第二章　管道外防腐层

一、概述

埋地钢质管道的外壁腐蚀主要是电化学腐蚀，采用外涂层的方法可减少或阻断腐蚀电流，减缓腐蚀的发生。评价涂层的优劣可归纳为以下几项：

1、电性能。要求材料绝缘电阻高，绝缘性好。

2、化学性能。化学性质稳定，在酸、碱、盐等化学介质的作用下，不易变质失效。

3、机械性能。机械强度高，粘结力大，抗冲击，抗土壤应力，施工中不易损伤。

4、抗阴极剥离性能好，能与电法保护长期配合使用。

5、抗微生物侵蚀。

6、耐老化，寿命长久。

7、施工方法简便，易施工易修补。

8、对生态环境无污染。

9、经济、价廉，节省投资。

目前，国内外用于埋地管道的外防腐层主要有六种，即：石油沥青、聚乙烯胶粘带、挤压聚乙烯、熔结环氧粉末、煤焦油瓷漆和环氧煤沥青。这六种防腐层在我国均大量使用并已有相应的国标和行业标准。

钢管涂敷各种防腐层前，首先要进行表面处理，钢铁表面的锈（包括热轧制生成的氧化皮），在土壤和水中比钢铁的电极电位高，

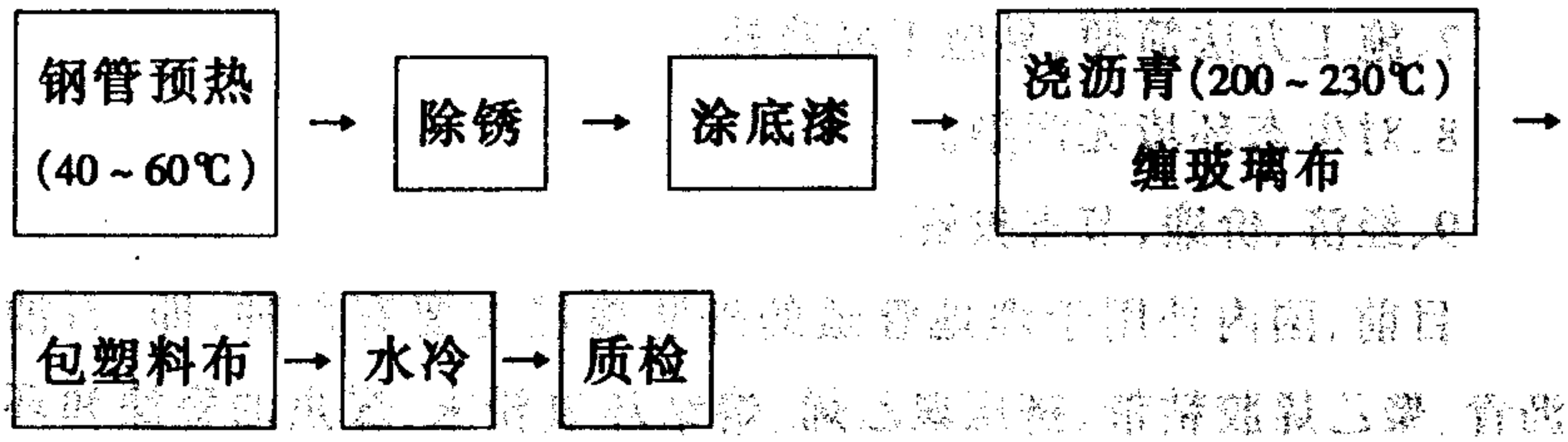
它与钢铁形成腐蚀电池，是钢铁腐蚀的根源。另外，钢铁与铁锈膨胀系数不同，在温度变化时，锈会松动脱离，造成防腐层剥离。锈是腐蚀的根源和隐患，应该彻底清除。表面处理越彻底，涂层寿命越长久。

二、石油沥青防腐层

在五十年代，我国引用了前苏联的石油沥青管道防腐技术，成为我国传统防腐层，但国外现在已很少使用。国外（包括前苏联）使用石油沥青防腐时，在沥青中加入填料和添加剂，成为绝缘防腐专用沥青，具有防腐专用的性能指标。国内防腐所用的沥青，包括石油系统用的管道防腐专用沥青都是石油炼制的产物，没有加入填料和添加剂进行二次加工。

中国石油天然气总公司发布的石油沥青防腐层行业标准为《埋地钢质管道石油沥青防腐层技术标准》（SY/T 0420－97）。

（一）、施工方法



钢管除锈至 Sa2 级或 St3 级，涂刷石油沥青底漆（底漆用汽油与石油沥青配制），厚度 0.1～0.2mm。涂底漆后 24 小时内，连续多次浇涂热石油沥青并缠绕玻璃布，直至达到设计要求的结构和厚度，最后缠绕聚氯乙烯工业膜，经水冷却后下作业线，质检合格后

出厂。

(二)、防腐层结构

表 2.2.1　石油沥青防腐层结构

防腐等级	普通级	加强级	特加强级
总厚度(mm)	≥4	≥5.5	≥7
防腐层结构	三油三布	四油四布	五油五布

注:钢管焊缝部位的防腐层厚度不小于规定值的 65%

(三)、材料

石油沥青防腐层使用的材料包括底漆、石油沥青、玻璃布和聚氯乙烯工业膜。

1、石油沥青

当管道输送介质温度不超过 80℃,应采用管道防腐石油沥青,其软化点≥125℃,针入度 5～20(1/10mm),延度≥1cm。介质温度低于 50℃时,可采用 10 号建筑沥青。

2、玻璃布

使用中碱玻璃布,含碱量不大于 12%,经纬密度 8×8(或 9×9)根×根/cm^2,厚度 0.1mm。

3、聚氯乙烯工业膜

厚度 0.2mm,拉伸强度≥14.7(MPa),断裂伸长率≥200%,耐寒性≤－30℃,耐热性≥70℃。

(四)、防腐层质量检验

1、外观检查

要求表面平整,无明显气泡、麻面、皱纹等缺陷。外包保护层应压边均匀、无褶皱。

2、厚度检查

用测厚仪检测，最薄点不小于表 2.2.1 要求。

3、粘接力检查

在防腐层上切一夹角为 45°～60°的舌形切口，边长 40～50mm，从夹角尖端撕开防腐层约 30～50mm²。应不易撕开，撕开后不应露出钢铁表面。

4、缺陷检查

采用高压电火花检漏仪逐根检查，防腐层应无漏点。检漏电压如表 2.2.2 所示。

表 2.2.2　石油沥青防腐检漏电压

防腐等级	普通级	加强级	特加强级
检漏电压(kV)	16	18	20

(五)、补伤与补口

补伤补口可使用热沥青浇涂并缠绕玻璃布，防腐层结构与管体防腐相同，也可使用热收缩套(片)。经检验粘结力合格，电火花检查无针孔，方可下沟回填。

(六)、综合评述

石油沥青防腐层是我国传统的防腐方法。涂层易老化，吸水率较高，机械强度低，低温下脆裂，高温下流淌，在阴极保护条件下易产生剥离，不耐微生物和植物根茎穿透，使用寿命约 15～20 年，热涂施工污染环境，工作条件恶劣。唯一优点是造价较低。

三、聚乙烯胶粘带防腐层

国外自五十年代开始大量使用聚乙烯胶粘带，我国石油系统

1975年研制成JD－403型胶粘带，用于胜利油田管道防腐。现在国内有多家胶粘带生产厂，产品质量可以达到国外同类产品水平。国家石油和化学工业局发布的聚乙烯胶粘带防腐层行业标准为《钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准》(SY/T 0414－98)。

(一)、施工方法

聚乙烯粘胶带防腐层是由底漆、内带和外保护带组成，可采用手工或机械缠绕施工。

钢管除锈 → 涂底漆 → 缠内带 → 缠外带 → 质检

钢管除锈至Sa2级或St3级，涂刷配套底漆，厚度30μm，底漆表干后，即可缠绕胶带，先缠胶层厚的内带，再缠外保护带，搭边宽度可从10mm至搭接胶带宽度的50%。

胶带是靠密封达到防腐蚀目的，故粘结和搭接必须要求紧密，否则产生窜水、剥离和阴极保护电流泄漏。风砂天，管面潮湿等气候环境都不宜施工。

(二)、防腐层结构

聚乙烯胶粘带防腐层的等级及结构应符合表2.3.1要求。

表2.3.1 防腐层等级及结构

防腐层等级	总厚度(mm)	防腐层结构
普通级	≥0.7	一层底漆、一层内带、一层外带
加强级	≥1.4	一层底漆、一层内带(搭接为胶带宽度的50～55%)、一层外带(搭接为胶带宽度的50～55%)

注：① 对于普通级防腐层，当胶粘带宽度小于或等于75mm时，搭接宽度

可大于或等于 10mm；当胶粘带宽度大于 75mm，小于 230mm 时，搭接宽度可大于或等于 15mm；当胶粘带宽度大于或等于 230mm 时，搭接宽度可大于或等于 20mm。

② 焊缝处防腐层厚度应不小于设计厚度的 85%。

(三)、材料

1、底漆

底漆是由合成橡胶和溶剂制成，其性能如表 2.3.2。

表 2.3.2 胶粘带底漆性能

项目名称	指　　标	测试方法
固体含量(%)	≥15	GB 1725
表干时间(min)	≤5	GB 1728
粘度(涂 4 杯)(s)	10～20	GB 1723

2、聚乙烯胶粘带

表 2.3.3 聚乙烯胶粘带性能

项目名称		防腐胶粘带(内带)	保护胶粘带(外带)	补口带	测试方法
颜色		黑	—	—	目测
厚度①(mm)	基膜	0.15～0.40	0.25～0.60	0.10～0.30	GB/T 6672
	胶层	0.15～0.70	0.15～0.25	0.20～0.80	
	胶带	0.30～1.10	0.40～0.85	0.30～1.10	
基膜拉伸强度(MPa)		≥18	≥18	≥18	GB/T 1040

项目名称		防腐胶粘带（内带）	保护胶粘带（外带）	补口带	测试方法
基膜断裂伸长率（%）		≥150	≥150	≥200	GB/T 1040
剥离强度（N/cm）	对有底漆钢材	≥18	—	≥18	GB 2792
	对背材	5～10	5～10	5～10	
体积电阻率（Ω·m）		$>1\times10^{12}$	$>1\times10^{12}$	$>1\times10^{12}$	GB 1410
电气强度（MV/m）		>30	>30	>30	GB 1408
耐热老化试验②（%）		<25	<25	<25	SY/T 0414
耐紫外光老化（168h）（%）		—	≥80	≥80	SY/T4013
吸水率（%）		<0.35	<0.35	<0.35	SY/T 0414
水蒸汽渗透率（24h）（mg/cm^2）		<0.45	<0.45	<0.45	GB 1037

注：①胶粘带厚度允许偏差为胶粘带厚度的±5%；

②耐热 老化试验是指试样在100℃的条件下，经2400h热老化后，测得基膜拉伸强度、基膜断裂伸长率、剥离强度的变化率。

（四）、防腐层质量检验

1、表观：目测检查，防腐层表面应平整，搭接均匀，无永久性气泡，无皱折，无破损。

2、厚度：用无损测量法进行测量，厚度应满足表2.3.1要求。

3、粘接力：用刀环向划开100mm宽、长度大于100mm的带，然

后用弹簧称与管壁成90°角拉开，拉开速度不大于300mm/min，其剥离强度应大于18N/cm。

4、电火花检漏：对管道外防腐层进行全线检查，其检测电压为：当厚度 $\delta < 1mm$ 时，$V = 3294\sqrt{\delta}$；当厚度 $\delta \geqslant 1mm$ 时，$V = 7313\sqrt{\delta}$。（δ 为涂层厚度，mm；V 为检测电压，V）。

（五）、补伤补口

首先清理表面，涂底漆，然后贴补或缠绕相同品种的胶粘带。

（六）、综合评价

聚乙烯胶粘带可用机械或手工现场施工，施工方便干净、效率高，价格适中，60～70年代曾一度得到较广泛使用。但随即发现由于现场施工的除锈质量不高或环境因素使粘结和搭接不易确保严密，胶带层下出现局部剥离导至腐蚀，而这种腐蚀方式是阴极保护无法保护也难于用外检测仪发现的，所以胶粘带一直只使用在要求使用年限不长的中、小口径管道上，使用量不大。

四、挤压聚乙烯防腐层

挤压聚乙烯防腐层俗称为夹克。是由底层胶粘剂和面层聚乙烯膜组成。生产工艺有纵向挤出和侧向缠绕两种，直径大于500mm的钢管，宜采用侧向缠出工艺，我国已建成多条作业线。中国石油天然气总公司发布的聚乙烯层腐层行业标准为《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》(SY/T 4013－95)。

（一）、施工方法（以挤出缠绕法三层结构为例）

钢管预热到40～60℃，抛丸除锈达到Sa2 $\frac{1}{2}$ 级，喷涂环氧粉末作为底漆，接着相继侧向缠绕胶粘剂层和聚乙烯层，聚乙烯挤出温