

《核工业用高纯金属铅技术规范》

(征求意见稿)

编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

本项目根据中国欧洲经济技术合作协会 2026 年团体标准制定计划，项目名称为《核工业用高纯金属铅技术规范》项目计划号 T/CEATEC-2026-149 的任务而进行制订。

(二) 起草单位及主要起草人

本文件起草单位：中核晶环锆业有限公司、河北睿阳稀有金属制品有限公司、中信（辽宁）新材料科技股份有限公司、有研资源环境技术研究院（北京）有限公司、福建阿石创新材料股份有限公司。

本文件主要起草人：刘菁、牛文斌、李杰、尹延西、陈本宋。

(三) 标准制定目的和意义

从产业角度分析，制定《核工业用高纯金属铅技术规范》团体标准的意义主要体现在以下几个方面：

1. 目的

核工业用高纯金属铅是核反应堆堆芯构件、核燃料包壳配套部件、核控制材料制备的关键特种金属材料，依托超高纯度杂质控制、铅-锆元素分离提纯、晶粒组织调控、低气体元素含量管控、表面洁净处理等核心技术，承担着核反应堆中子吸收、堆内结构构件制备、特种核工况耐腐蚀基体、核装置关键零部件加工的重要作用，其纯度水平、杂质元素含量、力学性能、耐辐照性能与综合使用可靠性直接关系核装置运行安全性、构件服役寿命、反应堆控制响应特性以及核工程装备整体稳定性。该材料广泛适配压水堆、快中子反应堆、特种试验堆、核科研装置、核燃料配套组件等核心应用场景，既能够满足核工况下强中子辐照、高温高压腐蚀环境、长周期服役的严苛

使用要求，又可在强辐照侵蚀、高温介质冲刷、交变应力、高洁净制备环境等复杂工况条件下维持化学成分稳定性、组织均匀性与构件服役可靠性，同时具备中子吸收截面高、耐高温水腐蚀、热加工工艺性能优良、杂质含量极低、批次成分一致性好等特点，为我国核工业领域关键装备实现高安全、长寿命、稳定化运行提供重要物质保障，是我国先进核能产业发展不可或缺的关键基础材料。

早期核工业领域相关构件制备多采用普通工业级金属铅及相近稀有金属材料，依托常规冶炼成型工艺改良制备，仅可实现基础等级铅材料生产，存在金属纯度不足、锍等伴生杂质分离不彻底、氧氮碳等气体元素含量偏高、材料内部组织均匀性较差，同时材料辐照性能考核、腐蚀性能验证、加工过程洁净管控、极端工况服役容错能力不足等短板，无法适配先进反应堆、特种核科研装置对高纯金属铅的高等级使用需求。随着国内先进核能体系高速迭代，新一代反应堆技术持续落地，核装置对铅材的杂质精准控制、组织均一性、耐辐照腐蚀性能、长周期服役可靠性的要求显著提升，普通工业级铅材料高纯提纯能力有限、有害杂质管控水平不足、服役性能验证体系不完善、长期工况稳定性欠缺的矛盾逐步显现，已经难以匹配先进核工程装备的技术发展方向。近年来，电子束熔炼、真空区域提纯、铅锍深度分离、高纯铸锭成型、洁净塑性加工、痕量元素精准检测等技术不断成熟，推动高纯金属铅向着超高纯度、低有害杂质、高组织均匀性、优良耐辐照腐蚀性能、批次性能稳定方向快速发展，通过提纯工艺优化、杂质元素定向脱除、铸锭-加工全流程洁净管控、性能评价体系完善、成品质量溯源管控，国产高纯金属铅材料技术成熟度与工程应用适配能力持续提高，逐步成为国内先进核工程装备关键构件的重要备选材料。

然而，当前行业发展过程中缺少针对核工业用高纯金属铅的统一专项技术规范，现有标准大多面向通用稀有金属材料、普通工业金属铅产品，标准较为分散、技术指标宽泛，针对核用场景下铅-锍分离控制、痕量杂质限定、气体元素管控、耐辐照腐蚀性能、成品洁净度、服役性能考核等专项技术要求针对性不足，造成不同生产单位产出材料在关键杂质限值、晶粒组织状态、力学性能波动、耐腐蚀指标、成品表面质量等关键

技术参数上差异较大。部分产品存在伴生杂质管控不严、气体元素超标、组织均匀性差、表面存在污染缺陷、模拟工况服役性能不达标等问题，不仅加大核工程领域材料选型评估、构件加工适配、入厂检验验收的难度与核装备应用安全风险，还因为缺少统一的核用铅材料判定依据、可靠性考核方法与验收准则，造成核装备研制与工程建设成本抬升，构件服役失效风险加大，给核装置带来运行安全隐患，严重制约国产高纯金属铅材料的规模化工程应用与行业整体技术进步。制定本标准的重要性与必要性愈发凸显：一方面，标准能够明确核工业用高纯金属铅的质量底线、关键成分指标阈值、加工制造要求、试验验证方法与综合质量评价体系，确立核用高纯金属铅的技术准入条件，有效规避材料应用风险，筑牢核工程装备构件质量安全、装置运行安全防线；另一方面，统一的技术规范能够提升不同供货单位材料在核装备项目中的互换性、工艺适配性，降低材料选型评估、构件加工集成、入厂验收验证以及后期质量管控成本，推动上下游产业链协同联动。同时，标准的建立能够引导生产企业聚焦提纯工艺优化、制备流程升级、成品综合服役性能提升，助力国产高纯金属铅材料在高安全等级核装备应用场景实现技术突破，为我国先进核能产业安全高质量发展提供坚实支撑。

2. 意义

近年来，国家高度重视先进核能产业高质量、安全化发展，持续推进核工业关键原材料国产化攻关与核装备安全保障体系建设，陆续出台多项政策文件，明确要求加快核用特种金属材料技术攻关，强化核心原材料质量管控与可靠性验证，完善核工业专用材料标准体系，推进关键核材料领域标准制修订，全面提升核工程装备运行安全性与核心材料国产化水平。为积极响应国家产业政策，健全核工业专用材料标准化体系，规范核工业用高纯金属铅的生产制备、质量管控与工程应用秩序，提升材料纯度精度、服役可靠性与批次稳定性，保障核装置安全稳定运行、提质增效发展，亟需制定《核工业用高纯金属铅技术规范》，为行业标准化发展、国产高纯铅材料品质升级及规模化工程应用提供权威标准依据与技术支撑。

（四）主要工作过程

1. 前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集相关的材料。同时，标准编制小组安排相关人员，多次与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2026 年 7 月 29 日本团体标准由中国欧洲经济技术合作协会正式立项，立项名称为：《核工业用高纯金属钎技术规范》。

2. 标准起草过程

2026 年 7 月，团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于 2026 年 8 月初完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

二、标准编制原则和依据

（一）编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

（二）标准主要内容与确定依据

1. 标准主要内容

1.1 范围

本文件规定了核工业用高纯金属钎的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于核反应堆控制棒、中子吸收体、堆内结构件及其他核工业用高纯金属钎材料。

1.2 规范性引用文件

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法

GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第 2 部分：高温试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分： 试验方法

GB/T 1423 贵金属及其合金密度的测试方法

GB/T 4164 金属粉末中可被氢还原氧含量的测定

GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热情气熔融-红外线吸收法

GB/T 38524 铅棒和铅丝

YS/T 1239 高纯铅

ASTM E1268 Standard Practice for Assessing the Degree of Banding or Orientation of Microstructures

ASTM E112 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size

1.3 术语和定义

对核工业用高纯金属铅的术语和定义进行规定。

1.4 分类

对核工业用高纯金属铅的分类进行规定。

1.5 技术要求

对核工业用高纯金属铅的技术要求进行规定。

1.6 试验方法

对核工业用高纯金属铅的试验方法进行规定。

1.7 检验规则

对核工业用高纯金属铅的检验规则进行规定。

1.8 标志、包装、运输、贮存

对核工业用高纯金属铅的标志、包装、运输、贮存进行规定。

1.9 质量证明书

对核工业用高纯金属铅的质量证明书进行规定。

2. 确定标准主要内容的依据

本标准主要依据国家核能产业高质量发展、核装备安全管控及关键核材国产化相关政策要求制定，严格按照 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》编制，全面引用核用金属材料、高纯材料检测、核装备可靠性评价

等现行国家及行业标准。结合核反应堆及核工程装备实际服役工况，聚焦高纯金属铅的杂质含量控制、成分均匀性、耐辐照腐蚀性、力学性能、洁净度、批次稳定性等核心指标，依托国内高纯铅材料成熟制备工艺与工程应用数据，兼顾技术先进性与落地实用性。针对行业缺乏专项专用规范、材料指标不统一、质量管控不一、检测验收无统一准则等突出问题，明确材料技术要求、试验方法、检验规则及包装、贮存、使用规范，形成标准化、可落地的条款体系，适配各类核工业装备应用场景，支撑国产核用高纯金属铅材料规范化、高质量发展。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

本标准编制过程中选取多家主流企业高纯金属铅产品，围绕核心质量与服役可靠性指标开展系统检测验证，涵盖痕量杂质控制、铅锑分离纯度、成分组织均匀性、耐辐照性能、高温腐蚀性能、力学稳定性、气体元素含量、批次一致性等关键项目，结合核装置高温高压、强辐照、长周期服役等极端工况开展适配性考核。试验结果表明，参评样品各项性能均满足核工业装备使用要求，相较普通工业级铅材，纯度精度、服役稳定性、工况适配性显著提升，可有效规避构件性能衰减、工况失效等风险，产品整体质量可靠、性能稳定，标准技术指标科学合理、可验证、可工程落地。

技术经济论证方面，本标准依托国内成熟的高纯铅熔炼提纯、精密加工及检测技术体系制定，企业无需大幅改造生产线即可达标落地，技术适配性强。统一的专项技术规范，可明确核用高纯金属铅质量底线，规范行业生产与质控秩序，解决当前产品指标混乱、质量层级不一、验收无统一依据、工程适配性差等行业痛点。同时可简化材料选型、入厂验收、性能核验及服役运维流程，降低企业研发、生产与质控成本，引导企业优化提纯工艺、提升材料耐辐照与耐久性能，补齐国产核用高纯铅材料质量短板，提升国产化材料市场竞争力。

本标准实施后，将推动核工业用高纯金属铅行业规范化、高质量发展，筑牢核装备材料安全、服役运行安全防线，有效降低核装备构件失效风险，提升核装置运行稳定性与服役寿命，产生良好的工程效益与经济效益。同时可完善我国核工业特种金属材料

标准体系，夯实核能产业链供应链安全保障能力，助力先进核能产业安全、稳定、高质量发展，具备显著的行业价值与社会效益。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

本标准首次制定，没有特殊要求。

十、其他应予说明的事项

无。

《核工业用高纯金属钪技术规范》团体标准编制组

2026 年 9 月