表 2.5.3　环氧粉末外涂层型式检验验收指标

试验项目	验收指标	试验方法
24h 或 48h 阴极剥离(mm)	≤13	SY/T 0315
抗 2.5°弯曲	无裂纹	
抗 1.5J 冲击	无针孔	
附着力(级)	1～3	

(五)、补伤补口

现场补伤应用环氧粉末生产厂推荐的双组份液体环氧涂料。补口采用环氧粉末现场喷涂,用管体一致的粉末涂料。

(六)、综合评述

熔结环氧粉末涂层的涂敷要求很严格,只有在工厂预制,质量才有保证。其机械强度高,抗冲击,现场施工效率高、干净,是一种综合性能优良的防腐涂层,目前在国外得到很广泛的使用。但其价格较昂贵,补口较困难。

六、煤焦油瓷漆防腐层

煤焦油瓷漆是保护埋地和海底管道应用较广泛的材腐材料,在国外已有百年历史,证明是一种经济有效的防腐体系。从 1995 年起,煤焦油瓷漆在我国海洋和西部地区的输油、气管道大量使用,但生产和施工中对环境有污染,一定程度上阻碍了它的扩大应用。中国石油天然气总公司发布的行业标准为《埋地钢质管道煤焦油瓷漆外防腐层技术标准》(SY/T 0379－98)。

(一)、涂敷施工方法

钢管除锈 → 预热(30～40℃)涂底漆 → 浇煤焦油瓷漆(230～260℃) → 缠内缠带 → 浇煤焦油瓷漆(230～260℃) → 缠外缠带 → 水冷 → 质检 → 成品

(二)、防腐层结构

表 2.6.1　防腐层结构

防腐层等级-		普通级	加强级	特强级
防腐层总厚度(mm)		≥2.4	≥3.2	≥4.0
防腐层结构	1	底漆一层	底漆一层	底漆一层
	2	瓷漆一层 (厚度 2.4mm ±0.8mm)	瓷漆一层 (厚度 2.4mm ±0.8mm)	瓷漆一层 (厚度 2.4mm ±0.8mm)
	3	外缠带一层	内缠带一层	内缠带一层
	4	—	瓷漆一层 (厚度≥0.8mm)	瓷漆一层 (厚度≥0.8mm)
	5	—	外缠带一层	内缠带一层
	6	—	—	瓷漆一层 (厚度≥0.8mm)
	7	—	—	外缠带一层

注：当作为螺旋焊接管外防腐层时，第一层瓷漆厚度应不小于 2.4mm，防腐层总厚度相应增加 0.8mm；焊缝处防腐层厚度应不小于总厚度的 65%。

(三)、材料

煤焦油瓷漆防腐层配套材料较多，包括：底漆、煤焦油瓷漆、内缠带、外缠带、补口和修补用热烤缠带和施工时的附加保护材料。

1、底漆

煤焦油瓷漆配套底漆应采用合成底漆，其技术指标应符合表 2.6.2 规定。和煤焦油瓷漆组合测试时，尚应符合表 2.6.4 规定。

表 2.6.2　合成底漆技术指标

序号	项　　目		指　标	测试方法
1	流出时间(4 号杯,23℃)(s)		35 ~ 60	GB/T 6253.4
2	闪点(闭口)(℃)		≥23	GB/T 6753.5
3	挥发物(105 ~ 110℃)(%)		≤75	GB/T 6751
4	干燥时间(25℃)	表干(min)	≤10	GB/T 1728
		实干(h)	≤1	

2、煤焦油瓷漆

煤焦油瓷漆分为 A、B、C 三种型号,其性能应符合表 2.6.3 的规定。在钢试片上涂装的底漆和瓷漆的组合技术指标应符合表 2.6.4 的规定。

表 2.6.3　煤焦油瓷漆技术指标

序号	项目	指　标			测试方法
		A	B	C	
1	软化点(环球法)(℃)	104 ~ 116	104 ~ 116	120 ~ 130	GB/T 4507
2	针入度(25℃;100g;5s)(10^{-1}mm)	10 ~ 20	5 ~ 10	1 ~ 9	SY/T 0526.3
3	针入度(46℃;50g;5s)(10^{-1}mm)	15 ~ 55	12 ~ 30	3 ~ 16	SY/T 0526.3
4	灰分(质量)(%)	25 ~ 35	25 ~ 35	25 ~ 35	SY/T 0526.11
5	相对密度(天平法)(25℃)	1.4 ~ 1.6	1.4 ~ 1.6	1.4 ~ 1.6	GB/T 4472
6	填料筛余物(φ200 × 50/0.063 GB/T 6003 - 1985 试验筛)(质量)(%)	≤10	≤10	≤10	GB/T 5211.18

表 2.6.4　煤焦油瓷漆和底漆组合技术指标

序号	项目		指标			测试方法
			A	B	C	
1	流淌	(71℃;90°;24h)(mm)	≤1.6	≤1.6	—	SY/T 0526.7
		(80℃;90°;24h)(mm)	—	—	≤1.5	
2	剥离试验		无剥离	无剥离	—	SY/T 0379
3	低温开裂试验	(-29℃)	合格	—	—	SY/T 0526.12
		(-23℃)	—	合格	—	
		(-20℃)	—	—	合格	
4	冲击试验(25℃,剥离面积)(10^4mm^2)		≤0.65	≤1.03	—	SY/T 0379

3、内外缠带

表 2.6.5　缠带技术指标

序号	项目		指标		测试方法
			内缠带	外缠带	
1	单位面积质量(g/m^2)		≥40	580~730	SY/T 0379
2	厚度(mm)		≥0.33	≥0.76	GB/T 451.3
3	拉伸强度	纵向(N/m)	≥2280	6130	SY/T 0379
		横向(N/m)	≥700	≥4730	
4	柔韧性		通过	通过	SY/T 0526.18
5	加热失重(%)		—	≤2	SY/T 0379
6	撕裂强度	纵向(g)	≥100	—	GB/T 11999
		横向(g)	≥100	—	
7	透气性(Pa)		5.5~18.9	—	SY/T 0379

(四)、防腐层质量检验

1、外观检查

用目视逐根检查，防腐层表面应均匀、平整、无气泡、皱褶、凸瘤及压边不均等防腐层缺陷。

2、厚度检查

用无损测厚仪检查，要求达到表 2.6.1 要求。

3、针孔检查

用电火花针孔检漏仪检查，检测电压为：

$$V = 7343\sqrt{t}$$

式中：V——检漏电压，(V)；

t——防腐层厚度，mm。

4、粘结力及结构检查

用刃宽 16～19mm 刀具在防腐层上切出长 100mm，间距与刀刃宽度相同的两条平行线，把刀具以 45°角插入使约 13mm 长的防腐剥离管面，用拇指和刀具夹住防腐层平稳拉起至拉断，断块长度不大于切口宽度为合格。

(五)、补伤补口

补伤补口用热烤缠带或热收缩套(片)。

(六)、综合评述

煤焦油瓷漆防腐层原材料国内全部可以供应，价格适中，防腐性能好，使用寿命长，涂敷工艺与使用石油沥青相同，在我国很适合用来替代石油沥青使用。主要问题是涂敷作业线必须配备较完善的烟气处理设备，才能符合环保要求。

七、环氧煤沥青防腐层

国外自60年代开始使用环氧煤沥青涂料，最早是用未经提炼的煤焦油制造，后来逐步改进为采用精制的煤沥青制造环氧沥青涂料。1978年我国石油行业研制出用于管道防腐的环氧煤沥青涂料，采用低分子量树脂，加入了蒽油和云母粉，增加了涂料的固体分含量，增加了绝缘性能，广泛应用到石油、化工、电力、冶金、城市煤气、自来水、供热等行业的防腐工程。中国石油天然气总公司发布的环氧煤沥青防腐层行业标准为《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》(SY/T 0447－96)。

(一)、施工方法

环氧煤沥青防腐涂料属双组份涂料，使用前应按比例加入固化剂，搅拌混合均匀后，涂刷在被保护物表面。表面需要清理掉油污和疏松的表层，表面清理得越彻底，涂层寿命越长久。先涂底漆，表干后涂面漆，如需加厚增强，可加缠玻璃纤维布或无纺布，用漆量一定要饱满，使玻璃布所有网限灌满涂料，涂完经静置自然固化后，形成致密、坚硬的防腐层。

管道外防腐工序：

除锈 → 涂底漆 → 浸涂缠绕玻璃布 → 固化 → 质检

(二)、防腐层结构

环氧煤沥青防腐层分为普通级、加强级和特强级。

表 2.7.1　防腐层等级和结构

等级	结　　构	干膜厚度(mm)
普通级	底漆—面漆—面漆—面漆	≥0.30
加强级	底漆—面漆—面漆、玻璃布、面漆—面漆	≥0.40
特加强级	底漆—面漆—面漆、玻璃布、面漆—面漆、玻璃布、面漆—面漆	≥0.60

注:"面漆、玻璃布、面漆"应连续涂敷,也可用一层浸满面漆的玻璃布代替

(三)、材料

环氧煤沥青防腐涂料的质量关键是涂料中环氧树脂含量和加工制造工艺。环氧树脂含量最少不应低于25%。

环氧煤沥青涂料的技术指标应符合表2.7.2、表2.7.3和表2.7.4的规定。

表 2.7.2　底、面漆甲组份技术指标

序号	项目		指　　标		试验方法
			底漆	面漆	
1	粘度(涂-4杯,25℃)(s)	常温型	60~100	80~150①	GB/T 1723
		低温型	40~80	50~120	
2	细　　度(μm)		≤80	≤80	GB/T 1724
3	固体含量(%)	常温型	≥70	≥80	GB/T 1725
		低温型		≥75	

注:①厚浆型涂料面漆粘度大于150s,应建立相应的粘度测量方法。

表 2.7.3　漆膜技术指标

序号	项目			指标		试验方法
				底漆	面漆	
1	干燥时间(25℃)(h)	表干	常温型	≤1	≤4	GB/T 1728
			低温型	≤0.5	≤3	
		实干	常温型	≤6	≤16	
			低温型	≤3	≤8	
2	颜色及外观			红棕色、半光	黑色、有光	目测
3	附着力(级)			1	1	GB/T 1720
4	柔韧性(mm)			≤2	≤2	GB/T 1731
5	耐冲击(cm)			≥50	≥50	GB/T 1732
6	硬度			≥0.4	≥0.4	GB/T 1730
7	耐化学试剂性	10% H_2SO_4(室温,3d)		漆膜完整、不脱落		GB/T 1763
		10% NaOH(室温,3d)		漆膜无变化		
		3% NaCl(室温,3d)		漆膜无变化		

表 2.7.4　防腐层技术指标

序号	项　　目	指　标	试验方法
1	剪切粘接强度(MPa)	≥4	SYJ 41
2	阴极剥离(级)	1～3	SYJ 37
3	工频电气强度(MV/m)	≥20	SY/T 0447
4	体积电阻率(Ω.m)	$\geq 1 \times 10^{10}$	SY/T 0447
5	吸水率(25℃,24h)(%)	≤0.4	SY/T 0447
6	耐油性(煤油,室温,7d)	通过	SY/T 0447
7	耐沸水性(24h)	通过	SY/T 0447

(四)、质量检验

1、外观

无玻璃布的普通级防腐层，表面应呈现平整、光滑的漆膜状，对缺陷处应在固化前补涂面漆至符合要求。

有玻璃布的加强级和特加强级防腐层，要求表面平整、无空鼓和皱折，压边和搭边粘结紧密，玻璃布网眼应灌满面漆。

2、厚度

用磁性测厚仪检查，以最薄点符合表 2.7.1 的规定为合格。

3、漏点检查

用电火花检漏仪对防腐管逐根进行漏点检查，检漏电压为：普通级，2000V；加强级 2500V；特加强级 3000V。以无漏点为合格。

4、粘接力检查

用锋利刀刃垂直划透防腐层，形成边长约 40mm、夹角约 45°的V形切口。用刀尖从切割线交点挑剥切口内的防腐层。实干后只能从刀尖作用处局部挑起；固化后很难将防腐层挑起，挑起处的防腐层呈脆性点状断裂，不出现成片挑起或层间剥离的情况。

(五)、补伤补口

采用补涂环氧煤沥青涂料或补涂并加缠玻璃布补口补伤，手工施工，施工方法同前所述。

(六)、综合评述

环氧煤沥青涂料综合了煤焦沥青和环氧树脂的优点，施工方便，价格低廉，目前已在石油、化工、电力、城市公用事业等行业的自来水、煤气、天然气、供热等各种管道、设备和钢结构物大量使用，每年用量近千吨，是我国用途较广、用量较大的防腐涂料。