剥落等缺陷存在。对防静电涂料内防腐层，还要用5～10倍放大镜检查，无针孔者方为合格。

2、厚度。用漆膜测厚仪抽查，应符合表3.2.1要求。

3、漏点或电阻率检查。

非防静电涂料防腐层用电火花检漏仪检查针孔，检漏电压为：对普通级，1500V；对加强级，1700V；对特别强级，1800V。但对环氧玻璃鳞片涂料防腐层，各增加200V。

防静电涂料防腐层的表面电阻率按《石油罐导静电涂料电阻率测定法》(GB 16906－1997)规定，用电阻率测定仪检查，其表面电阻率应不大于$1\times10^{9}\Omega$。

4、粘结力检查。

用锋利刀刃挑剥防腐层检查。

(五)、补口补伤

管道内涂层补口、补伤是一大难题，施工方法很多，有风送涂衬法，小车喷涂法，每焊一道口补一道口的喷涂机等方法，但技术上都不是完全可靠。

钢制储罐补伤使用的材料和涂层结构应与主体防腐层相同，补伤后进行厚度和漏点检查。

三、熔结环氧粉末内涂层

环氧粉末涂敷技术有国外已有三十余年的历史，1983年石油系统研制成功熔结环氧粉末内涂层施工技术并逐步推广使用。中国石油天然气总公司发布的行业标准为《钢质管道熔结环氧粉末内涂层技术标准》(SY/T 0442－97)。

(一). 施工方法

熔结环氧粉末内涂层的施工方法与第二章第五节所述的熔结环氧粉末外涂层基本相同。

熔结环氧粉末内涂层为单层一次成膜防腐结构，其涂层厚度应符合表3.3.1要求。

表3.3.1　钢管熔结环氧内涂层厚度

管道使用要求		内涂层厚度(μm)
减阻型管道		≥50
防腐型管道	普通级	≥250
	加强级	≥350

(二)、材料

管道内涂层用熔结环氧粉末涂料应符合表3.3.2要求。

表3.3.2　熔结环氧粉末涂料质量指标

序号	项　　目	质量指标	试验方法
1	外观	色泽均匀，无结块	目测
2	密度(g/cm^3)	1.3～1.5	GB/T 4472
3	粒度分布(%)	>150μm 的不大于 3.0 >250μm 的不大于 0.2	GB/T6554
4	不挥发物含量(%)	≥99.4	GB/T 6554
5	胶化时间(s)	≤180　(180℃) ≤120　(200℃) ≤60　(230℃)	GB/T 6554
6	水平流动性(mm)	22～28	GB/T 6554
7	磁性物含量(%)	≤0.002	GB/T 2482

(三)、质量检验

熔结环氧粉末内涂层质量指标应符合表 3.3.3 规定。

表 3.3.3　熔结环氧粉末内涂层质量指标

序号	项　　目		质量指标	检验方法
1	外　　观		表面平整，色泽均匀，无气泡、开裂、缩孔，允许有轻度桔皮状花纹	目　　测
2	抗冲击强度(J)		≥11	ST/T 0442
3	耐磨性（1000g，1000 转）(mg)		≤20	GB/T 1768
4	附着力	(拉开法)(Mpa)	≥19.6	GB/T 5120
		(撬剥法)(级)	1～3	SY/T 0442
5	抗弯曲(2.5°)		涂层无裂纹	SY/T 0442
6	体积电阻率(Ω·m)		$\geq 1 \times 10^{13}$	GB/T 1410
7	电气强度(MV/m)		≥30	GB/T 1408
8	阴极剥离(65℃，48h)(mm)		≤8	SY/T 4013
9	盐雾试验(1000h)		涂层无变化	GB/T 1771

(四)、出厂检验

1、内涂层的外观质量应逐根从两端目测检查。内涂层的表面应平整，色泽均匀，无气泡、开裂、缩孔，允许有轻度桔皮状花纹。

2、应采用磁性测厚仪逐根在距管口大于 150mm 范围内测量圆周方向均匀分布的任意 4 点，其厚度应符合表 3.3.1 规定。

3、针孔检查应采用盐水湿海棉低电压检漏仪检查，检测电压为 50～100V(5V/μm)。

4、每生产一定数量，应取样进行型式试验，其项目包括：附着力、抗冲击、抗弯曲、阴极剥离和热分析。

(五)、补口补伤

熔结环氧粉末内涂层补口施工方法复杂，有几种方法，但技术上都不太可靠。补伤使用双组份液体环氧涂料。

(六)、综合评述

熔结环氧粉末内涂层施工方法要求高，难度大，补口技术不过关，目前只在以减阻为主要目的，而内防腐不是主要目的的场合使用。

四、输水管道水泥砂浆内衬层

(一)输水管道内壁防腐措施

钢质输水管线内腐蚀，其内因是钢管的材质及结构形成腐蚀电池，外因是与含有电解质的水接触。针对其内外因素，可采取的防腐措施可归纳为四类；

1、改善水质的化学成份，以减轻腐蚀。

2、采用耐腐蚀材料，如塑料、陶瓷等、防止腐蚀发生。

3、采用缓蚀剂，阻止或减缓腐蚀。

4、采用有机涂料或无机涂料，使金属和水隔离、防止腐蚀发生。

5、采用管内阴极保护。

采用水泥砂浆衬里，尤其是聚合物水泥砂浆衬里是防止水管线内腐蚀的最好方法。

水泥砂浆与钢管内壁紧密结合，在钢管内如同一个受拉环中的受压环，是一个连续的环形，耐冲击性能很高，不易损坏。

水泥砂浆层不仅给钢管内壁提供了物理性屏障，使水与管壁隔离，还给钢铁表面提供防腐蚀的化学环境。水泥中含氢氧化钙，是强碱性，PH 值在 12－13 之间，在如此高 PH 值环境下，铁表面形成氢氧化铁保护膜，使表面钝化，减缓和防止腐蚀发生。

(二)水泥砂浆衬里施工方法

水泥砂浆衬里施工方法归纳为三种：即离心预制法，喷涂法和风送涂衬法。简述如下：

1、离心预制法

(1)施工方法

在预制厂，把管段吊放在离心机上，管内加入水泥砂浆，借助管段转动的离心力，把水泥砂浆均匀地甩到管壁上。涂层厚度均匀，致密，表面水泥浆多，涂层光滑。从离心机上取下管段，养生七天，养生中两端封堵，管内保持湿润。

选用材料：400 号水泥；24～26 目砂子，含土量不大于 3%。

砂灰比：砂：水泥：水＝1.5:1:0.4(重量比)

(2)综合评述

离心预制法水泥砂浆层，在离心力作用下，砂粒排列紧密，涂层机械强度高，运输中不易损坏。水泥细浆在面层，涂层表面光滑，磨阻小。本方法省工省料，造价低，但不适宜用于直径 800 毫米以上的过大管道。因要求转速很高，操作困难。

2、喷涂法

(1)施工方法

喷涂机外形像一辆四轮车，砂浆进入料斗，通过搅拌、震动、挤压，喷射到管内壁并抹光成形，用喷涂机移动的速度控制涂层厚度。

在砂浆中掺入无机活性粉料和外加剂时，称之为改性砂浆；在砂浆中加入水溶性聚合物乳液时，称之为聚合物砂浆，可得到无气孔、比重大、强度高、抗腐蚀、耐磨的密实性衬里。

(2)综合评述

喷涂法是较先进的内涂层施工方法，可以在地上预制管段，也可在地下整体喷涂。尤其是当加入了聚合物，抗腐蚀性能大大提高，可在输送污水、海水等腐蚀性水质的管道内防腐中大力推广应用。

3、风送涂衬法

(1)施工方法

将一个作业队的人员和设备分成两部分，分别在所要涂衬的管段首末两端相对施工。管段经试验合格后，首先用清管器清管，清管后用除锈器风送除锈。除锈后，将两组专用涂管器，一前一后装入发球筒中，在两组涂管器中间装满水泥砂浆，用压缩空气为动力，迫使涂管器在管道中推动水泥砂浆前进，在前后两个涂管器中形成不带空隙的水泥砂浆柱。在推进过程中，借助涂管器上的橡胶皮裙，使水泥砂浆涂抹在管壁上，形成水泥砂浆层。当涂管器到达末端收球筒后，再把涂管器调转方向，用压缩空气将涂管器和水泥砂浆柱推回首端。如此往返三至四次，即可完成内涂敷作业，然后封管养生七天。风送涂补法一次可涂两公里管线。

(2)综合评述

风送法适用于直径 300 毫米以下管道，中间无补口、补伤等问题，但该法容易产生涂层厚度不均匀，上薄下厚，质量不如喷涂法和离心法。