

美国水行业协会

AWWAC213-2001 标准：供水钢管内外壁熔粘结环氧涂层

第一节：概述

1.1 范围

地下安装或水下安装的钢制供水管、特殊管段、焊接头、联接处、管件，其熔粘结环氧涂层所采用的材料和施工要求。熔粘结环氧涂层粉为热熔材料，采用化学固化涂层工艺。

1.1.1 最小管径 内壁施用防腐涂层的，最小管径为 24 英寸（600 毫米）。低于 24 英寸（600 毫米）管径的管子，可采用电学方法检查的，也可包括在内，但一定要保证符合本标准的要求。

1.1.2 最高温度 AWWA 管涂层的标准仅适用于饮用水管。最高温度取决于所供水的最高温度。管子采购商在订购时要咨询厂家。

1.2 制定该标准的目的

包括材料、使用方法和检测，为供水钢管的内外壁熔粘结环氧涂层提供最低要求。

1.3 适用范围

本标准仅适用于钢制供水管的内外壁熔粘结环氧涂层。

第二节 参考资料

主要是 ASTM 标准、ANSI/AWWA 标准、NACE 标准和 SSPC（防腐涂层）标准。

第三节 定义

1. 采用人 指采用熔粘结环氧涂层的个人、公司或组织。
2. 抛丸清理 指抛钢丸、抛砂。
3. 建造人 指提供工程和材料的人。
4. 生产商

5. 采购商

第四节 要求

第 4.1 条 生产设备

抛丸打光设备和涂层设备

第 4.2 条 材料和生产工艺

所提供的材料需要本标准的要求。施用涂层的工人，要受过该特种工艺的培训。

第 4.3 条 材料性质和实验室检测方法，仅用于检测涂层质量

4.3.1 材料 环氧漆粉中含有熔粘结材料、固化剂、催化剂、填料、色素、控流剂和防紫外线剂。这种材料，用到预热面上后，能均匀地粘合在一起并固化，均匀的形成一层防护膜，达到本标准的要求。

4.3.1.1 保质期

在 80°F (27°C) 及以下，若密封在原容器内，本环氧漆粉的保质期为 12 个月。若储存条件超过此要求，请咨询生产商。

4.3.1.2 施用方法

采用静电喷涂、流化床喷涂或气喷涂，将环氧漆粉喷到预热面上后固化，均能形成均匀的防护涂层，涂层厚度见第 4.4.3.3 条之规定。

4.3.2 环氧漆粉和实验室施用涂层的材料性质 环氧漆粉属性限度和要求的检测方法，见下表 1。实验室施用涂层材料的物理性质标准和要求的检测方法，见下表 2。

表 1 环氧漆粉材料性质

	最小	最大	检测方法

1. 比重, 73°F (23°C)	1.2	1.8	见第 5.3.2.1 条
2. 筛分分析 (留在 100 筛网上的材料%) -		2.0	见第 5.3.2.2 条
3. 凝胶时间, 400°F±5°F (204°C±2°C), 秒			
内涂层	7	150	
外涂层	7	150	

表 2 实验室施用材料的物理性质

	最小	最大	检测方法
1. 厚度			第 5.3.3.3 条
内涂层, mils (μm)		12(305)	16(406)
外涂层, mils (μm)		12(305)	16(406)
2. 冲击力, lbf in. (Nm)		100(11.3)	第 5.3.2.5 条
3. 外观	色泽和光泽均匀, 无气泡、白点和小孔		第 5.3.2.4 条
4. 可弯性	合格		第 5.3.2.6 条
5. 剪切黏性, psi (kPa)		3000(20,685)	第 5.3.2.7 条
6. 贯入度, 140°F (60°C) %	低于 10		第 5.3.2.8 条
7. 防磨擦性, 5000 转-gm-磨耗		0.3	第 5.3.2.9 条
8. 吸水检测, 203°F (95°C)	1-3 合格, 4-5 失败		第 5.3.2.10 条
9. 体积电阻率	1.1 X 10 ¹⁵		ASTM D257
10. 绝缘强度, V/mil (V/mm)	1000(39.4)		ASTM D149

第 4.4 条 管子涂层施工

4.4.1 概要 若管子内外都要做涂层，最好将管子加热到特定的温度，先做内涂，紧接着做外涂。这过程中要求增加温度，所以熔粘结环氧涂层必须在做其它涂层或衬层时就做完，直到这些涂层和衬层能抵抗住过程的热量。

4.4.2 准备管子表面

4.4.2.1 表面状况 表面杂质清理。抛丸前表面杂质清理，慎用溶解剂。加热清除水和冰，需小心进行，防止管子变形。抛光处理后或留有氯化物，可采用化学方法预处理、水冲洗。

4.4.2.2 抛丸清理

4.4.2.3 肉眼检查比较标准。正式开始抛丸前，准备一块已抛丸过的代表表面管子片板，最小 152 毫米 X152 毫米 X6.4 毫米。采购商与施工方就抛丸标准达成共识后，该块片板用 4-mil 到 6-mil (102 μ m 到 152 μ m) 塑料膜内，用胶带密封好，避免受到污染，以后作为做涂层前的表面抛丸参考标准。

4.4.2.4 打磨料的配比。要频繁地往抛丸机内投放新的钢丸或砂，使打磨料保持规定的配比，补充损耗。

4.4.2.5 抛丸表面轮廓 钢丸、砂表面为锚状，1.5 mils 到 4.0 mils (138 μ m 到 102 μ m)。

4.4.2.6 抛丸后表面检查

4.4.2.7 内部清理

4.4.2.8 防水 做涂层前，不允许管子出现锈迹。

4.4.3 做涂层

4.4.3.1 预热 不超过 500°F (260°C)。过高的温度会改变钢管的物理性质和韧性。应使用带刻度可融化型温度指示剂来检测管子的温度。另外，也可使用光学高温计，但这种高温计需每 4 小时校核一次。对钢管加热时不允许对管子造成氧化。若出现蓝

化，使管子凉下来，重新抛丸处理。

4.4.3.2 管子头 若管子采用焊接，刚管子端要留出 2.50.5 英寸（64 毫米±13 毫米）不需喷涂层。内外都不需做涂层。不得将涂料喷到预留处、斜面上或地上。或采用橡胶垫联系或机械式耦接头联接，那么涂层要延伸至管端。

4.4.3.3 厚度 涂层均匀固化膜厚度不低于 12 mils (305 μm)，最厚不超过 16 mils (406 μm)。

4.4.3.4 冷却 当涂层根据涂层制造商要求的时间/温度进行养护后，可能需要通过空气或洒水来降温到 200° F (93°C) 以下，以便检查和修护操作。

4.4.3.5 固化度 若采购商要求检测来检查固化度，可用示差扫描热量计来检查，或用可弯性检测来检查，检测方法事先与施工方约定好。

4.4.3.6 缺陷 涂层做好后，先肉眼检查。可根据第 5.3.4.1 条对涂层绝缘进行电检测。要待管子已冷却至 200°F (293°C) 及以下后才能进行检查和修理。

4.4.3.7 涂层性能光学检测 由采购方规定额外的检测，检测包括以下方面：

1. 断面孔隙率。
2. 界面孔隙率。
3. 热分析 (DSC)。
4. 永久性张力 (折弯度)。
5. 吸水性。
6. 抗冲击力。

4.4.4 涂层修补

4.4.4.1 轻微缺陷 根据第 5.3.3.1 条规定的程序找到的轻微缺陷，要使用同一厂家的材料进行修补，熔结环氧漆或其它适用性材料要经采购商的批准。

4.4.4.1.1 要在车间内对轻微缺陷进行修补。修补方法。。

4.4.4.1.2 内涂层修复，使用固体+液体环氧修补剂，施用到预热好的缺陷部位，养

护好。若管子温度在 55°F（13°C）及以下，不得做使用液体环氧胶。

4.4.4.1.3 管子外壁的轻微缺陷要在车间内修补：用热用胶带、冷用胶带、液体环氧胶、热熔修补剂等按有关规范进行修补。

4.4.4.1.4 修补好的地方，要用绝缘检漏仪进行电绝缘检查。

4.4.4.2 重大缺陷 指未全部做涂层、涂层不粘结、厚度不达标等，需要返工。按第 4.4.2 条进行表面处理，然后重新做涂层。

4.4.5 现场焊接的连接处

4.4.5.1 准备 对焊接处进行清理处理、抛丸处理。已做涂层的附近要抛砂或打磨做出粗糙面。

4.4.5.2 做涂层 焊接区和已做涂层的附近用周边诱导加热圈进行预热，温度不超过 500°F（260°C）。

加热后立即做涂层，焊接处的涂层要重叠做，重叠不少于 1 英寸（25 毫米）。

涂层做后好，要通过加热后的余温进行养护，同时防止雨水、风等的负面影响。

完工后的检查。

4.4.5.3 焊接处用其它方法做涂层 指用热用胶带、冷用胶带、液体环氧胶或热缩型涂料按有关规范做防护涂层。

第 4.5 条 对管特殊联接和附件做涂层

4.5.1 概要 本节描述了机械耦合件、法兰和管件做涂层的规范，管件和附件如螺母、螺栓、其它用于联接的附件等。这些部件的涂层都要在车间内做。

4.5.2 清理管件的表面 抛丸到白色标准，但也可采用其它清理方法暴露出管件的干净金属色，清理掉杂质、油污等，只要是采购商和涂料生产厂认为可以接受的方法都可。

4.5.3 涂层施工

4.5.3.1 预热 预热温度 300 到 4750°F（149 到 246°C）。其它要求与管子预热要求相

同。

4.5.3.2 涂层施用 采用静电喷涂、流化床喷涂或气喷涂，将环氧漆粉喷到预热面上后固化，均能形成均匀的防护涂层，涂层厚度见第 4.4.3.3 条之规定。施用方法根据管件的尺寸、形状和特点来确定，除非采购商另有要求，带丝扣的紧固件不需做涂层，只需用防锈油加以保护即可。采购商还需指明法兰面或其它附件的涂层要求。

4.5.3.3 固化（养护） 若需要对涂层进行后养护，施用涂料后要立即进行加热，直到涂层达到完全固化。

4.5.3.4 缺陷 涂层做好后，先肉眼检查。可根据第 5.3.4.1 条对涂层绝缘进行电检测。要待管件已冷却至 200°F（293℃）及以下后才能进行检查和修理。

4.5.3.5 涂层修补 未做涂层之处或涂层缺陷可通过电检查或肉眼检查来发现，并按第 4.4.4 条进行修补。

4.5.3.5.1 涂层轻微缺陷处，应使用与熔粘结环氧漆相适宜的材料进行修补。

a. 对涂层一个点进行修补，首先对该点处进行清理。

b. 对内衬进行修补，使用固体+液体环氧修补剂，施用到预热好的缺陷部位，养护好。

若管子温度在 55°F（13℃）及以下，不得做使用液体环氧胶

c. 管子外壁上涂层的轻微缺陷，可用热用胶带、冷用胶带、液体环氧胶或热缩型涂料按有关规范做防护涂层。若采用液态环氧涂层，新喷的地方，要等它硬化后，才能进行搬运和存储。按第 4.4.3.5 条进行养护。

d. 修补区，按第 4.4.3.5 条，使用绝缘检漏仪进行电检查。

4.5.3.5.2 管子联接处和附件上的重大涂层缺陷，要返工。

第 4.6 条 现场施工程序

管线施工过程中，施工方要采取一切措施，避免管子的防护层受到破坏。不允许金属工具或重型物体与做好的涂层进行接触。不允许施工人员在管子上走动，若必须这样做，他们必须穿橡胶或复合材料鞋底和后跟鞋，这样不会对涂层造成损伤。采购方对

管子进行最终验收前，任何被损坏的涂层部分都要由施工方负责修复好。

4.6.1 电焊时的防护 在管子端头处的涂层预留处，将管子的上半部分用 18 英寸（460 毫米）的阻热材料条覆盖起来，防止电焊产生的高温飞溅火花烫伤涂层。管子接头内部进行电焊时，也要做好防护措施。

4.6.2 吊装 使用宽吊索将管子吊入沟槽。不得使用任何金属吊具，也不得拖拽和撬动方法移动管子。管子吊起时，施工方要允许检查人员检查管子下部被吊具勒紧部位的涂层完好性。损坏的涂层按第 4.4.4 条的要求加以修复。

4.6.3 垫层和沟槽回填 回填沟槽时注意不要磨损或破坏管涂层。回填要达到以下要求：

1. 若管沟位于岩石区，硬质料会穿透管子防护涂层，铺设管线前，要先在沟底铺一层筛分的细料，这层料可以是土、砂或砂砾，厚度不少于 6 英寸（150 毫米），最大粒径为 0.75 英寸（20 毫米）。也可以采用其它垫层料，但需经采购商批准。
2. 在管子外壁四周进行回填，回填的方式要经采购商的批准。回填前，采购商要对管子外部涂层进行最后的检查和验收。不得将石块、砼块子和其它硬料填筑到管顶之上 6 英寸（152 毫米）范围内。若管线沿线所开挖出的材料都含有大石块、砼块子或其它硬材料，那么开始只使用筛分出的回填料进行回填，至少高于管顶 6 英寸（152 毫米）后，才能用其它填继续回填。
3. 管沟内的垫层和回填的压实，要按采购商的规范进行。不得使用金属制棍棒进行捣实，因为它会损坏管涂层。

第五节 确认

第 5.1 条 采购商的检查

5.1.1 检查 采购商有权检查管子涂层施工从头至尾的全部操作过程。这种检查并不免除施工方按规范要求施工的责任。

5.1.2 为采购商的检查提供便利

5.1.3 为采购商的检查提供设施

第 5.2 条 拒收

5.2.1 表面质量 若工件抛丸处理前，表面不合格，则拒收。若清理不到位，遭拒收，要重新清理并重新验收。

5.2.2 涂层 采购商正在检查涂层施工时，未在采购商面前所做的涂层，将被拒收。若在任何时间发现涂层的施工工艺不符合标准，所做的涂层将被拒收。

第 5.3 条 实验室检测

5.3.1 涂层材料检测 对涂层所使用的材料进行检测，在采购商的实验室进行检测或在独立实验室进行检测。

5.3.2 漆粉和涂层系统检测 若经过检测确定其达不到第 4.3.2 条规定的技术数值，涂层将被拒收。

5.3.2.1 比重 采用贝克曼 930 型空气比比重瓶或乙烷置换方法（ASTM D153 B 方法）来测定漆粉的比重。

5.3.2.2 筛析 用阿尔派筛，按 ASTM D1921 D 方法进行筛析。样品尺寸 25 克，筛尺寸为美国标准 100 号网孔（150 微米）。要上报留在筛网上的样品重量百分比。

5.3.2.3 胶化时间-热钢板。把约 0.1 克的粉末置于温度保持在 $400^{\circ}\text{F} \pm 5^{\circ}\text{F}$ ($204^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) 的热钢板上，由此来确定胶化时间。使用木头刮刀对钢板进行涂层，至少 650mm^2 ，粉末一融化，就启动秒表。持续搅拌融化后的涂层材料，当涂层材料变成无法搅拌的胶状物时，停止秒表。记录时，胶化时间以秒计。

5.3.2.4 外观。涂层的抗冲击力板需要进行外观检测。固化后的涂层应该色泽一致，无气泡、小孔、鱼眼及其它缺陷。

5.3.2.5 冲击力。准备两块 3*3*0.125 英寸（76mm*76mm*3.2mm）的冷轧钢板，钢板根据 4.4.2.2 章节要求进行喷丸清理。使用真空或干燥无油吹风机清除表面灰尘。根据制造商指示预热钢板。当钢板一达到所要求的温度时，通过气体或电力喷涂对清理后的表面进行涂层，厚度为 0.014 ± 0.002 英寸（ $356 \mu\text{m} \pm 50 \mu\text{m}$ ），并且进行后期养护。根据制造商的建议进行涂层和养护进程。当钢板温度降到 73°F （ 23°C ）时，把钢板放在 0.64 英寸（16.3mm）的落锤冲击试验机上，涂层的一面朝上。把重 4-1b（1.8kg）的重锤提高到能产生 100lbf-in（11.3N.m）冲击力的高度。在冲击点，受冲击的涂层要不开裂或剥落。根据 NCAE RP0188-90 要求，用 67.5V 湿海绵绝缘检漏仪检查失败原因。

5.3.2.6 弯曲性能。准备一块 1*8*0.125 英寸（25mm*203mm*3.2mm）的冷轧钢板，根据 4.4.2.2 要求，对其中一面进行喷丸清理。使用真空或干燥无油吹风机清除表面灰尘。根据制造商指示预热钢板。当钢板一达到所要求的温度时，通过气体或电力喷涂对清理后的表面进行涂层，厚度为 0.014 ± 0.002 英寸（ $356 \mu\text{m} \pm 50 \mu\text{m}$ ），并且进行后期养护。根据制造商的建议进行涂层和养护进程。进行测试前，要把钢板温度降至室温。在半径 2.4 英寸（61mm）的心轴上弯曲冷却的钢板。仅用于管子连接处和管件（在涂层后未进行弯曲）的熔结环氧涂层在半径 6.25 英寸（159mm）的心轴上进行弯曲。弯曲处的涂层不能开裂或剥离。根据 NACE RP0188-90 要求，用 67.5V 湿海绵绝缘检漏仪检查失败原因。

5.3.2.7 剪切粘性。实验板为 1*6*0.125 英寸（25mm*152mm*3.2mm）的冷轧钢板，根据 4.4.2.2 要求对钢板进行清理。加热钢板至制造商推荐的温度。钢板一端放置足够的涂层粉末，长约 0.75 英寸（19mm）。立即组装钢板，并保持其刚硬度，重叠 0.5 ± 0.01 英寸（ $12.7\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ ），胶层厚度为 11 至 14mils（ $280 \mu\text{m} - 356 \mu\text{m}$ ）。把组装

后的放入烤炉，根据制造商要求进行养护。实验前，降低钢板温度至 73° F (23°C)。根据 ASTM D1002 要求，确定剪切粘性。至少测试 10 块组装钢板，并记录平均值。

5.3.2.8 贯入性。140° F (60°C) 时，根据 ASTM G17 要求，进行贯入阻力测试。

5.3.2.9 耐磨性。根据 ASTM D0144 要求，采用旋转摩擦橡胶轮法 (Taber) 进行耐磨性测试。

5.3.2.10 吸水性。根据 5.3.2.5 要求，准备两块 0.25 英寸 (6mm) 厚、约 4 英寸² (100mm²) 的实验板。慢慢加热自来水至 203±3° F (95±3°C)。把实验样品浸入水中至少 24 小时，然后取出。当样品仍热时，使用多动能刀，从涂层至底部刻画一个约 0.5*1 英寸 (13*25mm) 的矩形，随后把样品降温至 73° F (23°C)。从水中取出后 2 小时内，在刻画的矩形边角上用小刀尖头插入到涂层下，通过杠杆作用移除涂层，持续插入小刀尖头，直到移除整个矩形的涂层或涂层表现出对杠杆作用的抵触。根据表 3 所示，粘性等级大于 3 则意味着实验失败。

5.3.3 涂层管子实验

5.3.3.1 连续性地电力测试。涂层完成后，储存前，根据 NACE RP0490-95 要求，外部涂层需要检测其连续性。内涂层的检测使用最大 75V 的低压绝缘检漏仪。如果每 1 米长管子 (外径小于 14 英寸) 上镂空超过一个或外径大于等于 14 英寸 (360mm) 的管子上每 25ft² (2.3 m²) 上的镂空超过一个时，则管子需要重新生产 (由购方决定)。除非重产，否则检测出的所有缺陷都要根据 4.4.4 要求，在工厂内进行修补。

表 3 涂层实验粘性等级标准

等级	标准
1	涂层不能完全移除
2	少于 50%的涂层可以移除
3	多于 50%的涂层能被移除，但是涂层对杠杆作用表现出明显的抵触。

4 涂层能较易地以条状或块状的形式被移除。

5 涂层可以整张移除。

5.3.3.2 粘附性。把锋利的刀片推入涂层并到达管子表面，以犁地的方式试着把涂层从表面移除，以此来检测固化后涂层与管子表面的粘性，由购方决定是否这样进行。涂层要完全粘附在管子上，抵触犁地式的移除，没有剥落。每根管子或管材购方最多只能要求做一次实验。根据 4.4.4.1.2 要求，修复实验区域。

5.3.3.3 厚度。涂层厚度要符合 4.4.3.3 要求或购方说明。根据 SSPC PA2 中描述的方法，以购方同意的检测长度，对涂层厚度进行检测，但不得少于一根管子的长度。

5.3.3.4 涂层管的涂层性能测试（可选）。购方可规定额外实验以确定涂层的性能。

以下实验可用于此目的：

1. 截面孔隙度。
2. 表面空隙度。
3. 热分析（DSC）。
4. 永久性张力（弯曲性）
5. 界面（背部）污染。

以上实验在 NACE RP0394-94 中有描述。

5.3.4 涂层附件实验。当附件温度降至 200° F（93°C）以下，可以通过电力实验检查附件的连续性和厚度。

5.3.4.1 连续性的电力检测。涂层完成后存储前，使用直流输出的全波整流器检查锈孔、小孔和缺陷，电压计算公式为： $V（伏特）=525（t）^{1/2}$ ，t 表示涂层厚度。在表面构造无法用干燥检漏仪的地方，用低压湿海绵检漏仪检测涂层。所有的锈孔都需按照 4.4.4 要求进行修补。

5.3.4.2 厚度。根据 SSPC PA2 中规定的方法，按照购方同意的频率，检测涂层厚度，同时要符合 4.4.3.3 或购方规定。

第六节：交付

6.1 包装和标记

运送涂层的集装箱需要清楚地标明制造商、材料类型、批量编号、生产日期、储存条件及联邦政府、州、省法规要求的各种信息。

6.2 处理、储存和货运

管子需要好好地储存以减低对管子、管件和涂层的破坏。损坏了的管子、管件和涂层需要修补，但不能因此给购方造成额外花费。损坏涂层需按 4.4.4 的要求进行修补。

6.2.1 堆放。堆放需参照合适的安全守则及购方指示进行。使用垫片或填料以防止管子和涂层损坏。

6.2.2 货运。管子需从涂层大院运到工地现场，运输方式由制造商推荐，需获得购方同意。运输工程中，需使用支架、货垫、填料、绷带来保护管子及其涂层。

6.2.3 装载。管子需要根据现有运货标准进行装载。

6.2.4 安放在沟渠边。安放在沟渠边的管子需要用支架支离地面以防止损坏涂层。

6.2.5 室外存放。由于环境条件变化，购方需与制造商就各种特殊情况进行协商，包括涂层管子在安装前地面存储期间遭到的紫外线照射。

6.3 遵守誓章

购方可能要求施工方提供一份誓章，保证提供的所有材料和工作进程符合此标准要求。