



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 40916—2021

---

## 液化气储运用高强度聚氨酯泡沫塑料

High strength polyurethane foam for storage and transport of liquefied gas

2021-11-26 发布

2022-06-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 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》的规则起草。

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：北京工商大学、浙江浦森新材料有限公司、浙江大学、江苏长能节能新材料科技有限公司、江苏雅克科技股份有限公司、沪东中华造船(集团)有限公司、上海船舶工艺研究所、华东理工大学、北京化工大学、轻工业塑料加工应用研究所、江苏江化聚氨酯产品质量检测有限公司、淄博联创聚氨酯有限公司、北京市射线应用研究中心、中国科学院理化技术研究所、德和科技集团股份有限公司。

本文件主要起草人：周洪福、夏森权、王利群、施剑峰、赵俊飞、曹恒、毛鑫明、张申、刘涛、王向东、信春玲、吴昊、朱谦、陈倩、王连才、肖红梅、王红军、渠成兵、叶志殷、管金国。

# 液化气储运用高强度聚氨酯泡沫塑料

## 1 范围

本文件规定了液化气储运用高强度聚氨酯泡沫塑料的术语和定义、产品类别和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于液化气陆基储罐和管道,液化气运输船货舱、储罐和管道,船用液化气储罐、管道和燃料舱等领域应用的聚氨酯泡沫塑料。

## 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 2035—2008 塑料术语及其定义
- GB/T 2918—2018 塑料 试样状态调节和试验的标准环境
- GB/T 6343—2009 泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定
- GB/T 8170—2008 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 8810—2005 硬质泡沫塑料吸水率的测定
- GB/T 8811—2008 硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法
- GB/T 8813—2020 硬质泡沫塑料 压缩性能的测定
- GB/T 8333—2008 硬质泡沫塑料燃烧性能试验方法 垂直燃烧法
- GB/T 9641—1988 硬质泡沫塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 10007—2008 硬质泡沫塑料 剪切强度试验方法
- GB/T 10294—2008 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法
- GB/T 10295—2008 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法
- GB/T 10799—2008 硬质泡沫塑料 开孔与闭孔体积百分率的测定
- GB/T 11547—2008 塑料 耐液体化学试剂性能的测定
- GB/T 16777—2008 建筑防水涂料试验方法
- GB/T 17393—2008 覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范
- GB/T 20673—2006 硬质泡沫塑料 低于环境温度的线膨胀系数的测定
- GB/T 21332—2008 硬质泡沫塑料 水蒸气透过性能的测定
- JC/T 618—2019 绝热材料中可溶出氯化物、氟化物、硅酸盐和钠离子的化学分析方法

## 3 术语和定义

GB/T 2035—2008 界定的术语和定义适用于本文件。

4 类别和标记

4.1 类别

按照成型方式和芯密度  $\rho$  不同分为 15 个类别,如表 1 所示。

表 1 产品类别

| 类别                                                                                            | 成型方式       | 芯密度 $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------|
| A1                                                                                            | 现场喷涂       | $40 \leq \rho < 50$             |
| A2                                                                                            |            | $50 \leq \rho < 60$             |
| B1                                                                                            | 间歇预制成型     | $40 \leq \rho < 50$             |
| B2                                                                                            |            | $145 \leq \rho < 175$           |
| B3                                                                                            |            | $225 \leq \rho < 275$           |
| B4                                                                                            |            | $290 \leq \rho < 350$           |
| B5                                                                                            |            | $360 \leq \rho < 440$           |
| B6                                                                                            |            | $450 \leq \rho < 550$           |
| C1                                                                                            | 连续纤维增强预制成型 | $40 \leq \rho < 60$             |
| C2                                                                                            |            | $60 \leq \rho < 80$             |
| C3                                                                                            |            | $80 \leq \rho < 100$            |
| C4                                                                                            |            | $100 \leq \rho < 120$           |
| C5                                                                                            |            | $120 \leq \rho < 140$           |
| C6                                                                                            |            | $160 \leq \rho < 180$           |
| C7                                                                                            |            | $200 \leq \rho < 220$           |
| 注：A1、A2、B1 产品的推荐用途为低温液化气储运保温的绝热材料；B2、B3、B4、B5、B6、C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7 产品的推荐用途为低温液化气储运保温的支撑材料。 |            |                                 |

4.2 标记

标记方法:产品名称-类别-本文件编号

标记示例:

间歇预制成型的芯密度为 45 kg/m<sup>3</sup> 的液化气储运用高强度聚氨酯泡沫塑料标记为:聚氨酯泡沫塑料-B1-GB/T 40916—2021



5 要求

5.1 产品外观应颜色均匀、无裂缝、凹痕和杂质等缺陷。

5.2 产品的性能要求应符合表 2 的规定。

表 2 产品的性能要求

| 项目                                              | 测试<br>温度<br>℃  | 性能指标              |                   |                   |                     |                     |                     |                     |                     |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                                 |                | A1                | A2                | B1                | B2                  | B3                  | B4                  | B5                  | B6                  | C1                | C2                | C3                 | C4                  | C5                  | C6                  | C7                  |
| 芯密度 $\rho$ /<br>(kg/m <sup>3</sup> )            | 23±2           | 40≤ $\rho$<br>＜50 | 50≤ $\rho$<br>＜60 | 40≤ $\rho$<br>＜50 | 145≤ $\rho$<br>＜175 | 225≤ $\rho$<br>＜275 | 290≤ $\rho$<br>＜350 | 360≤ $\rho$<br>＜440 | 450≤ $\rho$<br>＜550 | 40≤ $\rho$<br>＜60 | 60≤ $\rho$<br>＜80 | 80≤ $\rho$<br>＜100 | 100≤ $\rho$<br>＜120 | 120≤ $\rho$<br>＜140 | 160≤ $\rho$<br>＜180 | 200≤ $\rho$<br>＜220 |
|                                                 | 23±2           | ≥0.15             | ≥0.25             | ≥0.20             | ≥2                  | ≥4                  | ≥7                  | ≥12                 | ≥18                 | ≥0.2              | ≥0.4              | ≥0.7               | ≥1.0                | ≥1.2                | ≥2.0                | ≥2.7                |
| 压缩强度(Z方向)<br>/MPa                               | —165±5         | ≥0.4              | ≥0.6              | ≥0.4              | ≥5                  | ≥10                 | ≥18                 | ≥30                 | ≥40                 | —                 | —                 | —                  | —                   | —                   | ≥4.0                | ≥5.4                |
| 压缩弹性模量<br>(Z方向)/MPa                             | 23±2           | ≥1.5              | ≥2.5              | ≥2                | ≥15                 | ≥30                 | ≥75                 | ≥150                | ≥200                | ≥5                | ≥15               | ≥27                | ≥37                 | ≥47                 | ≥95                 | ≥125                |
|                                                 | —165±5         | ≥3                | ≥5                | ≥3                | ≥70                 | ≥140                | ≥200                | ≥400                | ≥500                | —                 | —                 | —                  | —                   | —                   | ≥190                | ≥250                |
| 初始导热系数<br>(Z方向)<br>/[W/(m·K)]                   | 23±2           | ≤0.021            | ≤0.023            | ≤0.022            | ≤0.032              | ≤0.040              | ≤0.050              | ≤0.060              | ≤0.075              | ≤0.025            | ≤0.025            | ≤0.025             | ≤0.026              | ≤0.028              | ≤0.032              | ≤0.040              |
|                                                 | —165±5         | ≤0.015            | ≤0.015            | ≤0.015            | ≤0.020              | ≤0.022              | ≤0.025              | ≤0.030              | ≤0.035              | ≤0.015            | ≤0.015            | ≤0.017             | ≤0.018              | ≤0.018              | ≤0.022              | ≤0.026              |
| 拉伸强度(X和<br>Y方向)/MPa                             | 23±2           | ≥0.2              | ≥0.28             | ≥0.2              | ≥1.5                | ≥2.5                | ≥5                  | ≥7                  | ≥10                 | ≥0.6              | ≥1.2              | ≥1.6               | ≥2.0                | ≥2.4                | ≥3.5                | ≥5.0                |
|                                                 | —165±5         | ≥0.2              | ≥0.28             | ≥0.2              | ≥1.5                | ≥2.5                | ≥5                  | ≥7                  | ≥10                 | —                 | —                 | —                  | —                   | ≥2.7                | ≥3.5                | ≥5.0                |
| 粘结强度 <sup>a</sup> /MPa                          | 23±2           | ≥0.15             | ≥0.15             | —                 | —                   | —                   | —                   | —                   | —                   | —                 | —                 | —                  | —                   | —                   | —                   | —                   |
| 剪切强度(X <sub>c</sub> 和<br>Y <sub>c</sub> 方向)/MPa | 23±2           | —                 | —                 | —                 | ≥0.6                | ≥1.0                | ≥1.2                | ≥1.3                | ≥1.6                | ≥0.2              | ≥0.3              | ≥0.4               | ≥0.6                | ≥0.8                | ≥0.85               | ≥0.9                |
|                                                 | —165±5         | —                 | —                 | —                 | ≥0.6                | ≥1.0                | ≥1.2                | ≥1.3                | ≥1.6                | —                 | —                 | —                  | —                   | ≥0.8                | ≥0.85               | ≥0.9                |
| 高低温循环尺寸<br>稳定性/%                                | —              | ≤1                | ≤1                | ≤1                | ≤1                  | ≤1                  | ≤1                  | ≤0.5                | ≤0.5                | —                 | —                 | —                  | —                   | —                   | —                   | —                   |
| 闭孔率/%                                           | 23±2           | ≥92               | ≥92               | ≥92               | ≥92                 | ≥92                 | ≥92                 | ≥92                 | ≥92                 | ≥94               | ≥94               | ≥94                | ≥94                 | ≥94                 | ≥94                 | ≥94                 |
| 吸水 <sup>b</sup> /%                              | 23±2           | ≤3                | ≤2                | ≤3                | ≤2                  | ≤2                  | ≤2                  | ≤1.5                | ≤1.5                | ≤2                | ≤2                | ≤2                 | ≤2                  | ≤2                  | ≤2                  | ≤2                  |
| 线膨胀系数(Z<br>方向)/(1×10 <sup>-6</sup> /K)          | +20℃~<br>—196℃ | ≤100              | ≤100              | ≤70               | ≤65                 | ≤65                 | ≤65                 | ≤55                 | ≤55                 | ≤76               | ≤76               | ≤76                | ≤76                 | ≤71                 | ≤71                 | ≤71                 |
| 水蒸气透过率<br>/ng/(pa·s·m)                          | 23±2           | ≤6.5              | ≤6.5              | ≤6.5              | ≤5.8                | ≤5.8                | ≤5.8                | ≤5.8                | ≤5.8                | ≤6.5              | ≤6.5              | ≤6.5               | ≤6.5                | ≤6.5                | ≤5.8                | ≤5.8                |

表 2 产品的性能要求 (续)

| 项目                   | 测试<br>温度<br>℃ | 性能指标                        |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |    |    |                                 |    |    |
|----------------------|---------------|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|---------------------------------|----|----|----|---------------------------------|----|----|
|                      |               | A1                          | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | C1                              | C2 | C3 | C4 | C5                              | C6 | C7 |
| 燃烧性能                 | —             | 火源离开后,熄灭时间≤3 s,火焰平均高度≤15 cm |    |    |    |    |    |    |    | 火源离开后,熄灭时间≤3 s,<br>火焰平均高度≤18 cm |    |    |    | 火源离开后,熄灭时间≤3 s,<br>火焰平均高度≤15 cm |    |    |
| 初级脂肪烃(C4 及 C4 以下)敏感性 | —             | 质量变化率≤2%                    |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |    |    |                                 |    |    |
| 可溶出氯化物含量/%           | —             | ≤0.006                      |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |    |    |                                 |    |    |
| 浸泡液 pH 值             | —             | ≥6.0                        |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |    |    |                                 |    |    |

注 1：现场喷涂聚氨酯泡沫三维方向(如图 1 所示)：X 方向为喷涂扫枪方向；Y 方向为喷枪前进方向；Z 方向为泡沫生长方向。

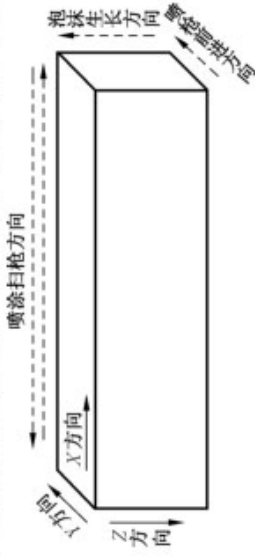


图 1 现场喷涂聚氨酯泡沫三维方向示意图

注 2：间歇预制成型聚氨酯泡沫三维方向(如图 2 所示)：X、Y 方向为泡沫生长的垂直方向；Z 方向为泡沫生长方向。

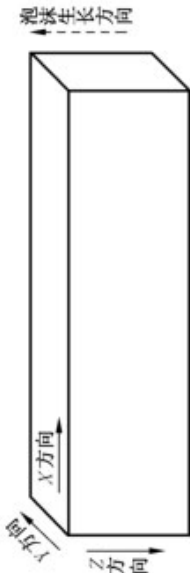


图 2 间歇预制成型聚氨酯泡沫三维方向示意图

表 2 产品的性能要求 (续)

| 项目                                                                                                                                                                         | 测试<br>温度<br>℃ | 性能指标 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                                                                                                                                            |               | A1   | A2 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| <p>注 3：连续纤维增强预制成型聚氨酯泡沫三维方向(如图 3 所示)：X 方向为喷涂扫枪方向；Y 方向为板材前进方向；Z 方向为泡沫生长方向。</p> <div></div> |               |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <p>图 3 连续纤维增强预制成型聚氨酯泡沫三维方向示意图</p> <div></div>                                             |               |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| * 要求破坏部位不应位于粘结界面。                                                                                                                                                          |               |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

## 6 试验方法

### 6.1 时效和状态调节

6.1.1 泡沫性能试验时必须在产品熟化 72 h 以后取样,去除表皮后从产品的中部切取试样。

6.1.2 常温试验的状态调节和试验环境按 GB/T 2918—2018 中 23/50 二级环境条件进行,样品在切割或物理性能试验前应在 $(23\pm 2)$ ℃下进行不少于 16 h 的状态调节,并在此环境下试验。

6.1.3 低温试验的试样应按试验需要,在与试验环境同等条件下,进行不少于 30 min 的状态调节。

### 6.2 数值修约

在判定测定值或其计算值是否符合文件要求时,应将测试所得的测定值或其计算值与文件规定的极限数值作比较,比较的方法采用 GB/T 8170—2008 中 4.3.3 规定的修约值比较法。

### 6.3 试样制备

除尺寸和外观检验外,其他所有试验所截取的试样与样品边缘的距离不应小于 20 mm。试样的长、宽、厚方向分别与图 1~图 3 中三类聚氨酯泡沫的 X、Y、Z 方向一一对应。

### 6.4 外观

在自然光线下目测。

### 6.5 芯密度

按 GB/T 6343—2009 规定进行,试样数 5 个。芯密度取 5 个试样试验结果的算术平均值。

### 6.6 压缩强度和压缩弹性模量

按 GB/T 8813—2020 规定进行,试样尺寸 $(100\pm 1)$ mm $\times(100\pm 1)$ mm $\times(50\pm 1)$ mm,试样数 5 个。试验速度为 5 mm/min。压缩强度和压缩弹性模量取 5 个试样试验结果的算术平均值。如果试样尺寸不是上述尺寸,按照产品的实际尺寸进行测定,不同尺寸的样品测试数据不具有可比性。

### 6.7 初始导热系数

按 GB/T 10294—2008 规定进行,或按 GB/T 10295—2008 进行,仲裁时采用 GB/T 10295—2008。试样厚度应达到 $(25\pm 1)$ mm。平均温度为 $(25\pm 2)$ ℃,试验温差为 20℃。

### 6.8 拉伸强度

按照 GB/T 9641—1988 规定进行。拉伸速率为 $(5\pm 1)$ mm/min。

### 6.9 粘结强度

按照 GB/T 16777—2008 中第 7 章规定进行。基材为实际泡沫载体的同一材质、温度为 $(23\pm 5)$ ℃、

拉伸至样件破坏为止。

#### 6.10 剪切强度

按照 GB/T 10007—2008 规定进行,样品长度  $250_{-9}^{+0}$  mm,宽度  $50_{-1}^{+0}$  mm,厚度  $(25\pm0.5)$  mm,两平行面距离变化不大于 1%。

#### 6.11 高低温循环尺寸稳定性

试样尺寸  $(100\pm1)$  mm  $\times$   $(100\pm1)$  mm  $\times$   $(25\pm0.5)$  mm,试样数 3 个。

高温试验条件为温度  $(80\pm2)$  °C,时间 12 h。

低温试验条件为浸泡在液氮中 12 h,经过 3 次高低温循环后,按 GB/T 8811—2008 规定进行样品测试。尺寸稳定性取 3 个试样试验结果的算术平均值。

#### 6.12 闭孔率

按 GB/T 10799—2008 规定进行。

#### 6.13 吸水率



按 GB/T 8810—2005 规定进行,试样尺寸  $(150\pm2)$  mm  $\times$   $(100\pm2)$  mm  $\times$   $(25\pm1)$  mm,试样数 3 个,水温  $(23\pm2)$  °C,浸泡 96 h。吸水率取 3 个试样试验结果的算术平均值。

#### 6.14 线膨胀系数

按照 GB/T 20673—2006 规定进行,测试温度在  $+20$  °C  $\sim$   $-196$  °C,至少取 5 个试样进行测试。线膨胀系数取 5 个试样试验结果的算术平均值。

#### 6.15 水蒸气透过率

按照 GB/T 21332—2008 规定进行,测试温度  $(38\pm1)$  °C,沿试样方向相对湿度梯度为 0% 到 88%。试样厚度 25 mm,最少测试样品数量 5 个。水蒸气透过率取 5 个试样试验结果的算术平均值。

#### 6.16 燃烧性能

按 GB/T 8333—2008 规定进行,试样长度为  $(254\pm1)$  mm,宽度和厚度为  $(19\pm1)$  mm,点火时间为 10 s,至少取 6 个试样进行测试。

#### 6.17 初级脂肪烃(C4 及 C4 以下)敏感性

按照 GB/T 11547—2008 规定进行。试样长度和宽度为  $(60\pm1)$  mm,厚度为  $(25\pm1)$  mm。试样在液化气浸没 14 d,取出烘干后进行质量变化率的测试。

#### 6.18 可溶出氯化物含量

按 JC/T 618—2019 规定进行。

## 6.19 浸泡液 pH 值

按 GB/T 17393—2008 规定中的附录 B 进行。

## 7 检验规则

### 7.1 成品检验

7.1.1 A 类产品在交付时应进行交付检验, B 类和 C 类产品出厂时应进行出厂检验。

7.1.2 交付检验的检验项目为: 外观、芯密度、压缩强度、燃烧性能。

7.1.3 出厂检验的检验项目为: 尺寸、外观、芯密度、压缩强度、燃烧性能。

7.1.4 组批: 以出厂的同一原料、同一配方、同一等级、同一型号、同一生产工艺条件的产品  $100\text{ m}^3$  为一批, 不足  $100\text{ m}^3$  的按一批计。

7.1.5 抽样: A 类产品的抽样应随机抽取现场任一批产品的化学原料 A、B 组分, 按照供货方规定的配比充分混合均匀, 喷涂成型, 形成检验样本或直接从现场挖取样品, 然后进行检验。B 类和 C 类产品的抽样在出厂产品中随机抽取样品进行检验。其中, 尺寸、外观、芯密度各随机抽取 12 块样品进行检验, 压缩强度、燃烧性能取其中 6 块样品进行检验。

7.1.6 判定规则: 尺寸、外观、芯密度、压缩强度、燃烧性能按第 6 章规定的试验方法进行检验, 检验结果的判定按 GB/T 8170—2008 中规定的修约值比较法进行, 应符合第 5 章的规定。如果有一项指标不合格, 应加倍抽样复验。复验结果仍有一项不合格。则判该批产品不合格。

### 7.2 型式检验

7.2.1 型式检验为全项目检验, 当有下列情况之一者应该进行型式检验:

- a) 正常生产, 每年进行一次;
- b) 新产品定型鉴定时;
- c) 产品原材料、生产工艺、配方有重大改变, 可能影响产品性能时;
- d) 停产三个月及以上, 恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

7.2.2 型式检验的检验项目为第 5 章规定的各项要求。

7.2.3 型式检验应在工厂仓库的合格品中随机抽取, 按第 6 章规定的试验方法切取试样并进行检验, 检验结果应符合第 4 章的规定。

7.2.4 判定 : 检验结果的判定按 GB/T 8170—2008 中规定的修约值比较法进行, 应符合第 5 章的规定。如果有一项指标不合格, 应加倍抽样复验。复验结果仍有一项不合格。则判该批产品不合格。

## 8 标志、包装、运输、贮存

### 8.1 标志

产品的包装物上应有清晰、牢固的标志。标志内容包括: 产品名称、产品标记、生产批号、日期、生产

厂家名称等。

## 8.2 包装

产品包装由供需双方协商。包装物应适应运输的要求。

## 8.3 运输

在运输过程中应防止日晒、雨淋,严禁烟火,应小心轻放,避免长期受压、机械损伤。

## 8.4 贮存

产品应贮存在通风、避光干燥的库房内。不得接近火源、热源,不能与化学药品或气体等接触,并应避免长期受压、机械损伤。

---