ICS 23.020.30

CCSJ76

**T/CNS**

中国核学会团体标准

T/CNS XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂

氦净化系统氧化铜床技术要求

Technical requirements for copper oxide bed in helium purification system of high temperature gas cooled reactor nuclear power plant

|  |
| --- |
| （征求意见稿） |
| 本稿完成日期：2025年7月 |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX – XX 实施

中国核学会   发布

目  次

[目  次 I](#_Toc203748029)

[前  言 II](#_Toc203748030)

[1 范围 1](#_Toc203748031)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc203748032)

[3 总体要求 2](#_Toc203748033)

[4 主要技术特性 2](#_Toc203748034)

[5 设备材料 3](#_Toc203748035)

[6 制造要求 3](#_Toc203748036)

[7 设备验收 4](#_Toc203748037)

[8 涂漆、包装和贮存 4](#_Toc203748038)

[9 质量保证和质量控制 4](#_Toc203748039)

[10 制造方提供的文件 5](#_Toc203748040)

[**附录A** 氧化铜催化剂技术要求 7](#_Toc203748041)

[1 适用范围 7](#_Toc203748042)

[2 氧化铜催化剂功能 7](#_Toc203748043)

[3 主要技术特性 7](#_Toc203748044)

[4 材料 7](#_Toc203748045)

[5 生产和检验要求 7](#_Toc203748046)

[6 供货验收和产品文件 7](#_Toc203748047)

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：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

本文件主要起草人：常华，银华强，何学东，蒲洋，周慧琴，李昊，马力源，王姗姗，刘向群，姜鹏，凌云，苗雅君。

高温气冷堆核动力厂氦净化系统氧化铜床技术要求

1. 范围

本文件规定了球床式高温气冷堆（以下简称：高温气冷堆）核动力厂氦净化系统氧化铜床的结构设计、制造、试验和检验等方面的技术要求。本文件附件中包括氧化铜床催化剂技术要求。

1. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

T/CNS 34-2020 高温气冷堆核动力厂氦净化与氦辅助系统设计准则

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

GB/T 150 压力容器

GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带

GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

GB/T 9019 压力容器公称直径

GB/T 983 不锈钢焊条

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 15823 无损检测 氦泄漏检测方法

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

GB/T 25198 压力容器封头

NB/T 47065 容器支座

NB/T 47015 压力容器焊接规程

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47013 承压设备无损检测

NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装

HG/T 20580 钢制化工容器设计基础规范

HG/T 20584 钢制化工容器制造技术规范

1. 总体要求
   1. 功能

为保持堆内一回路氦气的纯度，高温气冷堆核动力厂设有氦净化系统。反应堆正常运行时，由主氦风机驱动一回路氦气，以一定净化速率，流过氦净化系统的净化装置（包括本氧化铜床），被净化后再返回到一回路。氦净化系统正常净化列含一台氧化铜床，用于转化、去除一回路冷却剂（氦气）中的H2、CO和O2等杂质，以保持一回路氦气的纯净。

* 1. 安全功能

本设备不属反应堆安全设施，未被赋于安全功能。

运行时，氧化铜床与一回路相联，容纳含有放射性气态裂变产物的高压氦气，须确保压力边界的结构完整性，防止放射性物质外泄。

* 1. 设备构成

本设备主要由筒体、封头、支撑孔板、滤网和设备支撑等部件组成，氧化铜催化剂以固定床堆积方式装填在筒体中。

1. 主要技术特性
   1. 等级划分

安全级别为非安全级，抗震类别为常规抗震类，质保等级为常规级。

* 1. 主要参数

净化介质： 氦气

设备设计寿命： 反应堆设计寿期

设计温度 ~300℃

氧化铜填料参见附录A 氧化铜催化剂技术要求

* 1. 环境条件

设备环境温度： 室温

* 1. 接口条件

设备与外部有下列管道接口：

一个氦气进口管；

一个氦气出口管；

* 1. 安装要求

布置形式：立式

* 1. 特殊要求

本设备除被要求做气压试验外，还要进行氦泄漏检验。

1. 设备材料
   1. 主体材料

本设备壳体、封头、筒体均采不锈钢钢板加工制作，板材标准为GB/T 4237，并满足GB/T 150的要求。

* 1. 焊接材料

不锈钢焊接材料满足GB/T 983标准要求，碳钢焊接材料满足GB/T 5117标准要求。

* 1. 氧化铜催化剂

装填的氧化铜催化剂需外购，氧化铜催化剂的质量应满足附录A《氧化铜催化剂技术要求》规定。

* 1. 其它材料

设备上连接的接管材料为S31608,钢管质量符合GB/T 13296标准。

支座材料：支座支柱材料采用10号钢，支座底板采用Q235B，材料质量符合GB/T 700标准；支座垫板与壳体材料相同；支座设计满足NB/T 47065标准。

1. 制造要求
   1. 设备设计制造要求

本设备承压边界部件的设计应满足GB/T 150的要求，且所有A、B类焊缝采用全焊接结构，并100﹪无损检测。制造过程中所有焊接工艺，焊接操作均应按照适用的规范实施、检验和评定，应满足NB/T 47014、NB/T 47015标准。

设备设计方应对采购方提供的管口载荷进行校核并提供管口校核报告。

设备支腿上上焊接“接地板”，接地板中心距离设备底座150mm。

* 1. 检测及试验要求

设备检验和验收应按GB/T 150和所采用规范进行。

设备的所有A、B类焊缝应进行100%无损检测，并符合NB/T 47013规定中的II级为合格，角焊缝进行100%磁粉或渗透检查，并符合NB/T 47013规定中的I级为合格，设备支撑焊缝的要求与设备上承压焊缝相同。

氧化铜床采用气压作强度试验，其试验压力、试验程序及验收标准均按GB/T 150标准进行。

设备泄漏试验采用氦检漏试验方法，对设备和焊缝按GB/T 15823中吸枪法进行氦泄漏检验，每个泄漏点的最大泄漏率应小于1x10-7Pa.m/s。

* 1. 清洗方法和清洁度要求

设备外表面应清除所有外来杂物如：焊接飞溅物、焊剂等。氧化铜床在制造、加工装配试验过程中的清洗程度和清洁度要求需经甲方或甲方代表认可。

* 1. 铭牌

应在设备醒目的位置设置铭牌，铭牌至少应包括下列内容：

制造单位的名称和有效制造许可证的编号；

制造单位对该产品的编号；

设备的名称；

制造日期；

设计压力；

工作压力；

设计温度；

工作温度；

工作介质；

设备重量(净重)；

压力容器级别。

* 1. 保温要求

设备保温将在安装阶段进行。

1. 设备验收

由甲方组织、按合同和本文件规定进行验收。

* 1. 需见证待检项目

甲方或甲方代表至少应在现场参加下列需见证待检的项目：

氧化铜的检验；

承压部件焊接工艺评定；

产品焊接试板的力学性能检验；

设备部件的无损检测；

承压部件的氦检漏试验；

承压部件的气压试验；

甲方或甲方代表认为必要的其它项目。

* 1. 供货验收

乙方应按照本文件的要求提供设备，由甲方进行验收。

* 1. 最终验收

设备运抵现场、就位安装后，系统进行气压和气密性试验时乙方代表应在场。系统压力试验正常，设备运行无异常情况下，甲方或甲方代表和乙方进行最终验收签字。

1. 涂漆、包装和贮存

应符合NB/T 10558和HG/T 20584的有关规定。设备试验合格后，内部应充0.05MPa氮气进行保护。

1. 质量保证和质量控制
   1. 质量保证

乙方应根据质保大纲的要求,建立符合质量要求的质保体系，编制本产品设计、制造、试验、检验的质保计划及有关的程序、文件。在设备设计、制造和试验过程中，按计划执行，建立齐全的设计和产品质量记录，并接受有关主管部门和乙方的质保审查和监查，以确保设备质量符合要求。

* 1. 质量控制

乙方应制定质量计划并对质量控制点做出专门规定，并与甲方或甲方代表协商确定H、W点。

乙方设计完成，由甲方或甲方代表组织设计评审，经认可后，方能投产。

在压力试验、焊缝检验、氦检漏试验等重要的试验和检验活动之前，须书面通知甲方或甲方代表；在试验和检验过程中，须有甲方或甲方代表在现场见证。

1. 制造方提供的文件

乙方应提供的文件如下：

* 1. 设备说明书

设备说明书至少应包括下列内容：

设备特性（包括工作介质、工作压力、设计压力、设计温度、试验压力）；

设备设计计算书；

设备管口校核报告；

设备设计图纸；

设备组成和主要零、部件表；

设备的热处理状态与禁焊等特殊说明；

其它应说明的技术内容。

* 1. 产品出厂质量证明文件

产品质量证明书至少应包括下列内容：

产品出厂合格证；

氧化铜催化剂的质量合格证明书；

氧化铜催化剂的质量检验报告；

各种金属材料（包括焊接材料）的质量证明合格书；

弯曲成型工艺评定实验报告；

制造尺寸公差检验报告；

产品焊接试板和焊接接头试验报告；

焊接工艺评定报告；

焊缝返修报告；

容器热处理报告；

容器无损探伤检验报告；

容器气压试验报告；

容器氦泄漏检验报告；

容器内部清洁度检验报告；

所有不符合项的处理纪录；

其他应说明的内容。

* 1. 分包方文件

总包方向零部件分包厂提出的采购技术条件等资料，须及时提交甲方或甲方代表认可。各分包厂的制造、检验和质量鉴定程序等，须及时提交甲方或甲方代表认可。

* 1. 全套竣工图

至少包括以下内容：

氧化铜床竣工后总图（总装配图），包括零件清单；

设备外形图；

重要部件图；

设备安装图；

其他随机出厂图。

* 1. 包装发货文件

设备的包装、储存及运输维护的有关文件。

* 1. 设备安装技术条件

乙方应提供设备安装技术条件的有关文件。

# **附录A** 氧化铜催化剂技术要求

1. 适用范围

本附件适用于高温气冷堆核动力厂氦净化系统中氧化铜催化剂的采购、试验和检验等。

1. 氧化铜催化剂功能

氧化铜催化剂为复合型CuO-ZnO-Al2O3催化剂，有效成份氧化铜含量约为39％。在高温气冷堆示范工程氦净化与氦辅助系统中，氧化铜催化剂在~250℃下，将氦气中微量的氢气和一氧化碳氧化为水和二氧化碳，有效成份氧化铜被还原为铜，催化剂中的氧化锌和氧化铝起间隔体作用而不参与反应。氧化铜催化剂失去氧化作用后，通过通入低浓度氧气进行氧化而得以再生。

1. 主要技术特性
   1. 性能参数

使用环境： 氦气气氛、~300℃、氧化铜床设计压力

使用寿命： 反应堆设计寿期

外观： 黑色有光泽的圆柱体

成分： CuO-ZnO-Al2O3;

其中氧化铜含量≥38%，

* 1. 安装要求

装填形式：立式固定床堆积方式

1. 材料

氧化铜催化剂生产所用材料及工艺由供货方选定，并由采购方认可。

1. 生产和检验要求

氧化铜催化剂必须由有资质的厂家生产，对氢气和一氧化碳具有很好的氧化作用和较高的反应速率。高温气冷堆核动力厂氦净化系统中，氧化铜催化剂的进口氦气中氢气和一氧化碳浓度约为7ppm，要求氧化铜催化剂出口氦气中各杂质气浓度降为0.1ppm以下。氧化铜催化剂在250℃条件下长期工作，应确保催化剂具有良好的强度、氧化和再生性能。要求反应堆设计寿期内再生后，氧化性能没有显著下降。

1. 供货验收和产品文件
   1. 见证检验

订货方或其代表应在现场见证氧化铜催化剂的性能检验和试验。

* 1. 供货验收

供货方应按照本采购文件的要求提供氧化铜催化剂，由订货方进行验收，合格后按规定包装发货。

* 1. 最终验收

氧化铜催化剂装填应在供货方指导下进行。待催化剂装填完成并可正常工作后，供货方和订货方进行最终验收签字。

* 1. 产品出厂文件

氧化铜催化剂说明书（至少应包括：催化剂特性及使用说明等)

产品质量证明书(至少应包括：氧化铜催化剂的各项合格证明及堆积密度、粒度和抗碎强度检验报告等)

氧化铜催化剂的包装、贮存及运输维护有关文件。