3PE防腐管线补口技术近况与浅议

廖宇平 王留彬 吴阳

中油防腐

目录 CONTENTS

- 补口技术概况
- 近期重点补口技术动态
- 问题处理及讨论
- 建议

一、补口技术概况

在ISO 21809-3《石油天然气工业-管道运输系统中埋地与水下管线外防腐层-第三部分：现场补口涂层》内所罗列的管线补口技术中，热喷铝涂层显然不适用3PE防腐管线的补口，单层或双层熔结环氧涂装和3PE管体防腐层匹配性不佳，其它的补口涂层都能够容易地涂敷或者对3PE管体防腐层有良好匹配性。在传统3PE管线补口技术中，热缩带占据统治地位，其它技术的应用相对较少，有些仅用于局部。

一、补口技术概况

表1 ISO 21809-3 标准对补口涂层的最新分类（8类，25种）

编号	补口涂层种类	
1A	石油制品带	热涂沥青带涂层
1B		石油脂带涂层
1C		石蜡带涂层
1D	冷缠胶带	冷缠聚合物带涂层
1E	粘弹体	用聚合物带外护的非结晶低粘度聚烯烃带涂层（“粘弹体”+冷缠胶带）
1F		用热缩带外护的非结晶低粘度聚烯烃带涂层（“粘弹体”+热缩带）
2A	热缩带	聚乙烯热缩带涂层
2B		带液体环氧或环氧粉末底漆的聚乙烯热缩带涂层
2C		带液体环氧或环氧粉末底漆的聚丙烯热缩带涂层

一、补口技术概况

表1 ISO 21809-3 标准对补口涂层的最新分类

编号	补口涂层种类	
3	热涂微晶蜡涂层	
4A	弹性涂层	氯丁橡胶弹性涂层
4B		乙丙橡胶弹性涂层
5A	熔结环氧涂层	单层熔结环氧涂层
5B		双层熔结环氧涂层
6A	液态涂装涂层	液体环氧涂层
6B		液体聚氨酯涂层
6C		玻纤增强环氧涂层
6D		玻纤增强乙烯酯涂层
6E		“浇注”聚氨酯涂层

一、补口技术概况

表1 ISO 21809-3 标准对补口涂层的最新分类

编号	补口涂层种类	
7A	热涂聚烯烃涂层	带环氧底层的火焰喷涂聚丙烯粉末涂层
7B		带环氧底层的热涂聚丙烯带或膜片涂层
7C		带环氧底层的注塑聚丙烯涂层
7D		带环氧底层的火焰喷涂聚乙烯粉末涂层
7E		带环氧底层的热涂聚乙烯带或膜片涂层
8	热喷铝涂层	

一、补口技术概况

国外动态

液体涂料：机械化喷涂补口，已成为一种趋势。

热涂聚烯烃：高端补口涂层新技术在高规格防腐管线，如海洋管线、穿越管段的应用正在兴起（ISO 21809-3动态）。

粘弹体补口：引入了新的技术理念，应用得到多方的重视。

热缩带技术：主要体现在热熔胶技术的进步和耐高温聚丙烯热缩带产品的开发应用（ISO 21809-3动态）。

一、补口技术概况

国内动态

液体环氧：广东LNG管线首次应用，在西一线济宁联络线再次应用。

液体聚氨酯补口：先后应用在西二线轮土支干线、西三线西段一种机械化补口技术。

粘弹体补口：先后应用在西一线补口大修、隧道穿越补口等，施工方便。

热收缩带补口：从陕京一线开始应用，已形成一批产品生产商。热缩带干膜安装产品和技术、机械安装技术在近期得到了更多关注，应用逐步推开。

二、近期重点补口技术动态

（一）机械化液体聚氨酯补口

由高性能无溶剂型液体聚氨酯涂料和机械化喷涂补口作业技术结合而成。

优势

- 抗阴极剥离性能可达到28天、60 ℃甚至更高温度阴极剥离的要求
- 机械自动喷涂作业使涂料的温度、配比和混合质量均由机械控制与执行，喷枪始终与管表面保持正确的距离和角度，涂料排量、喷头行进速度及涂覆遍数预先设定并保持不变
- 确保了每一个补口涂层的均匀一致，质量稳定可靠，效率高，排除人为因素对喷涂补口质量的影响。

二、近期重点补口技术动态

（一）机械化液体聚氨酯补口

中石油重点科研课题近期进展：

1、涂料国产化

- 2012年12月中下旬在西三线鄯善补口工地进行了两个国产配方的工艺试验，试片已经完成了第三方实验室检测，检测结果达到标准要求。目前西三线西段正在进行国产化涂料工业试验的申请及准备。
- 天津飞鸽工业园内防腐公司材料生产基地，液体聚氨酯补口涂料生产车间正建设，预计投产5月中下旬。

2、机动装备研制

- 研制能力在每天50道口的单车机组装备
- 研制具有越野能力的轮式补口作业车
- 研制主机架为静止式的喷涂补口机

3、知识产权工作

- 液体涂料喷涂补口机由管道局自行研制开发，已于2012年11月获得国家专利局授权（ZL 2012 2 0109601.2一种钢质管道补口自动喷涂装置）
- 管道局也已完成涂料专利的申请（201210109098.5一种管道用无溶剂聚氨酯补口防腐涂料）

二、近期重点补口技术动态

（一）机械化液体聚氨酯补口

西三线西段补口工程量为600km，已投入机械化补口机组3个，至2013年1月15日，防腐公司共完成补口12684道，约152km。

4、西三线补口工程完成情况

机械自动喷涂补口

喷涂补口

冬季施工中频预热

液体聚氨酯补口场景

二、近期重点补口技术动态

（二）中频辅助热缩带补口

常规人工安装热缩带补口工艺中，把涂底漆前的预热、热缩带收缩完成后的熔胶加热由手工火焰加热改为中频感应加热，达到避免除锈后钢管表面受到二次污染和解决大口径管道和冬季施工热缩带熔胶问题。

近期完成工作：

1、热收缩带中频加热安装施工工法编制

要点：控制适宜的底漆涂敷温度

热熔胶加热熔化时控制适宜的温度和温度分布

二、近期重点补口技术动态

（二）中频辅助热缩带补口

2、热缩带底漆干膜涂装工艺研究

新设计：

干膜底漆应通过外观、厚度、漏点（5v/μm）及附着力检测。

成果：

完成了457/508口径干膜底漆手工涂装工艺的试验、开发，在西二线广西支线应用

完成了1219口径管道热缩带干膜底漆手工涂敷工艺的开发，可满足大口径管线干膜补口需要；通过中频预热涂敷过程效率明显提高。

二、近期重点补口技术动态

（二）中频辅助热缩带补口

3、西三线补口工程完成情况

西三线西段中频辅助热缩带补口工程量为400km，共投入中频辅助热缩带补口机组2个，从2012年7月至12月，共完成防腐补口8217道，实际完成补口工程量约100.2km。

中频热缩带补口装备

中频加热作业

二、近期重点补口技术动态

（三）机械化热缩带补口工作站

将热缩带补口工艺过程最大程度的用机械加以实现，密闭自动喷砂除锈均匀可靠，人为因素少，对环境友好；远红外收带，加热功率大，热缩带环向整体加热均匀。

1、补口机械装备研制

完成了密闭、循环焊口喷砂装备，中频预热装备、红外加热设备的研制形成了以环保喷砂、中频预热、红外收带及熔胶为特色的机组装备。

循环喷砂装备

喷砂小车

红外加热器

二、近期重点补口技术动态

（三）机械化热缩带补口工作站

2、补口工艺研究

成果：

- 完成了补口各工序的作业方法的研究
- 完成了不同工艺的适应性研究
- 编制了机械化热缩带补口工作站施工规范

二、近期重点补口技术动态

（三）机械化热缩带补口工作站

3、工业试验及应用

实例：

广南支干线和中贵线上进行了约3km的管道补口工业应用试验，检验了设备的稳定性。

西三线西段50km的应用试验段也将在近期开始施工。

机械化热缩带补口工作站作业场景

三、问题处理及讨论

（一）机械化液体聚氨酯补口

1、3PE搭接面的漏点

现象：补口防腐层在管体3PE防腐层搭接部位容易出现微孔和漏点。

原因：喷砂处理后管体防腐层表面产生PE毛刺，雾化涂料（因静电及流动不足）在毛刺尖上结成小珠，形成漏点。

处理：采用火焰燎烤消除毛刺，从而避免漏点产生。

2、钢管表面潮湿影响

钢管表面的潮气将和涂料反应导致涂层产生气泡等缺陷（-NCO + $H_2O \rightarrow -NH_2 + CO_2$），如果未固化的涂层受水泡将导致涂层短期失效。

三、问题处理及讨论

（一）机械化液体聚氨酯补口

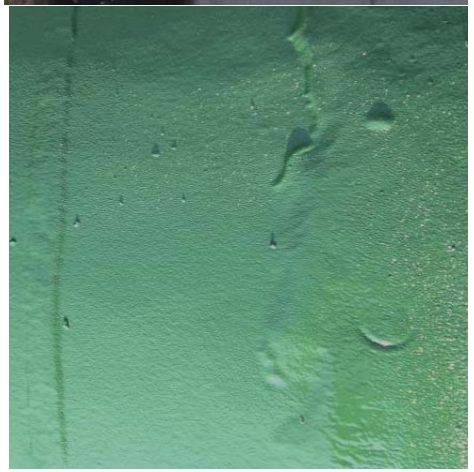
处理方法

当钢管表面结潮时，应当采用中频加热除去管表的潮气；当用火焰清除PE毛刺时，要防止燃烧气体在低温裸露管面结潮，或者留有充分时间让潮气蒸发。

现象（西一线补口大修试验）

中卫-喷涂后24hr水泡情形

南京-喷涂后36hr水泡情形



南京-潮湿及起泡

三、问题处理及讨论

（二）中频辅助热缩带补口

1、管体不同位置的温差

原因
- 阳光照射下，管道阴阳面温度不一致
- 中频加热后钢管环向也存在一定的温差，线圈加热的温度并非完全一致。

处理方法：找到加热后钢管温度最高处对应的线圈部位，将该部位放到管道阴面进行加热作业。这样可以满足底漆涂装预热均匀性的要求，并可达到回火熔胶效果，剥离界面呈内聚破坏状态。

2、回火后皱褶

原因
- 不同收缩带厂家采用的基材不一样
- 冬季施工中，不能及时进行中频回火

三、问题处理及讨论

（三）推广应用面临的问题

补口新技术推广面临的首要问题是补口成本较高，机组及材料两方面；

现有补口装备不适用于复杂地形施工作业，在山地、水网的应用存在问题。

近期任务

1、提高补口装备的集成程度

2、特殊地形作业技术措施及装备研究

3、国产化聚氨酯补口涂料应用

4、切实对知识产权加以保护

四、建议

1、加速机械化液体聚氨酯补口技术应用推广

优势与条件

2、保障中频辅助热缩带补口推广应用效果

装备配置与技能培训

3、探索管道建设管理新方法，提高机械化补口效能　进度款及施工配合

谢谢！

THANK U