换热器涂料的特点及涂装

王海青
（安庆石油化工总厂化肥厂，安庆 246001）

摘要 为保证换热器的长效使用，涂敷涂层是一个较好的方法。通过对换热器涂料的性能及涂层对换热器传热性能影响的分析，提出了换热器涂层的适宜厚度以及施工方法对涂层质量的影响，从改进涂装工艺、加强检测方面着手，确保涂层质量。

主题词 换热器 涂料 导热性 腐蚀

换热器通常包括热交换器、冷却器、冷凝器、再沸器、蒸发器等热交换设备，它在石油化工企业中占有重要地位。其中碳钢换热器是应用最广泛的设备，但在石油化工生产中，由于各种化学介质、水介质对碳钢热交换器产生了化学和电化学腐蚀，因此使用寿命一般为4～8年左右，而在苛刻的腐蚀环境中寿命更短。碳钢换热器的腐蚀已成为国内外防腐工作的一个重要分支，其防护方法有两种：①采用耐腐蚀的材料如耐蚀合金、铜合金、不锈钢等。②在碳钢换热器上涂装各种耐蚀涂料。在此讨论涂层换热器的特点及涂装[1]。

1 换热器涂料的性能

表1 换热器涂料的物理化学性能

项 目	底漆	面漆	检测方法
颜 色	浅铁红	铬绿色(可调)	GB1729－79
细度/μm	＜60	＜40	GB1724－79
附着力	1级	1级	GB1720－79
冲击强度/kg·cm	50	50	GB1732－79
硬 度	0.7	0.8	GB1730－79
粘度/s	60～70	60～70	GB1723－79
柔韧性/mm	1	1	GB1731－79
表干时间/h	4	4	GB1728－79
耐热性	无开裂	无开裂	GB1735－79
耐温变(8周期)	无变化	无变化	－180～200℃
耐湿热	1级	1级	GB1740－79
耐化学性能	耐工业循环水、30％NaOH、KOH、10％H_2SO_4、HCl、HAC、苯、二甲苯、汽油、酮、醛、酯等，按GB1763－79检测，涂层无变化。		

一般来说，换热器防腐涂料的主要成膜物质由环氧树脂、氨基树脂以及颜料与助剂组成。但换热器涂料发展至今，品种繁多，针对特定使用环境涂料的性能也有差异。但可以肯定的是，所有的换热器涂料都没有指出涂料的导热性能，这是用户最关心的问题。

2 换热器涂料对导热性能的影响

在换热器管程或壳程涂敷涂料，设计和使用部门对换热器涂料导热性极为关心。多年来国内外许多研究和生产部门对涂层换热器的传热效率进行各种计算、试验和生产考验。

(1) 涂层很薄，一般只有0.2～0.3mm左右，对热传导影响是很微小的，文献[2]指出"只要水流速度大于1米/秒，这种热损失是可以忽略不计的"。"在设计热交换器时，额定的安全因素可完全弥补由于树脂层引起的任何少量传热损失"。何况在选择涂料配方时，还可以通过加入铝粉等填料来提高其传热性能[3]。

表2 换热器涂料及碳钢的导热系数和污垢热阻

名 称	JST－2L	CH－784	碳钢
导热系数/$W\cdot(m\cdot K)^{-1}$	1.437	2.857	34.39
污垢热阻/$m^2\cdot K\cdot kW^{-1}$	4.6E－5	1.05E－5	2～6E－4

(2)从表2中可以看出，涂料比碳钢的污垢热阻小一个数量级，涂料减缓换热器管壁的结垢、但涂料比碳钢的导热系数低一个数量级。涂敷前后对换热器导热性能的综合影响见图1[4]。无涂层换热器早期传热性能较好，但用不了多长时间由于苛蚀严为

和结垢层的增加，而使传热性能急剧下降。相反，涂层换热器表面光滑，结垢甚微，因此，它一开始就显示出稳定的传热性能，而且长期运转几乎是一条平行于横轴的直线。

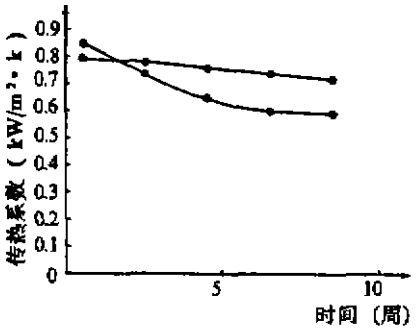


图 1 涂层对水冷器传热系数的影响

从现场涂层换热器的运行情况来看，E2702 涂装 TH－847 已 6 年，E1406 涂装 JST－2L 已 2 年，涂层表面很少有硬垢、只有少量软垢、用水枪清洗即可。而对未涂装的换热器，每次停车大修时必须酸洗或高压射流冲洗，方可清除垢层。

所以从长周期运行来看，涂层对换热器导热性能的影响是有利的。需从防腐和长效运行等方面综合选择涂层厚度。

3 适宜的涂层厚度

涂层换热器的涂层厚度是影响其使用寿命的一个重要因素。涂层越薄，传热性能越好，粘结力越高，成本越低，但是却带来了抗水性、抗氧等腐蚀性离子渗透性、耐腐蚀性的下降。特别是往往引起早期缺陷的产生，见图 2。当涂层厚度在 5mil（约 0.127mm）以下早期缺陷的发生率是比较高的。因此在一定范围内增加涂层厚度，其使用寿命也随之延长。但涂层太厚易引起温变开裂。当 CH－784 涂层的厚度为 300～380μm，在 +200～－18℃ 经 7×1 小时温变试验出现开裂，而厚度小于 300μm 时未出现开裂[5]。

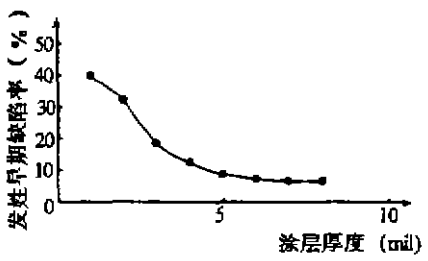


图 2 涂层厚度与发生缺陷率的关系

注：1mil＝0.0254mm

表 3 是几种常用换热器涂料的推荐厚度。换热器涂层比通常的防腐涂层要厚。但由于换热器涂装施工的局限性，常常不能达到设计的涂层厚度，从而导致涂层的早期破坏。

表 3 换热器涂层的推荐厚度[6]　　单位：μm

涂料名称	CH－784	TH－847	7910#	LST－2L	总公司技术规定
生产厂	天津油漆厂	海洋局天津中海防腐公司	天津油漆厂	荆门炼油厂	
推荐厚度	200～300	200±50	250～300	100～160	200±50

4 换热器涂层的涂装及改进措施

通过多年对涂层换热器施工与使用情况调研，换热器涂层过早破坏主要是由于：

(1) 涂层太薄（＜150μm，管中内壁甚至达不到 100μm）不足以阻止水、氧等的渗透[6]；

(2)涂层质量差，厚薄不均，还存在针孔、起泡、咬底、流挂、皱缩、剥落、裂纹等病态[6]。

上述涂层换热器早期破坏的根本原因，是采用传统溶剂型涂料和涂装工艺局限性所造成的。具体来说：

①涂料本身含溶剂，又通过加溶剂调节粘度进行涂装。若控制不严，会发生多种涂层的缺陷，尤其在固化成膜过程中尚有 10％的溶剂挥发。如溶剂挥发慢，会使涂膜疏松发软，降低机械性能，水与氧易渗透。尤其是换热器整体涂装后放入烘房（大多卧放，不能转动，对于大型换热器尤其如此）。在低于 100℃ 升温过程中，涂膜会发生一定流变，上薄下厚，也易造成涂层缺陷。

②由于涂装工艺的限制，整体水冷器的涂装大多采用直立或倾斜一定角度灌涂。灌涂时为增加流动性而多加溶剂减少粘度，势必使涂料中固体成份比例减少，每道涂膜达不到预期的厚度。在多道灌涂过程中，下道涂料中溶剂必定部分溶解上道未完全固化的涂膜，有的甚至咬底，涂面漆时也会把底漆

溶出。故实际上多道涂层未必是理论上每道涂膜厚的总和。例如采用 CH－784 氨基环氧涂料，涂 6 道，每道以 30μm 计，总厚应为 180μm，实测管中部内壁膜厚＜150μm，甚至不到 100μm，即使再多涂几道，也很难到规定厚度。

③由于客观上对涂装过程或竣工后的水冷器管内壁涂膜厚度与质量还没有切实可行的检测方法，一般习惯于外表检查。但管板表面采用刷涂加喷涂修饰，涂层厚度较厚，光洁美观，容易蒙骗部分用户。

④即使检测不合格，对管板管口可见部分尚可修补外，但对管中部涂膜又很难修补，至今仍是一尚未解决的难题。特别是涂膜已经最终固化，检查不合格需要修补或加厚，即使采用冷固化补涂或热固化重涂，实践证明，均会发生新膜与老膜间的脱层。

通过上述分析可知，至今涂层换热器早期涂层破坏普遍原因是传统涂料与现行涂装工艺局限性造成涂层过薄，这个问题应引起有关部门和防腐蚀行业的关注。

为了涂层换热器技术的发展与推广应用，应当开发新型涂料和新工艺，如选用鳞片涂料、采用触变剂增厚，开发厚浆涂装工艺或采用粉末涂料，开发粉末流态涂装工艺等。

加强施工过程中的厚度检测。换热器管中部的涂层厚度一般无法直接测量，可采用低压电火花检测仪或兆欧表检测。每道涂层完工后，都严格测量涂层厚度，对那些厚度没有变化的管子，及时修补，确保工程竣工时，涂层的总厚度达到设计要求，避免返工。

采用涂层防腐与电化学保护联合的方法。涂层换热器在施工中很难完全避免不出现气孔、微裂缝或其他缺陷；在长期使用中，反复的拆卸、装配、维修，特别是管端和水箱部位，涂层易产生机械损伤，造成大阴极小阳极的腐蚀反应，严重威胁着换热器的使用寿命，而采用电化学保护能有效弥补涂层的缺陷。本厂为保护换热器的管板腐蚀，采用了环氧富锌涂料和牺牲阳极联合保护，收到良好的效果。

5 结束语

涂层换热器具有耐蚀、不易结垢等特点，在传热方面完全能满足生产要求。要在石油化工企业大力推广，施工单位应改进现有涂装工艺，加强质量管理，保证涂层换热器的长效使用。

参 考 文 献

1 云天钧．涂层换热器的特点，上海石化总厂化工一厂
2 New materials for extreme demands " surface daring European symposium
3 "problem of cooling water corrosion and build up" sakaphen mtormation
4 中国石化总公司水冷器涂料施工暂行规定
5 CH－784 涂料使用总结．天津油漆厂，1984
6 余存烨．水冷器安全涂层厚度讨论．石油化工腐蚀与防护，1997，(1)
7 7910[#]涂料试制总结．天津油漆厂，1984

（上接第 57 页）

考虑到在流程图操作有两点不方便，一是 PDI211 与 PDI212 切换，必须调出 SW211 的细目画面。二是 PIK206A、B、C 的手动至自动切换需要一个平衡过程。所以，增设了另外一幅图（UD－16），如图 4 所示，且组态在 Button 键中。

由图可知，它不仅方便地解决了上述两问题，而且比在流程图中操作更直观，整个控制系统的构成及状态一目了然。同时也为仪表维护人员提供了极大的方便。

4 结束语

经过半年多的开工运行，证明此复杂回路的控制组态设计是合理的。在组态的深度和广度上都较灵活，较准确的运用了各种算法块，使之能较好地控制工艺生产过程，画面组态设计以易懂、直观、易操作为原则，充分利用 DCS 中先进的制图技术，使工艺人员在较短的时间内就能应用自如，熟练地指挥和控制生产过程。

参 考 文 献

1 陆庆云．流化催化裂化．北京：烃加工出版社，1989