

# 应用红外热像技术监测催化装置反再系统

高建苹<sup>1</sup>, 张建平<sup>1</sup>, 梁学福<sup>2</sup>, 柏海见<sup>1</sup>

(1. 兰州石化公司研究院, 甘肃 兰州 730060; 2. 兰州石化公司炼油厂, 甘肃 兰州 730060)

**摘要:**利用红外热像技术对兰州石化公司140万吨/年催化装置反再系统进行监测,通过检测数据判断热设备衬里损伤情况,经判断该套装置部分位置出现缺陷损伤,如果工艺控制稍有疏忽,会导致严重事故。通过本次特护检测,为装置的安全运行提供科学的参考依据。通过无损检测技术的应用,对重点部位实施重点监测,保障装置的正常运行,满足装置生产运行的需求。

**关键词:**红外热像;热设备;设备衬里;反再系统

**中图分类号:**TN219 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2012.09.007

## Application of infrared thermography in FCC reaction regeneration system monitoring

GAO Jian-ping<sup>1</sup>, ZHANG Jian-ping<sup>1</sup>, LIANG Xue-fu<sup>2</sup>, BAI Hai-jian<sup>1</sup>

(1. ,Lanzhou 730060, China;

2. ,Lanzhou 730060, China)

**Abstract:** The use of infrared thermography technology in Lanzhou Petrochemical Industries Co of the 1400000 ton/year catalytic device for reaction-reproduction system monitoring, through the detection data to judge the heat equipment lining damage cases, judges the device part position of defect damage, if the process control of a slight negligence, with cases a serious accident. Through this special inspection, as a device to provide a scientific basis for safe operation. Through the application of non-destructive testing technology of key parts, executive key monitoring, safeguard the normal running of the device, to meet the needs of production and operation of the plant.

**Key words:** infrared thermography; thermal equipment; equipment lining; reaction and regeneration system

### 1 引言

石化装置存在生产规模大、运行连续性强的特点。“安、稳、长、满、优”是其终极的运行目标,这就要求在装置运行过程中能够做好装置的保障工作,通过无损检测或风险评价技术,预先发现装置原件中存在的问题,通过检修或提供备件。保证装置长周期运行,以减少或避免因临时停车造成的损失。

红外热像技术是一种非接触式的测试技术,它可以方便地检测目标发出的不可见热辐射。自20世纪60年代以来,在众多工业领域得到了日益广泛的应用<sup>[1]</sup>。在石化企业中,加热炉、变压器、反应器等设备以及炼油工业中的催化设备一般的运行条件

为高温、高压,因而这类工业设备都带有衬里。在运行过程中无法通过外观判断其运行状况,而温度是确定物质状态最重要的参数之一<sup>[2]</sup>,通过利用红外热像技术对热设备的温度进行测量,得到的热像图可以清晰的反映出设备各部分温度,对热像图进一步分析、判断,就可以确定此类热设备的内衬的状态。

本文介绍的检测对象为兰州石化公司140万吨/年催化装置反再系统,由于该系统服役时间长,

作者简介:高建苹(1980-),女,大学本科,助理工程师。  
E-mail: gipyjy@petrochina.com.cn

收稿日期:2011-12-27;修订日期:2012-01-16

且由于高温运行,导致钢构外表面出现裂纹,为满足生产的需求,保证生产的连续性,经修补继续运行。在此期间进行红外热像检测特护,以确定设备的运行状态,保障装置安全运行。

## 2 红外热像检测

红外检测的基本理论是基于热辐射的普朗克定律,利用物体的辐射能与温度的关系进行检测的一种方法。自然界中的一切温度高于热力学零度的物体都会因自身的分子运动而辐射出能量,其辐射能包括各种波长,其中波长范围在  $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$  之间的称为红外光波<sup>[2]</sup>。红外热像技术就是利用红外探测器和光学成像物镜探测各种物体表面所辐射的不为人眼所见的红外线的技术,红外热像检测技术是一种快速、被动的、非接触式的检测手段。

### 2.1 判定依据<sup>[3]</sup>

对于用于每一个带衬里的热设备的每一种外壁材料都有本身的工作温度范围,即工作温度上限和工作温度下限。红外检测与诊断的温度下限是指设备出现缺陷损伤时的最低温度。假定衬里材料无损伤,测试出热设备表面温度值,可以认为这个温度值就是红外检测时的基准值。当红外检测温度小于这个值可以认为衬里无损伤,一旦检测温度高于这个值,可以认为衬里开始出现缺陷损伤。超过这个值越大,衬里损伤越严重。

衬里损伤红外热像温度上限,就是指带衬里热设备外壁允许最高温度,它是红外检测与诊断时的又一个温度极限,即红外检测不能超过这个值。一旦设备表面温度超过以上温度值,就意味着设备不能满足基本的强度要求,必须停工大修。假设衬里已完全损坏,内部介质完全作用于外壁金属材料上,此时热设备所能承受的温度即为衬里损伤红外热像温度上限。工作温度上限和工作温度下限之间的温度段,就应该是内衬不同损伤程度对应的温度区间。

基于以上分析,我们对用红外热像图进行衬里损伤诊断按八级诊断制时,也就是把衬里损伤按程度分成以下六段:轻度损伤,中下程度损伤,中等程度损伤,中上程度损伤,较严重损伤,严重损坏。

本文中所测试的反再系统: $t_{\min} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\max} = 420 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

八级诊断值的温度区间分配如表1所示。

表1 八级诊断值的温度区间分配

表面温度区间/ $^{\circ}\text{C}$	内衬损伤程度
小于70	内衬完好
70~100	轻微损伤
100~150	中下程度损伤
150~200	中等程度损伤
200~250	中上程度损伤
250~320	较严重程度损伤
320~420	严重程度损伤
大于420	停车大修

### 2.2 检测背景

无损检测与评估在提高产品质量,降低生产成本、保障在役设备的安全运行等方面具有十分重要的意义。在兰州石化公司,利用红外热像技术对关键装置设备进行检测的工作已经进行了二十余年。通过学习借鉴以及向兄弟单位学习,取得了一定的经验。主要检测的对象有公司两套催化装置、变电所、加热炉等热设备。通过定期检测,分析出表面温度数据,以判断设备衬里的损伤程度。

2011年3月,公司一套催化装置反再系统由于高温催化剂的冲刷,造成衬里脱落,高温直接接触外层金属导致钢包裂缝,由于生产调度的需要,装置无法停工检修,于是采取了补焊措施,以维持正常生产。

#### 2.2.1 2011年3月4日的测试结果

衬里脱落前表面温度测试结果如表2所示。绘制曲线图,如图1所示。

表2 衬里脱落前表面温度测试结果

测试位置	温度 / $^{\circ}\text{C}$	最高温度 / $^{\circ}\text{C}$	最低温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均温度 / $^{\circ}\text{C}$
二再外旋根部南侧		152.6	42	116.9
二再外旋根部西侧		161.3	72.7	134.2
一再双滑上部		89	52.3	60.8
一再双滑中部		150.7	92.7	110.7
一再双滑下部		155.1	80.3	111.7
待生滑阀沉降器西侧		310.6	168.3	263.9
待生滑阀沉降器西侧人孔		277.5	143.9	227.8
待生滑阀沉降器北侧		322.1	169.8	288.7
待生滑阀沉降器北侧人孔		297	118.3	234.7
脱气罐斜管		142.8	109.2	124.4
一再底人孔上部西侧		143	126	135.1
一再底人孔上部东侧		199.8	141.2	168.4
三层再生滑阀斜管人孔东侧		200.4	152.1	176.4
三层再生滑阀斜管		158.7	96.6	121.9
半再生滑阀上人孔上部		164.1	73.9	137.4
一再底人孔上部东侧		170.3	80.9	133.6
空气提升管大弯		100.5	77.6	84.6
空气提升管水平人孔北侧		147.9	100.7	120.7
空气提升管水平人孔东北侧		145	75.1	106.5

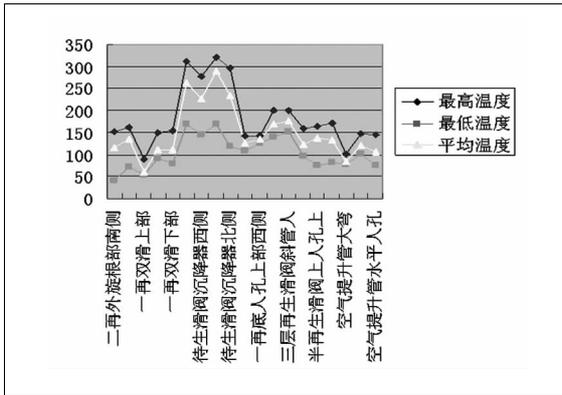


图 1 衬里脱落前测试结果曲线图

可见所检测点温度大部分处于中等程度损伤的温度范围内,其中待生滑阀沉降器西侧、待生滑阀沉降器西侧人孔、待生滑阀沉降器北侧、待生滑阀沉降器北侧人孔等四个点的外表面温度过高,判定为设备衬里发生了较严重的损伤。

2.2.2 3月28日测试结果

针对之前的测试结果,重点测试了前期测试结果显示表面温度较高的部位。如表 3 所示。

表 3 衬里脱落部位表面温度测试结果

测试位置	最高温度 /°C	最低温度 /°C	平均温度 /°C
一再十层过热点	630.8	491.4	585
	641.4	517.1	614.6
	590.7	504.1	552.8
一再九层人孔西侧	218.9	128.5	197.2
一再九层人孔上部	233.1	177.1	208.3
一再九层人孔东部	246.2	160.3	205
二再十一层变径出西南处	568.7	470.5	542
	574.5	475	544.7
	574.5	485.6	542.4
二再十一层变径出南处	576.7	479.6	542.9
	298.1	211.3	269.2
	334.1	196.8	298.1
一再十二层待生斜管下	369.7	253.8	323
	348.7	246.3	319.7
一再十二层待生斜管上	334.7	233.7	292.5
	360	189.5	293.1

根据测试结果判断一再十层过热点以及二再十一层变径出西南处和二再十一层变径出南处的衬里已经完全脱落,其余部位的衬里也发生了严重脱落,急需检修。

2.3 红外热像特护

2011年4月,经过紧急补救处理,装置还需坚

持生产,为保障运行的安全,我们对 140 万吨/年重催装置反再系统人孔周围进行了红外热像特护检测。特护测试位置图如图 2 所示。

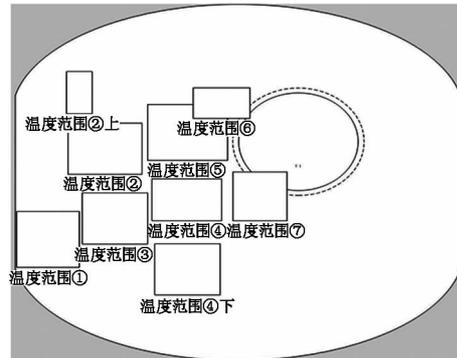


图 2 特护测试位置图

以人孔左侧再生上斜管右下方①处为例,测试外表图像与红外热像图及测试温度结果如图 3 和图 4 所示。分析结果如表 3 所示。



图 3 测点①处可见光图像

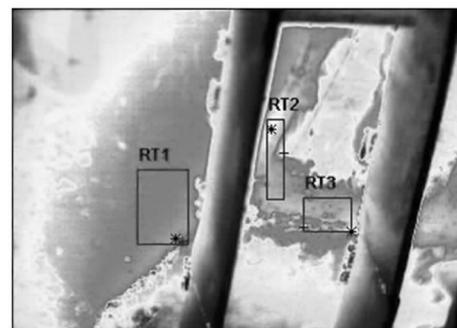


图 4 测点①处红外热像图

表 3 测点温度分析结果

序号	最高温度/°C	最低温度/°C	平均温度/°C
RT1	421	392	371
RT2	486	356	425
RT3	471	395	421

就所有测试点绘制测试结果曲线如图 5 所示。

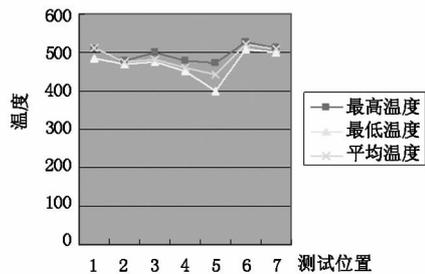


图5 特护测试结果曲线图

可见反再系统外表面温度大部分在 400 °C 以上,维持在 400 ~ 500 °C 之间,处于十分危险的状态,如果工艺控制稍有疏忽,会导致严重事故。通过特护检测,随时反馈测试结果,由装置设备、工艺管理人员调节运行条件,保障装置运行,避免事故的发生。

### 3 结 语

通过定期测定设备表面的温度及其变化的情况,已经实现了对石化公司装置部分热设备的无接触温度监测。通过对设备热状态进行大量的数据采集存储、实时处理和分析,可以对设备进行初步的运行状态判断。由于测试对象具有针对性,所以数据也具有连续性,可根据生产需要提供特别监护,为装置的安全运行提供有力的数据支持。

但是,对红外热像技术的应用还停留在检测、判断阶段,缺少对所获得数据的系统分析和对红外热像技术的进一步开发应用。今后将利用红外热像技术测温速度快,灵敏度高,测温范围广、非接触、形象直观、不干扰被测目标的固有温度场的优点<sup>[4]</sup>,通过提高设备状态的热诊断技术,大力加强相关技术

的研究,以实现设备故障诊断评估以及寿命预测。通过红外热像技术在公司主要热设备、装置、变电所的应用,使其发挥更大的作用,确保装置的长周期运行,同时为企业节能降耗工作提供科学决策依据。

### 参考文献:

- [1] Yuan Hongyong, Shu Xueming, Chen Tao, et al. Large oil refining equipment of infrared image detection [J]. *Laser & Infrared*, 2003, 33(5): 325 - 326. (in Chinese)  
袁宏永, 疏学明, 陈涛, 等. 大型炼油设备红外热像检测的实验研究 [J]. *激光与红外*, 2003, 33(5): 325 - 326.
- [2] Sun Xiaogang, Li Yunhong. The infrared temperature measurement technology development [J]. *Laser & Infrared*, 2008, 38(2): 101 - 104. (in Chinese)  
孙晓刚, 李云红. 红外热像仪测温技术发展综述 [J]. *激光与红外*, 2008, 38(2): 101 - 104.
- [3] Li Xiaogang, Fu Dongmei. Infrared image monitoring and diagnosis technology [J]. Beijing: China Electric Power Press, 2006. (in Chinese)  
李晓刚, 付冬梅. 红外热像监测与诊断技术 [J]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [4] Jin Guangxi, Yang Ying, Xu Dan, et al. Infrared thermal imaging technique in the diagnosis of chemical fertilizer plant gasification furnace thermal fault [J]. *Infrared Technology*, 1001 - 8891 (2008) 10 - 0599 - 03. (in Chinese)  
金光熙, 杨莹, 徐丹, 等. 红外热像技术诊断化肥厂气化炉热故障 [J]. *红外技术*, 1001 - 8891 (2008) 10 - 0599 - 03.