ICS 83.060
CCS G 35

T

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

氢能密封用高抗暴氟橡胶技术要求

Technical requirements for high burst-resistant fluoroelastomer for hydrogen energy sealing

（征求意见稿）

2026-X-XX 发布 2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目　　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 分类与标记 2
4.1 分类 2
4.2 标记 2
5 技术要求 2
5.1 外观 2
5.2 材料基础要求 2
5.3 常规物理性能 2
5.4 氢环境高抗爆性能 3
5.5 氢相容性 3
5.6 氢渗透性能 3
5.7 介质耐受性能 3
6 试验方法 3
6.1 试样制备与调节 3
6.2 外观试验 3
6.3 常规物理性能试验 3
6.4 氢环境高抗爆性能试验 4
6.5 氢相容性试验 5
6.6 氢渗透系数试验 5
6.7 介质耐受性能试验 5
7 检验规则 5
7.1 检验分类 5
7.2 出厂检验 6
7.3 型式检验 6
8 标志、包装、运输和贮存 6
8.1 标志 6
8.2 包装 6
8.3 运输 6
8.4 贮存 6

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。

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

氢能密封用高抗暴氟橡胶技术要求

1 范围

本文件规定了氢能密封用高抗暴氟橡胶的分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于氢能制取、储存、输送及加注系统中用于静密封和低速动态密封的氟橡胶材料及制品。

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 191 包装储运图形符号标志

GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定

GB/T 529 硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定（裤形、直角形和新月形试样）

GB/T 1682 硫化橡胶 低温脆性的测定 单试样法

GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2941 橡胶 物理试验方法试样制备和调节通用程序

GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验

GB/T 7755.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 透气性的测定 第1部分：压差法

GB/T 7759.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第1部分：在常温及高温条件下

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

GB/T 34903.2 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2部分：弹性体

GB/T 39693.4 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第4部分：用邵氏硬度计法（邵尔硬度）测定压入硬度

3 术语和定义

GB/T 24499界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高抗爆氟橡胶 high burst-resistant fluoroelastomer

以氟橡胶为基体，经配方和硫化体系设计，使其硫化胶在高压氢环境中经受快速气体减压后能抑制内部空穴、鼓泡、开裂和碎裂，且氢暴露后拉伸强度和扯断伸长率下降幅度较小的一类氟橡胶材料。

3.2

快速气体减压 rapid gas decompression；RGD

聚合物材料在高压气体环境中达到气体饱和后，环境压力在短时间内急剧降低，导致溶解于材料内部的气体迅速膨胀，进而引发材料内部空穴、鼓泡、开裂或碎裂的损伤过程。

3.3

氢渗透系数 hydrogen permeability coefficient

在单位压差和单位时间内，氢气通过单位面积和单位厚度试样的量，以 $cm^3 \cdot mm/(cm^2 \cdot s \cdot Pa)$ 表示（标准状态下）。

4 分类与标记

4.1 分类

氢能密封用高抗爆氟橡胶按氢环境压力等级和密封功能分为两个类别：

a）A 类（高压高抗爆级）：适用于公称工作压力大于 35 MPa 且不大于 70 MPa 的氢环境静密封及低速动态密封部位，典型应用包括 70 MPa 储氢瓶阀密封、加氢枪快换接头密封、高压氢气压缩机轴封；

b）B 类（中压高抗爆级）：适用于公称工作压力不大于 35 MPa 的氢环境静密封及低速动态密封部位，典型应用包括 35 MPa 级加氢站管路法兰密封、燃料电池电堆歧管密封、中压储氢容器接口密封。

4.2 标记

产品标记由类别代号、硬度标称值、硫化体系代号和本文件编号组成，格式如下：

FKM-HBR-〔A 或 B〕-〔硬度标称值〕

示例：硬度标称值为 80、A 类高抗爆氟橡胶的标记为：FKM-HBR-A-80-BP

5 技术要求

5.1 外观

制品表面应光滑、色泽均匀，不应有气泡、裂纹、杂质、机械损伤及欠硫或过硫引起的缺陷。模压制品分型面处的飞边应修整平整，修边损伤深度不应超过 0.10 mm。

5.2 材料基础要求

氟橡胶生胶的氟质量分数不应低于 66%。胶料中配合剂的选用不应含有在氢环境中可能生成腐蚀性副产物或显著促进氢渗透的组分。

注：材料基础要求以胶料配方文件和生胶质量证明文件核查为主，不单独设试验方法。

5.3 常规物理性能

常规物理性能应符合表 1 的规定。

表 1 常规物理性能

序号	项目	单位	A 类指标	B 类指标
1	邵氏 A 硬度	—	75～90	70～85
2	拉伸强度	MPa	≥14.0	≥12.0
3	扯断伸长率	%	≥200	≥210
4	撕裂强度（直角形）	kN/m	≥26	≥22
5	压缩永久变形（200 ℃×24 h，压缩率 25%）	%	≤20	≤25
6	压缩永久变形（150 ℃×70 h，压缩率 25%）	%	≤12	≤15
7	热空气老化（200 ℃×70 h）后拉伸强度变化率	%	-15～+15	-20～+20
8	热空气老化（200 ℃×70 h）后扯断伸长率变化率	%	-20～+10	-25～+15
9	脆性温度	℃	≤-40	≤-40

序号	项目	单位	A 类指标	B 类指标
注：A 类材料面向高压及快速加注工况，对拉伸强度和压缩永久变形的要求较 B 类严格；B 类材料在保持抗爆性能的前提下，允许以略高的扯断伸长率换取加工工艺适应性。				

5.4 氢环境高抗爆性能

5.4.1 快速气体减压损伤评级

经快速气体减压后，A 类材料截面损伤评级不应大于 2 级；B 类材料不应大于 3 级。裂纹、鼓泡或碎裂贯穿试样截面厚度的 50%以上时，直接判定为不合格。

5.4.2 氢暴露后力学性能保持率

经快速气体减压后，A 类材料的拉伸强度保持率不应低于 75%，扯断伸长率保持率不应低于 70%；B 类材料的拉伸强度保持率不应低于 70%，扯断伸长率保持率不应低于 65%。保持率按式（1）计算：

$$R=\frac{X_1}{X_0}\times 100\% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（1）$$

式中：

R——性能保持率，%；

X_1——氢暴露后的性能测定值；

X_0——氢暴露前同批次试样的性能测定值。

5.5 氢相容性

经高压氢暴露后，A 类材料体积变化率不应大于 15%，B 类材料不应大于 20%；质量变化率均不应大于 3.0%。体积变化率超过 25%的试样，无论类别均判定为不合格。

5.6 氢渗透性能

A 类材料的氢渗透系数不应大于 5.0×10^{-8} $cm^3\cdot mm/(cm^2\cdot s\cdot Pa)$，B 类材料不应大于 $1.0\times10^{-7}cm^3\cdot mm/(cm^2\cdot s\cdot Pa)$。

5.7 介质耐受性能

进行模拟杂质液浸泡试验后，性能应符合表 2 规定。

表 2 耐模拟杂质介质性能

序号	模拟介质	试验条件	体积变化率%	拉伸强度变化率%	扯断伸长率变化率%
1	蒸馏水	23 ℃×168 h	≤10	±25	±30
2	氧气饱和蒸馏水	23 ℃×168 h	≤10	±25	±30
3	润滑油蒸气冷凝液	23 ℃×168 h	≤10	±25	±30

6 试验方法

6.1 试样制备与调节

除另有规定外，试样应按 GB/T 2941 进行制备和调节。硫化橡胶试样在硫化后至少放置 16 h 方可进行试验。RGD 试样和氢暴露试样应从同一批胶料、同一硫化条件的试片中截取，试样表面不应有加工痕迹或缺陷。

6.2 外观试验

6.1.1 在照度不低于 300lx、观察距离 300mm 的条件下，以矫正视力不低于 1.0 的目视方式逐件检查试样表面，必要时借助 10 倍放大镜。

6.1.2 修边损伤深度采用分度值 0.02mm 的深度千分尺或读数显微镜测量，每件测量 3 处，以最大值作为该件测定结果。

6.3 常规物理性能试验

6.3.1 邵氏 A 硬度

按 GB/T 39693.4 测定，采用邵氏 A 型硬度计。读数在试样上相距不少于 6 mm 的五个不同位置测量，取中位数。

6.3.2 拉伸强度和扯断伸长率

按 GB/T 528 测定，采用 1 型哑铃试样，拉伸速度（500±50）mm/min。

6.3.3 撕裂强度

按 GB/T 529 测定，采用直角形试样。

6.3.4 压缩永久变形

按 GB/T 7759.1 测定，压缩率 25%，卸载后恢复时间（30±3）min。A 类优先采用 200 ℃×24 h 条件，B 类可采用 150 ℃×70 h 条件。

6.3.5 热空气老化

按 GB/T 3512 进行，老化条件 200 ℃×70 h。老化后按 6.2.2 测定拉伸强度和扯断伸长率，变化率按式（2）计算：

$$\Delta X=\frac{X_1-X_0}{X_0}\times 100\% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（2）$$

式中：

ΔX——性能变化率；

X_1——老化后的性能测定值；

X_0——老化前同批次试样的性能测定值。

6.3.6 脆性温度

按 GB/T 1682 测定，采用单试样法。

6.4 氢环境高抗爆性能试验

6.4.1 快速气体减压损伤评级

6.4.1.1 装置

试验装置应符合下列要求：

a）高压氢气腔体设计压力不应低于 1.25 倍试验压力，应配备快速泄压阀，泄压时间宜控制在 10 s 以内；腔体材质应与氢气相容，内壁不应有促进氢渗透或催化氢反应的涂层；

b）腔体应能在（60±3）℃范围内恒温，温度均匀性不应超过±2 ℃；

c）压力传感器精度不应低于 0.5 级，响应频率不应低于 10 Hz，应能记录泄压全过程曲线；

d）试样夹具应使试样在压力循环中不产生附加机械约束，夹具与试样接触面应光滑。

6.4.1.2 试样

试样宜为直径（25.0±0.5）mm、厚度（10.0±0.5）mm 的圆片，或从 O 形圈截取的、截面尺寸相当的弧形段。同一试验应至少 3 个试样。试样表面应清洁、无缺陷，试验前宜在（60±3）℃、相对湿度不大于 10%的环境中干燥不少于 4 h。

6.4.1.3 试验步骤

试验步骤应按下列顺序进行：

a）将试样装入腔体，密封腔体，用氢气置换腔体内空气不少于 3 次；

b）升温至（60±3）℃稳定后，以不大于 1 MPa/min 的速率将氢气压力升至试验压力：A 类为（70±2）MPa，B 类为（35±1）MPa；

c）在试验压力和温度下保持 24 h；

d）保持温度不变，在 10 s 内将压力泄放至表压 0.2 MPa 以下，记录泄压曲线；泄压时间超过 10 s 的试验应重新进行；

e）泄压后宜在 1 h 内取出试样，沿垂直于试样最大表面的方向剖切，剖切面应平整，必要时可液氮冷冻后剖切。

6.4.1.4 评级

按 GB/T 34903.2 给出的评级图版，对每个剖切面的损伤形态进行评级。每个试样取所有剖切面中的最差评级作为该试样的评级。3 个试样评级的算术平均值作为试验结果，修约至整数。

6.4.2 氢暴露后力学性能保持率

从 6.4.1.4 评级后的试样未损伤区域截取拉伸试样；无法截取时，取同批次平行试样按 6.4.1.3 经历相同氢暴露历程后截取。按 6.3.2 测定拉伸强度和扯断伸长率，按式（1）计算保持率。

6.5 氢相容性试验

6.5.1 装置

试验装置应符合下列要求：

a）高压氢气腔体与 6.4.1.1 的 a）相同；

b）分析天平分度值应为 0.1 mg；

c）水中称量装置应包括恒温水浴（温度控制±0.5 ℃）、吊篮和细丝。

6.5.2 试样

试样宜为从制品上截取的规则形状试片，质量宜在 1 g～5 g 之间，厚度宜为（2.0±0.2）mm。同一试验应至少 5 个试样。试验前应在干燥器中放置不少于 24 h，测定初始质量和初始体积。

6.5.3 试验步骤

试验步骤应按下列顺序进行：

a）将试样置于腔体中，氢气置换后升温至（60±3）℃；

b）在 3 h 内将氢气压力缓慢升至试验压力：A 类为（70±2）MPa，B 类为（35±1）MPa，保持 168 h；

c）在 10 s 内泄压至常压，取出试样；用滤纸吸去表面可能存在的冷凝水，在 10 min 内完成质量测定；

d）随后在（23±2）℃的蒸馏水中按阿基米德法测定体积；每个试样测定 3 次，取平均值。

6.5.4 结果计算

质量变化率按式（3）计算,体积变化率按式（4）计算：

$$\Delta m=\frac{m_1-m_0}{m_0}\times 100\% \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（3）$$

$$\Delta V=\frac{V_1-V_0}{V_0}\times 100\% \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（4）$$

Δm——质量变化率；

m_0——暴露前的质量，g；

m_1——暴露后的质量，g；

ΔV——体积变化率；

V_0——暴露前的体积，cm^3。

V_1——暴露后的体积，cm^3。

注：结果取 5 个试样算术平均值，保留至小数点后一位。

6.6 氢渗透系数试验

按 GB/T 7755.1 执行。试验温度（60±3）℃，上游氢气压力（3.0±0.1）MPa。试样厚度宜为（1.0±0.1）mm，有效渗透面积不应小于 50 cm^2。每个样品应至少测试 3 个平行试样，结果取算术平均值，单值与平均值的偏差不应大于±15%。

6.7 介质耐受性能试验

应按照 GB/T 1690 的规定进行，试验液体分别为蒸馏水、氧气饱和蒸馏水和润滑油蒸气冷凝液，试验条件为 23℃±2℃×168h。试验后测定体积变化率与拉伸强度保持率，每组试样不少于 3 个，取算术平均值。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 每件产品应经制造厂质量检验部门出厂检验合格，并附产品合格证后方可出厂。
7.2.2 出厂检验项目应包括外观和邵氏 A 硬度。
7.2.3 出厂检验中，若有一项不合格，应进行返修或剔除，返修后重新检验，直至合格。若返修后仍不合格，不得出厂。

7.3 型式检验

7.3.1 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

a）新产品定型或老产品转产时；
b）产品结构、材料、工艺有重大改变，可能影响产品性能时；
c）产品停产 1 年以上恢复生产时；
d）出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

7.3.2 检验项目

型式检验项目为本文件第 5 章规定的全部技术要求。

7.3.3 抽样方案

采用 GB/T 2828.1 规定的一次抽样方案，一般检验水平为Ⅱ级。

7.3.4 判定规则

所有检验项目均符合本文件要求，则判定为型式合格；任一项目不符合规定时，允许整改后重新检验；整改后仍不合格的，判定为不合格产品。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

每件产品或最小包装单元应清晰标示：产品标记（4.2）、批号、制造日期、制造厂名称。外包装上应标明“氢能密封用”“防潮”“避免高温”及堆码层数极限（符合 GB/T 191）。

8.2 包装

产品宜采用清洁、干燥的聚乙烯袋密封包装，每袋附产品合格证。外包装宜采用具有足够强度的瓦楞纸箱或木箱，箱内应填充缓冲材料。包装内宜放置适量干燥剂，不应使用含硫或含卤素的防潮材料。

8.3 运输

运输过程中应避免雨淋、曝晒和机械损伤，不应与酸、碱、油类及有机溶剂混运。搬运时不应抛掷或重压。

8.4 贮存

产品应贮存在温度不高于 30 ℃、相对湿度不大于 75%的通风干燥环境中，避免阳光直射，远离热源和产生臭氧的电气设备。在上述贮存条件下，自制造之日起，产品的贮存期不宜超过 24 个月。超过贮存期的产品，应按重新进行型式检验，合格后方可使用。

T/CEATEC XXX—XXXX

中 华 人 民 共 和 国
团 体 标 准
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
T/CEATEC XXXX－XXXX
*
中国欧洲经济技术合作协会
网址 https://www.ceatec.org.cn/
*
开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 XXX 千字
2026 年 X 月第一版 2026 年 X 月第一次印刷
*
如有印装差错 由中国欧洲经济技术合作协会调换
版权专有 侵权必究
举报电话：010-64516951

T/CEATEC XXX—2026