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。

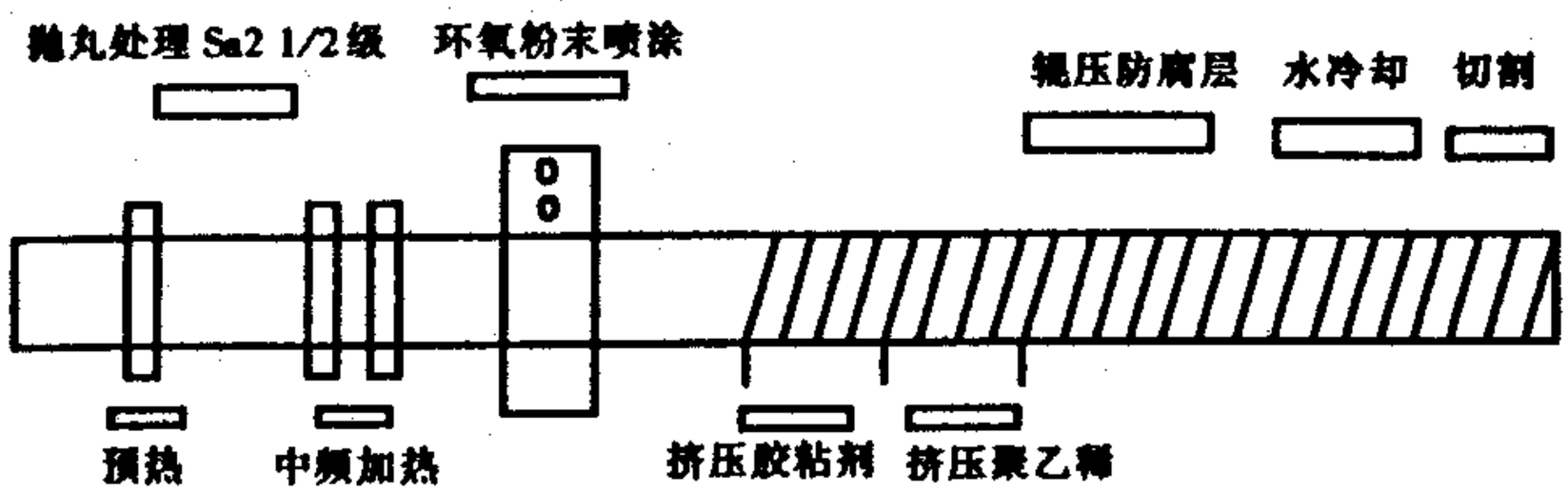
四、挤压聚乙烯防腐层

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

度 230～260℃，立即用压辊将防腐层在熔融态压紧，使两者相互粘结形成无气泡、无缺陷的整体，最后经水冷下生产线。



(二)、防腐层结构

挤压聚乙烯防腐管道的防腐层分二层结构和三层结构两种，二层结构底层为胶粘剂，面层为聚乙烯，三层结构是在二层结构的基础上增加一层环氧粉末底涂层，是双保险的防腐层。

防腐层的厚度应符合表 2.4.1 的规定。

表 2.4.1　挤压聚乙烯防腐层厚度

钢管直径 (mm)	环氧涂层 (μm)	胶粘剂层(μm)		防腐层总厚度(mm)	
		二层	三层	普通型	加强型
≤100	60～80	200～400	170～250	1.8	2.5
100～250				2.0	2.5
250～500				2.2	2.9
500～800				2.5	3.2
>800				3.0	3.7

(三)、材料

挤压聚乙烯防腐层所用材料包括底漆、胶粘剂和聚乙烯层。

1、底漆采用环氧粉末亦可使用液体环氧涂料。

环氧粉末涂料的质量应符合表 2.4.2 规定。

表 2.4.2　环氧粉末性能指标

序号	项　　目	性能指标	试验方法
1	粒径(μm)	60～150	GB/T 6554
2	挥发份(%)	≤0.6	GB/T 6554
3	胶化时间(200℃)(s)	15～50	GB/T 6554
4	固化时间(200℃)(min)	≤3	SY/T 4013

熔结环氧涂层的性能应符合表 2.4.3 规定。

表 2.4.3　熔结环氧涂层的性能指标

序号	项　　目	性能指标	试验方法
1	附着力(级)	≤2	GB/T 9286
2	阴极剥离(65℃,48h)(mm)	剥离距离≤10	SY/T 4013

2、胶粘剂主要成份是乙烯基共聚物,使该中间层与底漆和面层都有很好的粘结性能。

二层结构用胶粘剂应符合表 2.4.4 规定。

表 2.4.4　二层结构用胶粘剂性能指标

序号	项　　目	性能指标	试验方法
1	软化点(℃)	≥90	GB/T 4507
2	蒸发损失(160℃)(%)	≤1.0	GB/T 11964
3	剪切强度(PE/钢)(MPa)	≥1.0	GB/T 7124
4	剥离强度(PE/)(N/cm)	≥35	GB/T 2792

三层结构用胶粘剂应符合表 2.4.5 规定。

表 2.4.5 三层结构用胶粘剂性能指标

序号	项　　目	性能指标	试验方法
1	密度(g/cm^3)	0.920～0.950	GB/T 4472
2	流动速度(g/10mm)	5～10	GB/T 3682
3	维卡软化点(℃)	≥80	GB/T 1633
4	脆化温度(℃)	≤－50	GB/T 5470

3、聚乙烯面层的主要作用是起机械保护与防腐作用，国外广泛采用低密度聚乙烯，最高使用温度为 60℃，选用中密度聚乙烯和高密度聚乙烯可以用于 70℃。通常情况要控制聚乙烯原料的品种、性能和比例。我国已有管道防腐专用聚乙烯混合料，因此，仅控制压制后的片材性能指标，即可保证防腐层质量。

表 2.4.6　聚乙烯层的性能指标

序号	项　　目	单位	性能指标	试验方法
1	拉伸强度	Mpa	≥20	GB/T 1040
2	断裂伸长率	%	≥600	GB/T 1040
3	耐环境应力开裂(F50)	h	≥1000	GB/T 1842
4	剥离强度(20℃)	N/cm	二层，≥35 三层，≥60	SY/T 4013
5	阴极剥离(65℃，48h)	mm	二层，≤15 三层，≤10	SY/T 4013
6	冲击强度	J/mm	≥5	SY/T 4013

序号	项　　目	单位	性能指标	试验方法
7	抗弯曲(2.5°)		聚乙烯无开裂	SY/T 4013

(四)、质量检验

1、防腐层所用材料的检验报告和钢管表面处理检验记录。

2、外观检查。聚乙烯层表面平滑，无暗泡、麻点、皱折及裂纹，色泽均匀。

3、缺陷检查。用电火花检漏仪检查，检测电压为 25kV，无漏点为合格。

4、厚度检查。采用磁性测厚仪检测，应达到表 2.4.1 规定厚度。

5、粘接力检查。沿钢管环向割长条切口，用测力计以 10mm/min 速度拉起涂层，在 20℃条件下，二层结构不应小于 25N/cm，三层结构不应小于 60N/cm。

(五)、补伤补口

补伤补口采用热收缩带和补伤片。

(六)、综合评述

挤压聚乙烯防腐层是很好的防腐层，其电性能、机械性能、化学性能、施工性能、环保性能、使用寿命等方面都很好，三层结构更是锦上添花的双料防腐层。

聚乙烯防腐层的缺点是必须在固定地点、工厂加工预制，三层结构价格十分昂贵，二层结构价格较为适中，应推广使用。

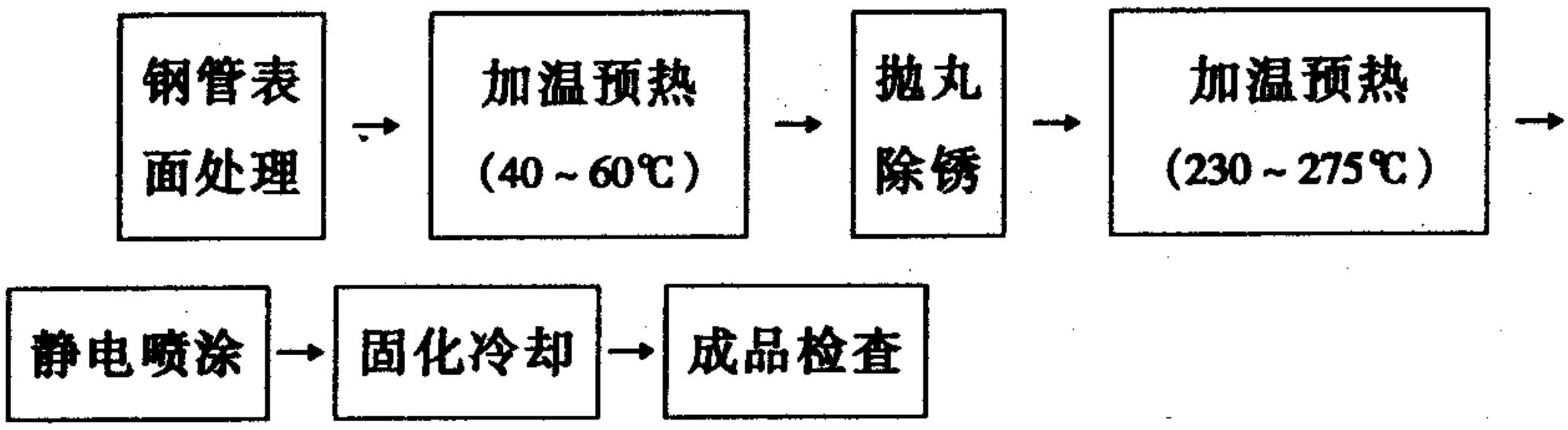
五、熔结环氧粉末外涂层

六十年代以后，美国及加拿大在油气管道上大量采用环氧粉

末外涂层，1986年我国石油部门也研制出钢管环氧粉末外涂敷生产线。中国石油天然气总公司发布的环氧粉末外涂层行业标准为《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》(SY/T 0315－97)。

(一)、施工方法

环氧粉末属热固型材料，用静电喷涂法附着在已加热的钢管上，熔融固化，形成坚固的涂层。



(二)、涂层结构

环氧粉末外涂层的厚度应符合表2.5.1规定。

表2.5.1　埋地钢质管道环氧粉末外涂层厚度

序号	涂层级别	最小厚度(μm)	参考厚度(μm)
1	普通级	300	300～400
2	加强级	400	400～500

(三)、材料

环氧粉末涂料由固体环氧树脂、固化剂、流平剂、颜填料等组成，经混合、预熔挤压、粉碎、筛分得到环氧粉末涂料。

环氧粉末涂料中已加入固化剂，因此，粉末涂料的储存期十分重要，它直接影响施工后的质量。要求生产厂商提供出厂合格证、质量证明书、出厂检验报告，包装上标明批号、出厂日期、有效期。

管道外涂层用环氧粉末的性能应达到表2.5.2要求。

表 2.5.2　环氧粉末性能

试验项目	质量指标	试验方法
外　　观	色泽均匀,无结块	目　　测
固化时间(min)	180℃≤5，　230℃≤1.5	SY/T 0315
胶化时间(s)	180℃≤90，　230℃≤30	GB/T 6554
热特性	符合粉末生产厂给定特性	SY/T 0315
不挥发物含量(%)	≥99.4	GB/T 6554
粒度分布(%)	150μm 筛上粉末≤3.0 250μm 筛上粉末≤0.2	GB/T 6554
密度(g/cm^3)	1.3～1.5	GB/T 4472
磁性物含量(%)	≤0.002	GB/T 2482

(四)、质量检验

环氧粉末外涂层的出厂检验内容包括：

1、外观检验。应逐根进行检查,外观要求平整,色泽均匀,无气泡、开裂及缩孔,允许有轻度桔皮状花纹。

2、厚度检验。使用涂层测厚仪,沿每根钢管长度随机取三个位置,在每个位置测量绕圆周方向均匀分布的四点的防腐层厚度,并作好记录。其结果应符合表 2.5.1 要求。

3、漏点检验。采用电火花检漏仪对钢管外涂层进行逐根检查,检漏电压 5V/μm。

4、型式检验。

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