

中华人民共和国石油天然气行业标准  
埋地钢质管道硬质聚氨酯  
泡沫塑料防腐保温层技术标准

Standard of polyurethane foamed  
coating for buried steel pipeline

SY/T 0415-96

主编单位:大庆石油管理局油田建设设计研究院  
胜利石油管理局油建一公司  
批准部门:中国石油天然气总公司

石油工业出版社  
1996 北京

中国石油天然气总公司文件

(96)中油技术监字第 561 号

关于批准发布《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》等五项石油天然气行业标准的通知

各有关单位:

《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》等五项石油天然气行业标准(草案),业经审查通过,现批准为石油天然气行业标准,予以发布,各项指标的编号、名称如下:

序号	编号	名称
1	SY/T 0017-96	埋地钢质管道直流排流保护技术标准(代替 SYJ 17-86)
2	SY/T 0090-96	油气田及管道仪表控制系统设计规范
3	SY/T 0415-96	埋地钢质管道硬质聚氨酯泡沫塑料保温层技术标准(代替 SYJ 18-86、SYJ 4015-87、SYJ4016-87)
4	SY/T 0447-96	埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准(代替 SYJ 28-87、SYJ 4047-90)
5	SY/T 0546-1996	腐蚀产物的采集与鉴定

以上标准自 1997 年 6 月 1 日起施行。

## 1 总 则

1.0.1 为保证埋地钢质管道硬质聚氨酯泡沫塑料(以下简称泡沫塑料)防腐保温层的质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于输送介质温度不超过100℃的埋地钢质管道泡沫塑料防腐保温层的设计、施工与验收。

1.0.3 埋地钢质管道采用泡沫塑料防腐保温层时,除执行本标准外,尚应符合国家现行的有关标准(规范)的规定。

### 1.0.4 引用标准

GB/T 1040-1992	塑料拉伸性能试验方法
GB/T 1408-1989	固体绝缘材料工频电气强度的试验方法
GB/T 1410-1989	固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法
GB/T 1633-1979	热塑性塑料软化点(维卡)试验方法
GB/T 1720-1979	漆膜附着力测定法
GB/T 1731-1993	漆膜柔韧性测定法
GB/T 1732-1993	漆膜耐冲击测定法
GB/T 1763-1979	漆膜耐化学试剂性测定法
GB/T 1842-1980	聚乙烯环境应力开裂试验方法
GB/T 2792-1981	压敏胶带180°剥离强度测定方法
GB/T 3682-1983	热塑性塑料熔体流动速率试验方法
GB/T 4472-1984	化工产品密度、相对密度测定通则
GB/T 5470-1985	塑料冲击脆化温度试验方法
GB/T 6112-1985	热塑性塑料管材和管件耐冲击性能的测定方法(落锤法)
GB/T 6343-1995	泡沫塑料和橡胶表观(体积)密度的测定
GB/T 8813-1988	硬质泡沫塑料压缩试验方法
GB/T 8923-1988	涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级
GB/T 12008.1-1989	聚醚多元醇命名
GB/T 12008.2-1989	聚醚多元醇规格
GB/T 12008.3-1989	聚醚多元醇中羟值测定方法
GB/T 12008.4-1989	聚醚多元醇中钠和钾测定方法
GB/T 12008.5-1989	聚醚多元醇中酸值测定方法

- GB/T 12008.6-1989 聚醚多元醇中水分含量测定方法  
 GB/T 12009.1-1989 异氰酸酯中总氯含量测定方法  
 GB/T 12009.2-1989 异氰酸酯中水解氯含量测定方法  
 GB/T 12009.3-1989 多亚甲基多苯基异氰酸酯粘度测定方法  
 GB/T 12009.4-1989 多亚甲基多苯基异氰酸酯中异氰酸根含量测定方法  
 SY/T4013-95 埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准

## 2 防腐保温层结构

2.01 埋地钢质管道泡沫塑料防腐保温层(以下简称防腐保温层)是由防腐层--保温层--防护层组成的复合结构。

防腐层-----指防腐涂料或具有防腐性能的热熔胶层；

保温层-----指泡沫塑料层；

防护层-----指聚乙烯塑料层，

2.0.2 防腐层材料及厚度由设计确定,但厚度不应小于 80  $\mu$  m;

2.0.3 保温层厚度应采用经济厚度计算法确定(计算公式见本标准附录 A),但不应小于 25mm。

2.0.4 防护层厚度应根据管径及施工工艺确定,但不应小于 1.2mm。

2.0.5 防腐保温层端面必须用防水帽密封陀水；

## 3 材 料

### 3.1 防腐涂料

3.1.1 防腐涂料性能应符合表 3.1.1 的规定。

防腐涂料性能指标

表 3.11

序号	项目	指标	测试方法
1	附着力(级)	1~2	GB/T1720
2	柔韧性(mm)	1	GB/T1731
3	耐冲击强度(J)	4.9	GB/T1732
4	耐 10%HCl 溶液(80 )	300h 无变化	GB/T1763
5	耐 10%NaOH 溶液(80 )	300h 无变化	GB/T1763
6	耐 3%NaCl 溶液(80 )	300h 无变化	GB/T1763

### 3.2 泡沫塑料

3.2.1 泡沫塑料的原材料由多异氰酸酯,聚醚多元醇和助剂组成。

3.2.2 多异氰酸酯质量应符合表 3.2.2 的规定,

多异氰酸酯质量指标 表 3.2.2

-NCO (%)	酸值 (%)	水解氯 (%)	粘度 ( Pa.s.25 )	测试方法
29~32	0.3	0.5	0.25	GB/T12009.1~12009.4

3.2.3 聚醚多元醇的质量应符合表 3.2.3 的规定。

聚醚多元醇的质量指标 表 3.2.3

羟值 ( mgKOH/g )	酸值 (mgKOH/g)	水分 (%)	测试方法
470~510	0.1	0.1	GB/T12008.1~12008.6

3.2.4 泡沫塑料层的性能指标应符合表 3.2.4 的规定

泡沫塑料层的性能指标 表 3.2.4

项目	指标	测试方法
表观密度 ( kg/m <sup>3</sup> )	40~60	GB/T6343
抗压强度(MPa)	0.2	GB/T8813
吸水率(g/cm <sup>3</sup> )	0.03	附录 B
导热系数(W/m. )	0.03	附录 C
耐热性	尺寸变化率 (%)	3
	重量变化率 (%)	2
	强度增长率 (%)	10

注：1 耐热性试验条件为 100 .96h.

2 泡沫塑料性能试验试件制作见本标准附录 E。

### 3.3 聚乙烯塑料

3.3.1 聚乙烯原料及压制片材的性能应符合表 3.3.1 的规定。

聚乙烯原料及压制片材的性能指标 表 3.3.1

序号	项目	指标	测试方法
1	密度 ( g/cm <sup>3</sup> )	0.935~0.950	GB/T4472
2	熔体指数 ( 负荷 5kg ) ( g/10min )	1.000~1.600	GB/T3682
3	拉伸强度 ( MPa )	20	GB/T1040
4	断裂伸长率 (%)	600	GB/T1040
5	落球冲击强度 ( J )	12.74	GB/T6112
6	维卡软化点 ( )	90	GB/T1633

7	脆化温度 ( )	-65	GB/T5470
8	耐环境应力开裂时间 ( F50 ) ( h )	1000	GB/T1842
9	耐击穿电压强度 ( MV/m )	25	GB/T1408
10	体积电阻率 ( · m )	$1 \times 10^{14}$	GB/T1410
11	耐化学介质腐蚀(浸泡 7d)(%) 10%HCl 10%NaOH 3%NaCl	85 85 85	SY/T 4013-95 的附录 C
12	耐热老化(100 2400h)(%)	35	GB/T3682
13	耐紫外光老化(336h)(%)	80	SY/T 4013-95 的附录 D

注：耐化学介质腐蚀及耐紫外光老化指标为试验后的拉伸强度和断裂伸长率的保持率。

耐热老化指标为试验前与试验后的熔融流动速率偏差。

聚乙烯原料不作本表 11、12、13 项性能要求。

3.3.2 防护层的性能应符合表 3.3.2 的规定。

防腐层的性能指标

表 3.3.2

序号	项 目	性能指标	测试方法	
1	拉伸强度	轴向 ( MPa )	20	GB/T 1040
		环向 ( MPa )	20	GB/T 1040
		偏差 ( % )	15	—
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	压痕硬度 ( mm )			
		23 ± 2	0.2	SY/T4013-95 的附录 E
		50 ± 2	0.3	

注：偏差为轴向和环向拉伸强度的差值与两者中较低者之比。

### 3.4 辐射交联热缩材料

3.4.1 热缩防水帽(以下简称防水帽)、热缩包管带(以下简称补口带)和热缩补口套(以下简称补口套)统称为辐射交联热缩材料。

3.4.2 辐射交联热缩材料由基材和底胶两部分组成,基材为经过辐射交联并具有收缩性的聚乙烯材料,底胶为橡胶型热熔胶粘剂。

3.4.3 辐射交联热缩材料的使用温度不宜大于 70 ,当使用温度大于

70 时,可采用其他材料。

3.4.4 辐射交联热缩材料的热缩比(收缩后:收缩前)应小于 0.45。

3.4.5 防水帽、补口带和补口套应按管径选用配套的规格,其性能应符合表 3.4.5 的规定。

防水帽、补口带、补口套的性能指标 表 3.4.5

序号	项目	指标	测试方法
1	拉伸强度 ( MPa )	17	GB/T 1040
2	断裂拉伸率 ( % )	400	GB/T 1040
3	维卡软化点 ( )	90	GB/T 1633
4	脆化温度 ( )	-65	GB/T 5470
5	耐环境应力开裂时间(F50)(h)	1000	GB/T 1842
6	耐击穿电压强度 ( MV/m )	25	GB/T 1408
7	体积电阻率 ( · m )	$1 \times 10^{13}$	GB/T 1410
8	耐化学介质腐蚀(浸泡 7d)(%)		SY/T4013-95 附录 C
	10%HCl	85	
	10%NaOH	85	
	3%NaCl	85	
9	耐热老化(150 , 168h)		
	拉伸强度 ( MPa )	14	GB/T 1040
	断裂伸长率 ( % )	300	GB/T 1040
10	剥离强度 ( N/cm )		
	对有底漆的钢管	35	GB/T 2792
	对聚乙烯层	35	

注：耐化学介质腐蚀指标为试验后的拉伸强度和断裂伸长率的保持率。

3.4.6 补口带、补口套和防水帽的厚度应符合表 3.4.6 的要求。

补口带、补口套和防水帽厚度要求 表 3.4.6

序号	项目	厚度	允许偏差
1	基材 ( mm )	1.0	+0.1 -0
2	底胶 ( mm )	0.6	+0.2 -0

### 3.5 材料验收

3.5.1 进厂时聚乙烯、多异氰酸酯、聚醚多元醇、防腐涂料及补口材料等主要原材料应有生产厂家、生产日期、质量证明书及合格证,否则不得验收。

3.5.2 桶装泡沫塑料原材料应按表 3.5.2 的规定进行抽查。多异氰酸酯、聚醚多元醇的测试项目及测试指标应符合表 3.2.2、表 3.2.3 的规定。

桶装原材料抽查比例 表 3.5.2

总桶数	1	2~10	11~30	31~60	61~130
抽查桶数	1	2	3	4	5
总桶数	131~220	221~350	351~520	521~730	731~1000
抽查桶数	6	7	8	9	10

3.5.3 组合聚醚进厂时每釜应至少抽查 1 桶,测试发泡时间、固化时间、表观密度、抗压强度、吸水率及导热系数六项指标。发泡时间、固化时间两项指标必须满足工艺要求。表观密度、抗压强度、吸水率及导热系数四项指标应符合表 3.2.4 的规定。

3.5.4 防腐涂料抽查率应按表 3.5.2 的规定进行。柔韧性、附着力、耐冲击强度三项指标应符合表 3.1.1 的规定。

3.5.5 聚乙烯原料每 25t 为一批抽取一组试样,测试密度、拉伸强度、断裂伸长率、维卡软化点四项指标,测试指标应符合表 3.3.1 的规定。不足 25t 时按一批要求测试。

3.5.6 辐射交联热缩材料每批每种规格至少抽查一组试样,测试拉伸强度、断裂伸长率、维卡软化点、剥离强度四项指标,测试指标应符合表 3.4.5 的规定。

## 4 防腐保温管预制

### 4.1 准备工作

4.1.1 钢管弯曲度应小于或等于钢管长度的 0.2%,但最大不得超过 20mm,椭圆度应小于或等于钢管外径的 0.2%,长度不宜小于 6.5m。

4.1.2 钢管表面预处理:

4.1.2.1 在喷(抛)射除锈前,应先清除钢管表面的油脂和污垢等附着物。

4.1.2.2 应用喷(抛)射除锈,质量应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》中规定的 Sa2 级的要求。钢管表面的焊渣、毛刺等应清除于净。

4.1.2.3 彻底清除钢管表面的灰尘。

4.1.2.4 钢管表面预处理后,应在 8h 内涂上防腐涂料。如果涂防腐涂料前钢管表面已返锈,则必须重新进行表面预处理。

4.1.3 涂防腐涂料:

- 4.1.3.1 涂防腐涂料时,钢管表面必须干燥、洁净。
- 4.1.3.2 防腐涂料可采用刷涂、喷涂或其他适当方法施工。
- 4.1.3.3 防腐层应均匀连续,不得漏涂,不得小于设计厚度。
- 4.1.4 组合聚醚进厂超过三个月应重复 3.5.3 检查,不合格不得使用。
- 4.1.5 应根据管径大小和不同的成型工艺,选用相应发泡时间、固化时间以及表观密度的组合聚醚和作业线机具工艺参数。
- 4.1.6 泡沫塑料涂敷时钢管表面温度宜为  $35 \pm 5$  ,组合聚醚和异氰酸酯温度宜为  $25 \pm 5$  。
- 4.1.7 露天作业时,钢管表面温度应高于露点温度 3 以上,施工环境的相对湿度应低于 80%,雨、雪、雾、风沙等气候条件下应停止施工。

## 4.2 一次成型工艺

- 4.2.1 聚乙烯原料受潮后必须烘干后方可使用。
- 4.2.2 聚乙烯原料中应按规定比例加入紫外线吸收剂、光屏蔽剂、抗氧剂、润滑剂等助剂。各组分应称量准确,混合均匀。
- 4.2.3 挤出机各段加热温度及挤出温度应根据聚乙烯熔体指数确定,挤出温度宜为  $205 \pm 10$  。
- 4.2.4 根据钢管直径调整作业线,应使钢管中心、挤出机机头中心及纠偏环中心保持在一条水平线上。
- 4.2.5 测定比例泵输送的多异氰酸酯和组合聚醚的配比。多异氰酸酯与组合聚醚配合比宜为 ( 1.0 ~ 1.1 ) :1.0 。
- 4.2.6 泡沫塑料原料宜用喷枪连续混合,喷枪空气压力不得低于 0.5MPa 。
- 4.2.7 根据聚乙烯层厚度确定钢管的送进速度及泡沫塑料原料供料量。发泡液面距定径套距离宜为 0.5 ~ 1.0m,且保持相对稳定,纠偏环应外在泡沫开始固化的位置,宜位于泡沫液面后 50 ~ 100mm 。
- 4.2.8 接头切割点与复合机头之间距离应大于 7m 。

## 4.3 “管中管”成型工艺

- 4.3.1 按设计要求,防护层管长度宜比钢管短 300mm 。
- 4.3.2 防护层管用专用设备套在做好防腐层的钢管上。
- 4.3.3 固定好钢管和防护层管,使钢管两端均露出 150mm 。
- 4.3.4 扣上防护层管外定心卡子及一端钢管定心堵板,使防护层管与钢管同心。
- 4.3.4 启动发泡小车,使喷枪进入钢管与防护层管的环形空间至钢管另一端。喷枪头距定心堵板 500mm 处。
- 4.3.5 托管发泡架宜有  $15^\circ$  左右的斜度,便于环形空间内的空气逸出,

同时也可防止泡沫液料倒流,堵塞喷枪。

4.3.6 泡沫塑料原料用喷枪连续混合,喷枪空气压力不得低于0.2MPa。

4.3.7 用比例泵控制组合聚醚和多异氰酸酯的配合比。

4.3.8 在发泡位置安装特制照明灯,用来观察发泡情况,便于及时调整小车倒退速度和泡沫喷涂量。

4.3.9 喷完一根管应迅速抽出喷枪,并将钢管定心堵板扣上。停放1min后方可打开定心卡子,将防腐保温管运走。

#### 4.4 防腐保温管端头处理

4.4.1 带有防腐保温层的钢管两端应预留一段光管管头,长度宜为150mm。对于焊接时需要预热的高强钢管,长度宜为200mm。端面应垂直平整。

4.4.2 防腐保温管端头结构见图4.4.2,防水帽性能指标及其要求见3.4。

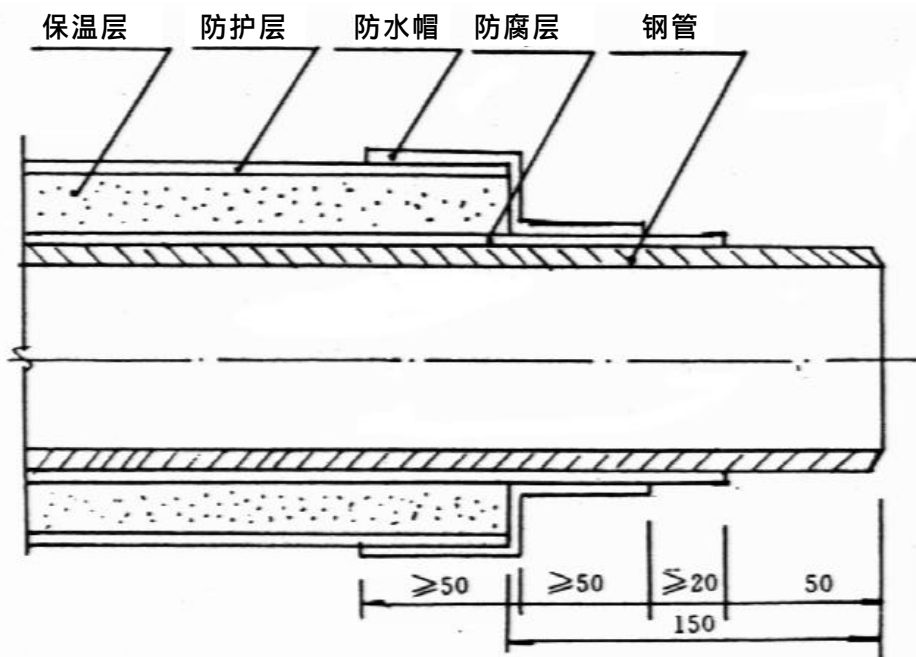


图 4.4.2 防腐保温管端头结构示意图

4.4.3 防水帽应在防腐保温管堆放前安放。防水帽的规格应与管径相配套,防水帽及与防水帽搭接粘接部分必须清洁干燥。与防水帽搭接的防护层应打磨至表面粗糙,然后用火焰加热器对防水帽加热,按防水帽产品说明书的要求控制加热温度。

## 5 质量检验

## 5.1 生产过程质量检验

5.1.1 生产过程质量检验应有检验记录,本道工序不合格的管道禁止进入下道工序施工。

5.1.2 对钢管表面预处理质量逐根进行检查,钢管表面应无油污、灰尘,除锈质量用《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》中的照片或标准板进行目视比较,应不低于 Sa2 级。

5.1.3 对钢管防腐层质量逐根检查,防腐层外观应均匀连续,无漏涂,防腐层厚度应用磁性测厚仪进行质量检查,厚度不得小于设计厚度。

5.1.4 防腐层保温管外观质量应符合 5.2.2 的要求。保温层应无收缩、发酥、泡孔不均、烧芯等缺陷,空洞不应超过 5.2.2.2 的规定。防护层和保温层的厚度及偏差应符合表 5.1.4 的规定。

防护层及保温层的厚度及偏差 表 5.1.4

成型工艺	钢管直径(mm)	防护层厚度及偏差 (mm)	泡沫厚度偏差 (mm)
一次成型	< 159	1.4 ± 0.2	± 3
	159	1.6 ± 0.2	± 5
管中管	159	2.0 ± 0.2	± 3
	219~ 273	3.0 ± 0.2	± 4
	325~ 377	4.0 ± 0.2	
	426	4.5 ± 0.2	± 5
检测工具		游标卡尺	钢直尺

5.1.5 对钢管防腐保温层质量逐根检查,作好自检记录。并在成品管上作出标记,如编号、班次、生产日期、检验员代号等,此标记应至少在 12 个月内清晰可辨。当产品不符合标准时,除做好自检记录及标记外,应及时反馈到有关工序加以调整。

5.1.6 逐个检查防水帽的施工质量,防水帽外观应无烤焦、鼓包、皱纹、翘边,两端搭接处四周应有少量胶均匀溢出。

## 5.2 产品出厂质量检验

5.2.1 每连续生产 5000m 同规格的防腐保温管为一组应抽查一根,检查防护层和保温层性能,不足 5000m 时按一根进行抽查。防护层测试密度、拉伸强度、断裂伸长率及维卡软化点四项指标,保温层测试表观密度、吸水率、抗压强度和导热系数四项指标。测试指标应符合表 3.3.1 和表 3.2.4 的规定,若抽查不合格,应加倍检查,仍不合格,则全批为不合格。

5.2.2 每批防腐保温管应随机进行抽样检查,抽查率为 2% ,且不得少于 4 根,若抽查不合格,应加倍抽查,仍不合格,则全批为不合格,抽查项目及内容应符合下述要求:

5.2.2.1 检查防腐保温管外观:防护层表面应光滑平整,无暗泡、麻点、裂口等缺陷,保温层应充满钢管和防护层的环形空间,无开裂泡孔条纹及脱层、收缩等缺陷。防水帽与防护层及防腐层应结合良好,表面圆滑,无皱折。

5.2.2.2 保温层中只允许有极少数符合下述情况的空洞:深度不超过 10mm、面积不大于 2500mm<sup>2</sup>;深度超过 10mm,但不大于保温层厚度的 2/3,其面积不大于 500mm<sup>2</sup>。每平方米不得有 5 个以上面积大于或等于 500mm<sup>2</sup>的空洞,空洞深度不得大于保温层厚度的 2/3。

5.2.2.3 防腐层、防护层、保温层厚度不得小于设计厚度。一般防腐保温层尺寸宜用测量防腐保温层总厚度的方法进行衡量,防腐保温层总厚度及偏差应为防护层和保温层厚度及偏差之和。若对防腐层或防护层厚度有怀疑,可以进行破坏性检验,防腐层厚度及检测方法应符合 5.1.3 的规定;防护层、保温层的厚度及偏差应符合表 5.1.4 的规定。

5.2.3 产品出厂时应向用户提供产品合格证(或产品质量证明书),合格证(或产品质量证明书)的内容包括:钢管材质、钢管规格、防腐保温层结构尺寸及主要性能指标、执行标准、生产日期、生产厂家、检验员代号等。

## 6 储存和运输

6.0.1 防腐保温管吊装时应采用宽度为 150 ~ 200mm 的尼龙带或胶皮带,严禁用钢丝绳吊装。

6.0.2 防腐保温管的堆放场地应符合下列规定:

6.0.2.1 地面应平整、无碎石、铁块等坚硬杂物。

6.0.2.2 地面应有足够的承载能力,保证堆放后不发生塌陷和倾倒事故。

6.0.2.3 堆放场地应挖排水沟道,场地内不允许积水。

6.0.2.4 堆放场地应设置管托,管托应高于地面 150mm。管托宽度及数量应视管径大小和管子长度而定。

6.0.3 防腐保温管堆放时,每批同种类管子应放在一起,严禁不同种类、不同批号的管子混放。

6.0.4 防腐保温管堆放时,堆放高度不得大于 2m。

6.0.5 防腐保温管堆放处应悬挂铭牌,铭牌上写明管径、厚度、数量、防腐保温层厚度。

6.0.6 防腐保温管不得长期受阳光照射及雨淋,露天存放时宜用篷布

盖住。堆放处应远离火源和热源。露天存放不应超过三个月。

6.0.7 防腐保温管在存放期间钢管两端应加封堵。

6.0.8 防腐保温管拉运时,必须采取有效措施,严禁破坏防腐保温层。

6.0.9 防腐保温管在装卸过程中,必须轻拿轻放,严禁摔打、拖拉。

## 7 补口及补伤

### 7.1 技术要求

7.1.1 防腐保温管补口及补伤处的防腐保温质量及性能指标应不低于原防腐保温管的防腐保温质量及性能指标。

7.1.2 补口前,必须对补口部位进行表面处理,表面处理质量应达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》规定的 Sa2 级或 St3 级。

7.1.3 防腐保温层的补口程序为:防腐层补口—保温层补口—防护层补口。

7.1.4 防腐层补口应符合下述要求:

7.1.4.1 当介质温度低于 70℃ 时,防腐层补口宜采用补口带;当介质温度高于 70℃,防腐层补口宜采用防腐涂料。

7.1.4.2 补口带的规格必须与管径相配套。

7.1.4.3 钢管与防水帽必须干燥,无油污、泥土、铁锈等杂物。

7.1.4.4 除去防水帽的飞边,用木锉将防水帽打毛。

7.1.4.5 补口带与防水帽搭接长度应不小于 40mm。

7.1.4.6 补口带封口必须在钢管顶部,封口处搭接长度不应小于 40mm。

7.1.5 保温层补口应符合下述要求:

7.1.5.1 应使用内径与防水帽处外径相同尺寸的补口模件,

7.1.5.2 模具必须固紧在端部防水帽外,其搭接长度不应小于 50mm,浇口向上,保证搭接处严密。

7.1.5.3 环境温度低于 5℃ 时,模具、管道和泡沫塑料原料应预热后再进行发泡。

7.1.6 防护层补口必须用补口套,补口套的规格应与管径相配套,补口套与防护层搭接长度应不小于 50mm。

7.1.7 防护层有破口、漏点和深度大于 0.5mm 的划伤等缺陷时,按下列要求补伤。

7.1.7.1 除去补伤处的泥土、水份、油污等杂物,用木挫将补伤处的防护层修平、打毛。

7.1.7.2 补口带剪成需要长度,并大于破口或划伤处 100mm。

7.1.7.3 补伤后,接口周围应有少量胶均匀溢出。

7.1.8 保温层损伤深度大于 10mm 时,将损伤处修整平齐、按补口要求修补好保温层。

7.1.9 防腐层损伤时,先将损伤处的铁锈、泥土、油污、水分等清理干净,然后除锈,除锈质量达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》规定的 Sa2 级或 St3 级,修补好防腐层。

7.1.10 防腐保温层补口结构宜采用图 7.1.10 结构形式,当采用其他结构形式时,必须达到原防腐质量指标要求。

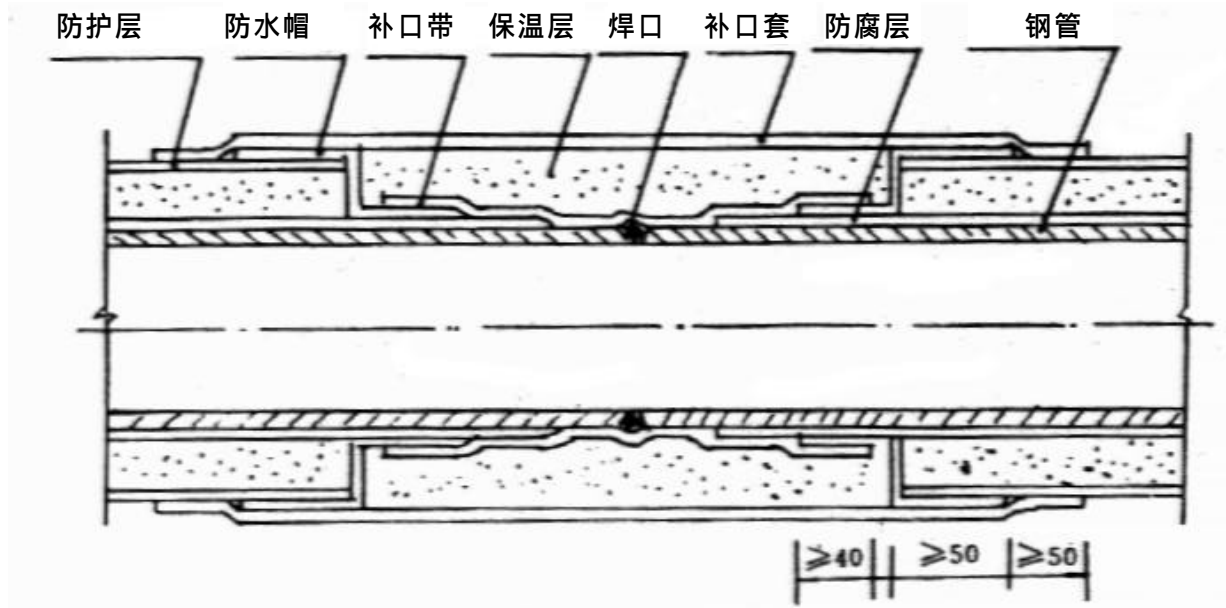


图 7.1.10 管道防腐保温层补口结构示意图

## 7.2 质量检验

7.2.1 逐个检查补口补伤处的外观质量。补口补伤处外观应无烤焦、空鼓、皱纹、翘边,接口处应有少量胶均匀溢出。检验合格后应在补口补伤处作出标记,如编号、日期、检验员代号等。如检验不合格,必须返工处理直至合格。

7.2.2 对补口处进行破坏性检验,抽查率为 0.2%,且不少于 1 个口,若抽查不合格,应加倍抽查,仍不合格,则全批为不合格。抽查项目及内容应符合下述要求:

7.2.2.1 用钢直尺测量补口处补口套与防护层及补口带与防水帽的搭接长度应满足 7.1.4.5 和 7.1.6 的规定。

7.2.2.2 按《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》附录 F 的规定,撕下补口套(带),观察补口套(带)与防护层及防水帽、钢管的粘接情况,补口套(带)与防护层及防水帽、钢管表面应有一层胶均匀粘附,常温下的剥离强度应不小于 35N/cm。

7.2.2.3 用游标卡尺检查补口套(带)的厚度,该厚度及偏差应符合表 3.4.6 的规定。其性能应符合表 3.4.5 的规定。

7.2.2.4 观察泡沫的发泡情况,补口处泡沫应无空洞、发酥、软缩、泡孔不均,烧芯等缺陷,其性能应符合表 3.2.4 的规定。

7.2.2.5 当防腐层采用防腐涂料时,用磁性测厚仪测量其防腐层厚度,该厚度应不小于设计厚度,当防腐层采用补口带时,应按 7.2.2.2 的要求检查其粘接情况及质量。

7.2.2.6 用钢直尺检查补口带与防水帽的搭接长度及补口带封口处的搭接长度均不应小于 40mm。

## 8 竣工资料

8.0.1 竣工后,施工单位应提交下列文件:

- 8.0.1.1 防腐保温管出厂合格证和质量检验报告。
- 8.0.1.2 防腐保温层性能测试报告。
- 8.0.1.3 补口补伤记录及质量检验报告。
- 8.0.1.4 返工记录及检验资料。
- 8.0.1.5 建设单位所需的其他资料。

## 附录 A 保温层经济厚度计算公式

A.0.1 埋地钢质管道硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温层中的保温层,其经济厚度,按下述公式计算:

$$\frac{D_1 \ln \frac{D_1}{D}}{2} = 10^{-3} \sqrt{\frac{BH\lambda(t_1 - t_2)}{AN}} - \frac{\lambda}{\alpha} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$\alpha = \frac{2\lambda_\tau}{D_1 \ln \frac{4h}{D_1}} \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$\delta = \frac{D_1 - D}{2} \quad (\text{A.0.1-3})$$

式中:  $\delta$  ——保温层厚度,m;

$D, D_1$  ——分别为保温层内径、外径,m;

$h$  ——管道中心距地面深度,m;

$t_1$  ——介质温度, °C;

$t_2$  ——距地面  $h$  处的土壤温度, °C;

$B$  ——保温材料导热系数,  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$\lambda_\tau$  ——土壤导热系数,  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$A$  ——保温层外表面向土壤的放热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

- B——热能价格,元/MW · h ;  
 H——年运行时间,h ;  
 A——防腐保温层单位造价,元/m<sup>3</sup> ;  
 N——保温工程投资年分摊率。

按单利计息时 :

$$N = \frac{2+i(n+1)}{2n} \quad (\text{A.0.1-4})$$

按复利计息时 :

$$N = \frac{i+(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} \quad (\text{A.0.1-5})$$

式中 : n——计息年数 ;  
 i——年利率。

## 附录 B 泡沫塑料吸水率试验方法

### B.0.1 仪器 :

- B.0.1.1 天平 , 感量 0.01g。  
 B.0.1.2 游标卡尺,精度 0.02mm。  
 B.0.1.3 干燥箱。  
 B.0.1.4 干燥器。  
 B.0.1.5 浸泡桶,敞口容器或水池。

### B.0.2 试件

- B.0.2.1 试件尺寸 :  $l \times b \times h$  : 100mm × 50mm × 25mm。  
 B.0.2.2 试件表面用细砂纸磨光。  
 B.0.2.3 每组试件数为 3 个,

### B.0.3 试件处理

- B.0.3.1 把试件放入  $50 \pm 3$  的干燥箱中干燥 24h。  
 B.0.3.2 取出试件放入干燥器中冷却到室温,称重,精确到 0.01g。  
 B.0.3.3 把试件重新放入干燥箱中 4h,取出放入干燥器中冷却到室温,称重,精确到 0.01g。

B.0.3.4 将 B.0.3.3 称重的结果与 B.0.3.2 称重的结果相对比,两次称重值之差小于 0.02g 时,则可认为试件达到恒重,取后者的称重值作为试件重量。两次称重值之差大于 0.02g 时,应按 B.0.3.3 重复进行,直至达到恒重要求。

### B.0.4 测试步骤

B.0.4.1 用游标卡尺测量试件三面尺寸,测量时,卡尺面应与试件表面接触,但不得压缩试件。每面测量三点,取平均值,精确到 0.02mm。

B.0.4.2 把试件放入浸泡桶内用网压住试件。

B.0.4.3 把新鲜蒸馏水倒进浸泡桶内,水位应高出试件上表面50mm。

B.0.4.4 必须使试件与水充分接触,两试件之间应保持一定距离,不得互相接触。

B.0.4.5 用短毛刷除去试件上的气泡。

B.0.4.6 用低渗透性塑料薄膜盖住水面。

B.0.4.7 控制水温在  $23 \pm 2$ , 浸泡 96h。

B.0.4.8 96h 后,取出试件,用滤纸轻轻吸去表面水,立即称重,精确到 0.01g。

### B.0.5 计算

按下述公式计算吸水率,数值修约到三位有效位数。

$$\eta_0 = \frac{W_1 - W_0}{V_0} \quad (\text{B.0.5})$$

式中： $\eta_0$ ——试件吸水率,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$W_0$ ——试件吸水前重量,  $\text{g}$ ；

$W_1$ ——试件吸水后重量,  $\text{g}$ ；

$V_0$ ——试件体积,  $\text{cm}^3$ 。

### B.0.6 试验报告

试验成果取每一组数据的算术平均值。

## 附录 C QTM-D2 快速导热系数 测定仪操作方法

### C.0.1 准备工作

C.0.1.1 准备好试件,试件尺寸不应小于  $l \times b \times h$  :  $100\text{mm} \times 50\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。

C.0.1.2 接通电源。

C.0.1.3 将 HEATER/A2 旋钮,旋至 0.5 处,预热 45min 以上。

C.0.1.4 将 MODE 旋钮,旋至 CAL 位置,动圈式指示器调至 0。按复位按钮,再按起动按钮,如导热系数显示器的值在 0.98 ~ 1.02 之间,则仪器功能正常。

C.0.1.5 测试前应除去试件表面上的水与灰尘。

C.0.1.6 保持探头干燥及探头平面的清洁。

### C.0.2 操作方法

C.0.2.1 打开仪器盖板,用标准板调好 K, H 系数。

C.0.2.2 将 HEATER/A2 旋钮,扭至 0.5 处,将 MODE 旋钮,扭至低端 (LOW) 处。

C.0.2.3 将探头放在被测试件的表面,探头平面必须与试件全部接

触。

C.0.2.4 2min后,用调零旋钮将动圈式指示器调至0,并观察2min左右,直到稳定。然后,按复位按钮并按起动按钮。在指示灯B发亮后将探头从试件上拿开,放在冷板上。

C.0.2.5 记下导热系数显示器和动圈式指示器中的数,此二数分别为被测试件的导热系数和测试温度。

C.0.2.6 按复位按钮,进行下步测试,

C.0.2.7 连续测试时,每测完一个试件,探头必须在冷板上冷却2min左右,再进行下一个试件测试。

## 附录 D 泡沫塑料耐热性试验方法

### D.0.1 仪器

D.0.1.1 烘箱,0 ~ 200 ,精度 $\pm 2$ 。

D.0.1.2 带恒速运动卡头的拉(压)力试验机。

D.0.1.3 游标卡尺,精度0.02mm。

### D.0.2 试件

D.0.2.1 耐热试件的尺寸为 $1 \times b \times h$ :150mm  $\times$  150mm  $\times$  50mm。

D.0.2.2 做尺寸变化率和重量变化率的试件,每组为3个。

D.0.2.3 做抗压强度试件,每组为6个;3个经过耐热试验,3个做对比件。

### D.0.3 测试步骤

D.0.3.1 测量尺寸和重量的变化:

(1)用游标卡尺测量试件尺寸,精确到0.02mm。

(2)把试件放在天平上称重,精确到0.1g。

(3)把试件放入烘箱中升温。升温速度:当温度小于100 时,为25 /h,当温度大于100 时,为50 /h ;

(4)温度上升到所要求温度时,恒温96h。

(5)96h后,冷却24h,测量试件的尺寸和重量。

(6)如试件尺寸有不均匀变化,应在最大形变点上测量,记下外表变化。

(7)计算试件尺寸和重量的变化率。

D.0.3.2 测量抗压强度的变化:

(1)将经过96h耐热试验后的3个试件和3个对比原样,按《硬质泡沫塑料压缩试验方法》进行测试。

(2)计算试件抗压强度增长率。

### D.0.4 试验报告

试验成果取每一组数据的算术平均值。

#### D.0.4 试验报告

试验成果取每一组数据的算术平均值。

### 附录 E 泡沫塑料性能试验试件制作

#### E.0.1 取样

取样分两种：发小泡取样和成品管取样。小泡取样时选取有代表性的样品；成品管取样应在距离管子泡沫端头 50mm 以远截取。

#### E.0.2 样品处理

E.0.2.1 潮湿样品，应在 70℃ 干燥箱内，干燥至恒重。

E.0.2.2 三天内生产的样品，应在 70℃ 干燥箱内，熟化 24 小时。

#### E.0.3 试件制作

E.0.3.1 把样品按需要加工成各试验项目所要求的试件。

E.0.3.2 做抗压强度和导热系数的试样，应标明泡沫上涨方向。

E.0.3.3 成品管取样加工成的试件，如厚度达不到要求，则按实际厚度计，但所做成的试件体积，应等于各试验项目规定的试件体积。

### 附录 F 本标准用词说明

执行本标准条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(1)表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词用“必须”；

反面词用“严禁”。

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词用“应”；

反面词用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词用“宜”或“可”；

反面词用“不宜”。

### 附加说明

#### 本标准主编单位、参加单位和主要起草人名单

主编单位：大庆石油管理局油田建设设计研究院

胜利石油管理局油建一公司

主要起草人：姚连根 秦绪臻

附件

## 埋地钢质管道硬质聚氨脂泡沫 塑料防腐保温层技术标准

### 条文说明

### 修订说明

本标准是根据 1994 年中国石油天然气总公司下达的标准制订计划，由大庆油田设计院和胜利石油管理局油建一公司共同完成的。

本标准是将原石油工业部标准 SYJ 18-86《埋地钢质管道硬质聚氨脂泡沫塑料防腐保温层技术标准》、SYJ 4015-87《埋地钢质管道聚乙烯、硬质聚氨脂泡沫塑料一次成型防腐保温层施工及验收规范》和 SYJ 4016-87《埋地钢质管道聚乙烯、硬质聚氨脂泡沫塑料“管中管”法成型防腐保温层施工及验收规范》三项标准的内容合并后修改而成的。自本标准发布之日起，上述三项标准停止执行。

在本标准修订过程中进行了广泛的调查研究，对原标准执行以来存在的问题和不足之处，进行了补充和完善，使本标准更具先进性，更能适应设计、生产、施工的需要。

在执行本标准过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料提供给我院（我院通信地址：黑龙江省大庆市油田建设设计研究院，邮编：163712），以便今后再修订时参考。

大庆石油管理局油田建设设计研究院  
1996 年 6 月

## 1 总 则

1.0.1 腐蚀是一个普遍存在的问题，它给人类带来的危害是相当严重的。据资料介绍全世界每年因腐蚀而造成的经济损失超过 500 亿美元。

能源是发展国民经济的重要物质基础，解决能源问题一是开源，二是节能。我国的能源利用率太低，与工业发达国家（如美国和日本）相比，差距很大（见表 1）。因此，把我国的能源利用率提高到工业发达国家的水平，等于不经建设就使能源产量提高一倍。

能源利用率对比

表 1

国家	美国	日本	中国
能源利用率(%)	51	57	28

热介质在管道输送过程中,如不采用保温措施,将有很大热量损失。采用保温措施后则可减少 90%左右的热损失,其经济效益是相当显著的。如美国一发电厂的一条 55 英里长的热油管道,用硬质聚氨酯泡沫塑料(以下简称泡沫塑料)保温后,节省 70%的加热油,减少三个加热站,节省投资 30 万美元。

中朝友谊输油管道,中方长度 11km,1980 年开始用泡沫塑料保温,累计保温长度为 5km,经测试出站温度下降 7.4℃,终点(即朝方)温度上升 2.5℃(见表 2)。从 1980 年到 1982 年,三年累计节约燃料用油 226t,节约费用 52 万元。

中朝友谊输油管道保温对比

表 2

	1979 年	1980 年	1981 年	1982 年
平均输油量(t/h)	148.4	147.3	143.2	153.4
出站平均温度(℃)	70.0	67.0	65.0	62.6
终点温度(℃)	35.0	36.0	36.0	37.5
管道保温长度(m)	0	1062	4564	5626

总之,如何利用现有防腐保温技术去防止或减缓金属的腐蚀,并最大限度地节省能源已成为当务之急。因此,应认真总结过去管道用泡沫塑料防腐保温的经验,提高泡沫塑料防腐保温层的工程质量,以节约能源,延长管道使用寿命。

1.0.2 本标准的适用范围是根据泡沫塑料性能指标及防腐保温层配套技术而制定的。泡沫塑料耐温性目前有两个档次,一是长期能耐 100℃,短期耐 130℃。这一档次的泡沫塑料是目前大量使用的,各种配套技术(如防腐层,补口)比较完善;另一档次是长期能耐 150℃,短期能耐 180℃。这一档次的泡沫塑料是近几年随着稠油开采的需要而研制成功的,由于耐 150℃的泡沫塑料使用时间较短,其相应的防腐保温层配套技术也还没有完善,因此,本标准没有将耐 150℃的泡沫塑料写进条文中。

1.0.3 主要明确了本标准与国家标准间的关系。

1.0.4 将条文中涉及的标准名称摘录出来,便于设计、施工、检验人员检索。

## 2 防腐保温层结构

2.0.1 泡沫塑料具有导热系数小、密度小、吸水率小、化学稳定性

好等优点，是一种很好的保温材料，从大庆油田 1976 年对一些保温管线的总传热系数实测中可以看出这种材料的优良保温性能，见表 3。

几种保温材料的总传热系数(K)值 表 3

保温材料	泡沫塑料		牛毛毡	沥青珍珠岩	玻璃棉	矿渣棉
	老油区	新油区				
K 值(W/m <sup>2</sup> · )	1.16	1.63	2.67	2.99	3.16	3.89

注：新油区管线补口没用泡沫塑料。

但是，泡沫塑料强度较低，在运输施工中很容易损坏。从大庆油田应用情况中就可看出，未加防护层的泡沫塑料管从预制厂拉到施工现场，泡沫塑料层损坏率往往高达 20% ~ 30%，有的达到 50%。这不仅增加了补伤的工作量，而且也造成原材料的浪费。为保证泡沫塑料的优良保温性能，在泡沫塑料层外加一层防护层是很有必要的，加防护层的优点是：

- (1)增强了保温结构强度，使泡沫塑料层不易损坏。
- (2)提高了泡沫塑料的保温效果及使用寿命。
- (3)提高了防水、防潮气浸蚀能力。
- (4)使保温层外表面平整、美观。

但是，这种保温层加防护层结构，如保温层进水，会加速钢管的腐蚀。从大庆油田调查情况看，在低洼地段，少数保温管使用 2 ~ 4 年就穿孔，严重的仅 11 个月就穿孔。因此，为延长钢管使用寿命，在本次修订稿中增加了防腐层，目的是避免保温层进水后钢管的腐蚀。

2.0.2 防腐层主要起着隔离钢管外表面与腐蚀介质直接接触，而防腐层的性能与防腐层厚度和材料有关。因此，必须经设计来确定防腐层材料及防腐层厚度。本条中确定的最小防腐层厚度是根据《钢质容器防腐和保温工程施工及验收规范》SY/T4059—93 中规定的最小厚度要求，当没有设计资料时可参考使用。

2.0.3 热力管道保温的主要目的是减少热损失，节约燃料和费用。但管道进行保温要消耗费用，为了做到保温的经济性，就要求保温结构及其维修时所用的费用不应超过节省燃料的费用，因此，最经济的保温厚度，应使保温后每年热损失费用与投资年回收费、年运行费、年维修费之和为最小值。经济厚度计算公式就是为达到这一目的而制定的。考虑到泡沫塑料成型技术的限制，太薄保证不了质量要求，故规定了下限厚度；对上限厚度，因只影响成本，不影响质量，同时也避免因规定太死增加生产难度，因此不作具体规定。

2.0.4 防护层在结构中起两大作用，一是保护保温层不受损坏；二是防止外界水进入保温层。聚乙烯塑料强度高，耐腐蚀性强，且来源广，施工方便，因此世界上许多国家如美国、加拿大、丹麦、西德、

日本等国家,都大量用聚乙烯塑料作保温管道的防护层,我国的大庆、胜利、大港、华北、辽河等油田,从1979年开始也相继用聚乙烯塑料作埋地泡沫塑料保温管道的防护层,经过十几年的应用,证明这种材料是行之有效的,它不但大大加强了保温层的强度,同时也加强了防水能力,延长了管道的使用寿命,在埋地保温管道的外防护层材料中,聚乙烯塑料是最理想的,其他材料无法与之匹敌。故本标准指定防护层材料为聚乙烯塑料。

聚乙烯塑料层厚度,是参照国内外有关资料及国内生产工艺而确定的,据北京化工研究院等单位提供的资料,聚乙烯塑料层厚度为1.3mm时,就可满足防水和防止机械损坏的要求。国外资料介绍,聚乙烯套厚度大于1mm时就可满足这种要求,如加拿大肖尔管线有限保护公司规定聚乙烯层厚度为1.1~2.0mm,标准厚度为1.14mm。国内“一步法”生产的聚乙烯塑料层厚度为1.0~2.0mm,而“管中管”法生产的聚乙烯塑料层厚度则为2~4mm,并随着管径的增大,其厚度还要增加,这是成型工艺条件限制造成。然而,聚乙烯塑料层太薄,又会造成强度不够,达不到保护的目的,同时也造成挤出成型的困难,因此,根据十几年来各油田的使用经验,在保证强度要求的前提下,考虑到不同生产工艺的要求及节约的原则,对聚乙烯塑料层下限厚度提出了具体要求,而对上限厚度不作规定。这样做的目的是让不同工艺互相竞争,有利技术水平的不断提高。

2.0.5 泡沫塑料与钢管的粘结力是很好的,经测试它的粘结强度大于0.2MPa。经扒开检查,钢管表面全粘有泡沫塑料,粘结面达到100%。因此,在正常情况下,水是不可能进入钢管表面的。但是,在生产过程中,多种因素影响如表面处理不彻底,钢管表面有浮锈、操作温度不适宜,配方不对等,都会造成泡沫塑料性能降低,与钢管粘结不好形成空腔,泡沫塑料自身开裂等。这样,水就会从缺陷处或钢管端面沿泡沫塑料层与钢管外壁之间的裂缝处向内渗透使钢管腐蚀。如大庆油田杏十三区,埋在水位较高地段的保温管,经检查多数管线都进水,而且从补口处进水为多。这是因施工补口质量不好或保温层损坏造成的。因此,为避免因补口质量不好从管端面进水,而规定了用防水帽防水的措施,根据大庆油田应用实践证明,效果是很好的。

### 3 材 料

#### 3.1 防腐涂料

可用作防腐层的防腐涂料种类很多,如环氧类、聚氨酯类、玻

玻璃钢类等,各种防腐涂料的性能差异很大,为保证防腐层的使用寿命,对防腐涂料提出了最低性能要求,而对防腐涂料品种不作具体规定,其目的便于各单位根据具体情况选用合适的防腐涂料。

## 3.2 泡沫塑料

3.2.1 本条阐明组成泡沫塑料的主要原料。

3.2.2 多异氰酸酯是保温层的主要原料之一,它的质量指标对保温层的成型和性能影响很大,为了保证生产稳定及保温层质量,对多异氰酸酯主要性能作了规定。

(1)异氰酸根含量:异氰酸根含量对泡沫塑料质量影响很大,异氰酸根与羟基之比对反应粘度、相对分子量、泡沫的孔径及交联度均有影响,因此应控制异氰酸根的含量。

(2)酸值:实验证明,酸性物质较明显地影响异氰酸酯的催化活性,并能中和碱性催化剂,降低泡沫塑料的强度,因此酸值越小越好。

(3)水解氯:在多异氰酸酯中存在氯化物,在一定条件下可水解生成酸性致腐物质,它不仅对多异氰酸酯的性能有较大的影响,而且在泡沫塑料中所产生的氯离子能够加快对钢管的腐蚀,因此应严格控制水解氯的含量。

(4)粘度:粘度直接影响聚合反应速度和泡沫塑料的质量,且对实际操作影响也较大,因此对粘度也要控制适当。

3.2.3 聚醚多元醇也是保温层的主要原料,它的质量指标直接影响保温层的性能,对表中指标解释如下:

(1)羟值:它是聚醚多元醇主要控制指标。羟值高,则制作出的保温层硬度大,机械物理性能较好。但与多异氰酸酯等其他组分的互溶性较差,给发泡工艺带来困难。羟值太低,则发出的泡沫塑料强度低,不宜用于埋地管道保温。本指标是根据各油田多年使用经验所定。

(2)水分:试验证明,聚醚多元醇中含水量过大,随着存放时间的延长,其酸值会成倍上升,且水与多异氰酸酯反应生成脲,放出二氧化碳,使保温层的导热系数提高,影响保温效果,因此对聚醚多元醇中水分应严加控制。

(3)酸值:聚醚多元醇中的游离酸能中和碱性催化剂,明显地影响催化性能,所以酸值的含量应越小越好。

3.2.4 本条对泡沫塑料防潮保温层结构中的保温层材料——泡沫塑料的性能作了具体的规定,其目的是保证保温层质量,根据各油田多年的实践经验及参照国外标准,认为这些指标是可行的。

对本条中的规定说明如下：

(1)表观密度：表观密度是影响泡沫塑料保温性能的因素之一，是进行经济核算的重要指标。泡沫塑料的表观密度对导热系数影响很大，根据有关单位测定，泡沫塑料的表观密度在  $40\text{kg/m}^3$  左右时，其导热系数值最小。表观密度大于这一值时，导热系数值随之增大。考虑到其他物性及生产条件，根据各油田使用经验，表观密度定在  $40 \sim 60\text{kg/m}^3$  较为适宜。

(2)抗压强度：为使泡沫结构在受载负荷情况下不被破坏，使其有良好的保温性能，要求泡沫塑料有一定强度。有资料介绍埋地保温材料强度要求大于  $0.29\text{MPa}$ ，根据大庆油田试验测定，泡沫塑料强度大于  $0.196\text{MPa}$ ，也可基本满足要求，增加强度就要增大表观密度，这不但会降低泡沫塑料的保温效果，同时会使成本大大提高，这是不经济的，因此泡沫塑料强度值不宜选取过大。

(3)吸水率：泡沫塑料的吸水率是与泡沫的闭孔含量，微孔孔径及所用原料的疏水性等因素有关，当原料和配方选定后，泡沫塑料的吸水率主要与表观密度有关，美国 ASTM 标准列出了泡沫塑料表观密度与最大吸水率之间的关系，见表 4。

泡沫塑料表观密度与吸水率的关系 表 4

表观密度 $\text{kg/m}^3$	16	26	33	40	48	80	128	400
吸水率 $\text{kg/m}^2$	9.76	4.88	2.44	0.976	0.848	0.391	0.244	0.098

从表中可以看出，泡沫塑料的吸水率是随着表观密度的增加而减少，因此，适当增加表观密度对减少吸水率是有益的，但表观密度增加过大也是不合算的，目前国内外还没有统一标准。如日本标准为  $0.3\text{kg/m}^2$ ，美国 ASTM 标准为  $0.4\text{kg/m}^2$ ，加拿大肖尔公司标准为  $0.1\text{kg/m}^2$ 。我国根据大庆油田及其他油田的测试结果，吸水率都小于  $0.03\text{g/cm}^3$ 。本标准所定指标是根据国内情况确定，与国外指标相比也不低。

(4)导热系数：泡沫塑料的导热系数是受其化学组成、泡孔结构、充填气种类和表观密度等因素影响的，同一配方的泡沫塑料，导热系数主要受表观密度的影响，见表 5。

泡沫塑料导热系数与表观密度的关系 表 5

表观密度 $\text{kg/m}^2$	20	30	40	50	60	70
导热系数 ( $\text{W/m} \cdot \text{ } \text{ )}$	0.20	0.018	0.016	0.017	0.019	0.02

可以看出密泡沫塑料表观密度在  $40 \sim 50\text{kg/m}^3$  时，其导热系数数值最小，表观密度增大或减少，其导热系数都随之上升，因此，从保温角度考虑，表观密度选在  $40 \sim 50\text{kg/m}^3$  之间是最好的。但考虑到实际生产中条件的变化及影响，把导热系数指标定为  $0.03\text{W/m}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}$ ，从多年的实际测试，这一指标是完全可以达到的。

(5)耐热性：泡沫塑料的耐热性试验，是测定泡沫塑料最高使用温度的一项参考指标。本标准所定耐热性项目及指标是参照了美国 ASTM 方法，并经过多年的应用，证明是可行的。

### 3.3 聚乙烯塑料

3.3.1 防腐保温层结构中的防护层主要起如下作用：

(1)保护保温层，使之不受或减少破坏。

(2)防止水等介质进入保温层。

因此，要求防护层具有一定强度及介电性能。本标准所定性能项目要比原标准多，其性能指标也有所改动，如增加了耐化学介质腐蚀，耐热老化和耐紫外光老化性能指标，耐环境应力开裂时间由 100h 提高到 1000h。目的是为提高防护层的性能，这些性能指标经实践应用证明是能够达到的。

3.3.2 本条是为检验成品防腐保温管中的防护层性能而设。一般来说聚乙烯压制片材的性能指标即可代表防护层性能指标，但考虑到前者为试验室所做，而后者为生产线产品，由于操作条件偏差可能会影响到性能，故对成品防腐保温管中的防护层也规定其性能指标。

考虑到生产的需要，减少检测时间，同时也为了节约费用，故只选择了几项主要指标。

### 3.4 辐射交联热缩材料

3.4.3 辐射交联热缩材料的使用温度是由所选的基材和底胶的耐热温度所确定的，目前比较常用的产品的使用温度都在  $70 \sim 85$  左右，如苏州吴县辐射制品厂的产品使用温度为  $-30 \sim 70$ ，成都长程热缩制品厂的产品使用温度为  $-40 \sim 85$ ，大庆油建东方热收缩带厂的产品使用温度为  $-30 \sim 80$ 。同时，辐射交联热缩材料随使用温度的提高，其费用也随着增加。而目前各油田集输油管道中的油温低于  $70$  的为多数，因此本标准将使用温度定为  $70$ 。

3.4.4 从防护性能考虑，要求辐射交联热缩材料的收缩性越大越好，但收缩性越大，材料内应力也就越大，会加快材料本身破坏。因

此，要使辐射交联热缩材料能起到防护作用，又要不使本身受破坏，就必须有热缩比要求。本标准所定指标是目前产品能够达到而在应用中效果又比较好。但是，热缩比多少为最合适，目前还没有标准。

3.4.5 为确保防腐保温层端面密封防水质量及补口质量，对辐射交联热缩防水帽、辐射交联热缩包管带和辐射交联热缩补口套提出了性能要求，

3.4.6 本条是为确保补口带、补口套和防水帽的质量而提出的，目前产品的厚度，各生产厂家不尽一致，如苏州吴县辐射制品厂的产品厚度，基材为 0.6 ~ 1.0mm，胶层厚为 0.5 ~ 1.0mm；大庆油建东方热收缩带厂的产品厚度：基材为 0.9 ~ 1.1mm，胶层厚为 0.5 ~ 0.7mm，成都长程热缩制品厂的产品厚度：基材为 0.8 ~ 1.0mm，胶层厚为 0.6 ~ 1.0mm。因此，本条定的厚度要求各生产厂是完全能达到的。

### 3.5 材料验收

3.5.1 为确保防腐保温管的质量，避免因材料原因而导致产品质量不合格等问题，作了此条规定。

3.5.2 泡沫塑料原料一般采用桶装，由于泡沫塑料原料的质量直接影响到保温层的质量。为确保保温层的质量，须对原材料进行质量检查，本条所列抽查比例是参照日本国家标准《乙二醇验收规则》提出的，其目的是为了为了保证原料质量。

3.5.3 本条为保证组合聚醚的质量而提出的验收指标。因组合聚醚是由多元单体组合而成，质量易变。

3.5.4 防腐涂料的质量对防腐层质量影响重大，而防腐涂料的质量又受原材料的影响，为确保防腐层质量，必须涂防腐涂料进行质量检查。

3.5.5 每进一批原料均应做一次性性能检验。考虑到材料的不均衡性，为保证原料的质量，故当一次进料数量较多时，应分成多批做性能试验较为合理。

3.5.6 本条是为确保辐射交联热缩材料的质量而定的。辐射交联热缩材料产品的质量会因生产工艺及生产厂家不同而不同，因此，每进一批产品均需进行性能检查，以确保产品的质量。

## 4 防腐保温管预制

### 4.1 准备工作

4.1.1 规定钢管弯曲度是因为钢管弯曲度太大,成型过程中,钢管通过机头会遇到障碍。规定椭圆度是因为考虑到下道焊接工序,处理管口椭圆度比较困难,另一方面易破坏防腐保温层,规定钢管长度是因为钢管越短,钢管接头部位越多,钢管行进稳定性减少,给保温层的偏心度和防护层厚度均匀性控制带来困难,而且给现场焊接和补口增加了工作量。

4.1.2 本条是根据目前应用的大多数涂料对除锈质量的最低要求而制定的。在此没有规定用钢丝刷除锈,是因为用喷(抛)射除锈时,能在钢管表面产生一定的粗糙度,增加涂料的附着力,从而提高涂料的防腐性能。

4.1.3 本条是为保证防腐层的质量而制定的。

4.1.4 组合聚醚是由多元单体混合而成,质量不稳定。

4.1.5 实践证明:管径不同和成型工艺不同所需要的工艺参数(如定径套和机头规格、纠缠环型号、作业线标高、送进速度等)都应作出相应调整,才能使生产顺利进行,保证产品质量。组合聚醚的指标及作业线机具工艺参数,随不同的成型工艺而异,只能通过实践确定,各生产厂应根据自己的实际情况制订本单位工艺规程。

4.1.6 本条目的是减薄钢管表面泡沫层的致密层,降低泡沫材料消耗,提高泡沫层质量。该温度范围是通过实践得到的。

4.1.7 环境相对湿度超过 80%,钢管表面温度低于露点温度 3 时,易使防腐层产生鼓泡、发白附着力下降等弊病,影响防腐层质量。

## 4.2 “一次成型”工艺

4.2.1 因为聚乙烯原料受潮易使聚乙烯层在成型过程中产生裂口甚至拉断,影响产品质量和生产的顺利进行。

4.2.2 本条是为了使防腐保温管在加工和存放过程中增加抵御热老化和紫外光老化的性能,提高生产效率和成型质量。

4.2.3 聚乙烯在挤出机中的挤出量随温度变化有一最大值,在此温度下聚乙烯的塑化最好,生产效率最高,这一温度的确定一般是通过测定熔体指数随温度的变化曲线而得到的。经测定常用聚乙烯该温度为 205 左右。

4.2.4 本条为成型工艺要求,如不能保证则影响产品质量,甚至不能正常生产。

4.2.5 因为比例泵用一段时间或放一段时间后,经常出现因管路堵塞造成流量变化,比例失调,从而影响泡沫发泡质量甚至正常生产,因此每次生产前测定比例泵配比十分必要。生产实践证明,多异氰酸酯:组合聚醚=(1.0 ~ 1.1):1.0 比较合适。否则易造成泡沫发酥或软缩。

4.2.6 喷枪空气压力低于 0.5MPa 时，容易引起泡沫在喷枪中回风或泡沫混合不均匀，影响产品质量或正常生产。

4.2.7 本工艺钢管前进速度与泡沫塑料原料供料量是相互关联的，只有相互配合好并进行不断的调整才能得到比较稳定的发泡液面。在实际生产过程中，管径一定时，为提高生产效率，一般将挤出量调整至最大，根据所要求的聚乙烯厚度，调整钢管送进速度，再根据钢管的速度调整泡沫的供料量。实践表明，泡沫液面太靠近机头，易造成泡沫罐进定径套及机头，泡沫液面离机头太远，易产生泡沫空洞，泡沫偏心大等。一般控制在距定径套 0.5 ~ 1.0m 比较合适。另外纠偏环的位置太靠前对控制偏心作用小，太靠后由于泡沫已固化，纠偏环不动，我们发现纠偏环位于泡沫液面后 50 ~ 100mm 纠偏效果好。

4.2.8 泡沫塑料原料发泡形成保温层后需要一定的固化时间，因此接头切割不宜过早，以免防腐保温层在钢管表面产生滑动现象。试验表明，一般当钢管接头位置离开复合机头 7m 时，保温层基本固化完全。此时切割接头比较适宜。

### 4.3 管中管成型工艺

4.3.1 单根防护层管比单根钢管长度要短，是为便于管子焊接及补口。本条中所定尺寸是由实践经验所得。

4.3.2~4.3.4 为保证防护层管与钢管同心而定。因管中管成型工艺中其厚度偏差必须先行确定。

4.3.5 本条为保证泡沫塑料质量而定，防止在生产过程中因空气排不出、泡沫液料倒流堵塞喷枪，至使生产中断或产生空洞等情况发生。

4.3.6 本条是为保证泡沫塑料质量而定的生产工艺之一，因喷枪空气压力低，泡沫液料混合不均匀，会影响产品质量或正常生产。

4.3.8 因为泡沫液面观察不清楚将无法正常生产，喷枪退出太快泡沫不易发满，喷枪退出太慢，影响泡沫发泡质量。

4.3.9 因泡沫液料经喷枪喷出后很快就会发泡、固化，如喷枪不及时抽出，喷枪会被泡沫堵塞，同时，喷枪不抽出，定心堵板就无法扣上，端头泡沫就不能充满，影响成品质量，泡沫塑料刚固化时，强度较低，固不能立即打开定心卡子，以免变形，影响质量。

### 4.4 防腐保温管端头处理

4.4.1 管端留头目的是为了焊接时不致烤坏防腐保温层，规定端面垂直主要是为了提高管端防水帽的施工质量。

4.4.2 用热缩防水帽进行密封防水经大庆油田应用证明质量可靠。

4.4.3 防水帽一般有一定的收缩比，因此防水帽与管径若不配套，易在防水帽中形成残余应力或密封不严，对聚乙烯表面打毛对防水帽控制加热温度，均是为了提高防水帽与防护层的粘结强度。

## 5 质量检验

### 5.1 生产过程质量检验

5.1.1 生产过程中为保证产品质量，在影响产品质量的重要工序，一般应建立自检记录及工序交接记录，以便分清质量责任，严把质量关。

5.1.2 本条为进一步保证除锈质量而定。

5.1.3 本条为进一步保证防腐层的厚度和涂覆质量而定。

5.1.4 本条所定防护层和保温层的厚度偏差是根据，“一次成型”和“管中管”成型的实际工艺要求制定的。

5.1.5 为保证产品的生产质量，必须将生产过程中存在的质量问题及时发现并解决，在作业线生产中，专设一人负责自检并做好本条的内容，事实证明这是保证和提高产品质量的好办法。

5.1.6 本条是为保证端头密封质量而对防水帽提出的施工质量要求。

### 5.2 产品出厂质量检验

5.2.1 规定此条主要是既监督产品质量，又考虑到试验周期的限制。

5.2.2 本条规定的质量检查内容与方法是参照丹麦技术标准(DS2180)和目前的生产实际情况而制订的。本条中空洞的规定主要是要求生产厂当空洞出现时，应及时调整作业线生产工艺参数，尽量避免空洞的出现。当出现个别空洞且超标不大的情况下，不建议破坏防护层对空洞进行修补，因为这样得不偿失。当空洞太多，与标准要求相差太多时，必须停止生产，设法解决后再恢复生产。

5.2.3 向用户提供产品质量保证资料，方便用户使用。

## 6 储存和运输

6.0.1 用钢丝绳吊装易损坏泡沫夹克层，加以规定十分必要。

6.0.2 本条制定的目的，是防止防腐保温管因场地不好而使防护

层、保温层及防腐层遭到破坏。当防腐保温管直接堆放在地上时，地上的铁块，碎石均易扎破防护层、保温层及防腐层。存收场地周围有积水，容易把场地泡软，造成堆放的防腐保温管倒塌，使防腐保温层遭到破坏。

防腐保温管存放室外时，为防止下雨天，雨水浸泡而需将管子离地面存放，管枕的宽度及数量条文中未作规定，主要考虑到各地条件不同，便于因地制宜就地取材，本条未规定采取何种措施，只要能保证底层防腐保温层不遭损坏即可。

6.0.3 本条制定的目的，是便于记录和清查，同时也便于堆放和拉运，防止拉运时来回倒管损坏防腐保温层，另外分批存放也有利于检查，出了问题也容易找出原因。

6.0.4 为防止防腐保温管堆得过高而使防腐保温层遭到破坏，故对堆放高度提出了具体要求，堆放高度指标是根据各防腐保温管厂的实践经验得出的，太高既容易倒塌，也不易堆放，同时又易使下层防腐保温层损坏；太低又太占面积，条文中规定的堆放高度，不论是地面堆放，还是用管枕堆放，其计算结果都是安全的。而且，目前各防腐保温管厂的堆放高度都在 2m 以下。因此，本条把 2m 作为堆放高度的上限。

6.0.5 本条制定的目的，是为方便防腐保温管的存放与取出，避免出差错。

6.0.6 因防腐保温层材料——泡沫塑料和聚乙烯塑料耐紫外线能力较差，如长期在阳光照射下，泡沫塑料和聚乙烯塑料会加速老化。覆盖篷布作用是防止日晒及雨水淋浇。另外泡沫塑料和聚乙烯塑料等材料都是易燃物，因此场地附近不应有火源和热源。

条文中特别强调了防腐保温管的存放期限，泡沫塑料和聚乙烯塑料都是有机高分子材料，这种材料会随着时间延长而逐渐老化。因此，对有机化工原料，生产厂家为保证其质量指标，都定有使用有效期，一般为 3 ~ 6 个月。超过这期限，生产厂家就不再保证其质量，泡沫塑料和聚乙烯塑料在大气中的老化速度是很快的，据广州老化研究所测试结果，绿颜色聚乙烯塑料在大气中曝晒半个月，其表面颜色就大大加深了。由此可见防腐保温管存放期不宜长，最好是现生产现使用。

条文中提出的存放期限指标，是根据各防腐保温管厂与应用经验而得出的。认为这一规定完全可满足供、需双方的实际需要。因此，本条将存放期限定为三个月。

6.0.7 本条制定的目的，是为了防止防腐保温管在存放期间管内进入砂子、碎石等杂物。防腐保温管在存放期如不加封堵，由于受气候、人为等因素影响，管内很容易进入碎石等杂物，这会增加清管的工作。

为此，本条作了这项规定。

6.0.8 制定本条的目的，是为防止防腐保温管在装运时人为损坏防腐保温层。防腐保温管装运时，人为损坏防腐保温层是时有发生。特别是在不按操作规程装卸，且防护层较差时，损坏率就更大，往往达 20%左右，严重的达到 50%，如大庆油田杏十三区某一油井施工中，由于装卸严重违反操作规程、硬甩硬砸，至使几十根防腐保温管无一完好。类似情况，辽河油田、胜利油田均反映时有发生，从车上卸下防腐保温管时，如不是逐根抬下，而是甩下，就不可能保证防腐保温层不损坏，这种人为的损坏，不仅耽误了施工工期，而且对国家财产也造成极大浪费。因此，为杜绝这种不应有的损坏而提出了本条。

6.0.9 因防腐保温层的机械强度较小，不能经受摔打、撞击，故本条规定防腐保温管在装卸时须轻拿轻放，目的就是避免碰撞，减少损坏。

## 7 补口及补伤

### 7.1 技术要求

7.1.1 鉴于防腐保温管补口是影响整个管道防腐保温层质量的薄弱环节，故提出本条。

7.1.2 由于利用喷(抛)射除锈可以提高防腐层与钢管表面的粘接力，故应大力提倡，但考虑到在补口处对钢管喷砂除锈，目前国内机具还不配套，比较难实现，因此在不得已的情况下，可以用钢丝刷除锈，并必须达到 St3 级要求。

7.1.3 此种结构在大庆油田经实用证明效果显著，虽然成本略有增加，但与整条管线投资及进水腐蚀造成的损失相比还是非常经济的。

7.1.4 本条提出了对防腐层的补口施工要求。目前，补口带产品的最高使用温度为 70 ~ 85℃，其中以 70℃ 为多。耐温越高，其成本也越高。鉴于目前集输油管线温度大多低于 70℃，以及目前补口带生产工艺的限制，从而规定了补口带用在介质温度低于 70℃ 场合。当介质温度高于 70℃ 时宜选用防腐涂料，这是因为目前防腐涂料多为环氧类或聚氨酯类，其耐温均在 100℃ 以上。本标准中规定的泡沫耐温范围为 100℃ 以下，因此应用一般防腐涂料即可满足要求。目前已出现了耐温达 150℃ 的聚氨酯泡沫材料，应用于稠油热采工程和采暖工程中，在这种情况下，应选用相应耐温等级的防腐涂料与之配套，如选用有机硅耐热涂料等。

规定补口带规格必须与管径相配套是为了防止在不配套时,补口带中形成残余应力或密封不严,影响补口质量。

规定钢管与防水帽必须干燥,无油污、泥土、铁锈等以及将防水帽打毛,主要是为了提高钢管及防水帽与补口带的粘接质量。

7.1.5 规定环境温度低于 5℃ 时对模具等加温是为了提高泡沫的发泡质量。

7.1.6 规定热收缩套的规格应与管径相配套,是因为若热收缩套收缩太大会在热收缩套内部造成很大的残余应力,收缩太小则密封不严,影响补口质量。

7.1.10 在野外用防腐涂料进行补口施工,因干燥时间慢,容易受风沙雨雪侵袭,影响防腐层质量,并延长工程工期,若用补口带进行施工则没有上述问题。

## 7.2 质量检验

7.2.1 补口质量的检验把关对提高防腐保温管补口质量很重要,因此,必须逐个进行外观检查,检查合格后作出标记的目的是为了便于出现质量问题后追查、落实责任,提高施工人员和质量检验人员的责任心。

7.2.2 对补口处进行破坏性检查虽然增加了一些成本,增添了检验难度,但与整个管道的成本和重要性相比是非常值得的。虽然抽查的数量很少,但如能认真实行就能够较实际地检验施工人员的补口技术水平及质量情况,从而较好地避免目前管道补口在实际操作得不到应有重视的情况。

## 8 竣工资料

8.0.1 在本条文中规定的提交资料中,不包括原材料合格证及试验报告、防腐层性能测试报告等,这主要是考虑到这些资料较多,易混淆,防腐保温管厂可以将这些资料存档备查,只给用户出具产品合格证即可,但是合格证的内容必须按本标准第 5.2.3 条的内容填写清楚。

### 附录 A 保温层经济厚度计算公式

本计算公式是参照《炼油厂设备和管线隔热设计技术规定》隔热层厚度计算公式制定,适用于埋地钢质管道计算保温层厚度之用,原公式是计算地上钢质管道保温层厚度,现把不同之处说明如下:

(1) 原公式采用的是老式单位制，根据国务院文件国发[1984]28号《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，本标准一律采用法定计量单位。这样，公式中的单位名称及换算系数也得改变。

(2) 关于保温层厚度，本标准计算公式中的保温层厚度是指防腐层、保温层和防护层的厚度之和。因计算时防腐层和防护层的影响因素未排除，算出的厚度值偏小，但考虑到防腐层和防护层对整体保温性能影响很小，计算也较麻烦，为了计算方便，本公式对防腐层和防护层的影响因素不考虑在内。

(3) 关于土壤导热系数，它不仅与土质有关，而且还与土壤干湿度有关，见表 A-1。

部分土壤的导热系数

表 A-1

土壤状态	干燥		潮湿				地下水位以下			
	土	砾石	土	粘土	砂质粘土	砂子	土	粘土	砂质粘土	砂子
(W/m · )	0.17	0.23	2.09	1.40	1.40	1.74	1.40	1.86	1.86	2.33

另外，土壤分布状况也很复杂，一条管线往往要经过多种土质，特别是长输管道要经过的土质更为复杂。因此，要测准管线沿经的土壤导热系数是一项较为困难的事。在实际应用中也无法搞得很精确。故此，在一般设计中，如无实际资料，土壤导热系数值可取 1.74W/m · 。

(4) 关于热能价格，此值随着国家能源价格的变化而变化。因此，在应用中要考虑到若干年内能源价格的变化规律。

(5) 防腐保温层单位造价，是指保温层和防护层两项造价之和。这两项造价比不用防护层时造价要高出 50% 以上，但随着管径的增大，造价比值逐渐降低，见表 A-2。

从表中数据可看出，当防护层价格较贵时，这项造价是不容忽略的，只有在防护价格较便宜时，为方便计算，可不计防护层价格。

(6) (A.0.1-2)公式是适用于  $\frac{h}{D_1} > 3$  的情况下，如  $\frac{h}{D_1} < 3$ ，则可用下述公式(A-1)计算。

$$\alpha = \frac{2\lambda_{\tau}}{D_1 \ln \left[ \frac{2h}{D_1} + \sqrt{\left( \frac{2h}{D_1} \right)^2 - 1} \right]} \quad (\text{A} - 1)$$

不同管径保温结构造价对比 表 A-2

管径 (mm)	单层保温造价 (元/m)	复合结构保温造价 (元/m)	增大比值 (%)
60	7.63	12.61	65.2
76	8.99	14.71	63.6
89	10.09	16.36	62.1
114	12.21	19.55	60.1
159	16.02	25.29	57.8
377	34.5	53.07	53.8

注：保温层结构厚度以 30mm 计。  
复合结构指聚乙烯保护层结构，聚乙烯层厚度以 2mm

计。

保温层价格以 900 元/m<sup>3</sup> 计。

保护层价格以 15 元/m<sup>2</sup> 计。

### 附录 B 泡沫塑料吸水率试验方法

本方法是参照美国 ASTM D2842 《硬质多孔塑料吸水率》标准试验方法和国内大庆测试方法及原石油工业部施工技术研究所的测试方法制定的。试件处理和测试条件按 ASTM 要求做，其他按国内方法做。原因是目前国内没有晶格切片机，不能计算试样表面晶格体积，因而不能采用水中称量。另外，这种类型的天平，据调查目前国内也没有，等引进仪器或自己制造后，再作修改。

### 附录 C QTM-D2 快速导热系数测定仪操作方法

QTM-D2 快速导热系数测定仪是由日本昭和电工株式会社精密机器部制造，仪器配有微处理机，测量范围为 0.02 ~ 11.6W/m · 。

QTM-D2 快速导热系数测定仪测试时间短，测量精度高，试样不需作预处理，它同国内现有导热系数测定仪相比，有下列好处：

(1)测试时间大大缩短。国内仪器测试一个试样需 1h 以上，而 QTM-D2 只需 4min 左右。

(2)测量精度高。国内仪器是通过传热法来计算导热系数，这样仪器本身的热扩散误差是无法避免的，而 QTM-D2 是采用瞬时测试法，不存在热扩散误差。

(3)QTM-D2 可用于现场测试。

由于 QTM-D2 快速导热系数测定仪有上述优点，因而用作测定泡沫塑料导热系数的专用仪器。

本操作方法，是从该仪器操作说明书上摘录，内容简单，容易掌握。若要详细了解仪器性能及维修保养方法，看 QTM-D2 快速导热系数测定仪操作说明书，不加叙述。

## 附录 D 泡沫塑料耐热性试验方法

本方法参照美国 ASTM C447-76《测定预制均质绝热材料的最高使用温度的实验方法》标准制定。ASTM C447 方法是从测定试件受热后的尺寸、重量、抗压强度、脆性和导热系数的变化，以及伴随而引起的冒烟、碳化、颜色变化和气味等现象，来综合判断材料使用的可行性。这种方法能充分反映出材料耐热后的各种性能变化，有利于合理选材。

## 附录 E 泡沫塑料性能试验试件制作

本附录是参照“大庆暂行规定”和“上塑六厂方法”制定的，同时根据部分生产厂家及应用单位的意见，对其内容作了适当修改。其目的是使取样，样品处理和样品制作在统一要求下进行、以便使得到的数据有可比性。