料应提供材料质量证明文件、性能检测报告等资料。材料供应商应具备相应的生产资质和质量保证能力。

4.3 制造要求

4.3.1 密封元件的制造应按照工艺规程进行，确保尺寸精度、表面质量和物理性能符合设计要求。制造过程中应进行必要的质量检验，包括尺寸测量、硬度测试、拉伸强度测试等。

4.3.2 沟槽加工应采用先进的加工设备和工艺方法，保证沟槽表面粗糙度、尺寸精度符合设计要求。加工后的沟槽表面应无裂纹、砂眼、气孔等缺陷，必要时进行表面处理，如镀铬、涂覆防腐涂层等。沟槽加工精度与表面处理见表 2。

表 2 沟槽加工精度与表面处理

项目	一般工况	高压/强腐蚀工况	检测工具
表面粗糙度	Ra≤3.2 μm	Ra≤1.6 μm	粗糙度测量仪
宽度公差	±0.05 mm	±0.03 mm	游标卡尺/三坐标测量
深度公差	±0.03 mm	±0.02 mm	深度千分尺
镀铬层厚度	—	10 μm~20 μm	膜厚仪
防腐涂层厚度	—	≥100 μm（环氧树脂）	磁性测厚仪

5 特殊工况下的技术要求

5.1 高温工况

5.1.1 密封元件应具有耐高温性能，在高温环境下不应出现软化、变形、分解等现象。密封元件的最高使用温度应高于实际工作温度 20℃ 以上。

5.1.2 设计时应考虑热膨胀对密封系统的影响，预留足够的膨胀间隙，采用弹性补偿结构或膨胀节等装置，防止因热膨胀导致密封失效。

5.1.3 定期对密封系统进行检查，监测密封元件的老化程度和密封性能，发现问题及时更换密封元件。

5.2 高压工况

5.2.1 密封元件应具有足够的强度和耐压性能，能承受系统工作压力及可能出现的压力波动。密封元件的耐压等级应高于系统设计压力 1.5 倍以上。

5.2.2 加强密封结构的设计，采用多级密封、金属密封等高强度密封形式，提高密封系统的可靠性。

5.2.3 安装过程中应控制密封元件的压缩量，确保密封元件均匀受压，避免因局部应力集中导致密封失效。多级密封压力分配见表 3。

表 3 多级密封压力分配表

密封层级	压力承受比列	适用密封形式	泄漏率标准
首级密封	60%	金属波纹管密封	$\leq 1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
次级密封	30%	橡胶O型圈 + 挡圈	$\leq 5 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
第三级密封	10%	聚四氟乙烯唇形密封	$\leq 1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

5.3 强腐蚀工况

- 5.3.1 选用耐腐蚀性能优异的密封元件材料，确保密封元件在强腐蚀介质环境下长期稳定运行。对密封元件材料进行耐腐蚀性试验，验证其耐腐蚀性能。
- 5.3.2 对密封系统进行防腐处理，如采用防腐涂层、衬里等措施，保护密封元件和密封结构不受腐蚀介质的侵蚀。
- 5.3.3 定期对密封系统进行检查和维护，监测密封元件的腐蚀情况，及时更换受损的密封元件。

5.4 高粉尘工况

- 5.4.1 采用防尘密封结构，如迷宫式密封、唇形密封等，防止粉尘进入密封部位，影响密封性能。在密封元件周围设置防尘装置，如防尘罩、防尘圈等。防尘密封结构参数见表 4。

表 4 防尘密封结构参数表

防尘形式	径向间隙	轴向齿间距	使用寿命
迷宫式密封	$\leq 0.5 \text{ mm}$	$\leq 2 \text{ mm}$	粉尘浓度 $100\text{g}/\text{m}^3$ 时 $\geq 5\,000 \text{ h}$
唇形密封+防尘圈	$\leq 0.3 \text{ mm}$	—	磨损量 $\leq 0.1 \text{ mm}/1\,000 \text{ h}$

- 5.4.2 定期清理密封部位的粉尘，保持密封表面清洁。对密封元件进行检查，防止粉尘磨损密封元件。
- 5.4.3 选择耐磨性好的密封元件材料，提高密封元件的使用寿命。

5.5 低温工况

- 5.5.1 密封元件应具有良好的耐低温性能，在低温环境下保持良好的弹性和密封性能。密封元件的最低使用温度应低于实际工作温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。
- 5.5.2 防止密封系统在低温环境下出现结冰、结霜等现象，可采用保温、伴热等措施，保持密封系统的温度在合理范围内。
- 5.5.3 安装过程中注意密封元件的柔韧性，避免因低温导致密封元件脆裂。

5.6 振动冲击工况

- 5.6.1 采用具有良好弹性和缓冲性能的密封元件，如橡胶密封圈、弹簧蓄能密封圈等，吸收振动和冲击能量，减少对密封系统的影响。密封元件抗振性能见表 5。

表 5 密封元件抗振性能表

密封元件类型	振动频率范围	冲击加速度	弹力衰减率 (10^6 次循环)
弹簧蓄能密封圈	$10 \text{ Hz} \sim 50 \text{ Hz}$	$\leq 10 \text{ g}$	$\leq 10\%$
橡胶复合密封垫	$5 \text{ Hz} \sim 30 \text{ Hz}$	$\leq 8 \text{ g}$	永久变形 $\leq 5\%$

- 5.6.2 加强密封结构的固定和支撑，提高密封系统的抗振性能。采用防松措施，防止密封元件和密封结构在振动冲击作用下松动。
- 5.6.3 定期对密封系统进行检查，监测密封元件的磨损和松动情况，及时进行调整和更换。

6 安装要求

6.1 安装前准备

- 6.1.1 检查密封元件、密封沟槽及相关零部件的质量，确保其符合设计要求和本文件规定。密封元件表面应无划痕、破损等缺陷，密封沟槽尺寸、表面质量应符合要求。

- 6.1.2 清洁密封部位，去除油污、杂质、铁锈等，保持密封表面清洁干燥。采用专用清洁剂和清洁工具进行清洁，清洁后用干净的布擦拭密封表面。
- 6.1.3 准备好安装所需的工具和设备，如扳手、螺丝刀、密封胶、测量仪器等。

6.2 安装过程

- 6.2.1 按照设计要求和安装说明书正确安装密封元件，确保密封元件安装位置准确、方向正确。安装过程中避免损伤密封元件。
- 6.2.2 控制密封元件的压缩量，根据密封元件的类型和设计要求的，采用合适的安装工具和方法，确保密封元件均匀受压。压缩量应符合设计规定，误差控制在±5% 以内。
- 6.2.3 安装密封结构时，应保证各部件连接牢固、密封可靠。螺栓应均匀拧紧，避免局部应力集中。拧紧力矩应符合设计要求，采用力矩扳手进行拧紧操作。密封元件压缩量与螺栓扭矩见表 6。

表 6 密封元件压缩量与螺栓扭矩表

密封元件类型	压缩率范围	螺栓预紧扭矩公式	扭矩误差控制
0 型圈（橡胶）	15%~20%	$T=0.2\tilde{A} \tilde{D}\tilde{A} P$ （D为螺栓直径，P为设计压力）	±5%
金属缠绕垫片	8%~12%	$T=0.15\tilde{A} \tilde{D}\tilde{A} P$	±3%

6.3 安装后检查

- 6.3.1 检查密封元件的安装状态，确保密封元件无扭曲、变形、移位等现象。
- 6.3.2 对密封系统进行压力试验或泄漏测试，检查密封性能是否符合要求。试验压力和测试方法应符合相关标准和设计要求。
- 6.3.3 对安装后的密封系统进行外观检查，确保密封结构安装正确、连接牢固，无松动、泄漏等现象。

7 检测与维护

7.1 检测要求

- 7.1.1 定期对密封系统进行检测，检测周期根据特殊工况的恶劣程度和密封系统的重要性确定，不宜超过 6 个月。
- 7.1.2 检测内容包括密封元件的外观检查、尺寸测量、硬度测试、密封泄漏率测试等。采用先进的检测仪器和方法，如超声波检漏仪、红外热像仪等，提高检测的准确性和效率。
- 7.1.3 对检测结果进行记录和分析，建立密封系统检测档案，及时发现密封系统存在的问题，采取相应的措施进行处理。泄漏率检测标准见表 7。

表 7 泄漏率检测标准表

工况类型	气体泄漏率	液体泄漏率	检测压力
高温/高压工况	$\leq 5\times 10^{-9} Pa\cdot m^3/s$	$\leq 0.1\text{ ml/h}$	1.1 倍工作压力
一般工况	$\leq 1\times 10^{-8} Pa\cdot m^3/s$	$\leq 0.5\text{ ml/h}$	1.0 倍工作压力

7.2 维护要求

- 7.2.1 根据检测结果和密封系统的运行状况，及时对密封系统进行维护和保养。维护内容包括密封元件的更换、密封结构的调整、密封表面的清洁和修复等。
- 7.2.2 制定密封系统维护计划，明确维护内容、维护周期和维护责任人。维护过程中应严格按照维护规程进行操作，确保维护质量。
- 7.2.3 对维护后的密封系统进行检查和测试，确保密封系统恢复正常运行状态。

8 验收要求

8.1 验收条件

- 8.1.1 密封系统的设计、制造、安装和检测等工作已全部完成，并符合本文件和相关设计文件的要求。
- 8.1.2 提供完整的技术资料，包括设计图纸、材料质量证明文件、制造检验记录、安装调试记录、检测报告等。

8.2 验收内容

- 8.2.1 对密封系统的外观进行检查，确保密封结构安装正确、连接牢固，无明显缺陷。
- 8.2.2 检查密封系统的性能指标，如密封泄漏率、耐压性能、耐温性能等，应符合设计要求和本文件规定。
- 8.2.3 审查技术资料，确保资料齐全、准确、有效。

8.3 验收结论

- 8.3.1 经检查和测试，密封系统各项指标符合要求，技术资料齐全，验收合格。
 - 8.3.2 如发现密封系统存在问题，验收不合格，应责令相关单位进行整改，整改完成后重新进行验收。
-