



中华人民共和国国家标准

GB/T 34903.1—2017

石油、石化与天然气工业 与油气开采相关介质接触的非金属材料 第 1 部分：热塑性塑料

Petroleum, petrochemical and natural gas industries—
Non-metallic materials in contact with media related to oil and gas production—
Part 1: Thermoplastics

(ISO 23936-1:2009, MOD)

2017-12-29 发布

2018-07-01 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	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	2
3.1 术语和定义	2
3.2 缩略语	4
4 性能要求	4
4.1 一般要求	4
4.2 管线、管道和衬里	5
4.3 密封件、垫圈和密封圈	8
4.4 封装、电绝缘和注入管线	10
5 技术信息要求	10
6 制造要求	11
6.1 一般要求	11
6.2 原材料制造商	11
6.3 组件制造者	11
6.4 评定有效性	11
7 热塑性塑料的评价	11
7.1 一般要求	11
7.2 化学相容性试验要求	12
附录 A (资料性附录) 石油天然气工业中常用热塑性塑料的适用性	13
附录 B (资料性附录) PA612 基本理化性能	16
附录 C (规范性附录) 相容性试验测试介质、条件、装置、步骤和试验报告要求	17
附录 D (资料性附录) 与国际文件有一致性对应关系的我国文件	22
参考文献	23

前 言

GB/T 34903《石油、石化与天然气工业 与油气开采相关介质接触的非金属材料》分为以下四个部分：

- 第1部分：热塑性塑料；
- 第2部分：弹性体；
- 第3部分：热固性树脂；
- 第4部分：增强纤维。

本部分为 GB/T 34903 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 23936-1:2009《石油、石化与天然气工业 与油气开采相关介质接触的非金属材料 第1部分：热塑性塑料》。

本部分与 ISO 23936-1:2009 的技术性差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用 ISO 527-1、ISO 527-2、ISO 527-3 代替 ASTM D638；
- 用 ISO 974 代替 ASTM D746，ISO 1183-1 代替 ASTM D792；
- 增加引用 ISO 899-1、ISO 899-2、ISO 11357-1、ISO 11357-2、ISO 11357-3。

——在表2中，结合附录A，PP-H和PP-R最高运行温度“120℃”和“100℃”均改为“80℃”，以适应我国技术条件；

——在4.2.2中，增加“若改性PE通过本部分第7章相容性评价试验，并满足第6章、第7章相关要求，经与最终用户协商，最高运行温度可根据评价试验结果确定”，以增加可操作性；

——在4.2.5中和表A.3中，增加了PA612，以增加可操作性，便于标准的执行；

——在4.2.5中，将“PA11和PA12含水系统中最高使用温度一般应不超过80℃”改为“PA11、PA12和PA612在含水系统中最高使用温度一般应不超过70℃”，以适应我国技术条件；

——表5中注释“PAI浸泡在70℃或80℃”改为“PAI浸泡在高于70℃”，以适应我国技术条件；

——在表7中，增加了2项注释，分别为“经与最终用户协商，可用体积变化率代替长度变化率”和“经与最终用户协商，可用拉伸屈服强度变化率代替拉伸断裂强度变化率”，以增加可操作性，便于标准的执行；

——表C.1和表C.2中增加注释“经与最终用户协商，甲烷可用氮气代替，70%庚烷、20%环己烷与10%甲苯混合液体可用0号矿物柴油代替”，以增加可操作性，便于标准的执行；

——在C.3.1.1中，增加了试样保存方法，以增加可操作性，便于标准的执行。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件列于附录D。

本部分还做了下列编辑性修改：

——删除了ISO引言；

——表1～表6中，“-30℃夏比冲击强度(MPa)”改为“-30℃简支梁冲击强度(kJ/m²)”；

——增加了资料性附录B(PA612基本理化性能)，原附录B改为附录C；

——增加了资料性附录D，给出与国际文件有一致性对应关系的我国文件。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国石油天然气集团公司提出。

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、中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、中国石油工程建设有限公司西南分公司、杜邦中国集团有限公司。

本部分主要起草人：魏斌、戚东涛、方伟、丁楠、齐国权、李厚补、邵晓东、吴林美、卢晓英、李琼玮、姜放、施岱艳、冯嘉。

石油、石化与天然气工业 与油气开采相关介质接触的非金属材料 第1部分：热塑性塑料

1 范围

GB/T 34903 的本部分规定了服役于石油与天然气生产设备中的非金属材料选用与评价的一般原则、基本要求、推荐做法以及产品质量保证指南。非金属材料失效导致的设备损坏会造成公众健康、人员安全与环境风险。本部分有助于避免设备发生这种高昂代价的腐蚀损坏。本部分补充而不是代替设备设计准则、标准或法律规范中已有的材料技术要求。

GB/T 34903 的本部分规定了石油天然气工业中使用的热塑性塑料材料类型、性能要求、制造要求、相容性评价方法和相容性技术指标判据。

本部分适用于但不限于以下设备：非金属管线、管道、衬里、密封件、垫圈和密封圈。本部分不一定适用于炼油化工或石油天然气工业下游加工装置及设备。

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。

ISO 178 塑料 弯曲性能的测定(Plastics—Determination of flexural properties)

ISO 179-1 塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分：非仪器化冲击试验(Plastics—Determination of Charpy impact properties—Part 1: Non-instrumented impact test)

ISO 306 塑料 热塑性塑料 维卡软化温度(VST)的测定[Plastics—Thermoplastic materials—Determination of Vicat softening temperature(VST)]

ISO 527-1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则(Plastics—Determination of tensile properties—Part 1: General principles)

ISO 527-2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件(Plastics—Determination of tensile properties—Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics)

ISO 527-3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件(Plastics—Determination of tensile properties—Part 3: Test conditions for films and sheets)

ISO 868 塑料和硬质橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)[Plastics and ebonite—Determination of indentation hardness by means of a durometer(Shore hardness)]

ISO 899-1 塑料 蠕变性能的测定 第1部分：拉伸蠕变(Plastics—Determination of creep behaviour—Part 1: Tensile creep)

ISO 899-2 塑料 蠕变性能的测定 第2部分：三点弯曲蠕变(Plastics—Determination of creep behaviour—Part 2: flexural creep by three-point loading)

ISO 974 塑料 使用冲击法测定塑料脆化温度(Plastics—Determination of the brittleness temperature by impact)

ISO 1183-1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸入法、液体比重法和滴定法(Plastics—

Methods for determining the density of non-cellular plastics—Part 1; Immersion method, liquid pyknometer method and titration method)

ISO 1183-2 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第2部分:密度梯度柱法(Plastics—Methods for determining the density of non-cellular plastics—Part 2; Density gradient column method)

ISO 2578 塑料 长期热暴露后时间-温度极限的测定(Plastics—Determination of time-temperature limits after prolonged exposure to heat)

ISO 11357-1 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第1部分:通则[Plastics—Differential scanning calorimetry(DSC)—Part 1; General principles]

ISO 11357-2 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第2部分:玻璃化转变温度和转变阶跃高度的测定[Plastics—Differential scanning calorimetry(DSC)—Part 2; Determination of glass transition temperature and glass transition step height]

ISO 11357-3 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第3部分:熔融和结晶温度及热焓的测定[Plastics—Differential scanning calorimetry (DSC)—Part 3; Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization]

ISO 11357-6 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第6部分:氧化诱导时间(等温 OIT)和氧化诱导温度(动态 OIT)的测定[Plastics—Differential scanning calorimetry(DSC)—Part 6; Determination of oxidation induction time(isothermal OIT) and oxidation induction temperature(dynamic OIT)]

ISO 15156-1 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第1部分:选择抗裂材料的一般原则(Petroleum and natural gas industries—Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production—Part 1; General principles for selection of cracking-resistant materials)

ISO 15156-2 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第2部分:抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁(Petroleum and natural gas industries—Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production—Part 2; Cracking-resistant carbon and low-alloy steels, and the use of cast irons)

ISO 15156-3 石油和天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第3部分:抗开裂耐蚀合金和其他合金[Petroleum and natural gas industries—Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production—Part 3; Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys]

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

最终用户 end user

油气田运营公司。

3.1.2

流体 fluid

液体和/或气体。

3.1.3

密封圈 gasket

在接头部位以压缩方式起密封作用的组件。

3.1.4

衬里 liner

隔离介质接触管子、管道或设备表面的热塑性塑料。

3.1.5

制造商 manufacturer

热塑性塑料材料或由热塑性塑料生产半成品的生产商。

3.1.6

材料技术规格书 material specification

对热塑性塑料特性或试验要求进行描述的文件。

3.1.7

运行温度 operating temperature

组件能够正常运行时的温度。

3.1.8

最高运行温度 maximum operating temperature

热塑性塑料组件所能承受的最高使用温度,包括从正常运行时的温度偏移,如启动/关机。

3.1.9

最低运行温度 minimum operating temperature

热塑性塑料组件所能承受的最低使用温度,包括从正常操作时的温度偏移,如启动/关机。

3.1.10

管线 pipeline

具有相同设计条件的装置(包括管子、清管器、阀、组件和设备)组成的输送系统,通常用于在油气井和设备之间、设备与处理厂之间、处理厂与储存设施之间传输流体。

注:改编自 ISO 13623:2000 定义 3.12 和 ISO 14692-1:2002 定义 2.2.93。

3.1.11

管道 piping

具有相同设计条件输送液体和气体的管子或由管子组成的管道系统。

注1:如果输送具有同样性质的物质和作为一个整体设计为相同的许用压力,管道系统可以被视为一个单一的系统。

注2:不同的组件如泵,机器,容器等会引起中断,不排除不同组件接入组成一个单一的管道系统。

3.1.12

密封件 seal

设计用于分离不同环境的可变形聚合物组件。

3.1.13

溶胀 swelling

由于吸收流体而导致材料体积增加现象。

3.1.14

热塑性塑料 thermoplastics

具有在一定温度范围内可反复通过加热而软化并通过冷却而硬化的特性,在软化状态下,可通过注塑、挤压反复成形的一种塑料。

注:来源于 ISO 15750-3:2002。

3.1.15

垫圈 washer

中部有孔的平板组件,常位于螺栓头部与螺母之间,一般为标准件。

3.1.16

相容性 compatibility

油气田产出或注入介质与热塑性塑料发生物理或化学反应而引起材料性能退化的程度,也包含阳光与材料相互作用而引起的性能退化,但是,本部分不涉及电离辐射所引起的材料性能退化。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DSC 差示扫描量热法(Differential scanning calorimetry)

ECTFE 乙烯-三氟氯乙烯共聚物(Polyethylene-chlorotrifluoroethylene)

ETFE 乙烯-四氟乙烯共聚物(Polyethylene-tetrafluoroethylene)

HDPE 高密度聚乙烯(High density polyethylene)

LDPE 低密度聚乙烯(Low density polyethylene)

MDPE 中密度聚乙烯(Medium density polyethylene)

PA 聚酰胺(俗称尼龙)(Polyamide)

PAI 聚酰胺酰亚胺(Polyamide-imides)

PCTFE 聚氯三氟乙烯(Polychlorotrifluoro-ethylene)

PE 聚乙烯(Polyethylene)

PEI 聚醚酰亚胺(Polyether-imides)

PEEK 聚醚醚酮(Polyether-etherketones)

PEX 交联聚乙烯(Cross-linked polyethylene)

POM 聚甲醛树脂(Polyoximethylene)

PP 聚丙烯(Polypropylene)

PP-B 嵌段共聚聚丙烯(Polypropylene heterophasic copolymers)

PP-H 均聚聚丙烯(Polypropylene homopolymers)

PP-R 无规共聚聚丙烯(Polypropylene random copolymers)

PPS 聚苯硫醚(Polyphenylene sulfide)

PTFE 聚四氟乙烯(Polytetrafluoro-ethylene)

PVDF 聚偏氟乙烯(Polyvinylidene fluoride)

QC 质量控制(Quality control)

4 性能要求

4.1 一般要求

材料的选择应基于服役环境下相容性评价、服役期内和设计寿命内性能要求。以下应被视为适当的要求和材料选择时的评价应用程序:

- 最高和最低运行温度之间具有满足使用要求的物理和机械性能(硬度、拉伸强度、断裂伸长率和弹性模量等);
- 抗高压挤压或最高运行温度下的耐蠕变性能;
- 最高运行温度下的抗快速减压性能;
- 抗热循环和抗动态位移性能;
- 低温韧性,依据 ISO 974 和 ISO 178 进行;
- 长期行为;
- 气体渗透性能;

h) 服役环境下化学相容性。

若作为承力构件使用,应特别注意蠕变和循环力学载荷对材料的作用。常用的热塑性塑料的典型耐化学相容性性能参见附录 A。

4.2 管线、管道和衬里

4.2.1 一般要求

石油和天然气生产领域被用于制造管线、管道或衬里的热塑性塑料,包括聚乙烯(PE),聚丙烯(PP),聚偏氟乙烯(PVDF)和聚酰胺(PA)。采用其他类型热塑性塑料也可参照本部分执行。

4.2.2 聚乙烯(PE)

PE 是一种半结晶的热塑性聚合物。以下类型的 PE 应用在油气生产领域:

- 低密度聚乙烯(LDPE);
- 中密度聚乙烯(MDPE);
- 高密度聚乙烯(HDPE);
- 交联聚乙烯(PEX)。

PEX 包括过氧化物型(PEXa)、硅烷型(PEXb)和辐照型(PEXc)。

提高 PE 的密度会提高使用温度和增强化学介质相容性,交联也能提高 PE 材料的整体性能。

注: 化学品如甲醇和芳香族碳氢化合物可从 PE 材料中抽提出添加剂并加速材料老化,用户需要联系制造商了解 PE 材料的耐化学品相容性。

PE 长期最高使用温度与维卡软化温度有关。表 1 给出了不同类型 PE 的主要性能。

PE 的最低使用温度宜不低于-40 ℃,最低使用温度与材料的低温脆性有关,通常采用低温冲击试验表征,如表 1 所述。

PE 通常适用于水环境。由于渗透(特别是脂肪族碳氢化合物)和溶胀(机械性能下降和尺寸稳定性的损失)作用,PE 在含有脂肪族和芳香族碳氢化合物的环境中的应用宜受到限制。通过交联(采用 PEXa、PEXb 或 PEXc)可提高 PE 在碳氢化合物中介质相容性。材料交联度可依据 EN 579 或 GB/T 18474 进行。

除非添加有效的稳定剂,紫外光会降解 PE 材料。

若接触到表面活性剂,如洗涤剂、乳化剂、破乳剂或缓蚀剂,PE 可能会发生环境应力开裂。环境应力开裂评价试验可按照 ISO 16770、ASTM D1693 或 ISO 22088 进行,测试方法的选择宜由制造商和最终用户协商确定。

若改性 PE 通过本部分第 7 章相容性评价试验,并满足第 6 章、第 7 章相关要求,经与最终用户协商,最高运行温度可根据评价试验结果确定。

表 1 PE/PEX 主要性能

性能		密度 g/cm ³	熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ^d ℃	脆化温度 ℃	-30 ℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
标准		ISO 1183-2	ISO 11357-3	ISO 306 A 法	—	ISO 974	ISO 179-1
类型	LDPE	0.910~0.925, >0.932 ^a	90~120	80~105	40	<-50	不断裂
	MDPE	0.926~0.940	125~130	110~120	50	<-60	不断裂

表 1 (续)

性能		密度 g/cm ³	熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ^d ℃	脆化温度 ℃	−30℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
类型	HDPE	≥0.941	130~135	125~130	60	<−60	不断裂
	PEX	^b	^b	^b	^c	<−60	不断裂
注：表 A.1 给出了 PE 在油气田生产环境下更详细使用条件。							
^a LDPE 共聚物的密度。							
^b 类似于 LDPE、MDPE 和 HDPE，取决于交联技术。							
^c 一般高于 LDPE、MDPE 和 HDPE，取决于交联技术。							
^d 基于常规使用环境下的长期服役寿命。							

4.2.3 聚丙烯(PP)

PP 是一种半结晶的热塑性聚合物。以下类型的 PP 应用于石油和天然气生产领域：

- 均聚聚丙烯(PP-H)；
- 无规共聚聚丙烯(PP-R)；
- 嵌段共聚聚丙烯(PP-B)；
- 聚丙烯-弹性体(共聚单体含量很高的嵌段共聚 PP)。

表 2 给出了四种类型 PP 的主要性能。PP 的化学介质相容性类似于 PE。

注：甲醇和芳香族碳氢化合物或类似化学品可从 PP 中抽提出添加剂从而加速材料老化，用户需要联系制造商了解 PP 材料的耐化学品相容性。

PP 允许的长期使用最高温度与维卡软化温度有关。

PP 的低温使用温度限制在−30℃至 0℃之间，而且与材料类型有关，如表 2 所述。

PP 通常适用于水环境。由于渗透(特别是脂肪族碳氢化合物)和溶胀(机械性能下降和尺寸稳定性的损失)作用，PP 在含有脂肪族和芳香族碳氢化合物的环境中的应用宜受到限制。除非添加有效的稳定剂，紫外光会降解 PP 材料。

与 PE 相比较，PP 在接触表面活性剂(例如：洗涤剂，乳化剂，破乳剂和缓蚀剂)时对环境开裂不敏感。环境应力开裂评价试验可按照 ISO 16770、ASTM D1693 或 ISO 22088 进行，测试方法的选择宜由制造商和最终用户协商确定。

表 2 PP 主要性能

性能		熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ^a ℃	脆化温度 ℃	−30℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
标准		ISO 11357-3	ISO 306 A 法	—	ISO 974	ISO 179-1
类型	PP-H	162	150	80	0	20~30
	PP-R	130~150	90~130	80	−20	30~40
	PP-B	160	110~135	80	−30	60~120
	PP 弹性体	130~150	50~90	60	−50	不断裂
注：表 A.2 给出了 PP 在油气田生产环境下更详细使用条件。						
^a 基于常规使用环境下的长期服役寿命。						

4.2.4 聚偏氟乙烯(PVDF)

PVDF 最高运行温度为 130 ℃。

在低于最高运行温度条件下, PVDF 耐水解, 与脂肪族和芳香族碳氢化合物具有较好的化学相容性。碱性环境(高 pH 值, 包括胺)能引起 PVDF 的降解。PVDF 对表面裂缝敏感, 在热诱导应力作用下表面裂纹会生长。若材料会接触到表面活性剂(例如洗涤剂、乳化剂、破乳剂或缓蚀剂), 应进行环境应力试验, 试验宜按 ISO 22088 进行。

表 3 给出了 PVDF 的主要性能。

表 3 PVDF 主要性能

性能	密度 g/cm ³	熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ℃	脆化温度 ℃	—30 ℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
标准	ISO 1183-2	ISO 11357-3	ISO 306 B50 法	—	ISO 974	ISO 179-1
PVDF	1.75~1.78	170~180	140~145	130	—60	不断裂

4.2.5 聚酰胺(PA)

作为最常见的 PA 热塑性塑料 PA11 应用于石油和天然气工业已超过 30 年。其他类型的 PA 也可应用于石油和天然气工业领域, 如 PA12 和 PA612。

PA11 应用于柔性复合管的老化性能可参考 API TR 17TR2, PA12 应用于柔性复合管的技术要求可参考 API Spec 17J 和 ISO 13628-2, PA612 的基本理化性能参见附录 B。

表 4 列出了三种类型的 PA 的主要性能。

PA11、PA12 和 PA612 在含水系统中最高使用温度一般应不超过 70 ℃, 若高于 70 ℃, PA 会发生水解。即使与低浓度无机酸和低分子量有机酸长期接触, PA 的性能也会受损。同样的, PA 应避免长时间接触下列介质:

- 低分子量的醇、醛和酮(特别是甲醇、甲醛和丙酮);
- 苯酚、甲酚、苯胺、吡啶类、卤代烃类(如氯乙烯);
- 醋酸(乙酸丁酯、乙酸戊酯);
- 氧化剂(如稀铬酸、次氯酸盐、过氧化氢和高锰酸钾溶液);
- 硝基化合物和某些无机盐的水溶液(如碳酸钾或碳酸钠、亚硝酸钠、硫酸铵)。

PA 11 和 PA 12 与脂肪族碳氢化合物接触时最高使用温度为 120 ℃, 低分子量芳烃(如苯、甲苯、二甲苯)在高于 60 ℃条件下会对 PA 11 和 PA 12 造成性能损伤。

对管道衬里而言, 聚合物中增塑剂的浸出是一个重要问题。对一些功能性化学品(洗涤剂、表面活性剂、乳化剂、破乳剂和缓蚀剂)的敏感性进行适当的测试是必要的。

表 4 PA 主要性能

性能		密度 g/cm ³	熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ℃	脆化温度 ℃	−30 ℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
标准		ISO 1183-2	ISO 11357-3	ISO 306 B50 法	—	ISO 974	ISO 179-1
材质 类型	PA11	1.03~1.04	183	160	70 ^{a,c} 120 ^{b,c}	−40	不断裂

表 4 (续)

性能		密度 g/cm ³	熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ℃	脆化温度 ℃	−30℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
材质 类型	PA12	1.01~1.03	171~178	129~140	70 ^{a,c} 120 ^{b,c}	−40	不断裂
	PA612	1.03~1.08	200~220	150~160	70 ^a	−50~−60	不断裂
注 1: 最高运行温度与应用相关。 注 2: 表 A.3 给出了油气田生产环境下更详细使用条件。							
^a 含水环境下。 ^b 无水碳氢化合物系统。 ^c 基于常规使用环境下的 20 年服役寿命。							

4.3 密封件、垫圈和密封圈

4.3.1 一般要求

热塑性塑料通常被作为密封件或作为密封件的支撑物。一些特殊类型的热塑性塑料,如聚苯硫醚(PPS)、聚醚醚酮(PEEK)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚酰胺酰亚胺(PAI)、聚醚酰亚胺(PEI)、聚甲醛树脂(POM)、聚氯三氟乙烯(PCTFE)作为密封件得到应用。通常采用玻璃粉、玻璃纤维或碳纤维增强上述材料的力学性能。表 5 给出了未增强的聚合物的材料特性。

4.3.2 聚苯硫醚(PPS)

在 200℃以下,PPS 对水和烃类介质具有良好的化学相容性,包括酸性环境和功能性化学品(例如洗涤剂、表面活性剂、破乳剂、乳化剂和缓蚀剂)。至今未观察到 PPS 发生应力腐蚀开裂。

表 5 部分未增强的热塑性塑料的主要性能

性能		熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ℃	脆化温度 ℃	−30℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
标准		ISO 11357-3	ISO 306 B50 法	—	ISO 974	ISO 179-1
材质 类型	PPS	280	220	200	−50	不断裂
	PEEK	335	259	250	−65	不断裂
	PTFE	325	300	260	−200	不断裂
	PAI	275	260	200	−65	不断裂
	PEI	220	220	170	−60	不断裂
	POM	165~175	115	80	−50	不断裂
	PCTFE	210	160	130	−40	不断裂
注 1: 服役温度主要取决于服役应力或压力与密封面清洁状态。 注 2: PAI 浸泡在高于 70℃含水流体环境下易于发生水解,对 PA11 和 PA12 性能造成损害的化学物质也会对 PAI 造成损伤,PAI 长期浸泡于含水环境中最高运行温度为 70℃。						

4.3.3 聚醚醚酮(PEEK)

未增强的 PEEK 的最高允许使用温度为 250 ℃。

在最高使用温度以下, PEEK 一般对石油和天然气介质具有耐受性。然而, 在存在胺、硫元素、高硫化氢分压和高于 200 ℃ 的条件下, 硫化氢会对 PEEK 造成伤害。PEEK 对卤化烃具有有限的化学相容性。至今未观察到 PEEK 发生应力腐蚀开裂。PEEK 的机械性能对材料加工过程中的热处理较为敏感, 特别是残余热应力对较厚工件的影响较为明显。

4.3.4 聚四氟乙烯(PTFE)

PTFE 的最高允许使用温度是 260 ℃。由于蠕变, 高于 260 ℃ 时材料的力学性能很差。至今未观察到 PTFE 发生应力腐蚀开裂。

在 260 ℃ 以下, 没有关于 PTFE 受到油气生产环境包括功能性化学品(洗涤剂、表面活性剂、乳化剂、破乳剂和缓蚀剂)侵蚀的报告。

注: 氧气在 PTFE 中具有很高的渗透性。当管道直接与空气接触时, 氧气不可能直接排出。

4.3.5 聚酰胺酰亚胺(PAI)

未增强的 PAI 最高允许使用温度为 200 ℃。

PAI 几乎不受脂肪族、芳香族碳氢化合物、氯化物和氟化的烃类以及中等温度下大多数酸的侵蚀。饱和蒸汽、强碱和胺(如乙烯二胺、吡啶)和高温条件下一些酸会对 PAI 造成损伤。浓甲酸会对 PAI 造成轻微损伤。浓氢氟酸会对 PAI 造成较为明显的损伤。对 PAI 进行恰当的后固化处理对获得理想的化学相容性是非常必要的。

4.3.6 聚醚酰亚胺(PEI)

未增强的 PEI 最高允许使用温度为 170 ℃。

PEI 在高温下具有高的强度和刚度、长期耐热性、尺寸稳定性、良好的电气性能和阻燃性。PEI 对烃、醇和卤代溶剂具有化学相容性。PEI 具有良好的抗蠕变性能, 甚至允许 PEI 在许多结构件中替代金属。

PEI 在不同温度、湿度和频率条件下具有稳定的电气特性。PEI 耐脂肪族烃、热水、强有机酸、弱无机酸和弱碱; 然而, 芳香烃、燃料油、强碱、强无机氧化性酸、氯代烃、醇、酮(如丙酮)以及低分子量的酯类(如乙酸乙酯)会对 PEI 造成损伤。

4.3.7 聚甲醛树脂(POM)

未增强的 POM 聚合物最高允许使用温度为 80 ℃。

POM 对脂肪族和芳香族碳氢化合物具有良好的化学相容性, POM 在强酸、弱酸和碱中易发生水解, 对低分子量醇只有一定的化学相容性。

4.3.8 聚氯三氟乙烯(PCTFE)

未增强的 PCTFE 最高允许使用温度为 130 ℃, PCTFE 最低允许使用温度 -240 ℃。温度从 23 ℃ 下降到 -240 ℃, PCTFE 体积收缩率仅为 0.01%。

PCTFE 在物理性能、机械性能、化学相容性、零吸湿性、阻燃性和电气等方面具有良好的综合性能。PCTFE 通常应用于阀门的阀座、阀杆和密封件, 并作为垫片应用于轴承、压缩机、泵和低温环境。PCTFE 的化学相容性与 PTFE 相当, 虽然一些氯化碳氢化合物可引起前者溶胀。

4.4 封装、电绝缘和注入管线

4.4.1 一般要求

用于封装材料、电线电缆的电气绝缘和注入或控制管线的聚合物材料主要包括 PP、PA11、PA12、PVDF、PTFE、PCTFE、ECTFE 以及 ETFE。表 2、表 3、表 4 和表 5 给出了 PP、PA11、PA12、PVDF、PTFE 和 PCTFE 的主要性能。表 6 给出了未增强的 ECTFE 和 ETFE 聚合物的主要性能。

表 6 未增强的 ECTFE 以及 ETFE 聚合物的主要性能

性能		熔点(DSC) ℃	维卡软化温度 ℃	最高运行温度 ℃	脆化温度 ℃	—30 ℃简支梁冲击强度 kJ/m ²
标准		ISO 11357-3	ISO 306 B50 法	—	ISO 974	ISO 179-1
材质 类型	ECTFE	240	170	160	—75	不断裂
	ETFE	255~280	180	150	—80	不断裂

4.4.2 聚三氟氯乙烯(ECTFE)

在含水系统中,ECTFE 最高使用温度为 100 ℃。

在温度高于 100 ℃条件下,强碱性介质(如胺)会对 ECTFE 造成损伤,推荐采用 GB/T 11547 对材料进行适应性评价。

在不含水介质中,ECTFE 最高使用温度约是 160 ℃。在上述使用限制条件下,未见关于 ECTFE 应力腐蚀开裂的报道。

4.4.3 乙烯-四氟乙烯共聚物(ETFE)

ETFE 最高使用温度约为 150 ℃。最低使用温度约是—100 ℃。

ETFE 对许多强无机酸、无机碱、卤化物和金属盐溶液呈惰性。羧酸、酸酐、芳香族和脂肪族烃、醇、醛、酮、醚、酯、氯代烃和主要的聚合物溶剂对 ETFE 几乎没有影响。高应力条件下,一些低表面张力溶剂会造成低分子量 ETFE 产品的耐应力开裂性能降低。高浓度或接近沸点的强氧化性酸(如硝酸)、有机碱(如胺)和硫酸会不同程度地影响 ETFE 的稳定性。

5 技术信息要求

依据本部分使用的所有材料应按照材料技术规格书或工业标准采购。材料技术规格书应当包括可测量的物理、机械和化学特性。

制造商的所有材料供应商应有书面的质量保证体系。

下述最低要求适用于所有应用范围,以下各项应形成 QC 文件:

- a) 比重,按照 ISO 1183-1;
- b) 硬度(或邵氏 D 硬度),按照 ISO 868,也可参照 ASTM D2240;
- c) 拉伸性能和伸长率,按照 ISO 527-1、ISO 527-2 和 ISO 527-3,也可参照 ASTM D638。

下述各项可作为材料性能评价项目,在材料采购时有关各方宜就材料技术规格书和 QC 参数达成一致。试验结果应记录在材料测试证书中。试验测试项目和相关标准如下:

- 比重,按照 ISO 1183-1;
- 硬度(邵氏 D 硬度适用密封件),按照 ISO 868,也可参照 ASTM D2240;

- 拉伸性能和伸长率,按照 ISO 527-1、ISO 527-2 和 ISO 527-3,也可参照 ASTM D638;
- 冲击强度,按照 ISO 179-1;
- 膨胀系数;
- 最高运行温度下在持续拉伸或压缩荷载下抗蠕变性能,按照 ISO 899-1 和 ISO 899-2,也可参照 ASTM D2990;
- 熔点,按照 ISO 11357-3;
- 玻璃化转变温度,依据 ISO 11357-2;
- 维卡软化点,按照 ISO 306;
- 气体渗透性能;
- 老化特性;
- 在石油和天然气生产相关的介质中的相容性;
- 在石油和天然气生产相关的介质中耐应力开裂性能。

6 制造要求

6.1 一般要求

制造商的质量保证体系应与本部分的要求相符合。

注: ISO 9001 给出了质量体系选用指南,ISO 14001 是关于环境管理体系选用指南。ISO/TS 29001 给出了石油、石化和天然气工业领域质量管理体系选用指南。

制造商应负责遵守本部分的所有适用的要求。制造商应允许购方进行必要的调查以确保制造商的合规性,并拒绝任何不符合的材料。

本部分规定了应进行试验检测的最低要求,试验的目的是验证材料与本部分规定的试验流体(附录 A)和预期的应用工况环境的相容性和适用性。评价测试应适用于所有热塑性塑料,只要满足 6.4 的要求,评价试验结果应有效。同一生产厂家供应相同的材料,应提供每一批材料 QC 证书。

6.2 原材料制造商

试验测试应采用标准试验试样,试样应具有明确的化合物配方和尽可能地与正常的产品生产工艺相一致。原材料制造商应能提供生产标准测试样品过程的详细信息。

6.3 组件制造者

组件制造商应保证材料符合本部分要求。如果原材料已由原材料制造商检验合格,而且后续没有进行调整或改变组分,可认为原材料已检验合格。如果原材料被调整或修改配方,原材料应进行检验。对作为管道衬里的挤出产品,应认为其具有不同的轴向和周向特性,建议进行两个方向的性能测试。

6.4 评定有效性

每一个具体的聚合物材料都应进行评定。对产品组成或生产工艺路线的任何变更都应重新进行评定。这项规定也适用于原材料或特定的原材料或零部件供应商的变化。

如果生产在不同的工厂或地点进行,每个工厂的产品需要单独评定。

7 热塑性塑料的评价

7.1 一般要求

在石油和天然气环境中应用的热塑性材料进行评价的技术要求依据附录 C。材料的化学介质相容

性评价应基于服役环境对设备部件的使用要求和材料特点进行,若可能,宜使用附录 C 中给出的标准测试溶液。如果进行适应性评价,评价应对聚合物可能接触的所有流体进行评价,包括高压侧和低压侧所接触的不同介质环境。

如果热塑性塑料具有良好的现场服役经历和 QC 记录文件,则不需要进行合格性评价试验。这些文件应包含材料服役状态的详细信息,如时间、温度、压力、流体组成、化学添加剂和流动状态等。油田运营公司提供的材料成功应用的文件应至少满足以下要求:材料在服役过程中未发生泄漏和失效,预期使用温度与材料现场服役温度处于相同的范围之内(最多相差 10℃),服役经历应至少达到 50%设计寿命。

7.2 化学相容性试验要求

7.2.1 一般要求

本部分规定了热塑性塑料浸泡于高压高温流体中的相容性评价试验程序。

如果对待评价的热塑性塑料在特定流体中的相容性没有基本认识,则应进行预检验试验。试验应持续足够长的时间,以使流体在试样中充分渗透并达到饱和状态。

若采用加速试验,并将结果用于通过外推方法获得材料的使用寿命,供应商应限制试验测试温度,以确保加速试验中发生的化学和/或物理过程与材料在现场服役过程相一致。

应采用统计技术对相容性试验数据进行外推获得材料的使用寿命。若材料老化降解是依赖于单一的化学老化过程,则可使用 ASTM D3032 规定的一种基于阿伦尼乌斯方程/方法进行数据拟合。

当分析材料老化试验数据时,阿伦尼乌斯方程/方法并不总是适用的。当这种线性关系不适用时,可采用曲线拟合技术替代并对结果有效性进行验证。

附录 C 给出了相容性试验所使用介质、条件、设备、程序和测试报告。除了采用本部分规定的试验介质外,对材料在特定应用环境介质中进行适用性评价试验也是必要的,如钻井液、除垢剂、水合物抑制剂、蜡或沥青抑制剂、井下措施液和缓蚀剂等。然而,适用性测试不在本部分范围之内。

7.2.2 相容性技术指标判据

相容性试验应依据附录 C 进行,表 7 中给出了基于应用经验的热塑性塑料相容性技术指标判据。

材料浸泡后,目测检查试样表面应无溶解倾向、无开裂、无起泡或物理变形。若作为电气绝缘材料,浸泡后的测试绝缘电阻应不低于 100 GΩ。

表 7 相容性试验一般性合格性技术指标

组件	长度 变化率 ^a %	质量 变化率 %	体积 变化率 %	拉伸断裂强度 变化率 ^b %	延伸率 变化率 %	E-弹性模量 变化率 %	热稳定性 (氧化诱导温度 ^c) ℃
管道衬里	0~+2	±5	-1~+5	±20	±30	±20	0~5
密封垫圈	不适用	不适用	-1~+5	±50	±50	±50	不适用
封装材料,电气 绝缘材料	±5	不适用	-5~+10	±50	±50	±50	0~5
^a 经与最终用户协商,对于管道衬里,可用体积变化率代替长度变化率作为合格性技术指标。 ^b 经与最终用户协商,可用拉伸屈服强度变化率代替拉伸断裂强度变化率。 ^c 依据 ISO 11357-6 采用 DSC 法测量。							

附录 A
(资料性附录)

石油天然气工业中常用热塑性塑料的适用性

表 A.1～表 A.4 给出了石油天然气工业中四类常用热塑性塑料在主要石油天然气生产介质中的适用性。确定材料在服役环境中的适用性是相关各方的责任。

表 A.1 聚乙烯(PE)

介质		温度 ℃	适用性	该环境下状态描述
H ₂ S		0～60	证明可用	0℃～60℃温度范围之间油气集输环境中 H ₂ S 对 PE 没有影响
CO ₂		0～60	证明可用	0℃～60℃温度范围之间油气集输环境中 CO ₂ 对 PE 没有影响
碳氢化合物/脂肪族油		0～60	证明可用 有限条件下使用	PEX 具有更好性能
碳氢化合物/芳香族油		0～20	需要试验验证	只有在特殊的情况下,交联 PE 是可接受的。溶胀和渗透性严重影响着 PE 或 PEX 物理性能
碳氢化合物/环烷基油、 脂环族油		0～20	需要试验验证	类似芳烃,在较高的温度(例如>100℃)下易溶解
盐水、海水		0～60	证明可用	0℃～60℃温度范围之间盐水对 PE 没有影响
酸,碱		0～60	证明可用	无机非氧化性的酸或碱没有影响。甲酸和乙酸在浓度 60% 以下没有影响
表面活性剂(缓蚀剂、乳 化剂、破乳剂)		0～60	需要试验验证	应力腐蚀开裂应考虑和测试,PEX 相对稳定
硫溶剂	胺	0～60	证明可用	PEX 相对稳定
	润滑油、柴油	0～60	需要试验验证	类似于原油条件下
	二硫化物	0～60	需要试验验证	—

表 A.2 聚丙烯(PP)

介质		温度 ℃	适用性	该环境下状态描述
H ₂ S		0～80	证明可用	0℃～110℃温度范围之间油气集输环境中 H ₂ S 对 PP 没有影响
CO ₂		0～80	证明可用	0℃～110℃温度范围之间油气集输环境中 CO ₂ 对 PP 没有影响

表 A.2 (续)

介质		温度 ℃	适用性	该环境下状态描述
碳氢化合物/脂肪族油		0~60	证明可用 有限条件下使用	—
碳氢化合物/芳香族油		0~20	需要试验验证	溶胀和渗透性强烈影响着物理性能
碳氢化合物/环烷基油、 脂环族油		0~20	需要试验验证	类似于芳烃,在较高的温度易溶解
盐水、海水		0~80	证明可用	—
酸,碱		0~80	证明可用	无机非氧化性的酸或碱没有影响。甲酸和乙酸在浓度 60% 以下没有影响
表面活性剂(缓蚀剂、乳 化剂、破乳剂)		0~80	证明可用 有限条件下使用	应力腐蚀开裂必须考虑和测试
硫溶剂	胺	0~70	证明可用	—
	润滑油、柴油	0~70	需要试验验证	类似于原油条件下
	二硫化物	0~60	需要试验验证	—

表 A.3 聚酰胺(PA11、PA12 和 PA612)

介质		温度 ℃	适用性	该环境下状态描述
H ₂ S、CO ₂		0~70	证明可用	0℃~70℃温度范围内,油气集输环境中 H ₂ S 对 PA 没有影响。如果不能排除是否有水存在,不建议使用于更高的温度
碳氢化合物/脂肪族油		0~70	证明可用	—
碳氢化合物/芳香族油		0~70	需要试验验证	—
碳氢化合物/环烷基油、 脂环族油		0~70	需要试验验证	—
盐水、海水		0~70	证明可用	更高温度会发生水解
酸			不推荐使用	酸会引起材料降解
碱			不推荐使用	水解会引起材料降解
表面活性剂(缓蚀剂、乳 化剂、破乳剂)		0~70	需要试验验证	—
硫溶剂	胺		不推荐使用	力学性能会降低
	润滑油、柴油	0~70	证明可用	类似于原油
	二硫化物	0~70	需要试验验证	—

表 A.4 聚偏氟乙烯(PVDF)

介质		温度 ℃	适用性	该环境下状态描述
H ₂ S、CO ₂		0~90	证明可用	0℃~90℃温度范围之间油气集输环境中 H ₂ S 对 PVDF 没有影响
碳氢化合物/脂肪族油		0~130	证明可用	—
碳氢化合物/芳香族油		0~130	证明可用	—
碳氢化合物/环烷基油、 脂环族油		0~130	证明可用	—
盐水、海水		0~130	证明可用	—
酸		0~80	证明可用	—
碱			不推荐使用	—
表面活性剂(缓蚀剂、乳 化剂、破乳剂)		0~60	需要试验验证	带有胺官能团会使 PVDF 降解
硫溶剂	胺		不推荐使用	—
	润滑油、柴油	0~130	证明可用	类似于原油条件下
	二硫化物	0~80	需要试验验证	—

附 录 B
(资料性附录)
PA612 基本理化性能

PA612 的基本理化性能如表 B.1 所示。

表 B.1 PA612 的基本理化性能

项目	依据标准	试验方法	结果
密度	ISO 1183-1 ISO 1183-2	方法 A	1.03 g/cm ³ ~1.08 g/cm ³
熔点	ISO 11357-3	DSC 法	200 ℃~220 ℃
氧化诱导温度	ISO 11357-6	偏移分析法	260 ℃~275 ℃
维卡软化温度	ISO 306	B50 法	150 ℃~160 ℃
脆化温度	ISO 974	B 法	-50 ℃~-60 ℃
-30 ℃ 冲击	ISO 179-1	—	不断裂(无缺口)
拉伸强度	ISO 527-1 ISO 527-2	—	≥30 MPa
伸长率			≥150%
弹性模量			≥500 MPa

附 录 C
(规范性附录)

相容性试验测试介质、条件、装置、步骤和试验报告要求

警告——测试过程中会使用高压、易燃或有毒性流体。如果没有正确的处理措施,这些流体是非常危险的。试验操作人员在开始任何测试工作前应确定并实施适当的安全预防措施。

C.1 测试要求

C.1.1 总则

试验容器在试验温度和试验压力下应对试验环境具有良好耐蚀性,若试验介质中含有 H₂S,试验容器材质的选择要求应依据 ISO 15156-1、ISO 15156-2 和 ISO 15156-3 进行。与本附录引用的国际标准相关的我国标准参见附录 D。

C.1.2 试验介质

应采用材料服役工况下的代表性流体进行相容性试验,而且应考虑接触到材料各个面的流体。本部分推荐三类标准试验介质,分别为:标准含 H₂S 试验介质、标准含 CO₂ 试验介质和标准含缓蚀剂盐水试验介质,组成如表 C.1、表 C.2 和表 C.3 所示。标准含 H₂S 试验介质条件下检验合格的材料被认为满足标准含 CO₂ 试验介质服役条件要求,不需要再次进行表 C.2 条件下检验。当单井 H₂S 含量较高(H₂S>0.6%总气体含量),需要在 H₂S 含量高于表 C.1 所规定的条件下进行单独的评价试验。

C.1.3 试验条件

C.1.3.1 温度

考虑到材料和试验介质组成(见 4.2.2~4.2.5、4.3 和 4.4),应在三个不同的温度下进行试验。温度-时间对应条件应按照 ISO 2578 的规定进行。

表 C.1 标准含 H₂S 试验介质

液相(体积分数) %	气相(体积分数) %	初始含量
—	30	5%CO ₂ ,10%H ₂ S,85%CH ₄ ^a
10	—	去离子水(电导率<5 μS)
60	—	70%庚烷、20%环己烷与 10%甲苯混合液体 ^b
^a 经与最终用户协商,CH ₄ 可用氮气代替。		
^b 经与最终用户协商,70%庚烷、20%环己烷与 10%甲苯混合液体可用 0 号矿物柴油代替。		

表 C.2 标准含 CO₂ 试验介质

液相(体积分数) %	气相(体积分数) %	初始含量(体积分数) %
—	30	5%CO ₂ ,95%CH ₄ ^a

表 C.2 (续)

液相(体积分数) %	气相(体积分数) %	初始含量(体积分数) %
10	—	去离子水(电导率 $<5\ \mu\text{S}$)
60	—	70%庚烷、20%环己烷与 10%甲苯混合液体 ^b
^a 经与最终用户协商,CH ₄ 可用氮气代替。 ^b 经与最终用户协商,70%庚烷、20%环己烷与 10%甲苯混合液体可用 0 号矿物柴油代替。		

表 C.3 标准含缓蚀剂盐水试验介质

液相(体积分数) %	气相(体积分数) %	初始含量
—	30	N ₂
70	—	盐水(3%NaCl,含 0.5%水溶性或水分散型胺基型缓蚀剂,如十六烷基三甲基溴化铵或十六烷基三甲基氯化铵)

C.1.3.2 压力

混合气体的初始压力为 10.0 MPa±1.0 MPa,气相应 在介质被加热到所设定的试验温度之前的室温条件下加入。试验过程中应检测压力随时间变化情况,并在测试报告中描述。

C.1.3.3 浸泡时间

材料在介质中的浸泡时间应足够长,以便于建立材料性能清晰的变化趋势,典型试验时间为 3 个月。

C.1.3.4 试样

试样所用样品应与成品组件具有相同的产品质量,并应从同一制造商,而且最好是由相同的制造工艺获得。在可能的情况下,为便于对试样进行拉伸和弹性模量测量,试样的形式和规格应采用 ISO 527-1 和 ISO 527-2 所规定哑铃型试样。

C.2 试验设备

C.2.1 试验容器

试验容器应具有压力和温度控制功能,容器金属材料应对测试流体具有良好耐蚀性。试验流体的体积[单位为立方厘米(cm³)]与样品表面积[单位为平方厘米(cm²)]之比应大于 25 : 1。样品各侧面应浸泡于试验流体中。试验开始前应采用惰性气体(如净化的氮气或氩气)去除容器中空气,这一环节对含 H₂S 环境下的试验尤为重要。

C.2.2 浸泡

材料应在液相中浸泡。若试验介质为两相流体,应对流体进行搅拌。如果试验液体未进行搅拌,可

采用每种液体分别进行两个独立的试验,并依据表 C.1 和表 C.2 规定保持气体与液体的体积比。

C.3 试验程序

C.3.1 一般要求

以下规定了用于石油和天然气领域的热塑性材料的合格评定的试验程序。程序规定了各种物理量的变化的测试方法。

C.3.1.1 测量

浸泡试验之前应进行 C.3.2 规定的测试内容,浸泡试验后应进行 C.3.4~C.3.6 规定的测试内容。试样用棉布或滤纸擦干后,应在室温下进行材料性能参数测量。浸泡试验结束后试样性能参数的测量宜在不超过 4 h 内完成,若不能在 4 h 内完成测量,试样应保存在与浸泡试验相同的液相介质(常压常温)中。

C.3.1.2 可重复性

为了保证试验结果的可重复性,应采用五个平行试样进行相同的测试。

C.3.2 浸泡试验前测试项目

C.3.2.1 试样尺寸和质量

采用游标卡尺测量每个试样的尺寸,精确到 0.05 mm。用天平测量每个试样的质量,精确到 1 mg。参照 NACE TM0296 采用水置换法测量试样浸泡前在空气中质量 m_1 和在去离子水(或无水乙醇)中质量 m_3 。

C.3.2.2 拉伸性能

依据 ISO 527-1 和 ISO 527-2 规定测量试样拉伸性能,包括材料的拉伸断裂强度、延伸率和弹性模量,应使用 5 个平行试样进行测试,报告每个试样测试结果以及 5 个试样平均值。经与最终用户协商,拉伸断裂强度可用拉伸屈服强度代替。

C.3.2.3 热稳定性

应依据 ISO 11357-1、ISO 11357-2、ISO 11357-3 和 ISO 11357-6 规定用 DSC 法测量材料热稳定性,测量项目可包括:玻璃化转变温度,熔融和结晶温度及热焓、比热容、特征活化曲线温度和时间、氧化诱导时间(等温 OIT)或氧化诱导温度(动态 OIT)。可依据 ISO 306 测量材料维卡软化温度。测量应报告单个值和平均值。

C.3.3 主要试验步骤

主要试验步骤如下:

- a) 清洁浸泡试验容器;
- b) 在容器中安装测试样品,同一容器中只能安装同一类型材料,样品之间不应相互接触;
- c) 向容器中注入测试溶液;
- d) 向容器溶液中鼓入惰性气体(氮气或氩气)以除去氧气,鼓入气体时间不少于 3 h,最后保持一个 0.05 MPa 正向压力;
- e) 向容器中注入试验气体到指定压力(10.0 MPa±1.0 MPa,室温);
- f) 加热容器到指定的温度;

- g) 等温度和压力稳定,记录最终的试验温度和压力,保持温度(规定温度 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 5.0\%$ 以内)和压力($\pm 0.1\text{ MPa}$)到测试所需的时间;
- h) 冷却容器到环境温度;
- i) 以 0.5 MPa/min 或更低速率对容器进行减压,直到容器内压力降低到大气压力;
- j) 如果试验容器内含有有毒气体 H_2S ,应用惰性气体(氮气或氩气)进行不小于 3 h 置换操作后才可打开高压釜,置换出的气体应采用碱性溶液吸收处理;
- k) 取出试样;
- l) 进行 C.3.4 规定的试验过程。

C.3.4 浸泡试验后测试项目

C.3.4.1 目视检查物理损伤

浸泡试验结束后目测检查试样外部是否有损伤,外部损伤包括但不限于以下形式:裂纹、分层、溶胀、鼓泡等,必要时可进行切割以检查试样内部结构变化情况。应报告损伤的位置及其数量。

C.3.4.2 试样尺寸和质量

浸泡试验结束后采用游标卡尺测量每个试样的尺寸,精确到 0.05 mm 。用天平测量每个试样的质量,精确到 1 mg 。

采用式(C.1)计算每个试样浸泡前后长度变化率:

$$\eta_L = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{C.1})$$

采用式(C.2)计算每个试样浸泡前后质量变化率:

$$\eta_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{C.2})$$

采用式(C.3)计算每个试样浸泡前后体积变化率:

$$\eta_V = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{C.3})$$

式中:

η_L ——试样浸泡前后长度变化率, %;

η_m ——试样浸泡前后质量变化率, %;

η_V ——试样浸泡前后体积变化率, %;

L_1 ——试样浸泡前长度,单位为毫米(mm);

L_2 ——试样浸泡后长度,单位为毫米(mm);

m_1 ——试样浸泡前在空气中质量,单位为毫克(mg);

m_2 ——试样浸泡后在空气中质量,单位为毫克(mg);

m_3 ——试样浸泡前在去离子水(或无水乙醇)中质量,单位为毫克(mg);

m_4 ——试样浸泡后在去离子水(或无水乙醇)中质量,单位为毫克(mg);

V_1 ——试样浸泡前体积,单位为立方毫米(mm^3);

V_2 ——试样浸泡后体积,单位为立方毫米(mm^3)。

由于直接测试试样体积存在一定困难,参考标准 NACE TM0296 采用置换法测量试样浸泡前在空气中质量 m_1 、在去离子水(或无水乙醇)中质量 m_3 ,浸泡后在空气中质量 m_2 ,在去离子水(或无水乙醇)中质量 m_4 ,采用式(C.4)计算每个试样浸泡前后体积变化率:

$$\eta_V = \frac{(m_2 - m_4) - (m_1 - m_3)}{(m_1 - m_3)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{C.4})$$

试验报告中应列出每个试样浸泡前后长度变化率 η_L 、体积变化率 η_V 和质量变化率 η_m 以及上述变

化率平行试样的平均值。

C.3.4.3 拉伸性能

在浸泡试验结束后,依据 ISO 527-1 规定测量试样拉伸性能,包括材料的断裂拉伸强度、延伸率和弹性模量,应使用 5 个平行试样进行测试,报告每个试样测试结果以及 5 个试样平均值。与浸泡试验前的测量值进行比较,计算变化率。经与最终用户协商,拉伸断裂强度可用拉伸屈服强度代替。

C.3.4.4 热稳定性

在浸泡试验结束后,可依据 ISO 11357-1、ISO 11357-2 和 ISO 11357-6 采用 DSC 法测量材料热稳定性,测量项目可包括:玻璃化转变温度、氧化诱导时间或氧化诱导温度。可依据 ISO 306 测量材料维卡软化温度。

C.4 报告

C.4.1 试样

试验结果中应报告有关试样至少以下内容:材料制造商名称、聚合物类型(或牌号)、材料批号、制造日期以及试样规格尺寸。

C.4.2 试验条件

试验结果中应报告试验条件:

- a) 试验介质类型以及详细化学组成;
- b) 试验气体以及气体含量(或分压);
- c) 试验温度(°C)与温度变化情况;
- d) 试验压力(MPa)和压力变化情况;
- e) 试样在高压介质中浸泡时间(h);
- f) 试验起始和结束日期。

C.4.3 试验前测量参数

试验结果中应报告浸泡试验前以下测试内容:

- a) 每个试样几何尺寸(精确到 0.05 mm);
- b) 每个试样在空气中质量和在去离子水(或无水乙醇)中质量(精确到 1 mg);
- c) 拉伸强度(或屈服强度)与延伸率;
- d) 弹性模量;
- e) 材料热稳定性数据。

C.4.4 浸泡试验后测量参数

除材料热稳定性数据为可选项外,试验结果中应报告浸泡试验后以下测试内容:

- a) 每个试样外观目测检测情况,是否有溶解、裂纹或物理变形等情况;
- b) 每个试样几何尺寸(精确到 0.05 mm),并计算浸泡前后试样长度变化率;
- c) 每个试样在空气中质量和在去离子水(或无水乙醇)中质量(精确到 1 mg),并计算浸泡前后质量变化率和体积变化率;
- d) 每个试样的拉伸强度(或屈服强度)与延伸率,并计算浸泡前后变化率;
- e) 每个试样的弹性模量,并计算浸泡前后变化率;
- f) 材料热稳定性数据。

附录 D

(资料性附录)

与国际文件有一致性对应关系的我国文件

GB/T 9341—2008 塑料 弯曲性能的测定(ISO 178:2001,IDT)

GB/T 1043.1—2008 塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分:非仪器化冲击试验(ISO 179-1:2000,IDT)

GB/T 1633—2000 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定(IDT ISO 306:1994,IDT)

GB/T 1040.1—2006 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则(ISO 527-1:1993,IDT)

GB/T 1040.2—2006 塑料 拉伸性能的测定 第2部分:模塑和挤塑塑料的试验条件(ISO 527-2:1993,IDT)

GB/T 1040.3—2006 塑料 拉伸性能的测定 第3部分:薄膜和薄片的试验条件(ISO 527-3:1995,IDT)

GB/T 2411—2008 塑料和硬质橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)(ISO 868:2003,IDT)

GB/T 11546.1—2008 塑料 蠕变性能的测定 第1部分:拉伸蠕变(ISO 899-1:2003,IDT)

GB/T 5470—2008 塑料 冲击法脆化温度的测定(ISO 974:2000,MOD)

GB/T 1033.1—2008 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(ISO 1183-1:2004,IDT)

GB/T 1033.2—2010 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第2部分:密度梯度柱法(ISO 1183-2:2004,MOD)

GB/T 7142—2002 塑料 长期热暴露后时间-温度极限的测定(ISO 2578:1993,IDT)

GB/T 19466.1—2004 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第1部分:通则(ISO 11357-1:1997,IDT)

GB/T 19466.2—2004 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第2部分:玻璃化转变温度的测定(ISO 11357-2:1997,IDT)

GB/T 19466.3—2004 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第3部分:熔融和结晶温度及热焓的测定(ISO 11357-3:1999,IDT)

GB/T 19466.6—2009 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第6部分:氧化诱导时间(等温 OIT)和氧化诱导温度(动态 OIT)的测定(ISO 11357-6:2008,MOD)

GB/T 20972.1—2007 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第1部分:选择抗裂材料的一般原则(ISO 15156-1:2001,IDT)

GB/T 20972.2—2008 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第2部分:抗开裂碳钢、低合金钢和铸铁(ISO 15156-2:2003,MOD)

GB/T 20972.3—2008 石油和天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第3部分:抗开裂耐蚀合金和其他合金(ISO 15156-3:2003,MOD)

参 考 文 献

- [1] GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定
 - [2] GB/T 18474 交联聚乙烯(PE-X)管材与管件交联度的试验方法
 - [3] ISO 9001 Quality management systems—Requirements
 - [4] ISO 13623:2000 Petroleum and natural gas industries—Pipeline transportation systems
 - [5] ISO 13628-2 Petroleum and natural gas industries—Design and operation of subsea production systems—Part 2: Unbonded flexible pipe systems for subsea and marine applications
 - [6] ISO 14001 Environmental management systems—Requirements with guidance for use
 - [7] ISO 14692-1:2002 Petroleum and natural gas industries—Glass-reinforced plastics(GRP) piping—Part 1: Vocabulary, symbols, applications and materials
 - [8] ISO 15750-3:2002 Packaging—Steeldrums—Part 3: Inserted flange-type closure systems
 - [9] ISO 16770 Plastics Determination of environmental stress cracking(ESC) of polyethylene—Full notch creep test(FNCT)
 - [10] ISO 22088 (all parts) Plastics—Determination of resistance to environmental stress cracking(ESC)
 - [11] ISO/TS 29001 Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Sector-specific quality management systems—Requirements for product and service supply organizations
 - [12] API Spec 17J Specification for unbonded flexible pipe
 - [13] API TR 17TR2 The Ageing of PA-11 in Flexible Pipes
 - [14] ASTM D638 Standard test method for tensile properties of plastics
 - [15] ASTM D1693 Standard Test Method for Environmental Stress—Cracking of Ethylene Plastics
 - [16] ASTM D2240 Standard test method for rubber property—Durometer hardness
 - [17] ASTM D2990 Standard test methods for tensile, compressive and flexural creep and creep-rupture of plastics
 - [18] ASTM D3032 Standard Test Methods for Hookup Wire Insulation
 - [19] EN 579 Plastics piping systems—Crosslinked polyethylene(PE-X) pipes—Determination of degree of crosslinking by solvent extraction
 - [20] NACE TM0296 Evaluating elastomeric materials in sour liquid environments
-