

管道用复合防腐涂层

肖峰 (大庆石油管理局基建管理中心)

周爱庆 杨红 (大庆油田建设集团建材公司)

1. 复合防腐涂层系统的分类

复合防腐涂层可以发挥不同材料的作用,与管道达到完美的结合,延长防腐层和管道的使用寿命。为满足管道工程建设的需要,管道覆盖层的多层结构有了较大的发展,到目前为止,多层结构管道覆盖层系统已形成两大类,一种是以环氧树脂为主的双层粉末覆盖层,另一种是以聚烯烃树脂为主的复合覆盖层。

(1) 双层粉末覆盖层。双层粉末覆盖层是在单层熔结环氧粉末 (FBE) 的基础上发展起来的,研究和应用都较为成功。为了提高单层 FBE 薄覆盖层在施工过程中的抗机械损伤和抗岩石挤压划伤的能力,在原有的 FBE 基础上 ($250\sim 380\mu\text{m}$),再喷一层改性环氧粉末作为外保护层 ($350\sim 600\mu\text{m}$),整体覆盖层厚度在 $600\sim 900\mu\text{m}$ 之间。美国杜邦粉末涂料公司 (原奥博兰公司) 生产的 Nap-Gard 系列涂料中的 DPS (Dual Powder system) 涂料,就是此类产品。该公司根据不同的地理环境和工程要求,开发了不同类型的外层涂料,有抗冲击的岩石型、耐热水的高温型、用于海底管道的防滑型。特别是 Nap-Rock 岩石型覆盖层抗划伤性极强,与三层 PE 的对比试验结果可知,在 50kg 的耐划性试验中,NaP-Rock 划伤深度为 0.635mm,占覆盖层总厚度的 66%,三层 PE 划伤深度为 2.36mm,占覆盖层总厚度的 88%。

(2) 复合挤塑覆盖层。首先是三层聚乙烯。挤塑聚乙烯 (PE, 俗称黄夹克) 具有优良的机械和防腐性能,极低的水、氧渗透性,是一种优异的防腐材料。但它本身与钢管没有粘结性,必须使用胶粘剂,一旦聚乙烯开裂破损,水或潮气就会渗入 PE 层与管体之间,在外力的冲击和挤压下,PE 层与管体的粘结就会失效。发生这种情况后,由于聚乙烯的阴极保护屏蔽作用,使得阴极保护电流很难到达失效区,这是聚乙烯覆盖层的致命弱点。为了解决这个问题,西德曼内斯曼设备公司在 20 世纪 80 年代发明了三层 PE 复合结构——MAPEC 覆盖层,即在双层 PE 上喷涂一层环氧底漆,提高了覆盖层与钢管的粘结性和防腐性。目前,世界上应用的典型三层 PE 的结构是,较薄的 FBE 底层 ($60\sim 100\mu\text{m}$),中间层聚合物胶粘剂和聚乙烯

外层 ($1.5\sim 3.0\text{mm}$)。FBE 底层不仅克服了聚乙烯与钢材粘结差的弱点,而且将覆盖层的阴极剥离强度提高了 3~4 倍。其次是复合覆盖层。FBE/改性聚乙烯是一种在三层 PE 基础上的改进型。将聚乙烯改性成带有极性基团,直接挤压在未固化的 FBE 上,与机械粘结成一体。对于 FBE 底层和聚乙烯 (PE) 的厚度,各国有不同的规定。国外许多专家认为,三层 PE 的结构应是:FBE 为 $50\sim 100\mu\text{m}$,PE 为 $1.5\sim 3\text{mm}$,而且三层覆盖层系统可以根据工程要求进行设计。如美国大陆公司的一条 508mm、长 50km 的天然气管道,沿途山岭深谷占 75%,用三层 PE 代替了单层的 FBE 覆盖层。其三层 PE 系统为:FBE 底层为 $200\mu\text{m}$;粘结中间层为 200m;高密度 PE 保护层为 1.5mm。我国的行标和企标规定,大中口径的钢管普通型防腐层最小厚度 FBE 为 $60\sim 80\mu\text{m}$,PE 为 $2\sim 3\text{mm}$ (随管径而变化)。从实用性来看,这一规定范围太窄,会影响工程建设的应用。

2. 复合防腐涂层的性能评价

参考国外专家对管道复合防腐涂层在应用中的调研和分析,依据独立试验室的对比试验和应用经验,得出了多层管道覆盖层性能的对比评价结果。依据各个项目的优劣程度以及覆盖层多年的使用性能进行综合评分,FBE 为 8 分,三层 PE 为 8 分,双层 FBE 为 10 分。与三层 PE 相比,FBE 的整体粘结性、阴极保护的相容性更好些,主要缺点是抗施工损伤性较差。三层 PE 的主要缺点是涂敷工艺较复杂,补口及配件涂敷的一致性较差。相比之下,双层 FBE 在 10 项性能指标中都无可挑剔,是最优秀的管道覆盖层。

3. 多层结构覆盖层的应用

据美国《管道文摘》1996 年的统计调查,三层 PE 覆盖层用量已上升到第二位,占世界管道涂敷总面积的 25%,主要在欧洲和中东管道中应用。我国已在 1800km 以上的长输管道工程中 (如陕京线) 使用了三层 PE 覆盖层。双层 FBE 覆盖层的商业应用始于 1992 年,虽然用于不同目的的双层环氧覆盖层在多项工程中使用,但总的公里数仍然较少,其中具有代表性的有委内瑞拉的 CORPOVEN/LAGOVEN 高温水管道,管径 $152\sim 305\text{mm}$,长度为 316km;阿科/厄瓜多尔管道工程,台径为 $305\sim 406\text{mm}$,长度为 150km;休斯敦的海湾穿越工程。