

API 610 第 12 版机封防护罩设计与应用研究

司璐 杨骄 裴军辉
大连市大耐泵业有限公司 辽宁大连
DOI: 10.32629/ems.v8i7.21173

[摘 要] 本研究围绕 API 610 第 12 版中机封防护罩的强制性技术要求展开，针对石油化工离心泵机封区域的安全防护要求，采用标准解析-理论设计-试验验证-工程应用的技术路线，系统研究机封防护罩的材料选型、结构设计、性能评价及工况适配方法。最后通过典型企业的工程案例，验证优化方案的实用性与合规性。研究成果填补了国内机封防护罩定制化设计的技术空白，为 API 610 标准落地提供了理论依据与工程参考。

[关键词] API 610 第 12 版；机封防护罩；离心泵；安全防护；结构优化；性能验证

一、绪论

1. 研究背景与意义

近年来由于石油化工厂频发安全事故，为提高离心泵的使用安全性能，API610 第 12 版提出在轴承支架机封窗口处增加机封防护罩，用来防止人员接触转动部件造成伤害、异物卷入导致设备故障。

2. 研究内容

通过深度解析 API610 第 12 版关于机封防护罩的要求，材质选择，二维三维建模，加工成品，现场测试，总结结论，归纳不足来提高离心泵使用安全性能。

3. 论文创新点

根据机封冲洗方案的变化无需特定调整防护罩中预留冲洗管路引出孔的结构设计，提出一种自适应多工况的动态密封防护方案，突破固定式结构的局限性，实现通用性，提高工作效率。

二、API 610第12版机封防护罩标准体系深度解析

泵制造厂通过使用金属薄板覆盖轴承箱与机械密封之间的裸露转轴部分，实现不影响观察机封状态和散热的情况下防止人员和异物接触泵转动部分造成事故。

三、机封防护罩材质选择

1. 候选材料

金属材料：碳钢、304 不锈钢、316L 不锈钢、哈氏合金、铝的力学性能、耐腐蚀性、成本对比。

2. 材料对比结果

力学性能对比

材料类型	抗拉强度（σ _b ）	屈服强度（σ _s /σ _{0.2} ）
碳钢	375~500	235
304 不锈钢	515~620	205
316L 不锈钢	485~580	170
哈氏合金 C276	720~895	276~345
铝	120~145	100~200

耐腐蚀性对比

材料类型	综合耐腐蚀性能等级	耐大气腐蚀	耐酸性	耐碱性	耐氯离子点蚀
碳钢	★（极差）	差	差	中	差
304 不锈钢	★★★★（良好）	优秀	差	良好	中
316L 不锈钢	★★★★★（优秀）	优秀	中	良好	良好
哈氏合金 C276	★★★★★（卓越）	优秀	优秀	优秀	卓越
铝	★★★（良好）	良好	差	差	良好

价格对比

材料类型	价格（元/公斤）
碳钢	3.2~3.4
304 不锈钢	12.4~14.2
316L 不锈钢	22.8~27
哈氏合金 C276	420~550
铝	23.8~25.2

结论：根据力学性能、耐腐蚀性和价格对比优先选择铝

作为机封防护罩材质的首选。

原因：不同离心泵的机封窗口形状不同，用铝制可以容易按照相应形状进行弯折，大大降低机封防护罩制作难度。可通过喷漆提高机封防护罩的耐腐蚀能力，铝的价格亦便宜。

四、机封防护罩结构设计

1. 二维三维几何建模

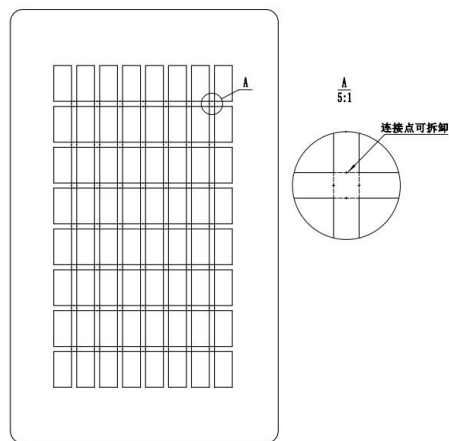
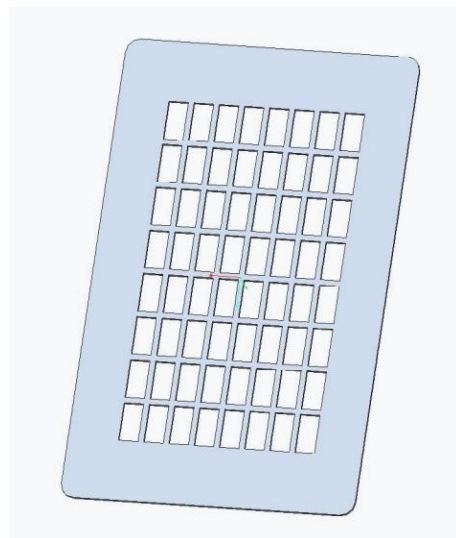
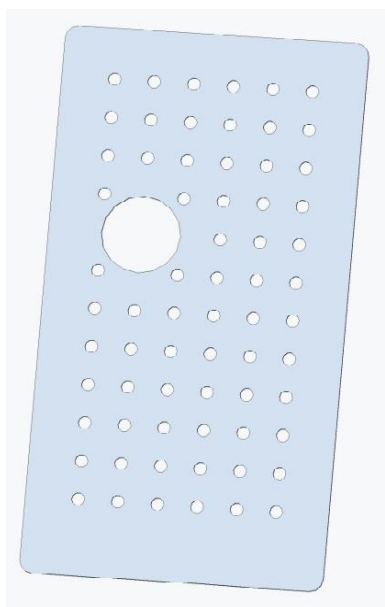
建模软件: Creo Parametric 10.0.1.0、CAXA CAD 电子

图板 2015

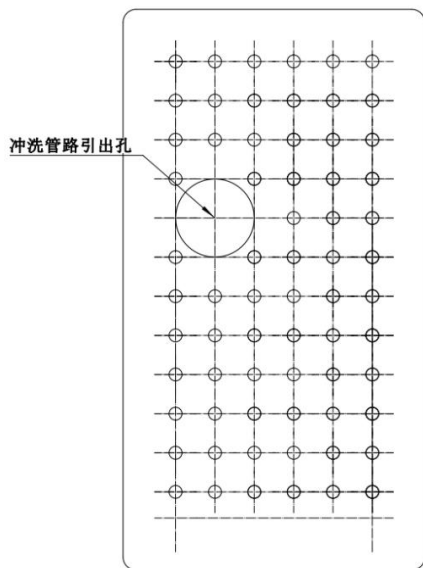
建模依据: 某企业 API 610 OH2 型离心泵机封区域尺寸
(覆盖区域弧长 170mm, 宽度 105mm)。

模型简化: 忽略螺栓连接孔等次要特征, 保留通风孔、
观测窗口核心结构。

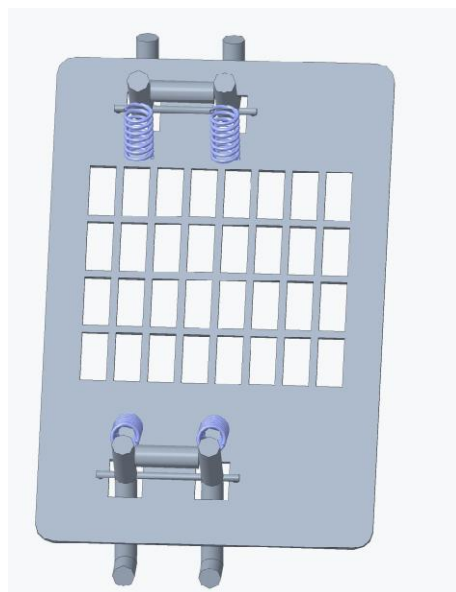
方案 1: 通风孔、观察窗口设置圆形固定式结构

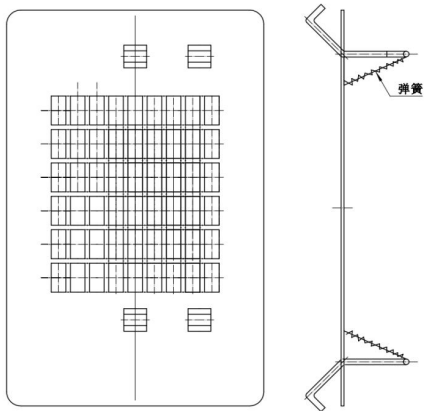


方案 3: 连接方式改为夹紧式



方案 2: 通风孔、观察孔设置可拆卸金属板





总结：

	优点	缺点
方案 1	结构简单，强度高	冲洗管路引出孔需要随冲洗管路位置改变而改变
方案 2	不需要随管路变化预留引出孔	强度较为不高
方案 3	不需要在轴承支架上钻螺纹孔	造价高

结论：根据造价，安装方便，优先选择方案 2，若现场环境苛刻轴承支架无法钻孔可选择方案 3。

五、机封防护罩原型制作与性能测试

1. 机封防护罩制作

取厚度 1mm 铝板，通过激光切割轮廓尺寸和观察孔，再利用微切割留余可拆卸点。

2. 测试指标与合格标准

测试指标	测试方法	合格标准 (API610 最新版)
静态强度	安装在泵后进行性能实验	无永久性变形、破裂
观测清晰度	目视观察	清晰可见机封工作状态
安全性	用直径 10mm 杂物或手指穿过机封防护罩	无法进去防护区域
通风效率	泵性能测试，检测机封位置温度变化	机封区域温度稳定

结论：该方案机封防护罩性能满足 API610 第 12 版要求。

六、机封防护罩工程应用案例分析

1. 案例背景与工况概况

用户：某水务工程有限公司

设备：API610 第 12 版 OH2 型离心泵，输送介质为非放

射性工业废水，温度 50℃，压力 0.1MPa。

问题：无机封防护罩，存在安全隐患，无法通过验收

2. 防护罩选型与适配设计

选择 1mm 厚度铝板，根据机封处窗口尺寸，调整机封防护罩大小与安装孔位置。

3. 安装实施流程

轴承支架相应位置钻螺纹孔，将制作好的机封防护罩贴紧机封窗口，根据冲洗管路位置去除可拆卸块并用螺栓将其固定在轴承支架上。

4. 应用效果监测与分析

①人员接触风险：完全消除，实现机封区域全覆盖

②异物侵入风险：运行 3 个月，无异物进入防护区域

③运维效率：防护罩拆卸时间≤3min，较传统防护装置缩短 80%

七、结论与展望

1. 研究结论

根据 API610 第 12 版要求完成对机封防护罩的设计以及理论实践，实现提高离心泵使用安全性能，解决了通风、防护与观测的矛盾，提高了工作效率，降低制造成本。

2. 研究不足

仿真分析未考虑极端工况（如低温）下的材料性能衰减。

3. 未来研究展望

研发智能化防护罩：集成温度、振动、泄漏传感器，实现机封状态实时监测与预警。

[参考文献]

[1]美国石油协会. API 610 石油、石化和天然气工业用离心泵[S]. 第 12 版.

[2]美国石油协会. API 686 机械设备安装和安装设计建议惯例[S]. 第 2 版.

[3]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 机械安全 防护罩 设计与构造的通用要求 GB/T 8196-2018[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.

[4]石油化工用机泵工程设计规范 GB/T 51007-2014[S]. 北京:中国计划出版社, 2014.

[5]生产设备安全卫生设计总则 GB 5083-2023[S]. 北京:中国标准出版社, 2023.