

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50538-2010

埋地钢质管道防腐保温层技术规范

Technical standard for anti-corrosion and insulation
coatings of buried steel pipeline

2010-11-03 发布

2011-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督 检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

埋地钢质管道防腐保温层技术规范

Technical standard for anti-corrosion and insulation
coatings of buried steel pipeline

GB/T 50538-2010

主编部门：中国石油天然气集团公司

批准部门：中华人民共和国建设部

实施日期：2011年12月1日

中国计划出版社
2010 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告
第 817 号

关于发布国家标准《埋地钢质管道防腐保温层技术标准》的公告

现批准《埋地钢质管道防腐保温层技术标准》为国家标准，编号为 GB/T50538-2010，自 2011 年 12 月 1 日起实施。

本标准由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
二〇一〇年十一月三日

前言

本标准是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准规范制订、修订计划（第二批）〉的通知》（建标[2007]126 号）的要求，由大庆油田工程有限公司会同有关单位共同编制完成的。

本标准在编制过程中，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本标准共分 9 章和 7 个附录，主要技术内容包括：总则，术语，防腐保温层结构，材料，防腐保温管道预制，质量检验，标识，储存与运输，补口及补伤，安全，卫生及环境保护等。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理，大庆油田工程有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，注意积累资料，如发现本规范有需要修改和补充之处，请将意见和建议寄到大庆油田工程有限公司（地址：黑龙江省大庆市让胡路区西康路 6 号，邮编：163712）。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：大庆油田工程有限公司

参编单位：大庆油田建设集团建材公司防腐管道厂

中国石油集团工程技术研究院

主要起草人：曲良山 郜玉新 曹靖斌 张其滨 卢绮敏 杜树彬
黄桂柏

主要审查人：李 勃 周抗冰 廖宇平 贾丽华 陈守平 黄春蓉
李建忠 孙芳萍 窦宏强 王健健 薛致远

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 防腐保温层结构	3
4 材 料	5
4.1 一般规定	5
4.2 防腐层材料	5
4.3 辐射交联热缩材料	6
4.4 保温材料	8
4.5 防护层材料	9
5 防腐保温管道预制	12
5.1 生产准备	12
5.2 钢管表面预处理	12
5.3 防腐层涂覆	12
5.4 “一步法”成型工艺	13
5.5 “管中管”成型工艺	13
5.6 端面处理工艺	13
6 质量检验	15
6.1 生产过程质量检验	15
6.2 产品出厂质量检验	16
7 标识、储存与运输	17
8 补口及补伤	18
8.1 技术要求	18
8.2 现场质量检验	19
9 安全、卫生及环境保护	20
10 竣工文件	21
附录 A 保温层经济厚度计算公式	22
附录 B 泡沫塑料吸水率试验方法	24
附录 C 导热系数测定方法	26
附录 D 泡沫塑料耐热性试验方法	32
附录 E 泡沫塑料性能试验试件制作	33
附录 F 老化试验	34
标准用词说明	36
引用标准名录	37
条文说明	39

Contents

1. GENERALS	1
2. TERMS.....	2
3. STRUCTURE OF ANTI-CORROSION AND INSULATION COATINGS.....	3
4. MATERIALS	5
4.1 GENERAL PROVISION.....	5
4.2 COATING MATERIALS.....	5
4.3 RADIATION CROSSLINKED POLYETHYLENE HEAT SKRINKABLE MATERIALS.....	6
4.4 HEAT INSULATION MATERIALS.....	8
4.5 CLADDING MATERIALS	9
5. PREFABRICATION OF ANTI-CORROSIVE AND INSULATIVE PIPES	12
5.1 PREPARATION.....	12
5.2 EXTERNAL SURFACE TREATMENT OF STEEL PIPE	12
5.3 ANTI-CORROSIVE COATING.....	12
5.4 "ONE-STEP" MOLDING PROCESS	13
5.5 "PIPE-IN-PIPE" MOLDING PROCESS	13
5.6 TREATMENT PROCESS OF END-FACE OF PIPE	13
6. QUALITY INSPECTION	15
6.1 QUALITY INSPECTION OF PRODUCTION PROCESS.....	15
6.2 QUALITY INSPECTION OF FINISHED PRODUCTS	16
7. MARKS, STORAGE AND TRANSPORTATION.....	18
8. WELDED JOINTS TREATMENT AND COATING REPAIRATION	19
8.1 TECHNICAL REQUIREMENTS.....	19
8.2 ON-SITE QUALITY INSPECTION.....	20
9. HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION.....	21
10. COMPLETION DOCUMENTS.....	22
APPENDIX A FORMULA FOR ECONOMIC THICKNESS OF THE INSULATION COATING.....	23
APPENDIX B TESTING METHOD FOR WATER-ABSORPTIVITY OF FOAM	25
APPENDIX C DETERMINATION OF THERMAL CONDUCTIVITY	27
APPENDIX D TESTING METHOD FOR HEAT-RESISTANCE OF FOAM.....	33
APPENDIX E FABRICATION OF FOAM TEST EXAMPLE.....	34
APPENDIX F AGING TEST.....	35
EXPLANATION OF WORDING.....	37
NORMATIVE REFERENCES	38
ATTACHED: CHARACTERISTICS OF THE STANDARD.....	40

1 总则

- 1.0.1 为保证埋地钢质管道防腐保温层的质量，延长使用寿命，提高经济效益，特制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于输送介质温度不超过 120℃ 的埋地钢质管道外壁防腐层与保温层的设计、预制及施工验收。
- 1.0.3 埋地钢质管道防腐保温层在设计、预制、施工及验收中除应符合本规范外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 防腐层 anti-corrosive coating

指环氧类涂料、聚乙烯胶粘带、聚乙烯防腐层或环氧粉末防腐层。

2.0.2 保温层 insulation layer

指各种聚氨酯泡沫塑料层。

2.0.3 防护层 protective layer

指采用聚乙烯专用料形成的聚乙烯层或玻璃钢层；

2.0.3 防水层 water proof cap

指辐射交联热收缩防水帽。

3 防腐保温层结构

3.0.1 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应由防腐层——保温层——防护层——端面防水帽组成，其结构如图 3.0.1-1 所示；输送介质温度不超过 120℃ 的埋地钢质管道泡沫塑料防腐保温层宜采用图 3.0.1-1 所示的结构，经设计选定也可采用图 3.0.1-2 所示的结构，但宜增加报警预警系统。

防腐层——指环氧类涂料、聚乙烯胶粘带、聚乙烯防腐层或环氧粉末防腐层；

保温层——指各种聚氨酯泡沫塑料层；

防护层——指采用聚乙烯专用料形成的聚乙烯层或玻璃钢层；

防水帽——指辐射交联热收缩防水帽。

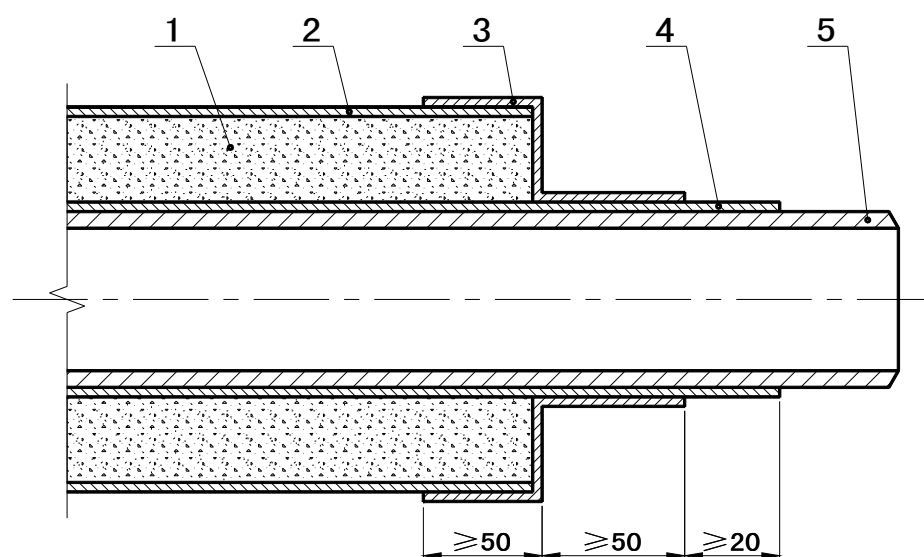


图 3.0.1-1 输送介质温度不超过 100℃ 的保温管道结构图
1——保温层； 2——防护层； 3——防水帽； 4——防腐层； 5——管道

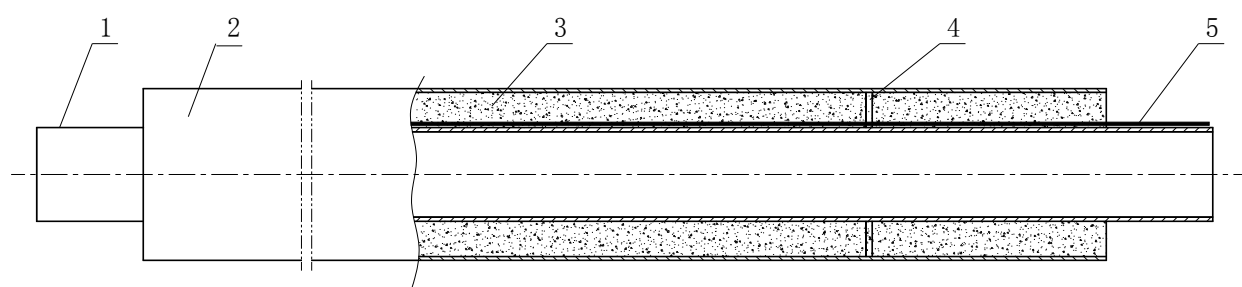


图 3.0.1-2 输送介质温度不超过 120℃ 的保温管道结构图
1——钢管； 2——防护层； 3——耐高温聚氨酯泡沫塑料层； 4——

支架； 5 ——报警线

3.0.2 防腐层可选用环氧类涂料、聚乙烯胶粘带、聚乙烯防腐层或环氧粉末防腐层，由设计选定。当采用环氧类涂料时，其厚度不应小于 80 μm 。当采用聚乙烯胶粘带、聚乙烯防腐层或环氧粉末防腐层时，其结构及厚度应符合相应技术标准规范的规定。

3.0.3 保温层应选用聚氨酯泡沫塑料，其厚度应根据经济厚度算法（见附录 A），并结合输送工艺要求确定，其厚度不应小于 25mm。

3.0.4 防护层可选用聚乙烯专用料或玻璃钢层，防护层厚度应根据管径及施工工艺确定，其厚度应不小于 1.4mm，并应符合本规范相关条款的规定。

3.0.5 防腐保温层端面应采用辐射交联热收缩防水帽。防水帽与防护层、防水帽与防腐层的搭接长度应不小于 50mm。

3.0.6 管件的防腐保温结构宜与主管道一致，其防腐保温层质量应不低于主管道的要求。

4 材 料

4.1 一般规定

- 4.1.1 钢管的性能、尺寸及偏差应符合相应标准和订货条件的规定，并有出厂合格证和材质化验单。
- 4.1.2 防腐材料、保温层原料和防护层材料应有产品质量证明书、检验报告、使用说明书、出厂合格证、生产日期及有效期。
- 4.1.3 防腐材料、桶装保温原料和防护层材料包装均应完好，并按供货厂家说明书的要求存放。
- 4.1.4 防腐材料、桶装保温原料和防护层材料在使用前，均应由通过国家计量认证的质量检验机构，按本规范的相关规定进行复检，合格后方可使用。

4.2 防腐层材料

- 4.2.1 防腐层采用环氧类涂料时，应由设计根据输送介质温度及生产工艺确定其技术要求。当采用快干型环氧涂料时，其性能应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 快干型环氧涂料防腐层性能指标

序号	项 目		指 标	试验方法
1	干燥时间 (25℃)	表 干 (min)	≤ 20	GB/T 1728
		实 干 (min)	≤ 120	
2	固含量 (%)		≥ 65	GB/T 1725
3	附着力 (级)		1~2	GB/T 1720
4	柔韧性 (mm)		1	GB/T 1731
5	耐 10%HC1 溶液 (80℃) (漆膜厚 200 μm)		300h 无变化	GB 9274
6	耐 10%NaOH 溶液 (80℃) (漆膜厚 200 μm)		300h 无变化	GB 9274
7	耐 3%NaCl 溶液 (80℃) (漆膜厚 200 μm)		300h 无变化	GB 9274

- 4.2.2 防腐材料采用聚乙烯胶粘带时，应符合现行行业标准《钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准》(SY/T 0414-2007) 的规定。
- 4.2.3 防腐层采用聚乙烯防腐层时，应符合现行行业标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》(SY/T 0413-2002) 的规定。
- 4.2.4 防腐材料采用环氧粉末时，应符合现行行业标准《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》(SY/T 0315-2005) 的规定。

4.2.5 环氧类液体涂料应按照表 4.2.5 规定的比例进行抽查。并按照设计确定的技术要求进行复检。

表 4.2.5 环氧类液体涂料抽查比例

总桶数	1	2~10	11~30	31~60	61~130	131~300	301~600
抽查桶数	1	2	3	4	5	6	10

4.2.6 每一批聚乙烯专用料、胶粘剂应按现行行业标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》(SY/T 0413-2002) 的规定进行复检。

4.2.7 每一批环氧粉末原料, 应按照现行行业标准《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》(SY/T 0315-2005) 的规定进行复检。

4.2.8 每一批聚乙烯胶粘带材料, 应按照现行行业标准《钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准》(SY/T 0414-2007) 的规定进行复检。

4.3 辐射交联热缩材料

4.3.1 辐射交联热缩材料由基材和底胶两部分组成。基材为辐射交联聚乙烯材料, 底胶为热熔胶。辐射交联热缩材料的热缩比(收缩后: 收缩前) 应小于 0.45。

4.3.2 辐射交联热缩材料应按管径选用配套的规格。基材和胶的性能指标应符合表 4.3.2-1 的规定; 配套底漆的性能指标应符合表 4.3.2-2 的规定。

表 4.3.2-1 辐射交联热缩材料的性能指标¹

序号	项 目	性 能 指 标	试验方法
基材			
1	拉伸强度 MPa	≥ 17	GB/T 1040.2
2	断裂伸长率 %	≥ 400	GB/T 1040.2
3	维卡软化点 ℃	≥ 90	GB/T 1633
4	脆化温度 ℃	≤ -65	GB/T 5470
5	电气强度 MV/m	≥ 25	GB/T 1408.1
6	体积电阻率 $\Omega \cdot m$	$\geq 1 \times 10^{13}$	GB/T 1410
7	耐环境应力开裂 (F50) h	≥ 1000	GB/T 1842
8	耐化学介质腐蚀 (浸泡 7d) % ²		SY/T 0413-2002 附

	10%HCl 10%NaOH 10%NaCl	≥ 85 ≥ 85 ≥ 85	录 D
9	耐热老化 (150℃, 21d) 拉伸强度 MPa 断裂伸长率 %	≥ 14 ≥ 300	GB/T 1040.2 GB/T 1040.2
10	冲击强度(J/mm)	≥ 8	SY/T 0413-2002 附录 H
胶			
1	胶软化点 (环球法) ℃ 最高设计温度为 70℃时	≥ 110	GB/T 4507
2	搭接剪切强度 (23℃) MPa	≥ 1.0	GB/T 7124 ³
3	搭接剪切强度 (50℃或 70℃) ¹ MPa	≥ 0.05	GB/T 7124 ³
4	脆化温度 ℃	≤ -15	SY/T 0413-2002 附录 K
5	剥离强度 N/cm 收缩带 (套) /钢 (23℃) (50℃或 70℃) ¹ 收缩带 (套) /环氧底漆钢 (23℃) (50℃或 70℃) ¹ 收缩带 (套) /聚乙烯层 (23℃) (50℃ 或 70℃) ¹	内聚破坏 ≥ 70 ≥ 10 ≥ 70 ≥ 10 ≥ 70 ≥ 10	GB/T 2792

注：1、除热冲击外，基材性能需经过 200℃±5℃，5min. 自由收缩后进行测定。

2、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、拉伸速度为 10mm/min。

表 4.3.2-2 辐射交联热缩材料配套底漆的性能指标

序号	项 目	性 能 指 标	试验方法
1	剪切强度 MPa	≥ 5.0	GB/T 7124 ¹
2	阴极剥离 (65℃, 48h) mm	≤ 10	SY/T 0413-2002 附录 G

注：1、拉伸速度为 2mm/min。

4.3.3 辐射交联聚乙烯材料厚度应符合表 4.3.3 的要求。

表 4.3.3 辐射交联聚乙烯材料厚度 (mm)

序号	适用管径 (DN)	基材厚度	底胶厚度
1	≤ 400	≥ 1.2	≥ 1.0
2	> 400	≥ 1.5	

4.3.4 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，检测结果应符合表 4.3.2-1 的要求。

4.4 保温材料

4.4.1 用于输送介质温度不超过 100℃的埋地钢质管道的泡沫塑料由多异氰酸酯、组合聚醚组成，其中发泡剂应为无氟发泡剂。

4.4.2 多异氰酸酯的性能应符合表 4.4.2-1 的规定，组合聚醚的性能应符合表 4.4.2-2 的规定，聚氨酯泡沫塑料的性能应符合表 4.4.2-3 的规定。

表 4.4.2-1 多异氰酸酯性能指标

—NCO (%)	酸值 (mgKOH/g)	水解氯含量 (%)	粘度 (Pa·s) (25℃)	试验方法
29~32	< 0.3	< 0.5	< 0.25	GB/T 12009.1~12009.4

表 4.4.2-2 组合聚醚性能指标

羟值 (mgKOH/g)	酸值 (mgKOH/g)	水分 (%)	粘度 mPa·s	试验方法
470~510	< 0.1	< 0.1	2500~5000	GB/T 12008.1~12008.6

表 4.4.2-3 聚氨酯泡沫塑料性能指标

项目	指标	试验方法
----	----	------

表观密度 (kg/m ³)		40~70	GB/T 6343
抗压强度 (MPa)		≥0.2	GB/T 8813
吸水率 (g/cm ³)		≤0.03	附录 B
导热系数 (W/m·K)		≤0.03	附录 C
耐热性	尺寸变化率 (%)	≤3	附录 D
	重量变化率 (%)	≤2	附录 D
	强度变化率 (%)	≥5	附录 D

注：1 耐热性试验条件为 100℃，96h。2 泡沫塑料试件制作见附录 E。

4.4.3 用于输送介质温度在 100℃~120℃之间的埋地管道保温层的泡沫塑料由多异氰酸酯、耐高温组合聚醚组成，其中的发泡剂应采用无氟发泡剂。

4.4.4 耐高温组合聚醚性能指标应满足表 4.4.4-1 的规定，多异氰酸酯检验应符合 4.4.2-1 的规定，耐高温聚氨酯泡沫塑料性能指标应符合表 4.4.4-2 的规定。

表 4.4.4-1 耐高温组合聚醚性能指标

粘度 Pa·s	羟值 (mg, KOH/g)	酸值 (mg, KOH/g)	水分 (%)	试验方法
<5	470~700	<0.1	<0.1	GB/T 12008.1~ 12008.6

表 4.4.4-2 耐高温聚氨酯泡沫塑料性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	表观密度 (kg/m ³)		60~120	GB/T 6343
2	抗压强度 (MPa)		≥0.3	GB/T 8813
3	吸水率 (常压沸水中浸泡, 90min) (%)		≤10	CJ/T 114-2000
4	导热系数 (50℃) (W/m·K)		≤0.033	附录 C
5	泡沫闭孔率 (%)		≥88	GB/T 10799
6	耐热性	尺寸变化率 (%)	≤3	附录 D
		重量变化率 (%)	≤2	附录 D
		强度变化率 (%)	≥5	附录 D

注：1 耐热性试验条件为 120℃，96h。

2 泡沫塑料试件制作见附录 E。

4.4.5 桶装聚氨酯泡沫原料应参照表 3.2.5 的规定比例抽检。组合聚醚进厂时每批应至少抽检 1 桶，测试反应的乳白时间、拔丝时间和固化时间，并满足工艺要求。

4.5 防护层材料

3.5.1 用于“一步法”工艺的聚乙烯专用料是以聚乙烯为主料，加入一定量的染料、抗氧剂、紫外线稳定剂等加工而成的。聚乙烯专用料及压制片材的性能应符合表 3.5.1-1 的规定。防护层的性能指标应符合表 3.5.1-2 的规定。

表 3.5.1-1 聚乙烯原料及压制片的性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	密度 (g/cm ³)		≥0.930	GB/T 4472
2	熔体流动速率 (负荷 5kg) (g/10min)		≥0.7	GB/T 3682
3	拉伸强度 (MPa)		≥20	GB/T 1040.2
4	断裂伸长率 (%)		≥600	GB/T 1040.2
5	维卡软化点 (°C)		≥90	GB/T 1633
6	脆化温度 (°C)		<-65	GB/T 5470
7	耐环境开裂时间 (F50) (h)		>1000	GB/T 1842
8	耐击穿电压强度 (MV/m)		>25	GB/T 1408.1
9	体积电阻率 (Ω·m)		>1×10 ¹⁴	GB/T 1410
10	耐化学介质腐蚀 (浸泡 7d) (%)	10%HCl 溶液	≥85	SY/T 0413-2002 附录 D
		10%NaOH 溶液	≥85	
		10%NaCl 溶液	≥85	
11	耐热老化 (100°C, 4800h) (%)		≤35	GB/T 3682
12	耐紫外光老化 (336h) (%)		≥80	SY/T 0413-2002 附录 E

注： 1 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。

2 耐热老化指标为试验前后的熔融流动速率偏差。

3 对聚乙烯原料，不要求本表 11、12 项性能。

表 3.5.1-2 “一步法”工艺的聚乙烯防护层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	拉伸强度	轴向强度 (MPa)	≥20	GB/T 1040.2
		径向强度 (MPa)	≥20	GB/T 1040.2
		偏差 (%)	<15	——
2	断裂伸长率 (%)		≥600	GB/T 1040.2

3	耐环境应力开裂 (F50) (h)	≥ 1000	GB/T 1842
4	压痕硬度 (mm) 23±2℃ 50±2℃	≤ 0.2 ≤ 0.3	SY/T 0413-2002 附录 F

注：拉伸强度偏差为轴向与径向拉伸强度的差值与两者中较低者之比。

3.5.2 用于“管中管”工艺的聚乙烯专用料是以聚乙烯为主料，加入一定量的抗氧剂、紫外线稳定剂、碳黑（黑色母料）等助剂加工而成的。其性能指标应符合表 3.5.2 的规定。

表 3.5.2 “管中管”工艺的聚乙烯防护层性能指标

序号	项目	指标	试验方法
	外观	黑色，无气泡、裂纹、凹陷、杂质、颜色不均	目视
1	密度 (g/cm ³)	≥ 0.94	GB/T 6343
2	碳黑含量 (质量百分比) (%)	2.5 ± 0.5	GB/T 13021
3	拉伸强度 (MPa)	≥ 19	GB/T 8804.3
4	断裂伸长率 (%)	≥ 350	GB/T 8804.3
5	纵向回缩率 (%)	< 3	GB/T 6671
6	长期机械性能 (4 MPa, 80℃) (h)	≥ 1500	CJ/T 114-2000

3.5.3 采用玻璃钢做防护层时，其性能应符合表 3.5.3 的规定。

表 3.5.3 玻璃钢防护层性能指标

序号	项目	指标	试验方法
1	外观	光滑、平整、色泽一致	目视
2	拉伸强度 (MPa)	≥ 150	GB/T 1447
3	弯曲强度 (MPa)	≥ 50	GB/T 1449
4	冲击韧性 (KJ/m ²)	≥ 130	GB/T 1451
5	渗水率 (0.05 MPa, 水中 1h)	无渗透	GB/T 5351
6	表面硬度 (巴氏)	≥ 40	GB/T 3854

5 防腐保温管道预制

5.1 生产准备

5.1.1 材料应符合下列规定：

1 钢管弯曲度应不大于钢管长度的 0.2%，最大不应超过 20mm，椭圆度应不大于外径的 0.2%，长度不宜小于 6.5m。

2 保温材料在生产使用前，应进行发泡试验确定材料的工艺参数，验证材料的适应性。

3 聚乙烯专用料必须烘干后方可使用。

4 采用“管中管”成型工艺生产保温管前，应预先生产聚乙烯防护管或玻璃钢防护管。

5.1.2 设备应符合下列规定：

1 应根据管径大小和成型工艺调整乳白时间、拔丝时间和固化时间等工艺参数，选用不同规格的发泡工装。

2 采用“一步法”生产工艺时，应调整钢管、机头、送进机等生产线设备同轴度和高度，检验挤出机、纠偏机和高（低）压发泡机等关键设备是否处于稳定运行状态。

5.1.3 露天作业时，钢管表面温度应高于露点温度 3℃ 以上，施工环境相对湿度应低于 80%，雨、雪、雾、风沙等气候条件下应停止施工。

5.2 钢管表面预处理

5.2.1 钢管表面预处理前，应采用机械或化学方法清除钢管表面的灰尘、油脂和污垢等附着物。

5.2.2 预处理方法应采用喷（抛）射除锈，质量应达到现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB/T 8923）规定的 Sa2½ 级，或达到相应防腐层标准中规定的除锈等级和锚纹深度要求。钢管表面的焊渣、毛刺等应清除干净。

5.2.3 钢管表面预处理后，应清除附着的灰尘，防止表面受潮、生锈或二次污染，并应在 4h 内进行表面涂敷或包覆。

5.3 防腐层涂覆

5.3.1 防腐层采用环氧类液体涂料时，可采用喷涂、刷涂或其它适当方法施工。防腐层应均匀，不得漏涂，不得小于设计厚度。防腐层实干后进行保温层包覆。

5.3.2 防腐层采用聚乙烯胶粘带、聚乙烯防腐层、环氧粉末防腐层时，应按照相应防腐层技术标准规范的要求进行涂敷施工。

5.4 “一步法”成型工艺

- 5.4.1 成型时控制挤出机各段加热温度，从加料段到挤出段保持温度呈梯度上升，挤出温度宜为 $205\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。
- 5.4.2 钢管中心、挤出机机头中心及纠偏环中心应根据钢管直径控制作业线，保持在同一条水平线上。
- 5.4.3 测定比例泵输送的多异氰酸酯与组合聚醚比例时，多异氰酸酯和组合聚醚的配合比应符合所用材料的工艺要求。
- 5.4.4 泡沫塑料发泡前，应采用适当方法将钢管外表面加热到 $30\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，并应把组合聚醚和多异氰酸酯预热到规定温度，组合聚醚应连续搅拌。
- 5.4.5 泡沫塑料原料可用喷枪连续混合，喷枪空气压力应不低于 0.5MPa 。
- 5.4.6 钢管的送进速度及泡沫料流量应根据聚乙烯层厚度确定；发泡液面距定径套宜为 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ ，并应保持稳定；纠偏环应处于泡沫开始固化位置，并应位于泡沫液面后 $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 。

5.5 “管中管”成型工艺

- 5.5.1 根据用户要求或设计选定的泡沫保温层时，其成型工艺可采用常压发泡或高压发泡。当输送介质温度在 $100^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间时，其发泡方式应由所用材料的工艺要求进行确定。
- 5.5.2 经预处理后的钢管，应在外表面等距离放置定位架、报警线（由用户或设计选用），并应用专用设备将钢管穿入外护管中，外护管宜比钢管短 $300\text{mm}\sim 440\text{mm}$ 。
- 5.5.3 固定外护管，封闭环形端面，钢管两端宜留出 $150\text{mm}\sim 220\text{mm}$ 。
- 5.5.4 启动发泡机，按照预先设定时间，在环形空间内注入泡沫料。多异氰酸酯与耐高温组合聚醚比例应符合所用材料的工艺要求。
- 5.5.5 高压发泡时，可采用中央开孔注料或端面倾斜注料两种方式，应待泡沫完全固化后，再打开卡具和法兰、清理端面。
- 5.5.6 若设有报警线，应进行报警线电连接性能检测，报警线与报警线、报警线与钢管之间应无短路及断路现象，其电阻率应满足设计要求。

5.6 端面处理工艺

- 5.6.1 “一次成型”工艺生产的保温管端部可采取二次切头，最终留头长度宜为 $150\text{mm}\pm 10\text{mm}$ ；输送介质温度在 $100^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间的防腐保温结构，其最终留头长度宜为 $150\text{mm}\sim 220\text{mm}$ 。
- 5.6.2 切头后应切齐并清理端面，并应打毛防水帽搭接部位，用火焰加热器对防水帽加热，按照首先加热钢管外表面，然后加热防水帽端面，最后加热保温管外表面的顺序，使热熔胶均匀溢出，应确保防水帽与防护层及防腐层粘接牢固，再自然冷却到常温。加装防水帽时应采用适当措施保护底层防腐层和保温管的防护层。

5.6.3 采用玻璃钢做防护层时，端面可采用手工粘糊玻璃钢层工艺做防水层。

6 质量检验

6.1 生产过程质量检验

6.1.1 表面预处理质量检验：钢管应逐根检查，与现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB/T 8923）中相应的标准照片进行目视比对，除锈等级达到相关标准及规定的要求，每班次测量两根钢管锚纹深度，采用粗糙度仪或锚纹深度测定仪测定，应达到相应防腐层的规定要求。

6.1.2 防腐层涂覆过程的质量检验应按现行国家有关防腐层的标准规范执行。

6.1.3 防腐层外观应采用目测法逐根检查。防腐层外观质量和厚度应达到相应标准技术要求，并满足设计要求。

6.1.4 保温层外观采用目测逐根检查，保温层应无收缩、发酥、开裂、烧心等缺陷，不应有明显的空洞。

6.1.5 输送介质温度在 100℃ 以下保温层任一截面轴线与钢管轴线间的偏心距及防护层最小厚度应符合表 6.1.5-1 的规定；输送介质温度在 100℃~120℃ 之间的钢管保温结构，其防护管的外径和壁厚偏差应符合表 6.1.5-2。

表 6.1.5-1 输送介质温度在 100℃ 以下保温层及防护层偏差（mm）

成型工艺	钢管直径	偏心距	防护层最小厚度
“一步法”	φ 48~ φ 114	±3	≥1.4
	φ 159~ φ 377	±5	≥1.6
	> φ 377		≥1.8
“管中管”	≤ φ 159	±3	≥2.0
	φ 168~ φ 245	±4	≥3.0
	φ 273~ φ 377		≥4.0
	≥ φ 426	±5	≥4.5

表 6.1.5-2 输送介质温度在 100℃~120℃ 之间的防护管外径和壁厚偏差（mm）

外 径	110	125	140	160	200	225	250	280	315	355	365
最小壁厚	2.5		3.0		3.2	3.5	3.9	4.4	4.9	5.6	
外 径	400	420	450	500	550	560	630	655	710	760	850
最小壁厚	6.	7.0		7.8	8.8		9.8		11.1		12

	3						
外 径	95 0	955	99 5	104 5	115 5	120 0	—
最小壁厚	12	13	12	13	14	14	—
注:1 可以按用户要求, 使用其它规格外护管, 其最小壁厚应按本表由内插法确定。							

6.1.6 输送介质温度在 100℃~120℃之间的保温管老化性能检测应符合表 6.1.6 的要求。

表 6.1.6 耐温聚氨酯泡沫塑料的老化性能检测指标

测试温度, °C	最小轴向剪切强度, MPa	试验方法
23±2	0.12	附录 F
140±2	0.08	

6.1.7 逐根检查防水帽的施工质量, 外观应无烤焦、鼓包、皱折、翘边, 两端搭接处应有少量胶均匀溢出。

6.1.8 保温层内有空洞缺陷时, 允许在防护层上打孔, 采用二次灌注发泡方式填充, 聚乙烯防护层上的工艺开孔可采用电熔焊接法封闭。

6.2 产品出厂质量检验

6.2.1 采用“一步法”时, 每连续生产 5km 产品应抽查一根, 不足 5km 时也应抽查一根; 采用“管中管”工艺时, 同一原料、同一配方, 同一工艺生产的同一规格保温管为一批, 每 5km 应至少抽检一根, 不足 5km 时也至少抽查一根。检查防护层和保温层性能, 若抽查不合格, 应加倍检查, 仍不合格, 则全批为不合格。

6.2.2 “一步法”的防护层应测试其密度、拉伸强度、断裂伸长率及维卡软化点四项指标, 其性能应符合表 3.5.1 的规定。“管中管”工艺采用的防护管应测试其密度、拉伸强度、断裂伸长率和回缩率四项指标, 其性能应符合表 3.5.3 的规定。

6.2.3 保温层应测试其表观密度、吸水率、抗压强度和导热系数四项指标, “一步法”工艺生产的产品应符合表 3.4.2-3 的规定, “管中管”工艺生产的产品应符合表 3.4.4-2 的规定。

6.2.4 当有下列情况之一时, 应进行型式检验:

- 1 新产品的试制、定型、鉴定或老产品转厂生产时;
- 2 正式生产后, 如结构、材料、工艺等有较大改变, 可能影响产品性能时;
- 3 产品停产一年, 恢复生产时;
- 4 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- 5 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时;
- 6 正常生产时, 每两年或累计产量达到 300km, 应进行周期性型式检验。

7 标识、储存与运输

7.0.1 检验合格的防腐保温管成品应在距管端 350mm 处喷涂产品标识，标识内容包括：生产厂名称、钢管规格、长度、执行标准。随产品提供的合格证内容应包括：产品名称、生产厂名称、生产日期、班次和质检员代号。

7.0.2 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。

7.0.3 防腐保温管的堆放场地应坚固、平整、无杂物、无积水，并应设置高度为 150 mm 的管托，严禁混放，堆放高度不得大于 2m。堆放处应远离火源和热源。

7.0.4 堆放场地应悬挂铭牌，铭牌上写明管径、壁厚、保温层厚度。

7.0.5 防腐保温管不宜长期受阳光照射及雨淋，露天存放不应超过六个月。若超过六个月以上宜用篷布盖住，钢管两端应加封堵。

7.0.6 防腐保温管成品在运输过程中，应采取有效的固定措施，不得损伤防护层、保温层及防腐层结构。装卸过程中，轻拿轻放，严禁摔打拖拉。

8 补口及补伤

8.1 技术要求

8.1.1 补口及补伤处的防腐保温层等级及质量应不低于成品防腐保温管的防腐保温等级及质量。防腐保温层补口结构宜采用图 8.1.1 的结构形式。当采用其它结构形式补口时，防腐保温等级及质量不应低于成品防腐保温管的防腐保温层指标要求。

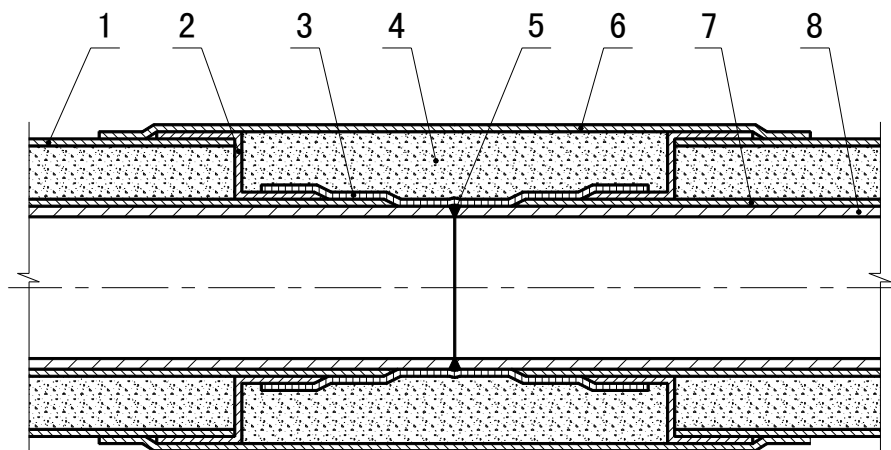


图 8.1.1 防腐保温层补口结构图

1——防护层；2——防水帽；3——补口带；4——补口保温层；5——管道焊缝；6——补口防护层；7——防腐层；8——钢管

8.1.2 补口前，必须对补口部位的钢管表面进行处理，表面处理质量应达到现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（GB/T 8923）中规定的 Sa2 级以上或 St3 级，并符合现行国家标准中的补口材料要求。

8.1.3 防腐保温层补口程序：防腐层补口——保温层补口——防护层补口。

8.1.4 防腐层补口应符合下列要求：

1 当介质温度低于 70℃时，补口防腐层宜采用辐射交联聚乙烯热收缩带或聚乙烯胶粘带。

- 1) 补口带的规格必须与管径相配套；
- 2) 钢管与防水帽必须干燥，无油污、泥土、铁锈等杂物；
- 3) 除去防水帽的飞边，用木锉将防水帽打毛；
- 4) 补口带与防水帽搭接长度应不小于 40mm；
- 5) 补口带周向搭接必须在管道顶部。

2 当介质温度高于 70℃时，补口防腐层宜采用防腐涂料。补口防腐层应覆盖管道原预留的防腐层。

8.1.5 保温层补口可采用模具现场发泡或预制保温瓦块捆扎方式。当采用模具现场发泡方式时应符合下列要求：

- 1 补口模具的内径应与防水帽外径尺寸相同。
- 2 模具必须固紧在端部防水帽处，其搭接长度不应小于 100 mm，

浇口应向上，并应保证搭接处严密。

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。

8.1.6 防护层补口应采用辐射交联热收缩补口套（或补口带），补口套（或补口带）的规格应与防护层外径相配套，补口套（或补口带）与防护层搭接长度应不小于 100mm。采用“管中管”工艺生产的保温管补口宜采用电热熔套袖，并应用电熔焊技术加热安装。

8.1.7 当防护层有损伤，且损伤深度大于十分之一但小于三分之一壁厚时，应采用热熔修补棒修补。防护层有破口、漏点或深度大于防护层厚度三分之一的划伤等缺陷时，应按下列要求补伤：

1 除去补伤处的泥土、水份、油污等杂物，用木挫将伤处的防护层修平，打毛。

2 补口带剪成需要长度，并大于补口或划伤处 100mm。

3 补伤后，接口周围应用少量胶均匀溢出。

8.1.8 保温层损伤深度大于 10mm 时，应将损伤处修整平齐，并按 8.1.5 条要求修补好保温层。

8.2 现场质量检验

8.2.1 应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、咬边缺陷，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。如检验不合格，必须返工处理直至合格。

8.2.2 对补口处进行破坏性检验时，抽查率应大于 0.2%，且不少于 1 个口，当抽查不合格时，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列要求：

1 当用磁性测厚仪测量补口防腐层厚度时，其厚度应不小于设计厚度。

2 用钢直尺测量补口套（带）与防护层的搭接长度应不小于 100mm。

3 按现行行业标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》（SY/T 0413-2002）附录 G 的规定进行剥离强度检测，常温剥离强度应不小于 50N/cm，并应呈现内聚破坏性能。

4 观察泡沫发泡的状况，补口处泡沫塑料应无空洞、发酥、软缩、泡孔不均、烧芯等缺陷。

5 用钢直尺检查补口套（或带）与防水帽搭接长度及补口带封口处的搭接长度，其搭接长度均不应小于 40mm。

8.2.3 电熔焊式补口检验下列要求：

电熔焊完成后，宜对补口进行气密性试验，补口内部压力应高于外部环境压力 0.02MPa，稳压 30s 后，焊接处涂肥皂水，通过目测观察，焊接部位无气泡出现为合格。

9 安全、卫生及环境保护

- 9.0.1 涂敷生产过程中的安全、环保要求应符合现行国家标准《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化》(GB 7692)的规定。
- 9.0.2 钢质管道除锈、涂敷生产过程中,各种设备产生的噪声,应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》(GBJ 87)的有关规定。
- 9.0.3 钢质管道除锈、涂敷生产过程中,空气中粉尘含量不得超过现行行业标准《工业企业设计卫生标准》(TJ 36)的规定。
- 9.0.4 钢质管道除锈、涂敷生产过程中,空气中有害物质浓度不得超过现行国家标准《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》(GB 6514)的规定。
- 9.0.5 涂敷区电气设备应符合国家有关爆炸危险场所电气设备的安全规定,电气设施应整体防爆,操作部分应设触电保护器。
- 9.0.6 钢质管道除锈、涂敷生产过程中,所有机械设施的转动和运动部位应设置保护。
- 9.0.7 防腐管的运输和施工过程中的安全、卫生和环境保护应符合现行国家标准《油气长输管道工程施工及验收规范》(GB 50369)等标准的规定。
- 9.0.8 一步法原料配置及输送均应采用密闭装置,生产中应采取有效措施防止液体原料飞溅或喷射伤人事件。

10 竣工文件

- 10.0.1 防腐保温管出厂合格证和质量检验报告；
- 10.0.2 防腐保温层性能测试报告；
- 10.0.3 补口补伤记录及质量检验报告；
- 10.0.4 返工记录及质检检验报告；
- 10.0.5 建设单位所需要的其他资料。

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，其经济厚度应按下述公式计算：

$$\frac{D_1}{2} \ln \frac{D_1}{D} = 10^{-3} \sqrt{\frac{BH\lambda(t_1 - t_2)}{AN}} - \frac{\lambda}{\alpha} \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

$$\alpha = \frac{2\lambda_{\tau}}{D_1 \ln \frac{4h}{D_1}} \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

$$\delta = \frac{D_1 - D}{2} \quad (\text{A. 0. 1-3})$$

式中：

δ ——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，℃；

t_2 ——距地面 h 处的土壤温度，℃；

λ ——保温材料导热系数，W/ (m · °C)；

λ_{τ} ——土壤导热系数，W/ (m · °C)；

α ——保温层外表面向土壤的放热系数，W/ (m · °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/m³；

N ——保温工程投资年分摊率，%。

A. 0. 2 (A. 0. 1-1) 公式中 N 取值，应按照下述公式计算：

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。

A. 0. 3 (A. 0. 1-1) 公式中 A 代表保温层+防护层所组成的复合结构, 其单位造价应按下述公式计算:

$$A = A_1 + 2A_2 / D_1 + 2A_3 / D_0 \quad (\text{A. 0. 1—6})$$

式中:

A_1 ——保温层单位造价, 元/ m^3 ;

A_2 ——防护层单位造价, 元/ m^2 ;

D_1 ——保温层外径, m;

A_3 ——防腐层单位造价, 元/ m^2 ;

D_0 ——钢管外径, m

A. 0. 4 (A. 0. 1-1) 公式适用于 $h / D_1 > 3$ 的情况下, 如果 $h / D_1 < 3$ 则另行计算。

附录 B 泡沫塑料吸水率试验方法

B.1 仪器

- B.1.1 天平，感量 0.01g。
- B.1.2 游标卡尺，精度 0.02mm。
- B.1.3 干燥箱。
- B.1.4 干燥器。
- B.1.5 浸泡桶，敞口容器或水池。

B.2 试件

- B.2.1 试件尺寸：长×宽×高：100mm×50mm×25mm。
- B.2.2 试件表面用细砂纸磨光。
- B.2.3 每组试件数为 3 个。

B.3 试件处理

- B.3.1 把试件放入 50℃±3℃ 的干燥箱中，干燥 24h。
- B.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.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.3.4 将 B.3.3 称重的结果与 B.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.3.3 重复进行，直至达到恒重要求。

B.4 测试步骤

- B.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.4.2 把试件放入浸泡桶内用网压住试件。
- B.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.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.4.5 用短毛刷除去试件上的气泡。
- B.4.6 用低渗透性塑料薄膜盖住水面。
- B.4.7 控制水温在 23℃±2℃，浸泡 96h。
- B.4.8 96h 后，取出试件，用滤纸轻轻吸去表面水，立即称重，精确应达到 0.01g。

B.5 计算

- B.5.1 按下述公式计算吸水率，数值修约到三位有效位数。

$$\eta = \frac{W_1 - W_2}{V_0} \quad (\text{B.5.1})$$

式中：

η_0 ——试件吸水率, g/cm³;
 W_0 ——试件吸水前重量, g;
 W_1 ——试件吸水后重量, g;
 V_0 ——试件体积, cm³。

B. 6 试验报告

B. 6. 1 试验成果应取每一组数据的算术平均值。

附录 C 导热系数测定方法

C.1 QTM-D2 快速导热系数测定仪操作方法

C.1.1 测试前准备

- 1 准备好试件，试件尺寸不应小于长×宽×高：100mm×50mm×6mm。
- 2 接通电源。
- 3 将 HEATER/A2 旋钮，旋至 0.5 处，预热 45min 以上。
- 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。
- 5 测试前应除去试件表面上的水与灰尘。
- 6 保持探头干燥及探头平面的清洁。

C.1.2 测试方法

- 1 打开仪器盖板，用标准板调好 K, H 系数。
- 2 将 HEATER/A2 旋钮，扭至 0.5 处，将 MODE 旋钮，扭至低端（LOW）处。
- 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。
- 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。
- 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。
- 6 按复位按钮，进行下步测试。
- 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。

C.2 非金属固体材料导热系数的测定 热线法

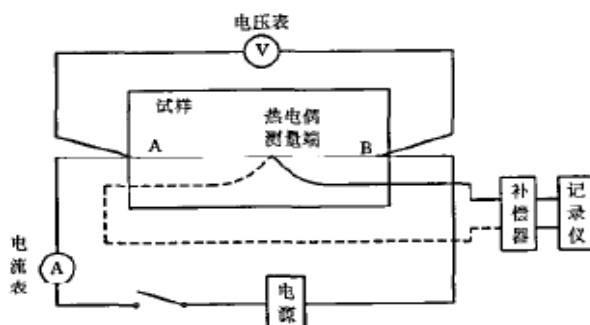


图 C.2.1-1 带补偿器的测定电路示意图

C.2.1 测试装置

- 1 常用的热线法测定装置如图 C.2.1-1 和图 C.2.1-2 所示。A, B 点距试样边缘的距离应不小于 5 mm。距测温热电偶的距离应不小于 60mm。

2 稳定的直流（或交流）稳流（或稳压）电源。其输出值的变化应小于 0.5%。

3 功率测量仪表所测量加热功率的准确度应优于 ± 0.5000 。

4 测量热线温升仪表的分辨力不应低于 0.02°C （对于 K 型热电偶相当于 $1\mu\text{V}$ ），其时间常数应小于 2s 。

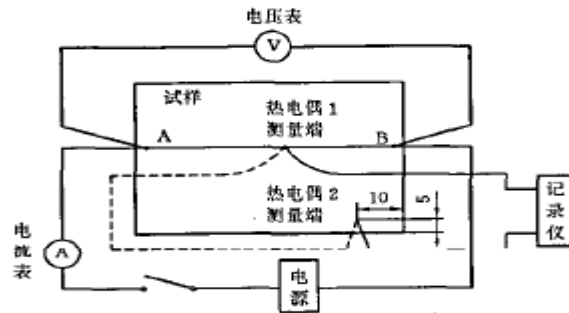


图 C.2.1-2 带差接热电偶的测定电路示意图

C.2.2 测量探头

1 测量探头由热线和焊在其上的热电偶组成（见图 C.2.3）。为消除加热电流对热电偶输出的干扰，热电偶用单根“+”（或“—”）极线与热线焊接，热电偶接点与热线之间的距离约为 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 。

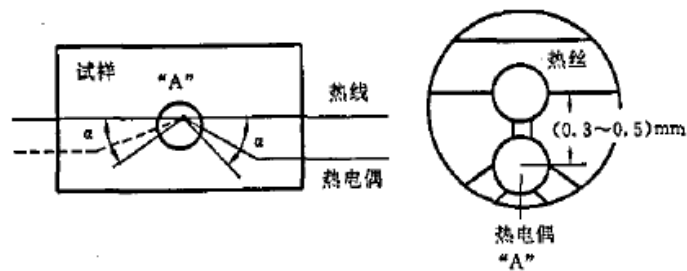


图 C.2.3 测量探头及其布置示意图

2 热线由低电阻温度系数的合金材料（如 NiCr 丝）制成，其直径不得大于 0.35mm 。热线在测量过程中，其电阻值随温度的变化不应大于 0.5%。

3 热电偶丝的直径尽可能小，不得大于热线直径。热电偶丝与热线之间的夹角 α 不大于 45° ，引出线走向与热线保持平行。热电偶制成后，需经退火处理，否则需重新标定其热电势与温度的关系。

4 电压引出线应采用与热线相同的材料，其直径应尽可能小。

C.2.3 热电偶冷端温度补偿器的漂移不得大于 $1\mu\text{V}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{min})$ 。在无补偿器的情况下，可借助热电偶 2 同热电偶 1 的差接起补偿器的作用（见图 C.2.1-2）。

C.2.4 测定装置组成后，应用经防护热板法测定导热系数的各向同性均质试样进行标定。标定结果应满足本附录误差的相关要求。

C2.5 试样取自同批产品。

C2.6 试样的制备和尺寸

1 块状材料应符合下列要求：

1) 试样为两块尺寸不小于 $40\text{mm} \times 80\text{mm} \times 114\text{mm}$ 的互相叠合的长方体(见图 C. 2. 7-1)或为两块横断面直径不小于 80mm ，长度不小于 114mm 的半圆柱体叠合成为的圆柱体。

2) 试样互相叠合的平面应平整，其不平度应小于 0.2% ，且不大于 0.3 mm 。以保证热线与试样及试样的两平面贴合良好。

3) 对于致密、坚硬的试样，需在其叠合面上铣出沟槽，用来安放测量探头。沟槽的宽度与深度必须与测量探头的热线和热电偶丝直径相适应。用从被测量试样上取下的细粉末加少量的水调成粘结剂，将测量探头嵌粘在沟槽内，以保证良好的热接触。粘好测量探头的试样，需经干燥后，方能测试。

4) 有面层或表皮层的材料，应取芯料进行测量。

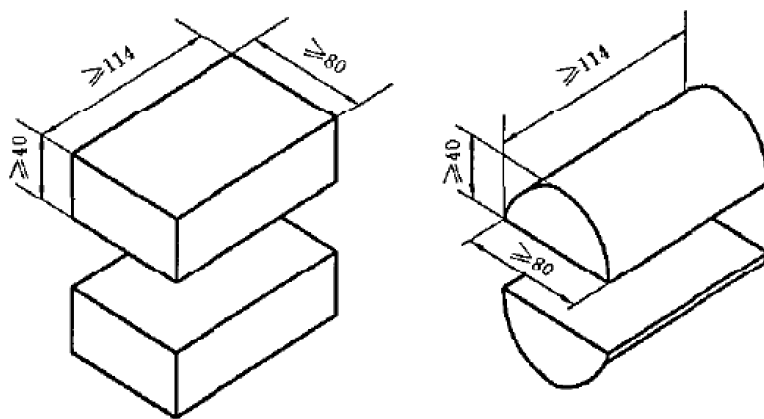


图 C. 2. 7-1 试样尺寸示意图

2 粉末状和颗粒材料应符合下列要求：

1) 对粉末状和颗粒材料的测定，使用两个内部尺寸不小于 $80\text{mm} \times 114\text{mm} \times 40\text{mm}$ 的盒子(见图 C. 2. 7-2)。其下层是一个带底的盒子，将待测材料装填到盒中，并与其上边沿平齐，然后将测量探头放在试样上。上层的盒子与下层的内部尺寸相同，但无底。将上层盒子安放在下层盒子上，将待测材料装填至与其上边沿平齐。用与盒子相同材料的盖板盖上盒子，但不允许盖板对试样施加压力。

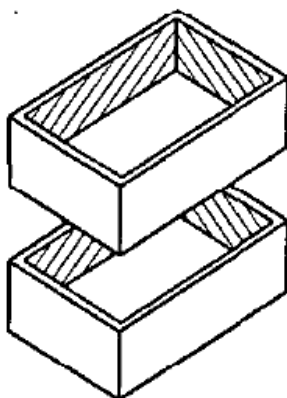


图 C. 2. 7-2 试样盒示意图

2) 通常粉末状或颗粒状材料要松散充填。需要在不同密度下测量时, 允许以一定的加压或振动的方式使粉末或颗粒状材料达到要求的密度。上、下两个盒子中的试样装填密度应各处均匀一致。测定和记录试样的装填密度和松散密度。

C2. 7 欲测定干燥状态的导热系数, 应将试件在烘箱中烘至恒重, 然后用塑料袋密封放入干燥器内降至室温 (一般需 8 h)。待试件中内外温度均匀一致后, 迅速取出, 安装测定探头, 在 2h 内完成测定工作。

C2. 8 由平均粒径不小于 3 mm 颗粒组成的颗粒材料 (或块状材料) 和纤维材料 (或制品) 需经与防护热板法进行成功对比后, 才能确定本方法的适用性。

C2. 9 在室温下测定时, 用隔热罩将试样与周围空间隔离, 减少周围空气温度变化对试件的影响。在高于或低于室温条件下测定时, 试样与测量探头的组合体应放在加热炉或低温箱中。

1 加热炉 (或低温箱) 应进行恒温控制。恒温控制的感温元件应安放在发热元件的近旁。

2 试样应放置在加热炉 (或低温箱) 中的均温带内。

3 应防止加热炉发热元件对试样的直接热辐射。

4 置于低温箱内的试样及测量探头的表面不得有结霜现象。

C2. 10 测量应符合下列要求:

1 将试样与测量探头的组合体置于加热炉 (低温箱) 内, 把加热炉 (低温箱) 内温度调至测定温度, 当焊在热线中部的热电偶输出随时间的变化小于每 5 min 变化 0.1℃, 且试样表面的温度与焊在热丝上的热电偶的指示温度的差值在热线最大温升的 1% 以内, 即认为试样达到了测定温度。

2 接通热线加热电源, 同时开始记录热线温升。测定过程中, 热线的总温升宜控制在 20℃ 左右, 最高不应超过 50℃。如热线的总温升超过 50℃, 则必须考虑热线电阻变化对测定的影响。测定含湿材料时, 热线的总温升不得大于 15℃。

3 测量热线的加热功率 (电流 I 和电压 V)。

4 加热时间达预定测量时间 (一般为 5min 左右) 时, 切断加热电源。

5 每一测量温度下, 应重装测定探头测定三次。

C2. 11 结果计算

1 从测得的热线温升曲线上, 按一定时间间隔 (如 30s) 依次读取热线的温升 θ_i 。按式 (c. 2. 12-1) 计算修正热线与试料热容量差异后的热线温升 θ'_i 。

$$\theta'_i = \frac{\theta_i}{I - \frac{\pi D^2 L (\rho_h \times c_{ph} - \rho_s \times c_{ps})}{4 \times P} \times \frac{\theta_i}{t_i}}$$

(c. 2. 12-1)

式中:

θ_i 、 θ'_i ——热线的测量温升和修正后温升, °C;

t_i ——测 θ_i 时的加热时间, s;

D——热线的直径, m;

L——热线 A, B 间的长度, m;

P——热线 A, B 段的加热功率, W;

ρ_h 、 ρ_s ——热线和试样的密度, kg/m³;

c_{ph} 、 c_{ps} ——热线和试样的比热容, J/(kg·K)。

注: 1 ρ_h 、 c_{ph} 、 c_{ps} 可采用材料手册中的常用值。

2 导热系数大于 1 W/(m·K) 的材料可不进行修正。

2 热线 A, B 段的加热功率

$$P = I \cdot V \quad (\text{c. 2. 12-2})$$

式中:

P——热线 A, B 段的加热功率, W;

I——热线加热电流, A;

V——热线 A、B 段的加热电压, V。

3 以时间的对数 $\ln t$ 为横坐标, 以温升 θ 为纵坐标, 绘出 $\ln t_1$ 和 θ'_1 的曲线, 确定其线性区域。

4 推荐在 $\ln t \sim \theta$ 曲线的线性区域内, 等距选取 4~5 个测点数据拟合直线方程, 求出其斜率 A。亦可取直线区域二端测点的数据计算 A, 但 t_1 , 应等于 60~90 s。

$$A = \frac{\Delta Q'}{\Delta \ln t} = \frac{\theta'_2 - \theta'_1}{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \quad (\text{c. 2. 12-3})$$

式中:

A—— $\ln t \sim \theta$ 曲线线性区域的斜率, K;

θ'_1 、 θ'_2 ——热线修正后的温升, °C;

t_1 、 t_2 ——测 θ_1 、 θ_2 时的加热时间, s。

5 按式 (c. 2. 12-4) 计算试件导热系数:

$$\lambda = \frac{P}{4\pi L} \times \frac{1}{A} \quad (\text{c. 2. 12-4})$$

式中:

λ ——导热系数, W/(m·K);

A—— $\ln t \sim \theta$ 曲线线性区域的斜率, K;

P——热线 A, B 段的加热功率, W;

L——热线 A, B 间的长度, m。

6 测定结果为三次重新安装测定探头测量的算术平均值。单一测量值与平均值的偏差不得大于 5%, 否则应重新进行测定。

C2.12 遵守本规范规定, 测量值的置信度为 95%时的重复性 (同一测定人员, 同一仪器), 约 $\pm 5\%$, 重现性 (不同的测定人员, 不同仪器), 约 $\pm 10\%$ 。

C2.13 测定报告应包括如下内容:

- 1 试样来源 (委托单位, 生产厂等);
- 2 试样概况 (名称、种类、规格、密度、含湿率等);
- 3 试样尺寸;
- 4 测定温度及在此温度下的导热系数;
- 5 测定地点和日期。

附录 D 泡沫塑料耐热性试验方法

D.1 仪器

- D.1.1 烘箱，0~200℃，精度±2℃。
- D.1.2 带恒速运动卡头的拉（压）力试验机。
- D.1.3 游标卡尺，精度 0.02mm。

D.2 试件

- D.2.1 耐热试件的尺寸为长×宽×高：150mm×150mm×50mm。
- D.2.2 做尺寸变化率和重量变化率的试件，每组为 3 个。
- D.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.3 测试步骤

D.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，应在最大形变点上进行测量，记下外表变化。
- 7 计算试件尺寸和重量的变化率。

D.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.4 试验报告

- D.4.1 试验成果取每一组数据的算数平均值。

附录 E 泡沫塑料性能试验试件制作

E. 1 取样

E. 1. 1 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. 2 样品处理

E. 2. 1 潮湿样品，应在 70℃干燥箱内，干燥至恒重。

E. 2. 2 三天内生产的样品，应在 70℃干燥箱内，熟化 24 小时。

E. 3 试件制作

E. 3. 1 把样品按需要加工成各试验项目所要求的试件。

E. 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. 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 老化试验

F.1 保温管老化试验

F.1.1 对于输送介质温度（连续工作温度）高于 110°C 的保温管系统，在测量保温管轴向剪切强度前，应对保温管试样进行如下老化处理：

- 1 钢管公称直径 $\text{DN}>500$ 时，保温管老化试样长度应为 3m；
- 2 钢管公称直径 $\text{DN}\leq 500$ 时 保温管老化试样长度应为 2m；
- 3 老化前，泡沫保温层端面应密封。

F.1.2 老化过程：外护管应暴露在室温 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 状态中，钢管应保持在高温状态下。老化条件见表 F.1.2。

表 F.1.2

钢管温度, $^{\circ}\text{C}$	老化时间, h
160	3600
170	1450

F.1.3 钢管升温速度：当温度小于 100°C 时，为 $25^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ；当温度大于 100°C 时，为 $50^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

F.1.4 钢管温度在老化过程中应连续记录，温度偏差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

F.1.5 老化后，试样应自然降温至室温 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 状态。

F.2 老化后的保温管剪切强度

F.2.1 试验方法

F.2.1.1 取样：在符合 F.1 规定的保温管上截取试样。试样应在距离管端至少 1000mm 处取得，其长度为保温层厚度的 2.5 倍，但不得小于 200mm。所取试样端面应垂直于保温管轴线。

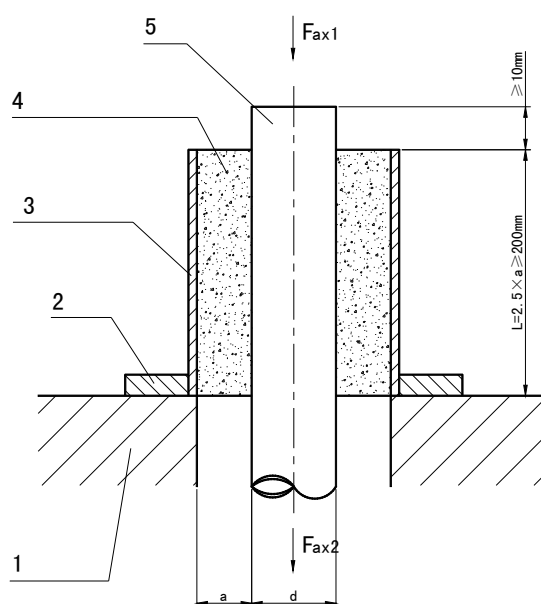


图 F.2.1 老化后的保温管剪切强度试验

1——试验机台板；2——定位环；3——聚乙烯外护管；4——聚氨酯硬质泡沫保温层；5——钢管；a——保温层厚度；d——钢管外径； F_{ax1} ——轴向力； F_{ax2} ——另一种施加轴向力方式

F.2.1.2 试验过程：在试验机上进行试验，试样按图 F.2.1.2 放置。向钢管端施加轴向力，试验机速度应取 5mm/min，直至试样破坏。记录最大轴向力并计算出轴向剪切强度。试验可以在试样轴线置于水平方向或竖直方向两种情况下进行。当试样轴线置于竖直方向时，钢管的质量应予以考虑。

F.2.1.3 计算：三个试样测试结果的平均值作为测试结果。剪切强度按下式计算：

$$\tau_{ax} = F_{ax} / L \times d \times \pi \quad (\text{F.2.1.3})$$

式中：

τ_{ax} ——轴向剪切强度，MPa；

d ——钢管外径，mm；

F_{ax} ——轴向力，N（竖放时包括钢管质量）；

L ——试样长度，mm。

F.2.2 室温条件下的轴向剪切强度应按 F.2.1 测试。试样全部保持在室温（23℃±2℃）状态下。

F.2.3 高温条件下的轴向剪切强度应按 F.2.1 进行测试。测试过程中，外护管应暴露在室温 23℃±2℃ 状态中，钢管温度应控制在 140℃±2℃。钢管升温速度：当温度小于 100℃ 时，应为 25℃/h；当温度大于 100℃ 时，应为 50℃/h。恒温 30min 后应施加轴向力进行试验。

F.3 抗冲击性

F.3.1 试样在保温管上截取，试样长度应为外护管外径的 5 倍，但不应大于 1.5m。试验应按 GB/T 14152 执行。试验温度取 -20℃，落锤质量取 3.0kg，落高 2000mm。

F.3.2 在保温管试样上划等距离标线，应按 GB/T 14152 中表 1 确定等距离标线个数。

F.3.3 试验前应将试样置于 -20℃±1℃ 环境中 3h，从保温设施中取出试样 10s 以内开始试验，试验应尽可能快速完成。

标准用词说明

执行本规范条文时，要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

一、表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

二、表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

三、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”；

反面词采用“不宜”。

四、表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

引用标准名录

- GBJ 87 《工业企业噪声控制设计规范》
- GB/T 1408.1 《绝缘材料电气强度试验方法 第1部分：工频下试验》
- GB/T 1410 《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》
- GB/T 1040.2 《塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件》
- GB/T 1449 《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》
- GB/T 1451 《纤维增强塑料简支梁式冲击韧性 试验方法》
- GB/T 1633 《热塑性塑料维卡软化温度（VST）的测定》
- GB/T 1720 《漆膜附着力测定法》
- GB/T 1725 《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》
- GB/T 1728 《漆膜，腻子膜干燥时间测定法》
- GB/T 1731 《漆膜柔韧性测定法》
- GB/T 1842 《聚乙烯环境应力开裂试验方法》
- GB/T 2792 《压敏胶粘带 180° 剥离强度试验方法》
- GB/T 3682 《热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定》
- GB/T 3854 《增强塑料巴柯尔硬度试验方法》
- GB/T 4472 《化工产品密度，相对密度测定通则》
- GB/T 4507 《沥青软化点测定法（环球法）》
- GB/T 5351 《纤维增强热固性塑料管短时水压 失效压力试验方法》
- GB/T 5470 《塑料冲击脆化温度试验方法》
- GB/T 6343 《泡沫塑料和橡胶 表观（体积）密度的测定》
- GB 6514 《涂装作业安全规程 涂漆工艺安全及其通风净化》
- GB/T 6671 《热塑性塑料管材 纵向回缩率的测定》
- GB/T 7124 《胶粘剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）》
- GB 7692 《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化》
- GB/T 8804.3 《热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第3部分：聚烯烃管材》
- GB/T 8813 《硬质泡沫塑料 压缩性能的测定》
- GB/T 8923 《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》
- GB 9274-1988 《色漆和清漆 耐液体介质的测定》
- GB/T 10799 《硬质泡沫塑料 开孔与闭孔体积百分率的测定》
- GB/T 12008.1 《聚醚多元醇命名》
- GB/T 12008.2 《聚醚多元醇规格》
- GB/T 12008.3 《聚醚多元醇中羟值测定方法》

- GB/T 12008.4 《聚醚多元醇中钠和钾测定方法》
GB/T 12008.5 《聚醚多元醇中酸值测定方法》
GB/T 12008.6 《聚醚多元醇中水分含量测定方法》
GB/T 12009.1 《异氰酸酯中总氯含量测定方法》
GB/T 12009.2 《异氰酸酯中水解氯含量测定方法》
GB/T 12009.3 《多亚甲基多苯基异氰酸酯粘度测定方法》
GB/T 12009.4 《多亚甲基多苯基异氰酸酯中异氰酸根含量测定方法》
GB/T 13021 《聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定（热失重法）》
GB/T 14152 《热塑性塑料管材耐外冲击性能试验方法 时针旋转法》
GB 50369-2006 《油气长输管道工程施工及验收规范》
SY/T 0413-2002 《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》
SY/T 0414-2007 《钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准》
SY/T 0315-2005 《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》
CJ/T 114-2000 《高密度聚乙烯外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》
TJ 36 《工业企业设计卫生标准》

附件

中华人民共和国国家标准

埋地钢质管道防腐保温层技术规范

GB/T 50538-2010

条文说明

中国计划出版社
2010 北 京

制订说明

《埋地钢质管道防腐保温层技术规范》，经住房和城乡建设部 2010 年 11 月 3 日以第 817 号报告批准发布。

本规范制订过程中，编写组进行了埋地钢质管道防腐保温层技术方面的调查研究，总结了我国近几十年来埋地钢质管道防腐保温层工作的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过专题研究和讨论确定了埋地钢质管道防腐保温层技术方面重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《埋地钢质管道防腐保温层技术规范》编写组按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

1 总 则

1.0.1 埋地保温管道按照敷设场所、敷设条件和不同输送介质，产品技术要求也不同，因此，制订本规范是依据国内外防腐保温技术的最新发展，采用技术经济最优化的结构和材料，以保证埋地钢质管道防腐保温层的质量，延长使用寿命，以最小投入，获取最佳经济效益。

1.0.2 本规范的适用范围包括两个方面：一是输送介质温度不超过 100℃ 的防腐保温管道，调查国外的先进标准和研究成果，总结多年来油田集、输油管道的设计经验和工程实践，选择在油田及城市建设行业使用多年，取得较好效果的硬质聚氨酯泡沫塑料保温层，其材料结构和性能都能满足使用温度条件。输送介质温度在 100~120℃ 之间的保温管道，主要适用于供热管道设计，普通的硬质聚氨酯泡沫塑料无法在这样的温度条件下长期使用，随着材料技术的快速发展，改性聚氨酯材料可以长期在此温度条件下稳定工作，长期使用温度可达到 120℃。本规范适用于输送介质温度不超过 120℃ 的管道防腐保温层设计、生产及施工验收。

1.0.3 埋地钢质管道防腐保温层在设计、施工及验收中除执行本规范外，也应符合现行国家有关强制性标准或条款的规定。

3 防腐保温结构

3.0.1 据国外保温材料研究文献介绍，实现保温结构的严密无缝是保温结构设计的基础。目前，国内完整的埋地管道防腐保温层结构是单管+端面防水+密封补口所组成的完整体系。通过近 20 年的工程应用实践表明，防水帽对于保持管道端面防水密封起到了重要作用，作为完整的保温管道结构之一，有必要加以明确。因此，本规范规定在输送介质温度不超过 100℃ 的管道上应采用端面防水帽结构。通常，防腐层可使用环氧涂料、聚乙烯冷缠胶带、二层结构聚乙烯或环氧粉末防腐层；保温层可采用各种聚氨酯泡沫塑料层；防护层可采用聚乙烯、耐老化改性聚乙烯层，因玻璃钢无法应用“一步法”生产，不宜采用；防水帽为普通改性聚乙烯防水帽。

输送为 120℃ 的管道防腐保温结构，没有硬性规定必须采用防水帽结构，但需要对管道保温结构的防水性能进行从严要求，如在保温层内敷设报警线，欧洲标准 EN253 和国内城建标准 CJ114-2000 也是这样要求的。

3.0.2 保温管防腐层是保证管道外壁不被腐蚀的最后屏障，应引起各方的足够重视。以往国内一些管道防腐厂的管道外防腐层采用刮涂、刷涂工艺，再加上保温管防腐涂料使用的不规范，导致防腐层存在漏涂、厚度不均、未干上线等缺陷。随着防腐技术提高，现普遍采用了喷涂工艺，

防腐层厚度均匀、外观平整光滑，也确保了底层质量。近几年，新的防腐保温材料不断涌现，使得防腐层、保温层和防护层的材料新品种不断增加，本规范综合国内管道的应用情况，并结合国外的工程经验，底层防腐增加了聚乙烯冷缠胶带、二层结构聚乙烯或环氧粉末防腐层结构方式。环氧类防腐层厚度确定为 $80\mu\text{m}$ ，一是考虑预制企业成本因素，二是依据钢管外表面处理锚纹深度 $50\mu\text{m}\sim 75\mu\text{m}$ ， $80\mu\text{m}$ 厚度防腐层可覆盖锚纹且无漏点，设计也可根据实际情况，如对于重要管道、用户特殊要求以及强腐蚀地区可适当加厚防腐层厚度。

3.0.3 经过多年实践证明，埋地钢质管道保温层使用最成熟可靠的仍然是聚氨酯泡沫塑料。其预制、材料检验方法、施工工艺都是非常成熟的，目前国内外大量使用的保温材料仍然以聚氨酯泡沫塑料为主。

管道热力计算是保温管道设计的重要内容，直接涉及工程投资和运行的经济性，研究表明，管道的热损失与保温层厚度不是简单的线性关系，当保温层厚度增加到一定程度时，热损失的下降速率越来越小，保温层太厚无明显的节能效果。为了减少保温层的散热损失和提高保温层的经济性，在保温工程中，一般都采用经济厚度来计算保温层的厚度。所谓经济厚度，即为隔热保温设施的费用和散热量价值之和，在考虑年折旧率的情况下为最小时的厚度。本规范规定保温层厚度应根据经济厚度进行计算，此厚度最节省投资成本，其前提条件是要满足工艺要求，根据不同地域环境温度变化、运行工艺条件等，根据实际情况，设计还应用热损失算法进行校核。当输送介质温度较低，外径 $\leq 57\text{mm}$ 的小管道以及安全阀、排气阀后的对空排放管等，不必进行保温层厚度计算，可直接根据经验选取。其厚度不应小于 25mm ，是考虑保温管的成型工艺原因，厚度太薄影响质量，对上限不做限制。

3.0.4 目前用于管道防护层的材料有高密度聚乙烯塑料外套管(PE)、聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)管、钢管、树脂玻璃钢、无机玻璃钢、钢丝网增强水泥等。但使用较广且性能较好的防护层材料是高密度聚乙烯，其具有较好的机械强度、防水性能及耐热性能。玻璃钢作保护层，在工程中也有较多的应用。玻璃钢外表面光滑、抗冲击，与泡沫层粘接牢固，不易脱离，但玻璃钢保护层很薄，保护层的纵向和环向接缝透水性难以保证，不宜长期浸泡在水中。因此，目前它还只能用于地下水位低的土层中使用。以往规定聚乙烯防护层厚度不小于 1.2mm ，为防止保温管在运输和安装中不被划伤，本规范修改为防护层厚度不小于 1.4mm 。

“并应符合本规范相关条款的规定”指符合本规范 6.1.5 的规定。

3.0.5 对防水帽的保护端结构尺寸确定为不小于 50mm ，目的是增加接触面积，确保粘接质量。

3.0.6 输送介质温度在 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间的防腐保温管，保温结构为钢管——保温层——保护层，保温层通常采用耐温聚氨酯泡沫塑料，防护层

为聚乙烯防护管或玻璃钢防护管。鉴于目前国内防水帽材料软化点不超过 110℃，因此在输送介质温度在 100~120℃之间的保温管道，不推荐使用防水帽，但采用内敷设报警线，确保高温过热报警，使管道始终处于安全稳定状态。

3.0.7 管件防腐保温结构历来是预制的难点，其结构性能不易达到主管道防腐保温性能，为了鼓励设计采用新材料新结构，提高管件的防腐保温结构质量，对其防腐保温结构原则上提出与主管道结构一致。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 钢管的性能、尺寸及偏差应符合相应标准和订货条件的规定，并有出厂合格证和材质化验单，有利于严把钢管进厂关，满足工艺性，可为用户提供合格防腐保温管。

4.1.2 本条规定了材料采购条件，要求防腐材料、保温原料和防护层材料应有产品质量证明书、检验报告、使用说明书、出厂合格证、生产日期及有效期。按照质量体系要求，进厂材料必须“三证”（产品质量证明书、检验报告、使用说明书）齐全。注明生产日期和有效期，可保证预制厂按照“先进先出”原则使用材料，防止过期失效。

4.1.3 本条规定了材料贮存条件，要求防腐材料、桶装保温原料和防护层材料均应有独立包装，且包装均应完好，按供货厂家说明书的要求存放。

4.1.4 本条规定了材料使用条件，要求防腐材料、桶装保温原料和防护层材料在使用前复检，均合格后方可使用，只有合格材料才能生产合格产品，并规定了材料复检机构资质，应由国家计量认证的质量检验机构，按本规范的相关规定检验。

4.2 管道外壁防腐层材料

4.2.1 环氧涂料适用于输送介质温度较低的管道保温，可在线涂刷。本规范与原标准比，增加了涂料的干燥时间、固含量指标。当采用环氧涂料时，其性能应符合表 3.2.1 的规定。环氧涂料可为快干型和普通型两种，作为底层防腐，可选择快干环氧涂料，在 20℃常温条件下，20 分钟达到表干，与“一步法”保温工序相匹配，干燥时间反映了涂料的适用性。若采用防腐涂料作面层时，通常要选择重防腐涂料，漆膜厚度 200um 以上，表干时间 2h，无法满足“一步法”工艺。固含量则反映了涂料品质，高固体含量防腐层覆盖好，防腐层附着力强。本规范取消了对底层酸碱盐指标要求，一是因为国家尚无防腐层耐酸碱盐指标的测试新标准，旧检测标准 GB/T1763 已作废；二是国内外厂家有关快干型环氧涂料指标，也无相应性能指标；三是即便使用作废的测试方法，要求

测试的试件漆膜厚度 $200\ \mu\text{m}$ ，与实际底层厚度不符，无可比性。因此本规范对酸碱盐指标不作具体要求。

4.2.2 聚乙烯粘胶带适用于输送温度 70°C 以下的管道保温结构，当采用聚乙烯胶粘带做防腐层时，应按照《钢质管道聚乙烯胶粘带防腐层技术标准》（SY/T0414-2007）条款规定复检。

4.2.3 二层结构、三层结构聚乙烯适用于输送温度 100°C 以下的管道保温结构，当采用二层结构、三层结构聚乙烯做防腐层时，应按照《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》（SY/T0413-2002）条款规定复检。

4.2.4 环氧粉末适用于输送温度 120°C 以下的管道保温结构，当采用环氧粉末时，应按照《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术标准》

（SY/T0315-2005）的规定复检。温度较高也可采用耐温涂料防腐，因耐温涂料使用不普遍，本规范未推荐。

4.2.5 环氧类液体涂料，通常为桶装，抽查比例参照 SY/T0415 规定的比例进行抽查。并按照设计确定的技术要求进行复验。

4.3 辐射交联热缩材料

4.3.1 热缩防水帽（以下简称防水帽）、热缩带和热缩补口套（以下简称补口套）统称为辐射交联热缩材料。规范中没有采用聚丙烯作为热缩材料的主要原因是，聚丙烯材料属于不收缩材料，如果使其有收缩性能需要改性，且需要实验验证，从以往应用情况来看，应用技术还在不断探讨阶段，目前国内这方面技术还没有达到成熟可靠阶段。

4.3.2 随着化学粘接技术发展，粘接剂性能有很大提高。以往热熔胶最高使用温度不超过 70°C ，适用温度不超过 50°C 。环氧树脂胶，耐温高达 110°C 以上，适用温度达到 70°C 。粘接强度也由过去 35N/cm 提高到 70N/cm ，提高了粘接防水效果和补口质量，与原标准比，本规范分别对基材、底胶和底漆性能指标提出了指标具体要求，便于使用者正确选择材料。

4.4 保温材料

4.4.1 聚氨酯泡沫塑料由聚醚多元醇、异氰酸酯和助剂等组成。目前，行业通用的做法是利用组合聚醚直接发泡，严格讲，组合聚醚是由各种不同官能度聚醚多元醇和助剂所组成的混合物。助剂作用主要是为了保持泡沫塑料稳定性和工艺性，通常由表活剂、催化剂和发泡剂组成，其中发泡剂具有常温挥发性，必须随用随配。传统的发泡剂为 CFC-11，破坏大气臭氧层，联合国环境署已经禁用。国内外普遍应用了 141B、环戊烷或水作为发泡剂，即为无氟发泡剂。

4.4.2 组合聚醚作为有机混合物，最佳存放期为 6 个月左右，超过存放期，组合聚醚中的助剂分层，极易影响发泡质量。为确保材料工艺适用

性，参考《聚氨酯材料手册》、《异氰酸酯》等，新增了组合聚醚检验项目有：粘度、官能度。

(1) 官能度：官能度是决定聚氨酯体型结构的重要参数，官能团数目的不同，制成的聚氨酯性能也不同。柔性泡沫塑料，官能度 2—3，半硬质泡沫塑料，官能度 3—3.5，以上为线型结构聚氨酯，硬质聚氨酯泡沫，官能度必须 3—8，为体型结构聚氨酯。官能度决定泡沫性能，限制官能度数，可帮助预制厂正确选择合格原料。

(2) 粘度：组合聚醚是由聚醚多元醇和聚酯多元醇组成的混合物。聚醚多元醇通常包括乙二胺聚醚、403 聚醚等。粘度指标表明了该混合物中各组份的基本比例范围，对确保采购原料的基本物理性能和工艺性很必要。

指标中未列出聚氨酯泡沫塑料的酸碱度指标，一是因为聚氨酯作为硬质材料，酸碱度测定只能靠水解或萃取方法，目前国内尚无此检验标准；二是聚氨酯材料只有在吸水以后，才能呈酸性，反应彻底的聚氨酯通常呈中性。

4.4.4 表 4.4.3-1 中羟值规定为 470~710，其原因是耐高温聚醚通常由聚酯多元醇和聚醚多元醇组成。聚酯多元醇羟值为 750，聚醚多元醇的羟值为 470~510，两者混合后所形成的耐高温多元醇其羟值范围在 470~710 之间。

4.5 防护层材料

4.5.1 聚乙烯专用料是制造黄色聚乙烯和黑色聚乙烯的主要原材料。由于本规范仅限于埋地管道保温结构，未包括架空结构，外护层可使用黄色聚乙烯，便于一步法工艺操作要求。事实上，黄色聚乙烯层只有长期暴露在紫外线下照射，才产生开裂。国内架空管道外护层通常采用黑夹克，国外架空集输管道采用喷涂聚脲等，可耐老化。

4.5.3 耐温在 100~120℃之内保温管道，个别地段需要架空，采用管中管生产工艺，通常使用黑色聚乙烯。

4.5.4 与聚乙烯防护层比，国内埋地供热管道在 100~120℃之内，外护管也采用过玻璃钢外护层，但玻璃钢外护层只能用于埋地，架空易粉化失效。二者各有特点，可由用户和设计者选择应用。

5 防腐保温管道预制

5.1 生产准备

生产准备工作十分重要，原条款提出的准备工作仅是工序准备，而工序准备是准生产状态，即生产的开始阶段。本规范则将生产准备过程归纳为生产条件的准备过程，包括：材料、设备、环境及工艺条件。

5.1.1 明确了防腐厂应加强钢管质量检查，对防腐厂而言，不合格主要指影响由于钢管的缺陷而影响保温层整体质量的缺陷，如：钢管的弯曲度、椭圆度等。防腐厂应加强钢管质量缺陷的检查，并剔除缺陷钢管，以保证管道保温层整体工程质量。

作为化学反应，工艺条件是保证产品质量的关键，不论那种工艺，都需要反应温度、乳化时间和固化时间，由于各防腐厂采用的原料厂家不同，对乳化时间和固化时间不做统一规定，但发泡前需要验证材料适应性。同时，在普通环境条件基础上，又同时增加了工艺条件，见 5.1.3 环境及工艺条件。

5.2 钢管表面预处理

钢管表面处理是否合格，直接影响防腐层粘接力，质量过硬的防腐厂，40%的成本放在钢管表面处理上，本规范将钢管表面处理单独作为一节内容，强调了重要性，也可作为产品工序质量的停检点加以控制。由于防腐层选择材料不同，决定了底层预处理质量的不同，因此规定采用与防腐层相适应的除锈级别和锚纹深度。

5.4 “一步法”成型工艺

“一步法”成型工艺，输送介质温度不超过 100℃保温管道预制，通常采用一次包覆成型工艺，一步法工艺关键是挤出机加热、材料预热和甲乙组份配比等，多异氰酸酯与组合聚醚配比为 1.1: 1。

5.5 “管中管”成型工艺

“管中管”成型工艺，实际应用的“管中管”成型有两种发泡工艺，即常压发泡和高压发泡。常压发泡适用于预制输送介质不超过 100℃埋地保温管道。高压发泡适用于预制输送介质温度在 100℃~120℃内的埋地保温管道。对于输送介质温度为 100℃~120℃的埋地管道保温层，多异氰酸酯与组合聚醚配比为 (1.3~1.4): 1，管道内部预埋报警线，管端接头采用专用接线盒安装，按设计要求选择电阻率。

5.6 端面处理工艺

本规范规定了不同工艺方法，不同外护层，应采用不同的端面处理工艺。特别是环境温度低时，“一步法”由于聚乙烯层和聚氨酯保温层收缩率不同，需要“二次切头”。玻璃钢作防护层，端面可采用手工粘糊玻璃钢层工艺做防水层。

6 质量检验

6.1 生产过程质量检验

生产过程质量检验，包括表面预处理质量检验、防腐过程控制和防腐层外观质检查，较原标准层次更清晰，操作性更强。表 6.1.5-1 规定了输送介质温度不超过 100℃的”一步法”和”管中管”防护层厚度和偏差，防护层规定了最小厚度指标。其中”一步法”工艺增加了 $\phi 159\sim\phi 377$ 和 $\phi 377$ 以上规格管道的厚度要求。表 6.1.5-2 规定了输送介质温度在 100℃~120℃外护管外径和壁厚值，增加了最大外护管规格到 $\phi 1200$ 。

6.2 产品出厂质量检验

产品出厂质量检验，规定了产品检验批次、项目和型式检验条件。虽然要求每连续生产 5km（或不足 5km）抽检 1 根，但对防护层、保温层、防护管也分别规定了相应检测项目。

7 标识、储存与运输

7.0.1 增加标识便于产品跟踪和售后服务，采取喷标形式，提高了预制水平。检验合格的防腐保温管应在距管端 350mm 处喷涂产品标识。内容包括：生产厂家、钢管规格、长度、执行标准。随产品提供合格证，内容包括：产品名称、生产厂家、生产日期、班次和质检员代号。

7.0.2 用钢丝绳吊装易损坏泡沫夹克层，加以规定十分必要。

7.0.3 防腐保温管场地不好会使防护层、保温层及防腐层遭到破坏。当防腐保温管有接堆放在地上时，地上的铁块，碎石均易扎破防护层、保温层及防腐层，存放场地周围有积水，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。

8 补口及补伤

8.1 技术要求

8.1.1 根据多次现场防腐保温管道的腐蚀失效分析发现，凡是出现质量问题的防腐保温管道，其中 70%~85%均是因补口处密封不良造成的。某油田生产系统腐蚀监测公报显示，其地下水含有 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等，多种腐蚀离子的共同作用，导致地下水的 pH 值为 6.0~7.0，偏酸性，一旦进入泡沫夹管内，将加速腐蚀。补口接头处进水后，水自泡沫向内浸透，浸透的深度由地下水位的变化情况及泡沫的闭孔率决定。进入保温层的水很难自行排除掉，随着季节及雨量变化，泡沫含水量也在不断变化，由于输油管道温度较高，因此在水饱和的状态下，管道经常处于半干半湿状态，使管道发生短距离的氧浓差电池腐蚀的危险增

加，这种腐蚀主要发生在管道的中下部，一般为局部坑蚀，对管道的威胁较大，因此，严密的保温层补口结构十分重要。

原标准中规定防护层补口必须用补口套，其主要原因是当时的补口带材料还有待提高，随这材料技术的不断进步，近些年对补口带的应用也越来越多，其产品技术水平也得到了较大提高，另外在某些工程采用补口套也受到施工环境等条件的限制。在本规范中鼓励采用新型材料作为可靠的防护层补口材料。

8.1.2 利用喷（抛）除锈可以提高防腐层与钢管表面的粘结力，规定补口表面处理达到 Sa2 级以上或 St3，现场喷射除锈设备还没有在所有工程中采用，且喷射除锈设备操作较复杂，故在现场还允许采用机械除锈方式。如果能在工厂预制时就对管端进行高质量喷（抛）除锈，并且采用好的保护措施，那么管道到达现场时，只需要实施简单处理就可达到高质量除锈等级。现在已在一些重要工程予以采用。

8.1.4 目前多数补口带使用最高使用温度 70℃，耐温越高，其成本也越高，但大多数集输管道工作温度不超过 70℃，因而规定了介质温度低于 70℃时，直接使用辐射交联聚乙烯热收缩带或聚乙烯胶粘带，自带的底胶与钢管粘接。当介质温度高于 70℃时，底层宜采用环氧底漆防腐。

补口带的规格必须与管径相配套，配套的补口带其施工后，存在与补口带中的残余应力较小，其密封性能能够得到保障。

规定钢管与防水帽必须干燥，无油污、泥土、铁锈等杂物是为了保证防水帽与钢管粘接的必要条件；除去防水帽的飞边，用木锉将防水帽打毛以及保证补口带与防水帽的搭接长度是增加防水帽的粘接面积，提高粘接力。

补口带周向搭接必须在管道顶部，目的是方便对补口带接缝处理。

8.1.5 在温度条件合适的情况下，优先采用现场发泡方式。当外部温度较低，发泡困难或发泡质量受环境影响较大时，可采用保温瓦块式结构。保温材料采用硬质保温瓦时，保温瓦的接缝应互相错缝，所有缝隙间应密实嵌缝。保温管模具发泡两端搭接长度大于 100 mm，保证了严密性。补口套与防护层搭接长度大于 100 mm，保证了环缝粘接强度。

8.1.6 非管中管补口防护层推荐采用辐射交联热收缩套（带），管中管工艺生产的保温管补口防护层可以使用电热熔技术的补口，实际采用过程中应充分考虑保温管防护层厚度，保温管防护层厚度只有足够厚时，该补口技术才有效，这一点应特别注意。

8.1.7 损伤的深度比例从十分之一至三分之一厚度，其相对应的防护层厚度应是从最厚到最薄。

8.1.8 损伤深度大于 10mm 时，其防护层已经失去其作用，应按补口方式进行修补。

8.2 现场质量检验

主要规定了现场补口质量检验项目、方法和步骤，重点检查发泡质量，热缩套与防护层粘接强度不小于 50N/CM，特别对电热熔焊接补口要求进行气密性检验。

要求现场对防腐层采取严格措施进行检测，因为管道最薄弱的地方就是补口处，并且补口都是现场施工安装，施工条件远无法与工厂预制相比，从调查研究中发现，管道防腐失效主要是补口部位腐蚀失效，补口防腐层是补口最后的安全屏障，严格按照设计厚度施工是管道保证长期安全稳定运行的关键防腐蚀措施，应引起各方的注意。

9 安全、卫生及环境保护

是新增加内容，由于人们环保意识增强和业主对环境条件要求提高，本规范对此作了相应规定。

10 竣工文件

用户要求的资料包括产品过程控制质量检验资料，产品原材料检验报告等，通常由预制厂作为产品档案保存。当用户需要时，可以提供复印件。