

# Cause Analysis and Leakage Detection Scheme of Oil-and-Gas Exchange System

Yi Zhang, Yongzhao Guo, Gang An, Yunqing Shi

Beijing Institute of Aerospace Testing Technology, Beijing  
Email: c\_robin@sina.com

Received: Oct. 14<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 30<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 6<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In the chemical production device, pressure fluctuation occurs frequently in the oil-and-gas exchange system. Through a series of pre-inspection and cause analysis, the failure of heat transfer oil system is eliminated, and the leakage of the equipment in the oil-and-gas exchange system is further confirmed in this paper. Through analysis of leak detection operation by hydrogen and helium, the fault point of oil-and-gas exchange system is defined and an update plan is made.

## Keywords

Oil-and-Gas Exchange System, Leak, Cause Analysis, Leakage Detection

---

# 油气换热系统泄露原因分析及检漏方案

张 忆, 郭永朝, 安 刚, 时云卿

北京航天试验技术研究所, 北京  
Email: c\_robin@sina.com

收稿日期: 2019年10月14日; 录用日期: 2019年10月30日; 发布日期: 2019年11月6日

---

## 摘 要

某化工生产装置中, 油气换热系统频繁发生压力波动。本文通过一系列前期检查和原因分析, 排除导热油系统故障, 进一步检查确认油气换热设备发生泄漏, 通过氢气和氦气实施检漏操作分析, 明确设备故障点, 并做出更新计划。

## 关键词

油气换热系统, 泄漏, 原因分析, 检漏

---

\*通讯作者。

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

某化工生产装置, 由导热油向油气换热系统提供热能, 为化学反应持续供应能量。该导热油的热循环系统行程较长, 一旦管路、阀门或者油气换热系统中任意部件发生泄漏, 化学反应过程所产生的易燃易爆物质将进入导热油循环系统, 导致安全事故的发生。本文针对该油气换热系统进行了分析, 并采用简便的手段判断出了故障发生的设备, 为后续生产提供了技术支持。

## 2. 故障现象

某化工生产装置在正常使用过程中, 配套导热油供热系统中的导热油入口压力日常操作稳定于 0.33 MPa, 见图 1 所示, 当导热油系统入口压力出现频繁波动情况时, 压力波动范围达到 0.28~0.36 MPa, 见图 2 所示。

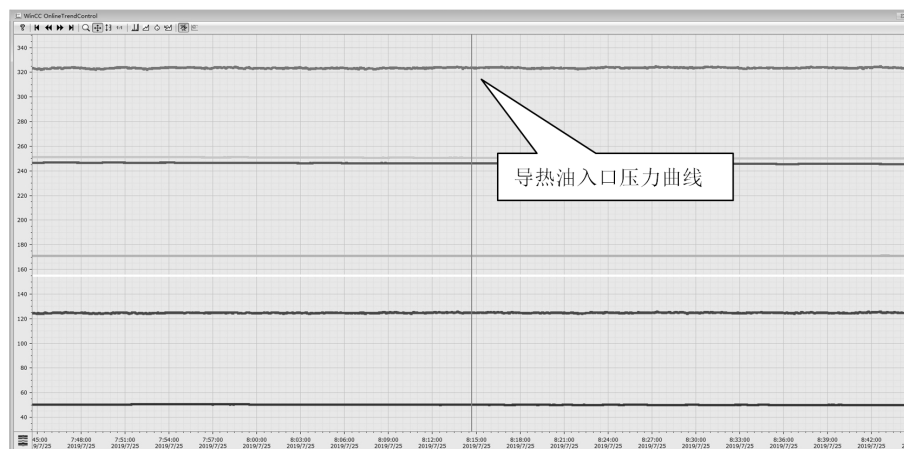


Figure 1. Normal pressure of heat transfer oil inlet

图 1. 导热油入口压力正常状态

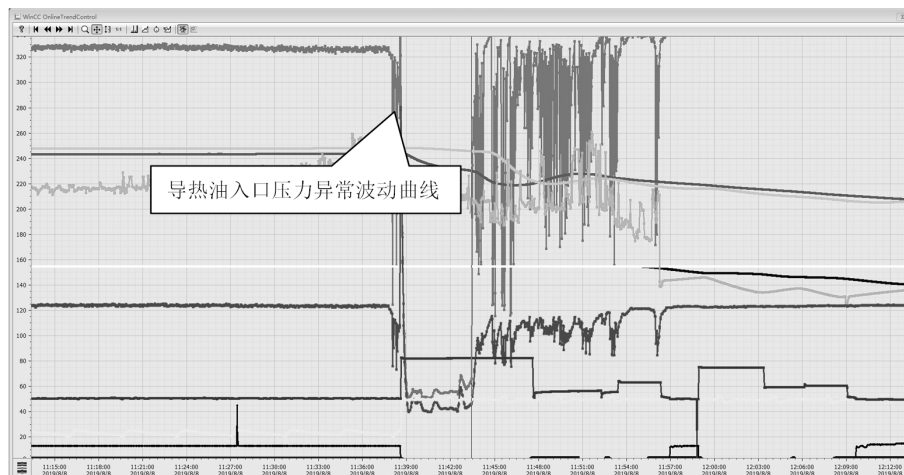


Figure 2. Abnormal fluctuation of inlet pressure of heat transfer oil

图 2. 导热油入口压力异常波动

### 3. 前期分析及检查

由于该套化工生产装置中，含有多个反应容器和换热器，导热油管道分支较多，走向复杂，给故障定位带来了一定的困难。参考文献[1]中的方法，对油气换热系统中的设备进行宏观检查，设备外观无明显腐蚀现象。

通过分析、检查和确认，可排除一系列故障源：

- 1) 导热油泵入口压力的波动与下游其他压力传感器的波动趋势一致，且与现场安装的在计量检定使用周期内压力表波动一致，排除了计量设备的影响；
- 2) 导热油油品质量分析，排除导热油油品质量的影响；
- 3) 导热油油泵入口过滤器无堵塞，过滤器干净，排除油泵过滤器导致压力波动大的故障原因；
- 4) 导热油循环带压管路、导热油油炉上部膨胀槽常压部分，无明显裂纹，排除空气通过导热油管路进入循环系统的原因；
- 5) 切换油泵运行系统，仍存在导热油入口压力波动大问题，并对两台油泵拆卸检查，确认排除导热油油泵故障原因。

经过上述前期排查，初步确认导热油入口压力异常原因为油气换热设备内部渗入气体导致。

### 4. 氢气和氦气检漏

油气换热系统主要设备为压力容器，参考文献[2]，微量泄漏可以采用氦检漏的方法进行检漏操作。化工生产装置成套系统停车，通过氢气和氦气的打压检漏，利用便携式氢浓度检测仪和氦质谱仪检漏等，对油气换热设备进行检测：关闭相应容器油路阀门，通过放油口检测对应容器的导热油中气体，从而判断对应容器泄漏情况，操作示意图见图3，检漏操作步骤如下：

#### 1) 设备1检漏

① 化工生产系统停车，将导热油的油温降低至环境温度。拆除设备3上部保温层，用盲板对管路进行封闭，软管连接设备3的气路。

② 关闭V13、V12阀门。

③ 向设备1充入氦气，待压力平衡至0.1 MPa，停止充氦气。

④ 将氦气的充入设备1，确认设备1压力为1.10 MPa，停止供气。

⑤ 向设备充入氮气，待压力平衡至1.3 MPa，停止充氮气。

⑥ 关闭设备1阀门V1、V2、V3。

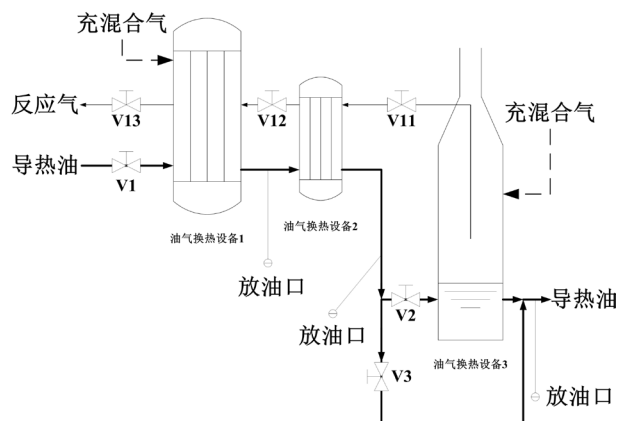


Figure 3. Leakage detection operation diagram

图3. 检漏操作示意图

⑦ 静置 24 h, 观察压力变化情况, 由容器上部导热油出口放油, 用氦质谱仪检测出油口气体氦含量, 同时, 用氢浓度报警仪检测氢气含量。

#### 2) 设备 2 检漏

① 设备 2 气路两端加盲板。

② 按照与设备 1 检漏操作中所述同样操作方法, 重复 4.1.3~4.1.7 的操作, 对设备 2 进行检漏操作。

#### 3) 设备 3 检漏

① 关闭 V11 阀门。

② 按照与设备 1 检漏操作中所述同样操作方法, 重复 4.1.3~4.1.7 的操作, 对设备 3 进行检漏操作。

## 5. 检测结果及判定

经过检漏操作, 已经确认油气换热设备中的设备 1 和设备 2、设备 3 等设备存在明显内漏点, 设备 3 存在微漏。检测数据详见表 1。

**Table 1.** Hydrogen and helium test data

**表 1.** 氢气和氦气检测数据

设备名称	H <sub>2</sub> (ppm)	He (mBar·L/s)
测试环境	0	$5.6 \times 10^{-5}$
设备 1	1426	$2.5 \times 10^{-2}$
设备 2	1100	$1.5 \times 10^{-1}$
设备 3	0	$4.5 \times 10^{-4}$

该套化工生产装置的油气换热系统, 主要有设备 1、设备 2 和设备 3 三个容器, 见图 4 所示, 设备结构中存在大量列管结构, 长期运行过程中会产生漏点。设备 3 的主要功能是在加压条件下, 将两种原料液按照一定比例混合, 用泵加压, 进行预热; 通过设备 3 的预热, 设备 2 将原料液蒸汽加热至反应所需要的温度; 在一定温度和压力下, 原料混合气在设备 1 中进行气相催化反应, 同时完成催化裂解和转化两个反应, 得到主要含有产品气和 CO<sub>2</sub> 的转化气。

设备 1 中系统中的原料液、产品气和反应气体等, 通过漏点渗入导热油循环系统管路中, 造成油气换热系统的导热油泵入口压力波动剧烈。

## 6. 维修方案

1) 维修周期: 100 天。

2) 维修概况: 油气换热主体设备更新, 细节如下:

① 与供应商沟通, 确认项目完成的细节、技术协议等内容。

② 油气换热设备依据原设计图纸加工、制造, 以及完成压力容器注册登记等手续的办理, 相应的文件、资料或材料等应完整有效。

③ 原油气循环系统中导热油的降温、卸料和废油的保存、处理等, 避免油污污染生产厂区地面、环境等。

④ 原有设备 1 中催化剂的钝化保护, 催化剂卸出后的环保处理工作。

⑤ 原有油气换热设备的拆除, 管路、仪表和电线电缆的维护。

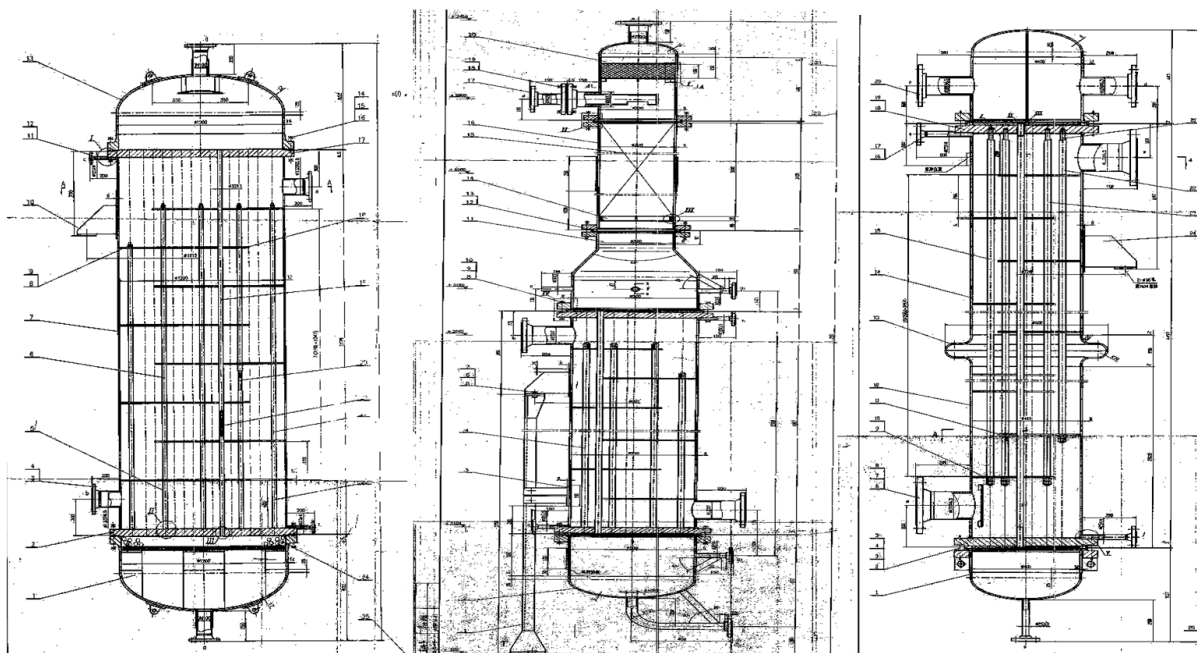


Figure 4. Structural drawing of oil gas heat exchange equipment

图 4. 油气换热设备构造图

⑥ 新设备入厂及其安装工作。设备焊接材料应符合设计图纸要求。设备吊装过程应注意安全防护。设备保温层施工过程中注意有毒气体的防护，喷涂法应使用专用设备，施工中应控制好泡沫凝固时间，连续施工不留施工缝，施工完毕，检查保温层表面，应无空洞、裂缝。对表面凸出部分进行切割修整，对厚度不足处应进行补喷。主体设备安装后的管路、仪表的安装和调试工作。

⑦ 设备安装后的气密性检测。氦气检漏应符合技术要求。

⑧ 新催化剂的购置、装填及其活化操作，应符合催化剂的使用要求，避免装填过程对催化剂操作不慎造成损坏。

⑨ 系统安装完成后的联机调试工作，所产出产品气应符合产品质量要求。

计划完成时间具体见表 2，时间进度安排见图 5 所示。

Table 2. Maintenance schedule

表 2. 维修计划表

序号	维修内容	起始点	计划用时(天)	结束点	备注
1	确认加工厂商	T0	2	第 2 天	
2	油气换热设备加工	第 2 天	75	第 77 天	并行
3	卸出系统中的导热油	第 62 天	3	第 65 天	
4	设备 1 中催化剂钝化	第 65 天	7	第 72 天	
5	原有设备拆除	第 72 天	5	第 77 天	
6	设备入厂、安装	第 77 天	7	第 84 天	
7	特种压力容器安装告知	第 77 天	5	第 82 天	并行
8	特种压力容器注册登记	第 82 天	5	第 87 天	
9	气密性试验	第 84 天	3	第 87 天	并行

Continued

10	催化剂装填、活化	第 87 天	10	第 97 天
11	系统调试	第 97 天	3	第 100 天
	总计		100 天	

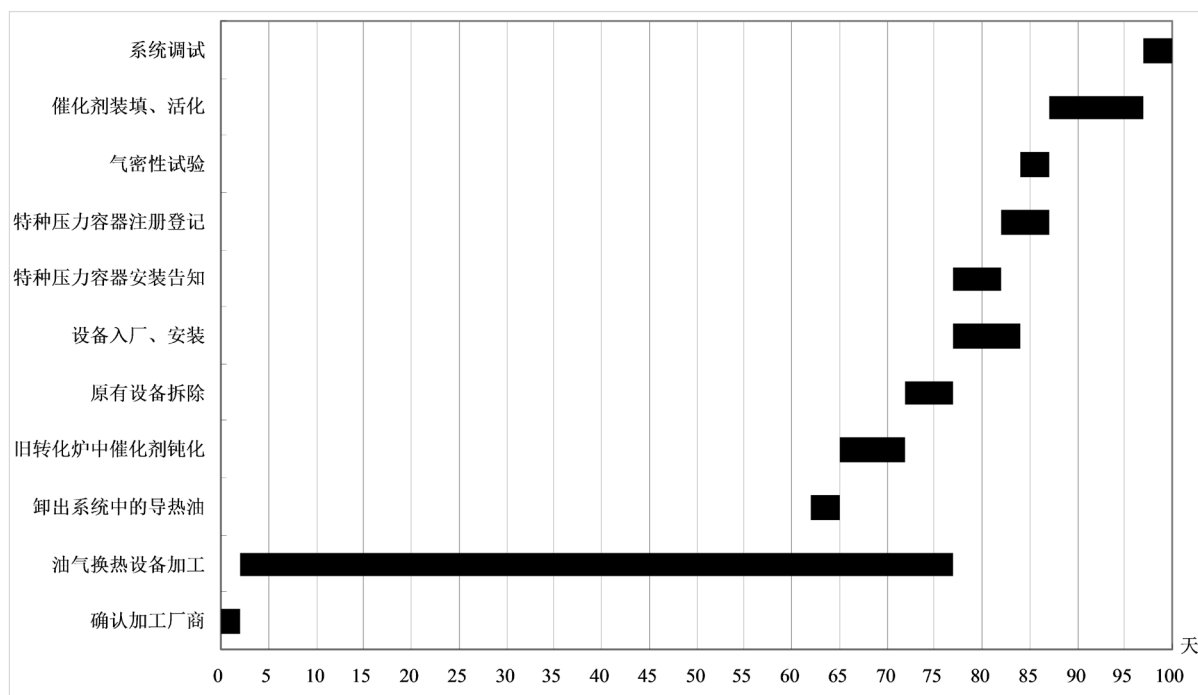


Figure 5. Maintenance schedule diagram

图 5. 维修进度示意图

## 7. 结论

本文通过多种渠道排除油气换热系统产生故障的原因，采用氢气、氨气检漏的方法确认对应设备泄漏情况，并采取相应的维修方案，对相应容器的更新进行了详细计划。

## 参考文献

- [1] 李玉华, 袁晓明, 刘益, 程晓民. 高压换热器内腐蚀原因的判别与预防[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2012, 29(2): 61-64.
- [2] 孔志文, 钱婷婷. 压力容器氨检漏试验方法[J]. 化工装备技术, 2006, 27(5): 23-24.