

# 广东石化换热器有机涂层防腐技术应用策略

陈 跃<sup>1</sup> 冯显富<sup>2</sup> 黄 鑫<sup>3</sup>

(1.华夏汉华化工装备公司, 北京100120; 2.中国石油大学, 北京 102249; 3.国家海洋局天津海水淡化研究所, 天津 300192)

**摘 要:** 简介了我国石油炼化行业的规模状况, 阐述了换热器防腐涂料的现状、技术要求、涂装质量控制及涂料研发方向。

**关键词:** 石油炼化 换热器 防腐涂料

中图分类号: TG174

文献标识码: A

文章编号: 1008-7818(2013)12-0040-04

## Application Prospects of Heat Exchanger Anticorrosive Techniques Using Organic Coatings for New Expansion Petroleum Refining Industry

CHEN Yue<sup>1</sup>, FENG Xian-fu<sup>2</sup>, HUANG Xin<sup>3</sup>

(1. Huaxia Hanhua Chemical Equipment Corp., Beijing 100120, China; 2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Tianjin Institute of Seawater Desalination SOA, Tianjin 300192, China)

**Abstract:** The size of petroleum refining industry status in our country was introduced simply. The present situation, technical requirements of anticorrosive coatings, construction quality control and coating's research direction for heat exchanger were expounded.

**Key words:** petroleum refining; heat exchanger; anticorrosive coatings

### 0 引言

我国目前正处于经济的迅速发展时期, 对油品的需求量日趋增加, 炼油能力相应同步也有较大的提高。近几年新建扩建已投产及在建项目1000万吨以上项目包括: 镇海炼化、大连石化、上海石化、高桥石化、茂名石化、金陵石化、齐鲁石化、广西石化、燕山石化、青岛石化、兰州石化、大连西太、惠州炼油、天津石化、四川石化、云南石化、广州石化揭阳项目等。随着新建和扩建炼油厂的增加, 炼油装置趋于大型化, 这些炼油项目相继全部建成投产后, 我国千吨级炼油基地将达到20几个, 其中不乏几个2000万吨级基地项目。按照目前在建项目及规划炼油项目的建设进度计算, 2015年我国炼油能力将达到7.2亿t/a左右<sup>[1]</sup>。

换热器是化工生产的重要设备, 占工艺设备总

重的40%, 石化行业每年因设备腐蚀需要更换整体换热设备2500台, 耗钢材13000t, 直接损失2亿元。因换热器泄漏造成的非计划停工引起的间接损失更大。近几年, 中国原油加工量和原油进口量迅速增长。为降低原油采购成本, 炼油厂采购高含硫含酸原油的数量在增加。该类原油品质差, 腐蚀性大, 给炼油装置的安全和长周期运行造成严重威胁。原油性质变劣带来的新问题首当其冲反映在常减压装置上, 使装置的生产、安全、设备防腐受到严重影响, 并对下游装置也产生不良影响。广东石化炼制的是委内瑞拉MEREY-16原油, 具有高硫、高酸和高重金属含量的特点, 属劣质重油, 根据广东石化项目总体设计加工流程及近年来国内炼油厂尤其是新建千万吨炼化企业在换热器内防腐上的应用经验, 与设计单位相结合, 应用可靠、成熟先进的

作者简介: 陈跃(1959—), 男, 北京人, 学士, 高级工程师, 公司副总经理, 主要研究方向为化工设备及化工自动化。



技术,对需要进行防腐蚀处理的换热器进行防腐蚀处理,实现换热器长寿命运行。对广东石化公司的换热器防腐做出较明确的策划和方案,做到既经济适用又切合实际。对于采用碳钢材质水侧的防腐蚀管束采用有机涂层防腐方式,对于材质升级到双相钢和不锈钢材质的管束,循环水侧不需要做涂料防腐。对于油侧管束,由于委内瑞拉MEREY-16原油高硫、高酸的特殊性,考虑介质的腐蚀性优先进行材质升级,对于有FEED设计的装置:常减压、焦化、加氢裂化,由于国内对于设计和加工唯有的经验都不足,应按照FEED商的要求选用换热器材质。加工高硫原油防腐的重点装置在常减压蒸馏、催化裂化装置、延迟焦化几套装置,其他装置在水侧做涂层防腐。

目前国内防腐手段主要集中在涂料防腐、镍磷电镀技术、渗铝管等技术上,这几项技术在石化行业有着广泛的应用。采用有机涂层解决换热器的防腐蚀问题,在国内已有20多年的应用历史。以下就有机防护涂层在石化行业换热器防腐蚀应用中值得关注的问题作以概述。

## 1 换热器防腐涂料国内外现状

国外用于换热器管束防腐蚀的产品,以德国SÄKAPHEN品牌最为著名,主要产品为Si14E、Si14EG(酚醛树脂漆基),Si15E、Si15EG(酚醛-环氧树脂漆基)。涂料耐多种介质的腐蚀,涂层光洁,不结垢,能在-100~+200℃范围内长期使用。美国HERESITE公司用于换热器涂料产品主要有P-403、P-403L、P-4430(热固化酚醛树脂),也是目前国外较常用的产品,性能与SÄKAPHEN的Si14EG相当<sup>[2]</sup>。天津石化曾引进一套SÄKAPHEN的涂装装置,并使用配套涂料,有着理想的应用效果。

国内采用有机涂料对换热器管束的防护技术始于上世纪70年代,由于引进大型化肥生产装置后所暴露出的配套水冷器的严重腐蚀与结垢问题,原化工部立项研制出CH-784碳钢水冷器专用防腐涂料,使国产防腐涂料正式进入国内换热器防腐蚀领域,后改进为TH-847水冷器防腐涂料,包括天津灯塔涂料有限公司的7910碳钢水冷器防腐漆,均属与德

国SÄKAPHEN、美国HERESITE涂料同等的应用领域,在工业循环水介质条件下得到广泛应用,并取得良好的防腐蚀、阻垢效果。漆酚改性<sup>[3,4]</sup>防腐涂料的耐温、耐水、海水、耐油品、抗蒸汽吹扫等性均比酚醛、酚醛环氧类要好,是换热器防腐涂料的一个突破,扩大了换热器涂层防腐的应用领域。

文献报道的国内换热器防腐涂料主要产品包括:TH-901、UTJ-2(漆酚钛),TH-847、7910、AH-924(环氧氨基),DH-22(未知),SY-92(环氧酚醛),TH-2000、JST-2L(常温固化有机硅环氧),钛纳米聚合物(常温固化钛纳米改性)等<sup>[5~13]</sup>。

## 2 换热器防腐涂料技术性能要求

### 2.1 物理机械性能

换热器防腐涂料物理机械性能一般要求见表1。

表1 换热器防腐涂料物理机械性能一般要求

项 目	指 标		测试标准
	底漆	面漆	
漆膜外观	漆膜外观 正常	漆膜外观 正常	
细度(μm) ≤	60	40	GB/T1724-1989
柔韧性(mm)	1	1	GB/T1731-1993
附着力(划圈法)级	1	1	GB/T1720-1989
冲击强度(cm) ≥	50	50	GB/T1732-1993

### 2.2 耐化学品性能

换热器防腐涂料主要接触的是液体介质,其耐化学品性能的评价方法与耐候或与大气接触的其它重防腐涂料有差别。无机介质主要包括:水、海水、酸、碱、盐溶液等,有机介质主要包括:各种油品(汽、煤、柴、原油、石脑油、渣油等)、有机溶剂(苯、甲苯、二甲苯)等。耐水性、耐油性是换热器防腐涂料必须具备的特性,通过试验可发现:与海水、酸、碱、盐溶液等相比,解决水介质的渗透性腐蚀更难,可采用沸水连续蒸煮的方法加速试验,能达到连续多日试验后漆膜不起泡、不脱落的,属高品质涂料品种,这也是考察涂料在实际应用中是否耐蒸汽吹扫的关键因素之一。涂料的选择应首先根据试验室的模拟试验结果而定。

### 2.3 导热性

有机合成树脂为漆基的换热器防腐涂料导热

性没有太大的差异,一般都能达到换热器传热的需求,刘艳辉等<sup>[14]</sup>对国内外几种换热器防腐涂料管束的传热系数做了比较,见表2,基本在一个数量级上。在颜料的选择上注意避免选用导热性差、绝热的颜料产品,而可选择类似石墨等导热性好的颜料。

表2 国内外换热器防腐涂料传热性的比较

涂层种类	试样热阻(km <sup>2</sup> /w)	导热系数(kw/m.k)
漆酚钛涂层	0.00078	0.5510
环氧氨基涂层	0.00016	0.5444
SAEKAPHEN涂层	0.00028	0.4236

防腐涂料涂层对换热器的传热性会有一些的影响,但随着设备运行时间段的延长,涂层防腐阻垢的效果可以显现,见图1。

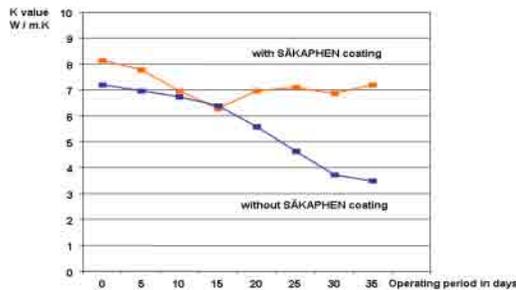


图1 SÄKAPHEN涂装前后对管束传热性的影响

## 2.4 耐热性

耐热性是换热器防腐涂料的重要技术指标。一般涂料产品所标注的耐热温度多是指采用热失重法(TGA)或按GB/T 1735-89《漆膜耐热性测定法》所得出的数据,试验结果反映的是空气介质中涂料在高温下抗氧化性、高温分解性能。而换热器防腐涂料所接触的多是液态化学介质,腐蚀过程多以液态分子对漆膜的渗透、溶胀及化学反应等形式发生。所以,对换热器防腐涂料耐温性能的评价,更应该考察其在高温化学介质中的耐腐蚀情况,以起泡、脱落等现象评价其性能。评价方法可根据介质的应用工况,将GB/T 1763-89《漆膜耐化学介质性测定法》做以改进。

## 3 换热器有机涂层质量控制

### 3.1 防腐涂料的选择

目前国内换热器防腐涂料种类繁多、鱼龙混杂。在涂料的选择上,应优选在国内炼油行业有多年成功应用经验,效果理想,尤其是获得过国家级奖励的涂料产品,为达到换热器的有效防腐蚀效果提供基本技术质量支撑。

### 3.2 涂层厚度

有机涂层换热器的防腐,优异的涂料品质很重要,应选择国内科研实力雄厚并在国内有多年成功应用业绩的品种;涂层厚度也是确保涂层有效地防腐效果的关键因素之一。国内目前有两个换热器防腐施工的相关规范可参考,但对涂层厚度的要求差别较大,其中1990年中石化编制的《碳钢水冷器防腐涂层技术检验暂行规定》涂层厚度为 $200 \pm 50 \mu\text{m}$ ,经多年实践证明是行之有效的。而石化行业标准SH/T 3540-2007《钢结构换热设备管束复合涂层施工与验收规范》中规定有机涂层涂层厚度为 $150 \pm 30 \mu\text{m}$ ,下限厚度 $120 \mu\text{m}$ ,显过薄,这一点通过实验室耐沸水试验即可验证,过薄的涂层对水分子的抗渗透性降低,很快出现鼓泡现象,说明水分子已渗透过漆膜与基材接触,这是腐蚀的初期阶段,进而可能会出现漆膜脱落等后果,腐蚀加剧,涂层失去防腐能力。余存焯曾撰文对该标准提出质疑<sup>[15,16]</sup>,并建议涂层厚度应控制在 $200 \pm 30 \mu\text{m}$ ,值得借鉴。

SÄKAPHEN涂料对不同的应用介质其涂料的型号和涂层厚度有不同的要求,见表3。从中可以看出:普通介质涂层厚度约 $180 \mu\text{m}$ ,蒸气介质涂层厚度提高到约 $250 \mu\text{m}$ ,这一点可供国内施工技术要求的参考。

表3 不同型号SÄKAPHEN涂料在不同介质中涂层厚度的要求

型号	适用介质	涂层厚度( $\mu\text{m}$ )
Si 14E	耐酸、盐溶液、冷却水、有机溶剂	180
Si15E	耐强碱性到弱酸介质,所有类型的冷却水包括苦咸水、河水、海水、盐溶液、油脂、油溶剂	180
Si 14EG	耐弱酸性,弱碱性液体和蒸气	250
Si 15EG	耐水、碱性到弱酸介质和蒸气	250

目前换热器施工的厂家很多,由于市场竞争激烈,在招标过程中相互压价,迫使施工单位减少涂装道数,导致涂层厚度远达不到规范的要求,体现



不出涂层应有的品质和防护效果，这一现象应引起企业业主的高度重视。

### 3.3 换热器防腐实施模式

目前新建的石化项目，需进行防腐的换热器常采用以下两种模式：

一种模式是直接向冷换设备生产厂家定购成品防腐换热器。海南炼油项目采用此种方式，其缺点是：冷换设备制造企业为使自己的利润最大化，以大幅压低后的价格将防腐转给防腐施工，迫使防腐企业采取偷工减料、降低表面处理等级、降低涂层厚度等做法；其次，设备制造企业在设备制造工期和设备交货期出现冲突的时候，常压缩设备防腐施工工期，导致设备防腐厂家不得不减少工序，无法按照完整工艺要求进行防腐；再者，设备制造企业缺乏专门的防腐专业技术人员，无法对防腐过程和涂层质量实施有效监督。

另一种模式是由业主和换热器防腐厂家签定防腐框架，冷换设备制造试压后，直接送防腐厂家进行防腐。青岛大炼油项目、惠州炼油等采用此种模式，如此虽然增加了业主工作量，业主可通过招投标优选防腐厂家，确定合理防腐价格，确保防腐工程质量。

## 4 换热器防腐涂料的研发方向

有机涂层是换热器防腐蚀的主要手段之一，其研发方向将围绕着高性能、低成本、节能环保、高效能等方面而创新，可选择几个研发方向：水性环保型换热器防腐涂料、功能性材料在换热器防腐涂料中应用、高效涂装换热器防腐涂料、高性能常温固化节能型换热器防腐涂料等。

## 5 结语

换热器是石油炼化企业关键的设备之一，有机涂层对换热器的防腐蚀、阻垢效果经20多年的应

用过程，已显现其应用意义，新建扩建在换热器防腐工程过程控制上应高度重视，涂料选择上应关注有较强的研发能力，有着多年应用成果积累及获得国家奖励的产品。施工质量的控制应参照已完成项目采用模式的利弊经验做出适合的选择。换热器防腐涂料虽经过多年的发展，还有进一步研究的必要，研究方向应围绕着高性能、低成本、节能环保、高效施工等方面创新。

### 参考文献

- [1] 李宇静, 白颐, 白雪松. 我国炼油工业现状及“十二五”发展趋势分析[J]. 化学工业, 2010(10): 1-7.
- [2] T.Sugama, R.Webter, W.Reams. Development and field testing of polymer-based heat exchanger coatings.Proceedings World Geothermal Congress 2000.Kyushu Tohoku Japan May 28-June 10, 2000: 3161-3165.
- [3] 黄鑫, 唐功麒. 钛酸酯改性漆酚防腐涂料性能研究[J]. 中国生漆, 1995(4): 21-27.
- [4] 胡炳环, 林金火, 陈文定. 漆酚钛螯合高聚物防腐涂料应用效果[J]. 中国生漆, 1996(11): 22-29.
- [5] 陈兰戎. TH-901涂料在换热器上的应用[J]. 石油化工腐蚀与防护, 1993(3): 42-43.
- [6] 林安, 周苗银. 功能性防腐涂料及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.77-81.
- [7] 李国莱, 张尉胜, 管从胜. 重防腐涂料[M]. 北京: 化学工业出版社, 1999. 202-210.
- [8] 余存焯, 沈晓阳. 国内涂层换热器防腐涂料及工程应用[J]. 化工设备设计, 1998(2): 45-50.
- [9] 王巍, 谷丫男. 催化裂化重整换热器的腐蚀与防护[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2006(6): 41-43.
- [10] 吴金奎. 碳钢水冷器防腐蚀涂层技术与应用[J]. 石油化工服饰与防护, 2003(2): 35-38.
- [11] 余存焯. 石化厂水冷器腐蚀与综合防护[J]. 清洗世界, 2009(7): 1-7.
- [12] 于庆杰. 换热器多功能涂料的研究进展[J]. 涂料工业, 2011(11):66-69.
- [13] 黄鑫. 改性漆酚树脂在工业防腐领域中的应用[J]. 中国生漆, 2000(4): 16-21.
- [14] 刘艳辉, 闫志山, 郝军. 低温多效海水淡化铝合金传热管防腐涂层性能评价[J]. 现代涂料与涂装, 2012(4): 21-23.
- [15] 余存焯. 钢制水冷器涂层施工与验收制当议[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2009(5): 1-3.
- [16] 余存焯. 对石化换热器涂镀层厚度过薄的质疑[J]. 全面腐蚀控制, 2010(3): 22-24.

