|  |
| --- |
| 中国核学会团体标准 |
| 核电厂辐射屏蔽用橡胶基柔性复合材料  （征求意见稿） |
| 编制说明 |
| 标准起草工作组  2025年1月 |

标准名称

1. 工作简况
2. 任务来源

本标准制修订任务由中国核学会文件《中国核学会关于下达2023年度第一批团体标准立项计划的通知》（中核学发〔2023〕50号）下达，计划编号为HTB2023011，标准计划名称为《核电厂辐射屏蔽用橡胶基柔性复合材料》，由中广核研究院有限公司、扬州大学、阳江核电有限公司、福建宁德核电有限公司、大亚湾核电运营管理有限公司、辽宁红沿河核电有限公司起草，要求于2024年8月完成本项目。

1. 起草单位情况
2. 中广核研究院有限公司

标准主编单位，是国内领先的核电技术研发机构，在核电站辐射防护材料研究领域具有深厚的技术积累，建有专业的材料制备及性能测试实验室，具备开展橡胶基柔性复合材料全性能检测能力，在核级材料研发和应用方面拥有丰富经验。

1. 扬州大学

在高分子材料研究和开发方面具有较强实力，其材料科学与工程学科为省重点学科，在橡胶基复合材料改性及性能优化方面具有深入的研究基础，可为标准制定提供重要的理论支撑。

1. 阳江核电有限公司、福建宁德核电有限公司、大亚湾核电运营管理有限公司和辽宁红沿河核电有限公司

作为我国重要的核电运营单位，分别代表了我国南方和北方不同运行环境下的核电站，在辐射屏蔽材料的实际应用和使用维护方面积累了丰富的工程经验，能够为标准的适用性提供重要的实践依据。

1. 起草工作组组成及任务分工

起草工作组人员名单如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 性别 | 职务职称 | 任务分工 | 所在单位 |
| 刘峰 | 男 | 研究员级高级工程师 | 全面负责标准编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 李玉龙 | 男 | 研究员级高级工程师 | 总体组织标准编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 蒋丹枫 | 男 | 高级工程师 | 标准主要编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 康正 | 男 | 工程师 | 标准编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 刘夏杰 | 男 | 研究员级高级工程师 | 标准编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 詹杰 | 男 | 工程师 | 标准编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 李利 | 男 | 研究员级高级工程师 | 标准编制工作 | 中广核研究院有限公司 |
| 张明 | 男 | 教授 | 标准编制工作 | 扬州大学 |
| 管海洋 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 福建宁德核电有限公司 |
| 邹之利 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 阳江核电有限公司 |
| 关晓强 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 阳江核电有限公司 |
| 王伟 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 阳江核电有限公司 |
| 王春宏 | 男 | 讲师 | 标准编制工作 | 扬州大学 |
| 王升榕 | 男 | 工程师 | 标准编制工作 | 福建宁德核电有限公司 |
| 严荣伟 | 男 | 工程师 | 标准编制工作 | 福建宁德核电有限公司 |
| 解晶晶 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 大亚湾核电运营管理有限公司 |
| 黄荣许 | 男 | 研究员级高级工程师 | 标准编制工作 | 大亚湾核电运营管理有限公司 |
| 段小寻 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 大亚湾核电运营管理有限公司 |
| 赵延鹏 | 男 | 研究员级高级工程师 | 标准编制工作 | 辽宁红沿河核电有限公司 |
| 陈斌 | 男 | 高级工程师 | 标准编制工作 | 辽宁红沿河核电有限公司 |
| 王亮 | 男 | 工程师 | 标准编制工作 | 辽宁红沿河核电有限公司 |

1. 主要工作过程

本标准的起草过程主要分为前期准备、征求意见稿编制、送审稿编制、报批稿编制阶段。

4.1 前期准备（2023年4月-2023年12月）

前期准备阶段主要任务是成立起草工作组、分解工作任务、明确编制进度、收集相关资料、调研分析等。

明确责任分工后，各成员单位按计划开展调研和文件收集工作，主要围绕国内主要柔性屏蔽材料生产厂家的产品性能数据进行收集和分析，同时学习、消化各核电站对使用柔性屏蔽材料的经验。

根据前期工作成果，结合核电标准体系制定要求，将本标准的最初框架结构设置为：目次、前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存和附录。2023年8月15日通过了中国核学会标准立项审查会，根据会上专家意见，将原名称《核电厂橡胶基柔性复合材料辐射屏蔽》改为《核电厂辐射屏蔽用橡胶基柔性复合材料》。

4.2 征求意见稿编制（2024年1月-2025年1月）

2024年8月14日、12月19日召开了《核电厂辐射屏蔽用橡胶基柔性复合材料》工作组讨论稿的研讨会。参编人员对工作组讨论稿进行了充分的讨论，对标准的框架结构和材料的性能指标提出了具体的修改意见和建议，如材料的屏蔽性能、老化性能、环境友好性等。将标准的框架结构优化后，设置为：目次、前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、产品结构、要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存和附录。参编人员一致通过本标准工作组讨论稿，形成本标准征求意见稿初稿。

起草工作组根据会议意见对标准进行了修改和完善，在此基础上形成征求意见稿，于2025年1月16日将征求意见材料提交至核工业标准化研究所。

1. 标准编制原则和确定标准主要内容的依据
2. 标准编制原则

本着科学性、适用性和可操作性原则制定本标准。

1. 科学性原则

本标准充分吸取国内压水堆核电厂辐射屏蔽的良好实践、经验，结合压水堆核电厂辐射控制区环境下实际的情况，通过对国内主要柔性屏蔽材料生产厂家的产品性能数据进行收集和分析，同时对核电站进行实地调研，收集了大量柔性复合材料的性能数据，对材料的密度、拉伸强度、断裂伸长率、辐射屏蔽性能和耐辐照性能等关键指标进行了严格的实验验证和数据分析，确保标准中规定的各项技术要求具有充分的科学依据和可靠性。

1. 适用性原则

本标准规定了详细的技术规范要求和验收要求，并根据不同对象给出了不同的规格要求方法，可直接应用于压水堆核电厂辐射控制区的屏蔽实施，实用性好。

1. 可操作性原则

为确保标准的有效实施，本标准在制定过程中对检测方法的可操作性进行了重点考虑。通过对国内多家具备检测资质的检测机构的调研，详细了解了现有检测设备和技术条件，优化设计了各项性能指标的检测方法。此外，还考虑了生产企业的过程控制需求，规定了出厂检验方法，便于企业进行质量控制。

1. 确定标准主要内容的依据

本标准按照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。本标准中的主要设计要求和技术指标体现最新的研究成果，符合目前国内压水堆核电厂法律、法规和监管要求。

本标准共分9章。

1. 范围

本标准适用于指导辐射屏蔽用橡胶基柔性复合材料的技术要求及其在核电厂中的应用。

1. 规范性引用文件

本标准引用的参考文献。

1. 术语和定义
2. 产品结构

给出了直管段、弯头段、三通段等不同部件的详细尺寸示意图及标注。

1. 要求

根据国家相关安全法规及标准，结合核电厂现场使用环境，规定了产品各项性能指标要求。

1. 检验方法

规定了各项性能测试参照的标准以及试验方法。

1. 检验规则

说明了型式检验和出厂检验的规则。

1. 标志、包装、运输和贮存

说明了产品包装应标明的信息、包装要求、运输要求以及贮存条件。

1. 附录

应用设计与安装要求，说明了材料的设计应用流程与现场安装时的具体要求。

1. 标准主要内容的确定
2. 外观

要求外观平整光滑，表面不应有明疤、缺胶、异物、气泡、龟裂、离层等缺陷。

确定依据：外观质量影响材料的密封性以及整体美观性，有助于减少灰尘等杂质附着，防止在使用过程中因局部薄弱而导致损坏、内容物裸露或脱落。

1. 规格尺寸、公差

管道状柔性屏蔽材料内径参考相关管件标准，厚度公差有规定，管段间有坡度接口。

确定依据：尺寸参考GB 12459 钢制对焊管件 类型与参数，在此基础上增加了余量，是为了保证屏蔽材料的安装效果。厚度公差的规定是考虑到生产加工的可行性和屏蔽性能的稳定性，公差过大可能影响屏蔽效果。管段间坡度接口是为了便于现场安装对接，同时防止射线从接缝处泄露。

1. 屏蔽性能

单位厚度（1cm）产品对60Co的铅当量不低于3mmPb。

确定依据：通过大量的模拟计算、实验测试以及参考核电厂辐射屏蔽实际需求，经过对核电厂不同区域辐射强度的分析，结合橡胶基柔性复合材料的特性，确定此铅当量，同时也是在综合考虑材料成本、加工工艺等因素后得出的合理数值。

1. 物理机械性能

规定了密度、拉伸强度、拉断伸长率、硬度等指标及热空气老化后的性能保持率。

确定依据：密度影响材料的屏蔽性能，一定的密度范围能保证材料在具有合理的物理特性的同时满足屏蔽性能。拉伸强度、拉断伸长率和硬度等指标的确定是基于材料在安装、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。热空气老化后的性能变化率要求是考虑到核电厂长期运行环境下材料性能的稳定性，经过长时间的热老化试验和对材料老化机理的研究确定了这些性能变化的允许范围，以保证材料在使用寿命内能够持续满足使用要求。

1. 阻燃性能

要求阻燃达到V0级。

确定依据：核电厂环境存在火灾风险，一旦发生火灾，屏蔽材料需要具备良好的阻燃性能，防止火势蔓延。V0级是燃烧性能测试中的最高阻燃等级，基于核电厂安全考虑，此阻燃等级能有效降低火灾危害，保护核电厂设施和人员安全。

1. 抗辐照性能

抗辐照水平≥200kGy，辐照后材料无破损，拉伸强度保持率≥40%，断裂伸长率保持率≥40%。

确定依据：200kGy的辐照剂量，是材料服役于表面剂量率为10Sv/h的管道累计833天的γ剂量，可以保持在20次为期30天大修后材料性能的稳定性。

1. 热失重率

规定200℃温度下热失重率≤5%。

确定依据：保证材料在高温环境下的稳定性，减少材料的挥发和损耗。

1. 标准水平分析
2. 国内外标准对比分析

目前国内外尚无专门针对核电厂辐射屏蔽用橡胶基柔性复合材料的标准。

1. 技术指标水平

本标准的主要技术指标能够满足核电的实际使用需求。

1. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与现行法律、法规及相关标准相协调，无冲突。

1. 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中无重大分歧意见。

1. 涉及专利的有关说明

本标准涉及如下专利：

CN201510344776.X 一种柔性屏蔽材料及其制备方法

CN201620941905.3 一种新型辐射防护复合材料

1. 贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准自发布之日起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。

1. 废止现有有关标准的建议

无

1. 预期效果
2. 技术效果

* 规范产品质量
* 提高产品可靠性

1. 经济效果

* 降低生产成本
* 减少质量损失

1. 参考资料清单

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 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分：邵氏硬度计法（邵尔硬度）

GB/T 533 [硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定](https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=71F772D77801D3A7E05397BE0A0AB82A" \t "_blank)

GB/T 2408-2021 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

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 12459 钢制对焊无缝管件

GB/T 14383 [锻制承插焊和螺纹管件](https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=BD89DE8E07A23D08E05397BE0A0A4FAD" \t "_blank)

GBZ/T 147-2002 X射线防护材料衰减性能的测定

1. 其他应予说明的事项

无