

# 津华线埋地管道防腐涂层——三层 PE

张伟<sup>1\*</sup>,王健康<sup>2</sup>,周强<sup>2</sup>,李雪<sup>1</sup>

(1. 中国石油天然气管道局天津设计院,天津 300457;  
2. 中国石油天然气管道局,河北 廊坊 065000)

**摘要:**从天津港-华北石化原油管道工程管道防腐涂层的选择出发,介绍了埋地管道三层 PE 防腐涂层的特点,分析了埋地管道三层 PE 防腐涂层各部分的化学组成。指出埋地管道三层 PE 中,环氧粉末起主要防腐作用,聚乙烯层的作用是阻挡外界介质,胶黏剂是“桥梁”,可以将熔接环氧粉末和聚乙烯有机连接在一起。最终,项目在特殊地段选择了三层 PE 防腐层,在一般地段选择了环氧粉末防腐层。

**关键词:**管道;三层 PE;环氧粉末;聚乙烯;胶黏剂

**中图分类号:**TE08

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2016)01-0199-03

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2016.01.050

## Preliminary discussion on anti-corrosion coating for buried pipeline of Jin Hua pipeline—three-layer PE

ZHANG Wei<sup>1\*</sup>, WANG Jian-kang<sup>2</sup>, ZHOU Qiang<sup>2</sup>, LI Xue<sup>1</sup>

(1. China Petroleum Pipeline Bureau TianJin Design Institute, Tianjin 300457, China;  
2. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

**Abstract:** Based on the selection of anticorrosion coating for oil pipeline from Tianjin port to North China Petrochemical Company, the characteristics of three-layer PE anti-corrosion coating for buried pipeline is introduced. The chemical composition of each layer is also analyzed. It is pointed out that fusion-bonded epoxy (FBE) plays a major role in the anti-corrosion property of 3-layer PE coating, while exterior PE (polyethylene) acts as a barrier layer to prevent the outside medium. The adhesive acts as a bridge connecting the FBE and PE together. Finally, 3-layer PE is chosen as anti-corrosion coating in special areas, and FBE is selected as anti-corrosion coating in general areas.

**Key words:** pipeline; three-layer PE; FBE; polyethylene; adhesive

“天津港-华北石化原油管道工程”(又称“津华线”)起点为天津港汇鑫油库首站,终点为河北任丘合建站,管道沿线途经天津市滨海新区、静海县,河北省黄骅市、青县、大城县、任丘市。线路全长约 188 km,设计输量为 700 万 t/a,设计压力 6.3 MPa。管道规格为  $\Phi 508 \times 7.1$ ,管材一般段采用 L415 螺旋缝埋弧焊钢管,穿越段采用 L415 直缝埋弧焊钢管。

埋地管道在土壤中会发生电化学腐蚀,本项目原油管道为保温管道,沿线的地形地貌比较复杂,经过多处鱼塘虾池段,且管道穿跨越较多,优良管道防腐层的选择显得尤为重要。

埋地管道防腐涂层选用的原则是技术上可行,经济上合理。从技术角度,一般管道外防腐涂层主要考虑以下因素<sup>[1-3]</sup>:①物理和化学稳定性高;②土壤应力抵抗能力强;③良好的附着力;④耐抗击能力;⑤抗阴极剥离能力;⑥防腐层的材料和施工工艺不应影响母材的性能产生不利影响;⑦防腐层损伤后

易于修补。

目前埋地管道外防腐涂层主要有石油沥青、聚乙烯胶黏带、环氧粉末和挤压聚乙烯等防腐涂层。在实际工程项目应用中这些涂层都存在一定的缺点,例如石油沥青有污染,聚乙烯胶黏带黏接力稍逊,环氧粉末机械强度低,挤压聚乙烯防腐效果差。

三层结构熔结环氧/挤压聚乙烯防腐层技术(又称三层 PE 防腐层)开发于 20 世纪 80 年代,自 20 世纪 90 年代引入我国。由于防腐效果远远好于其他涂层,三层 PE 防腐层目前已在管道防腐涂料中占据首要位置,许多国家重点工程均选用了三层 PE 作为埋地管道外防腐层,例如陕京输气管道及西气东输管线等<sup>[4]</sup>。

## 1 三层 PE 特点

三层 PE 防腐涂层不仅用于陆地埋地管道使

用,海洋埋地管道也主要采用三层 PE 作为防腐涂层。三层 PE 防腐涂层作为先进的管道防腐技术,为管道的长期安全运行提供了强有力的支持。三层 PE 防腐层的宏观结构如图 1 所示。



1—环氧粉末;2—胶黏剂;3—聚乙烯

图 1 三层 PE 防腐层的宏观结构示意图

如图 1 所示,三层 PE 防腐涂层以环氧粉末涂料为底漆,以改性聚烯烃为中间层,以聚乙烯为面层。综合了外层聚乙烯和内层环氧粉末的优点,既具有优良的黏结性能和防腐性能,又具有优良的耐水性能以及良好的机械强度。三层 PE 防腐层环境适应能力强,而且不会污染环境和危害施工人员健康。

### 1.1 三层 PE 优点

#### (1) 防腐性能好<sup>[5]</sup>

三层 PE 防腐层具有其他防腐层无法比拟的优点,高分子聚乙烯克服了石油沥青等防腐层机械强度低的缺点,同时弥补了环氧粉末防腐层吸水率高及抗外界机械损伤能力差的不足;环氧粉末与管道黏接力强,远远大于聚乙烯胶黏带等涂层。

#### (2) 产品质量稳定

三层 PE 防腐层是工厂预制的,聚乙烯、胶黏剂、环氧粉末都是合成材料,从静电技术喷涂环氧粉末到胶黏剂涂敷到聚乙烯层涂敷时间都有严格的要求,所以三层 PE 涂层产品质量有保证。

#### (3) 环境污染小

在三层 PE 防腐层防腐厂的原料都是环保型产品,无有毒气体和有害物质的排放,而且工厂内设置了防噪音装置,不会危害生产人员的身体健康。

#### (4) 造价合理

随着三层 PE 防腐层使用范围的扩大和涂敷工艺的提高,涂敷成本也在不断降低。目前国内普通级三层 PE 防腐层每平方米报价约 80 元,加强级三层 PE 防腐层比普通级每平方米报价多 10 元左右。随着造价的降低,三层 PE 防腐层的优势更加明显,应用也会更加广泛。

### 1.2 三层 PE 缺点

#### (1) 存在阴极保护屏蔽作用

由于聚乙烯内聚力大于其黏接力,而环氧粉末涂层其黏接力大于其内聚力。所以一旦聚乙烯层破损,就会形成“鼓包”,造成阴极保护电流达不到管道表面,从而形成阴极保护屏蔽。

#### (2) 环焊缝补口缺陷

目前,三层 PE 管道补口主要采用带环氧底漆的热收缩带,与管体三层 PE 主涂层防腐性能存在差异,使得管道环焊缝处往往成为管道腐蚀的薄弱环节<sup>[6]</sup>。

## 2 三层 PE 结构分析

图 2 从微观角度描述了三层 PE 防腐层的 3 种组分的具体化学成分。

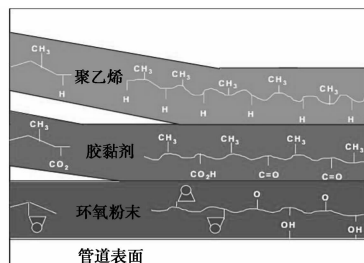


图 2 三层 PE 防腐层的微观结构示意图

环氧粉末底漆通过化学键与管道黏接在一起,由此发挥防腐作用;胶黏剂起的是“桥梁”的作用,将易极化的环氧粉末与不极化的聚乙烯结合在一起,充分发挥两者各自的优势;聚乙烯凭借其优良的机械强度、抗冲击以及耐化学侵蚀等性能阻挡外界电解质。只有这三者组成一个密不可分的整体,才能发挥最佳的防腐效果。

### 2.1 环氧粉末

如图 3 所示,三层 PE 防腐层中的熔结环氧粉末一般是由高分子质量的双酚 A 型环氧树脂和含酚羟基的固化剂树脂反应而得,有时为了增强防腐性能,还加入一些酚醛型环氧树脂<sup>[7]</sup>。

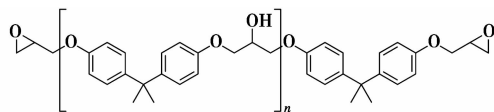


图 3 环氧粉末典型结构图

环氧粉末具有高附着力及良好的抗阴极剥离性能,三层 PE 防腐层中,真正起到防腐作用的就是环氧粉末<sup>[8]</sup>,其性能好坏直接影响到三层 PE 防腐层

的防腐效果,所以它的厚度一般不低于 120 μm。

## 2.2 胶黏剂

如图 4 所示,三层 PE 防腐层中的胶黏剂层一般是由马来酸酐与聚乙烯反应的聚合物。在三层 PE 防腐层中,胶黏剂起到了“桥梁”的作用,可以将熔接环氧粉末和聚乙烯连接在一起。胶黏剂之所以能够将熔接环氧粉末和聚乙烯黏结在一起,一方面是由于它结构中含有能够与环氧粉末发生反应的极性集团;另一方面,胶黏剂与聚乙烯为同种材料,在熔融状态下它们可以互相熔合。

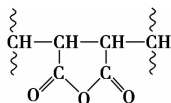


图 4 胶黏剂典型结构图

## 2.3 聚乙烯

图 5 是聚乙烯的典型结构,聚乙烯与钢铁没有附着力,它耐水,不极化。为了提高聚乙烯的抗老化性能及抗环境应力开裂性能,通常在聚乙烯材料中加入碳黑、抗氧化剂等助剂<sup>[9]</sup>。根据分子质量的不同,聚乙烯可分为低密度型、中密度型和高密度密度型 3 类,应用较多的是中密度型和高密度型。低密度聚乙烯容易造成应力腐蚀开裂,而且低密度聚乙烯三层 PE 涂层有时表面看上去良好,但是下面已经腐蚀了。目前国内认为聚乙烯防腐层的最高使用温度为 70℃<sup>[10]</sup>。国外标准认为高密度聚乙烯防腐层的最高使用温度为 80℃,超过此温度时,应当选用其他涂层。

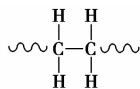


图 5 聚乙烯典型结构图

## 3 结语

鉴于三层 PE 防腐层的整体性能以及环氧粉末的耐腐蚀性能,从经济角度考虑,本工程最终的设计是在不同的地段采用不同的涂层,以充分发挥相应涂层的优点。在鱼塘虾池段采用吸水率低的普通级三层 PE 防腐层,定向钻穿越段管道采用耐划伤的加强级三层 PE 防腐层,在其余一般地段管道采用了耐腐蚀的加强级熔结环氧粉末防腐层。

## 参考文献

- [1] Norman David, Gray David. Ten years experience of fusion bonded powder coatings [C]. NACE Annual Conference, 1992: 367.
- [2] Banach James L. Pipeline coatings-evaluation, repair, and impact on corrosion protection design and cost [C]. NACE Annual Conference, 1997: 29.
- [4] 张丰,赵君,刘玲莉,等. 管道 3PE 防腐层技术标准对比分析 [J]. 油气储运, 2009, 28(7): 48-51.
- [5] 尹国耀,胡成洲,张利. 油气管道最佳外防腐层—三层 PE 防腐 [J]. 防腐保温技术, 1999, 7(1): 38-39.
- [6] 肖治,冯来义. 3 层结构聚乙烯防腐层的改进和发展 [J]. 石油规划设计, 2003, 14(5): 24-25.
- [7] Nozahic D, Leiden L. Advanced three-layer HDPE (high density polyethylene) system with improved short-and long-term properties [C]. 13th Bhr Group Pipeline Protection Int Conf Proc, 1999: 107-112.
- [8] 金士惠,刘宏伟. 由 GB/T 23257—2009 标准剖析 浅谈三层结构聚乙烯真正意义的防腐涂层 [J]. 防腐保温技术, 2012, 20(1): 19.
- [9] Cox J J W. Three layer high density polyethylene exterior pipeline coatings: Job references and case histories [C]. 14th Bhr Group Ltd Pipfxtnet Protect Int Conf Proc, 2001: 13-22.
- [10] 王金亮,千志强. 对《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》的修改意见 [J]. 防腐保温技术, 2001, 9(1): 10-12. ■

## SABIC 连续第 6 年在华蝉联“杰出雇主”

2015 年 12 月 9 日,沙特基础工业公司(SABIC)再次获得杰出雇主调研机构的肯定,作为全球最佳雇主之一连续第 6 年荣膺“中国杰出雇主”认证。同时,SABIC 还获得了“2016 年度亚太地区杰出雇主”认证,并在公司的其他 4 个主要亚洲市场——印度、日本、韩国和新加坡均获得了“2016 年度杰出雇主”认证。

SABIC 始终在中国践行“化学成就你我”的理念,致力于实现成为“世界化学领域卓越领导者”的伟大愿景。目前,公司正通过转型更好地满足客户需求,同时也持续致力

于为员工提供职业发展与成长的机遇。

SABIC 通过精心设计的人才项目,为领导力网络、员工授权及跨部门合作提供更多的机会。公司在亚洲开展的重要企业社会责任项目——“点亮未来”竞赛,就是 SABIC 为员工搭建的跨部门、级别和资历的战略性互动平台。目前,已有 160 名 SABIC 志愿者贡献了逾 1800 小时,与 1 000 多名 10 至 28 岁的学生进行了互动交流。SABIC 还鼓励管理人员和基层员工就各自发展需求定期提供反馈,并根据员工需求提供相关培训。(戴秋芸、陈颖)