



中华人民共和国国家标准

GB/T 29046—2012

城镇供热预制直埋保温管道 技术指标检测方法

Test methods of technical specification for pre-insulated directly
buried district heating pipes

2012-12-31 发布

2013-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 保温管道外观和结构尺寸检测 3

5 保温管道材料性能检测 4

6 热水直埋保温管道直管的性能检测 23

7 热水保温管道接头的性能检测 33

8 热水保温管道管件的质量检测 35

9 热水保温管道阀门的性能检测 39

10 保温管道报警线性能检测 40

11 蒸汽直埋保温管道性能检测 41

12 蒸汽直埋保温管道管路附件的质量检测 42

13 蒸汽直埋保温管道外护管防腐涂层性能检测 43

14 主要检测设备、仪表及其准确度 46

15 数据处理和测量不确定度分析 48

16 检测报告 48

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国城镇供热标准化技术委员会(SAC/TC 455)归口。

本标准起草单位:北京市公用事业科学研究所、北京豪特耐管道设备有限公司、城市建设研究院、河北昊天管业股份有限公司、北京市建设工程质量第四检测所、天津市管道工程集团有限公司保温管厂、大连开元管道有限公司、大连益多管道有限公司、天津市宇刚保温建材有限公司、唐山兴邦管道工程设备有限公司、天津津能管业有限公司、河南中科防腐保温工程有限公司、中国中元国际工程公司。

本标准主要起草人:杨金麟、白冬军、杨健、贾丽华、周曰从、张建兴、刘瑾、丛树界、叶连基、闫必行、邱华伟、江彪、于桂霞、郑中胜、牛三冲、张金玲、周抗冰、吴江、胡全喜、冯文亮、高雪、沈旭。

引 言

为使我国预制直埋保温管道产品进一步向着标准化、规范化生产的方向发展,严格控制产品的质量,切实保证管道的长期使用寿命,需要统一预制直埋保温管道产品的各项技术性能指标,并制定相应配套的、先进可操作的检验测试方法标准。

对于热水供热预制直埋保温管道的检测参考了 EN 253:2009《用于区域供热热水管网 由工作钢管、聚氨酯保温层和高密度聚乙烯外护管组成的预制直埋保温管》的性能检测试验方法及其 2003 版的部分性能检测试验方法;热水保温管件、保温接头、保温管道阀门的检测分别参考了 EN 448:2009《用于区域供热热水管网 由工作钢管、聚氨酯保温层和高密度聚乙烯外护管组成的预制直埋保温管件》、EN 489:2009《用于区域供热热水管网 由工作钢管、聚氨酯保温层和高密度聚乙烯外护管组成的预制直埋保温管道接头》、EN 488:2003《用于区域供热热水管网 由工作钢管、聚氨酯保温层和高密度聚乙烯外护管组成的预制直埋保温管道钢制阀门》的检测试验方法;对于蒸汽供热预制直埋保温管道的保温性能检测参考了 ASTM C653:1997(R2007)《低密度纤维毡热阻系数的测定方法》和 ASTM C411:2005《高温绝热材料热面性能试验方法》的检测试验方法。同时也采纳了一些在国内保温管道生产、施工和检测工作实践中认为科学、实用、操作性强的检测试验方法。

城镇供热预制直埋保温管道 技术指标检测方法

1 范围

本标准规定了城镇供热预制直埋保温管道技术指标检测的术语、保温管道外观和结构尺寸检测、保温管道材料性能检测、热水直埋保温管道直管的性能检测、热水供热保温管道接头的性能检测、热水供热保温管道管件的质量检测、热水供热保温管道阀门的性能检测、保温管道报警线性能检测、蒸汽直埋保温管道性能检测、蒸汽直埋保温管道管路附件质量检测、蒸汽直埋保温管道外护管防腐涂层性能检测及主要测试设备、仪表及其准确度、数据处理和测量不确定度分析、检测报告等。

本标准适用于城镇供热预制直埋热水保温管道和城镇供热预制直埋蒸汽保温管道技术指标的检测；供热管道的各类预制直埋管路附件以及直埋管道接口部位技术指标的检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 241 金属管 液压试验方法

GB/T 699 优质碳素结构钢

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法

GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法

GB/T 1463 纤维增强塑料密度和相对密度试验方法

GB/T 1549 纤维玻璃化学分析方法

GB 3087 低中压锅炉用无缝钢管

GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管

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 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 5464 建筑材料不燃性试验方法

GB/T 5480 矿物棉及其制品试验方法

GB/T 5486 无机硬质绝热制品试验方法

GB/T 6343 泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定

GB/T 6671 热塑性塑料管材 纵向回缩率的测定

GB/T 8163 输送流体用无缝钢管

GB/T 8237 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 8804(所有部分) 热塑性塑料管材 拉伸性能测定

GB/T 8806 塑料管道系统 塑料部件 尺寸的测定

GB/T 8813 硬质泡沫塑料 压缩性能的测定

GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管

GB/T 10294 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法

GB/T 10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法

GB/T 10296 绝热层稳态传热性质的测定 圆管法

GB/T 10297 非金属固体材料导热系数的测定 热线法

GB/T 10299 保温材料憎水性试验方法

GB/T 10699 硅酸钙绝热制品

GB/T 10799 硬质泡沫塑料 开孔和闭孔体积百分率的测定

GB/T 11835 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品

GB/T 13021 聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定 热失重法

GB/T 13350 绝热用玻璃棉及其制品

GB/T 13464 物质热稳定性的热分析试验方法

GB/T 13927 工业阀门 压力试验

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/T 16400 绝热用硅酸铝棉及其制品

GB/T 17146 建筑材料水蒸气透过性能试验方法

GB/T 17391 聚乙烯管材与管件热稳定性试验方法

GB/T 17393 覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范

GB/T 17430 绝热材料最高使用温度的评估方法

GB/T 18252 塑料管道系统 用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静压强度

GB/T 18369 玻璃纤维无捻粗纱

GB/T 18370 玻璃纤维无捻粗纱布

GB/T 18475 热塑性塑料压力管材和管件用材料分级和命名 总体使用(设计)系数

GB/T 23257—2009 埋地钢质管道聚乙烯防腐层

GB 50683 现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范

HG/T 3831 喷涂聚脲防护材料

JB/T 4730 承压设备无损检测

JC/T 618 绝热材料中可溶出氯化物、氟化物、硅酸盐及钠离子的化学分析方法

JC/T 647 泡沫玻璃绝热制品

SY/T 0315 钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范

SY/T 5037 低压流体输送管道用 螺旋缝埋弧焊钢管

SY/T 5257 油气输送用钢制弯管

JJF 1059 测量不确定度评定与表示

ISO 8296 塑料 薄膜和薄板 湿润表面张力的测定(Plastics—Film and sheeting—Determination of wetting tension)

ISO 16770 塑料 聚乙烯环境应力断裂(ESC)的测定 全切口蠕变试验(ENCT)[Plastics—Determination of environmental stress cracking(ESC)of polyethylene—Full-notch creep test(FNCT)]

API SPEC 5L 管线钢管规范(Specification for Line Pipe)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

供热管道保温结构表观导热系数 equivalent thermal conductivity of thermal insulation construction for heating pipes

实验室模拟测试时,由供热管道上测定的热流密度、工作钢管表面温度和外护管表面温度计算所得的保温结构等效导热系数。

3.2

老化处理 ageing treatment

按照供热管道预期使用寿命与连续工作绝对温度之间的关系式,使外护管始终处于室温环境,将工作钢管升温至一个高于正常使用的温度,保持恒温至关系式中该温度所对应的时间。

3.3

抗长期蠕变性能测试 test for long term creep resistance

使供热管道工作钢管升温到比正常使用温度高的一定温度点,保持恒定。施加径向作用力,测定保温材料在使用期内的径向位移。

3.4

热面性能测试 hot surface performance test

模拟保温管道设计工况,保温结构热面为最高使用温度,冷面为室温环境。恒温稳定一定时间后,测试保温结构的保温性能,并检测保温结构和材料的状况。

4 保温管道外观和结构尺寸检测

4.1 外护管表面

采用目测检查保温管道外护管表面或防腐层有无凹坑、鼓包、裂纹及挤压变形等缺陷,采用卡尺和钢直尺测量其划痕和变形深度及长度。

4.2 端面垂直度

采用钢直尺和角度尺测量其端面与工作钢管轴线垂直度偏差,检查保温管两端保温结构是否平整。

4.3 保温层厚度

在管道的两个端面上,沿环向均匀分布位置,用钢直尺或深度尺分别测量不少于4处的保温层厚度尺寸,计算其算术平均值为保温层厚度。

4.4 管道端面聚氨酯保温层结构

4.4.1 目测检查聚氨酯保温层是否存在挤压变形。用钢直尺和深度尺测量挤压变形量值,并计算变形量占设计保温层厚度的百分数。

4.4.2 检查管端的聚氨酯泡沫与工作钢管及外护管是否紧密粘接。采用塞尺、钢直尺和钢围尺测量聚氨酯泡沫脱层的间隙径向尺寸、轴向深度和环向弧长。

4.5 工作钢管焊接预留段长度

用钢直尺测量工作钢管焊接预留段尺寸。

4.6 轴线偏心距

在管道的两个端面上,目测找到同一直径上的最大和最小保温层厚度位置,采用分度值为1 mm的钢直尺,分别测量不少于4个直径方向上的保温层厚度。当端面不垂直平整时,采用长钢直尺延伸外护管表面长度,再测量保温层厚度。保温管道外护管与工作钢管的最大轴线偏心距按式(1)计算:

$$C=\frac{h_1-h_2}{2}$$

.....(1)

式中：

- C——最大轴线偏心距,单位为毫米(mm)；
- h_1 ——保温层的最大厚度,单位为毫米(mm)；
- h_2 ——与测量的 h_1 位于同一直径上的保温层最小厚度,单位为毫米(mm)。

5 保温管道材料性能检测

5.1 工作钢管

- 5.1.1 工作钢管材质、尺寸和性能的检测按 GB 3087、GB/T 3091、GB/T 8163、GB/T 9711、SY/T 5037、API SPEC 5L 的规定执行。钢管液压测试应按 GB/T 241 的规定执行。
- 5.1.2 采用分度值为 1 mm 的钢直尺、钢卷尺,精度为 0.02 mm 的游标卡尺测量工作钢管的公称直径、外径及壁厚。
- 5.1.3 采用目测检查工作钢管的表面质量。

5.2 保温材料

5.2.1 聚氨酯泡沫塑料

5.2.1.1 制备试样的基本要求

聚氨酯泡沫塑料各项性能检测的试样,应在室温(23±2)℃下存放 72 h 后的保温管道上切取,取样点应距管道保温层两端头大于 500 mm 处。取样时应去除紧贴工作钢管和外护管的泡沫皮层,去除皮层厚度分别为 5 mm 和 3 mm。多块试样应在保温层同一环形截面均匀分布的位置上切取。

5.2.1.2 泡孔尺寸

- 5.2.1.2.1 沿保温层环向均匀分布的 3 个位置上分别切取 1 块试样,每块试样的尺寸为 50 mm×50 mm× t mm, t 为保温层径向最大允许厚度,但不应小于 20 mm。
- 5.2.1.2.2 用切片器沿每块试样的任意一个切割面切取厚度为 0.1 mm~0.4 mm 的试片。
- 5.2.1.2.3 将两片 50 mm×50 mm 的载玻片,用胶布沿一边粘接成活页状,上层载波片上贴附 1 张印有 30 mm 长标准刻度的透明塑料膜片。
- 5.2.1.2.4 分别将 3 块试片夹在两载波片之间,再将载波片置于投影仪或放大 40 倍~100 倍有标准刻度的读数显微镜之下,调节成像清晰度。在 30 mm 直线长度上计数泡孔数目,并以 30 mm 除以泡孔数目,分别求得每块试片上泡孔的平均弦长。然后计算 3 块试片泡孔的平均弦长。当试片长度不足 30 mm,可在最大长度上计数泡孔数目,再将实际最大长度除以数得的泡孔数目,得到泡孔的平均弦长。
- 5.2.1.2.5 当泡孔结构尺寸在各个方向上明显不均匀时,则应在 3 块试样的 3 个正交方向上各切取试片,求取 9 块试片上泡孔的平均弦长。
- 5.2.1.2.6 平均泡孔尺寸按式(2)计算,计算结果保留两位有效数字。

$$D=\frac{L}{A}$$

.....(2)

式中：

- D ——泡孔平均尺寸,单位为毫米(mm)；
- L ——泡孔平均弦长,单位为毫米(mm)；
- A ——弦长与直径的换算系数,按 0.616 取值。

5.2.1.2.7 采用精度为 0.02 mm 的游标卡尺或千分尺测量试样尺寸。

5.2.1.3 闭孔率

5.2.1.3.1 泡沫闭孔率的测试应按 GB/T 10799 的规定执行。

5.2.1.3.2 试样应取 3 组,每组为 2 个正立方体或 2 个圆柱体。正立方体边长为 25 mm;圆柱体的直径不应小于 28 mm,高为 25 mm。

5.2.1.3.3 用干燥的氮气(或氦气)重复清扫仪器样品室、膨胀室和系统不少于 2 次;隔离膨胀室后,使样品室升压至 20 kPa,待气压稳定时,记录升压值;连通膨胀室系统,待气压稳定时,记录降压后的最终气压值。

5.2.1.3.4 根据升、降压的比值和试样室、膨胀室体积,计算出试样体积,并根据与试样几何体积的比值关系,计算出体积开孔率和闭孔率。

5.2.1.3.5 测试仪器设备:采用气体比重仪测试泡沫闭孔率,应校准仪器的试样室体积和膨胀参考体积,精确至 100 mm³;标准压力传感器的测量范围为 0 kPa~175 kPa,线性精度为 0.1%;尺寸测量采用精度为 0.02 mm 的游标卡尺或千分尺。

5.2.1.4 空洞、气泡

5.2.1.4.1 在距管道外护管端头 1.5 m 处起,沿管道轴线方向每间隔 100 mm 长度,环向切割外护管和泡沫保温层,共切割 5 刀,形成 4 个环状切块,切面应垂直于保温管轴线。依次剥开 4 个环状切块,露出的保温层环形切面应平整完好。

5.2.1.4.2 测量环形切面上的空洞和气泡尺寸。对大于 6 mm 的空洞和气泡(平面上任意方向测量),应在两个相互垂直方向上测量其尺寸,这两个尺寸的乘积定义为空洞或气泡的面积。小于 6 mm 的空洞和气泡不做测量。

5.2.1.4.3 计算各个环形切面上的所有被测空洞和气泡面积之和,该面积之和占总环形切面面积的百分率即为测定的空洞、气泡百分率。

5.2.1.4.4 测试仪器设备:分度值 1 mm 的钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.1.5 密度

5.2.1.5.1 泡沫密度的测试应按 GB/T 6343 的规定执行。

5.2.1.5.2 从管道保温层泡沫的中心切取 3 块试样(不应含有空洞),每块试样的尺寸为 30 mm×30 mm× t mm,其中 t 为保温层径向最大允许厚度,但不应大于 30 mm。试样也可按保温层轴线方向取 30 mm 长的圆柱体,圆柱体直径为保温层径向最大允许厚度,但不应大于 30 mm。

5.2.1.5.3 测量试样的尺寸,单位为毫米(mm),计算尺寸的平均值,并计算试样体积;称量试样,单位为克(g);计算表观密度,取平均值,精确至 0.1 kg/m³。

5.2.1.5.4 测试仪器设备:分辨率 0.01 g 的电子秤或天平;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.1.6 压缩强度

5.2.1.6.1 泡沫压缩强度的测试应按 GB/T 8813 的规定执行。

5.2.1.6.2 从管道保温层泡沫的中心切取 5 块试样,试样尺寸为 30 mm×30 mm× t mm,或直径为 30 mm、高度为 t 的圆柱体。 t 为保温层径向最大允许厚度,但不应小于 20 mm。

5.2.1.6.3 试验机以每分钟压缩试样初始径向厚度 10% 的速率进行压缩,直到试样厚度变为初始厚度的 85%,记录力-位移曲线。

5.2.1.6.4 在试验曲线上找出使试样产生 10% 相对形变的力,分别计算 5 块泡沫试样的径向压缩强度,并取平均值。

5.2.1.6.5 测试仪器设备:试验机的量程为 0 kN~20 kN,精度 0.5 级,试验力和变形示值误差为 ±0.5%,移动速度调节范围为 0.01 mm/min~500 mm/min、相对误差 ±1%;精度为 0.01 mm 的千分尺或精度 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.1.7 吸水率

5.2.1.7.1 从管道保温层泡沫的中心切取 3 块试样,试样尺寸为边长 25 mm 的正立方体;也可沿管道轴向取高度为 25 mm、直径为 25 mm 的圆柱体。试样表面用细砂纸磨光。

5.2.1.7.2 试验室室温保持在(23±2)℃。将试样放入温度设定为 50℃的干燥箱中,干燥 24 h。取出试样放入干燥器中自然冷却,待达到室温后称取并记录试样的质量;将试样重新放入干燥箱中干燥 4 h,再放入干燥器中冷却到室温后称取、记录质量。如此反复进行烘干、冷却和称重,并对比连续两次称重的结果。当连续两次的称重值相差小于 0.02 g 时,则判定试样达到恒重要求,最后一次称重值为试样吸水前的质量 m_0 。

5.2.1.7.3 测量试样线性尺寸,计算试样几何体积 V_0 ,精确到 10 mm³。将试样放入盛有蒸馏水的烧杯中,采用不锈钢丝网压住试样,使水位高出试样上表面 50 mm,试样与试样之间不得互相接触,并用短毛刷除去试样表面的气泡。加热蒸馏水,水沸后保持 90 min。取出试样并立即浸入(23±2)℃水的烧杯中保持 1 h。取出试样后,用清洁滤纸轻轻吸去表面水分,立即称重,得到试样吸水后的质量 m_1 。

5.2.1.7.4 吸水率按式(3)计算:

$$\eta_0 = \frac{m_1 - m_0}{V_0 \times \rho} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- η_0 ——试样吸水率;
- m_0 ——试样吸水前质量,单位为克(g);
- m_1 ——试样吸水后质量,单位为克(g);
- V_0 ——试样的原始体积,单位为立方厘米(cm³);
- ρ ——蒸馏水的密度,单位为克每立方厘米(g/cm³)。

测试结果为 3 块试样数据的算术平均值,取 3 位有效数值。

5.2.1.7.5 测试仪器设备:温度范围为常温至 300℃、控温精度为 ±0.5℃的电热鼓风干燥箱;硅胶干燥器;分辨率为 0.01 g 的电子天平;1 000 mL 烧杯;1 kW 电炉;精度为 0.02 mm 的游标卡尺;分辨率 1℃的温度计;计时器。

5.2.1.8 导热系数

5.2.1.8.1 泡沫导热系数的测试可按 GB/T 10294、GB/T 10295、GB/T 10296、GB/T 10297 中的任何一种方法,以 GB/T 10294 作为仲裁检测方法。

5.2.1.8.2 导热系数测试仪的精度为 ±3%~±5%;数显温度计的精度为 ±0.5℃。

5.2.2 泡沫玻璃绝热制品

5.2.2.1 体积密度

5.2.2.1.1 体积密度的测试应按 JC/T 647 规定的试验方法执行。

5.2.2.1.2 制作 3 块试样,每块试样的尺寸不应小于 200 mm×200 mm×25 mm。

5.2.2.1.3 称取试样质量,测量试样几何尺寸,计算体积密度,取 3 块试样体积密度的算术平均值,精确至 1 kg/m³。

5.2.2.1.4 测试仪器设备:分辨率为 0.1 g 的天平;分度值为 1 mm 的钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.2.2 抗压强度

5.2.2.2.1 抗压强度的测试应按 GB/T 5486 的规定执行。

5.2.2.2.2 制作 5 块试样,每块试样的尺寸为 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 40\text{ mm}$ 。测试前,试样应在 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 温度下烘干至恒定质量。试样上下 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 的两受压面均匀涂刷乳化或熔化沥青,并覆盖沥青油纸,然后在干燥器中至少干燥 24 h。

5.2.2.2.3 在试验机上以 $(10\pm 1)\text{ mm/min}$ 的速度施加荷载,直至试样破坏,记录荷载-压缩变形曲线。

5.2.2.2.4 确定压缩变形 5% 时的荷载为破坏荷载,并按受压面积计算抗压强度。剔除其中 1 块试样偏差较大的测试结果数据,取 4 块试样抗压强度的算术平均值为测试结果。

5.2.2.2.5 测试仪器设备:试验机的要求按 5.2.1.6.5 的规定;温度范围为常温至 300°C ,控温精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的电热鼓风干燥箱;量程为 2 kg,分辨率为 0.1 g 的天平;分度值为 1 mm 的钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.2.3 抗折强度

5.2.2.3.1 抗折强度的测试应按 GB/T 5486 的规定执行。

5.2.2.3.2 制作 5 块试样,每块试样的尺寸为 $250\text{ mm}\times 80\text{ mm}\times 40\text{ mm}$ 。测试前,试样应在 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 温度烘干至恒定质量。在试样的支撑点和施加荷载点位置处,均匀涂刷乳化或熔化沥青,并在涂层上覆盖沥青油纸,然后再在干燥器中至少干燥 24 h。

5.2.2.3.3 试验机支座辊轴与加压辊轴的直径应为 $(30\pm 5)\text{ mm}$,调整两支座辊轴间距不应小于 200 mm,加压辊轴应位于两支座辊轴正中,且应保持互相平行。试验机以 $(10\pm 1)\text{ mm/min}$ 的速度施加荷载,记录试样的最大破坏荷载。

5.2.2.3.4 按试样尺寸和最大破坏荷载计算抗折强度,剔除其中 1 块试样偏差较大的测试结果数据,以 4 块试样抗折强度的算术平均值作为测试结果。

5.2.2.3.5 测试仪器设备:试验机的要求同 5.2.1.6.5 规定;温度范围为常温至 300°C ,控温精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的电热鼓风干燥箱;分度值为 1 mm 的钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.2.4 体积吸水率

5.2.2.4.1 体积吸水率的测试应按 JC/T 647 规定的试验方法执行。

5.2.2.4.2 制作 3 块试样,每块试样的尺寸为 $450\text{ mm}\times 300\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ 。

5.2.2.4.3 称取试样质量,测量试样几何尺寸。将试样放入盛有 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 自来水的水箱中,试样各边与水箱壁的距离不应少于 25 mm,浸泡时间为 2 h。

5.2.2.4.4 取出试样并吸干表面水分后,再称取试样质量。按吸水前后的质量差及其几何体积,计算其体积吸水率。以 3 块试样吸水率的算术平均值作为测试结果。

5.2.2.4.5 测试仪器设备:分辨率为 0.1 g 的天平;分度值为 1 mm 的钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.2.5 透湿系数

5.2.2.5.1 透湿系数的测试应按 GB/T 17146 规定的干燥剂法进行。

5.2.2.5.2 制作 3 块试样,每块试样的厚度为 20 mm,长、宽不应小于 80 mm。

5.2.2.5.3 试样密封并夹紧在试样盘上,采用蜡封将试样边缘和不应暴露的部位封闭,测量试样在盘中暴露于水蒸汽的区域面积。试样下面放有干燥剂(无水氯化钙或硅胶),与试样下表面之间留有 6 mm 的间隙。将该试样盘组件放入温度为 $23^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(90\pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱内,使试样暴露面朝上,测定水蒸气通过试样进入干燥剂的速度。

5.2.2.5.4 定时对试样盘组件称重并记录质量、时间和温湿度。用质量变化值对时间作出一条曲线，开始时质量变化较快，逐渐变化速率达到稳定状态，测试曲线趋于直线，直线的斜率即为湿流量。当吸水量超过干燥剂初始质量的一定比例（无水氯化钙为 10%、硅胶为 4%）之前，结束试验。

5.2.2.5.5 结果计算：

a) 湿流密度按式(4)计算：

$$g = \frac{\Delta m / \Delta t}{A} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- g ——湿流密度，单位为克每平方米秒 $[g/(m^2 \cdot s)]$ ；
- Δm ——质量变化，单位为克(g)；
- Δt ——时间间隔，单位为秒(s)；
- $\Delta m / \Delta t$ ——直线斜率即湿流量，单位为克每秒(g/s)；
- A ——试样暴露面积，单位为平方米(m^2)。

b) 透湿率按式(5)计算：

$$w_p = \frac{g}{\Delta p} = \frac{g}{p_s(R_{H1} - R_{H2})} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- w_p ——透湿率，单位为克每平方米秒帕 $[g/(m^2 \cdot s \cdot Pa)]$ ；
- Δp ——水蒸气压差，单位为帕(Pa)；
- p_s ——试验温度下的饱和水蒸气压(查表)，单位为帕(Pa)；
- R_{H1} ——高水蒸气压一侧(恒温恒湿箱内)的相对湿度，%；
- R_{H2} ——低水蒸气压一侧(干燥剂处)的相对湿度，%。

c) 透湿系数按式(6)计算：

$$\delta_p = w_p \times L \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- δ_p ——透湿系数，单位为克每米秒帕 $[g/(m \cdot s \cdot Pa)]$ ；
- L ——试样厚度，单位为米(m)。

以 3 块试样透湿系数的算术平均值作为测试结果。

5.2.2.5.6 测试仪器设备：温度范围为 0℃～150℃、相对湿度为 30%～98%的恒温恒湿箱；精度为±1℃的温度计、精度为±2%的湿度计；分辨率为 0.01 g 的天平。

5.2.2.6 导热系数

泡沫玻璃材料导热系数的测试方法同 5.2.1.8。

5.2.2.7 浸出液的离子含量

5.2.2.7.1 浸出液离子含量的测试应按 JC/T 618 的规定执行。

5.2.2.7.2 称取 20 g 试样，磨碎后放入烧杯，加 500 mL 水搅拌 2 min，称量烧杯、试样和水的总质量。煮沸并保持(30±5)min，冷却后加水至原总质量，搅拌均匀，制成浸出液。再以 1 000 r/min 高速离心 3 min，将上层清液约 300 mL 作为试液。

5.2.2.7.3 浸出液离子含量测定方法：

- a) 氯化物测定采用分光光度计法，试剂为硝酸、硝酸铁溶液和硫氰酸汞溶液；氯化物也可采用电位滴定法测定，试剂为乙醇、硝酸、硝酸钾和氯化钾溶液，以银-硫化银电极为测量电极，甘汞电极为参比电极，用硝酸银标准滴定溶液滴定，按电位突跃确定反应终点。

- b) 氟化物测定采用分光光度计法,试剂为硝酸锆、依来铬菁 R。
- c) 硅酸盐测定采用硅钼黄法,试剂为乙醇、盐酸、钼酸铵和二氧化硅标准溶液,用分光光度计测定硅含量;硅酸盐测定也可采用硅钼蓝法,试剂为乙醇、盐酸、钼酸铵和二氧化硅标准溶液,再用抗坏血酸将试液还原成蓝色,用分光光度计测定硅含量。
- d) 钠离子的测定采用原子吸收分光光度计法,试剂为盐酸、钠标准溶液和比对溶液,用原子吸收分光光度计测定钠含量。

5.2.2.7.4 测试仪器设备:分辨率为 0.1 g 的天平;精度为 0.2 mV/格、量程为 -500 mV~+500 mV 的电位计;银-硫化银测量电极;双液接型饱和甘汞参比电极;分度值为 0.02 mL 或 0.01 mL 微量滴定管;波长范围 190 nm~1 100 nm、波长精度 ± 0.5 nm、光度测定范围 0.0%T~125%T 的可见分光光度计;波长范围 190 nm~900 nm、波长精度 ± 0.5 nm、火焰/石墨炉系统原子吸收分光光度计。

5.2.3 绝热用玻璃棉及其制品

5.2.3.1 检测项目

绝热用玻璃棉及其制品性能检测项目应执行 GB/T 13350 的规定。

5.2.3.2 纤维平均直径

5.2.3.2.1 纤维平均直径的测试应按 GB/T 5480 的规定执行,可采用显微镜法或气流仪法测定纤维平均直径,以显微镜法为仲裁方法。

5.2.3.2.2 显微镜法:抽取 1 g 左右的纤维放在一块载玻片上,共计 3 块载玻片,分别用显微镜逐一地测 100 根纤维的平均格数,并换算成纤维平均直径。

5.2.3.2.3 气流仪法:使气流通过定容定量的纤维,利用特定条件下纤维直径与空气流量之间存在的函数关系来计算出纤维的平均直径。纤维试样应经过约 550 °C、30 min 灼烧,去除粘结剂后缩分。

5.2.3.2.4 测试仪器设备:放大倍数 800 倍以上、分辨率为 0.5 μm 的显微镜;最大量程 200 g、分辨率为 0.01 g 的天平;气流流量范围为 1.0 L/min~6.5 L/min、压差为 1 960 Pa 的气流式纤维测定仪;最高温度为 1 000 °C、控温精度 ± 10 °C 的高温炉。

5.2.3.3 渣球含量

5.2.3.3.1 渣球含量的测试应按 GB/T 5480 的规定执行。

5.2.3.3.2 制作 3 块试样,每块切取试样的全厚度,质量 11 g 左右。在 (500 \pm 20) °C 的高温炉中灼烧 30 min 以上,除尽粘结剂后称重,精确到 0.01 g。

5.2.3.3.3 试样在压样器中压制后放入量杯内,加入 50 mL 表面活性剂溶液并充分搅拌,再倒入分离装置中加水分离,使纤维分散、悬浮,水流量为 120 mL/min~180 mL/min,分离 10 min;将排出的渣球经 105 °C~300 °C 烘干不少于 20 min,再用孔径不大于 0.25 mm 的筛分装置进行 15 min 的筛分,然后称量渣球并计算渣球含量。以 3 块试样渣球含量的算术平均值作为测试结果。

5.2.3.3.4 测试仪器设备:内径为 $\phi 80$ mm、总高度为 380 mm 的分离筒;量程到 200 mL/min 的玻璃转子流量计;最大量程为 200 g、分辨率为 0.01 g 的天平;温度范围为常温至 300 °C、控温精度为 ± 2 °C 的电热鼓风干燥箱;最高温度为 1 000 °C、控温精度 ± 10 °C 的高温电炉。

5.2.3.4 含水率

5.2.3.4.1 含水率的测试应按 GB/T 16400 的规定执行。

5.2.3.4.2 称取试样 10 g,精确到 0.1 mg,共 3 份。

5.2.3.4.3 试样在 (105 \pm 2) °C 的干燥箱中反复干燥、称重,直至恒重,按烘干前后的质量变化计算含水

率。以 3 份试样含水率的算术平均值作为测试结果。

5.2.3.4.4 测试仪器设备:温度范围为常温至 300℃,控温精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 的电热鼓风干燥箱;最大量程为 100 g,分辨率为 0.1 mg 的天平。

5.2.3.5 导热系数

玻璃棉材料导热系数的测试方法同 5.2.1.8。

5.2.3.6 尺寸及密度

5.2.3.6.1 玻璃棉及其制品的尺寸及密度测试应按 GB/T 5480 的规定执行。

5.2.3.6.2 毡的厚度可在翻转或抖动后立即测定。将毡制品平放在玻璃板上,在宽度方向距两边各 100 mm 的平行线上,用钢直尺或钢卷尺测量长度各 1 次,取两次测量结果的算术平均值为长度尺寸;在长度方向距两边各 100 mm 和中间位置的三条平行线上,用钢直尺或钢卷尺测量宽度各 1 次,取三次测量结果的算术平均值为宽度尺寸;用 4 个测点测量厚度:在长度方向距两端各 100 mm 的两条平行线上,分别在正中位置和距宽边 100 mm 位置各取 1 个测点,在宽度的中线上取 1 个测点,再在距宽边 100 mm 平行线的中间取 1 个测点,4 个测点应分散均匀分布。将针形厚度计压板轻放到各个厚度测点上,在针插入试样与玻璃板接触 1 min 后读取厚度尺寸,取 4 个测点测量结果的算术平均值为厚度尺寸。然后称出试样的质量,计算试样密度。

5.2.3.6.3 测试仪器设备:最大量程为 5 000 g,分辨率为 1 g 的电子秤;分度值为 1 mm,压板压强 49 Pa,压板尺寸为 200 mm \times 200 mm 的针形厚度计;分度值为 0.1 mm,压板压强 98 Pa 测厚仪;分度值为 1 mm 钢直尺或钢卷尺;精度为 0.02 mm 游标卡尺。

5.2.3.7 燃烧性能

5.2.3.7.1 燃烧性能的测试应按 GB 8624 规定的可燃材料级别要求,并按 GB/T 5464 规定的可燃性试验方法进行试验。

5.2.3.7.2 制作 5 块圆柱体试样,每块试样的直径 $\phi 45^{+0}_{-2}$ mm,高 (50 ± 3) mm。当材料厚度小于 50 mm 时,试样高度可用叠加该材料的层数来保证。

5.2.3.7.3 试样先放入 $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的干燥箱中干燥 20 h~24 h,再置于干燥器中冷却至室温,称量并记录其质量。

5.2.3.7.4 稳定加热炉炉温在 $(750 \pm 5)^\circ\text{C}$ 至少 10 min,将放有试样的试样架装于炉中,立即启动计时器;当炉内、试样中心和试样表面的 3 支热电偶达到温度平衡,即 10 min 内温度变化不超过 2°C 时,记录炉内、试样中心和试样表面的温升,记录试样的火焰持续时间,结束试验。将试样及试验后试样破碎或掉落的所有碳化物、灰和残屑一起放在干燥器中冷却至室温,然后称重。

5.2.3.7.5 计算 5 个试样炉内温升、试样中心和表面温升的算术平均值,炉内平均温升 Δt_f 不应超过 50°C ;计算 5 个试样火焰持续时间的算术平均值,平均火焰持续时间不应超过 20 s;计算 5 个试样质量损失的算术平均值,平均质量损失不应超过原始质量的 50%。

5.2.3.7.6 测试仪器设备:控温精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 的加热炉系统;精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的测温热电偶;温度范围为常温至 300℃,控温精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 的电热鼓风干燥箱;分辨率为 0.1 g 的天平;精度 ± 1 s 的计时仪表。

5.2.3.8 热荷重收缩温度

5.2.3.8.1 热荷重收缩温度的测试应按 GB/T 11835 规定的试验方法进行。

5.2.3.8.2 制作 2 块圆柱体试样,每块试样的直径 $\phi 47$ mm~ $\phi 50$ mm,高 50 mm~80 mm。

5.2.3.8.3 根据玻璃棉毡的种类和密度分级,在 250°C ~ 400°C 范围内选择热荷重收缩温度测试的预定温度点。将试样放入热荷重试验装置的加热容器中,试样上部加荷重板和杆,使压力达到 490 Pa。

以 5℃/min 的升温速率加热,当加热温度升到比预定温度点低约 200℃时,升温速率降为 3℃/min,直至试样厚度收缩率超过 10%时,停止升温。

5.2.3.8.4 求出试样厚度收缩率为 10%时的炉内温度,取 2 块试样测量结果的算术平均值;记录有无冒烟、颜色变化以及气味等现象。

5.2.3.8.5 测试仪器设备:温度范围为常温至 900℃,升温速率控制精度为 $\pm 2^\circ\text{C}/\text{min}$,荷重压力精度为 $\pm 1\%\sim\pm 2\%$ 的热荷重试验装置。

5.2.3.9 腐蚀性

5.2.3.9.1 玻璃棉及其制品对金属的腐蚀性测试应按 GB/T 11835 规定的方法进行,测定玻璃棉在高温条件下对金属的相对腐蚀潜力。

5.2.3.9.2 制作 30 块玻璃棉毡状材料试样,其尺寸为 114 mm \times 38 mm、厚度 $(25.4\pm 1.6)\text{mm}$;制作铜、铝、钢金属试板各 10 块,其尺寸为 100 mm \times 25 mm,铜板厚度 $(0.8\pm 0.13)\text{mm}$ 、铝板厚度 $(0.6\pm 0.13)\text{mm}$ 、钢板厚度 $(0.5\pm 0.13)\text{mm}$ (均选用型材);将消毒棉用丙酮进行溶剂提取 48 h,真空干燥后备用。

5.2.3.9.3 将 3 种各 5 块金属试板分别放入 2 块玻璃棉试样之间,外边用不锈钢丝网平整包裹固定,制成 3 组各 5 个组合试件;用同样方法将其余金属试板分别放入 2 块消毒棉之间,制成三组各 5 个对照组合试件,厚度与以上组合试件相近。

5.2.3.9.4 将试件同时垂直悬挂在温度为 $(49\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(95\pm 3)\%$ 的恒温恒湿箱内。试验时间为:钢板试件 $(95\pm 2)\text{h}$;铜和铝板试件 $(720\pm 5)\text{h}$ 。

5.2.3.9.5 试验结束后,以消毒棉中的金属试板为对照样,检验夹入玻璃棉中金属试板的腐蚀程度。

5.2.3.9.6 测试仪器设备:控温精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ 、控湿精度为 $\pm 3\%$ 的恒温恒湿箱。

5.2.3.10 吸湿率

5.2.3.10.1 吸湿率的测试应按 GB/T 5480 的规定方法进行。

5.2.3.10.2 毡状或板状玻璃棉制品试样尺寸应不小于 150 mm \times 150 mm,厚度为制品原始厚度,制作 3 个试样。用钢直尺和针形厚度计测出试样尺寸。

5.2.3.10.3 试样先在 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥箱中烘干至恒重,记下重量及烘干温度;再放入干燥箱使试样在不低于 60℃的环境中达到均匀温度;然后放入温度 $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(95\pm 3)\%$ 的恒温恒湿箱中保持 $(96\pm 4)\text{h}$ 。取出试样后冷却至室温,然后称重。

5.2.3.10.4 按试样尺寸和试验前后的称重记录数据,计算吸湿率。以 3 块试样吸湿率的算术平均值作为测试结果。

5.2.3.10.5 测试仪器设备:最大量程 200 g,分辨率为 0.01 g 的天平;常温至 300℃、控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的鼓风干燥箱;控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度精度 $\pm 3\%$ 、箱内置样区无凝露的恒温恒湿箱;分度值为 1 mm 钢直尺;分度值为 1 mm,压板压强 49 Pa 的针形厚度计。

5.2.3.11 憎水率

5.2.3.11.1 憎水率测试应按 GB/T 10299 规定的方法进行。

5.2.3.11.2 毡状试样尺寸为 300 mm \times 150 mm,厚度为制品的原始厚度。

5.2.3.11.3 试样经 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥至恒重后称重,用钢直尺和测厚仪测量试样尺寸。

5.2.3.11.4 将试样放置在与水平位置成 45°角的试样架上,调整喷头距试样上端 75 mm 点的高度为 150 mm;以 1 L/min 的稳定水流量喷淋 1 h 后,用皱纹纸吸干表面水滴,立即称重。

5.2.3.11.5 根据喷淋前后试样质量的变化及尺寸计算憎水率。

5.2.3.11.6 测试仪器设备:憎水率试验仪,其凸圆形喷头上均布 19 个 $\phi 0.9\text{ mm}$ 的孔,附带玻璃转子

流量计的流量范围为 10 L/h~100 L/h,精度为 $\pm 1\%$;常温至 300℃、控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的鼓风干燥箱;分度值为 1 mm 的钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺;分度值为 0.1 mm、压板压强 98 Pa 的测厚仪;分辨率为 0.01 g 的天平。

5.2.3.12 吸水率

5.2.3.12.1 吸水率测试应按 GB/T 5480 的规定执行。

5.2.3.12.2 试样尺寸为 150 mm×150 mm,厚度为制品原始厚度。制作 6 块试样。

5.2.3.12.3 测量试样尺寸后在干燥箱中 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥至恒重并称重;然后将试样置于常温水面下方 25 mm 处保持 2 h;取出试样,沥干 5 min 并擦去浮水,称取试样的湿重。

5.2.3.12.4 按试样干、湿重及其尺寸,计算吸水率。以 6 块试样吸水率的算术平均值作为测试结果。

5.2.3.12.5 测试仪器设备:量程 200 g,分辨率为 0.1 g 的天平;分度值为 1 mm 的钢直尺;分度值为 0.1 mm、压板压强 98 Pa 的测厚仪;常温至 300℃、控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的鼓风干燥箱。

5.2.3.13 有机物含量

5.2.3.13.1 有机物含量的测试应按 GB/T 11835 矿物棉及其制品有机物含量试验方法的规定执行。

5.2.3.13.2 称取干燥试样 10 g 以上,放入经过灼烧和称重的蒸发皿或坩埚内,在鼓风干燥箱里 $105^\circ\text{C}\sim 110^\circ\text{C}$ 烘干至恒重后,置于干燥器中冷却至室温,将试样连同器皿一起称重。

5.2.3.13.3 然后放入马弗炉内,以 $(500\pm 20)^\circ\text{C}$ 灼烧 30 min 以上,再置于干燥器中冷却至室温后一起称重,计算有机物含量。

5.2.3.13.4 测试仪器设备:量程 100 g,分辨率为 0.1 mg 的天平;常温至 300℃、控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的鼓风干燥箱;最高温度为 1 000℃,控温精度 $\pm 10^\circ\text{C}$ 的高温炉;干燥器。

5.2.3.14 最高使用温度

5.2.3.14.1 最高使用温度测试应按 GB/T 17430 的规定执行。

5.2.3.14.2 截取一段长度不小于 2.5 m、用玻璃棉制作保温层的保温管道为试样,按圆管法试验方法,使保温结构内层热面温度为最高使用温度,外层为室温,保持恒温 96 h 进行测试。

5.2.3.14.3 试验后,目测检查玻璃棉保温层是否完整,观察外观的变化。检测玻璃棉密度、导热系数的变化。

5.2.3.14.4 测试仪器设备:圆管法热传递测试装置,含控温热源、精度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 的温度传感器、精度为 $\pm 4\%$ 的热流传感器;精度为 0.02 mm 的游标卡尺;长度为 1 m 的钢直尺。

5.2.4 绝热用硅酸铝棉

5.2.4.1 体积密度

5.2.4.1.1 硅酸铝棉的体积密度测试应按 GB/T 5480 规定的密度测量桶方法执行。

5.2.4.1.2 将用天平称量的 100 g 试样均匀放入密度测量桶的外桶内,使内桶与棉贴实,5 min 后测量内、外桶高度差。计算体积密度。

5.2.4.1.3 测试仪器设备:最大量程 200 g,分辨率 0.01 g 的天平;密度测量桶:外桶内径 150 mm,内桶外径 149 mm、质量 8.8 kg,内外桶高度均为 150 mm;分度值为 1 mm 钢直尺;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.4.2 含水率

含水率测试同 5.2.3.4。

5.2.4.3 导热系数

硅酸铝棉的导热系数测试方法同 5.2.1.8。

5.2.4.4 吸湿率

吸湿率测试同 5.2.3.10,按 GB/T 5480 的规定执行。

5.2.4.5 燃烧性能测试

燃烧性能测试同 5.2.3.7,按 GB/T 5464 规定的可燃性试验方法执行。

5.2.4.6 浸出液的离子含量

浸出液的离子含量测试同 5.2.2.7,按 JC/T 618 的规定执行。

5.2.5 硅酸钙管壳

5.2.5.1 外观质量

5.2.5.1.1 外观质量检测应按 GB/T 10699 外观质量试验方法的规定进行检测。测试管壳的尺寸、缺棱缺角、端部垂直度和纵向翘曲度偏差。

5.2.5.1.2 量具工具:分度值为 1 mm 的钢直尺;分度值为 1 mm 的钢卷尺;分度值为 1 mm 的钢直角尺,其中一个臂的长度为 500 mm;精度为 0.02 mm 的游标卡尺;卡钳。

5.2.5.2 密度和质量含湿率

5.2.5.2.1 应按 GB/T 10699 密度和质量含湿率试验方法的规定进行测试。

5.2.5.2.2 制取 3 块不小于 75 mm×75 mm×原始厚度的试样分别称重,经 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,冷却后称重并测量几何尺寸。

5.2.5.2.3 根据烘干前后的质量和试样几何尺寸,计算试样的密度和质量含湿率。以 3 块试样密度和质量含湿率的平均值作为测试结果。

5.2.5.2.4 测试仪器设备:常温至 300 $^{\circ}\text{C}$ 、控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的鼓风干燥箱;最大量程 2 000 g、分辨率为 1 g 的天平;分度值为 1 mm 的钢直尺;分度值为 1 mm 的钢卷尺;分度值为 1 mm 的钢直角尺,其中一个臂的长度等于 500 mm;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.5.3 线收缩率和裂缝

5.2.5.3.1 线收缩率和裂缝检测应按 GB/T 10699 匀温灼烧试验方法的规定执行。

5.2.5.3.2 制取 3 块长、宽约 120 mm、厚度不小于 25 mm 的试样,经 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重并冷却至室温;然后在表面长、宽两个方向用刀片分别划出二条相距 100 mm 的平行线,再划二条分别垂直于平行线的辅助线,测量平行线各与辅助线交点间的距离。

5.2.5.3.3 将试样水平放于高温炉中,按要求以 100 $^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim 150^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的升温速率升温到 650 $^{\circ}\text{C}$ 或 1 000 $^{\circ}\text{C}$,并在该温度下恒温 16 h;冷却至室温后再测量平行线各与辅助线交点间的距离,计算其线收缩率,并用放大镜检查裂缝和翘曲情况。

5.2.5.3.4 测试仪器设备:最高工作温度 1 000 $^{\circ}\text{C}$ 、恒温精度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、升温速率为 100 $^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim 150^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的高温炉;常温至 300 $^{\circ}\text{C}$ 、控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的鼓风干燥箱;精度为 0.02 mm 的游标卡尺;干燥器;4 倍放大镜。

5.2.5.4 导热系数

硅酸钙管壳的导热系数测试方法同 5.2.1.8。

5.2.5.5 抗压强度

5.2.5.5.1 抗压强度测试应按 GB/T 10699 规定的方法执行。

5.2.5.5.2 制取 3 块 100 mm×100 mm、厚度不小于 25 mm 无裂缝的试样。经 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重并冷却至室温；测量其长、宽、厚尺寸，计算受压面积。

5.2.5.5.3 在试验机上以 10 mm/min 的速度对试样施加荷载，直至试样破坏。由荷载与变形曲线上变形速度明显增加或变形为 5% 时的荷载（取较小值）求得试样破坏时的荷载，计算抗压强度。以 3 块试样抗压强度的平均值作为测试结果。

5.2.5.5.4 测试仪器设备：试验机要求同 5.2.1.6.5 规定；常温至 300 $^{\circ}\text{C}$ 、控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的鼓风干燥箱；分度值为 1 mm 的钢直尺；分度值为 1 mm 的钢卷尺；精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.2.5.6 抗折强度

5.2.5.6.1 抗折强度测试应按 GB/T 10699 规定的方法执行。

5.2.5.6.2 制取 3 块长度约 250 mm~300 mm、宽度为 75 mm~150 mm、厚度不小于 25 mm 的试样，放大镜检查应无裂纹；经 $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重并冷却至室温，测量每块试样的宽度和厚度。

5.2.5.6.3 在试验机上，试样置于两根间距为 200 mm、直径 $(30\pm 5)\text{mm}$ 、长度不小于 150 mm 的圆形下支承肋上，同样尺寸的上支承肋以 10 mm/min 的下降速度加荷，直至试样压坏，记录最大荷载，计算抗折强度。以 3 块试样的抗折强度算术平均值作为测试结果。

5.2.5.6.4 测试仪器设备：试验机要求同 5.2.1.6.5 规定；常温至 300 $^{\circ}\text{C}$ 、控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的鼓风干燥箱；钢直尺和游标卡尺；4 倍放大镜。

5.2.5.7 可溶性氯离子浓度

硅酸钙管壳中的可溶性氯离子浓度测试方法同 5.2.2.7。

5.2.5.8 憎水性

硅酸钙管壳憎水性测试方法同 5.2.3.11，应按 GB/T 10299 的规定执行。试样为无破坏裂纹的管壳，长度为 300 mm，横截面为半环形或扇形，厚度为原始壁厚。

5.2.6 辐射(反射)层材料性能

5.2.6.1 材料辐射率

应采用辐射率测试仪法、红外测温仪和热电偶比较测试法进行材料辐射率测试。

5.2.6.1.1 辐射率测试仪法应符合下列要求：

- a) 制取尺寸约为 100 mm×100 mm、厚度为原始厚度的材料试样，采用辐射率测试仪测定试样单位面积辐射的热量与黑体材料在相同温度、相同条件下的辐射热量之比，黑体的辐射率为 1.0。测量结果保留两位有效数字。
- b) 辐射率测试仪测量范围： $\epsilon=0.01\sim 0.99$ ，精度为 $\pm 1\%$ 。

5.2.6.1.2 红外测温仪和热电偶比较测试法应符合下列要求：

- a) 制取尺寸约为 100 mm×100 mm、厚度为原始厚度的材料试样，并通过相关传热学资料对被测材料辐射率预先进行查询，得参考值为 ϵ_0 。

- b) 设定测试区域环境温度为被测材料的实际使用温度,将试样放置在该使用温度条件下,用红外测温仪对材料测温,并将红外测温仪的输入辐射率设定为 ϵ_0 ,记录测得的材料表面温度 T_1 。然后使用热电偶对相同温度条件下的试样再次测温,记录测得的表面温度 T_2 。
- c) 按式(7)计算使用温度下的材料辐射率:

$$\epsilon'_1 = \epsilon_0 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^4 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

ϵ'_1 ——以材料辐射率参考值 ϵ_0 为依据,用比较测试法测试、计算所得的材料辐射率值;

ϵ_0 ——相关资料中查得的辐射率参考值;

T_1 ——红外测温仪测得的材料表面温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

T_2 ——热电偶测得的材料表面温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

再次以材料辐射率参考值 ϵ_0 为依据,重复上述测试步骤,得材料辐射率 ϵ''_1 。取该两次结果 ϵ'_1 、 ϵ''_1 的算术平均值作为被测材料辐射率的第一次测试结果 ϵ_1 。

- d) 重复 b)、c) 中的步骤,将每次所得的辐射率值作为参考值,输入红外测温仪重新进行测试和计算,当连续两次结果的差值不大于 2% 时,以最后一次的结果作为被测材料的辐射率。

- e) 测试仪器设备:红外测温仪,精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$;热电偶,精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.6.2 材料耐温平直度

将尺寸为 500 mm×500 mm 的辐射(反射)层材料试样贴附在平板上,放置到常温至 300 $^{\circ}\text{C}$ 、控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的鼓风干燥箱里。调温至该材料的最高使用温度,保持恒温不少于 2 h。取出试样检查其平直度,不应出现明显的鼓泡和褶皱。

5.2.7 土壤导热系数

5.2.7.1 现场测试

5.2.7.1.1 测试点应沿供热管道轴线、按设计埋深的管道中心位置选取(对运行中的管道应距管道轴线约 10 m 的管道中心位置选取),应包含管道沿线不同类型土壤和不同地下水位处的测点,每种类型和水位条件的测点数量不应少于 3 个。在尽量不破坏土壤结构和原始特性的条件下,进行测点布置。

5.2.7.1.2 土壤导热系数按 GB/T 10297 规定的方法测定,测定现场土壤温度条件下的导热系数,土壤温度用数显温度计在测试点附近测量。

5.2.7.2 实验室测试

5.2.7.2.1 测点选取同 5.2.7.1.1。

5.2.7.2.2 在测点位置,保证不破坏土壤结构和特性的条件下,采用圆桶型取样器,取 3 块尺寸为 $\phi 150\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ 圆柱体形的完整试样,立即称重后迅速装入塑料密封袋中,放置在阴凉处,避免阳光直射。测定取样处的土壤温度。

5.2.7.2.3 在实验室中,按现场土壤测试温度的条件下,对土壤试样称重。若与现场称重数值比较出现偏差,应采用喷雾方法向试样加入与失去重量相同的水量。待水分渗透均匀后,按 GB/T 10297 方法测定土壤导热系数。

5.2.7.3 测试结果

测试给定温度下的土壤导热系数时,要求温度测试精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$;导热系数测试结果保留至小数点后 3 位有效数字,精确至 $\pm 0.001\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

5.2.7.4 测试仪器设备

导热系数仪的精度为 $\pm 3\% \sim \pm 5\%$;数显温度计的精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.3 外护管管材

5.3.1 高密度聚乙烯外护管

5.3.1.1 试样

外护管检测试样应从室温(23±2)℃下存放 16 h 后的保温管上切取。

5.3.1.2 表面质量

内外表面质量检测,采用无放大目测,检查内外表面是否有影响其性能的沟槽,是否存在气泡、裂纹、凹陷、杂质、颜色不均等缺陷;管端截面与轴线的垂直度偏差检测同 4.2 的方法。

5.3.1.3 外径和壁厚

5.3.1.3.1 外径和壁厚测试应按 GB/T 8806 的规定执行。

5.3.1.3.2 测试仪器:分度值为 1 mm 的钢直尺;分度值为 0.5 mm~1.0 mm 的钢卷尺(钢围尺);精度为 0.02 mm 游标卡尺;精度为 0.01 mm 的千分尺。

5.3.1.4 管材的分级核定

高密度聚乙烯管材分级核定应根据 PE 管材原料最小要求强度 MRS 的分级规定,查验管道生产企业提供的材料分级检测报告。当出现对材料级别的异议时,应依据 GB/T 18475 和 GB/T 18252 的规定对管材进行长期静液压强度测定,进行分级核定。

5.3.1.5 密度

5.3.1.5.1 密度的测试应按 GB/T 1033.1 规定的浸渍法或滴定法执行。

5.3.1.5.2 浸渍法:将在空气中已称量、悬挂在金属丝上不大于 10 g 的试样浸入浸渍液的容器中再称量,然后按称量的质量和浸渍液密度计算试样的密度。

5.3.1.5.3 滴定法:将薄片试样沉入较低密度的浸渍液中。通过向低密度浸渍液中滴入重浸渍液,直至最重和最轻的试样片都能稳定悬浮在混合液中至少 1 min,用比重瓶法测定混合液的密度来求取被测试样的密度。

5.3.1.5.4 测试仪器设备:分辨率为 0.1 mg 的分析天平;大口径浸渍容器;精度±0.1℃温度计;比重瓶;恒温浴。浸渍液和分度值为 0.1 mL 的滴定管。

5.3.1.6 炭黑含量

5.3.1.6.1 炭黑含量的测试应按 GB/T 13021 规定的热失重法执行。

5.3.1.6.2 取 3 份管材试样,每份约 1 g,粉碎后称重。

5.3.1.6.3 管式电炉升温至(550±50)℃,通入经活性铜和乙酸锰脱氧的氮气,流速为 200 mL/min,吹扫约 5 min。然后将放入样品舟中的试样推入管式电炉中心,调节氮气流速为 100 mL/min,使试样在(550±50)℃环境中热解 45 min。再将样品舟移至管式电炉的低温位置,继续保持通气 10 min。取出样品舟,在干燥器中冷却后称重。

5.3.1.6.4 将样品舟置于调节温度至(900±50)℃的马弗炉中进行煅烧,直至炭黑全部消失,再次冷却后称重。

5.3.1.6.5 按式(8)计算炭黑含量:

$$c = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

式中:

c ——炭黑含量, %;

m_1 ——试样质量, 单位为克(g);

m_2 ——试样连同样品舟在(550±50)℃热解后的质量, 单位为克(g);

m_3 ——试样连同样品舟在(900±50)℃煅烧后的质量, 单位为克(g)。

取3份试样炭黑含量的算术平均值为测试结果。

其中的灰分含量按式(9)进行计算:

$$c_1 = \frac{m_3 - m}{m_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

c_1 ——灰分含量, %;

m ——样品舟的质量, 单位为克(g)。

取3次灰分含量的算术平均值为测试结果。

5.3.1.6.6 测试仪器设备:分辨率0.1 mg 称重天平;测温精度±1℃的温度计;由活性铜和乙酸锰除氧器、管式电炉、马弗炉、40 mL/min~400 mL/min 气体流量计配置而成的炭黑含量测定装置;50 mm~60 mm 长的石英样品舟。

5.3.1.7 炭黑弥散度

5.3.1.7.1 炭黑弥散度测试的试样应在外护管的同一横截面上,沿环向均匀切取,共切取6个厚度约为25 μm、面积约为15 mm²的切片。

5.3.1.7.2 在放大倍数不低于100倍的显微镜下,检查切片是否存在炭黑的结块、气泡、空洞和杂质,并测量其尺寸;检查是否存在黑白相间的色差条纹。

5.3.1.7.3 测试仪器设备:薄片刨刀;放大100倍显微镜;精度为±0.01 mm 数显游标卡尺。

5.3.1.8 熔体质量流动速率

5.3.1.8.1 外护管材料熔体质量流动速率的测试应按 GB/T 3682 规定执行。

5.3.1.8.2 试样从外护管或 PE 焊料上切取,制成3 g~6 g 的粉状或薄片状试样。

5.3.1.8.3 试验之前先按选定的试验温度190℃预热测定仪料筒,保持恒温不少于15 min。然后将试样装入料筒并压实,活塞上加5 kg 砝码负荷,保持料筒温度190℃不变。

5.3.1.8.4 随着活塞在重力作用下下降,口模下挤出试样细条。当活塞下标线到达料筒顶面时,用切断器切断挤出物,将带有气泡的挤出段丢弃。直到挤出段不出现气泡时,逐一收集按一定时间间隔切下的挤出段,每条挤出段的长度应不短于10 mm。当活塞上标线到达料筒顶面时,终止切割。

5.3.1.8.5 逐一称量挤出段的质量,偏差超过15%的挤出段应予去除。计算至少3段质量的算术平均值,再按切割的时间间隔,求出熔体质量流动速率的平均值。

5.3.1.8.6 测试仪器设备:熔体流动速率测定仪,料筒内径为(9.55±0.025)mm、口模内径为(2.095±0.005)mm;精度为±0.1 s 的秒表;分辨率为0.5 mg 的天平。

5.3.1.9 热稳定性

5.3.1.9.1 外护管材料热稳定性的测试应按 GB/T 17391 规定执行。测定试样在高温氧气条件下开始发生自动催化氧化反应的时间(氧化诱导期)来判定聚乙烯管材的热稳定性。

5.3.1.9.2 试样制备时应首先在管道和管件外护管上截取1块20 mm~30 mm 宽的圆环,从圆环上截取1个20 mm 长的弧形段,在弧形段上切取一个直径略小于热分析仪样品皿的圆柱体,最后从圆柱体上切割一个重(15±0.5)mg 的圆片状试样。每组试样数量为5个,试样应避免直接暴露在阳光下。

5.3.1.9.3 首先按 GB/T 13464 规定的方法,用高纯度校准物质的相转变温度来校准差热分析仪。再接通氧气和氮气,转换气体切换装置分别调节两种气体的流量,使之均达到 (50 ± 5) mL/min,然后切换至氮气。将盛有 (15 ± 0.5) mg 试样的开口铝皿置于热分析仪的样品支持架上,以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 $(210 \pm 0.1)^{\circ}\text{C}$,并使该温度恒定。开始记录热曲线(温度-时间关系曲线)(图 1)。保持恒温 5 min 后,迅速切换成氧气。当热曲线上记录到氧化放热达到最大值时终止试验。

5.3.1.9.4 在记录的热曲线图上,标出由氮气切换成氧气时的点 A_1 ,并在曲线出现明显变化时的最大斜率处画切线,标注此切线与基线延长线的交点为 A_2 ,该两点间的时间即表示试样热稳定性的氧化诱导期(min)。

取 5 次试验氧化诱导期的算术平均值为试验结果。

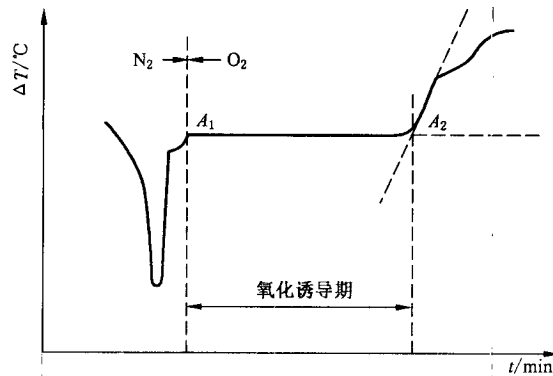


图 1 热曲线图

5.3.1.9.5 测试仪器设备:能连续记录试样温度的同步热分析仪,精度为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$;分辨率为 0.1 mg 的天平;量程为 $10\text{ mL}/\text{min} \sim 100\text{ mL}/\text{min}$ 、0.5 级气体流量计;氧气和高纯度氮气的供气及气体切换装置。

5.3.1.10 拉伸屈服强度与断裂伸长率

5.3.1.10.1 拉伸屈服强度及断裂伸长率测试应按 GB/T 8804 的规定执行。

5.3.1.10.2 试样样条的纵向应平行于管材的轴线,沿环向均匀分布位置切取,长度约 150 mm。试样数量不得少于 3 个,管材外径大于和等于 450 mm 时,应制取 8 个试样。管材壁厚小于或等于 12 mm 时,可按标准尺寸采用哑铃形裁刀冲制或机械加工方法制样;壁厚大于 12 mm 时,应采用机械加工方法制样。

5.3.1.10.3 在试验机上测试时,应按试样壁厚、类型和制作方法的不同,在 $10\text{ mm}/\text{min} \sim 100\text{ mm}/\text{min}$ 范围内分别选取、设定试验速度,进行机械拉伸试验。

5.3.1.10.4 试验机自动显示、记录管材的拉伸屈服强度及断裂伸长率,或按记录的拉力、试样尺寸和变形量计算拉伸屈服强度及断裂伸长率。以多个试样拉伸屈服强度及断裂伸长率的算术平均值为测试结果。

5.3.1.10.5 测试仪器设备:试验机要求同 5.2.1.6.5 规定;精度为 0.01 mm 的数显卡尺。

5.3.1.11 外护管电晕处理后的表面张力

5.3.1.11.1 按照 ISO 8296 规定的方法进行测试。应用表面张力测试笔,将已知表面能量的测试涂料涂画在被测表面上,以判定测试涂料的表面张力与被测材料的表面张力是否一致。

5.3.1.11.2 选择一个能量等级的测试笔在被测表面上涂画约 100 mm 长的线条,然后在 2 s 之内观察涂料的 90% 以上边缘是否发生收缩、形成滴状。如果出现收缩,则应更换低一级表面能量的测试笔

重画,直至不出现收缩时,表明此测试涂料的表面能量与被测材料的表面能量相对应,即其表面张力一致。相反,如果第一次的画线上未出现收缩,则应更换高一级表面能量的测试笔重画,直至出现收缩时,就可判定前一支测试笔的能级与被测材料的表面能量相一致。采用此种方法测出的材料表面张力误差约为±1 mN/m。

5.3.1.12 纵向回缩率

- 5.3.1.12.1 纵向回缩率测试应按 GB/T 6671 的规定执行。
- 5.3.1.12.2 试样为(200±20)mm 长、原始壁厚的管材。
- 5.3.1.12.3 沿试样长度方向刻画两条间距为 100 mm 的圆周标线,任意一条标线距管材端部的距离不少于 10 mm。然后将试样置于(110±2)℃的鼓风干燥箱中 120 min,测量加热前后试样标线间的距离,求出相对于原始长度的变化百分率。
- 5.3.1.12.4 测试仪器设备:常温至 300 ℃、控温精度±1 ℃的鼓风干燥箱;测量精度±0.5 ℃的温度计;精度为 0.01 mm 的数显卡尺。

5.3.1.13 外护管外径增大率

- 5.3.1.13.1 选取一根用作保温管道外护管、并已进行圆整的高密度聚乙烯管材为外径增大率测试试样。
- 5.3.1.13.2 在管材试样发泡之前,沿轴线方向间隔一定距离选择 3 点位置测量周长。当保温管道完成发泡定型后,在同样位置测量发泡后的周长。
- 5.3.1.13.3 按式(10)计算外径增大量占原外径的百分比:

$$\nu = \frac{D_1 - D_0}{D_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- ν ——外径增大率,%;
- D₁——发泡后的外径,单位为毫米(mm);
- D₀——发泡前的外径,单位为毫米(mm)。

计算 3 点位置的外径增大率,以其算术平均值为测试结果。

- 5.3.1.13.4 测试仪器设备:分度值为 0.5 mm~1 mm 的钢卷尺(钢围尺)。

5.3.1.14 耐环境应力开裂

- 5.3.1.14.1 耐环境应力开裂测试应按 ISO 16770 的规定执行。
- 5.3.1.14.2 试样制备应符合下列规定:
 - a) 在外护管同一圆周截面的均匀分布位置沿轴线方向切取试样,管道工作钢管直径小于500 mm 时,切取 4 个试样,当管道工作钢管直径大于等于 500 mm 时,切取 6 个试样。试样的型式可以是图 2 所示的哑铃形;也可以是宽度为 10 mm、具有平行边的长条形,试样厚度为外护管的原始壁厚,试样的长度应能保证在两端夹头之间还具有 4 倍壁厚的距离。切取试样可以采用铣、切或冲的方法。
 - b) 在试样长度方向的中间,垂直于轴线同一截面的 4 个边上,用刻痕刀具刻制出 4 条相连接的刻痕。该刻痕刀具应设计成能使刻痕底部尖顶的半径不超过 10 μm。试样厚度不同,刻痕的深度也随之变化,一般深度约为 1.6 mm。由于外护管具有弧形表面,刻痕的深度会出现不均,但是每一面上都不得存在无刻痕的现象。

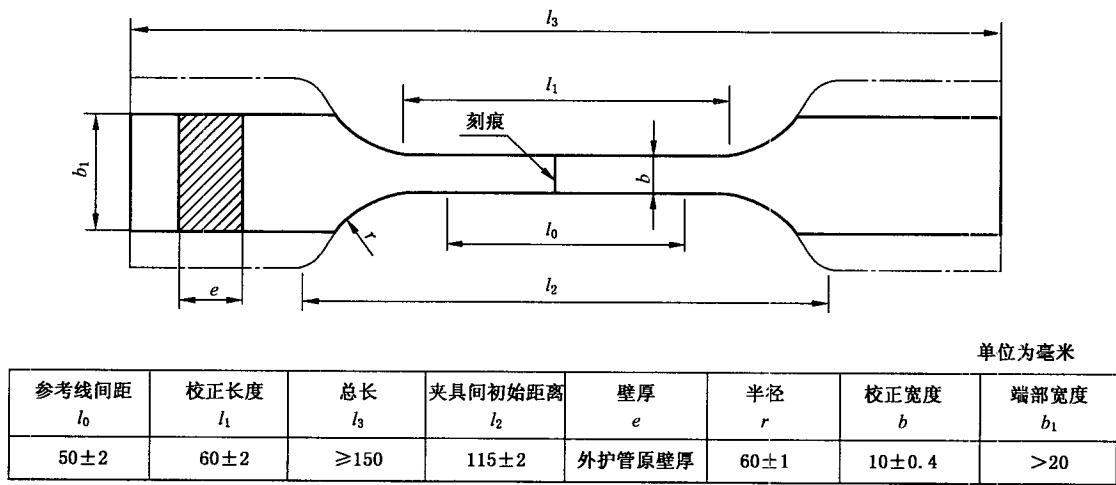


图 2 外护管耐环境应力开裂测试试样图

5.3.1.14.3 按下列步骤进行测试：

- a) 调制试验装置环境室内的溶液，即在水中加入 2.0% 表面活性剂（壬酚聚乙二醇醚或仲辛基聚氯乙醚[TX-10]）。
- b) 测量已刻痕试样的实际带状面积，即试样横截面积去除四周刻痕后的实际净面积；将试样安装在夹头上，并保证刻痕部位完全浸入环境溶液中。
- c) 施加按式(11)计算的砝码质量，使试样承受 (4.0 ± 0.04) MPa 的恒定拉伸应力。

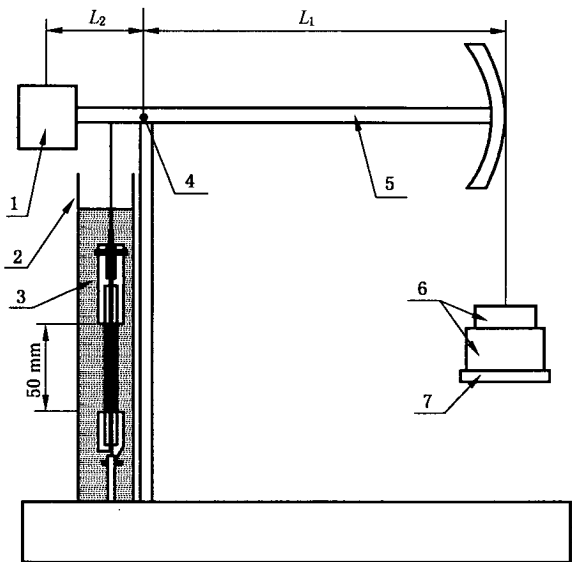
$$M = \frac{A_n \times \sigma}{9.81 \times R} \dots\dots\dots (11)$$
$$R = \frac{L_2}{L_1}$$

式中：

- M ——施加的负载砝码质量，单位为千克(kg)；
- A_n ——试样的实际带状面积，单位为平方毫米(mm²)；
- σ ——拉伸应力，单位为兆帕(MPa)；
- $L_1、L_2$ ——杠杆臂长；
- R ——杠杆臂长之比，当负载直接加在试样上时，则 $R=1$ 。

- d) 调节溶液温度为 $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，保持恒温。不断搅拌溶液，防止表面活性剂沉淀。
- e) 环境室溶液达到恒温后开始计时，进行 4 个或 6 个试样的试验测试。
- f) 连续测试 300 h，不断检查试样是否发生破坏。期间出现试样破坏时，终止试验。

5.3.1.14.4 测试仪器设备：测试设备应能提供对试样施加轴向应力负载的装置，并能保证试样浸泡在控温的表面活性剂溶液环境中。典型的装置如图 3 所示。要求施加轴向应力负载的精度为 $\pm 1\%$ ；溶液环境控温精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；测温仪表的精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ；计时仪表精度为 $\pm 1\text{ min}$ 。



说明：

- 1 ——平衡重；
- 2 ——环境室；
- 3 ——溶液；
- 4 ——低摩擦铰链滚轴；
- 5 ——平衡杠杆臂；
- 6 ——砝码；
- 7 ——砝码盘；
- L_1 、 L_2 ——杠杆臂长。

图 3 耐环境应力开裂试验装置示意图

5.3.1.15 长期机械性能

5.3.1.15.1 外护管材料长期机械性能测试的试样尺寸应符合 GB/T 8804 中类型 1 的规定。当外护管直径小于 800 mm 时，切取 6 个试样，当外护管直径大于等于 800 mm 时，切取 12 个试样。试样应均匀分布在外护管的同一截面上，其长度沿外护管轴线方向。

5.3.1.15.2 将试样装卡在恒温浴中的拉伸夹具上，并完全浸入其中的水溶液里。水溶液含有 2.0% 的表面活性剂(壬酚聚乙二醇醚或仲辛基聚氯乙 烯醚[TX-10])，通过不断搅拌防止水溶液中表面活性剂沉淀。调节水溶液温度为 $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，并对试样施加 $(4.0 \pm 0.04)\text{MPa}$ 的恒定拉应力。

5.3.1.15.3 当水溶液温度达到恒定的 $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ 时，开始计时。记录试样破坏的时间，计时精确到 $\pm 12\text{ h}$ 。试验进行至 2 000 h 时，停止试验。

5.3.1.15.4 测试仪器设备：具有恒温浴和轴向拉伸装置的长期机械性能测试仪，其拉力传感器精度为 $\pm 0.5\%$ ；测温仪表的精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；计时仪表精度为 $\pm 1\text{ min}$ 。

5.3.2 玻璃纤维增强塑料外护管

5.3.2.1 试样

检测试样应从室温 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下存放 16 h 后的保温管上切取。

5.3.2.2 表面质量

采用外表面无放大目测方法。外护管颜色应为不饱和聚酯树脂本色或所添加的颜色，检查外护管

表面是否有漏胶、纤维外露、气泡、层间脱离、显著性褶皱、色调明显不均等。

5.3.2.3 材料成分

应按 GB/T 18369、GB/T 18370 的规定检测外护管材料中无碱纤维无捻纱、布的主要性能指标,按 GB/T 1549 的规定检测无碱、中碱玻璃纤维无捻粗纱碱金属氧化物含量,按 GB/T 8237 的规定检测不饱和聚酯树脂的主要性能指标。

5.3.2.4 密度

5.3.2.4.1 密度测试应按 GB/T 1463 的规定执行。采用浮力法测定纤维增强塑料外护管材料的密度。

5.3.2.4.2 制取 5 块试样,质量为 1 g~5 g,试样表面应平整光滑。

5.3.2.4.3 采用适当长度的金属丝悬挂试样,金属丝直径小于 0.125 mm。分别称量试样和金属丝的质量,精确到 0.1 mg。将用金属丝悬挂的试样全部浸入量杯内(23±0.5)℃的蒸馏水中,除去试样上的气泡,称量水中的试样质量,精确到 0.1 mg。

5.3.2.4.4 根据每次称量的质量数据和蒸馏水密度计算试样材料的密度。以 5 块试样密度的算术平均值为测试结果。

5.3.2.4.5 测试仪器:分辨率为 0.1 mg 的精密天平;精度为±0.5℃的温度计;烧杯或其他容器。

5.3.2.5 拉伸强度

5.3.2.5.1 拉伸强度测试应按 GB/T 1447 的规定执行。

5.3.2.5.2 试样从外护管同一截面上的环向均匀分布位置切取,数量不少于 5 个,玻璃纤维缠绕的外护管应按纤维方向取样。试样型式可为哑铃形或长条形,哑铃形试样长度为 180 mm、标距为(50±0.5)mm、中间平行段宽度为(10±0.2)mm,长条形试样长度为 250 mm、标距为(100±0.5)mm、中间平行段宽度为(25±0.5)mm,试样厚度均为外护管原始厚度。采用机械加工方法制作。

5.3.2.5.3 测量试样工作段任意 3 处的宽度和厚度,其算术平均值为该试样的宽度和厚度。将试样夹持到试验机的夹具上,对准上下夹具与试样的中心线。调整试验机加载速度为 10 mm/min,连续加载直至试样破坏,记录试样的屈服载荷、破坏载荷或最大载荷,以及试样的破坏形式。

5.3.2.5.4 按式(12)计算拉伸强度:

$$\sigma_t = \frac{F}{b \times h} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

- σ_t ——拉伸强度(拉伸屈服应力、拉伸断裂应力),单位为兆帕(MPa);
- F ——屈服载荷、破坏载荷或最大载荷,单位为牛顿(N);
- b ——试样的宽度,单位为毫米(mm);
- h ——试样的厚度,单位为毫米(mm)。

以 5 个试样拉伸强度的算术平均值作为测试结果。

5.3.2.5.5 测试仪器设备:试验机要求同 5.2.1.6.5 规定;精度为 0.02 mm 的游标卡尺。

5.3.2.6 弯曲强度

5.3.2.6.1 弯曲强度测试应按 GB/T 1449 的规定执行。

5.3.2.6.2 试样从外护管同一截面上的环向均匀分布位置切取,数量不少于 5 个。试样长度不应小于 80 mm,宽度为(15±0.5)mm,厚度为管材原始厚度。

5.3.2.6.3 测量试样中间三分之一长度内任意 3 点位置的宽度和厚度,其算术平均值为该试样的宽度

和厚度。试验机的加载上压头圆柱面半径为(5±0.1)mm,支座圆角半径为(2±0.2)mm。以 16 倍±1 倍的试样厚度尺寸为支座跨距,采用无约束支撑,连续加载速度为 10 mm/min,测定弯曲强度。对挠度达到 1.5 倍试样厚度之前呈现破坏的材料,记录最大载荷或破坏载荷;对挠度达到 1.5 倍试样厚度时仍不呈现破坏的材料,记录该挠度下的载荷。

5.3.2.6.4 按式(13)计算弯曲强度:

$$\sigma_t = \frac{3P \times l}{2b \times h^2}$$

.....(13)

式中:

- σ_t ——弯曲强度(或挠度为 1.5 倍试样厚度时的弯曲应力),单位为兆帕(MPa);
- P ——破坏载荷(或最大载荷,或挠度为 1.5 倍试样厚度时的载荷),单位为牛顿(N);
- l ——跨距,单位为毫米(mm);
- b ——试样的宽度,单位为毫米(mm);
- h ——试样的厚度,单位为毫米(mm)。

以 5 个试样弯曲强度的算术平均值作为测试结果。

5.3.2.6.5 测试仪器设备同 5.3.2.5.5。

5.3.2.7 渗水性

5.3.2.7.1 渗水性测试应按 GB/T 5351 的规定执行。

5.3.2.7.2 试样为外护管上截取的管段,当外护管管径 D 小于或等于 150 mm 时,管段的试验段长度 L 应大于或等于 $5D$,且不小于 300 mm;当外护管管径 D 大于 150 mm 时,管段的试验段长度 L 应大于或等于 $3D$,且不小于 750 mm。在试验段长度以外,还应在两端分别延长 50 mm~100 mm,为密封段长度。

5.3.2.7.3 试样两端加装密封后,浸入常温密封水槽中,水槽加压至 0.05 MPa,保持稳压 1 h。将取出试样的两端密封拆除,检查有无渗透。

5.3.2.7.4 测试仪器设备:水压试验装置;1 级精度压力表。

5.3.2.8 长期机械性能

玻璃纤维增强塑料外护管材料的长期机械性能测试方法同 5.3.1.15。

5.3.2.9 外径和壁厚尺寸

玻璃纤维增强塑料外护管外径和壁厚尺寸检测方法同 5.3.1.3。

6 热水直埋保温管道直管的性能检测

6.1 管道的保温性能

6.1.1 管道保温结构表观导热系数 λ_{s0} 和保温层材料导热系数 λ_i

6.1.1.1 试样制备

6.1.1.1.1 试样应从保温管道产品中间、距离管端大于或等于 500 mm、垂直于管道轴线截取。当测试管段的工作钢管直径小于 500 mm 时,其长度宜为 3 m;当工作钢管直径大于或等于 500 mm 时,其长度不应小于 5 m。型式试验时,作导热系数测试的管道试样应采用生产 4 周~6 周以后的管道。

6.1.1.1.2 在管道试样两端距端头大于或等于 0.5 m 处,应按 GB/T 10296 的要求,在保温结构上垂直于管道轴线直至工作钢管切割出宽度不大于 4 mm 的隔热缝,并在缝中填充绝热性能好的纤维棉,阻

隔轴向传热。

6.1.1.1.3 在测试管段中间按不同的测试精度要求,选择1个~3个垂直于管段轴线的并列测试截面,两个测试截面的间距应为100 mm~200 mm。测试截面个数按测试精度要求选取,测试精度要求高时,测试截面增至3个。选择并列多个测试截面时,管段上的测试参数取多个截面测试结果的平均值。在每个测试截面上,沿外护管表面的环向布置温度和热流传感器。当工作钢管直径小于或等于500 mm时,分别在每一个截面的顶部、沿环向45°处和225°处各布置温度和热流传感器;当工作钢管直径大于500 mm时,则在每一个截面上沿环向均布8个温度和热流传感器。

6.1.1.1.4 测试段长度的测量精度为±1.0 mm;外护管的平均外直径和工作钢管的外直径测量精度均为±0.5 mm;外护管厚度的测量精度为±0.1 mm。

6.1.1.2 测试步骤

6.1.1.2.1 设定工作钢管内的温度为(80±10)℃,温度控制精度应小于或等于±0.5℃。

6.1.1.2.2 管道外护管处于室内环境中,试验室内封闭环境的温度控制为(23±2)℃,试验过程中温度变化不得超过±1℃,室内空气平静、无扰动。

6.1.1.2.3 试验运行至少4 h后,观察测试系统传热是否达到稳态。连续3次间隔0.5 h的观测值不超过该3次的平均值,而且不表现为单向增减的趋势,则认为已达到稳态,采集并记录测试数据。工作钢管和外护管表面的温度测量精度为±0.1℃;外护管表面的热流测量精度在4%以内。计算测试截面上热流、温度的算术平均值和各截面的平均值。

6.1.1.3 导热系数计算

6.1.1.3.1 表观导热系数λ₅₀的确定应符合下列规定:

a) 管道保温结构在平均工作温度为50℃时的表观导热系数λ₅₀应按式(14)进行计算:

$$\lambda_{50} = \frac{q_{l,av} \times \ln \frac{D_w}{D_s}}{2 \times \pi \times (t - t_w)} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

λ₅₀ ——管道保温结构的表观导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];

q_{l,av} ——单位长度平均线热流密度,单位为瓦每米(W/m);

t ——保温结构内表面温度,单位为开尔文(K);

t_w ——保温结构外表面温度,单位为开尔文(K);

D_s ——保温结构内径,单位为米(m);

D_w ——保温结构外径(外护管外径),单位为米(m)。

b) 管道保温结构的平均表观导热系数,是在(80±10)℃范围内选取3个不同的工作钢管运行温度进行测试,由测得的数据按线性回归的方法计算求得。对于型式试验,要测定3个不同管径、不同管道温度下的平均值来确定其表观导热系数λ₅₀。导热系数值要圆整到0.001 W/(m·K)。

6.1.1.3.2 保温层材料导热系数λ_i的确定应符合下列规定:

a) 计算管道保温结构中保温层材料的导热系数λ_i,应加上外护管热阻的修正项,预先测定外护管的壁厚,计算外护管内径,计及外护管材料的导热系数(高密度聚乙烯的导热系数值宜为0.40 W/(m·K))。工作钢管的热阻可忽略不计。

b) 保温层材料导热系数λ_i按式(15)进行计算:

$$\lambda_i = \frac{\ln \left(\frac{D_c}{D_s} \right)}{\frac{2 \times \pi \times (t_w - t)}{q_{l,av}} - \frac{1}{\lambda_c} \ln \left(\frac{D_w}{D_c} \right)} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

λ_i ——保温层材料导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];

λ_e ——外护管材料导热系数,单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)];

D_c ——外护管内径,单位为米(m)。

6.1.1.4 试验设备

6.1.1.4.1 加热热源:能对工作钢管内提供温度不低于 200 °C 的加热介质,温度控制精度应小于或等于 ± 0.5 °C;

6.1.1.4.2 实验室环境条件可调,环境空气温度控制精度应小于或等于 ± 1 °C,空气相对湿度变化应小于或等于 $\pm 5\%$,环境风速应小于或等于 0.5 m/s。

6.1.2 人工加速老化处理后管道的保温性能

6.1.2.1 管道老化处理

6.1.2.1.1 老化处理前的管道试样制备同 6.1.1.1。

6.1.2.1.2 老化处理之前,试样管道两端应进行充分密封,以防止气体渗透、扩散。

6.1.2.1.3 老化处理步骤:设定管道工作钢管内的介质温度为 (90 ± 1) °C,温度控制精度应小于或等于 ± 0.5 °C。管道外护管处于室内环境中,室内温度控制为 (23 ± 2) °C,试验过程中温度变化不得超过 ± 1 °C。试验室应确保密闭,防止气体扩散、渗透,以保证保温材料泡孔中的气体成分不发生明显变化。连续运行 150 天。

6.1.2.2 保温性能测试

老化处理后管道保温性能测试同 6.1.1.2。导热系数计算同 6.1.1.3。老化处理的试验设备要求同 6.1.1.4。

6.2 聚氨酯保温层直埋热水管道的剪切强度

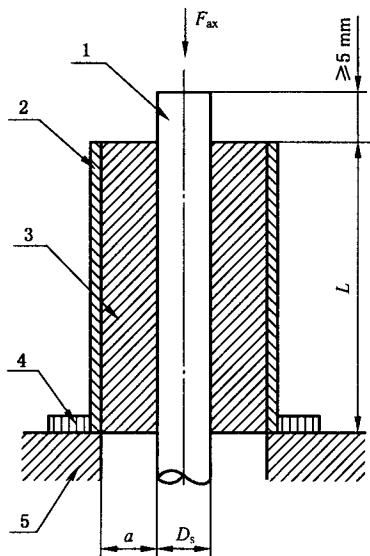
6.2.1 常温下保温管道轴向剪切强度

6.2.1.1 试样制备

试样测试段应是一截长度为保温层厚度 2.5 倍,且不应短于 200 mm 的保温管道。在保温结构两端,保留适当长度的工作钢管,以便于试验操作。试样应在距管端部 500 mm~1 000 mm 处、垂直于管道轴线截取。共制作 3 段试样。

6.2.1.2 测试步骤

如图 4 所示,试样处于常温 (23 ± 2) °C 环境条件下,由试验装置按 5 mm/min 的速度对工作钢管一端施加轴向力,直至保温结构的结合面破坏分离。记录最大轴向力值,并计算轴向剪切强度。试验可在管道轴线置于垂直方向或水平方向的两种情况下进行,当管道轴线处于垂直方向时,轴向力中应计入工作钢管的重量。



- F_{ax} ——轴向力；
- D_s ——工作钢管外径；
- a ——保温层厚度；
- L ——试样长度， $L=2.5\times a\geq 200\text{ mm}$ ；
- 1——工作钢管；
- 2——外护管；
- 3——保温层；
- 4——导向环；
- 5——试验装置底座。

图 4 轴向剪切强度测试装置示意图

6.2.1.3 轴向剪切强度计算

轴向剪切强度应按式(16)进行计算：

$$\tau_{ax} = \frac{F_{ax}}{L \times \pi \times D_s}$$

.....(16)

式中：

- τ_{ax} ——轴向剪切强度，单位为兆帕(MPa)；
- F_{ax} ——轴向施加的力，单位为牛(N)；
- L ——试样的长度，单位为毫米(mm)；
- D_s ——工作钢管外径，单位为毫米(mm)。

取三个试样分别测试结果的算术平均值作为最终测试结果。

6.2.1.4 测试仪器设备

测试仪器设备为 200 kN~1 000 kN 压力试验机；精度为±0.5%的测力传感器。

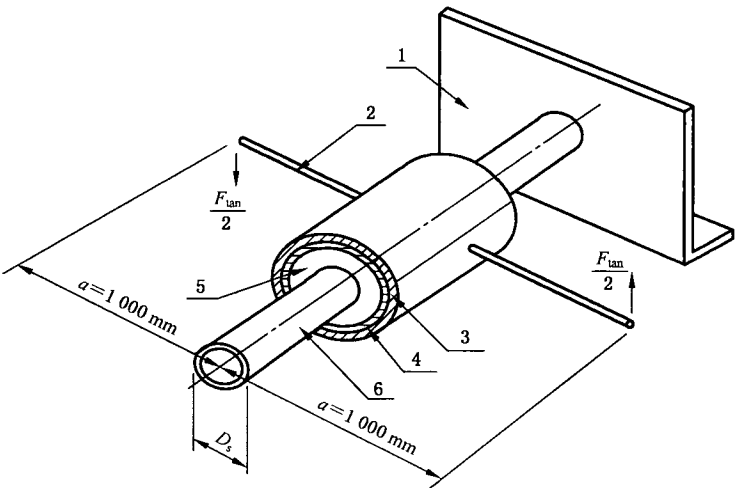
6.2.2 常温下保温管道切向剪切强度

6.2.2.1 试样制备

6.2.2.1.1 试样应为一截长度是工作钢管直径 0.75 倍的保温管道，且不得小于 100 mm。在保温结构两端，保留适当长度的工作钢管，用于固定试样和方便试验操作。试样应在距管端部 500 mm~

1 000 mm 处、垂直于管道轴线截取。共制作 3 段试样。

6.2.2.1.2 如图 5 所示,将工作钢管一端固定在固定支架 1 上;试样外护管表面被传力夹具 3 环抱,传力夹具的内环面上具有足够数量直径约为 5 mm 的半球状突起,突起嵌入外护管表面未被完全钻透的凹孔中,但不应对外护管产生径向压力;传力夹具上对称安装两根杠杆 2,每一根杠杆端头与保温管道中心线的距离,即力臂长度 $a=1\,000\text{ mm}$ 。



- 说明：
- F_{tan} ——切向剪切力；
 - a ——杠杆力臂长度；
 - D_s ——工作钢管外径；
 - 1 ——固定支架；
 - 2 ——杠杆；
 - 3 ——传力夹具；
 - 4 ——外护管；
 - 5 ——保温层；
 - 6 ——工作钢管。

图 5 切向剪切强度测试装置示意图

6.2.2.2 测试步骤

试样处于常温(23 ± 2)℃环境条件下,通过两根对称杠杆,试验装置按 25 mm/min 的速度连续施加切向力,直至保温结构的结合面破坏分离,记录最大切向力值。切向力垂直作用于杠杆上,在每一根杠杆上施加的切向力为 $F_{\text{tan}}/2$ 。

6.2.2.3 切向剪切强度计算

切向剪切强度应按式(17)计算：

$$\tau_{\text{tan}} = \frac{F_{\text{tan}}}{\pi \times D_s \times L \times \frac{D_s}{2} \times \frac{1}{a}} \dots\dots\dots (17)$$

- 式中：
- τ_{tan} ——切向剪切强度,单位为兆帕(MPa)；
 - F_{tan} ——切向剪切力,单位为牛(N)；

L ——试样长度,单位为毫米(mm);

D_0 ——工作钢管外径,单位为毫米(mm);

a ——每一根杠杆的长度,单位为毫米(mm)。

取三个试样分别测试结果的平均值作为最终测试结果。

6.2.2.4 测试仪器设备

测试仪器设备 200 kN~1 000 kN 压力试验机;精度为 $\pm 0.5\%$ 的测力传感器;专用传力夹具。

6.2.3 140℃时管道的轴向剪切强度

试验室环境温度为 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 的条件下,使长度不小于 3.5 m 被测保温管道的工作钢管升温,在 30 min 时间内达到 $(140\pm 2)^\circ\text{C}$,并保持温度稳定时间不少于 4 h。然后在离管道端部 500 mm~1 000 mm 处,按 6.2.1.1 的要求尽快制作试样,再按 6.2.1.2 和 6.2.1.3 的要求进行 140℃时管道的轴向剪切强度测试和计算。如在制样和测试过程中,不能保持工作钢管温度为 140℃,则应保证工作钢管开始降温到施加轴向力之前的时间不得超过 30 min。对试验设备的要求同 6.1.1.4 和 6.2.1.4。

6.3 聚氨酯保温层直埋热水管道的预期寿命

6.3.1 管道的老化处理

6.3.1.1 试样制备

从批量生产的保温管道上截取保温结构完整的管段,其长度不应小于 3.5 m。采用涂覆树脂等方法对管段端部的泡沫保温材料进行密封,阻断泡沫保温材料内部气体向外扩散和外部空气向其内部渗透。

6.3.1.2 老化处理步骤

在按 6.1.1.4 要求的试验设备上,将保温管段的工作钢管升温。使工作钢管内的温度达到 160℃后,保持恒温时间 3 600 h;或者达到 170℃后,保持恒温 1 450 h。要求温度控制偏差不超过 0.5℃,外护管始终保持在 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 的试验室环境中,试验室应保证封闭,无气流扰动。

老化处理过程中,要求连续记录工作钢管内的温度和试验室环境温度,温度测试仪表精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

6.3.2 老化处理后管道的剪切强度

6.3.2.1 常温条件下的轴向剪切强度

将经过老化处理、并已冷却至室温的管道,去除受氧化不利影响的管端部分材料,在离管道端部 500 mm~1 000 mm 处,按 6.2.1.1 的试样制备方法,截取轴向剪切强度测试的试样管段。试验室环境温度 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 的条件下,按 6.2.1.2 和 6.2.1.3 的规定进行轴向剪切强度测试和计算。测试仪器设备同 6.2.1.4。

6.3.2.2 140℃时管道的轴向剪切强度

将经过老化处理后的管道,按 6.2.3 中的规定,使工作钢管升温,在 30 min 时间内达到 $(140\pm 2)^\circ\text{C}$,并保持温度稳定时间不少于 4 h。然后按 6.2.1.1 的要求尽快制作试样,再按 6.2.1.2 和 6.2.1.3 的要求进行 140℃时管道的轴向剪切强度测试和计算。测试仪器设备同 6.1.1.4 和 6.2.1.4。

6.3.2.3 常温条件下的切向剪切强度

将经过老化处理、并已冷却至室温的管道,去除受氧化不利影响的管端部分材料,在离管道端部 500 mm~1 000 mm 处,按 6.2.2.1 的试样制备方法,截取切向剪切强度测试的试样管段。试验室环境温度(23±2)℃的条件下,按 6.2.2.2 和 6.2.2.3 的规定进行切向剪切强度的测试和计算。测试仪器设备同 6.2.2.4。

6.4 聚氨酯保温层直埋热水管道连续运行温度超过 120℃的管道预期寿命

6.4.1 测试要求

对于连续运行温度超过 120℃的直埋保温管道,应测试其在保证 30 年使用寿命条件下的连续运行最高耐受温度。选择至少于 3 个不同的老化处理温度,分别进行 1 000 h 以上的管道老化处理,然后检测老化处理后的管道在 140℃条件下的切向剪切强度,其结果均应大于或等于管道运行中要求达到的切向剪切强度值(0.13 MPa)。

6.4.2 试验管段制备

从批量生产的保温管道上截取保温结构完整的试验管段,其长度不应小于 3.5 m。采用涂覆树脂等方法对管段端部的泡沫保温材料进行密封,阻断泡沫保温材料内部气体向外扩散和外部空气向其内部渗透。

6.4.3 测试步骤

6.4.3.1 选择一个老化处理温度 T_k ,在试验装置上使试验管段工作钢管内通入温度为 T_k 的介质,进行老化处理,温度控制精度为±0.5℃。管道外护管处于室内环境中,试验室密闭,室内温度控制为(23±2)℃,试验过程中室内温度变化不得超过±1℃。在此老化处理温度 T_k 下,实际老化处理时间 L_k 应保证大于或等于 1 000 h,否则应重新选择老化处理温度 T_k 。试验期间应连续记录工作钢管温度和室内环境温度。

6.4.3.2 对老化处理后的管段,按 6.2.3 规定的方法,在 30 min 时间内使工作钢管升温到(140±2)℃,并保持温度稳定时间不少于 4 h。然后在离管道端部至少 500 mm 处,按 6.2.2.1 的要求尽快制作切向剪切强度测试试样,再按 6.2.2.2 和 6.2.2.3 的要求进行 140℃条件下管道的切向剪切强度测试和计算。

6.4.3.3 共计选择不少于 3 个不同的老化处理温度点,各个温度点之间的温差应大于或等于 3℃,其最高温度与最低温度之差应大于或等于 10℃。分别在各个温度点之下,按照 6.4.3.1 规定的步骤进行老化处理,按照 6.4.3.2 规定的步骤进行 140℃条件下的切向剪切强度测试和计算,老化处理的时间应大于或等于 1 000 h。老化试验 1 000 h 以后,开始在 140℃条件下,进行切向剪切强度试验,检测的最大时间间隔为 7 天。

6.4.3.4 每一个老化处理温度(T_k)点之下,测得的管道在 140℃条件下的切向剪切强度值与老化处理时间(L_k)成线性关系,作出其关系曲线。其中切向剪切强度降至 0.13 MPa 之前及之后的三次检测应在 7 天之内完成。通过查看曲线上相邻两个切向剪切强度值大于和小于 0.13 MPa 的点,采用内插法可得出该保温管道切向剪切强度值等于 0.13 MPa 时实际应采用的老化处理时间(L_k),及其所对应的老化处理温度(T_k)。

6.4.4 计算连续运行保温管道的最高耐受温度

6.4.4.1 根据实际应采用的老化处理温度 T_k 和老化处理时间 L_k ,按式(18)运用线性回归的方法计算

Arrhenius 关系式中的系数 C 和 D ：

$$\ln L_k = \frac{C}{T_k} + D \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中：
 L_k ——老化处理温度点 T_k 下的老化处理时间，单位为小时(h)；
 T_k ——老化处理温度，单位为摄氏度(℃)；
 C ——回归系数；
 D ——回归系数。

按式(19)计算相关系数 r ：

$$r = \frac{\sum_k [(y_k - \overline{y_k}) \times (x_k - \overline{x_k})]}{\sqrt{\sum_k (y_k - \overline{y_k})^2 \times \sum_k (x_k - \overline{x_k})^2}} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：
 x_k ——老化处理温度的倒数， $x_k = \frac{1}{T_k}$ ，单位为℃⁻¹；
 y_k ——老化处理时间的自然对数 $y_k = \ln L_k$ ；
 $\overline{x_k}, \overline{y_k}$ —— x_k 和 y_k 的平均值。

当相关系数 r 小于 0.98 时，所测数据无效，应扩大取样范围、重新选择老化处理温度点进行测试。

6.4.4.2 保温管道的计算连续运行最高耐受温度，即按式(20)计算在保证连续运行寿命 30 年条件下保温管道的最高耐受温度：

$$CCOT = \frac{C}{\ln 262\,800 - D} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中：
CCOT——30 年使用寿命条件下的连续运行温度值，单位为摄氏度(℃)。

6.4.5 测试仪器设备

测试仪器设备同 6.1.1.4 和 6.2.2.4。

6.5 直埋热水保温管道抗冲击性能

- 6.5.1 管道抗冲击性能的测试应按照 GB/T 14152 的规定执行。
- 6.5.2 测试的试样应从批量生产的保温管道上截取，其长度不应小于 1.5 m。在试样上画出等距离的标线。
- 6.5.3 测试之前先将试样置于(−20±1)℃的温度环境下，时间应不少于 3 h。然后在 10 s 之内将试样从低温环境处理设备中移出，调整冲击试验机的落锤高度为 2 m，落锤质量为 3.0 kg，在标线范围内完成抗冲击性能测试。
- 6.5.4 抗冲击性能测试后，目测检查管道外护管上是否出现裂纹等缺陷。
- 6.5.5 测试仪器设备：低温范围达到 −30℃ 的低温箱；冲击试验机，落锤质量 3.0 kg，其半球形冲击面直径为 25 mm。

6.6 140℃时的直埋热水保温管道抗长期蠕变性能

6.6.1 试样制备

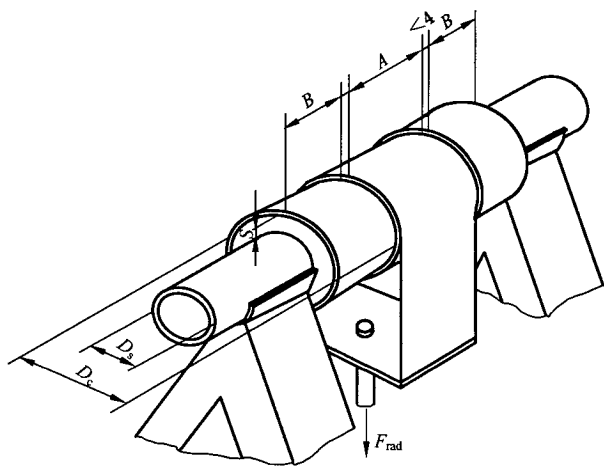
6.6.1.1 试样应从正规生产的保温管道中间部分截取，抗蠕变性能测试的试样管段，要求其工作钢管外径为 60 mm，外护管外径为 125 mm，保温层材料是聚氨酯硬质泡沫塑料。共制备 3 段试样。

6.6.1.2 如图 6,试样包括一个测试段 A 和两个位于测试段两端的隔热段 B。测试段 A 的长度为 100 mm,隔热段 B 的长度各为 50 mm,在测试段与隔热段之间还要切割出宽度小于 4 mm 的两个隔热切口。该两个切口应贯穿外护管和保温层直达工作钢管表面、对称地垂直于工作钢管轴线。

6.6.2 测试步骤

6.6.2.1 用试样两端外伸的一段工作钢管直接将试样支撑,在测试段 A 的长度上设有施加径向力的挂具,见图 6。

单位为毫米



说明:

- D_s —— 工作钢管外径;
- D_e —— 外护管外径;
- A —— 测试段长度,100 mm;
- B —— 隔热段长度,50 mm;
- S —— 径向位移为零时的厚度;
- F_{rad} —— 施加的径向力。

图 6 长期抗蠕变性能测试的试样和加载装置示意图

- 6.6.2.2 试样置于温度为 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 的环境中,测量聚氨酯泡沫塑料保温层的厚度 S。
- 6.6.2.3 对试样工作钢管加热,升温到 $(140\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 后,保持温度恒定不变。周围环境温度也保持 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 不变,进行抗蠕变性能测试。
- 6.6.2.4 工作钢管恒温时间达到 500 h 时,采用在挂具下方吊挂砝码的方法施加径向作用力 F_{rad} 。砝码及挂具的重量定为 $(1.5\pm 0.01)\text{kN}$ 。该作用力负载应是恒定的,施加时要求无冲击和震动。
- 6.6.2.5 如图 7 所示,在测试段外护管顶部的中间位置,设置位移量测试仪表,沿作用力方向测量保温材料的径向位移 ΔS 。在施加径向作用力之前,加热周期达到 500 h 时,测试仪表显示的径向位移量 $\Delta S=0$ 。
- 6.6.2.6 保持工作钢管温度不变的条件下,分别在施加作用力 F_{rad} 后达到 100 h 和 1 000 h 的时刻,记录径向位移量 ΔS_{100} 和 ΔS_{1000} 。

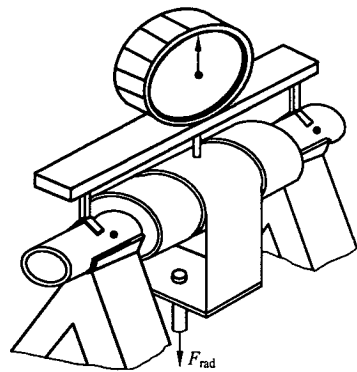


图 7 长期抗蠕变性能测试径向位移测定装置示意图

6.6.3 测试结果

6.6.3.1 创建一张双对数坐标图,横轴坐标为时间(h),纵轴坐标为径向位移 $\Delta S(\text{mm})$ 。在双对数坐标图上,以6.6.2.5中测定的 $\Delta S=0$ 坐标点作为起点,将横轴坐标为 30 年、纵轴坐标径向位移 $\Delta S=20 \text{ mm}$ 的坐标交点 ΔS_{30y} 作为终点,在两点之间连成直线,见图 8。该直线用于对聚氨酯保温层材料长期抗蠕变性能测试结果的判定。

6.6.3.2 将 6.6.2.6 测试记录的两次位移测量值 ΔS_{100} 和 $\Delta S_{1\,000}$ 标示在该双对数坐标图上。若测得的 ΔS_{100} 和 $\Delta S_{1\,000}$ 值落于该直线上,或落于该直线以下的区域,则判定该聚氨酯泡沫保温层材料的长期抗蠕变性能测试结果合格;若测得的 ΔS_{100} 和 $\Delta S_{1\,000}$ 值位于该直线以上区域,则其长期抗蠕变性能不合格。

相同保温管道产品三个试样测试结果的算术平均值,用来判定该聚氨酯泡沫保温层材料的长期抗蠕变性能测试结果。

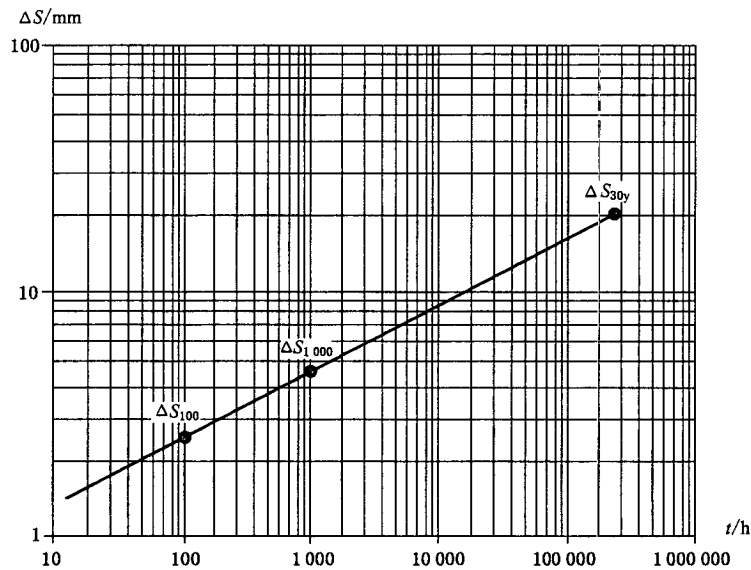


图 8 长期抗蠕变性能测试径向蠕变量坐标图

6.6.4 测试仪器设备

加热及室温控制同 6.1.1.4;1.5 kN 砝码及砝码挂具;精度为±0.1%的百分表。

7 热水保温管道接头的性能检测

7.1 管道接头承受土壤应力条件下的性能(砂箱试验)

7.1.1 试样制备

管道对接接头承受土壤应力条件下的性能测试试样为一条中间具有完整保温结构接头的管段,其长度不应小于 2.5 m。型式试验时,需取 3 个试样。

7.1.2 测试步骤

7.1.2.1 将试样埋在砂箱的砂层中,测量填砂高度,计算砂和压板重量,模拟 1 m 埋深时管道表面承受的垂直土壤应力为 18 kN/m^2 。

7.1.2.2 测试之前,先使工作钢管内介质加温至 $(120\pm2)^\circ\text{C}$,保持恒温 24 h。然后降至室温,开始试验测试。

7.1.2.3 启动推拉动力装置,调节推进速度为 10 mm/min ,后退速度为 50 mm/min ,位移量是 75 mm。

7.1.2.4 连续不停顿地往复推拉各 100 次,完成试验测试。

7.1.3 测试结果

7.1.3.1 目测检查管道接头处保温结构是否出现撕裂或破损。

7.1.3.2 目测检查未发现问题时,进行水密封性测试,并应符合下列规定:

7.1.3.2.1 将接头试件浸入密闭的水箱中,水温 $(23\pm2)^\circ\text{C}$,使水着色并增压至 30 kPa ,保持恒压 24 h;

7.1.3.2.2 取出试件,切开接头部分,检查是否有水渗入接头内部。

7.1.4 测试仪器设备

7.1.4.1 试验采用的砂箱最小尺寸如图 9 所示,测试接头管段埋于砂箱中,顶部配备刚性压板以模拟土壤应力。

7.1.4.2 采用室温状态下干燥的自然砂,其含湿量不超过 0.5%,粒度分布要求如图 10 所示。

7.1.4.3 往复运动的动力装置与工作钢管连接,可调节推拉测试管段前进和后退的速度。

7.1.4.4 加热装置要求同 6.1.1.4.1。

单位为毫米

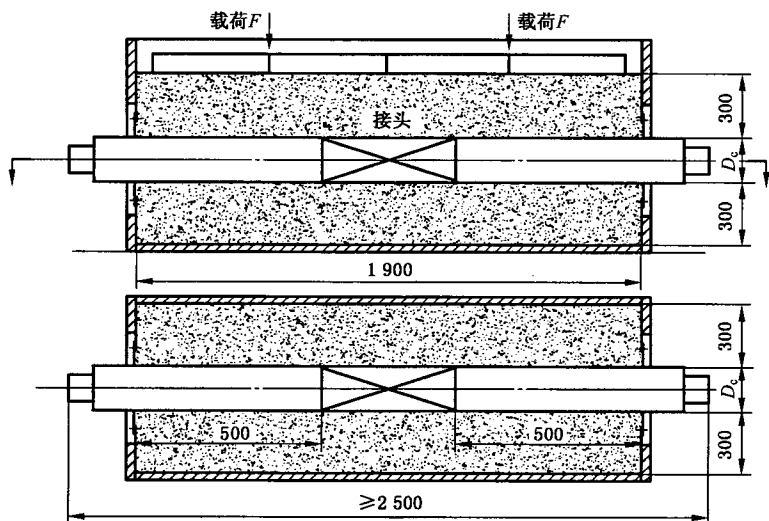


图 9 砂箱最小尺寸图

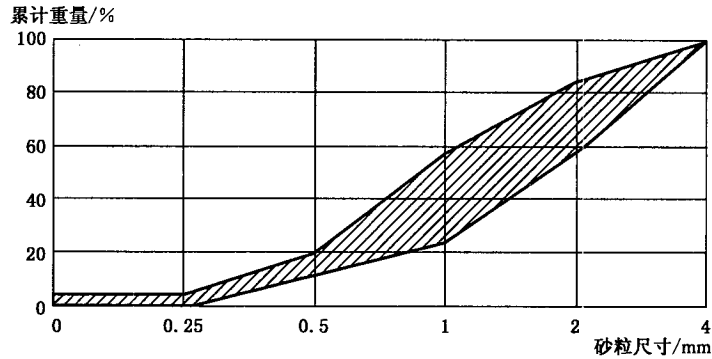


图 10 标准砂质量图

7.2 接头气密性

- 7.2.1 接头外护管结构制作完成后,在其表面钻孔安装充气接头。
- 7.2.2 外护管结构上的温度降至 40℃ 以下时,经接头充入空气或氮气,充气压力为 0.02 MPa,稳定压力 2 min 后,在接头连接部位涂刷肥皂水,进行接头气密性检查。
- 7.2.3 接头气密性测试和发泡之后,应及时堵塞开孔,严格密封。

7.3 接头保温层聚氨酯泡沫性能

- 7.3.1 接头保温层聚氨酯泡沫性能测试试样应从室温下储存不少于 72 h 的管道接头上切取。
- 7.3.2 接头保温层聚氨酯泡沫的型式试验应进行空洞和气泡百分率检测、泡孔尺寸检测、泡沫压缩强度测试、泡沫密度测试、泡沫闭孔率测试、泡沫吸水率测试、泡沫导热系数测试。测试按 5.2.1 聚氨酯保温管道直管对聚氨酯泡沫性能的方法进行。

7.4 热缩式高密度聚乙烯外护管接头的外观和剥离强度

7.4.1 外观

目测检查热缩带边缘有无均匀的热熔胶溢出,有无过烧、鼓包、翘边和漏烤现象。

7.4.2 热缩带剥离强度

当热缩带自然冷却至常温后,在与外护管搭接缝处撬出一条宽度为 20 mm~30 mm 的开口,用同宽度的夹子夹住热缩带,夹子连接测力计(弹簧秤),以 50 mm/min 的速率沿圆周切线方向均匀拉开热缩带。将测量记录的拉力值除以开口的剥离宽度(cm),即为剥离强度,单位按 N/cm。

7.5 热熔焊式接头的拉剪强度

- 7.5.1 测试方法应按 GB/T 8804 规定执行。
- 7.5.2 试样应从保温管道外护管同一横截面上的均匀分布位置截取,试样数量不得少于 3 个,外护管外径大于和等于 450 mm 时,应制取 8 个试样。采用机械加工方法制样。
- 7.5.3 热熔焊式外护管接头试样拉剪强度测试时,应保证试样不发生扭曲,试验机宜采用如图 11 所示的对中式夹头。
- 7.5.4 拉剪强度按试验机记录的最大拉力和试样结合面的面积进行计算,以多个试样拉剪强度的算术平均值为测试结果。
- 7.5.5 测试仪器设备:同 5.2.1.6.5。

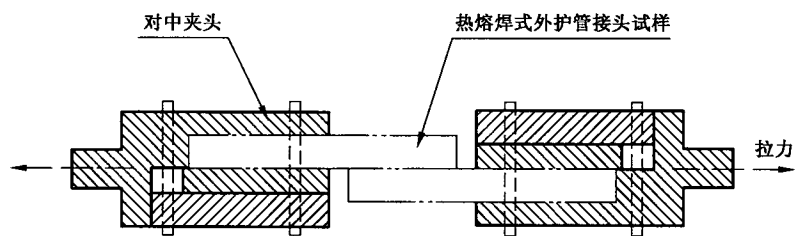


图 11 拉剪强度测试的对中夹头示意图

8 热水保温管道管件的质量检测

8.1 钢制管件

8.1.1 材质、尺寸公差及性能

钢制管件的材质、尺寸公差及性能的检测应按 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定执行。

8.1.2 公称直径与壁厚

8.1.2.1 钢制管件的公称直径与壁厚的检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.2.2 将钢制管件外弧中心的表面清理干净,直径在钢制管件弯曲部分采用卡钳或精度 1 mm 的卡尺测量;壁厚在管件外弧中心采用精度不大于 0.2 mm 超声波测厚仪至少测量 5 次,取其平均值。

8.1.3 表面质量

钢制管件外观的表面质量采用目测和量尺进行检测。

8.1.4 弯曲部分褶皱的凹凸高度

8.1.4.1 弯曲部分褶皱的检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.4.2 目测检查弯头与弯管的弯曲部分是否有褶皱及波浪形起伏。在目测波浪形起伏凹点与凸点偏差最大处,用卡尺和钢直尺检测凹点与凸点距弯头和弯管表面的最大高度。

8.1.5 弯曲部分椭圆度

8.1.5.1 弯曲部分椭圆度的检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.5.2 在弯曲部分始端、中间、终端,每一截面处用卡钳或精度 1 mm 卡尺至少均匀取 4 点检测。椭圆度按式(21)进行计算:

$$O=\frac{2(d_{\max}-d_{\min})}{d_{\max}+d_{\min}}\times100\% \dots\dots\dots(21)$$

式中:
O —— 椭圆度;
d_{max}——弯曲部分截面的最大管外径,单位为毫米(mm);
d_{min}——弯曲部分截面的最小管外径,单位为毫米(mm)。

8.1.6 弯头的弯曲半径

8.1.6.1 弯头的弯曲半径的检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.6.2 找出两端直管段的中心线,量出直管段长度,找出两端直管段与弯曲部分中心线上的交点,过交点作两条垂直于直管段的垂线,两垂线交于 B 点(如图 12),再用分度值 1 mm 钢直尺测量弯头弯曲半径。

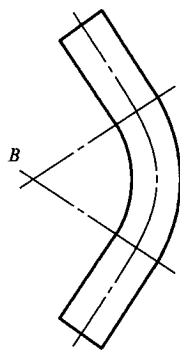


图 12 弯头的弯曲半径测量示意图

8.1.6.3 仪器设备:直角尺、2 000 mm 钢直尺、卡钳、平台。

8.1.7 管端椭圆度及直管段长度

8.1.7.1 管端椭圆度及直管段尺寸的检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.7.2 在弯头与弯管的直管段管端 200 mm 长度范围内,分别选取一个截面用卡钳或精度 1 mm 卡尺至少均匀取 4 点测量其外径,椭圆度计算同 8.1.5。用精度 1 mm 钢直尺或钢卷尺测量直管段长度。

8.1.8 弯曲角度偏差

8.1.8.1 弯曲角度偏差的检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.8.2 将弯管放在平台上,然后用直角尺在弯管两端的直管段上分别找出 N 点($N \geq 6$)投影到平台上(如图 13)。将弯管从平台上拿走,按照这些点找出两端直管段的中心线,交于 A 点,再用精度为 1° 的角度尺测量出弯曲角度 α 。

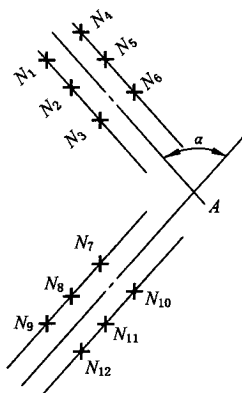


图 13 弯曲角度偏差测量示意图

8.1.8.3 仪器设备:角度尺、平台、2 000 mm 钢直尺、直角尺。

8.1.9 三通支管与主管角度偏差

8.1.9.1 三通支管与主管之间允许角度偏差检测应按 SY/T 5257 的规定执行。

8.1.9.2 按 8.1.6.2 的方法找出三通支管与主管段中心线,用精度为 1° 角度尺测量三通支管与主管之间的角度。

8.1.9.3 仪器设备:直角尺、2 000 mm 钢直尺、角度尺、平台。

8.1.10 焊缝质量

8.1.10.1 焊缝外观质量检查按 GB 50683 的规定执行。

8.1.10.1 射线和超声波探伤按 JB/T 4730 的规定执行。

8.1.11 密封性

8.1.11.1 水密性测试应符合下列规定:

8.1.11.1.1 使用洁净水,试验压力为 1.3 倍管件设计压力,保压 10 min 应无渗漏。

8.1.11.1.2 测试仪器设备:管件端封夹具;水压试验装置、计时器。

8.1.11.2 气密性试验应符合下列规定:

8.1.11.2.1 管件两端封闭,一端安装充气接头。

8.1.11.2.2 经充气接头向管件内部充入空气,气压为 0.02 MPa,保持压力 30 s。

8.1.11.2.3 管件的焊缝处涂刷肥皂水,或将管件置于水中,检查管件应无渗漏。

8.1.11.2.4 测试仪器设备:管件端封夹具、气压试验装置、计时器。

8.2 保温层

8.2.1 材料性能

管件保温层材料的性能检测按 5.2.1~5.2.5 的规定执行。

8.2.2 最小保温层厚度

剥离外护管后,用精度 1 mm 探针在管件弯曲部分背弧侧中心截面处,沿环向均布取 3 点测量保温层厚度;或在该截面的剖面上均布 3 点位置,用精度为 0.02 mm 卡尺测量保温层厚度。取测量值的最小值作为测量结果。

8.3 外护管

8.3.1 材料性能

管件保温结构中高密度聚乙烯外护管材料性能检测按 5.3.1 的规定执行。

8.3.2 外径增大率

高密度聚乙烯外护管外径增大率检测按 5.3.1.13 的规定执行。

8.3.3 最小弯曲角度

8.3.3.1 外护管焊缝最小弯曲角度测试试样应在焊缝位置沿外护管轴线方向切取。对于对接焊缝,要在一条焊缝上按均匀分布位置切取 5 个试样;对于挤出焊缝,要在一条焊缝上按均匀分布位置切取 6 个试样。

试样尺寸和弯曲试验装置尺寸按外护管壁厚 e 的范围确定,见表 1。

表 1 试样尺寸和弯曲试验装置尺寸

单位为毫米

外护管壁厚 e	试样尺寸		试验装置尺寸	
	宽度 b	长度 l_t	支辊间距 l_s	弯曲压头直径 d
$3 < e \leq 5$	15	150	80	8
$5 < e \leq 10$	20	200	90	8
$10 < e \leq 16$	30	200	100	12

8.3.3.2 最小弯曲角度测试步骤应符合下列规定：

- a) 测试前应清除试样受压一侧的焊珠，修平试样边缘。
- b) 如图 14 所示，将试样置于两个直径 50 mm 的平行支辊上，支辊的间距尺寸 l_s 和弯曲压头直径 d 按表 1 要求。对于对接焊缝，5 个试样的内表面都向上，与压头接触；对于挤出焊缝，3 个试样内表面向上，另 3 个试样外表面向上。
- c) 在压力试验机上，缓慢向压头施加均匀压力，同时采用万能角度尺测量试样焊缝两边部分的夹角 α ，直至达到按图 15 所示与壁厚对应的最小弯曲角时为止。
- d) 检查试样弯曲到最小弯曲角后焊缝及其周边是否出现裂纹。

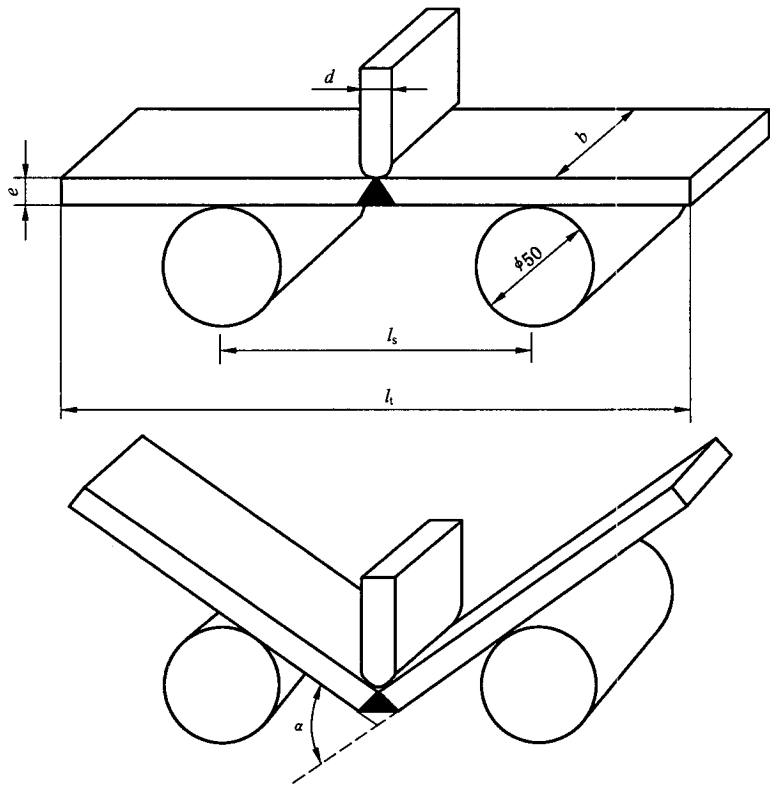
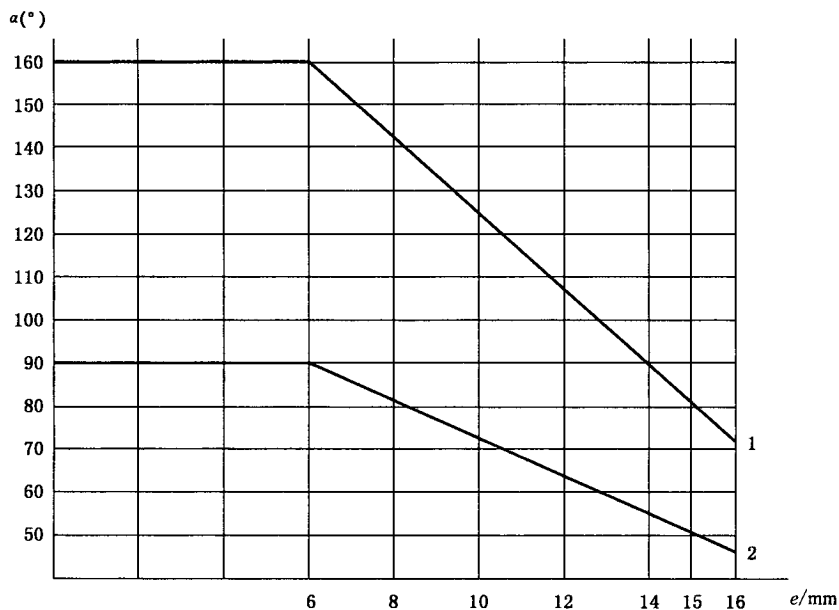


图 14 外护管焊缝的弯曲试验装置示意图



说明：
1——对接焊缝；
2——挤出焊缝。

图 15 最小弯曲角度图

8.4 保温管件的轴向偏心距、钢制管件与外护管间的角度偏差和主要结构尺寸偏差

- 8.4.1 轴向偏心距检测时,应测量管件端头保温结构垂直截面同一直径上的保温层最大厚度 h_1 和最小厚度 h_2 值,然后按式(1)进行计算。
- 8.4.2 角度偏差检测宜在管件垂直地面静止情况下,分别用数显角度水平尺沿钢管轴线方向和沿外护管轴线方向读数,求出角度偏差。
- 8.4.3 主要结构尺寸偏差采用钢直尺、卡尺、钢围尺、数显角度水平尺、平台等量具检测保温管件的各结构尺寸,计算尺寸偏差。

8.5 焊接聚乙烯外护管的密封性

聚乙烯外护管焊接后,目测检查全部焊缝质量。发泡之后,焊接外护管表面(除端口外)不得有聚氨酯泡沫塑料溢出。

9 热水保温管道阀门的性能检测

9.1 阀门承压能力

阀门承压能力检测应按 GB/T 13927 规定的压力试验执行。

9.2 阀门承受轴向应力条件下的性能

9.2.1 受轴向应力阀门

对安装在非预应力系统中的阀门,应进行承受轴向应力条件下的性能测试。

9.2.2 轴向力计算

作用在阀门上的轴向力按式(22)、式(23)计算：

$F_t = \sigma_{yt} \times A_s$ (22)

$F_c = \sigma_{yc} \times A_s$ (23)

式中：

- F_t —— 轴向拉伸力,单位为牛(N);
- F_c —— 轴向压缩力,单位为牛(N);
- σ_{yt} —— 拉伸应力,单位为兆帕(MPa),取 163 MPa;
- σ_{yc} —— 压缩应力,单位为兆帕(MPa),取 144 MPa;
- A_s —— 工作钢管管壁的横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

9.2.3 阀门试样

按型式试验的要求,在具有相同设计结构原理的阀门系列中,选择一台有代表性的、平均规格尺寸的阀门进行轴向应力条件下的性能测试。

9.2.4 轴向应力条件下阀门负载性能

9.2.4.1 未施加轴向力时,阀门壳体、阀杆密封性和阀座密封性的测试应按 GB/T 13927 的规定执行。

9.2.4.2 阀门施加轴向压缩力时应按下列步骤进行负载试验：

- a) 阀门处于开启状态,两端施加按 9.2.2 计算的轴向压缩力,使阀内充满(140±2)℃的试验介质,增压至阀门冷态最大允许工作压力(CWP),开始负载试验。
- b) 负载试验共进行 14 天,每天测量和记录 1 次轴向压缩力、试验介质温度和压力、阀门开关的力矩值。

9.2.4.3 负载试验以后,卸载轴向压缩力,阀内充满(140±2)℃的试验介质,再进行阀座的严密性测试。

9.2.4.4 阀门施加轴向拉伸力时应按下列步骤进行负载试验：

- a) 阀门处于开启状态,两端施加按 9.2.2 计算的轴向拉伸力,使阀内充满环境温度的试验介质,增压至阀门冷态最大允许工作压力(CWP),开始负载试验。
- b) 负载试验共进行 14 天,每天测量和记录 1 次轴向拉伸力、试验介质压力、阀门开关的力矩值。

9.2.4.5 保持阀门的轴向拉伸力进行阀座的严密性测试。

9.2.4.6 轴向拉伸力卸载后,再进行阀门壳体和阀杆的密封性测试。

9.2.5 测试仪器设备

9.2.5.1 阀门轴向力采用液压试验机产生,按不同阀门口径,选择的试验机最大拉、压力不应小于 1 000 kN,并配备阀门端口密封压板。施加拉力时,阀门端口需焊接封闭的拉力板。

9.2.5.2 高温高压热水机,热水温度(140±2)℃;热水流量 12 L/min;水压 2.5 MPa。

9.2.5.3 测量试验介质压力、温度和泄漏率的仪表应符合 GB/T 13927 中的规定。阀门开关扭矩采用精度为±0.5%FS 的扭矩传感器或扭矩扳手测量。轴向力宜按试验机液压和工作缸径面积进行计算,也可采用精度为±1%FS 的测力传感器测量。

9.3 阀门组件保温结构外护管和保温层材料性能

阀门保温结构中保温层和外护管材料的性能检测同 5.2.1 和 5.3.1 中直管材料的检测方法。

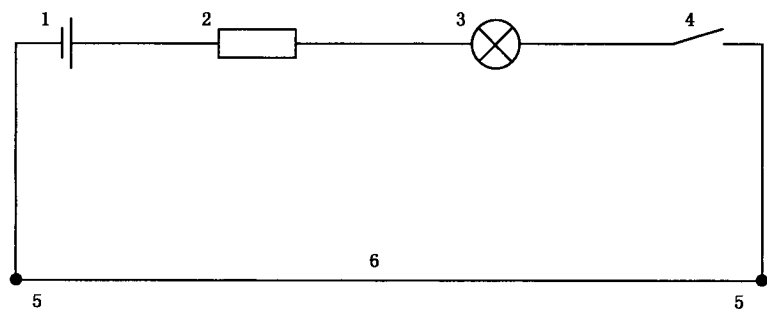
10 保温管道报警线性能检测

10.1 报警线端头外观与尺寸

目测检查保温管道产品的报警线外露端头部分是否损坏,其长度是否比工作钢管外露部分长 20 mm。

10.2 报警线导通性能

采用如图 16 的回路对报警线进行导通性能测试,电源电压应小于或等于 24 VDC,回路短路电流应小于 100 mA。连通报警线两端时,有声光显示表明其导通性合格。



说明:

- 1——直流电源;
- 2——电阻器;
- 3——光或声显示器;
- 4——开关;
- 5——接点;
- 6——报警线。

图 16 报警线导通性能测试示意图

10.3 报警线绝缘性能

采用 1 000 VDC 的兆欧表进行报警线绝缘性能测试,测试时间为 1 min。报警线与工作钢管之间以及报警线与管道中其他导体之间的绝缘电阻不应小于 500 MΩ。

11 蒸汽直埋保温管道性能检测

11.1 保温管道保温结构热面性能

11.1.1 测试方法

- 11.1.1.1 保温管道保温结构热面性能的测试应按 GB/T 17430 的规定执行。
- 11.1.1.2 管道试样的制备(不设试样管道端头的隔热缝)、测试截面的确定、温度和热流传感器的设置,均与 6.1.1.1 中热水保温管道保温性能测试中的要求和方法相同。
- 11.1.1.3 设定保温结构热表面温度为管道的最高使用温度,将工作钢管内通入该温度的介质,管道外护管处于室温环境,开始试验测试。当测试系统达到要求的温度并稳定后,保持恒温 96 h。恒温期间每间隔 12 h,测量记录 1 次温度和热流参数。然后停止热源供热,将整个装置冷却到室温。
- 11.1.1.4 测试仪器设备:热源温度为 350 ℃,其余仪器设备同 6.1.1.4 的规定。

11.1.2 保温性能参数计算

按保温管道的结构参数、实测温度和热流参数的平均值,计算管道保温结构在工作温度状态下的表观导热系数 λ_p 、计算保温层材料的导热系数 λ_i 。计算方法和公式同 6.1.1.3 的规定。

11.1.3 保温结构尺寸和质量

检查经热面性能测试并冷却后的保温结构。检查保温材料是否出现开裂和裂缝的数量,测量裂缝长度、宽度和深度。观察保温材料是否出现分层,观察管道下部有无保温层材料脱落现象。用钢直尺沿管长方向放置,再测量保温层中部的最大翘曲尺寸。

11.2 蒸汽直埋保温管道抗压强度和工作钢管轴向移动性能(砂箱试验)

11.2.1 采用砂箱试验对蒸汽直埋保温管道的抗压强度和轴向移动性能进行测试。

11.2.2 试样管段应从批量生产的蒸汽直埋管道上截取,其长度不应小于 2.5 m,对具有滑动支架的蒸汽管道应至少保有 2 个滑动支架。

11.2.3 测试分为空载试验和加载试验。

11.2.3.1 空载试验时,将管道试样置于砂箱中,使其裸露在砂层之上,将外护管与箱体固定。然后以 10 mm/min 的速度往复推拉工作钢管,使其轴向位移量为 100 mm,进行空载试验。连续往复推拉各 3 次,检查工作钢管移动是否有卡涩现象,用测力传感器测定每次推拉力的大小,计算该 6 次推拉力的平均值。

11.2.3.2 加载试验时,将管道试样埋入砂中,计算填砂层高度和压板加载共同产生的管道试样表面平均载荷,使其达到 0.08 MPa。然后以 10 mm/min 的速度往复推拉工作钢管,轴向位移量为 100 mm,进行加载试验。连续往复推拉各 3 次,记录每次推拉力的大小,并计算该 6 次推拉力的平均值。

11.2.4 结果计算。

计算空载平均推拉力与加载平均推拉力的比值,其结果不应小于 0.8。

11.2.5 测试仪器设备。

对试验设备砂箱和往复移动动力装置的要求同 7.1.4 中的规定;推、拉力的测定采用精度应为 $\pm 1\%$ 的测力传感器。

11.3 蒸汽直埋保温管道抗冲击性能

11.3.1 玻璃纤维增强塑料外护管蒸汽直埋保温管道整体抗冲击性能的测试应按 6.5 热水直埋保温管道抗冲击性能测试方法执行。

11.3.2 钢制外护管蒸汽直埋保温管道抗冲击性能测试是对其外防腐层抗冲击性能的测试。应根据实际的防腐层材料,按 13.1.5 中的规定进行抗冲击性能的测试。

12 蒸汽直埋保温管道管路附件的质量检测

12.1 管路附件的外观和尺寸偏差

检测方法按 8.1 中对热水直埋保温管道管件的该项目检测方法执行。

12.2 管路附件中保温层材料

根据保温层使用的材料按 5.2 中对该类材料规定的检测项目进行检测。

12.3 管路附件外护管的密封性

管路附件外护管的密封性测试宜采用气体压力试验。将端口密封后,向管路附件内部施加 0.2 MPa 压力,稳压 30 min。试压期间用肥皂水等检漏。

12.4 管路附件的抗冲击性能

抗冲击性能检测应按 11.3 的规定执行。

13 蒸汽直埋保温管道外护管防腐涂层性能检测

13.1 聚乙烯防腐层

13.1.1 性能

聚乙烯防腐层性能检测应按 GB/T 23257—2009 的规定执行。挤压聚乙烯防腐层分为底层为胶粘剂、外层为聚乙烯的二层结构和底层为环氧粉末涂料、中间层为胶粘剂、外层为聚乙烯的三层结构。

13.1.2 外观

采用目测检查,检查表面是否平滑,无暗泡、麻点、皱折和裂纹,色泽是否均匀。

13.1.3 厚度

防腐层的厚度应采用磁性测厚仪进行测量。每根管沿顶面等间距测量 3 次,然后把管旋转 3 次,每次旋转 90°,每次旋转后再沿顶面等间距测量 3 次。记录 12 个防腐层厚度数据,得出平均值、最小值和最大值。

13.1.4 漏点

防腐层的漏点应采用电火花检漏仪进行检测。按照防腐层厚度,计算和确定检漏电压峰值。当防腐层厚度 T_c 小于 1 mm 时,检漏电压 V 为 $3\,294\sqrt{T_c}$;当 T_c 大于或等于 1 mm 时,检漏电压 V 为 $7\,843\sqrt{T_c}$ 。调整检漏仪电压检查漏点。检漏时,探头移动速度不应大于 0.3 m/s。

13.1.5 抗冲击强度

13.1.5.1 从防腐管上截取尺寸为 350 mm×170 mm× δ (管道壁厚,mm)的试样一组 5 块,其中 350 mm 为沿管道轴向长度。

13.1.5.2 对试样先进行 25 kV 的电火花检漏,并对无漏点的试样距各边缘大于 38 mm 范围内用磁性测厚仪测量 4 点的防腐层厚度,计算其平均厚度。

13.1.5.3 用测得的防腐层厚度乘以 8 J,作为试验冲击能,并据此调整冲击试验机,对每块试样距边缘不小于 30 mm 的点进行冲击,相邻冲击点之间的距离也不应小于 30 mm,5 块试样共冲击 30 次。

13.1.5.4 对冲击后的试样进行 25 kV 的电火花检漏,不出现漏点时表明该防腐层抗冲击强度大于 8 J 倍的防腐层厚度。

13.1.6 粘结力

13.1.6.1 防腐层的粘结力大小是通过测定其剥离强度来进行检验的。

13.1.6.2 将管道防腐层沿环向划开 20 mm~30 mm 宽、长度大于 100 mm 的长条,深度直至外护钢管表面。撬起一端用测力计(弹簧秤)以 10 mm/min 的速率与管壁成 90°匀速拉开,如图 17 所示。记录拉开时测力计的数值。测试时的温度宜为 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$,用表面温度计监测防腐层外表面温度。

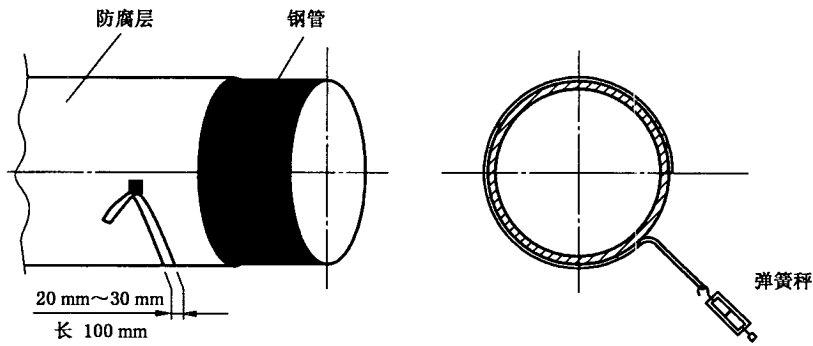


图 17 剥离强度测试示意图

13.1.6.3 将测量记录的拉力值除以防腐层的剥离宽度(cm),即为剥离强度,单位为 N/cm。以 3 次测定数据的平均值为测定结果。

13.2 熔结环氧粉末外涂层

13.2.1 性能

熔结环氧粉末外涂层性能检测应按 SY/T 0315 的规定执行。

13.2.2 外观

涂层外观应进行目测检查,检查表面是否平整、色泽均匀、无气泡、无开裂及缩孔。

13.2.3 厚度

涂层厚度检测采用磁性测厚仪,检测方法按 13.1.3 的规定。

13.2.4 漏点

漏点检测应采用电火花检漏仪,在涂层完全固化且温度低于 100 ℃ 的状态下进行漏点检测,检测电压应根据涂层的最小厚度(μm)数值确定,以 5 V/ μm 进行计算。

13.2.5 附着力

13.2.5.1 从防腐管上截取尺寸为 100 mm×100 mm× δ (管道壁厚,mm)的试件 3 块。烘箱内烧杯中的新鲜水已预热到(75±3)℃,将试件浸泡在烧杯中,保持该温度至少 24 h 不变。然后取出试件,在试件温热的条件下,用小刀在涂层上划出一个 30 mm×15 mm 的长方形,划透涂层直至钢管表面。

13.2.5.2 待试件冷却到(23±2)℃后,将刀尖插入长方形任一角的涂层下面,以水平方向的力撬剥涂层,直至涂层剥完或明显难以剥离。

13.2.5.3 按下列标准评定涂层附着力等级:明显不能被剥离的涂层为 1 级;被剥离小于或等于 50% 的涂层为 2 级;被剥离大于 50% 的涂层为 3 级;容易被剥离成条状或大块碎屑的涂层为 4 级;整片被剥离的涂层为 5 级。

13.2.6 抗冲击性能

13.2.6.1 从防腐管上截取尺寸为 200 mm×25 mm× δ (管道壁厚,mm)的试件 3 块,其中 200 mm 为沿管道轴线方向。

13.2.6.2 将试件放入(-30±3)℃的冷冻箱内保持不少于 1 h。

13.2.6.3 冷冻箱中取出试件放在冲击试验机上,与半径为 40 mm、硬度为(55±5)HRC 的弧面砧块

对正,以 1 kg 落锤、16 mm 直径的冲头、调整冲击试验机的冲击能至少为 5 J,在取出试件后的 30 s 之内冲击试件 3 次,各个冲击点间相距至少 50 mm。

13.2.6.4 将试件升温到 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$,使用电火花检漏仪调整电压为 5 000 V 进行检漏。

13.3 玻璃钢防腐层

13.3.1 防腐层外观表面质量的检测按 5.3.2.2 的规定执行。

13.3.2 防腐层材料的检测按 5.3.2.3 的规定执行。

13.3.3 防腐层厚度应采用磁性测厚仪检测,检测方法按 13.1.3 的规定执行。

13.3.4 防腐层漏点检测应采用电火花检漏仪,检测方法按 13.1.4 的规定执行。

13.3.5 防腐层抗冲击性能的测试按 6.5 的规定执行。

13.4 聚脲外防腐层

13.4.1 性能

聚脲外防腐层性能测试应按 HG/T 3831 的规定执行。

13.4.2 外观

采用目测检查防腐层外观。检查防腐层是否连续,是否无漏涂、无流痕、无气泡和无皱褶。

13.4.3 厚度

防腐层厚度应采用磁性测厚仪检测,检测方法按 13.1.3 的规定执行。

13.4.4 漏点

防腐层漏点检测应采用电火花检漏仪,检漏电压按防腐层厚度 μm 数值确定,以 $5\text{ V}/\mu\text{m}$ 进行计算,检漏仪探头以 $0.15\text{ m/s}\sim 0.3\text{ m/s}$ 的速度移动。

13.4.5 抗冲击性能

13.4.5.1 冲击试验机的重锤质量为 1.36 kg,半球形锤头直径为 15.9 mm,1.52 m 长的下落导管附有分度值为 2.5 mm 的标尺。

13.4.5.2 在有代表性的防腐层管段上截取试件 7 块,其尺寸为 $410\text{ mm}\times 50\text{ mm}\times \delta$ (管道壁厚,mm),其中 410 mm 为沿管道轴线方向。测试前试件应在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 室温下放置 24 h。

13.4.5.3 在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 条件下进行测试。对无漏点的试件首先选择一个足以使防腐层破损的高度进行冲击,电火花检漏确认破损后,降低 50% 的冲击高度,再在新区域进行冲击,直至用此方法反复降低高度进行冲击而不出现破损时为止。在不出现破损的前一个高度重做试验,如果出现破损,则降低一个高度增量;如果没有破损,就增加一个高度增量。相邻冲击点的高度增量保持不变,完成 20 个相继的冲击。

13.4.5.4 冲击强度按式(24)进行计算:

$$M=9.81\times 10^5\left[h_0+d\left(\frac{A}{N}\pm\frac{1}{2}\right)\right]W\quad \cdots\cdots\cdots(24)$$

式中:

M ——冲击强度的平均值,单位为焦(J);

h_0 ——发生次数较少的最低冲击高度,单位为厘米(cm);

d ——冲击高度增量,单位为厘米(cm);

N ——20 次冲击中发生或不发生破损的总次数中,取少者为 N 值;

A —— N 值中,高于 h_0 值的增量个数与该高度发生次数乘积的和;

W ——锤重,单位为克(g)。

式中的±号选取:当 N 值为发生破损的总次数时,取负号;当 N 值为不发生破损的总次数时,取正号。

13.4.6 剥离强度

防腐层剥离强度的测试按 13.1.6 的规定执行。

14 主要检测设备、仪表及其准确度

按测试项目要求选择测试设备、仪表,其准确度范围应符合表 2 的规定。

表 2 测试用设备、仪表及其准确度

测试项目	测试设备、仪表	测量单位	准确度范围
尺寸测量	钢直尺、钢卷尺	mm	±0.5~±1.0
	游标卡尺	mm	±0.01~±0.02
	千分尺	mm	±0.01
	针形厚度计	mm	±0.1~±1.0
	塞尺	mm	±0.05
垂直度、角度偏差	角度水平尺	度	±0.2~±1.0
泡孔尺寸	读数显微镜	放大倍数	40~100
纤维直径	800 倍显微镜	μm	±0.5
	气体流量计	L/min	±1.0%
材料质量	天平	g	±0.000 1~±1.0
液体温度	温度计	℃	±0.1~±0.5
土壤温度	地温温度计	℃	±0.5~±1.0
表面温度	热电偶、热电阻	℃	±0.1~±0.5
	表面温度计	℃	
	红外测温仪	℃	
液体压力	压力表	MPa 级	0.4 级~1.6 级
液体流量	流量计	L/min	±0.5%~±1.5%
液压强度试验	液压试验装置	MPa	0.4 级~1.0 级
泡沫闭孔率	闭孔率测试仪	标准压力传感器 kPa	±0.1%
		气体比重仪体积校准 mm ³	±50~±100
热流密度	热流计	W/m ²	±4%~±6%
材料导热系数	导热系数测试仪	W/(m·K)	±3%~±5%
材料辐射率 ε	辐射率测量仪	ε 精度	±1.0%
	红外测温仪	℃	±0.1~±0.5

表 2（续）

测试项目	测试设备、仪表	测量单位	准确度范围
有机物含量	高温马弗炉	℃	±2~±5
	称重天平	mg	±0.1
渣球含量	分离装置	r/min	±10
	称重天平	g	±0.01
材料机械性能测试	环境应力开裂试验仪	应力 MPa	±1%
	长期机械性能测试仪	温度℃	±1.0
材料浸出液离子含量	电位计	mV/格	±0.2
	微量滴定管	mL	±0.01~±0.02
	光度计	nm	±0.5
材料机械力学性能	材料试验机	力 N	±0.5%
		变形 mm	±0.5%
		横梁速度 mm/min	±1%
聚乙烯炭黑含量	炭黑含量测定仪	高温炉温度 ℃	±1
	称重天平	mg	±0.1
聚乙烯氧化诱导时间	同步热分析仪	热量 mW	±0.1%
		温度℃	±0.1
		气体流量 L/min	±0.5%
	称重天平	mg	±0.1
聚乙烯电晕后表面张力	表面张力测试笔	mN/m	±1
报警线绝缘性能	1 000 V 兆欧表	MΩ	0.1~1
聚乙烯熔融速率	熔体质量流动速率仪	温度℃	±1.0
	称重天平	mg	±0.1
热荷重收缩温度	常温至 900 ℃ 热荷重测试装置	升温速率℃/min	±2~±3
		负荷 kPa	±1%~±2%
材料憎水率	憎水试验装置	流量 L/min	±1%
	称重天平	g	±0.01
材料不燃性	1 000 ℃加热炉	续燃、阻燃时间 s	±1
		测温热电偶℃	±1
材料透湿性等	恒温恒湿箱	温度℃	±0.5~±1.0
		相对湿度%	±3~±5
	称重天平	g	±0.01
抗冲击性能	0~2 000 mm 冲击试验机	高度定位 mm	±1~±2
		落锤质量 g	±2~±5
材料烘干	常温至 300 ℃鼓风干燥箱	℃	±0.5~±1.0

表 2 (续)

测试项目	测试设备、仪表	测量单位	准确度范围
材料干燥	硅胶干燥器	绿色硅胶	—
阀门轴向负载试验	1 000 kN 压力试验机	压力 MPa 级	1
	试验介质	温度 ℃	±1
	力传感器	轴向力 kN	±1%
	扭矩仪	扭矩 Nm	±0.5%
管道保温性能	圆管法热传递测试装置	热源温度 ℃	±0.5~±1.0
		热流 W/m ²	±4%
		界面温度 ℃	±0.1~±0.5
冲击试验	-30 ℃低温冷冻箱	℃	±1.0
管道土壤应力、抗压强度和轴向位移试验	砂箱试验装置	位移 mm	±1.0
	工作钢管温度	℃	±1.0
防腐层厚度	20 μm~6 mm 磁性测厚仪	mm	±0.001
防腐层漏点	0.5 kV~25 kV 电火花检漏仪	kV	±5%
防腐层剥离强度	500 N 弹簧秤	N	±10

15 数据处理和测量不确定度分析

- 15.1 采集的可疑数据应剔除,并标明原因。
- 15.2 同一测试参数所测数据应按算术平均值的方法计算。
- 15.3 对出现的测试误差应进行误差来源分析,改进测试方法,调整测试仪器,必要时进行重复测试,确定重复性误差。
- 15.4 测试结果应按 JJF 1059 的规定做出测量不确定度分析,按照 A 类和 B 类评定方法计算合成不确定度,并给出扩展不确定度评定。

16 检测报告

- 16.1 检测报告应包括以下内容:
- a) 检测任务书及检测项目概况;
 - b) 检测方案,检测主要参数,主要测试仪器设备及其精度;
 - c) 检测日期,检测工作安排及主要技术措施;
 - d) 检测单位、人员及职责;
 - e) 检测数据处理,计算公式,测量不确定度分析;
 - f) 检测结果分析评定及建议。
- 16.2 原始记录、数据处理资料及检测报告应存档。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
城镇供热预制直埋保温管道
技术指标检测方法
GB/T 29046—2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 3.5 字数 98 千字
2013年3月第一版 2013年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46475 定价 48.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 29046-2012