|  |
| --- |
| **附件5：**  中国核学会团体标准 |
| 高温气冷堆核动力厂  燃耗测量系统设计准则 |
| 编制说明 |
| （征求意见稿） |
| 标准编制组  2025年6月 |

# 任务来源及计划要求

本部分制订任务由中核集团文件“关于下达中核集团集中研发项目高温气冷堆标准体系研究与建设任务书的通知”（中核科发【2024】461号）下达，项目计划周期为2024年12月至2028年12月。

2025年6月13日，中国核学会《关于下达2025年度第一批核学会团体标准立项计划的通知》（中核学发【2025】166号）下达了《高温气冷堆核动力厂燃耗测量系统设计准则》编制计划（计划编号：HTB2025074）。

# 标准编制组组成

本标准编制组成员情况：

表1：标准编制组成员名单

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓名 | 单位 | 职务/职称 | 负责编写内容 |
| 1 | 张立国 | 清华大学核能与新能源技术研究院 | 高工 | 主要起草 |
| 2 | 肖海燕 | 清华大学核能与新能源技术研究院 | 工程师 | 参与编制 |
| 3 | 曹建主 | 清华大学核能与新能源技术研究院 | 研究员 | 审核全文 |
| 4 | 刘学 | 中核能源科技有限公司 | 工程师 | 参与编制 |
| 5 | 安东 | 中核能源科技有限公司 | 工程师 | 参与编制 |
| 5 |  | 中核战略规划总院标准化所 |  | 参与编制 |

# 编制过程

## 3.1 总体过程

本标准的制定过程主要分为前期准备、初稿编写和征求意见稿编写阶段。

## 3.2 前期准备（2024年12月-2025年3月）

主要任务是成立标准编制小组，分解工作任务、文件收集和调研分析、明确标准编制的进度控制。

在前期准备阶段成立标准编制小组和明确工作任务后，首先消化吸收清华大学核能与新能源技术研究院、中核能源科技有限公司等单位在高温气冷堆燃耗测量系统设计、制造和调试过程中积累的实践经验；收集了国标（GB）和能源标准（NB）有关的检测、检验标准，并对上述所有标准进行了研究和分析，确立编制标准的构架以及技术内容。

根据核电标准体系研究的前期工作分析结果，确定了本标准编制的进度安排。

## 3.3 初稿编写（2025年4月-2025年5月）

在上述调研分析的基础上同时结合国内高温气冷堆工程实际情况，起草了本标准的初稿，明确了燃耗测量系统的功能、组成、安全分级、设计原则和设计要求等核心内容。

## 3.4 征求意见稿编写（2025年6月）

在初稿完成后，在具体章节编写过程中，主编单位向各参编单位征求了相关意见，对标准内容的定位和合理安排进行了讨论。主编单位内部对反馈意见进行多次反复讨论和修改，最终形成本标准征求意见稿。

# 相关标准现状分析

## 4.1 我国相关标准现状分析

针对高温气冷堆燃耗测量系统，国内目前尚无专门的设计标准。仅《高温气冷堆核动力厂仪表系统设计准则》中对燃耗测量系统的设计给出过部分原则性要求，但缺乏针对燃耗测量系统功能、组成、设计原则和设计要求的详细指导。现有标准体系中，针对球床式高温气冷堆独有的燃耗测量系统设计缺乏专项规范，无法满足工程实践需求。

## 4.2 国外相关标准现状分析

燃耗测量系统是球床模块式高温气冷堆所独有的工艺辅助系统，目前国际上并无针对该系统的相关标准。国外类似高温气冷堆项目中，燃耗测量系统的设计经验多以企业内部技术文件形式存在，未形成公开的标准化文件，无法为我国高温气冷堆产业推广提供直接参考。

# 标准制修订背景

随着华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆示范工程（HTR-PM）的商运和后续机型设计、建造工作的开展，高温气冷堆已经基本具备产业推广的基础。在10MW高温气冷试验堆、高温气冷堆示范工程设计、建造、安装、调试和运行过程中，标准提出单位在高温气冷堆燃耗测量系统设计、制造和调试过程中积累了较为丰富的实践经验，应适时对其进行总结、提高，形成标准，为其产业推广提供基础。

燃耗测量系统是球床模块式高温气冷堆所独有的工艺辅助系统，需要在线对球形元件进行类别鉴别（石墨球与燃料球），对燃料球进行燃耗测量，识别乏燃料球，目前没有配套标准作为指导。针对燃耗测量系统的功能、组成、设计原则和设计要求等进行规范，可以促进燃耗测量系统设计的标准化，为高温气冷堆核动力厂的安全、经济运行提供技术支撑。

# 主要技术内容说明

下面按标准的条文顺序对标准内容进行说明。

## 6.1 标准结构范围

本标准主要由范围、规范性引用文件、术语和定义、系统功能、系统构成、安全分级、设计原则、设计要求等部分组成，形成对高温气冷堆燃耗测量系统设计的完整规范体系。

## 6.2 范围

本标准规定了球床式高温气冷堆核动力厂燃耗测量系统设计准则，包括系统功能、系统组成、安全分级、设计原则和设计要求，适用于高温气冷堆核动力厂燃耗测量系统设计。

## 6.3 规范性引用文件

引用了GB/T 11684《核仪器电磁环境条件与试验方法》和GB/T 8993《核仪器环境条件与试验方法》，为燃耗测量系统的环境适应性和电磁兼容性设计提供依据。

## 6.4 术语和定义

对燃耗深度、燃料球、石墨球、乏燃料球、富集度、能量分辨率等关键术语进行了定义，明确了标准适用的专业术语体系，便于使用者准确理解和应用。

上述术语的定义主要参考了GB/T 4960系列标准。

## 6.5 系统功能

本节定义了系统主要功能，包含主要功能和辅助功能。

1. 主要功能：鉴别石墨球和燃料球；测量燃料球燃耗深度，识别乏燃料球。
2. 辅助功能：辅助完成初装堆及过渡过程中不同富集度燃料球的鉴别；乏燃料球与石墨球分检鉴别。

## 6.6 系统构成

本节根据设计实践给出了燃耗测量系统总体配置和要求和各子模块（子系统）的构成及功能描述。

## 6.7 安全分级

明确燃耗测量系统各装置和子系统及其所属设备均属非安全级、常规抗震类和常规质保等级，为系统设计的安全边界提供依据。

## 6.8 设计原则

分别针对燃耗测量装置、元件分检装置和远程控制子系统指出了实现其功能的基本方法、关键设计特征与参数分析方法和核心参数要求，作为系统级别的设计原则。

## 6.9 设计要求

对燃耗测量装置、元件分检装置和通用接口等提出具体技术要求，包括：

1. 高纯锗γ谱仪子系统的相对效率、能量分辨率、计数率等技术指标；
2. 刻度子系统、屏蔽系统的设计要求；
3. 前端探测器、计数率仪的选型与性能要求；
4. 土建、机械、电气、控制等接口设计要求；
5. 电缆、电磁兼容、环境适应性和接地等通用技术要求。

# 重大问题的处理经过和依据

本标准编制过程中无重大技术问题需要处理。

# 参考资料清单

1. GB/T 4960系列 核科学技术术语
2. GB/T 11684-2003 核仪器电磁环境条件与试验方法
3. GB/T 8993-1998 核仪器环境条件与试验方法
4. T/CNS 41-2020 高温气冷堆核动力厂仪表系统设计准则

# 其他需要说明事项

无。