**《屏蔽辐射用橡胶管套》**

**编制说明**

**（征求意见稿）**

**标准起草工作组**

**2025年6月**

**《屏蔽辐射用橡胶管套》征求意见稿编制说明**

**一、标准编制工作简况**

1. **任务来源**

根据《工业和信息化部办公厅关于印发2024年第四批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科函〔2024〕352号文）要求，由中广核研究院有限公司牵头制定化工行业标准《屏蔽辐射用橡胶管套》，项目计划编号为2024-0999T-HG，全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会为归口单位，完成时间2025年。

1. **制定背景**

为了有效降低核电站工作人员的集体剂量，当前，国内核电站除采用混凝土辐射屏蔽措施外，还需对核岛厂房内众多放射性管道上的辐射热点实施辐射屏蔽。

然而，国内核电站普遍采用的传统屏蔽方式，如铅皮缠绕或铅板悬挂，存在诸多弊端。每次大修结束后，均需拆除包裹的铅皮或悬挂的铅板，频繁的拆装不仅导致大量铅皮或铅板的消耗，还会使现场拆装人员累积较高的集体剂量。此外，传统屏蔽方式为临时性，铅皮简单粗犷地叠加，不仅导致现场环境凌乱，难以进行精确的安全评估，并且未能实现辐射屏蔽的标准化，其安全性及屏蔽效果难以满足核电站的实际需求。

屏蔽辐射用橡胶管套通过材料定量设计、精确计算以及明确的安装和验收流程，彻底解决了传统屏蔽方式存在的问题。屏蔽材料能够紧密贴合管道安装，在提供优异屏蔽性能的同时，也显著改善了现场的整洁度和美观度。

该技术于2019年通过了中国核能行业协会的科技成果鉴定，鉴定委员会认为该技术具备自主知识产权，达到了国内领先、国际先进的水平，具备良好的社会和经济效益，具备在其他核电站及需要放射性屏蔽的领域推广应用的潜力。

目前，我国大陆地区商业运行核电机组共58台，在建核电机组共32台，随着核电发展，核电站运营对辐射防护有巨大的需求，国内已有扬州大学、成都盛帮密封件股份有限公司、河南双辐科技股份有限公司和中国核动力研究设计院等多家单位研发了多款屏蔽辐射用橡胶管套产品。然而，国内却尚未制定屏蔽辐射用橡胶管套的相关标准，导致管套的性能、安全性及屏蔽效果存在显著差异，难以确保满足核电站的使用需求。因此，为确保屏蔽辐射用橡胶管套的质量，进而保障核电安全，制定相关标准显得尤为重要。鉴于上述情况，本标准编制工作旨在规范屏蔽辐射用橡胶管套的产品分类与结构、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存，以期达到统一行业技术规范，提升管套产品质量，确保核电站运行安全高效。通过本标准的实施，有助于推动我国核能行业屏蔽技术的持续进步，为核电事业的长远发展奠定坚实基础。

1. **起草过程**

（1）2024年9月-2025年1月，标准起草工作组查阅了大量相关的技术资料，并对国内生产、使用情况进行了调研，形成了《屏蔽辐射用橡胶管套》的标准草案。

（2）2025年2月-2025年6月，标准起草工作组不断完善草案稿，编制完成《屏蔽辐射用橡胶管套》（征求意见稿），现开始征求意见。

1. **标准起草单位及主要起草人**

本标准的主要起草单位：中广核研究院有限公司

本标准的主要起草人：

任务分工：

表1 主要起草人及其所做的工作

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 起草人 | 起草单位 | 工作分工 |
|  |  |  |
|  |  |  |

**二、编制原则及技术指标确定依据：**

1. **编制原则**

依据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》编写。

1. **标准制定主要内容及其确定依据**
	1. **管套**

**2.1.1 外观**

外观应平整光滑，无明显疤痕和缺陷。

**2.1.2 尺寸及公差**

内径和中心至端面尺寸参考GB/T 12459《钢制对焊管件 类型与参数》中“表2长半径90°和45°弯头尺寸”和“表8等径三通和四通尺寸”设置，为了保证管套与管道贴合的同时确保安装效果，内径预留了2mm余量。

管段间坡度接口及角度范围的设定是为了便于现场安装对接，同时防止射线从接缝处泄露。

综合考虑从生产加工到安装的可行性和便利性，直管长度设定为600mm。

管套尺寸及公差（见表2）

表2 尺寸及公差

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 规格 | 类别 | 直管长度L/mm | 中心至端面A/mm | 内径d/mm | 企口宽度H/mm | 拼合处坡角角度θ/° |
| 62.3 | 直管 | 600±1 | — | 62.3±1 | 29±1 | 60±10 |
| 弯管 | — | 125±1 | 62.3±1 |
| 90.9 | 直管 | 600±1 | — | 90.9±1 |
| 弯管 | — | 163±1 | 90.9±1 |
| 三通 | — | 135±1 | 90.9±1 |
| 116.3 | 直管 | 600±1 | — | 116.3±1 |
| 弯管 | — | 201±1 | 116.3±1 |
| 三通 | — | 154±1 | 116.3±1 |
| 170.3 | 直管 | 600±1 | — | 170.3±1 |
| 弯管 | — | 278±1 | 170.3±1 |
| 三通 | — | 192±1 | 170.3±1 |
| 275.0 | 直管 | 600±1 | — | 275.0±1 |
| 弯管 | — | 430±1 | 275.0±1 |
| 三通 | — | 265±1 | 275.0±1 |
| 325.8 | 直管 | 600±1 | — | 325.8±1 |
| 弯管 | — | 506±1 | 325.8±1 |
| 三通 | — | 303±1 | 325.8±1 |

**2.1.3 铅当量**

管套的屏蔽性能是由铅当量表征的，是管套最重要的性能指标，综合考虑电厂的屏蔽需求和成产厂家的工艺技术水平，将管套的屏蔽效果按铅当量给出了以下四个级别。铅当量应符合**错误!未找到引用源。**的规定。

表3 铅当量

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 1级 | 2级 | 3级 | 4级 |
| 10mm厚度铅当量（60Co）/mmPb | 3.5≤·＜4 | 4≤·＜4.5 | 4.5≤·＜5 | ≥5 |

铅当量的试验方法依据GBZ/T 147-2002 《X射线防护材料衰减性能的测定》，该方法用60Co作为γ射线源，以铅当量(mmPb)评价管套的屏蔽能力，这是评价γ射线屏蔽材料性能的常用方法。相同厚度下，铅当量越高，意味着其对γ射线的衰减能力越强。

核电站不同区域内的管道，其表面的γ辐射剂量率差异巨大。对不同辐射水平的管道需要采用与之相匹配的屏蔽级别。

**2.1.4 耐辐照性能**

材料使用场景的电离辐射形式主要是γ射线。要求外观无鼓包、龟裂、离层等缺陷是基本要求，确保材料在经历一定剂量的辐照后不会发生脆化、开裂等严重劣化，从而丧失其基本功能。1×105Gy的辐照剂量，是材料在核电站正常运行以及换料大修等工况下服役30年的累积受照剂量。核电站正常运行期间，管道表面最大剂量率约为20mSv/h；同时按18个月换料大修的频率计算，30年累计进行20次大修，假设每次大修为期20天，大修期间管道表面最大剂量率约为10Sv/h。因此总剂量为：$20×10^{-3}×24×365×30+10×24×20×20=101256 Gy$。所以规定耐辐照性能为：经过累计1×105Gy的γ辐照后，外观应无龟裂、气泡、离层等缺陷。

* 1. **胶料**

**拉伸性能：**随着射线屏蔽功能填料含量的增加，材料屏蔽性能提高，但其拉伸强度和拉断伸长率通常会有所下降。材料在安装、使用过程中需要承受一定的外力作用，如管道的振动、温度变化引起的应力等。拉伸强度和拉断伸长率指标的确定是基于确保管套基本的机械强度。

**硬度**：标准设定了硬度的最低要求，确保材料不易在使用中被轻易划伤或压坏。

**热空气老化**：标准规定了70℃×72h热老化后的拉伸强度和拉断伸长率的变化率。

热空气老化后的性能变化率要求是考虑到核电厂高温运行环境，以保证材料在使用寿命内能够持续满足使用要求。

**阻燃**：根据核电站使用要求确定阻燃等级为V-1级，采用GB/T 2408-2021 《塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法》测定，表示材料在垂直燃烧测试中能在30s内自熄，燃烧颗粒或滴落物不引燃棉花垫。该标准与UL94标准的测试方法与等级划分基本一致，这一要求旨在降低材料在火灾发生时的风险，满足消防安全要求。



管套的胶料性能如下。

表4 管套用胶料性能

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 1级 | 2级 | 3级 | 4级 |
| 拉伸强度/MPa | ≥2 | ≥1.5 | ≥1 | ≥1 |
| 拉断伸长率 | ≥150% | ≥100% | ≥50% | ≥20% |
| 硬度/Shore A | ≥40 |
| 热空气老化70℃，72h | 拉伸强度变化率 | ≥-60% |
| 拉断伸长率变化率 | ≥-60% |
| 阻燃 | ≥V-1 |

**三、试验验证**

1、主要的试验（或验证）分析

表5 ～表7为四家生产厂家的共8批次生产的管套（编号为 ①～⑧号样品）进行测试后得到的试验数据。

表为进行拉伸强度、拉断伸长率和硬度试验后得到的试验数据。

表5拉伸性能和硬度试验数据

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 样品编号 |
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 拉伸强度/MPa | 5.92 | 2.51 | 4.80 | 2.63 | 1.40 | 4.89 | 2.83 | 3.58 |
| 拉断伸长率 | 300% | 465% | 260% | 92% | 137% | 142% | 165% | 65% |
| 硬度/Shore A | 56 | 45 | 55 | 83 | 73 | 77 | 61 | 88 |
| 热空气老化70℃，72h | 拉伸强度变化率 | -1.4% | -54.5% | -20.0% | -11.0% | 5.0% | 53.0% | -23.0% | 51.3% |
| 拉断伸长率变化率 | -11.8% | -53.7% | -25.0% | -17.0% | 3.0% | 13.0% | -30.0% | 13.1% |

表为进行阻燃试验后得到的试验数据。

表6阻燃试验数据

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 样品编号 |
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 阻燃 | V-0 | V-0 | V-0 | V-0 | V-0 | V-0 | V-0 | V-0 |

表为进行耐辐照性能试验后得到的试验数据。

表7耐辐照性能试验数据

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 样品编号 |
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ |
| 耐辐照性能（1×105Gy） | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 | 无龟裂、气泡、离层等缺陷 |

通过试验验证，本标准采用的试验方法科学合理。管套的铅当量和耐辐照性能指标设定合理，胶料的物理性能和阻燃性能指标合理。

2、技术经济论证和预期的经济效果

本次标准制定将使屏蔽辐射用橡胶管套的技术内容更加规范，有利于对屏蔽辐射用橡胶管套的质量监管，提高屏蔽辐射用橡胶管套的质量，促进我国屏蔽辐射用橡胶管套行业的发展，并为我国屏蔽辐射用橡胶管套生产提供技术保障，具有较好的经济效益和社会效益。

**四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况**

无

**五、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况**

本文件未采用国际标准或国外先进标准。

**六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的关系**

本文件与现行法律、法规及相关标准相协调，无冲突。

**七、重大分歧意见的处理经过和依据**

本文件在起草过程中无重大分歧意见。

**八、涉及专利的有关说明**

未涉及专利等知识产权内容。

**九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议**

建议本标准作为推荐性行业标准发布实施，自发布之日起6个月后实施。在标准发布后、实施前，做好新标准的宣贯工作，组织重点企业和检测机构的宣贯培训班，学习贯彻新标准。

**十、其它应予说明的事项**

无