

团 体 标 准

T/CNS 57—2022

高温气冷堆核动力厂 石墨粉尘去污导则

Guidelines for graphite dust decontamination in high temperature gas cooled
reactor nuclear power plants

2022-12-16 发布

2023-04-01 实施

中国核学会 发 布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 去污准备	1
6 去污实施	2
7 去污效果评定	3
8 记录与保存	3
附录 A （资料性） 典型去污对象的去污方法	4

前 言

本文件按照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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：华能山东石岛湾核电有限公司、中国辐射防护研究院、华能核能技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：刘莹、周大为、郭丽潇、姜子琪、梁宇、张宇航、秦荣、高志婷、梁大鹏、赵晋杰、曹健、邓少刚、李龙、梁栋、曹西振、黄淑龙、杨博、孔杰、李泳江、杨雅展、火伟贤、柯海鹏、安娜、贾晶晶。

高温气冷堆核动力厂石墨粉尘去污导则

1 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力厂石墨粉尘去污方法、去污试剂使用、去污实施等方面的技术要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂调试、运行阶段石墨粉尘去污工作，退役阶段石墨粉尘去污工作参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4960.8 核科学技术术语 第8部分：放射性废物管理

3 术语和定义

GB/T 4960.8界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

去污 decontamination

用物理和（或）化学方法去除或降低放射性污染的过程。

3.2

石墨粉尘 graphite dust

高温气冷堆核动力厂在调试、运行阶段，燃料元件循环中因摩擦、碰撞而产生的含有放射性核素、主要成分为石墨的粉尘。

4 总则

4.1 在高温气冷堆核动力厂在役检查、维修、事故处理、改造时，应根据辐射防护要求，对受到放射性石墨粉尘污染的部件、构件进行去污。

4.2 采用的去污技术不应对相关部件、构件造成损害。

4.3 选用去污方法时应进行代价利益分析，按照辐射防护最优化和废物最小化原则，采取有效、安全、经济的去污方法，制定合理的去污指标。

5 去污准备

5.1 去污前，应对去污对象进行充分的特性评估，包括放射性污染源项与物理化学特征，去污方法参见附录 A。

5.2 对不可拆卸的部件、构件进行去污，宜选择机械振打、真空集尘等去污方法。

5.3 对于拆卸件的去污，如阀门、管件等，宜选择擦拭、真空集尘等去污方法，对去污效率要求较高时可选择泡沫、可剥离凝胶等去污方法。

5.4 去污前应编制去污规程，对特殊去污场景，应编制专项去污方案。

5.5 去污前应准备相应的辐射防护用品，包括基本防护用品和附加防护用品。

6 去污实施

6.1 机械振打去污

6.1.1 通过外部机械振动、扰动等作用，使沉积的石墨粉尘被流体载带迁移从而实现去污。

6.1.2 机械振打设备安装在待去污系统外侧，使用过程中应控制频率、功率等。使用前应进行安全性评估，防止对系统稳定性造成影响。

6.1.3 机械振打去污设备宜间歇式开启。

6.1.4 去污过程中应对污染情况进行测量，去污完成后应及时停止作业。

6.2 真空集尘去污

6.2.1 利用真空产生的吸力对放射性石墨粉尘污染的部件表面进行去污。

6.2.2 真空集尘去污实施前应去污设备状态进行现场确认，包括去污设备与各系统的连接、密封、收集、排放、动力、仪表等。

6.2.3 真空集尘去污实施完成后，宜保持去污设备继续运行 5 min，待集尘管路内污染物充分净化后，停止设备工作。

6.2.4 当过滤单元前后压差值达到或超过设定值时，应及时更换过滤单元，更换过程中应注意作业人员辐射安全。

6.3 可剥离凝胶去污

6.3.1 以凝胶作为载体，通过喷涂或刷涂的方式涂于污染部件表面，干燥后形成一层薄膜并通过剥离载带去除污染。

6.3.2 涂覆方式、凝胶用量及作用时间等去污工艺参数应根据去污对象与去污指标合理选择、严格控制。

6.3.3 作业实施前应准备凝胶去污的专用工装，如手工涂覆的刷、滚、刮板，机械喷涂的凝胶专用搅拌与喷涂装置等。

6.3.4 单次去污不满足去污目标，可进行重复去污作业。

6.4 泡沫去污

6.4.1 将含有去污剂的发泡剂与气相充分混合而形成具有去污能力的泡沫，形成的泡沫喷涂在待去污对象表面，改变粉尘与基体的结合能力，从而实现去污。

6.4.2 根据具体的泡沫去污对象制定泡沫去污方案并选择合适的泡沫发生方式：

a) 针对易于达到的工件外表面，宜采用喷泡方式；

b) 针对污染管道或大型槽罐内部，宜采用充泡或鼓泡方式。

6.4.3 喷泡压力、气液比、泡沫粒径及作用时间等工艺参数应根据去污对象与指标合理选择。推荐泡沫去污技术参数如下：

a) 喷泡压力 1 bar~5 bar；

b) 气液比 5~10；

c) 泡沫平均粒径小于等于 5 mm；

d) 泡沫持液半衰期大于等于 30 min。

6.4.4 泡沫去污结束可通过消泡剂或其他方式消除泡沫，收集泡沫废液，冲洗去污对象表面，泡沫去

污液残留应满足高温气冷堆核动力厂要求。

6.5 超声去污

6.5.1 利用超声波换能器发出高频振动，在固液界面产生空化作用和（或）协同化学去污剂去除石墨粉尘。

6.5.2 去污介质可用除盐水或超声波去污剂。去污剂中使用的化学试剂应满足高温气冷堆核动力厂要求。除盐水需满足以下标准：

- a) 氯离子： $\leq 0.15 \times 10^{-6}$ ；
- b) 氟离子： $\leq 0.15 \times 10^{-6}$ ；
- c) 电导率： $\leq 2.0 \mu\text{S}/\text{cm}$ ；
- d) 总固体： $\leq 0.5 \times 10^{-6}$ ；
- e) pH：6.0~8.0；
- f) 目视透明度：无浑浊，无沉淀。

6.5.3 超声波频率、功率、去污温度及去污时间等工艺参数应进行工艺评定。

6.5.4 去污完成后，应对超声波去污装置进行清理。

6.6 擦拭去污

6.6.1 用去污布等工具沾上除盐水或去污剂对去污表面进行擦拭，主要用于现场作业比较容易实施、污染比较容易去除的情况。

6.6.2 可与其他去污方法配合使用。

6.7 放射性废物

6.7.1 去污时应防止放射性废液、废气和固体废物外泄，必要时对废气采取净化措施。

6.7.2 去污产生的放射性废物应按照类别进行收集、处理、整备，满足废物暂存要求。

6.8 安全要求

6.8.1 去污技术首次应用前，应开展相应的模拟验证，验证去污技术的有效性、工艺可靠性与安全性。

6.8.2 去污实施过程中应对作业场所进行必要的辐射监测。

7 去污效果评定

去污完成后，应对去污效果进行评定，具体内容包括：

- a) 去污对象表面剂量下降情况，去污效果是否达到预期；
- b) 放射性废物产生量；
- c) 去污过程中人员的受照射剂量情况，各受照射剂量级别人数及总的集体剂量当量。

8 记录与保存

每次完成石墨粉尘去污后，应对文件进行归档，归档的文件包括以下几项：

- a) 石墨粉尘去污记录表；
- b) 专项方案及总结报告。

附 录 A
(资料性)
典型去污对象的去污方法

典型去污对象的去污方法见表A. 1。

表 A. 1 典型去污对象的去污方法

序号	典型石墨粉尘去污对象	部位	推荐的去污方法	备注
1	主氦风机内部与一回路氦气接触的部位 (主氦风机拆卸后)	叶轮	真空集尘去污 超声去污 擦拭去污	—
		风机挡板	真空集尘去污 超声去污 擦拭去污	—
		蜗壳内表面	真空集尘去污 擦拭去污	—
2	蒸汽发生器 (人孔打开后)	蒸发器底部腔室内表面	真空集尘去污 可剥离凝胶去污 擦拭去污 泡沫去污	—
3	装卸料系统设备	卸料装置卡球后去除粉尘	机械振打去污	—
		碎球分离器卡球后去除粉尘	机械振打去污	—
		联桥器卡球后去除粉尘	机械振打去污	—
		组合球阀拆卸前后	前：机械振打去污、真空集尘去污 后：真空集尘去污、超声去污、泡沫去污	—
		球流管道沉积粉尘热点去污	机械振打去污	—