**《非能动核电机组初级中子源棒制造及安装技术要求》编制说明**

**（征求意见稿）**

**一、工作简况**

**1、任务来源**

2024年6月，在上海核工程研究设计院股份有限公司（以下简称“上海核工院”）的技术支持下，国核铀业发展有限责任公司（以下简称“国核铀业”）供应的初级中子源棒由原子高科股份有限公司（以下简称“原子高科”）在国核示范电站有限责任公司（以下简称“国核示范”）“国和一号”1号机组完成安装，标志着国内非能动核电机组初级中子源棒首次实现了国产化制造及安装。回顾整个国产化过程，面对新的初级中子源棒设计、材料要求，在国内无成熟经验的情况下，各方动用了大量资源进行工艺开发（尤其是源棒焊接工艺开发尝试焊接参数30余组，焊接试样300余件），确定了制造方案、安装方案，过程中积累了大量的经验，包括各种工艺（包括安装工艺）的开发、鉴定经验，以及相关的质量管控经验，还有横向抽出方式的实施及源棒翻转装置的开发等。随着国家核准非能动核电机组数量的增加，“国和一号”1号机组的成功经验具有推广应用的价值，结合国家规划原子高科生产线搬迁及人员变动将于近期落地，可预见非能动核电机组初级中子源棒制造及安装经验流失的倾向，编制本标准具有重大意义和显著需求。

2025年6月，国核铀业与中国核能行业协会签订《中国核能行业协会团体标准制修订专项技术咨询服务合同》，包括团体标准《非能动核电机组初级中子源棒制造及安装技术要求》。

**2、主要工作过程**

国核铀业研判国家政策和供方变化情况后，决定积极推广应用“国和一号”1号机组的成功经验，并得到了原子高科、上海核工院与国核示范的积极响应，随即成立了标准编制工作组，对标准编制工作按照起草阶段、征求意见稿阶段、送审稿阶段、报批稿阶段分别进行了任务分工和筹划，并按计划完成了起草阶段、征求意见稿编制阶段任务。

2.1起草阶段

国核铀业组织原子高科、上海核工院和国核示范成立了中国核能行业协会团体标准编制工作组，组织编制工作。标准编制工作组组织成员集中培训，宣贯了中国核能行业协会团标的编制流程及编制要求。工作组调研了国内外初级中子源棒制造及安装的标准现状，并与“国和一号”1号机组初级中子源棒的各项技术要求进行了对比分析，于2024年11月形成草案稿。

2.2征求意见稿编制阶段

2024年11月25日核能行业协会召开了立项评审会，9位评审专家审查了草案稿，一致通过立项，并提出了修改意见、建议。标准编制工作组针对草案稿的意见、建议进行归纳、总结，于2025年5月编写完成了中国核能行业协会团体标准《非能动核电机组初级中子源棒制造及安装技术要求》的征求意见初稿，并组织征求意见稿研讨会，对征求意见稿的内容条款和技术指标进行逐条研讨，对标准编制过程中遇到的相关问题进行深入交流并达成共识，确定了标准征求意见稿的内容，完成征求意见稿。

**3、主要参加单位和工作组成员及其所作的工作等**

国核铀业作为主要编制单位之一负责起草标准文本，原子高科作为另一主要编制单位之一负责补充完善制造及安装技术细节，上海核工院作为设计单位提供设计输入及技术支持、国核示范作为实际使用单位提供初级中子源棒安装及接收相关经验。

**二、标准编制原则和主要内容**

**1、标准编制原则**

本标准编制组本着立足技术先进、规范合理、通俗易懂的原则，基于国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造及安装的工程应用实践来进行本标准的制定工作。

（1）科学性

本标准编制小组参与了国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造及安装的全过程。在上述过程中，本标准编制小组进行了深入的调研，以上海核工院提出的技术条件为基础，结合国外技术文件及安装实践，对一些技术条款进行了适用性调整，进行了包括原材料及零部件采购、密封中子源制造、初级中子源棒制造及安装在内的全国产化路径开发，探索出了通过工艺鉴定、切实可行、满足技术要求的成功方案。本标准编制小组基于国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造及安装的实施，通过总结分析和经验反馈，本着标准规范、通俗易懂、适用性强的原则和满足新版标准编写规则要求的前提下开展了编制。

（2）实用性

本标准规定了非能动核电机组初级中子源棒制造和安装的工艺、鉴定、试验和检验等要求，以统一后续非能动核电机组初级中子源棒制造和安装的技术要求，使其向科学化、合理化方向迈进，减少主观性、随意性，增加科学性、客观性，从而达到提高核电行业质量管控水平的目的。

**2、标准主要内容的依据**

本标准遵循GB/T 1.1-2020的要求进行编制，主要内容如下。

（1）范围

本章说明了本标准的对象和内容。

（2）规范性引用文件

本章列出了本标准所引用的文件。

（3）术语和定义

本章明确了本标准用到的术语和定义。

（4）初级中子源棒结构

本章说明了非能动核电机组初级中子源棒及其内部密封中子源的基本结构。

（5）总体要求

本章结合HAF003及核燃料制造质量管控经验提出了非能动核电机组初级中子源棒制造和安装的质量管控及合格性鉴定总体要求。

（6）原材料及零部件采购

本章结合上海核工院技术条件和国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造的成功经验，提出了原材料和零部件的技术指标、推荐使用的检验方法、需开展的合格性鉴定、关键质量特性等。

（7）密封中子源制造

本章结合原子高科密封中子源设计要求和国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造的成功经验，提出了密封中子源的制造流程、焊接合格性鉴定要求、密封中子源产品各项检验要求。依据的相关标准包括《GB4057-2009 密封放射源一般要求和分级》、《GB/T15849-1995 密封放射源的泄漏检验方法》。

（8）初级中子源棒制造

本章结合国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造从工艺开发、工艺鉴定、到成功制造并入堆的经验，提出了初级中子源棒的制造流程、工艺要求、合格性鉴定要求、检验方法和合格标准、出厂验收要求等。依据的相关标准包括《GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温试验方法》、《GB/T 2651 金属材料焊缝破坏性试验 横向拉伸试验》、《GB/T 11809 压水堆燃料棒焊缝检验方法 金相检验和X射线照相检验》、《GB/T 11813 压水堆燃料棒氦质谱检漏》等。

（9）初级中子源棒安装

本章结合国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化安装并入堆的成功经验，提出了初级中子源棒安装前应开展的各项准备工作以及现场安装操作的要求、安装后检查项目及合格标准等。

（10）辐射防护要求

本章结合国内非能动核电机组初级中子源棒首次国产化制造和安装的成功经验，提出了初级中子源棒制造期间、进场前以及安装期间的辐射要求。

**3、解决的主要问题**

目前国内尚无非能动核电机组初级中子源棒的制造及安装标准。《EJ 810-1994 压水堆核电厂一次启动中子源棒》发布于1994年，且不涉及安装内容。早期《EJ/T 499-1989 三十万千瓦压水堆核电厂一次中子源棒设计和制造技术》为针对三十万千瓦压水堆核电厂编制，2004年在其基础上修订发布了《EJ/T 499-2004 压水堆核电厂一次中子源棒设计和制造技术条件》。

非能动核电技术初级中子源棒在技术要求上与国内此前压水堆的初级中子源棒技术要求存在差异，非能动核电技术的出现对上述EJ标准体系的适用性提出了挑战。

在国核示范电站初级中子源棒项目实施过程中，由于其所需中子源强度比国内其他电站的高、其初级中子源棒技术要求与其他压水堆型核电机组的存在差异，项目团队发现EJ 810-1994、EJ/T 499-2004对非能动核电机组的指导性不足。比如原材料要求不一致，下端塞不涉及堵孔焊、源棒检验项目要求不一致、泄漏率要求不一致、抗拉强度要求不一致，安装方式不一致等。另外，EJ/T 499-2004要求供应商提供源棒的中子发射率测量报告及源棒在规定距离处的中子和γ剂量率，在国核示范电站初级中子源棒中子源强度条件下，此要求可行性不足。

2004年，结合国内15年初级中子源棒的相关经验，EJ/T 499由1989年适用于三十万千瓦压水堆核电厂修订扩大了适用范围。随着2024年非能动核电技术初级中子源棒在国核示范电站首次成功实现国产化，提出非能动核电机组初级中子源棒的制造及安装标准适逢其时。本标准的编制有助于统一非能动核电机组初级中子源棒的制造及安装的技术要求，简化后续非能动核电机组初级中子源棒制造和安装中的重复劳动，为制造单位提供统一的标准。

**三、主要试验（或验证）情况**

无。

**四、标准中涉及专利的情况**

本标准不涉及专利问题。

**五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况**

自2022年以来，国家每年均有核准CAP非能动核电机组，包括国家电投集团的6台、中核集团的4台以及广核集团的2台。这些核电机组最快将于2026年对非能动核电机组初级中子源棒的国产化制造和安装有需求。

推广和应用国核示范电站初级中子源棒的国产化制造和安装的成功经验，有利于各非能动核电机组采用统一的标准规范进行初级中子源棒的制造和安装，有助于提升我国压水堆初级中子源棒设计能力和规范性，能够促进结构优化及设计水平的提升，对于国内压水堆的长远发展具有重要推动作用。

**六、与国际、国外对比情况**

未检索到初级中子源棒相关国际标准、国外先进标准等，本标准引用了一些公开发布的ASTM标准，仅涉及使用其所述方法。

**七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性**

在“国和一号”之前，国内HPR系列及M310系列压水堆核电机组使用的一次中子源棒使用的相关标准为《EJ 810-1994 压水堆核电厂一次启动中子源棒》和《EJ/T 499-2004 压水堆核电厂一次中子源棒设计和制造技术条件》。“国和一号”1号机组是首次实施初级中子源棒国产化制造和安装的CAP非能动核电机组。相较于上述一次中子源棒EJ标准技术要求，CAP系列压水堆核电机组的初级中子源棒，在设计上诸如氧化铝有水含量要求且抗压强度更高、下端塞不开孔因而不涉及堵孔焊、环焊有熔深要求、没有晶间腐蚀要求、泄漏率要求更低、不限制源棒抽出方式等方面均存在差异。本标准是针对非能动核电机组初级中子源棒制造和安装的技术要求规范，是对现有一次中子源棒EJ标准体系的补充。

初级中子源棒作为核燃料的一部分，其制造及安装全过程均需按核质保体系要求进行，本标准明确了应按照《核电厂质量保证安全规定》（HAF003）及其有关导则的要求执行；密封中子源的设计、制造及检验需满足强标GB 4075《密封放射源 一般要求和分级》，本标准也进行了引用。综上所述，本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

**八、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**九、标准性质的建议说明**

建议本标准的性质为团体标准。

**十、贯彻标准的要求和措施建议**

标准发布后，国核铀业将配合中国核能行业协会组织行业召开标准宣贯会，开展培训活动，促进该标准更好的贯彻实施。

**十一、废止现行相关标准的建议**

无。

**十二、其他应予说明的事项**

无。