

# Discussion on the Performance Improvement Methods of Pressure Vessels in Use

Yun Song

Sinopec Petroleum Engineering Machinery Co., Ltd. Fourth Machinery Factory, Jingzhou, Hubei, 434020, China

## Abstract

This paper takes the performance improvement process of two pressure vessels in the field as an example, and describes the ideas and methods of on-line production of pressure vessel performance improvement. Contact the actual situation, conduct rigorous investigation and analysis of equipment that needs to be improved, and find the cause of poor performance safely and quickly. Take local materials and reasonable measures, and supplement with calculations, CAD three-dimensional drawing, safe, timely, fast and economical solution to the actual problems of the pressure vessel site. The process of solving the problem seems simple, but each step comes from the difficulty, repeated calculations, three-dimensional simulation, it seems that the methodology is very important, which requires a rigorous scientific attitude, rich on-site experience, excellent analytical calculus, good technical literacy, and a noble craftsmanship. Give full play to collective wisdom, be good at taking materials on the spot, not spending money, spending less money, doing good things, and doing big things. Pressure vessels are commonly used in the petroleum and petrochemical industries. The methods and techniques mentioned in this paper are useful for reference.

## Keywords

pressure vessels; performance; improvement; techniques

## 在用压力容器性能改进方法探讨

宋云

中石化石油工程机械有限公司第四机械厂, 中国·湖北荆州 434020

## 摘要

本文以现场两个压力容器性能改进处理过程为例, 讲述了现场在线生产压力容器性能改进的思路和方法。联系现场实际, 对需要改进设备进行严谨调查分析, 安全、快速地找到性能不佳的原因, 就地取材, 拿出合理处理办法, 并辅以计算、CAD三维绘图, 安全、及时、快速、经济地解决压力容器现场实际问题。解决问题的过程看似简单, 但每一步都来自不易, 反复演算、三维仿真, 看来方法论很重要。需要严谨的科学态度、丰富的现场经验、过硬的分析演算能力、良好的技术素养, 还要有高尚的工匠精神。充分发挥集体智慧, 善于就地取材、不花钱、少花钱、办好事、办大事。压力容器在石油、石化行业使用比较普遍, 该文提及的方法和技巧具有借鉴意义。

## 关键词

压力容器; 性能; 改进; 技巧

## 1 提高在用段塞流捕集器水处理能力的方 法——加高堰板技巧

### 1.1 事件背景

某石油装置有3台段塞流捕集器, 用于处理上游送来的油气水三相混合物, 并完成初步三相分离。由于初始设计并未考虑后期含水量增多、特别是上游天然气管道通球会携带大量生产水, 严重超出该捕集器水处理能力, 如不及时处理, 生产将无法进行。

### 1.2 实际工况分析

捕集器数据分析: 三台段塞流捕集器型号相同, 均为卧式三相分离器, 由于前期设计水处理能力较小, 其罐体设计直径3.2m, 堰板高度仅有0.73m, 按照缓存段油水混合物停留5min计算(具体数据见表1), 可得:

(1) 罐体原油水缓冲段设计容积  $10.0\text{m}^3$ ;

(2) 根据原缓冲段容积计算水处理临界流量为  $104.8\text{m}^3/\text{h}$ ;

(3) 实际通球时, 捕集器段塞来水为  $150\text{m}^3/\text{h}$ 。

表1 捕集器参数表

设备名称		A 捕集器	B 捕集器	C 捕集器
设计处理量	油/(m <sup>3</sup> /d)	2262	2262	2262
	气/104(m <sup>3</sup> /d)	355	355	355
	水/(m <sup>3</sup> /d)	8	8	8
实际处理量	油/(m <sup>3</sup> /d)	20	80	350~500
	气/104(m <sup>3</sup> /d)	53	53	157
	水/(m <sup>3</sup> /d)	主要为通球及生产时段塞来水(超150m <sup>3</sup> /h)		
设计压力	Kpa	9700	9700	9700
操作压力	KPa	3500	3500	3500

结论：通球时，捕集器处理段塞来水能力不足，无法满足生产需求。

改进思路：增加捕集器储水能力，延长段塞来水在捕集器停留时间，提高生产水处理能力。

面临难题与风险：为保证生产，不能将该捕集器拆旧换新（不能停产、受空间限制），也不能在线隔离维修，更不能罐内切割焊接等热工作业。施工留空时间短，隔离后彻底惰化后，工作人员将无法在缺氧环境施工。

解决问题的可能性：找到一种办法，在有限的留空时间（3天）内，隔离后，简单惰化，通风施工，采取冷工作业办法（不动火），加高捕集器堰板，提高储水能力，延长段塞来水停留时间。

最后确定方案为通过机械连接的办法，加高堰板。

### 1.3 加高堰板方案

通过计算及对罐内原始资料查阅、对比，我们对堰板加高段进行设计和绘制，计划堰板加高37cm（人孔直径45cm，太高，通过有困难），即由0.73m增加至1.07m，储水容积将增加至18.1m<sup>3</sup>，改造后，能满足静置条件水处理量临界流量提升至175m<sup>3</sup>/h，极大提高段塞来水处理能力。

通过校核，得出加高堰板第一代方案（如图1）：将两条扁钢焊接在加高段底部，利用中间的缝隙架在原堰板上，使用螺栓固定。后经过改进，我们得到了更安全可靠的第二代方案（如图2）。

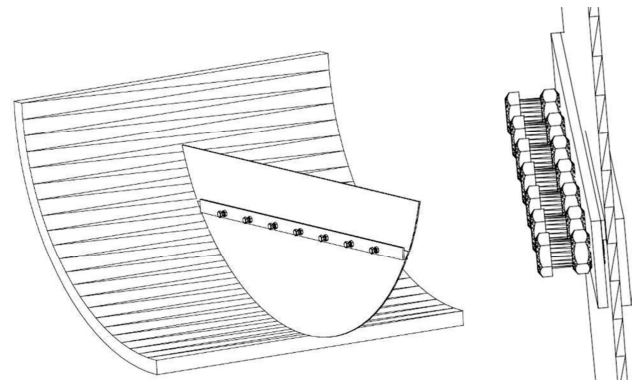


图1 第一代堰板加高方案3D图（单排螺栓固定）

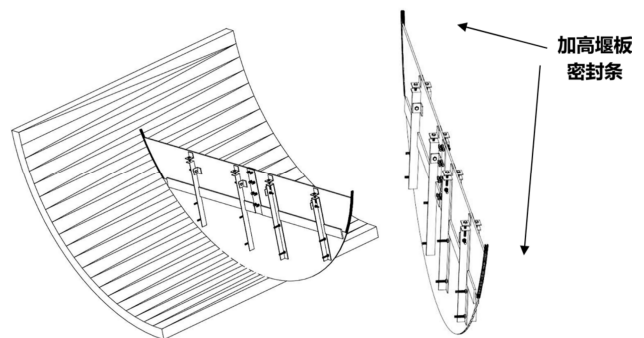


图2 第二代堰板加高方案3D图（可调节角钢固定）

改方案优点：连接方式由单排螺栓固定升级为不锈钢角钢连接，夹持面积大，结构强度更好；加高堰板与罐内壁采用聚四氟乙烯密封条密封，保证堰板不漏水；加高堰板采用两段式连接，重量轻，便于施工，长短高低可调，调节方便。

### 1.4 加高方案实施

确定处理方案：从处理成本、安全、周期、作业难度等方面，对几种处理方法做了比较，最终确定采用第二代堰板加高方案，此解决方案，安全、快速、有效、经济、可行。

方案实施：将段塞流捕集器隔离、惰化后，开人孔、鼓风机通风，材料送入罐内，按第二代堰板加高方案图纸施工，调节好长度高低，并加垫片紧固牢靠。安装完成，试验运行，获得成功，效果极佳。

### 1.5 项目亮点

此次段塞流捕集器堰板的加高打破原有惯性思维，颠覆性地使用极低廉的成本解决了生产方面的重大问题，本项目创新点总结如下：

（1）改造位置创新：创造性提出针对前期设计缺陷进行改良，在罐内进行直接安装，避免针对生产流程进行大面积改造，节约大量经济成本；

(2) 制作方式创新: 加高段使用可调式连接, 可在有效范围内调节堰板的长短, 达到最好契合度;

(3) 安装方式创新: 整套堰板均采用螺栓连接, 避免了在罐内电焊、打磨等高风险作业, 通过调整堰板与固定支架螺栓的间隙来实现新装堰板的安装位置;

(4) 安装材料创新: 整套堰板加高段的设计、加工、制作、安装均使用机械部门通用物料, 成本低廉, 制作方便, 真正实现了降本增效;<sup>[1]</sup>

(5) 安装时间创新: 利用大修施工窗口期, 在清罐检测同时对罐内的堰板进行安装, 避免反复开罐封罐及后续的水密, 气密的一系列试验, 节省了大量施工资金。

## 2 提高在用三级分离器捕雾能力的方法 – 加装捕雾器技巧

### 2.1 事件背景

某石油装置进行降压生产以来, 成功实现一、二级分离器闪蒸气的全部回收, 火炬黑烟已经有明显改善, 但仍未彻底解决, 通过现场观察, 在三级分离器放空阀门开大时, 火炬黑烟现象愈发明显。由此, 可以判定, 一定是三级分离器出现问题, 找到该分离器问题并及时处理, 是彻底解决火炬黑烟的关键。

### 2.2 问题查找

通过查找该压力容器设计图纸, 在该三级分离器气相出口位置标有捕雾器字样, 但现场开罐检查, 该处并未安装捕雾器, 仅有焊接一块边长为 70cm 的格栅, 根本不能起到有效捕雾作用, 造成部分重组份在气流裹挟下, 进入火炬放空流程, 这才是火炬黑烟产生的根本原因。也就是说, 该压力容器性能出现问题, 必须采取有效措施改进、并及时投入生产。

### 2.3 解决方案

根据查找的问题, 采取的办法是加装合格捕雾器。为保证生产, 加装该捕雾器不能动火(挥发燃气, 爆炸风险), 也不能拆除罐体后工厂维修(不能停产), 更不能罐内切割焊接等热工作业。隔离后彻底惰化后, 工作人员将无法在缺氧环境施工。办法只有一个, 自制核实捕雾器, 机械连接, 罐外解体, 罐内组装, 螺栓固定, 撑杆支撑, 螺纹调节。

### 2.4 实施过程

确定处理方案: 根据分析得出方案, 我们采取就地取材、

快速有效的原则进行了方案的实施。通过自主设计, 查找分离器原始资料, 确定捕雾器尺寸、滤网密度及安装方式, 并自主绘制捕雾器设计图(如图3)。

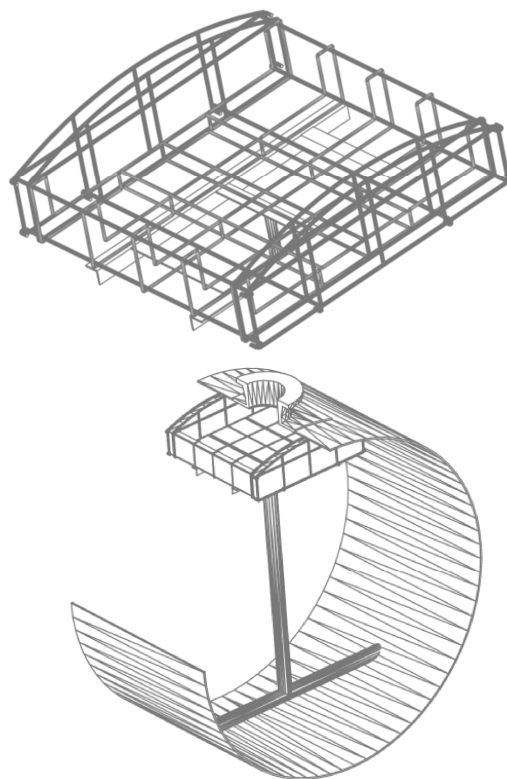


图3 机械连接式捕雾器 3D 图(骨架结构)

设计时主要考虑方面包括:

(1) 为尽量避免于三级分离器罐内动火, 降低安全风险, 该捕雾器需设计为机械连接, 固定于原出口格栅板下方, 避免焊接作业;

(2) 三级分离器人孔处的直径为 60cm, 出口管线处格栅板边长为 70cm, 若将其全部覆盖, 须使用分段及易连接设计, 便于进罐及组装;

(3) 为增强稳定性, 不可将支撑全部系于顶部格栅板处, 需在进行上部固定的同时于下部制作支撑, 将捕雾器顶在罐内, 做到双保险;

(4) 由于罐顶存在弧度, 需制作一个顶部契合罐体的全包围捕雾器。

通过对上述问题的分析和设计原则, 最终绘制出捕雾器设计图(见图3左), 并以此来进行预制, 待开罐后再根据罐内相关的详细参数进行微调。

就地取材, 用库房的不锈钢丝余料扎制捕雾器骨架, 并购置合适不锈钢滤网, 分块制作捕雾器网块(方便进入人孔),

并罐外制作捕雾器托架和撑杆等部件,分别送入罐内组装。

确定处理方案:根据设计图纸,由机械部门自主加工、制作完成捕雾器(如图4)。

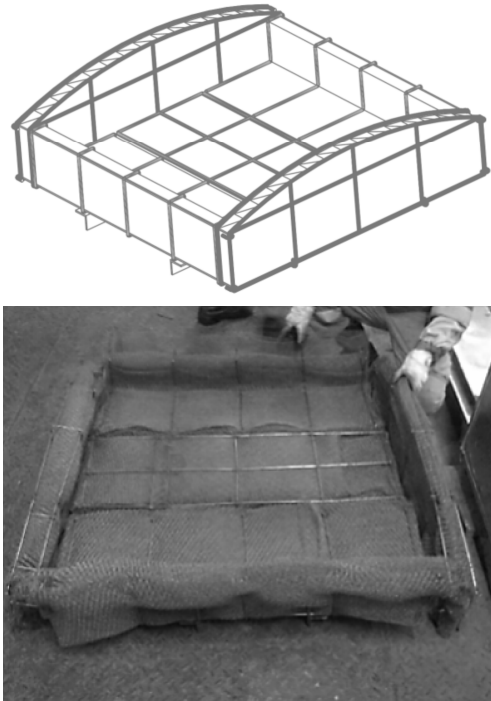


图4 机械连接式捕雾器3D图(骨架填充不锈钢丝网)

该捕雾器具有以下特点:

(1)采用纯机械连接方式,自制专用螺栓将下方支架与分离器内部的格栅板相连接,依靠螺栓将整个支架挂在格栅板上;

(2)为容易进罐,将捕雾器整体分为六个模块,模块间易于组合,且每个模块的体积小、重量轻,便于将捕雾器在罐内进行连接和安装。

方案实施:我们采用“零焊接”安装方法,为防止罐顶的格栅板老化,我们创造性的提出了“上拉下顶”固定方法。即在通过罐顶的格栅板来拉起整个捕雾器的同时再设计一套由罐底部升起的支撑,以此来同时顶住捕雾器的下端,使格栅板即使腐蚀断裂也不至于脱落,起到双保险的作用(如图3右)。

实施效果:针对丝网捕雾器安装前、后三级分离器生产参数及火炬黑烟情况进行对比,其中:

(1)捕雾器安装前后,三级分离器压力未发生明显波动,

维持在80KPa左右,表明捕雾器流通能力满足要求;

(2)捕雾器安装后,在三级分离器放空阀开度相同情况下,火炬黑烟现象基本消除(在放空较大情况下,在火焰附近可见轻微黑烟),表明捕雾器安装效果明显。<sup>[2]</sup>

## 2.5 项目亮点

此次捕雾器的制作、用料、制作工艺、制作时间、罐内安装方式都打破了原有的惯性思维,其创新点如下:

(1)制作方案创新:使用废旧滤芯固定钢丝制作出整体框架后,再将捕雾网填入,大大减少制作时间;

(2)制作材料创新:整套捕雾器的制作材料均为平台常见物料,除丝网外,其余固定、支撑、框架材料均使用平台废旧物料制作;

(3)安装方式创新:整套捕雾器整体采用机械连接方式,避免罐内热工等高风险作业,同时首次创新性提出“上拉下顶”的双保险安装方式,避免罐内格栅板由于腐蚀断裂最终导致捕雾器失效;

(4)安装时间创新:充分利用大修作业时间安装,避免平台二次停产带来的损失,提质增效成果显著。

## 3 结语

上述两个压力容器性能改进方法具有共同的特点和规律。首先,它们都是现场在线连续生产设备,维修改进时的留空时间短、不许热工作业;其次,经济、安全、高效处理,考验现场人员的智慧,方法论很重要;其次,改进方案实施更要慎重,要查找原始资料、分析性能不佳原因,通过不同方案比较,得出最合理的办法,材料有讲究,热工作业有风险,否则会出现火灾、爆炸风险,如果不具备条件,只能另求它法;最后,现场处理问题,要实事求是,安全、经济、可行是目的,要发挥集体的智慧,善于分析、总结,是现场技术人员切实有效的工作方法。

## 参考文献

- [1] 李祥,杨富春,高鸳鸯,闫稳奇,姚浩凯.石油化工压力容器设计  
要求及方法分析[J].石化技术,2018,25(09):40.
- [2] 程绍杰,田健,王向宁.带补强圈大开孔的压力容器应力分析研究  
[J].化工装备技术,2018,39(04):46-48.