



中华人民共和国国家标准

GB/T 15558.1—2023

燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第1部分:总则

Buried polyethylene(PE) piping systems for the
supply of gaseous fuels—Part 1:General

[ISO 4437—1:2014,Plastics piping systems for the supply of
gaseous fuels—Polyethylene(PE)—Part 1:General,MOD]

2023-11-27 发布

2024-06-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号和缩略语	2
4 材料	5
5 试验方法	8
6 检验报告要求	11
附录 A (资料性) 本文件与 ISO 4437-1:2014 结构编号对照一览表	12
附录 B (资料性) 本文件与 ISO 4437-1:2014 技术差异及其原因	13
附录 C (资料性) 最大工作压力与工作温度及 RCP 临界压力的关系	16
附录 D (资料性) PE 100-RC 材料的附加信息	17
附录 E (规范性) 热熔对接程序参数及取值	18
附录 F (规范性) 混配料的变更及评估	20
参考文献	22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 15558《燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统》的第 1 部分。GB/T 15558 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：管材；
- 第 3 部分：管件；
- 第 4 部分：阀门；
- 第 5 部分：系统适用性。

本文件修改采用 ISO 4437-1:2014《燃气用塑料管道系统 聚乙烯(PE) 第 1 部分：总则》。

本文件与 ISO 4437-1:2014 相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 4437-1:2014 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准协调，将标准名称改为《燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第 1 部分：总则》；
- 为便于标准的理解与使用，删除了不符合我国国情的注，以及更改或增加了部分注；
- 增加了附录 C(资料性)“最大工作压力与工作温度及 RCP 临界压力的关系”；
- 增加了附录 D(资料性)“PE 100-RC 材料的附加信息”；
- 删除了 ISO 4431-1:2014 的附录 A(资料性)。

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专利的责任。

本文件由中国轻工业联合会提出。

本文件由全国塑料制品标准化技术委员会(SAC/TC 48)归口。

本文件起草单位：公元股份有限公司、亚大塑料制品有限公司、中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、北京市燃气集团有限责任公司、北京工商大学、河北泉恩高科技管业有限公司、博禄贸易(上海)有限公司、浙江伟星新型建材股份有限公司、天津军星管业集团有限公司、淄博洁林塑料制管有限公司、武汉金牛经济发展有限公司、中国石化上海石油化工股份有限公司、河北北方盛塑业有限公司、山东博大管业有限公司、港华辉信工程塑料(中山)有限公司。

本文件主要起草人：黄剑、李瑜、卢晓英、白丽萍、赵启辉、徐海云、朱瑞霞、余新文、李大治、吴晓芬、刘峰、全乃佳、谷红强、王树强、王勇、王志伟、孙华丽、严小丽。

引 言

GB/T 15558《燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统》是为了规范燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统的材料、管材、管件、阀门以及系统适用性要求而制定的。在本次制修订过程中,GB/T 15558.1—2023 和 GB/T 15558.5—2023 为首次制定,GB/T 15558.2—2023、GB/T 15558.3—2023 及 GB/T 15558.4—2023 分别代替了 GB/T 15558.1—2015、GB/T 15558.2—2005 及 GB/T 15558.3—2008。

GB/T 15558《燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统》结合我国聚乙烯管道产品生产应用实际起草,拟由总则、管材、管件、阀门和系统适用性五个部分组成。

- 第1部分:总则。目的在于确立适用于燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统的术语、定义、符号和缩略语、材料、试验方法和检验报告要求。
- 第2部分:管材。目的在于确立适用于燃气用埋地聚乙烯(PE)管材的术语、定义、符号和缩略语、材料、产品分类、要求、试验方法、检验规则、标志和包装、运输、贮存。
- 第3部分:管件。目的在于确立适用于燃气用埋地聚乙烯(PE)管件的术语、定义、符号和缩略语、材料、产品分类、要求、试验方法、检验规则、标志、技术文件和包装、运输、贮存。
- 第4部分:阀门。目的在于确立适用于燃气用埋地聚乙烯(PE)阀门的术语、定义、符号和缩略语、材料、产品分类、要求、试验方法、检验规则、标志、技术文件和包装、运输、贮存。
- 第5部分:系统适用性。目的在于确立适用于燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统的系统适用性的术语、定义、要求、试验方法和检验规则。

燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统

第1部分:总则

1 范围

本文件规定了燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统的材料要求及检验报告要求,描述了相应的试验方法。

本文件与 GB/T 15558 的其他部分一起,适用于工作温度在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,最大工作压力(MOP)不大于 1.0 MPa 的燃气用埋地聚乙烯管道系统。

注1:管道系统的最大工作压力与工作温度和材料耐快速裂纹扩展(RCP)临界压力有关,见附录 C。参考工作温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注2:聚乙烯管材的 MOP 基于设计应力 σ_0 确定,并考虑 RCP 性能的影响;MOP 取决于材料类型的最小要求强度(MRS)、标准尺寸比(SDR)和总体使用(设计)系数($C \geq 2$)等。

注3:相关方有责任根据特定应用需求,结合相关法规、标准或规范要求,恰当选用 GB/T 15558(所有部分)规定的产品。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分:浸渍法、液体比重瓶法和滴定法(GB/T 1033.1—2008,ISO 1183-1:2004,IDT)

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

GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分:模塑和挤塑塑料的试验条件(GB/T 1040.2—2022,ISO 527-2:2012,MOD)

GB/T 1845.2 塑料 聚乙烯(PE)模塑和挤出材料 第2部分:试样制备和性能测定(GB/T 1845.2—2021,ISO 17855-2:2016,MOD)

GB/T 2918 塑料 试样状态调节和试验的标准环境(GB/T 2918—2018,ISO 291:2008,MOD)

GB/T 3681.2 塑料 太阳辐射暴露试验方法 第2部分:直接自然气候老化和暴露在窗玻璃后气候老化(GB/T 3681.2—2021,ISO 877-2:2009,IDT)

GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率(MFR)和熔体体积流动速率(MVR)的测定 第1部分:标准方法(GB/T 3682.1—2018,ISO 1133-1:2011,MOD)

GB/T 6111 流体输送用热塑性塑料管道系统 耐内压性能的测定(GB/T 6111—2018,ISO 1167-1:2006,ISO 1167-2:2006,ISO 1167-3:2007,ISO 1167-4:2007,NEQ)

GB/T 8804.3 热塑性塑料管材 拉伸性能测定 第3部分:聚烯烃管材(GB/T 8804.3—2003,ISO 6259-3:1997,IDT)

GB/T 9345.1 塑料 灰分的测定 第1部分:通用方法(GB/T 9345.1—2008,ISO 3451-1:1997,IDT)

GB/T 13021 聚烯烃管材和管件 炭黑含量的测定 煅烧和热解法(GB/T 13021—2023,ISO 6964:2019,IDT)

GB/T 18251 聚烯烃管材、管件和混配料中颜料或炭黑分散度的测定(GB/T 18251—2019,

GB/T 15558.1—2023

ISO 18553:2002,MOD)

GB/T 18252 塑料管道系统 用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度 (GB/T 18252—2020,ISO 9080:2012,IDT)

GB/T 18475 热塑性塑料压力管材和管件用材料 分级和命名 总体使用(设计)系数 (GB/T 18475—2001,ISO 12162:1995,eqv)

GB/T 18476 流体输送用聚烯烃管材 耐裂纹扩展的测定 慢速裂纹增长的试验方法(切口试验)(GB/T 18476—2019,ISO 13479:2009,MOD)

GB/T 19278 热塑性塑料管材、管件与阀门通用术语及其定义

GB/T 19280 流体输送用热塑性塑料管材 耐快速裂纹扩展(RCP)的测定 小尺寸稳态试验(S4试验)(GB/T 19280—2003,ISO 13477:1997,IDT)

GB/T 19466.6 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(GB/T 19466.6—2009,ISO 11357-6:2008,MOD)

GB/T 19808 塑料管材和管件 公称外径大于或等于 90 mm 的聚乙烯电熔组件的拉伸剥离试验 (GB/T 19808—2005,ISO 13954:1997,IDT)

GB/T 19809 塑料管材和管件 聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备 (GB/T 19809—2005,ISO 11414:1996,IDT)

GB/T 19810 聚乙烯(PE)管材和管件 热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定 (GB/T 19810—2005,ISO 13953:2001,IDT)

GB/T 32682 塑料 聚乙烯环境应力开裂(ESC)的测定 全缺口蠕变试验(FNCT) (GB/T 32682—2016,ISO 16770:2004,MOD)

GB/T 39994 聚烯烃管道中六种金属元素(铁、钙、镁、锌、钛、铜)的测定

GB/T 40919 管道系统用聚乙烯材料 与慢速裂纹增长相关的应变硬化模量的测定 (GB/T 40919—2021,ISO 18488:2015,IDT)

SH/T 1770 塑料 聚乙烯水分含量的测定(SH/T 1770—2010,ISO 15512:2008 方法 B,MOD)

ISO 13478 流体输送用热塑性塑料管材 耐快速裂纹扩展(RCP) 全尺寸试验(FST)[Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids—Determination of resistance to rapid crack propagation (RCP)—Full-scale test(FST)]

3 术语、定义、符号和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 19278 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 与规格尺寸有关的术语和定义

3.1.1.1

公称外径 **nominal outside diameter**

d_n

管材、管件或阀门插口端外径的名义值。

注:管件的公称外径指与管件、阀门相配合使用的管材的公称外径。

[来源:GB/T 19278—2018,2.3.8,有修改]

3.1.1.2

公称壁厚 **nominal wall thickness**

e_n

部件壁厚的名义值。

注 1: 管材规定的最小壁厚等于公称壁厚。公称壁厚近似等于以毫米为单位的制造尺寸。

注 2: 管件的公称壁厚,用与其相同标准尺寸比 SDR 的同规格管材的公称壁厚表示。

[来源:GB/T 19278—2018,2.3.20,有修改]

3.1.1.3

(任一点)壁厚 **wall thickness(at any point)**

e

管材、管件或阀门上任一点处内外壁间的径向距离,向上圆整到 0.1 mm 得到的值。

[来源:GB/T 19278—2018,2.3.21,有修改]

3.1.1.4

标准尺寸比 **standard dimension ratio;SDR**

公称外径 d_n 与公称壁厚 e_n 的无量纲比值,按公式(1)计算并按一定规则圆整:

$$\text{SDR} = \frac{d_n}{e_n} \dots\dots\dots (1)$$

[来源:GB/T 19278—2018,2.3.28,有修改]

3.1.2 与材料和设计有关的术语和定义

3.1.2.1

混配料 **compound**

由基础聚合物聚乙烯(PE)和抗氧化剂、颜料、抗紫外线(UV)稳定剂等添加剂经挤出加工而成的颗粒料,由混配料制造商提供并通过定级。

3.1.2.2

预测静液压强度的置信下限 **lower confidence limit of the predicted hydrostatic strength**

σ_{LPL}

一个与应力有相同量纲的量,是在置信度为 97.5% 时,与温度 T 和时间 t 对应的预期静液压强度的置信下限。

注:预测静液压强度的置信下限一般表示为 $\sigma_{LPL} = \sigma(T, t, 0.975)$ 。

[来源:GB/T 19278—2018,2.1.7,有修改]

3.1.2.3

最小要求强度 **minimum required strength;MRS**

20 °C、50 年条件下,按预测静液压强度置信下限对材料进行分级时规定的该级别材料的最小强度。

注:它在数值上等于将 σ_{LPL} 按 R 10 系列($\sigma_{LPL} < 10$ MPa 时)或 R 20 系列($\sigma_{LPL} \geq 10$ MPa 时)优先数向下圆整得到的值。

[来源:GB/T 19278—2018,2.1.9,有修改]

3.1.2.4

设计应力 **design stress**

σ_D

20 °C、50 年使用条件下,考虑总体使用(设计)系数后确定的管道的最大允许使用的应力。按公式(2)计算:

$$\sigma_D = \frac{\text{MRS}}{C} \dots\dots\dots (2)$$

[来源:GB/T 19278—2018,2.5.1.4,有修改]

3.1.3 与应用有关的术语和定义

3.1.3.1

最大工作压力 **maximum operating pressure;MOP**

20 °C、50 年使用条件下,考虑总体使用(设计)系数后确定的管道的允许使用压力。按公式(3)

计算：

$$MOP = \frac{2 \times MRS}{C \times (SDR - 1)} \dots\dots\dots(3)$$

[来源:GB/T 19278—2018,2.5.1.6,有修改]

3.1.3.2

熔接兼容性 fusion compatibility

热塑性塑料经熔接(焊接)得到符合特定性能要求的接头的能力。

[来源:GB/T 19278—2018,2.5.1.17]

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

- Ac:接收数
- B_1 :最小初始卷边尺寸
- C:总体使用(设计)系数
- d_e :(任一点)外径
- d_{em} :平均外径
- d_n :公称外径
- E:主体壁厚
- e :(任一点)壁厚
- e_n :公称壁厚
- $\langle G_p \rangle$:应变硬化模量
- L_d :剥离百分比
- N:批量
- n :样本量
- $p_{C,FS}$:耐快速裂纹扩展全尺寸试验临界压力
- $p_{C,S4}$:耐快速裂纹扩展小尺寸稳态试验临界压力
- p_1 :初始卷边压力
- p_2 :吸热压力
- p_5 :热熔对接压力
- Re:拒收数
- S:管系列
- T:温度
- T_{max} :最高环境温度
- T_{min} :最低环境温度
- T_{nom} :标准环境温度
- t :时间
- t_y :允许偏差
- t_1 :初始卷边时间
- t_2 :吸热时间
- t_3 :最长切换时间
- t_4 :最长热熔对接升压时间
- t_5 :最短焊机内保压冷却时间
- t_6 :最短移除焊机后冷却时间
- σ_D :设计应力
- σ_{LPL} :预测静液压强度的置信下限

3.3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AFNCT:全缺口蠕变加速试验(accelerated full-notch creep test)

ANPT:切口加速试验(accelerated notched pipe test)

FNCT:全缺口蠕变试验(full-notch creep test)

MFR:熔体质量流动速率(melt mass-flow rate)

MOP:最大工作压力(maximum operating pressure)

MRS:最小要求强度(minimum required strength)

PE:聚乙烯(polyethylene)

PE 100-RC:高耐慢速裂纹增长性能 PE 100 级混配料(PE 100 compound with enhanced resistance to slow crack growth)

RCP:耐快速裂纹扩展(resistance to rapid crack propagation)

SCG:耐慢速裂纹增长(resistance to slow crack growth)

SDR:标准尺寸比(standard dimension ratio)

SHT:应变硬化试验(strain hardening test)

4 材料

4.1 聚乙烯混配料

生产管材、管件和阀门应使用聚乙烯混配料。

聚乙烯混配料应为 PE 100 级或 PE 80 级,PE 100 级包含 PE 100 和 PE 100-RC,PE 80 级包含 PE 80。

用于生产黑色混配料的炭黑,平均初级粒径应为 10 nm~25 nm。

注 1: PE 100-RC 材料的附加信息见附录 D。

注 2: 炭黑平均初级粒径由混配料制造商提供。炭黑的初级粒径是不会因混合作用而分散为更小颗粒的粒径。

4.2 聚乙烯混配料的颜色

聚乙烯混配料的颜色应为黑色(PE 100、PE 100-RC 和 PE 80)、橙色(PE 100 和 PE 100-RC)或黄色(PE 80)。

4.3 聚乙烯混配料的分级和命名

聚乙烯混配料应按 GB/T 18475 中规定的 MRS 进行分级和命名,见表 1。

MRS 以管材形式测定并外推得出。应按 GB/T 18252 测试混配料的长期静液压强度,试验在至少 3 个温度下进行,其中两个温度固定为 20 °C 和 80 °C,第 3 个温度可在 30 °C~70 °C 间自由选择,以外推 20 °C、50 年预测 σ_{LPL} ,计算得到 20 °C、50 年的 MRS 值。

80 °C 回归曲线在 5 000 h 前 ($t < 5\,000$ h)不应出现拐点。

混配料制造商应提供符合表 1 中分级和命名的级别证明。

注:国际上通常也会采用与 GB/T 18252、GB/T 18475 有一致性对应关系的国际标准进行分级和命名。

表 1 聚乙烯混配料的分级和命名

MRS MPa	命名	σ_{LPL} (20 °C,50 年,97.5%) MPa
8.0	PE 80(PE 80 级)	$8.0 \leq \sigma_{LPL} < 10.0$

表 1 聚乙烯混配料的分级和命名(续)

MRS MPa	命名	σ_{LPL} (20℃,50年,97.5%) MPa
10.0	PE 100(PE 100级)	$10.0 \leq \sigma_{LPL} < 11.2$
	PE 100-RC(PE 100级)	

4.4 材料的设计应力

4.4.1 设计应力 σ_D 由 MRS 除以 C 得出, $C \geq 2$ 。在参考工作温度为 20℃ 条件下,设计应力 σ_D 的最大值:PE 100 和 PE 100-RC 为 5.0 MPa;PE 80 为 4.0 MPa。

4.4.2 在输送人工煤气和液化石油气时, C 值的选择应考虑燃气中存在的其他组分(如芳香烃、冷凝液)在一定浓度下对管道部件性能的不利影响。

注:当输送人工煤气或液化石油气等介质时, C 值的选择见 CJJ 63。

4.5 聚乙烯混配料的性能

聚乙烯混配料的性能应符合表 2 和表 3 的要求。

表 2 聚乙烯混配料的性能——以颗粒料形式测定

序号	项目	要求 ^a	试验参数		试验方法
1	密度	$\geq 930 \text{ kg/m}^3$	试验温度	23℃	5.2
2	氧化诱导时间	$\geq 20 \text{ min}$	试验温度	210℃	5.3
3	熔体质量流动速率(MFR) ^b	$0.20 \text{ g/10 min} \leq \text{MFR} \leq 1.40 \text{ g/10 min}$, 实测值与混配料标称值的 偏差不应超过 20%	试验温度 负荷质量	190℃ 5 kg	5.4
4	挥发分含量	$\leq 350 \text{ mg/kg}$	—	—	5.5
5	水分含量 ^c	$\leq 300 \text{ mg/kg}$ (相当于 $\leq 0.03\%$,质量分数)	—	—	5.6
6	炭黑含量 ^d	2.0%~2.5%(质量分数)	—	—	5.7
7	炭黑分散/颜料分散 ^e	尺寸等级: ≤ 3	—	—	5.8
		表观等级:A1,A2,A3 或 B			
8	灰分	黑色混配料	试验温度	850℃	5.9
		橙色、黄色混配料			
9	拉伸断裂标称应变	$\geq 350\%$	试验温度	23℃	5.10
10	拉伸屈服应力	PE 80: $\geq 18 \text{ MPa}$ PE 100 和 PE 100-RC: $\geq 21 \text{ MPa}$	试验温度	23℃	5.10
11	微量金属元素含量	铁含量 $\leq 10 \text{ mg/kg}$ 钙含量 $\leq 250 \text{ mg/kg}$	—	—	5.11
PE 100-RC 材料附加性能					
12	应变硬化试验(SHT)	$\langle G_p \rangle \geq 53 \text{ MPa}$	试验温度 试样厚度	80℃ 0.3 mm	5.12

表 2 聚乙烯混配料的性能——以颗粒料形式测定(续)

序号	项目	要求 ^a	试验参数		试验方法
13	全缺口蠕变加速试验 (AFNCT) ^{f,g}	参考拉伸应力为 4 MPa 时, ≥ 550 h 或 参考拉伸应力为 5 MPa 时, ≥ 300 h	试验温度 试剂浓度	90 °C 2%	5.13
<p>^a 混配料制造商应提供这些要求的符合性证明。</p> <p>^b 标称值,由混配料制造商提供。当出现 $0.15 \text{ g}/10 \text{ min} \leq \text{MFR} < 0.20 \text{ g}/10 \text{ min}$ 的材料时,需注意聚乙烯混配料的熔接相容性(见 4.6.1),基于标称值的最大下偏差,MFR 最低值应不小于 $0.15 \text{ g}/10 \text{ min}$。</p> <p>^c 用于混配料制造商在制造阶段及使用者在加工阶段对混配料的要求(若水分含量超过要求限值,使用前需预先烘干)。仅当测量的挥发分含量不符合要求时才测量水分含量,仲裁时,以水分含量为判定依据。</p> <p>^d 仅适用于黑色混配料。</p> <p>^e 炭黑分散仅适用于黑色混配料,颜料分散仅适用于非黑色混配料。</p> <p>^f 本项目 AFNCT 的测试结果,与在(80 °C、4 MPa、2%壬基酚聚氧乙烯醚中性溶剂)条件下,按 5.13 测试 8760 h 无破坏的结果相关。可使用该条件下的 FNCT 试验替代 AFNCT。仲裁时使用 AFNCT 试验。AFNCT 试验环境为月桂基胺氧化物,计算 2%(质量分数)浓度时,需考虑产品中月桂基胺氧化物的稀释。例如:当采用质量分数为 30% 的月桂基胺氧化物溶液时,需添加去离子水将其稀释至 6.67%(质量分数),以此获得月桂胺氧化物质量分数为 2% 的试验环境溶液。</p> <p>^g 当参考拉伸应力 ≥ 4 MPa(或 ≥ 5 MPa)时,测试时间达到表 2 要求值时即可停止试验,无需试验至试样破坏;当参考拉伸应力 < 4 MPa(或 < 5 MPa)时,在考虑实际拉伸应力的分散性影响后,测试时间达到采用插值法计算的破坏时间时即可停止试验,无需试验至试样破坏。</p>					

表 3 聚乙烯混配料的性能——以管材形式测定

序号	项目		要求 ^a	试验参数		试验方法
1	耐气体组分 (d_n 32 mm, SDR 11)		无破坏、无渗漏	试验温度 环应力 试验时间	80 °C 2.0 MPa ≥ 20 h	5.14
2	耐候性 ^b (累计接受太阳能辐射能 $\geq 3.5 \text{ GJ}/\text{m}^2$) (d_n 110 mm, SDR 11)	电熔管件承口 端的熔接强度	脆性破坏所占 百分比 $\leq 33.3\%$	试验温度	23 °C	5.15
		断裂伸长率	$\geq 350\%$	试验温度	23 °C	
		静液压强度 (80 °C, 1 000 h)	无破坏、无渗漏	试验温度 试验时间 环应力: PE 80 PE 100 和 PE 100-RC	80 °C $\geq 1\ 000$ h 4.0 MPa 5.0 MPa	
3	耐快速裂纹扩展(RCP) (d_n 315 mm, SDR 11)		$p_{c,si} \geq \text{MOP}/2.4$ $-0.072, \text{ MPa}$	试验温度	0 °C	5.16
4	耐慢速裂纹增长(切口试验) ^c (d_n 110 mm, SDR 11)		无破坏,无渗漏	试验温度 内部试验压力: PE 80 PE 100 试验时间 试验类型	80 °C 0.80 MPa 0.92 MPa ≥ 500 h 水-水	5.17

表 3 聚乙烯混配料的性能——以管材形式测定（续）

序号	项目	要求 ^a	试验参数		试验方法
5	对接熔接拉伸试验破坏形式的测定 (d_n 110 mm, SDR 11)	试验至破坏： 韧性破坏——通过 脆性破坏——未通过	试验温度	23 ℃	5.18
PE 100-RC 材料附加性能					
6	耐慢速裂纹增长(切口试验) ^d (d_n 110 mm, SDR 11)	无破坏, 无渗漏	试验温度 试验压力 试验时间 试验类型	80 ℃ 0.92 MPa ≥8 760 h 水-水	5.17
^a 混配料制造商应提供这些要求的符合性证明。 ^b 仅适用于非黑色混配料。 ^c 仅适用于 PE 100 和 PE 80 材料。 ^d 本项目耐慢速裂纹增长(切口试验)的测试结果, 与在相关(80 ℃、0.92 MPa、2%壬基酚聚氧乙烯醚中性溶剂)条件下, 按 5.17 测试 300 h 无破坏的切口加速试验(ANPT)结果相关。可使用该条件下的 ANPT 试验替代耐慢速裂纹增长(切口试验)。仲裁时, 以耐慢速裂纹增长(切口试验)试验作为判定依据。					

4.6 聚乙烯(PE)混配料的熔接兼容性

4.6.1 同一混配料的熔接兼容性

符合本文件要求的同一混配料应为可熔接的。混配料制造商应证实自己产品范围内同一牌号混配料的熔接性。将混配料加工成管材, 应采用附录 E 规定的参数, 按 GB/T 19809 的程序将两段管材制备成对接熔接接头, 按 GB/T 19810 试验, 检测结果应符合表 3 中对接熔接拉伸试验破坏形式的试验要求。

对于 $0.15 \text{ g}/10 \text{ min} \leq \text{MFR} < 0.20 \text{ g}/10 \text{ min}$ 的混配料, 应选择 $d_n > 200 \text{ mm}$ 且 $e_n > 20 \text{ mm}$ 管材验证其熔接兼容性。若使用电熔连接, 应进行适宜的试验验证管材熔接兼容性。

4.6.2 不同混配料的熔接兼容性

符合本文件要求的同一级别混配料可考虑为互熔, 需要熔接兼容性验证。用户要求时, 混配料制造商应证实自己产品范围内同一级别的混配料的熔接性。将不同混配料加工成管材, 应采用附录 E 规定的参数, 按 GB/T 19809 的程序将两段管材制备成对接熔接接头, 按 GB/T 19810 试验, 检测结果应符合表 3 中对接熔接拉伸试验破坏形式的测定的试验要求。

4.7 聚乙烯(PE)混配料的变更

若混配料的配方和生产工艺发生变更, 混配料制造商应按本文件要求提供新的合格证明, 评估应符合附录 F 规定。

5 试验方法

5.1 一般要求

除非另有规定, 试样应按 GB/T 2918 规定, 在温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下状态调节, 调节时间不少于 24 h, 并在此温度下进行试验。

5.2 密度

5.2.1 浸渍法

按 GB/T 1033.1 试验。

5.2.2 密度梯度柱法(仲裁法)

按 GB/T 1033.2 试验。

5.3 氧化诱导时间

按 GB/T 19466.6 试验,试样数量为 3 个,试验结果取最小值。

5.4 熔体质量流动速率(MFR)

按 GB/T 3682.1 试验,试验结果取算术平均值。

熔体质量流动速率偏差按公式(4)计算:

$$\delta_1 = \left| \frac{\text{MFR}_1 - \text{MFR}_0}{\text{MFR}_0} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

δ_1 ——熔体质量流动速率偏差;

MFR_1 ——混配料熔体质量流动速率测试值,单位为克每十分(g/10 min);

MFR_0 ——混配料熔体质量流动速率标称值,单位为克每十分(g/10 min)。

5.5 挥发分含量

5.5.1 设备

试验设备如下:

- a) 恒温干燥箱,控制精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$;
- b) 直径 35 mm 的称量瓶;
- c) 干燥器;
- d) 分析天平,精度为 $\pm 0.1\text{ mg}$ 。

5.5.2 试样数量

试样数量为 1 个(约 25 g)。

5.5.3 试验步骤

将干净的称量瓶及盖子放入 $(105\pm 2)^\circ\text{C}$ 的干燥箱 1 h 后取出,置于干燥器中冷却至室温,用分析天平称量称量瓶及盖子的质量为 m_0 (精确到 0.1 mg)。将试样约 25 g 均匀铺在称量瓶底部,盖上盖子,称其质量为 m_1 (精确到 0.1 mg)。将盛有试样的称量瓶放入 $(105\pm 2)^\circ\text{C}$ 不鼓风的干燥箱中,取下盖子并留在干燥箱内。关上干燥箱门烘 1 h 后取出,放在干燥器中冷却至室温,准确称量其质量 m_2 (精确到 0.1 mg)。在转移和称量的过程中应始终盖上盖子。

5.5.4 结果计算

物质的挥发分 V 按公式(5)计算:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

V ——挥发分物质的含量,单位为毫克每千克(mg/kg)；

m_1 ——称量瓶及盖子和样品的质量,单位为克(g)；

m_2 ——105 ℃ 条件下干燥 1 h 后称量瓶及盖子和样品的质量,单位为克(g)；

m_0 ——空称量瓶及盖子的质量,单位为克(g)。

5.6 水分含量

按 SH/T 1770 试验。试样数量为 1 个。

注：以生产监控和产品质量监控为目的时，一般用氢压力差法等方法。

5.7 炭黑含量

按 GB/T 13021 试验。仲裁时,采用管式电炉法试验。

5.8 炭黑分散/颜料分散

按 GB/T 18251,采用压片法试验。

5.9 灰分

按 GB/T 9345.1,采用直接煅烧法试验。

5.10 拉伸断裂标称应变和拉伸屈服应力

按 GB/T 1845.2 制备试样,按 GB/T 1040.2 试验。

5.11 微量金属元素含量

按 GB/T 39994 试验。仲裁时,按干灰化法制样,采用电感耦合等离子体光谱仪(ICP-OES 法)试验。

5.12 应变硬化试验(SHT)

按 GB/T 40919 试验。试样数量为 5 个。

5.13 全缺口蠕变加速试验(AFNCT)

按 GB/T 32682 试验。试样的长度×宽度×厚度为 100 mm×10 mm×10 mm,缺口深度 1.6 mm。试样数量为 4 个。

5.14 耐气体组分

5.14.1 试样

采用 d_n 32 mm,SDR 11 的管材试样,试样数量为 3 个。如果与 d_n 32 mm,SDR 11 的管材试验结果有明确的关系,可用其他规格的管材试样。

5.14.2 冷凝液

冷凝液由质量分数为 50% 的正癸烷(99%)和质量分数为 50% 的 1,3,5-三甲基苯的混合物组成。

5.14.3 状态调节

将管材内充满冷凝液,在 (23±2)℃ 的空气环境中放置 1 500 h 进行状态调节。

5.14.4 试验

按 GB/T 6111 试验,试样内部介质为冷凝液,外部介质为水,采用 A 型接头。

5.15 耐候性

5.15.1 试样

采用 d_n 110 mm, SDR 11, 长为 1m 的管材试样。

5.15.2 试验步骤

标识管材样品曝露面,按 GB/T 3681.2 试验。接受总能量至少为 3.5 GJ/m^2 的曝晒后,取下试样并试验:

- a) 按 GB/T 19808 进行电熔管件承口端的熔接强度试验,其中电熔接头在 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 条件下制备,试样数量为 4 个;
- b) 进行断裂伸长率试验和静液压强度试验。断裂伸长率按 GB/T 8804.3 试验,试样从管材受曝晒的表面制取;静液压强度按 GB/T 6111 试验。

5.16 耐快速裂纹扩展(RCP)

按 GB/T 19280 试验。

若按 GB/T 19280 试验结果不满足表 3 要求时,按 ISO 13478 重新测试,以全尺寸试验结果作为最终判定依据。在此情况下, $p_{c,FS} \geq 1.5 \times \text{MOP}$ 。

5.17 耐慢速裂纹增长(切口试验)

按 GB/T 18476 试验。

如采用切口加速试验(ANPT),可将试样浸没在 80°C 、2%(质量分数)壬基酚聚氧乙烯醚中性溶剂恒温浴中,试样内部介质为水,按 GB/T 18476 试验。

5.18 对接熔接拉伸试验破坏形式的测定

5.18.1 试样

采用附录 E 规定的参数,按 GB/T 19809 的程序将两段管材制备成对接熔接接头。

5.18.2 试验

按 GB/T 19810 试验。

6 检验报告要求

6.1 混配料制造商应按 GB/T 18252 和 GB/T 18475 提供分级证明。

注:国际上通常也会采用与 GB/T 18252、GB/T 18475 有一致性对应关系的国际标准进行分级和命名。

6.2 混配料制造商应提供每个牌号的定型检验报告及型式检验报告。其中定型检验报告项目应包括 4.5 和 4.6 的全部要求;型式检验报告项目应包括 4.5 和 4.6 中除 RCP、耐候性以外的全部要求,两次型式检验间隔应不超过 3 年。

6.3 混配料制造商应提供每批混配料的出厂检验报告。出厂检验报告项目应包括表 2 中密度、氧化诱导时间、MFR、挥发分含量、水分含量、炭黑含量、炭黑分散/颜料分散和灰分。

附录 A

(资料性)

本文件与 ISO 4437-1:2014 结构编号对照一览表

表 A.1 给出了本文件与 ISO 4437-1:2014 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 4437-1:2014 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 4437-1:2014 结构编号
1	1
2	2
3.1.1.1	3.1.2
3.1.1.2	3.1.8
3.1.1.3	3.1.9
3.1.1.4	3.1.15
3.1.2.1	3.2.3
3.1.2.2	3.3.1
3.1.2.3	3.3.2
3.1.2.4	3.3.4
3.1.3.1	3.4.2
3.1.3.2	3.5.2
3.2	4
3.3	5
4.1	6.1
4.2	6.2.2
4.3	6.4
4.4	6.5
4.5	6.2.3
4.6	6.3
4.7	6.6
5	—
5.1	—
5.2~5.8	表 1
5.9~5.13	—
5.14~5.17	表 2
5.18	表 3
6	—
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	—
附录 D	—
附录 E	—
附录 F	—
参考文献	参考文献
—	3.1.1、3.1.3~3.1.7、3.1.10~3.1.14、3.1.16、3.2.1~3.2.2、3.3.3、3.3.5、3.4.1、3.4.3、3.5.1、3.5.3~3.5.4、6.2.1、附录 A

附录 B

(资料性)

本文件与 ISO 4437-1:2014 技术差异及其原因

表 B.1 给出了本文件与 ISO 4437-1:2014 技术差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 4437-1:2014 技术差异及其原因

本文件 结构编号	技术差异	原因
1	增加了工作温度在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最大工作压力 MOP 不大于 1.0 MPa	明确产品温度、压力范围, 以适应我国国情
3	更改了规范性引用文件, 用 GB/T 19278 替换了 ISO 472、ISO 1043-1	以适应我国国情
	删除了 ISO 4437-1:2014 中部分的术语和定义: 3.1.1、3.1.3~3.1.7、3.1.10~3.1.14、3.1.16、3.2.1~3.2.2、3.3.3、3.3.5、3.4.1、3.4.3、3.5.1、3.5.3~3.5.4	在 GB/T 15558(所有部分)中无引用
	增加和删除了部分符号和缩略语	按系列标准引用需求列出
4	增加了 PE 100-RC 材料的相关要求	以符合我国国情
—	删除了添加剂要求	以符合我国国情
—	删除了包覆管材料颜色要求	在 GB/T 15558.2—2023 中体现
4.1	增加了聚乙烯混配料应符合级别说明的要求	以符合实际情况及我国国情
4.2	删去了关于聚乙烯燃气管材、管件、阀门、系统适用性所引用的 ISO 4437-2:2014、ISO 4437-3:2014、ISO 4437-4、ISO 4437-5:2014	以适应我国国情
4.3	删除了生产管材、管件混配料的定级说明	定级要求适用于 GB/T 15558(所有部分)所有 PE 产品
	更改了总体使用(设计)系数的规范性引用文件, 用 GB/T 18475 替换了 ISO 12162	以符合我国国情
	更改了用外推法确定热塑性塑料材料以管材形式的长期静液压强度的规范性引用文件, 用 GB/T 18252 替换了 ISO 9080	以符合我国国情
4.4.2	增加了输送人工煤气及液化石油气	明确不同输送介质时, 应注意对管道的不利影响
4.5	更改了“氧化诱导时间”试验参数	以符合我国国情
	更改了在 $0.15\text{ g}/10\text{ min} \leq \text{MFR} < 0.20\text{ g}/10\text{ min}$ 时熔接兼容性要求	以符合我国国情
	增加了“灰分”“拉伸断裂标称应变”“拉伸屈服应力”及“微量金属元素含量”性能要求	以确保材料性能
	增加了 PE 100-RC 的“应变硬化试验(SHT)”“全缺口蠕变加速试验(AFNCT)”和“耐慢速裂纹增长(切口试验)”性能及相关替代试验	明确 PE 100-RC 要求
	更改了“耐快速裂纹扩展 RCP”参数	以符合我国国情

表 B.1 本文件与 ISO 4437-1:2014 技术差异及其原因 (续)

本文件 结构编号	技术差异	原因
4.6	更改了聚乙烯管材、管件热熔对接组件的制备的规范性引用文件,用 GB/T 19809 替换了 ISO 11414:2009	以符合我国国情
	更改了热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定的规范性引用文件,用 GB/T 19810 替换了 ISO 13953	以符合我国国情
4.7	增加了混配料的变更的技术指导	以符合我国国情
5.1	增加了试样状态调节和试验的标准环境的规范性引用文件 GB/T 2918	以适应我国国情
5.2	更改了密度测定的规范性引用文件,用 GB/T 1033.1 替换了 ISO 1183-1,用 GB/T 1033.2 替换了 ISO 1183-2	以符合我国国情
5.3	更改了氧化诱导时间测定的规范性引用文件,用 GB/T 19466.6 替换了 ISO 11357-6	以符合我国国情
5.4	更改了熔体质量流动速率测定的规范性引用文件,用 GB/T 3682.1 替换了 ISO 1133-1	以符合我国国情
5.5	更改了挥发分含量测定的表现形式,用具体试验方法表述替换了 EN 12099	以符合我国国情
5.6	更改了水分含量测定的规范性引用文件,用 SH 1770 替换了 ISO 15512	以符合我国国情
5.7	更改了炭黑含量测定的规范性引用文件,用 GB/T 13021 替换了 ISO 6964	以符合我国国情
5.8	更改了炭黑分散/颜料分散测定的规范性引用文件,用 GB/T 18251 替换了 ISO 18553	以符合我国国情
5.9	增加了灰分的规范性引用文件 GB/T 9345.1	以适应我国国情
5.10	增加了拉伸断裂标称应变和拉伸屈服应力的规范性引用文件 GB/T 1845.2	以符合我国国情
5.11	增加了微量金属元素含量的规范性引用文件 GB/T 39994	以适应我国国情
5.12	增加了应变硬化试验(SHT)的规范性引用文件 GB/T 40919	以适应我国国情
5.13	增加了全缺口蠕变加速试验(AFNCT)的规范性引用文件 GB/T 32682	以符合我国国情
5.14.4	更改了静液压强度测定的规范性引用文件,用 GB/T 6111 代替了 ISO 1167-1、ISO 1167-2	以符合我国国情
5.15	更改了耐候性测定的规范性引用文件,用 GB/T 3681.2 替换了 ISO 16871	以符合我国国情
	更改了电熔管件承口端的熔接强度测定的规范性引用文件,用 GB/T 19808 替换了 ISO 13954、ISO 11413:2008	以符合我国国情
	更改了断裂伸长率测定的规范性引用文件,用 GB/T 8804.3 代替了 ISO 6259-1、ISO 6259-3	以符合我国国情
	更改了静液压强度测定的规范性引用文件,用 GB/T 6111 代替了 ISO 1167-1、ISO 1167-2	以符合我国国情

表 B.1 本文件与 ISO 4437-1:2014 技术差异及其原因 (续)

本文件 结构编号	技术差异	原因
5.16	更改了耐快速裂纹扩展(RCP)测定的规范性引用文件,用 GB/T 19280 代替了 ISO 13477	以符合我国国情
5.17	更改了耐慢速裂纹增长(切口试验)测定的规范性引用文件,用 GB/T 18476 代替了 ISO 13479	以符合我国国情
5.18.1	更改了聚乙烯管材、管件热熔对接组件的制备的规范性引用文件,用 GB/T 19809 替换了 ISO 11414:2009	以符合我国国情
5.18.2	更改了热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定的规范性引用文件,用 GB/T 19810 替换了 ISO 13953	以符合我国国情
6	增加了“检验报告要求”	以符合我国国情
附录 E	增加了“热熔对接程序参数及取值”	参考 ISO 11414:2009 给出
附录 F	增加了“混配料的变更及评估”	参考 CEN/TS 1555-7:2021

附录 C
(资料性)

最大工作压力与工作温度及 RCP 临界压力的关系

C.1 工作温度为考虑了内外环境的管道的年度平均温度。当聚乙烯管道系统在 20 °C~40 °C 之间的工作温度下连续工作时,PE 100、PE 100-RC 和 PE 80 可使用表 C.1 给出的最大工作压力折减系数。

表 C.1 PE 100、PE 100-RC 和 PE 80 的最大工作压力折减系数

工作温度 ^a °C	最大工作压力折减系数 f_T
20	1.00
25	0.92
30	0.85
35	0.79
40	0.73

^a 在表中所列温度点之间工作时,可使用内插值法计算折减系数。

注:最大工作压力按公式 (C.1) 计算:

$$MOP = f_T \times f_A \times \frac{2 \times MRS}{C \times (SDR - 1)} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

f_T ——表 C.1 中的压力折减系数;

f_A ——与输送介质有关的压力折减系数(对于天然气, $f_A = 1$)。

C.2 当工作温度为 -20 °C~20 °C 时,MOP 的最大工作压力折减系数 f_T 为 1.00。在 0 °C 以下应用时,要求在该温度下进行 RCP 试验,以确定在该温度下的临界压力。

C.3 聚乙烯管材的 MOP 需不大于耐快速裂纹扩展全尺寸试验临界压力 $p_{C,FS}$ 的 2/3。耐快速裂纹扩展全尺寸试验临界压力 $p_{C,FS}$ 也可在获得耐快速裂纹扩展小尺寸稳态试验临界压力 $p_{C,S4}$ 后按公式 (C.2) 计算,单位为兆帕(MPa):

$$p_{C,FS} = 3.6 \times p_{C,S4} + 0.26 \dots\dots\dots (C.2)$$

附录 D

(资料性)

PE 100-RC 材料的附加信息

自 20 世纪 60 年代以来,聚乙烯材料一直被用于燃气管道系统,通过持续开发和改进,在耐压等级、性能、许用额定压力和 RCP 方面有了长足进步,除原料定级从 PE 63、PE 80 到 PE 100 的持续提升外,近年来在提高 SCG 能力方面取得了相当大的进展。

PE 100-RC 材料具有更好的 SCG 性能,即提高了管材的抵抗裂纹能力。用于管道系统的 PE 100-RC 材料可用多项测试评估 SCG 性能,如:耐慢速裂纹增长(切口试验)、FNCT、SHT,新的评价方法还在不断试验探索中。PE 100-RC 材料制造的管道常用于非开挖等环境下的敷设。

注:相关非开挖术语和要求,见 ISO 11295 和 ISO 21225(所有部分)。

除 GB/T 15558(所有部分)中规定的材料、管材、管件和阀门的耐慢速裂纹增长性能外,PE 100-RC 材料和产品要求与 PE 100 材料一致。表 D.1 给出了 PE 100 和 PE 100-RC 材料耐慢速裂纹增长性能及试验方法比较。

表 D.1 PE 100 和 PE 100-RC 材料的耐慢速裂纹增长性能

序号	项目	要求			试验方法
		PE 100	PE 100-RC	PE 100-RC 加速试验要求	
1	耐慢速裂纹增长 (切口试验)	≥ 500 h	$\geq 8\ 760$ h	—	GB/T 18476
2	切口加速试验 (ANPT)	—	—	≥ 300 h (80 °C, 2% 的表面活性剂)	GB/T 18476
3	全缺口蠕变试验 (FNCT)	≥ 300 h(参考 拉伸应力为 4 MPa, 2% 的表面活性剂)	$\geq 8\ 760$ h(80 °C, 参考拉伸应力 为 4 MPa, 2% 的表面活性剂)	—	GB/T 32682
4	全缺口蠕变 加速试验 (AFNCT)	—	—	≥ 550 h(参考拉伸应力 4 MPa)或 ≥ 300 h(参考拉伸应力 5 MPa) (要求表面脆性破坏)[90 °C、2% (质量分数)月桂基胺氧化物溶液]	GB/T 32682
5	应变硬化试验 (SHT)	$G_p \geq 40$ MPa	$G_p \geq 53$ MPa	—	GB/T 40919
<p>注 1: 2% 的表面活性剂即一种表面活性溶液,例如:2% Arkopal N-100 溶液或 2% TX-10 溶液。采用壬基酚聚氧乙烯醚中性溶剂,分子式如下:$C_9H_{19}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n-\text{H}$, n 一般取 10 或 11。用其配制的 2% (质量分数)去离子水溶液,在 80 °C 条件下会随时间老化,因此使用时间一般不超过 100 d。</p> <p>注 2: 月桂基胺氧化物,也称十二烷基二甲基氧化胺。计算 2% (质量分数)时,考虑产品中月桂基胺氧化物的稀释。如:当采用质量分数为 30% 的月桂基胺氧化物溶液时,添加去离子水将其稀释至 6.67%,以此获得 2% (质量分数)的月桂胺氧化物溶液。</p>					

GB/T 18476 规定的耐慢速裂纹增长(切口试验)是模拟管材在外表面划伤和内压作用下,管壁逐渐形成裂纹直至样品失效的过程。PE 100 的耐慢速裂纹增长(切口试验)失效时间要求不小于 500 h。PE 100-RC 具有显著改善耐慢速裂纹增长的能力,耐慢速裂纹增长(切口试验)失效时间要求不小于 8 760 h。鉴于试验时间长,开发了管道 ANPT 方法,将试样置于可加速应力开裂增长的介质中,从而使失效时间要求降低至不小于 300 h。在一定条件下 ANPT 与耐慢速裂纹增长(切口试验)测试结果的相关性已得到验证。

附 录 E
(规范性)
热熔对接程序参数及取值

E.1 热熔对接程序参数与取值

表 E.1 和表 E.2 给出了热熔对接程序每一阶段参数。

表 E.1 热熔对接程序参数

参数	单位	对应值
加热板温度	℃	200 ~ 230
初始卷边压力 P_1^a	MPa	0.15 ± 0.02
最小初始卷边尺寸 B_1^b	mm	见表 E.2
初始卷边时间 t_1	s	获得 B_1 所用时间
吸热压力 P_2^a	MPa	≤ 0.03
吸热时间 t_2	s	$10 \times e_n$, 见表 E.2
最长切换时间 t_3	s	见表 E.2
最长热熔对接升压时间 t_4	s	见表 E.2
热熔对接压力 P_5^a	MPa	0.15 ± 0.02
最短焊机内保压冷却时间 t_5	min	见表 E.2
最短移除焊机后冷却时间 t_6	min	$= t_5$

^a 该压力为界面作用力,与 d_n 、 e_n 以及所使用的热熔对接设备有关。
^b 沿管材整个圆周上得到的最小值。

表 E.2 与壁厚相关的热熔对接参数

e_n mm	B_1 mm	t_2 s	t_3 s	t_4 s	t_5 min
≤ 4.5	0.5	45	5	5	6
$4.5 < e_n \leq 7$	1.0	45~70	5~6	5~6	6~10
$7 < e_n \leq 12$	1.5	70~120	6~8	6~8	10~16
$12 < e_n \leq 19$	2.0	120~190	8~10	8~11	16~24
$19 < e_n \leq 26$	2.5	190~260	10~12	11~14	24~32
$26 < e_n \leq 37$	3.0	260~370	12~16	14~19	32~45
$37 < e_n \leq 50$	3.5	370~500	16~20	19~25	45~60
$50 < e_n \leq 70$	4.0	500~700	20~25	25~35	60~80

注：若使用其他参数,由供需双方协商一致。

E.2 熔接参数范围

表 E.3 给出了热熔对接过程中各参数值的范围。

表 E.3 熔接参数值范围

条件	环境温度		加热板温度 ℃	熔接压力 p_5 MPa
	符号	数值 ℃		
标准	T_{nom}	23 ± 2	215 ± 5	0.15 ± 0.02
最低	T_{min}	-5 ± 2	205 ± 5	0.13 ± 0.02
最高	T_{max}	40 ± 2	230 ± 5	0.17 ± 0.02
注：若使用其他参数，由供需双方协商一致。				

附 录 F
(规范性)
混配料的变更及评估

F.1 概述

本附录根据混配料变更情况,确定对混配料再评估的试验要求。

F.2 变更的种类

F.2.1 基础聚合物变更

聚合物生产、聚合过程的变化,或共聚单体的化学性质发生变化。

F.2.2 制造过程及特性变更

F.2.2.1 密度和/或 MFR 标称值的变化超出以下范围:

- MFR(190 °C, 5 kg) 增大,变化大于 20% 或 0.1 g/10 min;
- 密度变化大于 3 kg/m³。

若 MFR 降幅超过 20%,可能会影响混配料的加工条件(如注射成型),混配料制造商应对此进行验证。

F.2.2.2 在不同地点生产同种基础聚合物。

F.2.2.3 在相同地点采用新的生产线生产同种基础聚合物。

F.2.3 颜料变更

F.2.3.1 颜料化学性质或颜色发生变化。

F.2.3.2 颜料用量变化超过 ±30 %。

F.2.4 除颜料外其他助剂的变更

F.2.4.1 新增或取消任何助剂,或改变其化学性质。

F.2.4.2 任何添加剂(UV 稳定剂除外)剂量变化超过 ±30 %。

F.2.4.3 UV 稳定剂减少量大于 30%,或增加量大于 50 %。

F.3 再评估

F.3.1 F.2.1 和 F.2.3.1 的变更

发生 F.2.1 和/或 F.2.3.1 的变更时,应将变更后的混配料视作新的混配料,再评估时按表 F.1 进行试验。

F.3.2 F.2.2.1、F.2.2.2、F.2.2.3、F.2.3.2、F.2.4.1、F.2.4.2 和 F.2.4.3 的变更

这些变化被视为“微小变化”,应按表 F.1 进行再次试验。

表 F.1 再评估所需试验

性能试验	变更								
	F.2.1	F.2.2.1	F.2.2.2	F.2.2.3	F.2.3.1	F.2.3.2	F.2.4.1	F.2.4.2	F.2.4.3
密度	√	√	√	√	√	√	√	√	√
氧化诱导时间	√	√	√	√	√	√	√	√	√
熔体质量流动速率 (MFR)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
挥发分含量	√	√	√	√	√	√	√	√	√
水分含量	√	√	√	√	√	√	√	√	√
炭黑含量	√	√	√	√	√	√	√	√	√
炭黑分散/颜料分散	√	√	√	√	√	√	√	√	√
灰分	√	√	√	√	√	√	√	√	√
微量金属元素含量	√	√	√	√	√	√	√	√	√
应变硬化试验 (SHT) ^a	√	√	√	√	√	√	√	√	√
全缺口蠕变加速 试验(AFNCT) ^a	√	√	√	√	√	√	√	√	√
耐候性	√	○	○	○	√	○	√	○	√
耐慢速裂纹增长 (切口试验) ^b	√	√	√	√	√	√	√	√	√
耐快速裂纹扩展(RCP)	√	√	√	√	√	√	√	○	○
对接熔接拉伸试验 破坏形式的测定	√	√	○	○	√	√	√	√	√
分级	√	○	○	○	√	○	○	○	○
静液压强度 ^c (20℃)	○	√	√	√	○	○	√	○	○
静液压强度 ^d (80℃)	○	√	√	√	○	√	√	√	√

注：“○”为非检测项目，“√”为检测项目。

^a 仅适用于 PE 100-RC。

^b 当用于 PE 80 和 PE 100 时,按表 3 序号 4 项目试验;当用于 PE 100-RC 时,按表 3 序号 6 项目试验。

^c 静液压强度试验(20℃)应在两个试验条件下进行,PE 80:10.0 MPa/100 h,9.1 MPa/ 2 500 h; PE 100 和 PE 100-RC:12.0 MPa/ 100 h,11.1 MPa/2 500 h。在给定的试验时间内不应发生破坏。

^d 静液压强度试验(80℃)应在两个试验条件下进行,PE 80:4.5 MPa/165 h,3.9 MPa/ 2 500 h; PE 100 和 PE 100-RC:5.4 MPa/165 h, 4.9 MPa/ 2 500 h。在给定的试验时间内不应发生破坏。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15558.2—2023 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第2部分:管材
 - [2] GB/T 15558.3—2023 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第3部分:管件
 - [3] GB/T 15558.4—2023 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第4部分:阀门
 - [4] GB/T 15558.5—2023 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第5部分:系统适用性
 - [5] CJJ 63 聚乙烯燃气管道工程技术标准
 - [6] ISO 11295 Plastics piping systems used for the rehabilitation of pipelines — Classification and overview of strategic, tactical and operational activities
 - [7] ISO 11414:2009 Plastics pipes and fittings—Preparation of polyethylene(PE)pipe/pipe or pipe/fitting test piece assemblies by butt fusion
 - [8] ISO 21225(all parts) Plastics piping systems for the trenchless replacement of underground pipeline networks
 - [9] CEN/TS 1555-7:2021 Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels—Polyethylene(PE)—Part 7:Guidance for the assessment of conformity
-