

中华人民共和国国家标准

GB/T 29165.2—2012/ISO 14692-2:2002

石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第2部分：评定与制造

Petroleum and natural gas industries—Glass-reinforced plastics (GRP)
piping—Part 2: Qualification and manufacture

(ISO 14692-2:2002, IDT)

2012-12-31 发布

2013-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 符号、代号和缩略语	3
5 结构材料及壁厚要求	3
5.1 概述	3
5.2 纤维	3
5.3 树脂	3
5.4 连接	4
5.5 壁厚要求	4
6 评定程序	5
6.1 概述	5
6.2 评定压力及温度	5
6.3 耐温及耐化学性能	14
6.4 非强制性评定要求	15
6.5 耐火性能	15
6.6 导电及静电耗散	18
6.7 组件其他性能	20
6.8 组件质量控制基准数据	21
7 推荐尺寸	22
7.1 公称直径	22
7.2 弯曲半径	22
7.3 管件长度	22
8 制造过程的质量程序	22
8.1 一般要求	22
8.2 质量控制设备	23
8.3 质量控制试验	23
8.4 质量控制记录	28
9 组件标记	29
9.1 概述	29
9.2 要求	29
10 装卸、贮存及运输	30
11 文件	30
11.1 概述	30

11.2 订单文件	30
11.3 评定文件	30
11.4 生产质量控制文件	31
11.5 安装记录	31
11.6 公布数据	31
附录 A (资料性附录) 组件评定要求范例	34
附录 B (资料性附录) 压力评定试验比率	37
附录 C (规范性附录) 失效包络线	39
附录 D (资料性附录) 耐高温及耐化学性分项系数 A_1 及 A_2 的确定指南	40
附录 E (规范性附录) 耐火性试验	42
附录 F (规范性附录) 对燃烧反应试验方法的修改	49
附录 G (规范性附录) GRP 管道系统组件静电性能的确定方法	50
附录 H (规范性附录) 推荐尺寸	58
附录 I (资料性附录) 询价单范本	60
附录 J (资料性附录) 评定汇总表范本	61
附录 K (规范性附录) 根据回归数据计算长期静水压的最小二乘法	63
参考文献	70

前 言

GB/T 29165《石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管》分为以下几部分：

——第1部分：词汇、符号、应用及材料；

——第2部分：评定与制造；

——第3部分：系统设计；

——第4部分：装配、安装和运行。

本部分为 GB/T 29165 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 14692-2:2002《石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第2部分：评定与制造》(英文版)。

本部分由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)归口。

本部分起草单位：中国石油集团石油管工程技术研究院、中国石油股份大庆油田公司设计院、中国石油化工股份有限公司西北油田分公司、大庆汉维高压玻璃钢有限公司。

本部分主要起草人：戚东涛、严密林、张淑慧、张丽、羊东明、邹安澜。

石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管

第2部分:评定与制造

1 范围

GB/T 29165 的本部分规定了玻璃纤维增强塑料(GRP)管材及管件质量评定和制造要求。本部分适用于 GRP 产品的质量评定、尺寸选择、质量控制程序、管道组件标记和文件记录。本部分需要与 GB/T 29165.1 配合使用。

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 29165.1—2012 石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第1部分:词汇、符号、应用及材料(ISO 14692—1:2002, IDT)

GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准

ISO 834-1 耐火性能试验 建筑单元 第1部分:一般要求(Fire-resistance tests—elements of building construction—Part 1:General requirements)

ISO 1172 玻璃织物增强塑料 预浸料、模塑料及层合板 玻璃织物及矿物填料含量的测定 燃烧法(Textile-glass-reinforced plastics—Prepregs, moulding compounds and laminates—Determination of the textile-glass and mineral-filler content—Calcination methods)

ISO 4901 不饱和聚酯树脂基增强塑料 残余苯乙烯单体含量的测定 (Reinforced plastics based on unsaturated-polyester resins—Determination of the residual styrene monomer content, as well as the content of other volatile aromatic hydrocarbons, by gas chromatography)

ISO 6721-1 塑料 动态力学性能的测定 第1部分:总则(Plastics—Determination of dynamic mechanical properties—Part 1: General principles)

ISO 7822:1990 玻璃织物增强塑料 空隙率的测定 灼烧损失、力学衰变和计数统计法(Textile glass reinforced plastics—Determination of void content—Loss on ignition, mechanical disintegration and statistical counting methods)

ISO 10467:2004 承压及非承压塑料排水管道系统 不饱和聚酯(UP)树脂基玻璃纤维增强塑料(GRP)系统(Plastics piping systems for pressure and non-pressure drainage and sewerage—Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin)

ISO 10639:2004 承压及非承压塑料给水管道系统 不饱和聚酯(UP)树脂基玻璃纤维增强塑料(GRP)系统(Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply—Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin)

ISO 11357-2 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第2部分:玻璃化转变温度的测定(Plastics—Differential scanning calorimetry (DSC)—Part 2: Determination of glass transition temperature)

ISO 14692-4:2002 石油和天然气工业 玻璃纤维增强塑料(GRP)管 第4部分:制造、安装和操作(Petroleum and natural gas industries—Glass-reinforced plastics (GRP) piping—Part 4: Fabrication, installation and operation)

ASTM C177 用防护热板测量稳态热通量和热传导性能的标准测试方法 (Standard test method for steady—State heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded—Hot-plate apparatus)

ASTM D257 绝缘材料的直流电阻或电导的标准测试方法 (Standard test methods for DC resistance or conductance of insulating materials)

ASTM D696 用透明石英膨胀仪测定塑料在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间线性热膨胀系数的标准测试方法 (Standard test method for coefficient of linear thermal expansion of plastics between $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ with a vitreous silica dilatometer)

ASTM D1598 塑料管在恒定内压下失效时间的标准测试方法 (Standard test method for time-to—Failure of plastic pipe under constant internal pressure)

ASTM D1599 塑料管和管件的短时静水压失效压力的标准测试方法 (Standard test method for resistance to short-time hydraulic pressure of plastic pipe, tubing, and fittings)

ASTM D2105 玻璃纤维增强热固性塑料管纵向拉伸性能的标准测试方法 [Standard test method for longitudinal tensile properties of “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) pipe and tube]

ASTM D2143 增强热固性塑料管的循环压力强度的标准测试方法 (Standard test method for cyclic pressure strength of reinforced, thermosetting plastic pipe)

ASTM D2412 平行板载荷法测定塑料管外载荷性能的标准测试方法 (Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading)

ASTM D2583 用巴科尔硬度计测定硬质塑料硬度的标准测试方法 (Standard test method for indentation hardness of rigid plastics by means of a Barcol impressor)

ASTM D2925 在满管水流条件下玻璃纤维增强热固性塑料梁弯曲挠度的标准试验方法 [Standard test method for beam deflection of “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) Pipe Under Full Bore Flow]

ASTM D2992 玻璃纤维增强热固性塑料管及管件静压或压力设计基数测定的标准方法 [Standard practice for obtaining hydrostatic or pressure design basis for “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting—Resin) pipe and fittings]

ASTM D3567 玻璃纤维增强热固塑料管及管件尺寸的标准测量方法 (Standard practice for determining dimensions of “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) pipe and fittings)

ASTM D 4024 机制玻璃纤维增强热固性塑料法兰的标准规范 (Standard specification for machine made “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) flanges)

ASTM D5421 接触模式玻璃纤维增强热固性塑料法兰的标准规范 (Standard specification for contact molded “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) flanges)

ASTM E1529 大型烃类容器火灾对结构组件和系统影响的标准试验测定方法 (Standard test methods for determining effects of large hydrocarbon pool fires on structural members and assemblies)

ASTM E2092 三点弯曲热变形温度的热机械力学分析的标准测试方法 (Standard test method for distortion temperature in three—Point bending by thermomechanical analysis)

API Spec 15HR 高压玻璃钢管线管规范 (Specification for high pressure fiberglass line pipe)

API Spec 5B 套管、油管和管线管螺纹的加工、测量和检验规范 (Specification for threading,

gauging and thread inspection of casing, tubing, and line pipe threads)

IMO Resolution A 653(16) 舱壁、天花板和甲板的饰面材料的表面可燃性耐火试验规程推荐作法(Recommendation on improved fire test procedures for surface flammability of bulkhead, ceiling and deck finish materials)

IMO MSC. 61(67) 实施耐火试验规程的国际代码(FTP 代码)(Adoption of the international code for application of fire test procedures)

3 术语和定义

GB/T 29165.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耐火性能 fire endurance property

在火灾发生后规定时间内,组件或构件继续发挥其隔离物或构件性能的能力。

3.2

燃烧反应性能 fire reaction properties

与点燃时间、表面火焰蔓延特征相关的材料特性,包括不完全燃烧和火灾后暴露燃烧、放热速率、烟和毒气的释放等。

4 符号、代号和缩略语

GB/T 29165.1 中的符号及缩略语适用于本文件。

5 结构材料及壁厚要求

5.1 概述

5.2~5.4 规定了适用的结构材料,这些材料应按第 6 章规定的程序进行质量评定。变更结构材料时应按 6.2.8 的要求对组件进行重新评定。

5.2 纤维

组件的增强层主要采用的增强材料为玻璃纤维,包括连续纤维、无捻粗纱布等。将本部分应用于采用其他增强纤维制造的管材时应慎重并经过供需双方同意。

碳纤维或芳纶纤维等其他纤维增强材料可用于管件内局部增强,这类组件应按 6.2.3.2.2 的规定进行使用寿命评定试验。可采用碳纤维等低电阻率纤维作为非结构材料以保证管材的导电性。

注 1: 因为目前几乎没有采用碳纤维或芳纶纤维等其他增强材料制造的管材的长期耐压性、抗冲击力及耐火性能的资料,因此目前玻璃纤维仍是首选的增强材料。

注 2: 当组件中存在大量的碳纤维或碳填料时,为了防止其表面接触邻近的金属组件产生电化学腐蚀,需采用玻璃纤维对组件表面进行绝缘处理。

5.3 树脂

应采用热固性树脂制作组件。常用的树脂包括环氧树脂、聚酯树脂、乙烯基树脂及酚醛树脂。

注 1: 见 GB/T 29165.1—2012 第 6 章。

因为树脂中添加填料可能会产生不同于基体树脂的特性,从而影响管材长期性能,所以树脂中使用

填料时应慎重。

树脂的玻璃化转变温度 T_g 应比标准评定温度(65 °C)高 30 °C,即不小于 95 °C。

本部分中规定的评定要求不适用于内部衬有热塑性塑料或橡胶内衬的管道系统。

注 2: 使用热塑性内衬会改变承压管道的失效模式,还会影响管道的耐火性及静电性能。

为了提高管材耐磨性及导电性等性能,可将热固性树脂与纤维或其他填料混合使用作为管道内衬材料,但应满足管道服役条件要求。

可采用外涂层提高保温、耐火或导电性能,但在水压试验中应考虑涂层对检测组件管壁渗漏通道的影响,或外涂层的附加量对整体力学的影响。

5.4 连接

5.4.1 概述

连接通常是管道系统整体设计中最主要的因素。连接主要类型包括:

- a) 用胶黏剂/树脂粘接/层卷的连接;
- b) 机械连接。

连接应满足 5.4.2 及 5.4.3 中的要求。对于其他形式的连接方式,应满足同等水准的质量评定要求。

5.4.2 用胶黏剂/树脂粘接/层卷的接头

工厂或现场使用的胶黏剂应与评定试验使用的胶黏剂一致。粘接树脂或层卷树脂应适于现场装配,并符合下列要求:

- a) 粘接树脂或层卷树脂的黏度应与现场施工的温度及湿度条件相适应;
- b) 应按 6.8.2 中规定的方法测定固化度,其要求取决于固化度测试方法:
 - 固化度按 6.8.2.2 进行测定时,固化的胶黏剂或树脂的玻璃化转变温度 T_g 值不得小于制造商所提供最小值的 95%;
 - 固化度按 6.8.2.3 进行测定时,苯乙烯含量应不大于树脂含量的 2%(质量分数);
 - 固化度按 6.8.2.4 进行测定时,巴氏硬度不得小于供应商所提供最小值的 90%,并应经过供需双方同意。

如果采用其他方法测定基准固化度,质量控制的验收判据应经过供需双方同意。

- c) 供应商应记录胶黏剂/树脂性能的测定过程。

5.4.3 机械连接接头

制造商应保证辅助施工材料(例如 O 形圈、润滑脂、垫片、粘接剂及锁键)满足现场使用条件。

5.5 壁厚要求

本部分中的结构计算只适用于厚度与直径比满足式(1)要求的情况。

$$\frac{t_r}{D} \leq 0.1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- t_r ——增强层平均厚度,不包括防火层附加厚度和内衬厚度,单位为毫米(mm);
- D ——结构层平均直径,单位为毫米(mm)。

为保证装卸及安装过程中的强度,所有组件总壁厚的最小值 t_{min} 应满足式(2)和式(3):

$$\begin{aligned} \text{当 } D_i \geq 100 \text{ mm 时, } t_{\min} &\geq 3 \text{ mm} && \dots\dots\dots(2) \\ \text{当 } D_i < 100 \text{ mm 时, } t_{\min}/D_i &\geq 0.025 && \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

式中:

D_i ——组件增强层内径,单位为毫米(mm)。

应用在比较苛刻的海洋环境时,应考虑将最小壁厚增加至 5mm。

接头 O 形圈或锁键槽处的最小壁厚应不小于合格管体的最小壁厚。根据位置的不同,系统设计压力和其他设计系数可能会极大地增加所需壁厚。

6 评定程序

6.1 概述

评定程序由量化产品性能的标准方法构成,包括基于静态内压、提高温度、耐化学、静电及防火等性能的测试方法和基于饮用水条件、冲击、低温和极限循环压力等性能的非强制性检测方法。

制造商应确定评定压力 p_q ,参见 6.2.1.1,该数值与制造商给出的额定公称压力等级 p_{NPR} 有关,见式(4):

$$p_{NPR} = f_2 \cdot f_{3,\max} \cdot p_q \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

f_2 ——载荷系数(或安全系数);

$f_{3,\max}$ ——考虑 GRP 轴向极限承载能力的系数。

注 1: 详细阐述见 ISO 14692-3:2002 中的 7.2 和 7.10。

制造商应提供用于制定采购报价单的 f_2 及 $f_{3,\max}$ 值。建议采用 $f_2 = 0.67$ 及 $f_{3,\max} = 0.85$ 作为缺省值。

注 2: $f_{3,\max}$ 的值取决于 f_3 , f_3 是一个非固定参数,且主要取决于材料的使用工况与评定压力。

已做过评定试验的组件不得再用作 GRP 管路或管道系统的部件。

评定程序中还包括用于提供以下过程用数据的组件试验:

- a) 质量控制;
- b) 系统设计。

注 3: 对于回归梯度小于 0.03 的平滑回归曲线(参见 6.2.1.1),由于外推法存在统计不确定性,所以不能求出 p_q 值。

6.2 评定压力及温度

6.2.1 概述

6.2.1.1 压力术语及使用条件

按 6.2.2 进行压力评定后,制造商应以兆帕为单位给出所有组件的评定压力 p_q 。适用条件如下:

- a) 评定压力是在 65 °C 条件下、以 20 年标准使用寿命为基础而测定的;
- b) 在其他温度下运行及由输送介质引起的化学降解的影响,应按 6.3.2 和 6.3.3 的要求通过分项系数 A_1 及 A_2 加以考虑;
- c) 回归试验及 1 000 h 存活试验的最低温度为 65 °C。

6.2.1.2 试验要求

应按 6.2.2 中规定的要求检验所有组件的评定压力。制造商应记录按 11.3 进行评定的组件的关

键要素。这些要素主要包括：

- a) 结构材料；
- b) 按 ASTM D3567 或其他相应标准确定包括接头及辅件在内的尺寸；
- c) 制造工艺条件。

评定过程的目的旨在验证每个组件给出的评定压力。评定试验是针对某一给定产品族中特定代表产品的验证试验,无需对每个订单或项目进行重复试验。但是,如果发生 6.2.8 中所述的任何产品族的特性变化时,应重新进行评定。

用于评定试验的管材及接头的试样长度应满足 ISO 10639:2004 中表 14 和 ISO 10467:2004 中表 14 的要求。

组件(管件或接头)可以单件形式进行测试,也可以管段组装件形式进行测试,以便检验组件与管材组合后的整体性能。所有接头应按制造商现场装配说明进行连接,详见 11.5。

为了消除接头影响,测试组件或管串所用的管道长度不得小于管道结构层平均直径 D 的 3 倍。当管材及管件直径 D 与结构层厚度 t_r 之比大于 10 时,可采用小于 3 倍内径的管道长度,但最小长度不能低于 150 mm。管道长度应按式(5)确定:

$$L = (2 \times t_r \times D)^{0.5} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

D ——管材结构层平均直径,单位为毫米(mm);

t_r ——增强层平均厚度,单位为毫米(mm)。

为了保证组件承受压力引起的全部轴向载荷,通常采用非约束端方式进行评定试验。端部载荷代表现场实际载荷的系统除外,例如,由于支撑造成的实际载荷。采用约束端方式进行评定试验时应经供需双方同意。

所有规定的试验都应由供需双方同意的独立第三方代理执行或见证,并认证通过。每个组件的评定应记录在评定报告和总结中,详见 11.3.2 和 11.3.3。

6.2.1.3 组件定义

为了将试验载荷控制在可接受的范围内,同时防止试验数据超范围使用,本部分应用了产品族及其产品分支的概念。

为使评定试验要求合理化,GB/T 29165.1 给出了下列定义:产品族(2.2.100)、产品族代表(2.2.101)、产品分支(2.2.102)、产品分支代表(2.2.103)和组件变量(2.2.9)的概念。

产品族代表是指用于代表特定产品族的组件,例如具有相同功能(如直管、管道/接头、弯管等)的所有组件变量。对于本部分内容,产品族应包括但不限于:

- a) 直管;
- b) 带接头的管道。带接头的管道产品族包括由制造商选定的一种类型的接头。以下连接应作为单独产品分支进行评定:粘接剂粘接连接、层卷连接、法兰连接、弹性密封锁键连接、螺纹连接及鞍座连接;
- c) 弯头及异径接头作为单独产品分支进行评定;
- d) 三通;
- e) 法兰;
- f) 工厂或现场采用的装配工艺,该工艺不作为制造库存产品的工艺部分进行评定。

产品分支是产品族的一个分支,例如压力小于 5 MPa(50 bar),直径为 50 mm~150 mm 的直管或管道/接头,它按照特定直径及压力范围将直管分组,附录 A 阐述了如何将产品族细分为产品分支。应

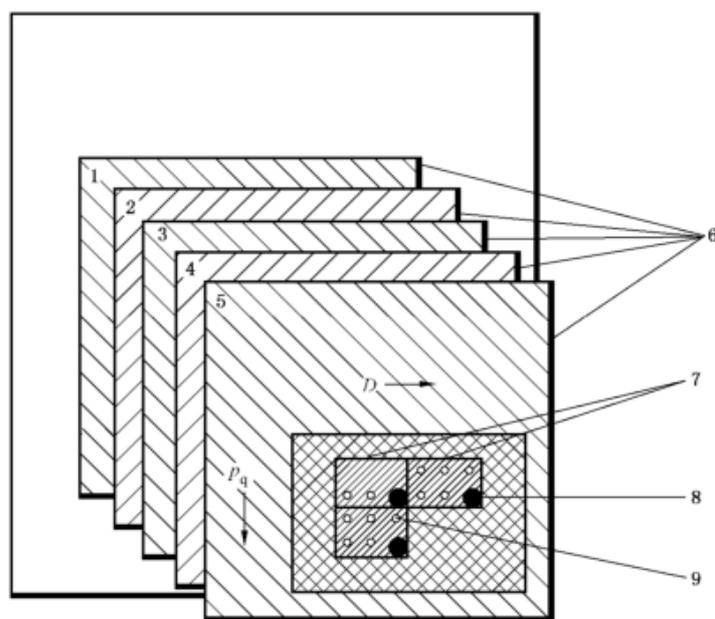
对每个产品分支的尺寸加以限定,并尽可能与表 A.1 中给出的例子相匹配,以便为用户提供统一的信息。如 API Spec 15LR[11]所述,直径间隔近似产品分支代表的其他尺寸范围可以被接受。

产品分支代表[例如 250 mm,5 MPa(50 bar)管道]是指代表该产品分支并用于基本评定试验的组件变量。

组件变量是组件个体[例如 80 mm/3 MPa(30 bar)弯管,100 mm/4 MPa(40 bar)管道/接头等]。

图 1 描述了将产品范围细分的各种定义。如果在某一产品分支中的某一产品分支代表没有进行评定,如果满足以下准则可视为合格品:

- 当待评定组件的直径小于 400 mm 时,大于其直径 100 mm 范围内(400 mm~500 mm)的临近产品分支的组件通过了评定试验;
- 当待评定组件的直径为 400 mm~800 mm 时,邻近 200 mm(600 mm~1 000 mm)范围内的产品分支中直径较大的一个组件通过了评定试验;
- 当待评定组件的直径大于或等于 800 mm 时,邻近 100 mm 范围内(800 mm~1 100 mm)的产品分支中直径较大的一个组件通过了评定试验;
- 当带评定组件压力小于或等于 2.5 MPa(25 bar)时,临近产品分支在更高压力下通过了评定试验。



- 1——弯头;
- 2——三通;
- 3——法兰;
- 4——接头(带管道);
- 5——管子(直管);
- 6——产品族代表;
- 7——产品分支;
- 8——产品分支代表;
- 9——组件变量。

图 1 产品族分为产品族代表、产品分支、组件变量及产品分支代表的示意图

6.2.2 试验方法

应按 6.2.3~6.2.7 确定管道、接头及管件的评定压力 p_q 。其中：

6.2.3 表 1 归纳了全部评定试验规程。

6.2.4 阐述了低压水应用的限制性评定规程。

6.2.5 阐述了通过设计方法进行评定的方法。

6.2.6 阐述了系统设计(见 ISO 14692-3)所需评定试验的详细数据。

6.2.7 阐述了将 20 年标准设计使用寿命的评定压力转化为其他设计使用寿命的方法。

组件试验压力与最大可能的设计压力之比主要取决于评定方法(参见附录 B)。

表 1 管子(带接头)和管件的全部评定规程

组件	产品种类	评定试验	目的
直管	产品族代表 ^a	65 °C 或更高的设计温度下完整回归试验 (ASTM D2992;1996-规程 B)	评定压力 评定应力 斜率
带接头的管道、管件 及装配后管材	产品族代表 ^a	65 °C 或更高的设计温度下完整回归试验 (ASTM D2992;1996-规程 B)或缺省 梯度	评定压力 用于测定使用寿命试验压力的 基准斜率
	产品分支代表	65 °C 或更高设计温度下两个 1 000 h 使用 寿命试验(ASTM D1598)	评定压力
	组件变量	65 °C 或更高设计温度下两个 1 000 h 使用 寿命试验(ASTM D1598)或比例法或 设计方法(用于特例)	评定压力
^a 只需测试一个直径尺寸的组件即可。			

6.2.3 完整的评定规程

6.2.3.1 直管(产品族代表)评定

本回归法评定规程能确定设计使用寿命为 20 年直管产品族代表以兆帕为单位的长期静水压 (p_{LTHP})及置信下限(p_{LCL})。必要时可将回归曲线的梯度录入表 2。只需试验一个直径尺寸的管子。因为与直管梯度相比,带有接头的管子梯度更加可靠,因此制造商可选择带有接头的管道进行试验。评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。

根据式(6),评定压力 p_q 或 p_{LCL} 与 p_{LTHP} 有关。

$$p_q = p_{LCL} = f_1 \cdot p_{LTHP} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

f_1 表示长期压力试验的离散度,是根据试验数据对 97.5%置信度下限的评价(见 ASTM D2992;1996,规程 B)。

为了生成回归曲线,应获取按 ASTM D2992:1996 进行试验的详细资料及测量数据,并根据本部分附录 K 分析回归数据得出统计学参数平均值、曲线方差及 p_{LCL} 。

按照委托方与制造商的协议,也可按 ASTM D2992:1996 的要求分析回归数据。

注: ASTM D2992:1996 中有一处错误,其中漏掉了方程 A. 1. 21 的系数 2。该方程应该如下: $\sigma_1^2 = 2\lambda\sigma_0^2$ 。

应在不低于 65 °C 或设计温度下(如果高于 65 °C)对直径不小于 50 mm 的产品进行试验。必要时可在其他温度下进行附加试验(参见 6. 3. 2)。获取产品族代表回归曲线的试验规程应由委托方授权的第三方实施或监督。

为确定管道在不同的环向应力与轴向应力组合时的 $p_{L,THP}$ 值,获取更全面的失效包络线,制造商可进行附加试验。详见附录 C。

制造商应按式(7)确定管道的合格应力值 σ_{qs} (MPa):

$$\sigma_{qs} = p_q \times \frac{D}{2t_r} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

p_q ——评定压力,单位为兆帕(MPa);

D ——管材结构层平均直径,单位为毫米(mm);

t_r ——增强层平均厚度,单位为毫米(mm)。

6. 2. 3. 2 带接头管道的评定

6. 2. 3. 2. 1 产品族代表

本评定方法能确定带接头管道产品族代表的梯度值 G (单位为 MPa/h),参见备注。梯度 G 用于确定设计使用寿命为 20 年带接头的管道产品分支代表的 p_{LCL} 值(6. 2. 3. 2. 2)。评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。

注:本试验中接头主要作用在于使应力集中在主管道上。

失效通常发生在与接头邻近的直管上。回归分析中只包括直管失效,不应包括接头失效。

为了生成回归曲线,试验的详细资料及测量结果应符合 6. 2. 3. 1 的要求。如果没有产品族代表的材料数据,可使用保守的或缺省梯度值 $G_{default}$ 。表 2 列出了缺省梯度值,这些数值来源于经验及大量的相关材料数据。只有设计温度低于 65 °C 时,才能采用缺省梯度值。

表 2 缺省梯度

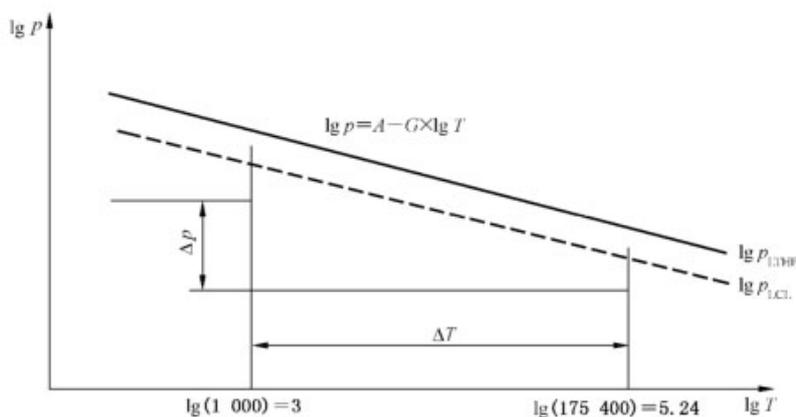
$G_{default}$ 回归线斜率 < 0.06 的直管	$G_{default}$ 回归线斜率 0.06 ~ 0.075 的直管	$G_{default}$ 回归线斜率 > 0.075 的直管
0.075	0.100	0.125
注:梯度单位表示单位时间内的压力。由于采用对数单位,因此无论测量单位采用 bar 还是 MPa 都不会影响最终结果。		

6. 2. 3. 2. 2 产品分支代表

本评定规程能够通过 1 000 h 寿命试验评定出设计使用寿命为 20 年的带接头管道产品分支代表的 p_{LCL} 值。应将每种接头系统作为独立的产品分支进行评定,例如粘接连接、层卷连接、法兰连接、弹性套筒密封键连接、螺纹连接及鞍座连接等。本过程旨在证明产品分支代表的性能等同于或优于产品族代表的性能。评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。

1 000 h 试验压力根据产品族代表的梯度 G (见 6. 2. 3. 1)或缺省梯度 $G_{default}$ (见 6. 2. 3. 2. 1)求出。应按 ASTM D1598 的要求在 65 °C 或更高的设计温度下对随机抽取的两个同批次的试样进行压力试验。如果产品分支代表通过试验,例如在试验过程中无泄露、无渗漏、试验压力未降低或结构完整性未改变则表明其合格。图 2 阐述如何用回归线以图示法计算产品族代表的试验压力。试验时间为 1 000 h,但制造商可采用与图 2 中给出的计算方法得出的更长试验时间及更低的试验压力进行试验。

注:如果组件的梯度远远大于直管的梯度,应延长试验时间。



$$\begin{aligned} \lg(T_{P1000}) &= \Delta p + \lg(p_{LCL}) \\ T_{P1000} &= p_{LCL} \times 10^{\Delta p} \\ \Delta p &= G \times \Delta T \\ &= G \times [\lg(175\,400) - \lg(1\,000)] \\ &= 2.24 \times G \\ T_{P1000} &= p_{LCL} \times 10^{2.24 \times G} \end{aligned}$$

注：20年约为175 400 h。

图 2 1 000 h 试验压力的计算方法

1 000 h 试验压力 T_{P1000} (MPa) 根据 G 求出, 见式(8):

$$T_{P1000} = p_{LCL} \times 10^{2.24 \times G} \quad \dots\dots\dots (8)$$

当采用缺省梯度 G_{default} 确定 1 000 h 试验压力时, 表 3 列出了 1 000 h 试验压力与 p_{LCL} 之比。

表 3 T_{P1000} 试验压力与 p_{LCL} 之比

T_{P1000} / p_{LCL}		
$G_{\text{default}} = 0.075$ MPa(bar)/h	$G_{\text{default}} = 0.1$ MPa(bar)/h	$G_{\text{default}} = 0.125$ MPa(bar)/h
0.147(1.47)	0.167(1.67)	0.191(1.91)
注：缺省梯度的说明参见表 2。		

6.2.3.2.3 组件变量

本评定方法能够通过 1 000 h 使用寿命试验或比例法确定带接头(与产品分支代表具有同样的连接方式)管道组件变量的 p_{LCL} 值。本过程旨在证明组件变量的性能等同或优于产品分支代表及产品族代表的性能。基于设计使用寿命为 20 年, 以 MPa 为单位的评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。

制造商应提供评定压力 p_q (例如组件变量的 p_{LCL} 值), 并证明已通过 1 000 h 使用寿命试验。6.2.3.2.2 中阐述了用梯度 G 或缺省梯度 G_{default} 计算 1 000 h 试验压力的方法。此外, 也可用管道增强层的平均直径及增强层厚度对产品分支代表的试验结果进行比例缩放来评定组件变量。但是, 只有直径小于产品分支代表直径的组件才可以用本方法计算。

组件变量 $(p_q)_{CV}$ 值的计算公式见式(9):

$$(p_q)_{CV} = (p_q)_{psr} \times \left(\frac{D}{t_r}\right)_{psr} \times \left(\frac{t_r}{D}\right)_{CV} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$(p_q)_{cv}$ ——组件变量的评定压力，单位为兆帕(MPa)；

$(p_q)_{pr}$ ——产品分支代表的评定压力，单位为兆帕(MPa)；

D ——组件增强层的平均直径，单位为毫米(mm)；

t_r ——组件增强层的平均厚度，单位为毫米(mm)。

6.2.3.3 管件及其他组装工艺的评定

6.2.3.3.1 产品族代表

该评定规程确定了产品族代表，如弯管、三通、异径接头或现场组装工艺等的梯度值 G 。此外，也可以采用 6.2.3.2.1 给出的管道和接头的梯度值 G 。管件或其他现场组装工艺的最小梯度值设定为 0.03，该值与管道和接头的梯度无关。

注：第二种方法假定回归试验中最可能的组件失效源是接头。

基于设计使用寿命为 20 年的评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。为生成回归曲线，试验详细资料及测量应依据 6.2.3.1。如果没有产品族代表的的数据，可以采用保守或缺省梯度值 $G_{default}$ 。表 2 列出了缺省梯度。只有设计温度低于 65 °C 时才可以采用缺省梯度值。

6.2.3.3.2 产品分支代表

本评定规程允许通过 1 000 h 使用寿命试验评定组件产品分支代表的 p_{LCL} 值。基于设计使用寿命为 20 年的评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。本过程旨在证明产品分支代表的性能等同或优于产品族代表的性能。制造商应提供产品分支代表的 p_{LCL} 值，并根据 6.2.3.2.2 规定的方法证明已通过 1 000 h 使用寿命试验。1 000 h 试验压力应采用 6.2.3.3.1 中阐述的产品族代表的梯度 G 或缺省梯度 $G_{default}$ 计算。

6.2.3.3.3 组件变量

本评定规程允许通过 1 000 h 使用寿命试验或比例法测定组件变量(与产品分支代表的种类相同)的 p_{LCL} 值。基于设计使用寿命为 20 年的评定压力 p_q 等于 p_{LCL} 。

制造商应提供组件变量的评定压力 p_q 值，即组件变量的 p_{LCL} 值，并证明已通过 1 000 h 使用寿命试验或设计计算。6.2.3.2.2 阐述了用缺省梯度计算 1 000 h 试验压力的方法。此外，也可以采用 6.2.3.2.3 中阐述的比例评定法。

6.2.3.3.4 法兰

应根据下列方法之一对法兰进行评定：

——按 6.2.3.3.1、6.2.3.3.2 及 6.2.3.3.3 程序，采用与实际应用中类型相同但等级更高的垫圈及密封件；

——ASTM D4024 规定除了接触模压法兰之外的增强热固树脂法兰，或 ASTM D5421 规定的接触模压法兰。

评定规程应经委托方同意。

6.2.4 用于低压供水的限定性评定规程

当用于低压供水时，可采用以下基于短时爆破试验的评定规程。表 4 给出了基于评定压力的低压相对于直径的定义。

表 4 不同直径管道低压的规定

管道直径 mm	评定压力 MPa(bar)
25~600	1.2(12)
<600~1 200	0.6(6)
>1 200	0.3(3)

本规程适于某一产品分支代表或组件变量基于 p_{STHP} 的评定压力 p_q 的评定。

本规程将对基于 p_{STHP} 及经验降级系数 Z 的评定压力 p_q 进行保守估算。应采用下列两种方法之一确定组件变量的 p_{STHP} 值(MPa)：

- a) 按 ASTM D1599 的要求试验 5 个同批次试样。代表性产品的 p_{STHP} 值应作为 5 个同批次试样的下偏差值(两个标准偏差值)；
- b) 按 ASTM D1599 给出的试验方法对两个同批次试样进行试验,选取两者中较小值的 85% 作为测量值。

试验应在标准试验室温度下进行(SLT)。如果采用本规程评定组件,其额定温度不得超过 65 °C。树脂最低 T_g 值的要求见 5.3。

注：经验表明与在 65 °C 下进行的试验相比,在 STL 温度下进行的爆破试验的结果为保守值。

评定压力 p_q (单位为 MPa)应满足式(10)：

$$p_q = \frac{p_{STHP}}{Z} \dots\dots\dots(10)$$

Z 值应从表 5 中选取。这些数值根据经验、制造工艺、大量相关材料数据及所选取的缺省回归梯度得出。参见表 2 确定缺省梯度。

表 5 经验系数 Z 的数值(仅限于温度不大于 65 °C 的情况)

$G_{default} = 0, 075$	$G_{default} = 0, 1$	$G_{default} = 0, 125$
2.68	3.35	4.02

6.2.5 采用设计方法的评定

对于某些组件变量而言,由于单位成本较高,采用 6.2.3 及 6.2.4 中规定的试验方法进行评定是不现实的。

对于限定性应用,可采用制造商提出的设计方法评定组件,但应经委托方检验并审核通过。

6.2.6 系统设计所需的详细数据

制造商应给定产品族代表的管子、接头及管件的短时双轴强度比 r 值。ISO 14692-3 系统设计部分需要采用 r 值。 r 值应按式(11)进行计算：

$$r = 2 \times \frac{\sigma_{sa(0+1)}}{\sigma_{sb(2+1)}} \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$\sigma_{sb(2+1)}$ ——短时环向强度(单位为 MPa),按式(12)计算；

$$\sigma_{sh(2;1)} = p_{STHP} \times \frac{D}{2t_r} \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

D ——产品族代表增强层的平均直径,单位为毫米(mm);

t_r ——产品族代表的增强层平均厚度,单位为毫米(mm);

p_{STHP} ——短时静水压试验压力,单位为兆帕(MPa),按6.2.4给出的方法确定;

$\sigma_{sa(0.1)}$ ——无内衬组件的短时轴向强度,单位为兆帕(MPa),通过下列两种方法之一确定:

- a) 按 ASTM D2105 的要求在 SLT 温度下试验 5 个同批次试样。产品族代表的 $\sigma_{sa(0.1)}$ 值应作为 5 个同批次试样的下偏差(两个标准偏差)值;
- b) 按 ASTM D2105 的要求在 SLT 温度下对两个同批次试样进行试验,选取两者中较小值的 85% 作为测量值。

对于某些管件而言,无法通过试验确定 r 值。制造商应根据 ISO 14692—3:2002 中 7.11.4 阐述的原则给定 r 值。

6.2.7 非 20 年设计寿命

本部分组件标准使用寿命或缺省使用寿命为 20 年。采用式(13)及式(14)可将按本评定规程确定的评定压力 $p_{LCL}(20 \text{ 年})$ 转化为使用寿命为 T 年的评定压力 $p_{LCL}(T \text{ 年})$:

$$p_{LCL}(20 \text{ 年}) = p_{LCL}(10 \text{ 年}) \times 10^{\Delta p} \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$\Delta p = G \times [1.3 - \lg(T)] \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

G ——相关组件变量回归线的相应梯度值,单位为兆帕每小时(MPa/h)。

6.2.8 重新评定

6.2.8.1 概述

按 6.2.1.2 及 6.2.1.3 的规定,当组件变更量超出了委托方许可范围时,该组件前期的评定无效。表 6 列出需重新评定的组件设计变更的实例。

应按 6.2.3.2.2、6.2.8.2 及 6.2.8.3 的要求对组件进行重新评定。如果性能超出限制,更改后的组件应被视为新产品,并需按 6.2.3 的要求对其进行评定。如果组件已通过短时爆破试验评定,应用 6.2.4 代替 6.2.3.2.2 对其进行重新评定。重新评定组件的 p_{STHP} 值不得小于评定试验测定的 p_{STHP} 值。

应修订每个此类重新评定有效的变量的评定报告及摘要,修订内容应包括涉及重新评定细节的相关资料。

6.2.8.2 所有产品分支的系统变更

当表 6 中的某项改变导致所有产品分支发生系统上的改变时,则应由制造商建议并经委托方同意,按 6.2.3.2.2 的要求对每一个产品族的单个产品分支代表(如弯管或接头)分组进行重新评定。

6.2.8.3 单一产品分支的变更

当表 6 中的某项改变导致所有前期评定过的产品分支中组件变量的某个特殊类型发生系统上的改变时,则应按 6.2.3.2.2 的要求对产品分支代表(即这种特殊类型产品及产品分支的代表)分组进行重新评定。

6.3 耐温及耐化学性能

6.3.1 概述

制造商应提供分项系数 A_1 及 A_2 , 这两个系数分别表示长期暴露在 65 °C 以上温度和除水以外的化学物质条件下的性能下降状况。

6.3.2 及 6.3.3 给出了确定 A_1 及 A_2 的方法。

6.3.2 温度的分项系数

制造商应提供作为温度函数的分项系数 A_1 。应考虑温度对采用的 O 形圈及锁键等辅件的影响。通常按 6.2 的要求评定过的管道组件, 可在不高于 65 °C 的各种温度下的运行, 且 A_1 值应为 1.0。当按 ASTM D2992 的要求测量的补充回归数据适用于 65 °C 以外的温度时, 允许在两组数据之间用插值法确定分项系数 A_1 。

注: 有些情况下获取的数据, 例如温度低于 65 °C 时, A_1 值可能大于 1.0。

最高允许设计温度应低于合格组件所采用树脂的 T_g 值。6.8.2.2 规定了允许设计温度与 T_g 的差值。

附录 D 给出了确定分项系数 A_1 的其他方法, 这些确定分项系数 A_1 的方法应经过委托方同意。

表 6 需要重新评定的组件设计变更

增强材料	<ul style="list-style-type: none"> —增强材料制造商 —增强材料制造工艺 —增强材料种类及成分 —增强材料表面处理(处理剂) —单丝直径 —粗纱线密度
树脂及胶黏剂	<ul style="list-style-type: none"> —树脂/胶黏剂制造商 —固化系统供应商 —填料及添加剂的数量及种类, 如用于导电性 —固化温度 —固化制度 —树脂/胶黏剂等级 —固化系统的种类
内表面	<ul style="list-style-type: none"> —成分 —固化制度/温度 —厚度
设计	<ul style="list-style-type: none"> —几何结构及尺寸, 包括连接的细节 —缠绕角度(>±5%) —增强材料质量 —质量分数(>±5%)
生产工厂	<ul style="list-style-type: none"> —将一种合格产品从一个工厂转移到另一个工厂生产

6.3.3 耐化学性能分项系数

对性能下降进行定量的适当方法是在设计温度下按 ASTM D2992 的要求采用化学介质进行回归试验,但此方法可操作性不强,通常采用其他方法确定分项系数 A_2 。附录 D 给出了确定分项系数 A_2 的其他替代方法,但这种确定分项系数 A_2 的方法应经过委托方同意。

6.4 非强制性评定要求

6.4.1 概述

除了 6.2 的评定要求外,还应根据委托方要求进行下列评定项目。

6.4.2 卫生证明

输送饮用水的 GRP 管卫生性能应符合 GB/T 17219 的要求。

6.4.3 耐冲击性

制造商应证明管道能够承受 5J 的低速落球冲击力,冲击后的管道在 1 000 h 存活试验中不应出现渗水现象。

管道尺寸应与最初评定合格的产品族代表的尺寸一致。试验应在下列条件下进行:

- a) 长度为 1 m 的空管子,即管子内未充入液体并摆放在坚实平面上;
- b) 半径为 12 mm,质量为 0.5 kg 的半球形压头从 1 m 高度处坠落;
- c) 冲击试验后管道应能经受 1 000 h 存活试验,该实验按 6.2.3.2.2 要求进行。

6.4.4 耐低温性能

制造商应证明管道能够在低温下良好运行。应考虑进行评定试验和力学性能试验,且经委托方同意。

6.4.5 有限循环评定试验(7 000 次循环)

应对代表产品的组件进行有限循环压力试验,以证明静压试验合格的组件也能适于有限压力循环工况。

该评定试验中,应对公称压力载荷相同的两个同批次试样进行试验。试验温度应为 SLT 温度 ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$)。试验流体可以为水。试验结果可以单独提交,也可包含在评定报告中。

按 ASTM D2143 的要求,标准循环试验的频率应为每分钟 (25 ± 2) 次。如果无法保证这一循环频率,也可采用较低的循环频率,但应对实际循环频率进行监测并计入评定试验报告。每一次循环试验压力范围在评定压力 p_n 的 $\pm 10\%$ 之间,并应经委托方同意。7 000 次压力循环内发生失效为不合格产品。

6.5 耐火性能

6.5.1 概述

用下列术语表征耐火性:

- a) 耐火性能(参见 3.1);
- b) 燃烧反应性能(参见 3.2)。

必要时应对每种管道材料系统进行全面耐火试验。试验时应考虑气候和老化对管道耐火性能的影响,尤其针对采用防火涂层的管道。

应按 6.5.5 及 6.5.6 规程对管道系统的耐火性能进行评定,同时按 6.5.2 的要求给定耐火等级编码。耐火试验应在国家授权的具有权限的权威机构认可的实验室进行,以证明所有相关性能参数结果达到规定的试验标准。

6.5.2 耐火等级编码

管道系统的耐火性能应根据耐火等级编码 A-B-C/×××-(D-E)来定义,同时也可参见 ISO 14692-3:2002 F.7,根据使用条件以火灾威胁严重程度和持续时间来定义。

如表 7 所示,将耐火等级编码设计成 A-B-C 三栏式编号,其中使用功能 A,火灾类别 B,和整体性 C 按严重程度设计成递减排列。出于整体考虑,耐火等级编码包含了可能超出本部分范围 A 的某些情况。

参数/×××表示持续时间。超过该时间,表明管道功能在该火灾情况下是合格的。

如表 8 所示,将燃烧反应等级编码设计成两栏式编号,其中火焰蔓延及热量释放 D、烟雾及毒性 E 按规定的严重程度递减顺序排列。

表 7 耐火性能等级编码

A:工况(流体或流体状态)		B:火灾种类		C:完整性/持续时间 参见注 1 及注 2	
DE	干管或空管	JF	喷射火焰	EA	能够在试验中或试验后保持试验压力并且无泄漏现象
DF	开始最少 5 min 内为干管/空管,随后为流水(线速度≤1 m/s)	HF	碳氢化合物油池火灾	EB	除允许的轻微渗漏之外,试验中不得出现泄漏。冷却后能够保持试验压力,无严重泄漏(即至少在 15 min 内泄漏量不得超过 0.2 L/min)
ST	滞流水	IF	冲击火焰	EC	耐火试验期间有极小泄漏或无泄漏(≤0.5 L/min)。冷却后,能在已知的泄漏(每种情况下单位长度管道的泄漏速率需要量化)状态下保持试验压力
SF	开始时滞流至少为 5 min,随后为流动水(线速度≤1 m/s)	CF	纤维素纤维	ED	耐火试验期间允许有泄漏(≥0.5 L/min)。冷却后,能在已知的泄漏情况下保持试验压力(每种情况下单位长度管道的泄漏速率需要量化)
WF	流动水(线速度≤1 m/s)			EE	耐火试验期间允许有渗漏(≥0.5 L/min)。冷却后能在已知量化的渗漏情况下保持压力
FG	易燃气体			EF	对耐火性无要求
HL	烃液				
OC	其他化学物质				

注 1:持续时间的指标表示为以分钟(min)为单位的试验时间,例如: /120 表示大于 2 h。
 注 2:试验压力应为设计压力 p_d 。其中 p_d 未知,试验压力应为 $p_{d,max}$, $p_{d,max} = (0.67 \times p_q)$,其中 p_q 为评定压力。

表 8 燃烧反应性能的分类编码

D:火焰蔓延及热量释放		E:烟雾及毒性	
1	不得有火焰蔓延	1	不得有烟雾或毒气扩散
2	在所代表的封闭区域内,需要限制火焰蔓延并需符合 IMO Resolution A 653 (16)以下条件: $Q_{CFE} \geq 20.0 \text{ kW/m}^2$, $Q_{ch} \geq 1.5 \text{ MJ/m}^2$, $Q_t \leq 0.7 \text{ MJ}$, $q_p \leq 4.0 \text{ kW}$	2	在所代表的封闭区域内,烟雾和毒气指标应符合 IMO MSC. 61(67)(附录 1 第 2 部分)的下述标准: $D_m < 400$ $w(\text{CO}) < 1450 \text{ } \mu\text{g/g}$, $w(\text{HCl}) < 600 \text{ } \mu\text{g/g}$, $w(\text{HCN}) < 140 \text{ } \mu\text{g/g}$, $w(\text{HF}) < 600 \text{ } \mu\text{g/g}$, $w(\text{NO}_x) < 350 \text{ } \mu\text{g/g}$, $w(\text{HBr}) < 600 \text{ } \mu\text{g/g}$, $w(\text{SO}_2) < 120 \text{ } \mu\text{g/g}$
3	在所代表的封闭区域内,需要限制火焰蔓延并采用 IMO Resolution A 653(16)的方法对其量化	3	IMO MSC. 61(67)(附录 1 第 2 部分)疏散时间内的烟尘及毒性指标应量化并且符合要求。IMO MSC. 61(67)(附录 1 第 2 部分)
4	无火焰蔓延要求	4	在所代表的开放区域内,对烟雾灰暗度及毒性无要求
其中: Q_{CFE} ——灭火时的临界热通量; Q_{ch} ——持续燃烧的热量; Q_t ——总放热量; Q_p ——放热量峰值		其中: D_m ——平均光密度	

6.5.3 制造商及系统识别

任何完成的试验应包括对制造商名称、唯一产品编码的完整描述,包括所用防火措施的详细资料。

6.5.4 重新评定

当表 6 中组件的设计压力、接头或管件设计及其他一般性能,例如防火涂层、树脂类别、壁厚,纤维体积分数及铺层角度等发生变化时,组件前期的评定结果无效。

此类组件需按 6.5.5 或 6.5.6 的要求进行重新评定。

6.5.5 耐火试验

应在的权威机构认可的独立第三方实验室内根据附录 E 对管道组件进行试验。该试验适用于所有管材、管件、打算采用的系统连接(包括非金属和金属管材之间以及管件之间的接头)、连接方法、内外衬、符合性能标准的包覆层及涂层。

待测管道组件的试验条件和尺寸应经过委托方和权威机构的同意。ISO 14692-3:2002 中 E.7 及附录 F 给出了有关待测管道组件尺寸和决定耐火试验要求因素的进一步说明。

应按表 7 对检测过的组件进行耐火等级编码。

注:附录 E 给出的耐火试验方法与参考文献[1]中给出的 IMO 试验要求相一致。

6.5.6 燃烧反应试验

6.5.6.1 概述

当 GRP 系统是由同一类型材料制成时,只对材料进行试验材料,不需试验整个系统。管道组件应在权威机构认可的独立第三方的实验室内试验。不需对管道的每一个尺寸进行检验。

应对拟应用管道的最大和最小壁厚尺寸的管道进行检验。假如壁厚在检验范围之内,则证明某一特定管道材料的所有管道尺寸均为合格。

6.5.6.2 表面火焰蔓延及热量释放

鉴于对管道曲面情况的考虑,应依据按 F.1 方法修正后的 IMO Resolution A 653(16)对表面火焰蔓延及热量释放进行评估。

6.5.6.3 烟尘灰暗度及毒性

鉴于对管道曲面情况的考虑,应依据按 F.2 方法修正后的 IMO MSC. 61(67) 附录 1 第二部分对烟雾扩散、灰暗度及毒性进行评估。

6.6 导电及静电耗散

6.6.1 概述

本条阐述了确定 GRP 管道组件的导电及除静电性能的要求。

注:系统设计师采用本节内容确定接地粘接点之间的距离,并且证明管道上不会有可产生起燃放电的电荷聚积。

ISO 14692-3:2002 附录 G 中阐述了确定 GRP 管道组件导电性、除静电性能及接地电阻的因素。

必要时应对每种管道材料系统进行所有检验。试验应相应地考虑气候和老化对管道电性能的影响。此外还应考虑具有不同电性能的防火涂层和绝缘涂层的影响。

组件应符合 6.6.3.1~6.6.3.6 中规定的一个或多个要求,同时应按照 6.6.2 为组件进行等级编码。应在设计使用期内保持良好的电性能,不应由于正常使用、装卸及安装而使该性能降低。每个产品族中至少要试验一个产品分支代表。该试验应在国家授权的权威机构认可的实验室进行,以证实所有相关性能参数达到了规定试验标准。对产品分支的选择应经过委托方和权威机构的同意。其他产品分支的试验可以在独立第三方在场的情况下在室内进行,独立第三方须经过委托方和权威机构许可。

6.6.2 导电性及除静电性能分类编码

管道系统组件的电性能应该按照下列二栏式分类编码 X/Y 定义,其中性能指标 X 的指定等级如表 9 所示按照导电性递减排列。如果可以证明接头符合 G.6 规定的连续性要求,指标 Y 值则为 1,否则其值为 0。

例如,编码 C3/0 表示该组件符合 C3 分类要求,但是整个接头无传导连续性。编码 A C1/1 表示该管道符合 C1 分类要求,并且整个接头有导电性。6.6.4 论述了管道结构对电性能的影响。

用于导电的 GRP 管道系统组件应该符合 C1a、C2a 或 C3 的分类编码要求。编码 C4、C5 及 C6 表示可以作为风险评估信息的性能参数,这些参数专门用于非导电性 GRP 管道系统组件。如果经委托方和权威机构同意,分类编码 C7 及 C8 可以根据特定情况采用不符合 C1~C6 要求的管道组件。

有些组件可能不只具有一个分类编码,例如 C3 及 C6。符合编码 C1 及 C2 的组件同时本身也符合编码 C3、C4、C5 及 C6 的要求。

表 9 电性能分类编码

编码	要求的电性能
C1a	按照 G. 2, 在小于等于 100 V 电压下, 以组件内壁对外表面或对粘接式接地夹方式进行试验时, 单位长度上的阻值应小于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ (参见 6. 6. 3. 2) 并符合 C3 的要求
C1b	按照 G. 2, 在小于等于 1 000 V 电压下, 以组件内壁对外表面或对粘接式接地夹方式进行试验时, 单位长度上的阻值应小于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ (参见 6. 6. 3. 2) 并符合 C3 的要求
C2a	按照 G. 2, 在小于等于 100 V 电压下, 以组件外表面对外表面方式进行试验, 单位长度上的阻值应小于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ (参见 6. 6. 3. 1)
C2b	按照 G. 2, 在小于等于 1 000 V 电压下, 以组件外表面对外表面方式进行试验, 单位长度上的阻值应小于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ (参见 6. 6. 3. 1)
C3	按照 G. 3, 试验时管道外表面最大感应电压小于电源电压的 2% (参见 6. 6. 3. 3) 并且满足 C4 的要求
C4	按照 G. 2, 在小于等于 100 V 电压下, 以粘接式接地夹对粘接式接地夹方式进行试验时, 单位长度上的阻值应小于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ (参见 6. 6. 3. 1)
C5	按照 ASTM D257 测定时, 表面电阻应小于 $1 \times 10^9 \Omega$
C6	表面电荷消除性能应符合 G4 要求 (参见 6. 6. 3. 4)
C7	不完全符合 C1~C6 要求, 但可采用的量化的导电性数据
C8	不符合 C1~C6 要求, 但可采用的量化的导电性数据
C9	绝缘体

6. 6. 3 试验要求

6. 6. 3. 1 根据 G. 2, 如果电压不大于 100 V, 以组件外表面对外表面或对粘接式接地夹方式进行试验时, 组件单位长度的电阻值不应大于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ 。当组件在固定半径的某层内能均匀导电, 并能表明该组件不用接地夹也符合本条款要求时, 不需进行 6. 6. 3. 3、6. 6. 3. 4 或 6. 6. 3. 5 试验, 同时应将材料归类为 C2a。如果能够表明组件只有使用接地夹才符合本条要求, 则应将材料归类为 C4。如果组件只能在 100 V~1 000 V 范围内达到 C2 分类级别, 则应将材料归类为 C2b。

注: 最高电压小于等于 100 V, 确保只有外表面的导电树脂涂层可以通过试验。如 ISO 14692-4:2002 中 5. 5. 4. 4 允许的那样, 1 000 V 下的 C2b 分类考虑了已安装组件的薄树脂涂层在 1 000 V 或更高电压下的电击穿效应。

6. 6. 3. 2 根据 G. 2, 如果电压小于等于 100 V, 以组件内表面对外表面或对粘接式接地夹方式进行试验时, 组件单位长度的阻值应小于等于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ 。当组件在固定半径的某层内能够均匀传导电荷并可以表明其符合本条要求时, 则不需再进行 6. 6. 3. 3 的试验, 该材料可归类为 C1a。如果组件在 100 V~1 000 V 范围内只能达到 C1 的分类级别, 该组件应该归类为 C1b。

注: 最大电压小于等于 100 V, 保证只有内表面的导电树脂涂层可以通过试验。如 ISO 14692-4:2002 允许的那样, C1b 分类考虑了已安装组件的薄树脂涂层在 1 000 V 或更高电压下的电击穿效应。

6. 6. 3. 3 按照 G. 3 (电荷屏蔽试验) 试验时, 管道外表面的最大感应电压不应大于电源电压的 2%。如果经过委托方和权威机构同意, 也可以采用替代验收判据。无论是否采用接地夹试验, 符合该标准并且单位长度电阻小于等于 $1 \times 10^5 \Omega/m$ 的组件归类为 C3。

如果由于通过管壁对地的传导使管道内侧无法保持 1 000 V 电压, 不符合 C1a 但却符合 C1b 的管道应重新归类为 C1a。

注: 该试验强调了电荷源位于管道内部的情况, 例如由管道内低导电性液流的流动产生的电荷。对于管壁没有径向传导通路的组件而言, 它是 6. 6. 3. 2 的替代试验。该试验目的在于证明管道外部能够感应出小于 1 kV 的电压。为此, 假定管道内流体流动能够产生的最大电压为 50 kV。

6.6.3.4 根据 G.4(电荷消除试验)测试试样时,如果试样符合下列任一标准,组件将满足电荷消除分类编码 C6 的要求:

- 管道表面绝对峰值电压小于 1 kV 或绝对电晕电压的 1%,取较小值;或者
- 衰减时间(从峰值电压衰减到 $1/e$ 的时间)小于 0.5 s。

如果经过委托方和权威机构同意,也可以采用替代验收判据。确定替代衰减时间判据时,电荷衰减速度应比电荷积聚速度快。

注:该试验能够判定管道组件外部是否能消除静电。

6.6.3.5 按照 ASTM D257 测定时,组件表面电阻应小于 $1 \times 10^9 \Omega$ 。符合这一标准的组件应归类为 C5。

6.6.3.6 如果根据 G.2 没有证明接头的连续性,则应根据 G.6 阐述的方法证明接头处电通路的连续性。如果能够证明接头符合 G.6 规定的连续性要求,分类编码指标 Y 值应为 1。否则指标 Y 值应为 0。

6.6.4 管道结构对试验要求的影响

管道系统的电性能取决于每种组件的具体构造。组件可分为四类:

- 不采用附加措施来提高导电性或消静电性的 GRP 直管;
- 由管道内壁离散性导电组件构成导电网络的组件;
- 整个管壁有导电树脂的组件;
- 外部涂有导电涂层的组件。

如果用离散性导电组件来提供导电性,这些组件应沿周向和长度方向均匀分布在管道组件上。不应有电绝缘体存在,否则这些组件用常规接地夹方式不能接地。

尤其不得用带绝缘层的纤维为管道提供由内至外的直流通路。需要评定的每种组件的产品分支数量受组件壁内导电纤维间距的影响。对于导电纤维间距相同或较小的组件种类单个试验就可以证明每个组件类型的所有尺寸都是合格的。对于导电纤维间距较大的组件应进行附加试验。

注:带有导电纤维网络的组件可能有一个高电阻表面层,该表面层会阻止组件达到 6.6.3.1 的要求。

如果外部涂有涂层,制造商应提供涂层耐用性的证明资料。

有些 GRP 材料在海洋环境应用时,其导电性能可能呈现持续提高。必要时,按 G.5.3 中的规定测定样品在海水中浸泡 12 个月后电性能变化。

如果组件外部涂有导电层,在工厂内喷涂的表面上未覆盖的最大面积应为 10 cm^2 。该涂层应在整个设计使用寿命期间保持良好性能,不应由于正常使用、装卸及安装而降低其性能。

6.7 组件其他性能

必要时制造商应进行以下一个或多个试验以测定每个直管系列产品代表的下列性能数值:

- a) 按附录 C 在 $65 \text{ }^\circ\text{C}$ 或 $65 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上温度下确定的管道长期失效包络线;

注:如果无法获得直管数据,可以采用管子/接头的数据代替。

- b) 按 ASTM D2105 的要求在 SLT 温度下确定的短时轴向强度;
- c) 按 ASTM D2105 的要求在 SLT 温度下确定的轴向拉伸模量;
- d) 按 ASTM D2925 的要求在 SLT 温度下确定的轴向弯曲模量;
- e) 按 API 15HR 的要求在 SLT 温度下确定的环向拉伸模量和泊松比;
- f) 按 ASTM D2412 的要求在 SLT 温度下确定的环向弯曲强度和模量;
- g) 为了测量环向收缩,按已修正过的 ASTM D2105 的要求在 SLT 温度下确定轴向拉伸导致的环向收缩的泊松比;
- h) 按照 ASTM D696 测定的轴向热膨胀系数;
- i) 按照 ASTM C177 测定的组件和保护层的径向导热系数;

j) 组件密度。

应根据要求提供所有试验的背景数据。

6.8 组件质量控制基准数据

6.8.1 概述

制造商应根据评定程序确定包括制造验收标准及安装质量控制程序在内的基准数据。

6.8.2 固化度

6.8.2.1 概述

按 6.8.2.2 测量玻璃化转变温度是确定树脂基体或组件固化度的最佳方法。此外,也可以按 6.8.2.3 或 6.8.2.4 确定固化度。经委托方同意,制造商可以建议采用替代方法评估固化程度,例如根据 ISO 75 要求确定的载荷状态下变形温度评估固化程度。在质量控制过程中,方法、组件或所使用树脂基体的选择都应提供最适当的基准,该基准用于评估产品组件的固化度。

当基准值来自某一组件,则应在同一组件不同截面间隔 120°的三个位置取样 3 个。测定固化度的样品应从评定试验程序 6.2 使用过的组件变量中抽取。

6.8.2.2 玻璃化转变温度(T_g)

玻璃化转变温度(°C)应采用以下方法之一进行测定:

- 根据 ISO 11357-2 采用 DSC(差示扫描量热法);
- 制造商与委托方协商同意后采用 MDSC 法(调制式差示扫描量热法);
- 按照 ISO 6721-1 采用 DTMA 法(动态热力学分析法);
- 按照 ASTM E2092 采用 HDT(热变形温度)法。

如果采用 DSC、MDSC 或 DTMA 测定, T_g 将比最高设计温度高 30 °C 以上。

如果采用 HDT 测定, T_g 将比最高设计温度高 20 °C 以上。

6.8.2.3 苯乙烯单体残留量

对于聚酯产品及乙烯基产品,应对用于评定试验的组件接头的苯乙烯单体残留量进行测定。应按照 ISO 4901 进行测定。苯乙烯单体残留量不应超过树脂含量的 2%(质量分数)。

6.8.2.4 巴氏硬度

应按照 ASTM D2583 进行巴氏硬度试验。建议每个试样至少选取 10 个试验数值。其中两个最大数值和两个最小数值可以舍弃,其余六个数值用来计算平均值。

注:由于所试验的材料为复合材料,所以通常试验数值大小分布跨度较大。影响巴氏硬度数值的因素包括:压头位置会随机压在增强纤维、表面树脂或胶衣上。如果压头压到表面毡,测试值较低。

6.8.3 非强制性短时爆破试验

短时爆破试验是监控组件质量的替代方法。

对于所选取的代表合格组件的试样类别,委托方及制造商应达成一致意见。作为最低相似性(要求),应采用与需要监控的合格组件相同的增强材料及树脂制造试样。

应根据 6.2.4 所给规程测定试样的基线压力 p_{STHP} 。

6.8.4 玻璃含量、孔隙率及含水量

应按照 ISO 1172 测定合格组件增强层壁厚的玻璃含量(增强玻璃纤维的百分比)。应在同一组件。

不同截面间隔 120°的三个位置取样三个。测定玻璃含量样品应从评定试验程序(6.2)中使用过的组件变量中选取。

酚醛树脂合格组件的孔隙率及含水量的测定方法也应经委托方同意。

6.8.5 组件关键尺寸

制造商应按照 ASTM D3567 确定合格组件的下列基准尺寸：

- a) 内径, d_{ID} ;
- b) 外径, d_{OD} ;
- c) 质量;
- d) 最小壁厚, t_{min} ;
- e) 平均增强层壁厚, t_r ;
- f) 铺设长度。

7 推荐尺寸

7.1 公称直径

管子及管件的公称直径(mm)从表 10 中选取,或由制造商及委托方协商确定。

表 10 公称直径

单位为毫米

DN	DN	DN	DN	DN
10	80	500	1 600	3 200
15	100	600	1 800	(3 400)
20	125	700	2 000	3 600
25	150	800	(2 200)	(3 800)
32	200	900	2 400	4 000
40	250	1 000	(2 600)	—
50	300	1 200	2 800	—
65	400	1 400	(3 000)	—

注：对于玻璃纤维增强热固性树脂管材,括号内数值并非为首选值。

7.2 弯曲半径

标准弯曲半径应为公称直径的 1.5 倍。经委托方同意也可采用其他尺寸。

7.3 管件长度

图 H.1(见附录 H)中以 L_{max} 表示的管件(弯管、三通及异径接头)推荐最大总长应与表 H.1 及表 H.2(见附录 H)一致。如果委托方同意,高压应用时可采用更长的管件。

8 制造过程的质量程序

8.1 一般要求

管道制造商应具有相应的、经授权的质量保证(QA)及质量控制体系。

供应商应确定影响组件性能的制造工艺或过程,同时应确保这些工艺过程得到合理控制。应为以下(包括但不限于)关键工艺或过程制定规程并加以保存:

- a) 原材料(包括辅料)的验收,(不得使用未经验收试验的原材料);
- b) 原材料(包括辅料)的贮存;
- c) 树脂混合;
- d) 温度和相对湿度控制;
- e) 组件制作;
- f) 停产后再生产;
- g) 固化(包括对固化时间及温度的监控);
- h) 组件变量的评定;
- i) 员工工作能力的培训与取证;
- j) 检验员培训和取证;
- k) 标记、包装、装卸及运输。

注: ISO 14692-4:2002 中 5.4.1 中阐述了对管道粘接工和检验员安装资格的要求。

此外,应制定质量计划及流程图(根据工厂计划制定并阐明组件制作过程中所有的预计试验及检验)。

按委托方的检验要求制定纪录,文件和规程。

制造商应自投产验收之日起保留相关记录、文件及规程的副本至少五年。

8.2 质量控制设备

所有检验、测量及试验设备应进行维护及校准。

试验压力的测量装置应为压力计或压力传感器(满刻度范围不超过试验压力的两倍),其精确度至少应为满刻度范围的 $\pm 0.5\%$ 。制造商工厂应备有静载荷试验装置以便校准测量仪器。所有压力测量装置应每两个月用静载荷测试仪或其他相应装置校准。

8.3 质量控制试验

8.3.1 概述

按本部分提供的管子和管件应按照 8.3.2~8.3.10 进行检验。质量控制检验的频率取决于连续生产的特定百分比。连续生产定义如下:

- a) 对于连续缠绕工艺而言,连续生产是指纤维类型、树脂、管径及壁厚无变化的时期;
- b) 对于固定芯轴缠绕而言,连续生产是指纤维类别、树脂或胶槽清洗无变化的时期。

8.3.2 工厂静水压试验

8.3.2.1 概述

组件完全固化后,制造商应按照 8.3.2.2~8.3.2.4 阐述的要求对其中一部分进行静水压试验。

静水压试验压力应维持最少 2 min 以便确认无泄露。如果可行,试验组件应采用非约束式封端。试验温度应为环境温度。

8.3.2.2 组件变量

应对连续生产的组件变量中的 5% 进行静水压试验。高压系统[大于 3.2 MPa(32 bar)]的试验频率应为 100%。

对于公称直径小于或等于 600 mm 的组件,其试验压力应为评定压力的 0.89 倍。

注 1: 0.89 为偶然载荷 f_2 的系数,参见 ISO 14692-3:2002 中的 7.6.2.2。

对于公称直径大于 600 mm 的组件,其试验压力可以降至评定压力的 0.75 倍。

注 2: 大直径组件在较低试验压力条件下考虑了试验中自重形成的附加轴向应力。

8.3.2.3 管串

必要时应根据设计压力的 1.5 倍或评定压力的 0.89 倍两者中较小的数值,对所有管串进行静水压试验。对于公称直径大于等于 600 mm 的组件,试验压力可以降至评定压力的 0.75 倍。

如果管串无法试验,委托方好制造商应商定可以将年度质量保证审核及规程作为质量验收的充分依据。

8.3.2.4 复验

如果试验失败,则应另取两个组件进行复验。如果两个复验试样均合格,则最后一个合格水压试验试样之前生产的组件为合格。如果其中一个或两个复验失败,则最后一个合格组件之前生产的组件为不合格。

8.3.3 固化度

如 6.8.2 所述,应根据测定基准组件固化度的方法以连续生产产品的 1% 为抽样频率测定固化度。如果固化度基准是由某一组件而并非由基体树脂测定的,则应在同一组件。不同截面间隔 120° 的三个位置取样 3 个。以下内容的实施取决于固化度的测定方法:

- 如果玻璃化转变温度小于按照 6.8.2.2 测定的基准组件玻璃化转变温度最小值(单位为摄氏度)的 95%,则按 8.3.11 进行复验,最后一个合格组件之前生产的组件为不合格;
- 如果苯乙烯含量比按照 6.8.2.3 测定的树脂中苯乙烯含量多 2%(质量分数),则按 8.3.11 进行复验,最后一个合格组件之前生产的组件为不合格;
- 如果巴氏硬度小于按照 6.8.2.4 测定的基准组件的巴氏硬度最小值的 90%,则按 8.3.11 进行复验,最后一个合格组件之前生产的组件为不合格。

如果采用其他替代方法确定固化度基准值,质量控制的验收判据应经过委托方同意。

8.3.4 非强制性短时爆破试验

如果作为非强制性要求(参见 6.8.3),制造商及委托方应商定质量控制所需的试样制作频率。此外,制造商及委托方还应商定 PSTHP 试验所要求的频率。

应根据 ASTM D1599 的要求在 SLT 温度下确定 p_{STHP} 值。如果 p_{STHP} 值小于评定试验中确定的 p_{STHP} 基准值(参见 6.8.3),则到最后一次合格 p_{STHP} 试验之前生产的组件为不合格。

8.3.5 连续进行的压力试验

所有组件变量的压力试验应以连续生产计划而不是以特殊项目订单为基础。

不考虑评定压力、直径及壁厚,按照 6.2.3.2.2 每年至少对每个生产单元上连续生产的两个产品分支进行 6 个 1 000 h 试验。组件变量的范围不限于直管,但是应包括产品族中所有组件变量类别。

如果 1 000 h 试验中有任何一个试验不符合要求,则需要对工厂生产工艺及质量控制方法进行检验。同时,按 8.3.11 进行复验,之前的产品批次为不合格。

已做过这些试验的组件不得作为 GRP 管或管道系统的部件。

8.3.6 玻璃含量、水分含量及孔隙率

应以连续生产的1%为频率,按ISO 1172测定增强壁的玻璃含量(增强玻璃纤维的百分比)。组件变量的范围不限于直管,但应包括产品族中所有组件变量类别。

如果委托方有要求,则应按ISO 7822或按与委托方商定的规程测定孔隙率。

如果委托方有要求,则应按与委托方商定的规程测定酚醛树脂组件的孔隙率及含水量。

如果可行,用于测定玻璃含量、孔隙率及含水量的试样应从基准组件的同一位置上取样。

除非与委托方另行商定,否则玻璃含量(质量分数)为表11或表12数据。

如果玻璃含量不符合表11或表12中范围限度,则最后一次抽样试验合格前生产的组件为不合格,需按8.3.11进行复验。

如果孔隙率大于委托方同意的最大值,则最后一次抽样试验合格前生产的组件为不合格,需按8.3.11进行复验。

表 11 玻璃含量(方案 1)

管材及管件类别	玻璃含量 ^a /%(质量分数)
纤维缠绕管材	70~82
纤维缠绕管件	65~75
手糊管件	50~65
^a 玻璃含量是指增强层中的玻璃含量。考虑到常规生产中样品的差异性,该百分比范围较宽。	

表 12 玻璃含量(方案 2)

管材及管件类别	玻璃含量 ^a /%(质量分数)
纤维缠绕管材	供应商提供的平均值±6%
纤维缠绕管件	供应商提供的平均值±6%
手糊管件	供应商平均值的±7%
^a 玻璃含量是指增强层中的玻璃含量。	

8.3.7 检验

8.3.7.1 概述

对所有管材及管件应进行目测法检验,以便符合8.3.7.2及8.3.7.3规定的要求,根据情况验收或拒收。

8.3.7.2 可能的缺陷及 NDE 方法的选择

表13列出了检测GRP管道系统生产过程中最可能出现的缺陷的NDE方法,建议采用的NDE方法及可能的原因。ISO 14692-4:2002的表A.1中列出了各种外观缺陷。

8.3.7.3 验收标准及补救措施

表12列出了验收判据及推荐的纠正措施。

所有维修都应通知委托方。根据委托方及制造商的协定,应按照 8.3.2 对所有经过小修的部件进行工厂静水压试验。

8.3.8 尺寸及壁厚

8.3.8.1 概述

应将所有尺寸与 6.8.5 中测定的基准尺寸数值进行比较。

组件内壁不能有多余树脂、胶黏剂或异物,因为这些物质会造成流体扰动现象或阻碍专用设备的通过(例如通球)。胶黏剂熔珠的最大高度不得超过 10 mm 或内径的 5%,取二者中较小值。

8.3.8.2 管道及带接头的管道

至少应以连续生产的 1%为频率,按 ASTM D3567 确定下列尺寸:

- a) 内径, d_{ID} ;
- b) 外径, d_{OD} ;
- c) 质量;
- d) 最小总壁厚;
- e) 根据最小总壁厚减去内衬公称厚度确定增强层厚度。

应用卡尺在每个管道接头上测量总壁厚。

最小增强层厚度的公差应符合表 14 的标准,任何超出公差范围的组件均应拒收。组件的测量点应与基准数值的测量点一致。

表 13 制造过程中可能产生的缺陷概述

制造缺陷	原因	结果	建议采用的 NDT 方法	标准	纠正措施
尺寸有误	设计参数输入有误 管系设计图纸未正确校验。 生产不当	接头无法密封 接头受拉时,铺层所承受应力过大	测量相关尺寸以便验证文件 记录尺寸 超声波测量(壁厚)	按照 6.8.5	更换
外观(严重及轻微的)缺陷	未遵循质量保证规程	如果是严重缺陷则会出现渗漏或失效现象。 轻微缺陷通常无明显现象	目测法,如果可行设置内部光源	按照 ISO 14692-4;2002 的表 A.1	按照 ISO 14692-4;2002 的表 A.1 更换(如果是严重缺陷) 按照第 4 部分附录 A 维修(如果是轻微缺陷)
铺层有误(例如铺放不当),纤维缠绕有误(例如纤维方向不当)	未遵循质量保证规程 采用的原材料有误	渗漏现象。 如果强度不够,接头或管道会失效。	目测法检验,如果可行,设置管道内部光源,经过委托方与制造商同意后采用 X 射线照相检验	按照议定的制造商规范要求	按照 ISO 14692-4;2002 的表 A.1 更换(或维修,如果经过制造商及委托方同意)

表 13 (续)

制造缺陷	原因	结果	建议采用的 NDT 方法	标准	纠正措施
树脂固化不当	配方不当 组件过期 固化周期有误 环境湿度过大	铺层质量差	按照 6.8.2	按照议定的树脂 供应商的规范	按照 ISO 14692-4: 2002 的表 A.1 更 换(如果是严重缺 陷) 后固化(轻微缺陷)
由于冲击力或磨损 而造成的破损	运输不当 装卸不当	渗漏或管道失效	目测检验,管道 内部设置光源	按照 ISO 14692- 4:2002 的表 A.1	更换(严重缺陷) 维修(轻微缺陷)

表 14 基于评定值的增强壁壁厚 t_r 公差

直径范围 D_i /mm	公差*/mm
<600	<3
600~1 200	<4.5
>1 200	<6

* 管件增强层厚度的公差是指具有最小壁厚的位置。

8.3.8.3 管件

应按 ASTM D3567 测定每个管件的下列尺寸:

- 内径, d_{ID} ;
- 最大外径, d_{OD} ;
- 质量;
- 最小壁厚;
- 根据最小总壁厚减去内衬公称厚度确定增强层厚度;
- 按 ASTM D3567 测得的铺设长度。

制造商还应测定关键连接部位(例如 O 形圈凹槽及锥角)的尺寸。

最小增强层厚度公差应符合表 14 的标准,任何超出公差范围的组件均应拒收。组件测量点的位置应与基准值测定点位置一致。结构长度的公差应符合表 15 的要求。

表 15 每个管件的连接长度公差

直径范围 D_i /mm	公差/mm			
	锥面/锥面粘接连接	同心圆柱粘接连接	橡胶圈承接密封连接	层卷连接
≤ 400	0 -25	± 3	± 6	± 5
400~1 200	0 -25	—	± 12	± 10

8.3.8.4 管串

应按 8.3.8.2 及 8.3.8.3 规定的方法测量用于制造管串的各个组件长度。

应按 ASTM D3567 测定以下尺寸：

- a) 内径, d_{ID} ;
- b) 最大外径, d_{OD} ;
- c) 根据最小总壁厚减去内衬公称厚度确定增强层厚度;
- d) ISO 14692-4:2002 中图 1 所述的相关尺寸;
- e) 重量。

应将这些尺寸与制造商所提供的并经过委托方同意的基准值进行比较,拒收任何超出公差范围的组件。

8.3.9 螺纹尺寸

应按 API 5B 或按经委托方同意由制造商规定的方法测量螺纹尺寸。最小测量频率应为连续生产产品的 1%。对于模压成型的螺纹,还应检验由新模具成型的第一件产品。

8.3.10 导电性

具有导电性的管道应符合以下条件:

- a) 对于无需借助接地端子即可实现导电性的组件的某些特定电性能(例如电阻),应按 6.6.3.1 及 6.6.3.2 检测至少连续生产 10% 的管材、管件及所有已生产管串组件的电阻性能(电阻值应小于 $10^5 \Omega/m$);
- b) 对于借助接地端子才能实现导电性的组件的某些特定电性能(例如电阻),应按 6.6.3.1 及 6.6.3.2 检测电阻性能,电阻值应小于 $10^5 \Omega/m$ 。由于该试验可能需要磨损接地端子与组件的表面及固定连接件,因此应与委托方商定试验频率;
- c) 对于某些特定的电性能(例如电荷消除性能),应按 6.6.3.4 试验电荷消除性能。由于该试验可能需要将管道某一截面或接地端子与组件永久连接,因此应与委托方商定试验频率;
- d) 对于某些特定的电性能(例如电荷屏蔽性能),应按 6.6.3.3 试验电荷屏蔽性能。由于该试验可能需要将管道某一截面或接地端子与组件永久连接,因此应与委托方商定试验频率;
- e) 对于某些特定的电性能(例如表面电阻性能),应按 ASTM D257 至少测定连续生产的 10% 的管材、管件及所有已生产管系组件的表面电阻性能,该电阻值应小于 $1 \times 10^9 \Omega$ 。因为该试验测试值可能相对保守(GRP 具有曲面及波状面,减少了接触面积),可采用合适的便携式表面电阻测试仪进行测定。

如果电性能超出规定要求,则最后一次抽样试验合格前生产的组件为不合格,应按 8.3.11 进行复验。

8.3.11 复验

应舍弃任何不符合 8.3.3~8.3.10 规定要求的试样。经委托方同意后,制造商可随机从同一产品批次中另行抽取两个试样复验直到试样合格为止。如果所有复验试样均符合要求,则表明最后一次抽样试验合格后生产的组件为合格。如果任何复验试样不符合要求,则应舍弃这一生产批次产品。

8.4 质量控制记录

8.4.1 用途

质量控制记录用于验证按本部分生产的所有组件是否符合规定要求。

8.4.2 记录控制

本部分所需的质量控制记录应满足以下要求：

- a) 质量控制记录应易懂、可辨认且可追溯，并应防止记录的毁坏、磨损或丢失；
- b) 质量控制记录应由制造商自投产验收之日起至少保存五年；
- c) 质量控制记录应标记并注明时间。

8.4.3 制造商保存记录

制造商应保存以下记录至少五年：

- a) 按 8.3 测定的试验结果；
- b) 与制造商工艺文件有关的相关记录。

8.4.4 前期文件

应在生产前备好原材料证明以供委托方审阅。

8.4.5 生产质量控制报告

制造商应针对所提供的组件编制一套质量控制报告。报告应证明交付的组件是按照本标准要求制造的。

质量控制报告应满足以下要求：

- a) 包括组件标识(包括组件类别、公称直径及评定压力)、组件的生产日期、生产识别信息编码及生产这些组件的制造方法；
- b) 参照 8.4.4 中的前期文件；
- c) 8.3.2~8.3.10 的质量控制试验报告。

9 组件标记

9.1 概述

按本部分制造的管材及管件应由制造商按 9.2 规定的要求设置标记。根据制造商或委托方要求也可以设置其他与项目相关的附加标记。按照委托方及制造商的协定，标记应采用涂漆、喷印或贴花釉法等方法。标记应为永久标记，不得重叠，设置标记时不得损伤管子或管件。标记应在距管端及管件末端 1 m 处设置。

9.2 要求

所有管子和管件应设置以下永久标记：

- a) 制造商名称；
- b) 批号；
- c) 评定压力；
- d) 测定评定压力时所采用的温度(默认温度为 65 ℃)；
- e) 系统设计压力(如果为已知压力)；
- f) 系统设计温度(如果为已知温度)；
- g) 公称直径；
- h) 制造商的商标编码；
- i) 关于安装要求的限制或参考信息：容许螺栓扭矩、饮用水(适用/不适用)，导电性及防火性能

级别。

10 装卸、贮存及运输

应按 ISO 14692-4:2002 中附录 B 的要求装卸、贮存及运输 GRP 组件。

11 文件

11.1 概述

以下提供了按本部分订购及供应组件时所需文件的清单。

11.2 订单文件

委托方应在招标文件中至少为制造商提供下列信息：

- a) 设计内压及设计外压；
- b) 输送介质的详细信息(即化学成分、腐蚀性等)；
- c) 环境温度及流体温度(最大及最小温度)；
- d) 预期流动条件(即速度、粒子、涡流及冲击载荷)；
- e) 饮用水使用要求(若有)；
- f) 外部使用环境要求；
- g) 导电性要求；
- h) 耐火性要求；
- i) 对额外防止化学侵蚀的内富树脂内衬的要求；
- j) 关于制造商监督管道安装的要求。

附录 I 提供了询价单(需由委托方完成并发送给制造商)样本。

11.3 评定文件

11.3.1 概述

制造商应向委托方提供符合第 6 章规定的评定要求的证明文件。以下章节总结了这些评定要求。附录 J 给出了合适报告格式的范本。

11.3.2 评定报告

如下所述,应为每个产品分支编制评定报告并将这些报告按委托方要求提交给制造商：

- a) 制造商的产品商标；
- b) 如有规定应提供所有试样的 T_g 数据；
- c) 所有试样的玻璃纤维含量；
- d) 试样的制造日期及标识号；
- e) 制造方法的参考资料,包括生产试样所采用参考资料的版本编号及发布日期；
- f) 组成材料的详细资料,包括材料类别、制造商/供应商、交货/批次资料；
- g) 每个评定试验方法所需的附加信息,包括试样尺寸；
- h) 制造商现场安装说明的副本或参考资料；
- i) 所采用的评定方案的具体要求；
- j) 确定 11.6 中公布数据而进行试验的报告。该试验可以在评定报告中详细阐述或单独阐述并

在此提及。

所有评定报告均应采用国际制单位。

11.3.3 评定大纲

应为每种组件变量编制评定大纲(包括评定报告的摘要信息),并按委托方要求由制造商提交此大纲。

附录 J 给出了评定大纲的范本。

11.3.4 饮用水批准证书

应按委托方要求提交饮用水批准证书。

11.4 生产质量控制文件

11.4.1 概述

制造商应向委托方提交符合第 8 章质量控制要求的证明资料。以下总结了质量控制要求规定的内容。

11.4.2 制造方法

根据 8.1 规定,应按委托方要求在制造之前提交产品中每种组件变量的制造方法。

11.4.3 原材料证明

根据 8.1 规定,应按委托方要求在产品制造之前提交的所有组件的原材料(包括辅料)证明。该证明。

11.4.4 产品质量控制报告

根据 8.4 规定,在订单中所有或部分产品交货后,应在五个工作日或其他商定时间内,对所有已供货的组件提供产品质量控制报告。

11.5 安装记录

为了便于委托方正确装配及安装其产品,制造商应向委托方提交下列文件:

- a) 所有交付类别的接头现场组装说明;
- b) 已交付管道系统的安装说明;
- c) 可以按表 12 进行维修的管子及管件,应提交现场维修说明。

11.6 公布数据

11.6.1 产品族及产品分支

制造商应确认每个管道组件产品族的名称及该系列中每个产品分支的尺寸。

11.6.2 性能数据

制造商应公布按第 6 章测定的每个产品族的以下性能数据:

- a) 评定压力, p_q ;
- b) 额定温度;
- c) 双轴应力比;

- d) ASTM D2922 回归数据;
- e) 短时爆破压力 p_{STHP} ;
- f) 导热性;
- g) 轴向热膨胀系数;
- h) 环向拉伸模量;
- i) 轴向拉伸模量;
- j) 轴向弯曲模量;
- k) 泊松比;轴向/环向及环向/轴向泊松比;
- l) 电性能分类编码;
- m) 耐火分类编码。

11.6.3 尺寸

11.6.3.1 管材

制造商应公布每一合格管材的下列资料,必要时应标明尺寸数据公差:

- a) 管材内外径;
- b) 最小总壁厚;
- c) 结构层平均壁厚;
- d) 内衬厚度;
- e) 管材总长;
- f) 管材有效长度;
- g) 管端内外径;
- h) 接头长度;
- i) 承插形式;
- j) 承插管道锥角。

11.6.3.2 管件

制造商应公布每一合格管件的下列资料,必要时应标明尺寸公差:

- a) 管件内外径;
- b) 最小总壁厚;
- c) 结构层最小壁厚;
- d) 结构层平均壁厚;
- e) 内衬厚度;
- f) 管件总长;
- g) 管件有效长度;
- h) 接头长度;
- i) 承插形式;
- j) 承插锥角;
- k) 弹性承插密封锁键接头特征;
- l) 弯曲半径(如果有);
- m) 三通直管中心线至支管端面长度。

11.6.3.3 法兰

制造商应公布每一合格法兰的下列资料并确认该资料是否满足 ISO 7005-3 及 ASME B16.5 等标

准要求,必要时应标明法兰尺寸公差:

- a) 法兰厚度;
- b) 螺栓孔和直径;
- c) 法兰内径;
- d) 有效长度;
- e) 总长;
- f) 接头结构。

11.6.3.4 管串

制造商应公布每一合格管串的下列资料,必要时应标明尺寸公差:

- a) 面至面的尺寸;
- b) 中心线至面的尺寸;
- c) 中心线至中心线尺寸;
- d) 法兰偏移量;
- e) 法兰面校正。

附录 A
(资料性附录)
组件评定要求范例

A.1 产品分支

表 A.1 列出了产品分支的范例。产品分支代表是指在其特定分支中公称直径最大、压力等级最高的组件。假定产品范围包括管材、弯头、法兰及接头,直径达到 250 mm,压力达到 5 MPa(50 bar),则产品分支“A”的产品分支代表(PSR)可能指下列产品:

- a) 250 mm、5 MPa(50 bar)管材;
- b) 250 mm、5 MPa(50 bar)的弯头及变径接头;
- c) 250 mm、5 MPa(50 bar)的法兰;
- d) 250 mm、5 MPa(50 bar)的接头;
- e) 250 mm、5 MPa(50 bar)的鞍座。

如果产品族不包括符合产品分支界限的具有公称直径和压力范围的派生品,则产品分支代表可以通过首先选择按公称直径分级,然后按压力分级来鉴别。

表 A.1 产品分支

直径/mm	压力范围/MPa(bar)			
	0~5 (0~50)	5~10 (50~100)	10~15 (100~150)	≥15 (≥150)
25~250	A	H	N	S
250~400	B	I	O	T
400~600	C	J	P	
600~800	D	K	Q	
800~1 200	E	L	R	
1 200~2 400	F	M		
>2 400	G			

A.2 组件评定的范例

表 A.2 详细列举了典型管道系统采取的材料(MTO)的评定要求。

请注意评定产品族代表时只需评定管道的一个尺寸即可。对于这种特例,评定试验所需的组件数量可按表 A.3 确定。请注意管材及接头的缺省梯度或单回归曲线能够作为所有列出的组件的产品族代表。所有组件派生品可采用比例法进行评定并无需进行试验。

表 A.2 组件评定的范例——产品族代表、产品分支代表及组件衍生品细目分类

序号	组件列表		产品族代表			产品分支代表			组件衍生品		
	种类	内径/ mm	种类	内径/ mm	评定	种类	内径/ mm	评定	种类	内径/ mm	评定
1	管材	300	管材	100	ASTM D2992	管材 + 弹性密封锁 键接头	400	ASTM D1598 (1 000 h)	管材 + 弹性密封锁 键接头	300	设计方法
2	管材 + 弹性密封锁 键接头	300	管材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	管材 + 弹性密封锁 键接头	400	ASTM D1598 (1 000 h)	管材 + 弹性密封锁 键接头	300	设计方法
3	弯头	300	弯头或管 材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	弯头	400	ASTM D1598 (1 000 h)	弯头	300	设计方法
4	法兰	300	法兰或管 材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	法兰	400	ASTM D1598 (1 000 h)	法兰	300	设计方法
5	三通	300 × 200	三通或管 材 + 接头 ^a	100 × 100	ASTM D2992 或 缺省方法	三通	400 × 400	ASTM D1598 (1 000 h)	三通	300 × 200	设计方法
6	异径 接头	300 × 200	弯头或管 材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	异径 接头	400	ASTM D1598 (1 000 h)	异径 接头	300 × 200	设计方法
7	管材	200	管材	100	ASTM D2992	管材	250	ASTM D1598 (1 000 h)	管材	200	设计方法
8	管材 + 粘 接接头	200	管材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	管材 + 粘 接接头	250	ASTM D1598 (1 000 h)	管材 + 粘 接接头	200	设计方法
9	弯头	200	弯头或管 材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	弯头	250	ASTM D1598 (1 000 h)	弯头	200	设计方法
10	法兰	200	法兰或管 材 + 接头 ^a	100	ASTM D2992 或 缺省方法	法兰	250	ASTM D1598 (1 000 h)	法兰	200	设计方法

注：按 ASTM D1599 进行的短时压力试验是评定低压组件产品分支的替代方法。

^a 接头种类可以由制造商自行选择。

表 A.3 评定试验要求汇总表

组件	产品族代表	产品分支
管体	1	2
带接头管道	1	2
弯头	1	2
法兰	1	2
三通	1	2
异径接头	1	与弯头相同

附录 B
(资料性附录)
压力评定试验比率

B.1 概述

本附录阐述了试验压力与最大可能设计压力之比 T_{TD} 是如何取决于组件评定方法。可能的比率数值的比较可以按照下述进行推导。

GRP 管材及接头/管件的最大设计压力 $p_{d,max}$ (单位为兆帕 MPa) 可按式(B.1)确定:

$$p_{d,max} = f_2 \cdot f_3 \cdot p_q \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

p_q ——评定压力,单位为兆帕(MPa);

f_2 ——载荷的分项系数(安全系数);

f_3 ——GRP 轴向极限承载能力的分项系数。

注: 尽管 f_2 及 f_3 的实际值可能与下列例子中给出的数值不同,但是每个例子中 f_2 及 f_3 的实际值相同。因此,表 B.1 中的结果将按 f_2 及 f_3 的实际数值进行测量。

B.2 例 1:按 6.2.3.1 或 6.2.3.2 进行的完整回归试验

如果已知 p_{LCL} ,则适合采用此方法。

$$p_q = p_{LCL} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

f_2 及 f_3 取值如下:

$$f_2 = 0.67$$

$f_3 = 1.0$ (该数值为最大值,通常仅适用于地下应用的直管道)

$p_{LCL}/p_{d,max}$ 之比 T_{TD} 值如下:

$$T_{TD} = 1.0 / (f_2 \times f_3) = 1.0 / 0.67 = 1.5 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

B.3 例 2:按 6.2.3.2.2 进行的 1 000 h 寿命试验

如果已知中期试验(1 000 h)的试验压力(T_{P1000}),则适合采用此方法。

根据式(8):

$$T_{P1000} = p_q \times 10^{2.24G} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

f_2 及 f_3 缺省值如下:

$$f_2 = 0.67$$

$$f_3 = 1.0$$

$T_{P1000}/p_{d,max}$ 之比 T_{TD} 值如下:

$$\begin{aligned} T_{TD} &= 10^{2.24G} / (f_2 \cdot f_3) \\ &= 2.19 (G=0.075 \text{ 的管道}) \\ &= 2.49 (G=0.10 \text{ 的组件}) \\ &= 2.85 (G=0.125 \text{ 的组件}) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

B.4 例 3:按 6.2.4 进行的短时爆破试验

如果已知短时爆破压力(p_{STHP}),则适合采用此方法。

根据方程(10),按短时爆破试验 p_{STHP} 计算的等式如下:

$$p_{STHP} = p_q Z \dots\dots\dots (B.6)$$

f_2 及 f_3 缺省值如下:

$$f_2 = 0.67$$

$$f_3 = 1.0$$

$p_{STHP}/p_{d,max}$ 之比值如下:

$$T_{TD} = Z / (f_2 \cdot f_3)$$

$$T_{TD} = 4.00 \text{ (如果 } Z = 2.68 \text{)}$$

$$T_{TD} = 5.00 \text{ (如果 } Z = 3.35 \text{)}$$

$$T_{TD} = 6.00 \text{ (如果 } Z = 4.02 \text{)}$$

.....(B.7)

表 B.1 为 T_{TD} 值的比较表。该表格表明根据不同的评定方法,当 $f_2 = 0.67$ 、 $f_3 = 1.0$ (可能为地下应用的数值)时, T_{TD} 的取值范围为 1.5~6.0。

表 B.2 为 $f_2 = 0.67$ 、 $f_3 = 0.85$ (地上应用更典型)时 T_{TD} 值的比较表。

实际应用中,尤其对于地上管材,由于设计时需考虑弯曲、机械装卸、冲击力及防火等因素,最小安全系数通常大于 1.5。此外,由于试验方法的原因, p_{LCL} 值通常是保守值。

表 B.1 当 $f_3 = 1.0$ 时,试验压力与最大设计压力之比的比较

测定方法	T_{TD} 值		
	$G=0.075$ $Z=2.68$	$G=0.1$ $Z=3.35$	$G=0.125$ $Z=4.02$
例 3:短时试验	4.00	5.0	6.0
例 2:中期试验(1 000 h)	2.19	2.49	2.85
例 1:长期回归试验	1.50	1.50	1.50
G ——回归线的斜率; Z —— p_{STHP} 与 p_q 之比。			

表 B.2 当 $f_3 = 0.85$ 时,试验压力与最大设计压力之比的比较

测定方法	T_{TD} 值		
	$G=0.075$ $Z=2.68$	$G=0.1$ $Z=3.35$	$G=0.125$ $Z=4.02$
例 3:短时试验	4.71	5.88	7.06
例 2:中期试验(1 000 h)	2.58	2.93	3.35
例 1:长期回归试验	1.76	1.76	1.76
G ——回归线的斜率; Z —— p_{STHP} 与 p_q 之比。			

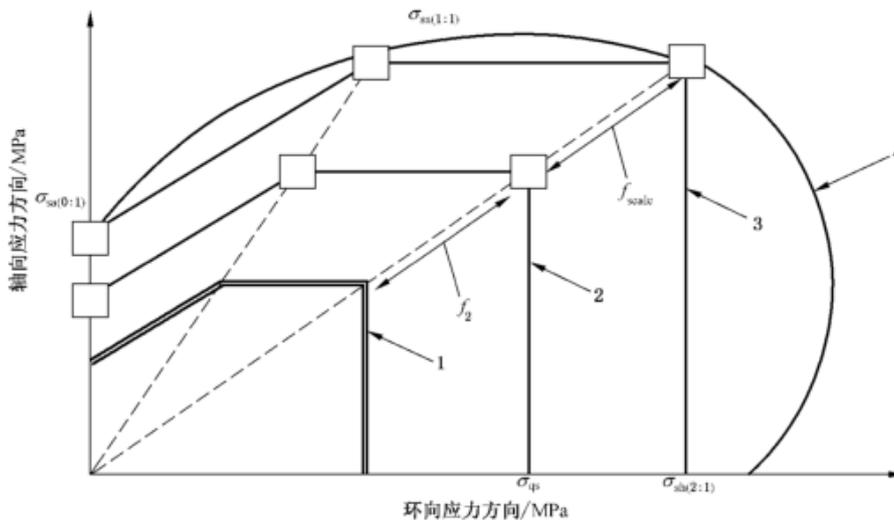
附录 C
(规范性附录)
失效包络线

该附录阐述了在不同的环向及轴向应力组合的情况下 GRP 管道强度数据的测定方法。该规程考虑了附加轴向载荷高于和超过内压引起的组件轴向载荷和相关因素。

试验的细节及测量数据应符合 6.2.3.1 的要求以便生成回归曲线。

长期包络线(见图 C.1)按完整测量的短时包络线或 1 000 小时寿命试验包络线确定(见 6.2.3.2.2)。至少需要三个数据点确定短时包络线。这些数据点应按施加环向应力与轴向应力的固定比率确定并定义如下：

- 数据点 1:按 6.2.6 测定的环向应力与轴向应力之比 0 : 1,即仅存在轴向拉伸($\sigma_{sa(0:1)}$),单位为兆帕(MPa);
- 数据点 2:环向应力与轴向应力之比 1 : 1,即内压+轴向拉伸($\sigma_{sa(1:1)}$ 及 $\sigma_{sh(1:1)}$),单位为兆帕(MPa);
- 数据点 3:按 6.2.6 测定的环向应力与轴向应力之比 2 : 1,即仅存在内压($\sigma_{sa(2:1)}$ 及 $\sigma_{sh(2:1)}$)。制造商可自行判断按其他应力比率进行附加短时试验。



- 1——长期设计包络线；
- 2——理想长期包络线；
- 3——理想短时包络线；
- 4——短时失效包络线的图示。

图 C.1 缠绕角度大约为 45°~75° 的单缠绕角多层 GRP 管道的理想包络线

环向及轴向载荷应同时施加,不得顺次施加。制造商应记录加载的速率。

理想长期失效包络线与短时失效包络线的几何形状相似,三个数据点需按 f_{scale} 确定,其中:

$$f_{scale} = \sigma_{qs} / \sigma_{sh(2:1)}$$

式中:

- σ_{qs} ——按式(7)确定的合格应力,单位为兆帕(MPa);
- $\sigma_{sh(2:1)}$ ——按式(12)确定的短时环向强度,单位为兆帕(MPa)。

长期设计包络线基于这一理想长期包络线乘相应的安全系数 f_2 (见 ISO 14692-3:2002 的 7.6.2) 确定。

制造商也可以自行判断在不同的内压及弯曲结合条件下,进行管道回归试验,确定长期失效包络线。

附录 D

(资料性附录)

耐高温及耐化学性分项系数 A_1 及 A_2 的确定指南

D.1 概述

D.1.1 温度

流体对增强塑料的渗透性随着温度的增加而迅速提高。液体的吸收,特别是非交联树脂基体或交联不足的树脂基体对液体的吸收也可以加速蠕变等黏弹态过程。此外,流体进入基体时,温度还可以加速流体引起的多种降解过程。

D.1.2 耐化学性

有机树脂基体与某种液体接触时,树脂总会吸收该液体。这会导致管道的损坏,取决于液体与聚合物的相容性。如果指定的化学环境及操作温度超出供应商的经验,则容易出现化学相容性问题。

热固性树脂的耐化学性很大程度上取决于树脂的种类/等级及固化条件。室温下固化的不饱和聚酯树脂往往仅限于环境温度及供水应用,因为通常高温时其耐溶剂性较差。

完全固化的乙烯基树脂、环氧树脂、酚醛树脂及呋喃树脂可以提高耐化学性及耐高温性能。对于环氧树脂,一个影响耐化学性的要素是对固化剂(硬化剂)的选择,例如酸酐、脂肪胺或芳香胺。

根据树脂系统及暴露的条件,可能涉及的化学物质包括:

- a) 强酸及强碱;
- b) 有机酸;
- c) 强的芳香族溶剂;
- d) 强氧化剂,如次氯酸盐;
- e) 甲醇。

对于多数树脂而言,尽管存在例外情况,不过物理和化学侵蚀主要源自水而非源自碳氢化合物。吸水会导致树脂增塑以及玻璃化转变温度降低,从而导致高温下的力学性能下降。

如果采用玻璃纤维作为增强纤维,当其用于酸性环境时可能会出现环境应力开裂(ESC)。采用富树脂层或适当的耐化学腐蚀毡作为隔离物保护玻璃纤维可以避免该问题。此外,可以采用具有较强耐酸性等级的玻璃纤维制作组件。

D.2 性能的量化

对于某些除水以外的化学物质,无法分别确定分项系数 A_1 及 A_2 ,可以由试验确定产品 A_1 及 A_2 的乘积。

尽管有多种方法(例如 ISO 175 [2]、ASTM C581[3]、ASTM D543[4])可以试验高温时和/或暴露于化学物质的 GRP 材料,但是几乎没有一种方法给出验收判据。这是因为验收判据取决于具体应用的失效模式的性质。

如果只考虑温度效应,则可以采用外推法推断数值 1(65 °C 时)和 0(T_g 时)之间的 A_2 值。

用以获取分项系数 A_1 及 A_2 的可行试验方法包括 ASTM D3681[5]及 prEN 13121-2[6]。

如果对 A_1 及 A_2 的数值存在质疑,则应按 6.2.3.2.2 的要求在适当的温度及化学条件下对产品分支代表进行 1 000 h 使用寿命试验。应保证试验介质有充足时间渗入 GRP 管道的管壁,以便材料在进行使用寿命试验之前达到典型饱和状态。试验压力应是按式(7)确定数值的 1.15 倍,以保证 15% 的安全裕度。

附 录 E
(规范性附录)
耐火性试验

E.1 概述

E.1.1 该试验方法阐述了近海应用中 GRP 管材、组件及接头的耐火性的确定方法。试验压力应为设计压力 p_d 。如果 p_d 值未知,则试验压力应为 $p_{d,max}$,即 $0.67 \times p_d$,式中 p_d 为管道组件的评定压力。

试样的数量、尺寸及一系列管道直径的评定要求应经过具有权限的权威机构同意。这取决于预测模型的置信度(详情见 E.7)。

注:以下方法组合相当于按 IMO Resolution A 753(18)[1]定义的等级试验组件,其中:

等级 1 相当于;DE, HF, EA/60; E2.3, E3.2.1, E4.2 及 E.5a)1 h 试验;

等级 2 相当于;DE, HF, EA/30; E2.3, E3.2.1, E4.2 及 E.5a)30 min 试验;

等级 3 相当于;ST, IF, EB/30; E2.3, E3.3, E4.4 及 E.5b)30 min 试验。

E.1.2 试验配置取决于以下任何一个火灾种类:

- 喷射火;
- 炉火(烃类池火);
- 冲击火焰。

这些种类的定义见 E.3.1、E.3.2、E.3.3。

E.1.3 应按 E.2 的要求准备耐火试验的试样。

E.1.4 火灾种类及试验配置应符合 E.3.1、E.3.2 或 E.3.3 的要求。

E.1.5 E.4.1~E.4.6 定义的耐火试验方法使管道可以在以下任一条件下试验:

- 干管;
- 初始保持干管 5 min,随后为流水管道;
- 充满滞流水的管道;
- 初始充满滞流水 5 min,随后为流动水管道;
- 流动水管道。

E.1.6 验收判据应符合 E.5 的要求。

E.2 试样及设置要求**E.2.1 概述**

E.2.1.1 试样应由预期使用的接头、管件及防火层来制作。所有类型的接头均应试验,因为它们是主要失效点。试样数量应保证可以试验所有接头及组件,包括需采用的非金属和金属管材与管件之间的接头。

通常认为接头是主要失效点,因此可以考虑将直通接头作为所有弯管、弯头及等壁厚或较大壁厚三通的代表,假如施工材料及组成材料相同。

法兰接头通常用于 GRP 管材与金属阀或管件之间的连接,而且应同样进行试验。适当的试验装置是指由 GRP 法兰与金属阀体连接的 GRP 管道组成的试样。此外,也可以用具有类似质量和表面积的相同空心金属块模拟阀体。

单项试验中可以针对由某一管道系统若干组件组成的试样进行试验。适当的试验装置可能包括一个倒置 L 形试样,其中由弯头连接卧式管道及箱子,立式管道位于箱子中心线上。

E.2.1.2 如果管道材料、防火涂层或覆盖层含有或易于吸收水分,在绝热层达到风干状态之前不得对试样进行试验。这种状态定义为相对湿度 50%,环境温度(23±2)℃时的平衡状态。在不改变组件材料性能的前提下可以采用加速调节空气温湿度度的方法。

E.2.1.3 应用专门样品来确定含水量并处置试样。这些样品应与试样的厚度和暴露面相似,其结构能代表试样水蒸气的流失。

E.2.1.4 如果在干燥状态下对管道进行试验,则需使用带有调节阀的氮气贮罐。应采用相关方法记录管道内部压力、氮气流入及流出试样的流量从而检测是否存在泄漏。

E.2.1.5 如果可行,应将一个卸压阀与系统的一个端盖连接。

E.2.1.6 应采用相关仪器记录管道总成或单独组件的燃料流量、水压、水流量及泄漏量。

E.2.1.7 压力计的读数精确度应为 5%。

E.2.1.8 热电偶可安装在试样上以便记录试验中的温度状况。

E.2.1.9 至少应采用一个温度计或热电偶测量内部水温。

E.2.1.10 如果在室内进行试验,实验室应布局合理,以保证有害热量或烟气量不会在试验中或试验后累积。

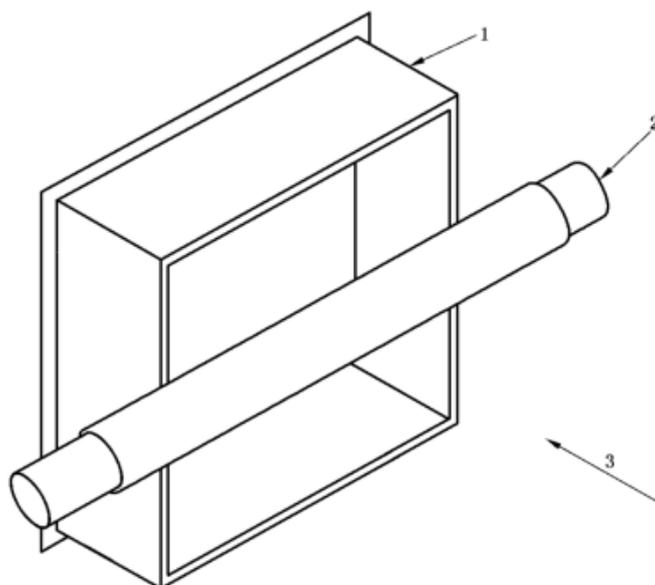
E.2.2 喷射火试验

E.2.2.1 试样应采用单一尺寸的管道。内径应不大于 305 mm。管道外径应小于 350 mm。

注:如果外径大于 350 mm 试验不能认为完全代表了系统试验。

E.2.2.2 按 E.3.2.1 火灾条件(炉火、烃类池火),试验时,试样应用表现最薄弱(泄漏量最大)的永久性接头和/或管件组装起来。

E.2.2.3 如图 E.1 所示,试样应放在带有封闭式背板、敞口式、非绝热铁箱的开口前面。采用防火材料之前,铁箱内部尺寸应为 1.5 m×1.5 m×0.5 m。铁箱所有接头应采用焊接结构并具有气密性。应将适当的辅助设备连接到铁箱上以确保其结构的稳定性并防止瞬时环境条件对试验产生重大影响。铁箱的用途在于提供火焰的挡板,该挡板能形成涡流火焰,将试样完全吞没并模拟腐蚀效果。应用时,试样应超出试验铁箱侧面/顶部/底部 0.75 m。



- 1——铁箱;
2——试验中的 GRP 管;
3——喷射火。

图 E.1 喷射火试验全视图

E.2.2.4 热电偶可以安装在铁箱内或其结构上以记录试验中的温度条件。

E.2.2.5 如果管道系统包括法兰或压力喷嘴等金属组件,配置系统时应将金属组件设置在高热通量区域。

E.2.3 炉火及冲击火焰试验

E.2.3.1 管道两端及封端可以设置在火炉外部。

E.2.3.2 如果试样总体按水平方向放置,则应采用固定支座对其进行支撑。其余支座应保证其可以自由活动。V形管道支座被认为是合理的。

E.2.3.3 如果试样总体按水平方向放置并且管道处于空管状态,则支座之间的自由长度不得小于管道直径的8倍。

E.2.3.4 如果试样总体按水平方向放置并且管道处于充水状态,则支座之间的最小自由长度应为800 mm±50 mm。试样长度应至少为1.5 m。

注:在封闭式火炉中对充水管道进行耐火试验存在爆炸的危险,然而之前的试验[7]已证明即便在水快速流入炽热火炉的情况下也可以安全地操作这种试验装置。

E.3 耐火规范

E.3.1 喷射火焰

E.3.1.1 应采用可将流量控制在 $0.3\text{ kg/s}\pm 0.05\text{ kg/s}$ 丙烷汽化及推进系统将丙烷气体输入“托架箱”,该“托架箱”前方开口处应装有试样。喷嘴应为锥形收缩喷嘴,长度为200 mm,入口直径为52 mm,出口直径为17.8 mm。喷嘴应设置在距离试样前面1.0 m的位置,位居托架箱中心处并以水平方式安装在距离托架箱底部375 mm及750 mm之间的位置。热流应直接冲击到试样上。

E.3.1.2 采用的燃料应为无液体馏分以气态形式输送至喷嘴的商业级丙烷。

E.3.1.3 进行试验之前,应对气体流量控制装置校准调试。

E.3.1.4 可以先点燃一小束引燃火焰以确保在大规模火流形成前安全地点燃燃料。

E.3.1.5 应将燃料流量增加至 $0.3\text{ kg/s}\pm 0.05\text{ kg/s}$ 。试样在试验中完全被火焰吞没时开始计时。应在试验开始30 s内形成完全控制的火流。

注:这种中型喷射火试验根据HSE文件OTI 95 634 [8]而进行。通常认为该试验模拟大型喷射火的两个关键条件——热通量及流速。该试验能通过将火焰射入前开式、方形的试验用铁箱再现大型试验测定的较高热通量,但是流量数量级较低。该铁箱尺寸为 $1.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$,可以在后壳前面产生直径2 m的循环火焰。试验时靠近试样设置喷嘴可以获得较高流速。该试验用以表明它可再现热通量大于 250 kW/m^2 时大型喷射火试验测定的各种条件。

E.3.2 炉火

E.3.2.1 概述

该试验方法既包括烃类火灾曲线也包括硝化纤维素类火灾曲线,尽管烃类火灾曲线适用于多数近海应用情况。

该试验方法旨在针对GRP管暴露在受控标准化火焰时继续发挥其预期性能的时间提供评估依据。

根据在烃类池火或硝化纤维素类火灾条件下进行该试验的要求,火炉及热电偶应符合E.3.2.2或E.3.2.3的要求。

E.3.2.2 烃类火灾曲线

耐火试验的设置及控制应符合ASTM E1529中第6章~第11章的规定或符合权限的权威机构认

可的等效标准。

注：ASTM E1529 标准暴露条件能够模拟大型自由燃烧烃类池火中发光火焰(火羽)区域某一管材或管道系统被完全连续吞没的情况。该试验需提供按试样所有暴露表面计的总冷壁热通量平均值为 158 kW/m^2 。该热通量为试验前 5 min 之内获取的数值并且在试验过程中保持不变。产生该热通量的环境温度在试验前 3 min 之后至少应为 $815 \text{ }^\circ\text{C}$ ，并且在试验前 5 min 之后始终处于 $1010 \text{ }^\circ\text{C} \sim 1080 \text{ }^\circ\text{C}$ 这一温度范围内。

E.3.2.3 硝化纤维素类火灾曲线

耐火试验的设置及控制应符合 ISO 834-1 的规定或符合权限的权威机构认可的等效标准。

E.3.3 冲击火焰

E.3.3.1 该试验装置应包含一个能够产生空气混合火焰的燃烧器。燃烧器喷嘴内径应为 29 mm。燃烧器喷嘴应安装在同一平面上并通过支管供气(见图 E.2)。必要时每个燃烧器应配备一个阀门以便调节火焰高度。此外,燃烧器支架的高度也应该可以调节。

单位为毫米

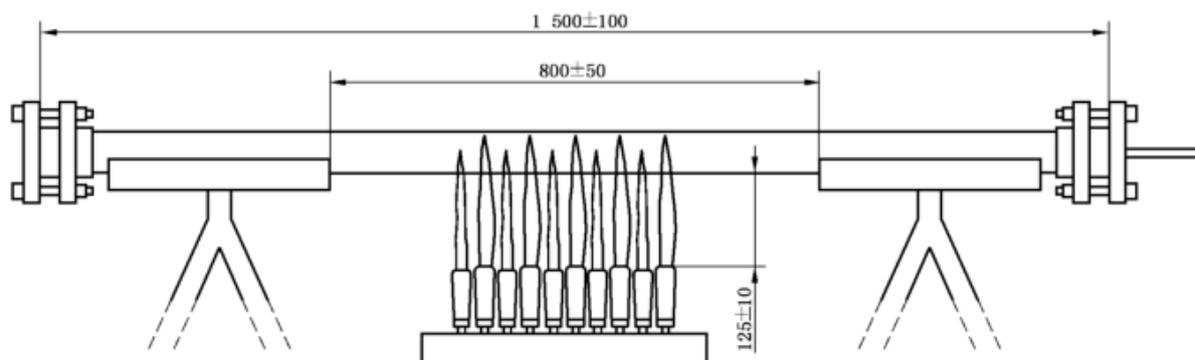


图 E.2 冲击火焰试验装置全视图

E.3.3.2 试验中燃烧器喷嘴与管道之间的距离应为 $125 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ 。如果试样包含管件或接头,则应考虑增加燃烧器喷嘴的顶部与管道底部之间的距离,以防止管件或接头与燃烧器喷嘴的顶部之间的距离过小。必要时,管材及接头或管件可采用两个试验对其进行评定,其中燃烧器喷嘴顶部与管道组件之间的距离针对管材、管件或接头设定。试验设置应经过权限的权威机构同意。

E.3.3.3 对于直径小于等于 150 mm 的管道,火源应由两排(每排 5 个)燃烧器组成。对于直径大于 150 mm 的管道,在保持热通量不变的情况下直径每增加 50 mm 应增加一排燃烧器。

E.3.3.4 试验中,在阵列中心线上 $125 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ 处应保持恒定热通量平均值 $(113.6 \pm 11.4) \text{ kW/m}^2$ 。

- a) 该热通量为最低纯度为 95% 的丙烷预混火焰,燃料流量为 5 kg/h,总放热量为 65 kW 时获取的热通量;
- b) 为保持恒定的热通量,耗气量的测量精度应为 $\pm 3\%$ 。

E.3.3.5 应在位于试样总成中心跨距附近,距管道 25 mm 范围内安装两个热电偶以便测量火焰外焰温度。

- a) 热电偶应可以测出达到 $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度,例如 K 型热电偶;
- b) 热电偶应安装在与管道相同的水平面上;
- c) 试验温度应取两个热电偶读数的平均值。

E.4 试验规程

E.4.1 概述

E.4.1.1 按 ASTM D3567 测量试样的尺寸。如果可行,应记录内衬厚度及外部涂层的测量结果。

E.4.1.2 试验之初的水温不得小于 15℃。

E.4.1.3 应在风、雨等天气不影响试验的环境下进行测试。试验前环境气温范围应为 -10℃~+40℃。

E.4.1.4 应在其安装到试验台之前对每个试样进行 1.5 倍试验压力的压力试验。试验中不得出现泄漏。

E.4.1.5 如果可行,应在试验前对水流系统在进行标定。

E.4.1.6 耐火试验开始后不得变动接箍、管件、接头、紧固件、绝热层或其他组件的状态(例如,火焰暴露试验结束后、静水压试验之前不得重新紧固法兰螺栓;耐火试验后进行静水压试验时不得对组件做任何形式的变动)。

E.4.1.7 如果在充水状态下试验管道,应确保管道完全被水充满无残留空气。

E.4.1.8 在试验过程中连续记录试验温度、压力及水温。

E.4.1.9 如果可行,按 E.4.2、E.4.3、E.4.4、E.4.5 及 E.4.6 试验管道。

E.4.1.10 火焰暴露试验结束后,可以冷却试样和防火涂层(必要时可用流动水冷却)。

E.4.1.11 冷却后在试验压力下用滞流水(也可用补给水)对试样加压至少 15 min。这一过程结束后测量并记录总体泄漏及每个组件的泄漏情况。

E.4.1.12 如果已采用防火覆盖层,应在可行的前提下除去覆盖层后进行压力试验。

E.4.2 干管

E.4.2.1 如果管道在试验开始时必需处于干燥状态,则应在初始试验后将试样的水排尽并将其固定到原位上。此时安装所有热电偶与管子的连接件。封闭试样端部,以便使加压氮气能够连接到试样的一端。

E.4.2.2 用氮气对试样加压。试验中使试样内部的氮气压力自动保持在 (0.07 ± 0.01) MPa [(0.7 ± 0.1) bar]。

E.4.2.3 按 E.3 中有关条款规定的耐火规范程序进行试验,持续试验时间至少应为 15 min。

E.4.3 先干管后流水

E.4.3.1 如果管道在试验开始时必需处于干燥状态,则应在初始试验后将试样的水排尽并将其固定到原位上。此时安装所有热电偶与管子的连接件。

E.4.3.2 按 E.3 中有关条款规定的耐火规范程序进行试验,在干燥状态下持续 5 min。

E.4.3.3 干管试验 5 min 后以不超过 1 m/s 的线速度注水。至少将系统压力保持为系统试验压力的 0.9 倍。应在水流开始后 1 min 内达到此压力。

E.4.3.4 按规定的试验时间在流动水条件下继续试验,该时间应至少为 15 min。

E.4.4 滞流流体

E.4.4.1 将每个试样注满水并排出气泡。

E.4.4.2 按 E.3 中有关条款规定的耐火规范程序进行试验。

E.4.4.3 滞流水试验中水压应保持在 (0.3 ± 0.05) MPa [(3 ± 0.5) bar]。

E.4.4.4 在滞流条件下继续试验至少 30 min。

E.4.5 先滞流水后流动水

- E.4.5.1 将每个试样注满水并排出气泡。
- E.4.5.2 按 E.3 中有关条款规定的耐火规范程序进行试验。
- E.4.5.3 至少将系统压力保持为系统试验压力的 0.9 倍。
- E.4.5.4 在滞流条件下持续试验 5 min。
- E.4.5.5 滞流试验 5 min 后以不超过 1 m/s 的线速度注水。应至少将系统压力保持为系统试验压力的 0.9 倍。
- E.4.5.6 按规定的试验时间继续试验,该时间应至少为 15 min。

E.4.6 流动水

- E.4.6.1 试验开始前应校准调试水流系统。
- E.4.6.2 将每个管道试样注满流动水。
- E.4.6.3 按 E.3 中有关条款规定的耐火规范程序进行试验。
- E.4.6.4 流动水的线速度不得超过 1 m/s。
- E.4.6.5 至少将系统压力保持为系统试验压力的 0.9 倍。
- E.4.6.6 按规定的试验时间继续试验,该时间应至少为 15 min。

E.5 验收标准

根据试验符合的验收标准,可采用以下完整性编码:

- a) 编码 EA: 试验中或试验后能够保持试验压力并无泄漏;
 - b) 编码 EB: 耐火试验中不得出现泄漏,但是可以出现轻微渗漏。能在冷却后保持试验压力并无严重泄漏,即至少 15 min 之内泄漏不超过 0.2 L/min。轻微渗漏应由具有权限的权威机构定义;
- 注: 可以考虑的方法之一是将压力计放置在试样的两端从而测量整个试验过程中的压力。如果出口端的压力至少是入口端压力的 95%, 此时试样出现的泄漏可以视为轻微渗漏。
- c) 编码 EC: 耐火试验中出现极小泄漏或无泄漏(≤ 0.5 L/min)。能够在冷却后在已知的泄漏情况下保持试验压力(每种情况下管道单位长度的泄漏速率需要量化);
 - d) 编码 ED: 耐火试验中允许出现泄漏(≥ 0.5 L/min)。能够在冷却后在已知的泄漏情况下保持试验压力(每种情况下管道单位长度的泄漏速率需要量化);
 - e) 编码 EE: 耐火试验中允许出现泄漏(≥ 0.5 L/min)。冷却后在已知的泄漏情况下的压力需要量化。

E.6 试验报告

报告应包含下列资料:

- a) 试验管材或管件的完整鉴别标志,包括制造商名称及代码;
- b) 如果可行应包括防火涂层的说明资料;
- c) 管材、管件和/或接头的直径;
- d) 管材、管件和/或接头的走向;
- e) 如果可行应包括支座之间的自由长度;
- f) 持续时间;

- g) 泄漏率；
- h) 试样在耐火试验前、中、后期的外观；
- i) 试验日期。

E.7 耐火试验的管道尺寸

与已试验的管道系统相比直径不同的管道系统的评定取决于预测模型的置信度。试验多个管道直径的原因包括：

- a) 确定管道直径对母材耐用性的影响；
- b) 确定接头防火性能对管道直径的敏感性；
- c) 验证可外推至其他管道直径的耐火性设计。

耐火性设计应考虑下列要求：

- 壁厚应足以承受操作过程中的常规载荷，即自重、压力及热膨胀等；
- 考虑到火灾中的材料降解问题，应设计一层牺牲层。在多数管道设计中，壁厚是一个直径函数，但是热通量产生的载荷及降解速率可能不是简单的直径函数。

例如，与小直径管道相比，自重支座处对大直径管道的强度性能有极大影响。因此，与小直径管道相比，比例上需要采用更大的壁厚承受支座处大直径管道的载荷。此外，胶接或层压接头强度性能的利用率随直径的增加而增加，特别是直径大于 400 mm 时更是如此，即随直径的增加，接头应力成比例地增大。

相反，水的热容量会随管径的增加而增加，从而会阻碍火导致材料降解，随管径的增加牺牲层材料需求量减少。

为减少需要进行评定的管道直径数量，有必要证明设计可以外推至其他直径。预测模型主要研究两个因素：

- 材料被火降解的速率；
- 未燃烧材料承受管道外加载荷的能力。

第一个因素取决于火灾种类，但是第二个因素可能与火灾种类无关，如果材料温度大于最低温度值。鉴于这种情况，通过采用相对廉价的试验装置（例如冲击火焰试验）开展一系列试验能够测出预测火灾模型的结构特点。试验应配有完备的装置以便制造商能够搜集验证其模型的必要证明资料。

涵盖更严酷耐火试验（例如碳氢火炉试验）的预测模型的扩展将随预测模型置信度的提高而需要进行较少测试。首先，需要用待评定管道中最小及最大直径的管道进行试验以便验证不同火灾条件下的预测模型。如果模型可以进一步外推至喷射火条件，可能只需要一个附加试验。注意可能按 E. 2.2 规定的装置进行喷射火试验的管道最大外径约为 350 mm。

决定管道组件衍生品耐火性能的一个关键因素是厚度—直径比 (t/D)，无论该比值是大于或小于已经过耐火试验的衍生品的比值。如果耐火试验采用的变量有防火涂层或防火层，不考虑 (t/D) 比值，只应对防火层厚度相同或较大的变量进行耐火试验。

附录 F

(规范性附录)

对燃烧反应试验方法的修改

F.1 火焰蔓延试验的试样

应按以下方法制备火焰蔓延试验的管道试样：

- a) 应针对每种管道材料及尺寸进行试验；
- b) 制作试样时应沿纵向将管道切削成单独的管段，然后尽量将这些管段组装成能够代表平面管道的试样。试样应至少包含两个管段。试样长度应为 $800\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 。切削时应与管壁垂直；
- c) 组装试样需要的管段数量应等于等效线性表面宽度在 $155\text{ mm} \sim 180\text{ mm}$ 之间的试样需要的管段整数数量。表面宽度是指暴露于辐射板辐射流的组装管段的外圆周长测量值之和；
- d) 组装的试样管段间不应有空隙；
- e) 安装组装的试样时，相邻两个管段的边缘应位于试验架的中心线上；
- f) 在硅酸钙背板上以 50 mm 间距插入适当的金属丝将单独的试验管段固定到背板上，并在背面将金属丝拧紧；
- g) 安装单独的管段时应使外露表面的最高点的位置与常规平面试样的位置一致；
- h) 试样凹面背燃面与硅酸钙背板表面之间的空间应为空隙空间；
- i) 如果管段的宽度伸到试样支架侧边以下，则应用耐高温保温棉填充外露试验表面顶部与试样支架底边之间的空隙空间。

F.2 烟气及毒性试验的试样

应按以下方法制备试样：

- a) 应从预计使用的具有最大及最小壁厚的管道尺寸中选取试样。假如壁厚符合试验范围，这样能够对某一特定管道材料的所有尺寸进行评定；
- b) 制作试样时应纵向将管材切削成单独的管段，然后尽量将这些管段组装成能够代表平面管道的试样。切削时应与管壁垂直；
- c) 组装一个边长为 75 mm 的方形试样需要的管段数量应等于等效线性表面宽度在 $75\text{ mm} \sim 90\text{ mm}$ 之间的试样需要的管段整数数量。表面宽度是指组装管段的外圆周长(垂直于纵向管段的外圆周长测量值)之和；
- d) 组装的试样管段间不应有空隙；
- e) 安装组装的试样时，相邻两个管段的边缘应位于试验架的中心线上；
- f) 试样应安装在硅酸钙背板上并用试验架边缘固定，必要时采用金属丝固定；
- g) 安装单独管段时，外露表面最高点的平面应与外露平板的位置一致；
- h) 试样凹面背燃面与硅酸钙背板表面之间的空间应为空隙空间；
- i) 如果管道在火焰中延长，则应用耐高温保温棉填充外露试验表面顶部与试样支架底边之间的空隙空间；
- j) 如果管材含有防火层或涂层，则应对包含管段壁及防火层的复合结构进行试验，防火层厚度应为预计用途规定的最小厚度；
- k) 试样在装置中的走向应保证燃烧器引燃火焰与纵向管段垂直。

附录 G

(规范性附录)

GRP 管道系统组件静电性能的确定方法

G.1 概述

本附录阐述了量化 GRP 管材及管件导电性及除静电性能的方法。

该试验方法包括暴露于自来水、盐水及其他化学物质之前、之后静电性能的确定条款(见 G.5),以便必要时评估其对材料性能的影响。

必要时如果可行,组件应包含耐火绝热涂层或导电涂层。

如果管道外部涂有防火涂层,为保证较好的电接触性能不得除去该涂层,除非常规安装惯例要求除去该涂层。

应按以下一种或多种试验方法评估电性能:

- a) 按 G.2 确定组件单位长度的电阻;
- b) 按 G.3 确定组件的静电屏蔽性能;
- c) 按 G.4 确定组件消除静电的时间;
- d) 按 G.6 确定接头处导电连续性。

G.2 确定单位长度的电阻

G.2.1 试验规程摘要

该试验方法测量电位电流通路的长度,然后用适当的兆欧计确定电阻。测量结果用单位长度电阻的形式表示。所关心的电流通路包括:

- 试验组件一端管道的内表面与另一端管道外表面或接地夹之间的电流通路;
- 试验组件一端管道外表面或接地夹与另一端管道外表面或接地夹之间的电流通路。

该试验方法也可以用来确定典型化学环境对管道导电性的影响。

G.2.2 试验设备

G.2.2.1 电源,能够输出高达 1 000 V 的电压并能够提供不大于 100 V 的电压。

G.2.2.2 兆欧计,能够测量分辨率为 5%、范围为 $2 \times 10^3 \Omega \sim 1 \times 10^{10} \Omega$ 的电阻。

G.2.3 试样

G.2.3.1 管道

试验管道的最小公称直径应为 50 mm。试样的长度应为 1 m 或是 6 倍管道公称直径与 2 倍地线夹宽度之和(如果可行),取二者中较大值。

G.2.3.2 带管件/接头的管道

管材、管件或接头试样的最小公称直径应为 50 mm。管道电气安装应与管件/接头的电气安装一致。接头或管件应连接到长度不同的两个管段上。这样可能需要某些管件,例如成对法兰。如果可行,每个管道长度应为 6 倍管道公称直径与 1 倍地线夹宽度之和。为保证这一长度,应采用制造商通常建

议的组装方法增加额外导电管段。

G.2.3.3 无管道连接件的管件及管系

如果已知连接处导电性能不连续,即每个组件应单独用地线夹接地,则可以试验无管道连接件的组件。以下规程中,接地夹应连接到组件的每个末端而不必连接到附加管道上。

G.2.4 规程

G.2.4.1 概述

G.2.4.1.1 按 G.5.2 预先处理试样。

G.2.4.1.2 如果需要评估环境对电性能的影响,应首先实施 G.5.3 规定的规程。

G.2.4.1.3 如果需要评估管材与接头/管件组合体的电性能,应首先确定管材本身的电性能。

G.2.4.1.4 将适当的电极(见 G.2.4.1.5)或地线夹连接到管材或组件一端的管道外表面,从而在不损坏表面的前提下保证必要的导电性。

示例:用夹具固定的导电漆、导电胶带或盐水浸泡过的海绵。

如果采用地线夹,表面处理应与制造商建议安装管道系统时采用的表面处理方法一致。

G.2.4.1.5 采用两个附加电极,一个环绕试样的内圆周,另一个环绕管道或总成另一端外圆周。如果所进行的试验目的在于确定组件主体内预埋导电组件的导电性,外部电极可以是以类似方法预埋到第一个组件上的地线夹。

G.2.4.1.6 试样壁末端电极间的距离应不小于试样壁厚的 2 倍。电极宽度范围应为试样壁厚的 4~6 倍。如果试验报告中已提及宽度,电极宽度范围也可以为较小壁厚。

G.2.4.1.7 应在两种电压下进行试验。第一组试验应在不大于 100 V 的电压下进行。第二组试验应在电压范围为 100 V~1 000 V 的条件下进行。高压试验应在低压试验之后进行。

注:电压大于 100 V 时更可能出现击穿,这样会影响试验结果。

G.2.4.1.8 试验结束后,管道采用的所有导电材料(例如导电漆)均应去除,因为这些材料会在使用过程中形成有害的孤立导体。

G.2.4.2 外表面至外表面电性能测量

G.2.4.2.1 将试样与地绝缘并将适当的导线连接到两个外部电极上。

G.2.4.2.2 用兆欧计确定电阻。除非另行说明,否则采用的功率不应大于 1 W 并且通电时间不应超过 1 min。记录兆欧计的读数及该读书范围的精度。记录试样的外观及地线夹的状态。

G.2.4.3 内表面至外表面电性能测量

G.2.4.3.1 将试样与地绝缘并将适当的导线连接到管段另一端的内、外电极上。

G.2.4.3.2 用兆欧计确定电阻。除非另行说明,否则采用的功率不应大于 1 W 并且通电时间不应超过 1 min。记录兆欧计的读数及该读书范围的精度。记录试样的外观及地线夹的状态。

G.2.5 管材及接头/管件电阻的计算

G.2.5.1 应计算以下两种情况的电阻:

——组件外表面至外表面的电阻;

——组件外表面至内表面的电阻。

应注意确保单独处理这两种情况。

G.2.5.2 对于管道而言,计算管道单位长度的电阻应该用电极间距离除管道电阻。

G.2.5.3 管件或接头的电阻应按下列方法计算:

a) 用单位长度电阻乘以电极与管件/接头间距离计算与接头或管件连接的管道单位长度电阻。该电阻值对于各个管段均应相同；

b) 从组件总电阻测量值中减去 2 倍管材电阻得出管件/接头的电阻。

单位长度电阻应用电阻除有效通路长度确定。有效通路长度取决于试验管件及模式的种类。

G.2.5.4 对于管材、直通接头、管接头、接箍、堵头、管帽及套管而言,通路长度应与组件中心轴线平行并包含组件长度。

G.2.5.5 对于弯头而言,通路长度应为位于弯曲半径中央的组件长度。

G.2.5.6 对于四通及三通而言,一个通路长度应与组件中心轴线平行并包含组件长度。另一个通路长度应包含从相邻开口至每个 90°弯管的最短通路距离。

G.2.5.7 对于斜三通而言,一个通路长度应与组件中心轴线平行并包含组件长度。第二个通路长度应包含通过斜角的相邻开口间的最短距离。第三个通路长度应包含通过钝角的相邻开口间的最短距离。

G.2.6 试验报告

试验报告应包括以下资料:

- a) 管材及管件/接头防火涂层试样完整的鉴别标志,包括制造商名称及代码;
- b) 管材、管件或接头的直径;
- c) 兆欧计的详细资料、名称、型号、分辨能力及两个应用的电压值;
- d) 试验模式(即外部至外部或外部至内部)、是否采用管道连接件及接地夹;
- e) 试验结果;
- f) 每个应用电压下的管道单位长度电阻;
- g) 每个应用电压下的管件/接头单位长度电阻;
- h) 如果可行,应包含环境暴露时间;
- i) 试样的外观;
- j) 试验日期。

G.3 增强热固性树脂管、管件及接头静电屏蔽性能的确

G.3.1 概述

该试验方法能够确定内表面施加阶跃函数电场时,接地 GRP 管材、管件或接头的外表面是否会出现危险电位。

该试验方法通常只适用于内径大于 100 mm 的管材及管件。

G.3.2 试验摘要

该试验对接地增强热固性树脂管、管件或接头的内表面施加高电压,并测量外表面的相应电压(若有时)。

该屏蔽试验旨在表明预埋层能防止管道内部静电在管道表面产生高电位。标准为电位要低到不致在管道表面的凸起点上引起起燃放电。这样的放电起始值确定为 1 kV。本试验旨在通过测量安放在管道外表面的标准导电膜片上产生的电位,来模拟这一危险过程。在 1 kV 电位下能够储存起燃放电能量的膜片尺寸非常大,但小尺寸膜片也是合格的。一方面便于试验,另一方面出于测量的谨慎。膜片越小,平均值越低,因此更能反应出电位峰值。

常规方法是采用导电液体提高管道内部的电位、在管道周围若干点安装导电膜片并用场强计测量膜片上的电位(采用非接触测量很重要)。

该试验方法也可用于确定暴露在典型化学环境下对管道静电耗散性能的影响。

G.3.3 试验设备

G.3.3.1 直流电源,能够产生的最低电压为 1 000 V。

G.3.3.2 场强计,能够测量并显示 $100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 的场强,在 $50 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 场强范围内无零点漂移的持续显示至少超过 1 000 s。 $100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ 的读数应至少为模拟刻度读数的 10%或至少为数字显示器的第二个数位。该显示器应对电场有线性响应、与两极对称并无滞后现象。这些性能应不大于操作范围满刻度读数的 5%。输出时间常数应小于 1 s。

注:场强计的操作方法基于 BS7506 第 2 部分:1996[9]规定的规程。

G.3.3.3 导电膜片,包含铝箔及粘接介质(例如导电脂、喷雾剂)

G.3.4 试样的制备

G.3.4.1 管材、管件或接头最佳最小直径为 100 mm,以便减少曲面对试样装置及读数的影响。也可以采用更小的直径,但是可能需要进行附加测量以保证管道表面与仪器间的电场条件符合预期要求。

G.3.4.2 对于管道组件而言,试样最小长度应为直径的 6 倍。

G.3.4.3 如果可行,例如为接地夹提供夹具,则应采用制造商通常建议的导电接头的组装方法在组件上增加必要的导电管段。如果需要采用附加管段,则应按 G.2.4 的要求选取接头处的电阻测量值。

G.3.4.4 从一卷铝箔上切削一块尺寸为 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 或长度为 150 mm,宽度为组件周长的一半制备膜片。

G.3.4.5 在组件外部选取 5 个位置点安装膜片及检测器(如果由于组件形状复杂难以确定这 5 个位置点也可以选取较少位置点)。鉴于 G.3.5.6 及 G.3.5.8 规定的要求,这些位置点通常应等距分布在整个组件周围。鉴于组件几何形状发生变化的区域,可能需要额外选取几个位置点。

G.3.5 试验规程

G.3.5.1 按 G.5.2 的要求预先处理元组件。

G.3.5.2 如果需要评估环境对电性能的影响,应首先执行 G.5.3 规定的规程。

G.3.5.3 按制造商的说明在组件每一端部外表面安装接地系统的地线夹。表面处理(Surface Preparation)应与安装管道系统通常所需的表面处理一致。

G.3.5.4 用由绝缘材料制成的移动式塞子封闭组件总成的流体出口,塞子应刚好与组件内表面接触。如果不能将金属丝插入管材或管件的自由端,则应贯穿塞子安装一个电极。对于管件而言,该电极应至少距离管件主体 300mm。必要时可在组件上增加额外导电管段(见 G.3.4.3)。

G.3.5.5 用适当的导电流体注满试样内部。可能需要在移动式塞子上安装一个或多个适当的排气孔,以便排出空气。应保证组件外部处于干燥状态。

G.3.5.6 将组件垂直放置非导电面上,或用非导电材料将其悬挂以便试验中可以接触到组件的整个外部。放置带电的塞子时应使其内部接触导电流体。

G.3.5.7 将塞子中的电极连接到直流电源上。

G.3.5.8 用粘接剂将膜片粘在组件上。在膜片中心上方距离组件外表面 25 mm 处放置场强计。该场强计应距离连接直流电源与塞子内电极的金属丝至少 305 mm。

建议使用一个直径为 25 mm 的圆筒作为托架将该场强计与管道以正确距离隔开,以防无意中损坏场强计风扇的叶片。

G.3.5.9 用地线夹将试样接地,打开直流电源。同时对场强计的读数监测 10 min。如果由于管壁与地面间的导电性较高而不能保持管道内部电压,应停止该试验并记录合格结果。关闭直流电源。用所

记录的电场读数(单位为 kV/m)的最高值乘场强计的工作距离 25 mm 来计算最大电位(单位为 kV)。

管道的曲率会使膜片上的电位读数比实际值小,如果采用场强计与膜片之间最短距离的测量值计算表面电位。电荷屏蔽测量结束后,建议直接对每个膜片施加电场以便确定饱和和电位值。这样可以明确管道外部感生的内部电位比例。

G.3.5.10 其余试验位置按 G.3.5.8~G.3.5.9 的要求反复试验。

G.3.5.11 记录试样的外观及地线夹的状态。

G.3.6 试验报告

报告应包含以下资料:

- a) 管材、管件或接头的制造商;
- b) 试验产品代号;
- c) 试样说明,包括管材、管件或接头直径及附加管材的长度(必要时);
- d) 接地说明;
- e) 暴露试验采用的试验介质;
- f) 采用的导电流体;
- g) 直流电源电压;
- h) 每个试验位置的试验开始后记录场强计 10 min 之内的电压输出值;进行暴露试验将试样暴露 1、3、6 及 12 个月后记录场强计 10 min 之内的电压输出值;
- i) 最高电位的计算值;
- j) 试样的外观;
- k) 试样日期。

G.4 组件电荷消除时间的确定

G.4.1 试验摘要

在外表面上施加电荷时,该试验方法能够确定接地 GRP 管材、管件或接头外表面上的静电荷消除速度。电晕充电意味着孔径的外部接地边界并不重要,可以在曲面及面积小于试验孔径面积的表面进行测量。

注 1: 对于这一应用领域而言,该试验方法是一种新型方法而且基于 BS 7506:第二部分[9]规定的规程。

注 2: 该试验能够确定管道扩散电荷的能力或将电荷输送至静电耗散层的能力。该试验不就静电耗散层导电性能的大小进行试验。

此外,也可以用该试验确定典型暴露于化学环境对管道电荷消除性能的影响。

G.4.2 试验仪器

能够通过电晕放电在表面积聚小面积电荷确定组件自行消除静电的性能及通过场强计观察表面电位。该仪器应具有以下特点:

- a) 电晕试验孔径的直径应为 (50 ± 5) mm 或是等面积的矩形孔。电晕点安装在移动式绝缘板上直径 10 mm 的圆形区域内、试验孔径中心之上 10 mm 处,并由一层屏蔽层固定。场强计传感孔径应设置在试验区域中心上方 25 mm 处。完全移开带电晕点的绝缘板时,试验区域应与场强计传感孔径的平面对齐;
- b) 该仪器应该能够在仪器改变模式前形成高压放电以便场强计观察聚积电荷形成的电位。设计该仪器时应保证其接触试验孔径周围的试验表面,以便为向外迁移的电荷提供回路并为截留这些电荷提供较高电容;

- c) 应将电荷消除设备在最低消除时间测量值的 50% 时间内或 20 ms 内完全移离场强计观察区域,以两者中较大时间值为准;
- d) 场强计应是一种能够测量表面电压的旋转式电场仪,其测量精度应为在 0.01 s 的响应时间(10%~90%)之内电压精度为 $\pm 5\text{ V}\sim 40\text{ V}$ 。零点稳定性能够保证在最长的电荷消除时间内以这一精度标准测量表面电压;
- e) 测量电荷聚积和消除时间时,场强计传感孔径应与设备中处于高压表面及绝缘表面的连接件或表面合理隔离;
- f) 残余表面电荷应使表面电压的增量小于 10 V。应观察完全导电表面的静电消除时间,从而对此增量进行试验;
- g) 该仪器应能够显示作为时间函数的表面电压观察值并提供永久性记录。测量时间的方法应保证测量分辨率及精度为读数的 5% 或极限的 5%,取二者中较大数值。

G.4.3 试样制备

G.4.3.1 管材、管件及接头试样的首选最小直径应为 100 mm,以便降低曲面对试样装置及读数的影响。也可以采用较小直径,但是可能需要采用附加方法以保证管道表面及仪器之间的电场条件达到预期值。

G.4.3.2 对于管道试样而言,试样的最低长度应为直径的 6 倍或 1 m,取二者中较小者。

G.4.3.3 如果可行,应采用制造商通常推荐的导电接头的组装方法提供地线夹的夹具并将附加导电管段增加到组件上。如果需要采用附加管段,按 G.2.4 的要求记录接头电阻的测量值。

G.4.3.4 在组件外部至少选取 5 个位置点安装该仪器。这些位置点通常应等距分布在整个组件的圆周上。鉴于组件几何形状发生变化的区域,可能需要额外选取几个位置点。

G.4.4 试验规程

G.4.4.1 按 G.5.2 的要求预先处理试样。

G.4.4.2 如果需要评估环境对电性能的影响,应首先按 G.5.3 中的规程试验。

G.4.4.3 按制造商的说明在每个组件端部的外表面安装接地系统的地线夹。表面处理不得超过安装管道系统通常采用的表面处理。

G.4.4.4 检查组件表面是否清洁无灰尘。用刷子轻轻地刷去浮尘或用清洁的干燥空气吹走浮尘。如果组件表面污染明显,在污染状态下测量该组件并报告其状态。

G.4.4.5 将组件垂直放置的非导电表面上或用非导电材料将其悬挂,从而保证试验中各处都可以接触到组件外部。

G.4.4.6 将静电消除仪器放置在组件上并按制造商的说明操作。保证该试验设备在各项测量时间内在表面上保持稳定且不受干扰的状态。对既定电压下能够产生较高电晕电流的极端进行试验。将表面电压、电晕电压及电晕电流的观察值记录为时间函数。

可以在静电消除波形之初记录瞬时下降的表面电位。例如静电电源断开或除去时,瞬时下降与静电消除无关,与系统电容的阶跃变化有关。应记录试验中静电消除的波形以保证任何此类性能都可以得到检测。

注 1: 由于试样不平整,所以闸板开启时仪器可能容易摇动。可以用尼龙扎带系住铝板及该仪器的一端从而避免这个问题。

注 2: 试验设备相对于试样表面的移动可能引起摩擦起电从而影响观察值。

G.4.4.7 按 G.4.4.4~G.4.4.6 的要求对不接地组件反复进行试验。

G.4.4.8 记录试样的外观及地线夹的状态。

G.4.5 试验报告

报告应包括以下事项：

- a) 管材、管件或接头的制造商；
- b) 试验产品的代号；
- c) 试样说明,包括管材、管件或接头的直径及附加管材的长度(必要时)；
- d) 接地说明；
- e) 暴露试验的试验介质；
- f) 记录表面电压、电晕电压及电晕电流的观察值作为接地及不接地试样的时间函数；进行暴露试验时,记录试样暴露 1、3、6 及 12 个月后的这些数据；
- g) 试样的外观；
- h) 试样日期。

G.5 调节规程

G.5.1 试验设备

G.5.1.1 烘箱,能够保持 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度。

G.5.1.2 储罐(可选),非金属结构并且可以用于试验环境中。

G.5.2 预调节

在材料到达风干状态之前不得对试样进行试验。这一状态时指环境温度(23 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为(50 ± 5)%,预先处理 16 h~24 h 之后达到的状态。

G.5.3 处理

G.5.3.1 如果需要评估环境对电性能的影响,将组件放置在敞口储罐中以便其可以完全浸入试验流体中。外露期间将流体温度保持在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

G.5.3.2 在 1、3、6 和/或 12 个月末期将试验组件从溶液中取出彻底清洗,如果该试样外露于水溶性产品中,则应用自来水冲洗；如果试样外露于石油产品中,则应用烃类溶剂冲洗。

G.5.3.3 擦干试样并将其在温度为 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中放置 2 h。

注：干燥试样的目的在于保证后续试验结果可以显示处理过程造成的电阻性能永久变化。

G.5.3.4 将组件从烘箱中取出,在温度范围 $21\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(50 ± 5)%的环境下将其冷却 16 h~24 h。

G.6 连续性

G.6.1 试验设备

G.6.1.1 兆欧计,最小刻度读数应小于 $1\times 10^6\ \Omega$,分辨率为 5%。

电极之间的电压至少应为 500 V。

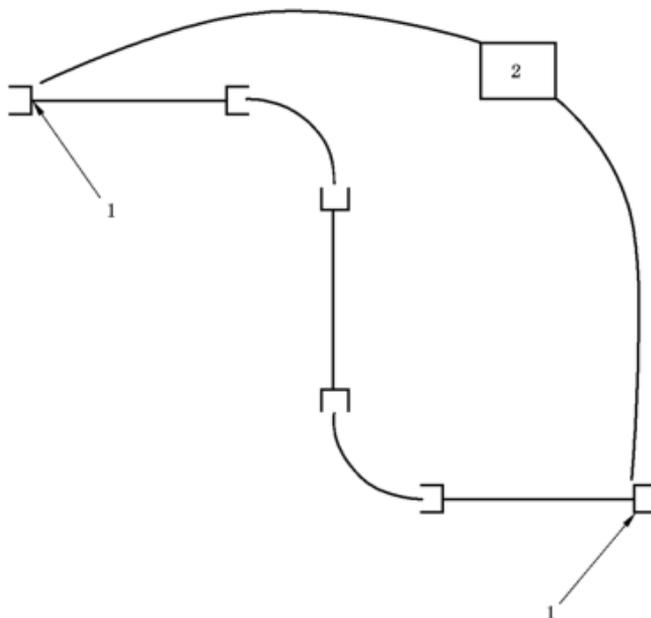
G.6.2 管道组件

图 G.1 为试验装置示意图。总成应至少包含一个接头。试验中需包含的总成总长、接头数量及种类应由制造商自行决定。总成两端应按制造商说明用地线夹封闭。采用的粘接装置应尽量接近实际情

况。如果未安装地线夹,应在每个端部安装一个外部电极,以便在不损坏表面的前提下保证管道表面具有必要的导电性。

示例:用夹具固定的导电涂料、导电胶带或盐水浸渍的海绵。

试验中地线夹或电极不得与地连接。总成电流通路长度应按 G.2.5 计算。



1——管系末端;

2——连接到管系末端的兆欧计。

图 G.1 试验装置示意图

G.6.3 规程

应保证试验总成处于干燥状态。连接试验总成两个地线夹之间的兆欧计或每一端的外部电极之间的兆欧计。测量电阻。

G.6.4 计算

用通路总长度除电阻的测量值。

G.6.5 试验报告

试验报告应包含以下资料:

- 试验管材/管件及接头的完整鉴别标志,包括制造商的名称及代码;
- 试验管材/管件及接头组件的总长及直径;
- 兆欧计的详细资料,名称、型号、分辨率性能及施加电压;
- 管道总成的试验结果及单位长度电阻;
- 试验日期。

附录 H
(规范性附录)
推荐尺寸

管件(弯头、三通及异径接头)最大总长的推荐尺寸(图 H.1 表示为 L_{max})应按照表 H.1 及表 H.2 中的数据确定,这些数据根据组件压力为 2 MPa(20 bar)计算而来。压力越高管件长度可能越长。

如果采用预制管系(由直管段糊制成带弯头、三通、异径接头的管系),实际中管件长度可以减少。详情应询问制造商。

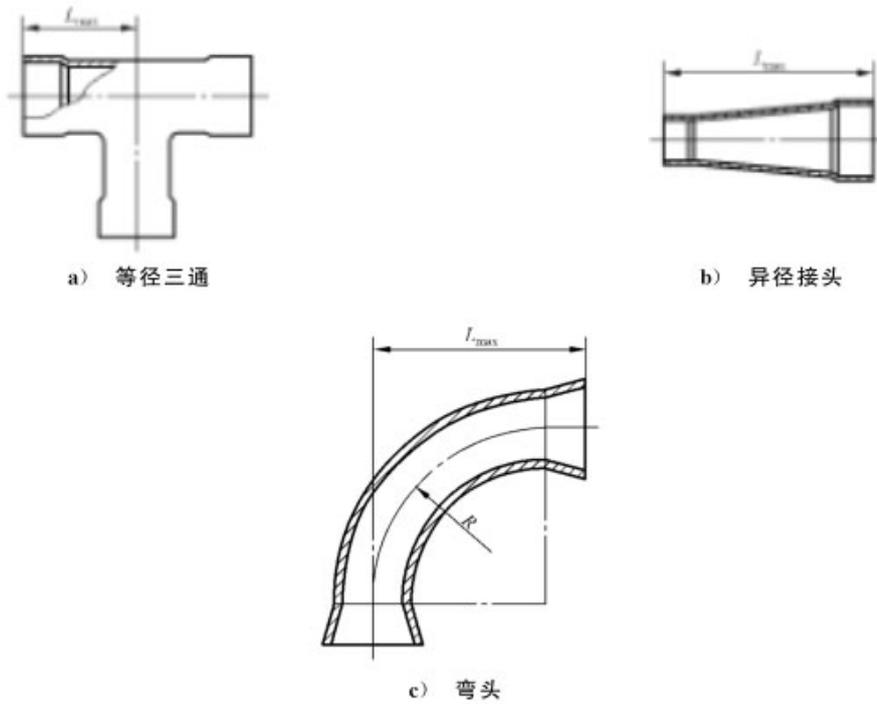


图 H.1 管件长度

表 H.1 管件及三通的首选最大总长

管道公称直径/mm	首选长度 L_{max} /mm	
	弯头	三通
25	100	127
40	120	140
50	167	154
80	235	221
100	330	290
150	420	333
200	540	413
250	540	413
300	753	554

表 H.1 (续)

管道公称直径/mm	首选长度 L_{max} /mm	
	弯头	三通
350	700	557
400	780	610
450	827	694
500	928	775
600	1 076	784
700	1 050	784
800	1 200	849
900	1 350	974
1 000	1 500	981
1 100	1 650	942
1 200	1 800	1 143

表 H.2 同心异径首选最大总长

小端直径/mm	最大直径/mm																
	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1 000	1 100
25	200	220															
40		225	300														
50			280	355													
80				395	480												
100					380	600											
150						535	650										
200							645	700									
250								745	750								
300									780	800							
350										785	900						
400											970	1 070					
500												925	1 185				
600													975	1 150			
700														975	1 200		
800															1 000	1 300	
900																1 025	1 350
1 000																	1 050
1 100																	

附 录 I
(资料性附录)
询价单范本

1 委托方/代理方					
	委托方			代理方	
公司					
联系人					
电话					
电传					
2 工程					
工程名称					
地点					
系统种类					
流体成分					
特殊操作					
3 服役条件					
设计压力/MPa					
服役周期性及时刻载荷					
地上系统还是地下系统					
外部设计压力/MPa					
流体最高温度/℃					
流体最低温度/℃					
最高环境温度/℃					
最低环境温度/℃					
流速及颗粒含量					
4 附加事项					
是否需要制造商对安装进行监督					
是否需要饮用水卫生证明					
如果上述问题为肯定答案,请说明相应的卫生机构					
树脂/固化剂的限制要求					
是否需要富树脂内衬					
对导电性的要求					
对耐火性能的要求					
对抗化学性的要求					
5 机构					
名称		签字		日期	

附录 J
(资料性附录)
评定汇总表范本

J.1 评定汇总表

1 制造商			
名称		电话	
地点		传真	
2 基本说明			
组件种类		制造商名称	
公称直径/mm		接头种类	
产品分支		制造商名称	
3 评定压力			
p_Q 或 $p_{LCL} =$		在额定温度下该压力为()MPa	(°C)
4 合格组件的制造过程			
制造过程规程	标题		
	版本编号		发布日期:
产品图纸编号			
	版本编号		发布日期:
5 材料			
	增强层	衬里(如有)	
纤维鉴别标志			
树脂鉴别标志			
树脂种类/固化剂			
添加剂(需说明)			
6 基本性能及尺寸			
设备公称质量/kg			
增强层最小厚度/mm			
合格样品的平均 T_g 值/°C			
合格样品的平均玻璃含量/(质量分数)			
性能	温度/°C		
	0	23	额定值
环向拉伸模量/MPa			
轴向拉伸模量/MPa			
轴向热膨胀系数/°C ⁻¹			
轴向拉伸强度/MPa			
7 饮用水卫生证明			
是否需要卫生机构证书		如果为肯定答案,请附上证书副本	

J.2 评定试验详细资料表

1 合格组件							
组件类别				制造商压力等级/MPa			
公称直径/mm				额定温度/℃			
接头种类				制造商			
产品分支				制造商代号			
2 1 000 h 试验压力的计算							
2.1 根据产品代表的回归曲线数据计算							
产品族代表		种类		f1			
		公称直径/mm		斜率 G			
合格组件 (psr 或 cv)		合格组件的 p_{LCL} 建议值(MPa)					
		最小试验压力/MPa($= p_{LCL} \times 102.24 \times G$)					
2.2 根据缺省斜率计算							
合格组件 (psr 或 cv)		p_{LCL} 建议值(MPa)		缺省斜率 G			
		最小试验压力(MPa)($= p_{LCL} \times 102.24 \times G$)					
3 1 000 h 试验结果							
试样数据			$T_g/℃$	玻璃含量/% (质量分数)	试验条件		残存时间/h
序号	生产日期	产品数量			温度/℃	压力/MPa	
1							
2							
平均值							
4 p_{STHP} 结果(如果有)							
试样数据			$T_g/℃$	玻璃含量/% (质量分数)	试验条件		P_{STHP}/MPa
序号	生产日期	产品数量			温度/℃	压力/MPa	
1							
2							
3							
3							
5							
P_{STHP} 引用值							
5 评定报告							
标题							
日期				参考编号			
6 权限机构							
名称			签字		日期		

附 录 K
(规范性附录)

根据回归数据计算长期静水压的最小二乘法

K.1 概述

本分析法是通过数据点 (x_i, y_i) 的确定数 (n) 获取最佳直线拟合。该分析法方程如下：

$$y = a + bx \quad \dots\dots\dots (K.1)$$

式中：

- y —— 因变量；
- x —— 自变量；
- b —— 直线的斜率；
- a —— 直线在 y 轴上的截距。

采用线性函数关系分析法，要对斜率及数据合理性进行试验。在此给出了相关方程以及范例数据与结果，在此基础上任何其他统计包与其显示的界限通常会由范例结果进行确认。

对于本附录而言，假定标准使用寿命为 20 年。

K.2 数据分析规程

采用线性函数分析法根据 n 组数据值 y 及 x 计算以下数据：

- 直线的斜率 b ；
- 直线在 y 轴截距 a ；
- 相关系数 r ；
- 设计使用寿命时的预计平均值及 95% 置信下限(P_{LCL})。

K.3 变量赋值

将 x 赋值为 $\lg(t)$ ，其中 t 表示时间，单位为小时。

将 y 赋值为 $\lg(p)$ ，其中 p 为压力或应力，单位为兆帕。

K.4 函数关系及基本统计数据

K.4.1 基本统计数据——定义

应采用以下基本符号及定义：

- n = 所观测数据点 (t_i, p_i) 的数量；
- $y_i = \lg(p_i)$ ，其中 p_i 表示观测数据 i 失效时的压力或应力，其中 $i = 1, \dots, n$ ；
- $x_i = \lg(t_i)$ ，其中 t_i 表示观测数据 i 失效时的时间，其中 $i = 1, \dots, n$ 。
- \bar{y} = y_i 的算术平均值，

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \dots\dots\dots (K.2)$$

\bar{x} = x_i 的算术平均值，

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots\dots\dots (K.3)$$

K.4.2 平方和——定义

平方叉积之和 S_{xy} 按式(K.4)计算:

$$S_{xy} = \frac{1}{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad \dots\dots\dots (K.4)$$

如果 $S_{xy} > 0$, 则该数据不适合用于分析。

x_i 的平方和 S_{xx} 按式(K.5)计算:

$$S_{xx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \dots\dots\dots (K.5)$$

y_i 的平方和 S_{yy} 按式(K.6)计算:

$$S_{yy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad \dots\dots\dots (K.6)$$

K.4.3 数据的相关性

相关系数 r 定义如下:

$$r^2 = \frac{(S_{xy})^2}{S_{xx} S_{yy}} \quad \text{其中} \quad r = \sqrt{r^2} \quad \dots\dots\dots (K.7)$$

式中:

如果 r 值小于以下方程值:

$$r < \frac{Student' st(f)}{\sqrt{n-2 + [Student' st(f)]^2}}$$

则该数据不适合用于分析。

表 K.1 列出了相关系数 r 的最小允许值作为变量数量 n 的函数。 t 分配值按双边 0.01 显著性水平确定。

表 K.1 n 组数据中合格数据相关系数的最小值 r

变量数量 n	自由度 $n-2$	t 分配值 (0.01)	最小值 r	变量数量 n	自由度 $n-2$	t 分配值 (0.01)	最小值 r
13	11	3.106	0.683 5	26	24	2.979	0.495 8
14	12	3.055	0.661 4	27	25	2.787	0.486 9
15	13	3.012	0.641 1	32	30	2.750	0.448 7
16	14	2.977	0.622 6	37	35	2.724	0.418 2
17	15	2.947	0.605 5	42	40	2.704	0.393 2
18	16	2.921	0.589 7	47	45	2.690	0.372 1
19	17	2.898	0.575 1	52	50	2.678	0.354 2
20	18	2.878	0.561 4	62	60	2.660	0.324 8
21	19	2.861	0.548 7	72	70	2.648	0.301 7
22	20	2.845	0.536 8	82	80	2.639	0.283 0
23	21	2.831	0.525 6	92	90	2.632	0.267 3
24	22	2.819	0.515 1	102	100	2.626	0.254 0
25	23	2.807	0.505 2				

K.5 平均回归系数 a 及 b 的计算

回归线斜率 b 按式(K.8)确定:

$$b = -\sqrt{\lambda} \quad \dots\dots\dots (K.8)$$

式中:

$$\lambda = \frac{S_{yy}}{S_{xx}}$$

回归线截距 a 按式(K.9)确定:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \dots\dots\dots (K.9)$$

注1: 斜率 b 的符号取 S_{xy} 的符号。

注2: $y = \lg(p)$ 及 $x = \lg(t)$ 表明 $p = 10^y, t = 10^x$ 。 p 与 t 的关系式如下: $p = 10^{[a + b \lg(t)]}$ 。

K.6 误差及方差计算

K.6.1 定义——误差

如果 t_L 为适当的失效时间, 则 $x_L = \lg(t_L)$ 。

误差方差应按 y 的误差(例如已知 x 值时 Y 的预计值与 y 的测量值的差值)确定。误差方差按下式计算:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{(n-2)} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{(n-2)} \quad \dots\dots\dots (K.10)$$

K.6.2 总方差

已知 x 值(x_L)时, y 的预计值 Y_L 按式(K.11)确定:

$$Y_L = a + bX_L \quad \dots\dots\dots (K.11)$$

独立报告数据 $Y_{L,i}$ 的总方差 $Var(Y_{L,i})$, 预期平均方差值 Y_L 按式(K.12)确定:

$$Var(Y_{L,i}) = \sigma^2 + Var(Y_L) = \sigma^2 + Var(\bar{y}) + (x_L - \bar{x})^2 Var(b) \quad \dots\dots (K.12)$$

y 平均值的方差 $Var(y)$ 按式(K.13)确定:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \Rightarrow Var(\bar{y}) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n Var(y_i) = \frac{1}{n^2} n \sigma^2 = \frac{\sigma^2}{n} \quad \dots\dots\dots (K.13)$$

回归线平均斜率的方差 $Var(b)$ 按式(K.14)确定:

$$Var(b) = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \left[(n-1) - 2 \left\{ \frac{\Gamma(n/2)}{\Gamma[(n-1)/2]} \right\}^2 \right] \quad \dots\dots\dots (K.14)$$

已知 x_L 时, Y_L 终值的总方差 $Var(Y_{L,i})$ 按下式[将方程式(K.13)及式(K.14)代入方程式(K.12)]确定:

$$Var(Y_{L,i}) = \sigma^2 \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_L - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \left[(n-1) - 2 \left\{ \frac{\Gamma(n/2)}{\Gamma[(n-1)/2]} \right\}^2 \right] \right) \quad \dots\dots (K.15)$$

式中:

$\Gamma(n)$ 表示序号 n 的伽玛函数。

K.7 置信下限的计算

置信下限 p_{LCL} 按式(K.16)计算:

$$Y_{LCL(95\%)} = Y_L - t_V \sqrt{Var(Y_L)} = Y_L - t_V \sigma \sqrt{\left(\frac{1}{n} + \frac{(x_L - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \left[(n-1) - 2 \left\{ \frac{\Gamma(n/2)}{\Gamma[(n-1)/2]} \right\}^2 \right] \right)}$$

..... (K.16)

预测下限 p_{LCL} 按式(K.17)计算:

$$Y_{LCL(95\%)} = Y_L - t_V \sqrt{Var(Y_{L,i})} = Y_L - t_V \sigma \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_L - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \left[(n-1) - 2 \left\{ \frac{\Gamma(n/2)}{\Gamma[(n-1)/2]} \right\}^2 \right] \right)}$$

..... (K.17)

式中:

Y_L 的计算公式为: $Y_L = a + b x_L$;

t_V —— t 分配值, 该数值根据按双边 0.05 显著性水平确定, 例如 95% 置信下限。

t_V 值作为变量数量的函数(见表 K.2)。

表 K.2 双边 0.05 显著性水平的 t 分配值

变量数量 n	自由度 $n-2$	t 分配值(0.025) t_v	变量数量 n	自由度 $n-2$	t 分配值(0.025) t_v
13	11	2.201	26	24	2.064
14	12	2.179	27	25	2.060
15	13	2.160	32	30	2.042
16	14	2.145	37	35	2.030
17	15	2.131	42	40	2.021
18	16	2.120	47	45	2.014
19	17	2.110	52	50	2.009
20	18	2.101	62	60	2.000
21	19	2.093	72	70	1.994
22	20	2.086	82	80	1.990
23	21	2.080	92	90	1.987
24	22	2.074	102	100	1.984
25	23	2.069			

K.8 实例

K.8.1 数据集

实例总结了 K.1~K.7 概述的计算法。表 K.3 列举了用于阐述的抽样数据集。

表 K.3 数据集

数据点	时间/h	lg(时间)	应力/psi	应力/MPa	lg(应力)
1	9	0.954 2	5 500	37.917	1.578 8
2	13	1.113 9	5 500	37.917	1.578 8
3	17	1.230 4	5 500	37.917	1.578 8
4	17	1.230 4	5 500	37.917	1.578 8
5	104	2.017 0	5 200	35.849	1.554 5
6	142	2.152 2	5 200	35.849	1.554 5
7	204	2.309 6	5 200	35.849	1.554 5
8	209	2.320 1	5 200	35.849	1.554 5
9	272	2.434 6	5 000	34.470	1.537 4
10	446	2.649 3	5 000	34.470	1.537 4
11	466	2.668 4	5 000	34.470	1.537 4
12	589	2.770 1	4 800	33.091	1.519 7
13	669	2.825 4	4 700	32.402	1.510 6
14	684	2.835 1	5 000	34.470	1.537 4
15	878	2.943 5	4 600	31.712	1.501 2
16	1 299	3.113 6	4 800	33.091	1.519 7
17	1 301	3.114 3	4 700	32.402	1.510 6
18	1 430	3.155 3	4 800	33.091	1.519 7
19	1 710	3.233 0	4 800	33.091	1.519 7
20	2 103	3.322 8	4 800	33.091	1.519 7
21	2 220	3.346 4	4 500	31.023	1.491 7
22	2 230	3.348 3	4 400	30.334	1.482 0
23	3 816	3.581 6	4 700	32.402	1.510 6
24	4 110	3.613 8	4 700	32.402	1.510 6
25	4 173	3.620 4	4 600	31.712	1.501 2
26	5 184	3.714 7	4 400	30.334	1.481 9
27	8 900	3.949 4	4 600	31.712	1.501 2
28	8 900	3.949 4	4 600	31.712	1.501 2
29	10 900	4.037 4	4 500	31.023	1.491 7
30	10 920	4.038 2	4 500	31.023	1.491 7
31	12 340	4.091 3	4 500	31.023	1.491 7
32	12 340	4.091 3	4 500	31.023	1.491 7

K. 8.2 基本统计数据(K. 4. 1)

y 的平均值 \bar{y}	1. 523	式(K. 2)
x 的平均值 \bar{x}	2. 930	式(K. 3)

K. 8.3 平方和(K. 4. 2)

S_{xy}	-0. 024 8	式(K. 4)
$S_{xy} < 0$, 此时数据适合用于分析		
S_{xx}	0. 798 1	式(K. 5)
S_{yy}	0. 000 88	式(K. 6)

K. 8.4 数据的相关性(K. 4. 3)

相关系数 r	0. 938 1	式(K. 7)
最小允许值 r_{min}	0. 448 7	表 K. 1
$r > r_{min}$, 此时数据适合用于分析		

K. 8.5 平均回归线性系数(K. 5)

a	1. 620 7	式(K. 9)
λ	0. 001 1	式(K. 8)
b	-0. 033 2	式(K. 8)

K. 8.6 误差(K. 6. 1)

误差方差, σ^2	0. 000 116 01	式(K. 10)
------------------	---------------	----------

K. 8.7 总方差(K. 6. 2)

方差 \bar{y}	3. 625 4E-06	式(K. 13)
方差 b	2. 252 6E-06	式(K. 14)
t 分配值, $t_{(95\%)}$	2. 042	表 K. 2

K. 8.8 平均值及 95%置信下限(K. 7)的计算

时间/h	lg(时间)	lg(应力) ^a	应力/MPa	lg(p_{LCL}) ^b	p_{LCL} /MPa	lg(p_{LPL}) ^c	p_{LPL} /MPa
10	1	1.588	38.682	1.580	38.057	1.564	36.677
100	2	1.554	35.837	1.550	35.442	1.532	34.026
1 000	3	1.521	33.202	1.517	32.906	1.499	31.537
10 000	4	1.488	30.760	1.483	30.402	1.465	29.202
100 000	5	1.455	28.498	1.447	28.014	1.431	27.014
175 400(20年)	5.244	1.447	27.973	1.439	27.457	1.423	26.503
437 520(50年)	5.641	1.434	27.135	1.424	26.568	1.410	25.686
1 000 000	6	1.422	26.402	1.411	25.791	1.397	24.969
^a 式(K. 11); ^b 式(K. 16); ^c 式(K. 17)。							

参 考 文 献

- [1] IMO Resolution A 753(18) 船上塑料管材应用指南(Guidelines for the application of plastic pipes on ships)
- [2] ISO 175 塑料 确定液态化学介质浸泡影响的测试方法(Plastics—Methods of test for the determination of the effects of immersion in liquid chemicals)
- [3] ASTM C581 确定玻璃纤维增强构件中热固性树脂在液态环境中的化学稳定性的标准作法(Standard practice for determining chemical resistance of thermosetting resins used in glass-fibre-reinforced structures intended for liquid service)
- [4] ASTM D543 评估塑料耐化学介质的标准作法(Standard practices for evaluating the resistance of plastics to chemical reagents)
- [5] ASTM D3681 玻璃纤维增强热固性树脂(玻璃钢)在变形条件下化学稳定性标准测试方法[Standard test method for chemical resistance of “fiberglass”(glass-fiber-reinforced thermosetting-resin)pipe in a deflected condition]
- [6] prEN 13121-2 地上用玻璃钢储罐和容器 第2部分:复合材料 化学稳定性(GRP tanks and vessels for use above ground—Part 2:Composite materials Chemical resistance)
- [7] DODDS, N, and GIBSON, A. G. 复合材料在结构材料中耐火性能特点与建模(Characterisation and modelling of composites for fire performance in structural applications), composites in Fire, 15-16th September 1999, University of Newcastle
- [8] OTI 95634:1996 被动消防材料耐喷射火焰性能测试(Jet fire resistance test of passive fire protection materials)
- [9] BS 7506:Part 2:1996 静电测量方法 第2部分:测试方法(Methods for measurement in electrostatics, Part 2:Test methods)
- [10] Norsok M-622 玻璃钢管道系统和储罐的无损检测指南(Guideline for NDT of GRP piping systems and tanks)
- [11] API Spec 15LR 低压玻璃纤维管线管和管件规范(Specification for low pressure fiberglass line pipe and fitting)(7th edition)
- [12] ISO 75-2 塑料 载荷作用下热变形温度的测定 第2部分:塑料和硬质橡胶(Plastics—Determination of temperature of deflection under load—Part 2:Plastics and ebonite)
- [13] ISO 75-3 塑料 载荷作用下热变形温度的测定 第3部分:高强度热固性层合板和长纤维增强塑料(Plastics—Determination of temperature of deflection under load—Part 3:High-strength thermosetting laminates and long-fibre-reinforced plastics)
- [14] ISO 7370:1983 玻璃纤维增强热固性塑料管和管件 公称直径、规定直径和标准长度[Glass fibre reinforced thermosetting plastics(GRP)pipes and fittings—Nominal diameters, specified diameters and standard lengths]
- [15] ISO 14692-3:2002 石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第3部分:系统设计[Petroleum and natural gas industries—Glass-reinforced plastics(GRP)piping Part3:System design]
- [16] ISO 14692-4:2002 石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管 第4部分:装配、安装和运行[Petroleum and natural gas industries—Glass-reinforced plastics(GRP)piping—Part 4:Fabrication, installation and operation]

[17] ISO 7005-3 金属法兰 第3部分:铜合金及其复合材料法兰(Metallic flanges—Part 3: Copper alloy and composite flanges)

[18] ASME B16-5 管道法兰和法兰管件(Pipe flanges and flanged fittings)

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
石油天然气工业 玻璃纤维增强塑料管
第 2 部分:评定与制造

GB/T 29165.2—2012/ISO 14692-2:2002

*

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.gb168.cn

服务热线:010-51780168

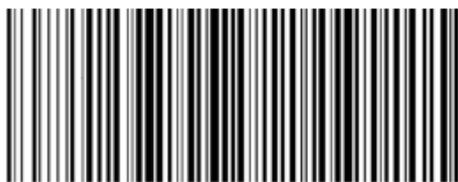
010-68522006

2013 年 6 月第一版

*

书号:155066·1-47232

版权专有 侵权必究



GB/T 29165.2-2012