

# 干式气柜胶膜失效分析及检修要点

刘杰

中石化工程质量监测有限公司华中分公司

DOI:10.12238/jpm.v3i8.5205

**[摘要]** 橡胶膜是干式气柜的核心密封构件和安全运行的关键。本文通过对干式气柜橡胶膜的失效案例进行分析,从胶膜材质升级、优化生产过程控制及加强检修质量管理等方面提出改进意见,以延长橡胶膜的使用寿命,保障气柜的安全运行。

**[关键词]** 气柜; 胶膜; 芳烃; 失效

中图分类号: X83 文献标识码: A

## Failure analysis and maintenance key points of dry gas cabinet rubber film

Jie Liu

Sinopec engineering quality monitoring Co., Ltd. central China branch

**[Abstract]** Rubber film is the core sealing component of dry air cabinet and the key to safe operation. By analyzing the failure case of the rubber film of the dry air cabinet, the rubber film material upgrade, optimizing the production process control and strengthening the maintenance quality management are put forward to extend the service life of the rubber film and ensure the safe operation of the gas cabinet.

**[Key words]** gas cabinet rubber film aromatic hydrocarbon failure

气柜是炼化企业瓦斯系统中一项重要设施,它主要是回收储存各生产装置排放出来的瓦斯,并通过升压系统送至高压瓦斯管网,经脱硫后供各装置作燃料燃烧,起到平衡瓦斯系统压力、为装置提供原料、减少火炬排放的作用。干式气柜是目前国内比较先进的一种气柜,与湿式气柜相比,它具有不产生大量污水、运行管理和维修方便、占地少、维护费用低等优点,但也存在胶膜密封泄漏时查找和处理漏点困难的缺点。本文从干式气柜的结构原理及检修过程出发,结合胶膜的失效案例,提出胶膜材质升级、优化生产过程控制及加强检修质量管理等方面的改进意见,以延长橡胶膜的使用寿命,保障气柜及瓦斯系统的安全运行。

### 1 干式气柜的结构原理

干式气柜采用卷帘型橡胶膜密封,气柜主要由柜体、活塞、密封橡胶膜三部分构成。气柜的柜体是由壁板、底板、柜顶、立柱及中央通气帽组成的一个圆柱体结构,柜体内部有一个可升降运动的活塞,活塞设有波形防护板、调平装置、限位设施等部件,壁板与活塞之间采用合成橡胶制的薄膜密封。生产装置排放的瓦斯通过低压瓦斯管网汇集起来,进入到气柜内;当气柜储量较高或高压瓦斯管网压力低时,压缩机抽取气柜内的瓦斯,活塞随着瓦斯进出量的变化带动橡胶膜进行升降。

### 2 气柜故障描述

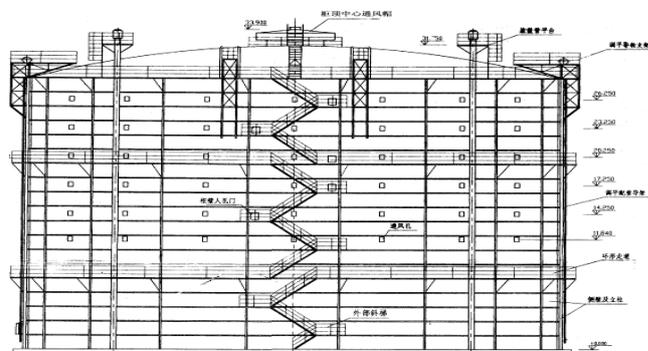


图1 干式气柜结构示意图



图2 干式气柜内部结构现场图

某炼化公司一台10000m<sup>3</sup>干式气柜的柜顶可燃报警器于2016年发生连续报警,经现场多次活塞升降观察,在活塞处于5~9m位置时泄漏量较大,能明显听到不少于两处漏气声。通过可燃燃气报警器的报警、气柜活塞升降观察及泄漏声音的位置区间,基本确定为气柜橡胶膜发生泄漏。为确保气柜的运行安全,同时减轻对生产环保的冲击,该公司决定将气柜临时停用、进行抢险性维修。

### 3 胶膜失效分析

#### 3.1 芳烃组份造成胶膜粘接缝失效

2006年,该气柜橡胶膜发生泄漏,实际运行不到1年。通过拆除橡胶膜后发现,胶膜在粘接部位普遍出现粘接剂稀粘、成泪滴状流淌现象,初步分析为粘接缝粘接失效。厂家到现场查看后,提出生产过程可能超设计范围。经对瓦斯跟踪采样分析,发现芳烃体积占比达0.01~10.74%(见表1)。查原始设计资料发现,气柜胶膜材质为丁腈胶+PVC,设计使用寿命不低于8年,设计时考虑了瓦斯介质中的硫化氢、氢气等常见危害组份对胶膜的影响,未识别到介质中可能含芳烃(见表2),而胶膜采用的粘接剂与芳烃存在互溶性。氢气、硫化氢含量也远超设计值,进一步加速胶膜老化(见表3)。经与厂家、设计沟通,重新优化了气柜橡胶膜的氢气、硫化氢、芳烃等主要危害介质的设防要求,同时在生产过程中对氢气、芳烃、硫化氢等危害性介质向瓦斯系统排放采取了控制措施。该胶膜自2006年更换后,一直安全运行至2011年。

表1 胶膜失效时的系统瓦斯采样数据(主要危害介质),体积分数%

样品名称	C6及以上	氢气	硫化氢	氧气	一氧化碳
瓦斯气	3.08	24.29	5.15		0.05
瓦斯气	10.74	40.74	0.00	0.41	0.23
瓦斯气	0.27	26.13	13.54	1.65	0.04
瓦斯气	0.01	38.79	11.29	0.00	0.00

表2 胶膜设计时气柜储存介质未考虑芳烃组分

序号	介质成分	含量(%)	序号	介质成分	含量(%)
1	甲烷	32.77	11	反丁烯-2	0.21
2	乙烷	3.52	12	顺丁烯-2	0.13
3	丙烷	6.77	13	戊烯-1	0.14
4	异丁烷	1.21	14	二甲基丁烯-1	0.05
5	正丁烷	2.16	15	二甲基丁烯-2	0.04
6	异戊烷	0.70	16	反戊烯-2	0.07
7	正戊烷	1.24	17	二氧化碳	0.16
8	乙烯	3.80	18	硫化氢	1.89
9	丙烯	6.08	19	氢气	27.5
10	丁烯、异丁烯	0.75	20	空气	11.0

表3 胶膜失效前气柜瓦斯采样数据(主要危害介质),体积分数%

样品名称	氢气	C5-, C6+	硫化氢	氧气	一氧化碳
瓦斯气	44.59	0.72	3.10	0.00	0.20
瓦斯气	20.79	6.87	8.16	0.00	0.00

#### 3.2 检修造成胶膜损伤

2011年,该气柜胶膜再次发生泄漏,经拆检后共发现3处漏点,漏点处成月牙、半圆环状,同时在胶膜其他未泄漏的部位还发现了多处直径约50mm的环形损伤,初步分析为检修时脚手架搭设不规范、架杆对橡胶膜产生了机械损伤。该气柜在2006年更换胶膜时,曾在活塞板上搭设脚手架板用于新胶膜的展膜作业,搭设脚手架时部分架杆露头,展膜时下方未铺垫层,受胶膜自重及人员踩踏影响而造成胶膜损伤。胶膜在反复升降运动时加剧损伤部位的磨损、褶皱,从而导致疲劳破损。经架杆与胶膜损伤部位比对,痕迹基本吻合。

#### 3.3 构件挤压及运行老化造成胶膜失效

2016年该气柜胶膜再次泄漏,通过对气柜鼓风、进行活塞升降试验发现,在5~9m区间的两处橡胶膜漏点均因波形防护板间距不当造成,其中1处防护板间距不足2mm(见图2),波形防护板受反复挤压开裂而划破胶膜,另1处防护板间距近30mm(见图3),间距过大使得胶膜被挤入缝隙后、被反复挤压磨破,伤痕长约0.8m;气柜活塞立起支撑时的下端胶膜多处出现扭曲、泄漏(见图4),柜顶导向滑轮轴承损坏且固定螺栓松动,分析为气柜在活塞升降时晃动加剧造成胶膜偏向、扭曲变形,同时活塞下端的定位轮使用11年后其外防护橡胶层出现老化破裂、轴部磨损(见图5),反复不规则碾压下端胶膜造成穿孔。



图3 波形板开裂、变形



图4 波形板间距不一、局部过大



图5 活塞支撑立起时的胶膜扭曲褶皱、向内卷曲



图6 活塞下限位轮橡胶脱落、轴承损坏

### 3.4 其他可能原因

2016年该公司投用了一套苯抽提装置,在生产过程中可能为低压瓦斯系统提供了芳烃组份;以往装置异常时更多的是考虑装置的安全平稳运行,很少关注排放大量低压瓦斯后造成气柜活塞快速上升,或高压瓦斯直接从火炬处排放时对气柜形成“倒抽”效应造成活塞快速下降,均会对橡胶膜造成严重冲击;该气柜设计时只考虑了入口阀的高高报联锁,没有设置出口阀的低低报联锁,也没有气柜活塞最大升降速度报警和联锁控制。

## 4 胶膜更换检修要点

### 4.1 壁板开胶膜进出通道

在柜壁板下部开一处胶膜进出通道是干式气柜更换胶膜常用的方案,2006年、2011年均采用此种方式。该方案需要保护性拆除内部影响胶膜进出的钢结构及波纹板、制作胶膜专用运输平台,更换完后再恢复拆除波形防护板、活塞钢结构及壁板。密封膜更换要点为:

4.1.1 活塞落后后拆除气柜开门位置的胶膜,拆除范围要比开门划线周边大0.5米左右,防止开孔时点燃胶膜发生火灾事故。

4.1.2 根据胶膜尺寸制作专用吊耳(见图7)、密封膜运输平台,在柜顶透光空处安装吊装支架。

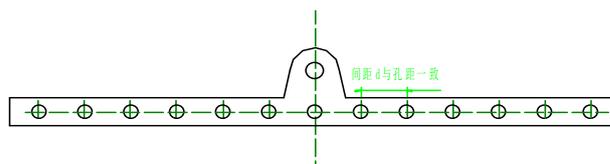


图7 专用吊耳示意图

4.1.3 在下部柜壁板由内向外切割开胶膜进出通道一处,门外侧焊吊耳。为防止变形,开门划线两侧槽钢进行加固。拆除影响更换密封膜的活塞构架、波形防护板,拆除前先做好标记。

4.1.4 拆除旧密封膜,将拆除的旧膜分成块平铺在活塞上部搭设的平台上,用于新膜展膜时防护。活塞上部搭设的平台要平整且无杂物和突出物,防护要满铺。

4.1.5 重点检查清理柜内壁T型挡板壁板、波形防护板、活塞表面、密封角钢、压条、导向装置等设施,按原设计图纸及先前的定位标记恢复波形防护板,对整圈波形防护板间距按要求(19.3mm)均匀调整,恢复拆除的活塞构架。

4.1.6 检查有无影响新膜安装的不利因素并处理,包括锐物、毛刺是否处理完毕,柜顶及活塞走到平台有无焊条、螺栓、工具等杂物可能掉落入新膜中等。同时完成其他检修项目,确保新膜安装完后柜内及顶部无用火作业。确认完毕后将新密封膜运进气柜,开箱检验合格后进行人工展膜。

4.1.7 将密封膜孔、密封槽钢和密封角钢孔做好上下对应标识,按吊点顺序安装吊耳及防护布。通过柜顶吊装支架上的吊葫芦吊装密封胶膜,吊装时统一指挥,缓慢升降,防止升降速度不一致、受力不均匀损坏密封膜。安装胶膜时先安装外圈密封装置,密封角钢、槽钢与胶膜间使用与胶膜配套的密封胶并按“∞”

字形轨迹涂抹,用密封压条压紧,上下紧固螺栓一一对应,不得偏斜、错位,使胶膜自然下垂,再安装定位内圈密封装置,不得产生扭曲、皱褶。

4.1.8安装定位内圈密封装置时,预留封门位置胶膜,尺寸比开门尺寸大0.5米,待封门后再安装预留位置的密封胶膜。

4.1.9在对气柜检修内容及质量全面验收后进行充气调试、气密及试运。重点检查气柜活塞上下运动的水平度和平稳性,导轮导向装置的可靠性,调平装置的传动可靠性、平稳性和灵活性,自动放散装置的可靠性、灵动性,手动放散装置的可靠性、灵动性,柜容指示仪及雷达液位的准确性,报警及联锁调试,气柜及胶膜严密性。

#### 4.2顶板开胶膜进出通道

相较于气柜壁板开孔更换胶膜的方式,顶板开孔不需要制作专用运输平台、处理罐壁焊缝、拆除活塞构件及波形防护板等,施工简单,周期更短。2016年气柜更换胶膜时采取了该方案。该方案胶膜更换要点为:

4.2.1根据新胶膜装箱尺寸及吊装要求,在柜顶板沿焊缝位置开胶膜进出口通道,为防止变形及人员坠落,开孔处焊槽钢加固并安装防护栏。后续同4.1.2、4.1.4、4.1.5。

4.2.2检查有无影响新膜安装的不利因素,包括锐物、毛刺是否处理完毕,柜顶及活塞走到平台有无焊条、螺栓、工具等杂物可能掉落入新膜中等。完成其他检修项目后将新密封膜运进气柜并封柜顶的开孔,确保新膜安装完后柜内及顶部无用火作业。新膜开箱检验合格后进行人工展膜。

4.2.3后续同4.1.7、4.1.9。

### 5 结语及建议

气柜是平衡瓦斯系统、促进节能生产、确保安全环保的一项重要设施,一旦发生故障,影响全厂安全生产,也会面临检修工期紧张、维修不足等问题。因此,应做好气柜日常维护等基础性工作,在检修前做好充分技术储备和组织策划,提高气柜检修质量和完整性水平。

2016年气柜更换橡胶密封膜时采用了氢化丁腈橡胶(德国朗盛3466)胶料,其物理机械性能、抗老化、耐油、密封膜胶布及接缝性能均有所提高,同时增加了耐水、耐寒性能要求,胶膜

承诺使用寿命不低于10年。

重视气柜防腐及本体的检修。该气柜顶板原设计厚度为5mm,2016年检修时测厚最薄处仅2.7mm,因工期紧张未进行处理。应对顶板加强测厚,确定顶板减薄处贴板或整体更换方案,同时加强顶板内外防腐管理,延缓顶板减薄速度。

该气柜放散阀及钢丝绳为碳钢材质,放散阀阀体及阀芯腐蚀严重,钢丝绳锈蚀起毛,建议均升级为不锈钢材质。

加强活动部件及易损件的检修维护。如活塞定位轮、轴承部位如使用寿命达不到两个检修周期,则应在检修时进行强制更换。

加强工艺生产过程控制,特别是加强芳烃、硫化氢、氢气的分析监测,杜绝向瓦斯系统直接大量排放芳烃、硫化氢的情况;气柜操作要平稳,要关注装置向系统排放瓦斯的压力和量的变化,避免排放大量低压瓦斯冲击气柜或高压瓦斯排放时倒抽气柜造成活塞快速升降;完善气柜工艺报警及联锁控制,建议增设低低报联锁及活塞最大升降速度报警联锁。

#### [参考文献]

[1]周海林.2万m<sup>3</sup>卷帘型干式气柜密封结构特点及施工[J].河南化工,2001,(4):29-30.

[2]刘素,刘伟冲,陈建锋,等.干式气柜安装的关键环节[J].石油工程建设,2010,36(2):37-39.

[3]李宗林.卷帘型干式气柜检修过程的危害分析及对策[J].安全、健康和环境,2008,8(5):17-19.

[4]张霞.干式威金斯气柜橡胶密封膜及其应用[J].材料开发与应用,2000,(03):26-29.

[5]苏煜.威金斯干式气柜用橡胶密封膜应用探讨[J].广东造船,2003,(03):34-36+33.

[6]曾流民,威金斯橡胶密封膜干式气柜施工技术开发与应用.天津市,天津市机电设备安装公司,2008-07-30.

#### 作者简介:

刘杰(1987—),男,湖北省随州市人,大学本科,中级工程师,研究方向:压力容器、压力管道等特种定期检验,常压储罐管理及检验。