ICS 点击此处添加ICS号

CCS点击此处添加中国标准文献分类号

**T/CNS**

中国核学会团体标准

T/CNS XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂燃料装卸系统

维修隔离器技术要求

Technical requirements for maintenance isolator in fuel handing 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

中国核学会团体标准

T/CNS XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX – XX 实施

中国核学会   发布

目  次

[目次 I](#_Toc204000225)

[前言 III](#_Toc204000226)

[1 范围 1](#_Toc204000227)

[2规范性引用文件 1](#_Toc204000228)

[3术语和定义 1](#_Toc204000229)

[4 设备主要功能、参数和设备组成 2](#_Toc204000230)

[4.1 主要功能 2](#_Toc204000231)

[4.2 物项分级 2](#_Toc204000232)

[4.3 主要技术参数 3](#_Toc204000233)

[4.3.1 总体参数 3](#_Toc204000234)

[4.3.2 环境条件 3](#_Toc204000235)

[4.4 设备组成 3](#_Toc204000236)

[5材料要求 4](#_Toc204000237)

[5.1 主体材料要求 4](#_Toc204000238)

[5.1.1 承压部件材料 4](#_Toc204000239)

[5.1.2 非承压部件材料 4](#_Toc204000240)

[5.1.3 非金属材料 4](#_Toc204000241)

[5.1.4 限制和禁止使用的材料 4](#_Toc204000242)

[5.2 焊接材料要求 5](#_Toc204000243)

[6制造、检验和试验要求 5](#_Toc204000244)

[6.1 制造要求 5](#_Toc204000245)

[6.2 检验要求 5](#_Toc204000246)

[6.3 试验要求 5](#_Toc204000247)

[6.3.1 强度试验 5](#_Toc204000248)

[6.3.2 密封试验 5](#_Toc204000249)

[6.3.3 过球功能试验 6](#_Toc204000250)

[7 包装、运输和贮存要求 6](#_Toc204000251)

[7.1 包装要求 6](#_Toc204000252)

[7.2 运输和贮存要求 6](#_Toc204000253)

[8 安装和运维要求 6](#_Toc204000254)

[8.1 安装要求 6](#_Toc204000255)

[8.2 运维要求 6](#_Toc204000256)

[9 质量保证和质量控制要求 7](#_Toc204000257)

[9.1 质量保证 7](#_Toc204000258)

[9.2 质量控制 7](#_Toc204000259)

[10文件要求 7](#_Toc204000260)

[10.1 设备投产前应提交的文件 7](#_Toc204000261)

[10.2 出厂技术文件 7](#_Toc204000262)

[10.3 质保文件 8](#_Toc204000263)

[10.4 工艺性文件 8](#_Toc204000264)

[10.5 计算文件 9](#_Toc204000265)

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

本文件主要起草人：张海泉、聂君锋、王鑫、李晓刚、刘阳。

高温气冷堆核动力厂燃料装卸系统维修隔离器技术要求

# 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）核动力厂燃料装卸系维修隔离器的技术要求，包括装置的功能参数，材料、制造、检验和试验等技术要求，以及相应的质量保证与质量控制要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂燃料装卸系统所用的维修隔离器。

# 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。

HAF003-1991 核电厂质量保证安全规定

ASME BPVC Ⅲ-NB-2004 一级设备

ASME BPVC V-2004 无损检验

ASME BPVC IX-2004 焊接及钎焊评定

GB/T15823-2009 无损检测 氦泄漏检测方法

GB/T 222-2006 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 4180-2012 稀土钴永磁材料

NB/T 20003-2010 核电厂核岛机械设备无损检测

NB/T 47010-2017 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

NB/T 20010.7-2010 压水堆核电厂阀门 包装、运输和贮存

# 3术语和定义

该目录下将主要编写本文件涉及到的术语和定义。

# 4 设备主要功能、参数和设备组成

## 4.1 主要功能

维修隔离器是保障高温气冷堆燃料装卸系统维修可达性的关键设备，既是是反应堆一回路压力边界，也是装卸燃料元件的重要通道，旨在当安全1级阀门出现故障时将其与反应堆隔离，保证燃料装卸系统安全1级阀门的故障排除。

## 4.2 物项分级

（1）组件分级

维修隔离器安全等级划分的最小单元为组件，组件中所有零部件的安全等级与所属组件相同，与高级别组件配套的紧固件和密封件的安全等级与高级别组件相同。具体的物项等级如下：

表1 维修隔离器安全分级表

| **序号** | **名称** | **安全等级** | **抗震类别** | **采用规范** | **质保等级** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 承压壳体组件 | 1 | Ⅰ | Ⅲ-NB | QA1 |
| 2 | 压力边界紧固件 | 1 | Ⅰ | Ⅲ-NB | QA1 |
| 3 | 压力边界密封件 | 1 | Ⅰ | Ⅲ-NB | QA1 |
| 4 | 接尘盘 | 3 | 1Ⅰ | Ⅲ-NB | QA2 |
| 5 | 轴式吊耳 | 3 | 1Ⅰ | Ⅲ-NB | QA2 |
| 6 | 手轮磁驱部件 | NS | NA | GB | QA3 |
| 7 | 磁力闸板组件 | NS | NA | GB | QA3 |
| 上述组件1、6、7中所有零部件的安全等级与所属组件相同。 | | | | | |

（2）质量分级

维修隔离器的承压壳体组件作为安全1级部件，其材料、制造、检验和试验按照ASME II、III-NB、V和XI执行。维修部件压力边界承压壳体的组装，以及强度试验，属于核安全等级范畴，由具有安全1级制造资质的承制厂负责。

维修隔离器的主要功能与安全无关，作为非安全级部件的外转子支架组件和内转子闸板组件属于专项验证的特种部件，属于专享技术。维修隔离器的整机总装是在安全级部件装配基础上，与非安全级部件的总装配，以及密封试验和过球功能试验，其目的在于执行非核安全的维修隔离功能，由具有专享技术的制造单位负责。

基于核设备部件管理原则，维修隔离器设备整体由具有安全1级设备制造资质的单位总包，非核级部件由具有专享技术的制造单位分包。

## 4.3 主要技术参数

## 4.3.1 总体参数

燃料装卸系维修隔离器总体参数如下表所示。

表2 维修隔离器总体参数表

|  |  |
| --- | --- |
| 设计压力 | 8.1MPa（a） |
| 工作压力 | 7.0/0.6MPa（a） |
| 设计温度 | 300℃ |
| 工作温度 | 250℃ |
| 重量 | ≤240kg |
| 工作介质 | 氦气（并有SØ60球形元件、石墨粉尘） |
| 外泄漏率 | ≤1×10-7Pam3/s |
| 内泄漏率 | ≤1×10-5Pam3/s |
| 阀腔外60年辐照（γ）累积剂量 | 5×105Gy |
| 阀腔内60年辐照（γ）累积剂量 | 1×107Gy |
| 操作方式 | 手动 |
| 动作次数 | ≥100次 |
| 使用寿命 | 60a |
| 包络尺寸 | 高≤960mm，轴向长度≤350mm，宽度≤275mm |

## 4.3.2 环境条件

燃料装卸系维修隔离器环境条件如下表所示。

表3 维修隔离器环境条件表

|  |  |
| --- | --- |
| 环境温度 | 16℃～40℃ |
| 环境压力 | 负压通风，最大外压0.13MPa |
| 相对湿度 | ≤85% |
| 辐照分区 | 红区 |
| 舱室辐照剂量 | 5×105Gy |

## 4.4 设备组成

维修隔离器仅在安全一级电动球阀维修工况下使用，采用带流道平行闸板结构，由以下功能部件组成：

1. 承压壳体。隔离器承压边界，由箱体、封底法兰、带颈法兰和隔离套组成；
2. 手轮磁驱部件。执行传动功能。
3. 磁力闸板组件。带导流孔的直动闸板结构，执行过球和密封功能。

# 5材料要求

## 5.1 主体材料要求

### 5.1.1 承压部件材料

燃料装卸系维修隔离器承压部件选材应满足如下要求。

1. 承压壳体的本体材料推荐采用奥氏体不锈钢ASME SA182-F321，与管道接口的零部件采用SA182-F321；
2. 过球闸板材料推荐采用奥氏体不锈钢（与阀体材料相当）或其他相当材料；
3. 承压件螺栓应采用ASME SA453 660级（A、B类）或相当材料。ASME SA453 660级的使用应限制在屈服强度690MPa以下。承压件螺母应为ASME SA194 6、8或相当材料；
4. 与不锈钢接触的非不锈钢制紧固件表面必须化学镀镍或镀锌铝，并带不锈钢垫片；
5. 其他非不锈钢制造的零部件，表面应涂保护涂料；
6. 应考虑零部件在纯净氦气运行温度下因摩擦副摩擦系数增加带来的影响。

### 5.1.2 非承压部件材料

维修隔离器的非承压构件，按GB相应规范设计与制造。锈钢应符合NB/T47010-2010 Ⅱ级要求，材料成份偏差满足GB/T222-2006要求。锻坯须进行超声、渗透检测，满足NB/T 20003-2010的要，Ⅱ级合格。永磁传动部件选用的稀土钴永磁材料，应符合GB/T4180的规定。

### 5.1.3 非金属材料

非金属材料（垫片、垫圈等）应满足设计所要求的耐腐蚀、耐温、耐辐照等使用条件及环境条件，不对介质和其他金属材料产生有害影响。填料、垫片的氯离子含量应低于50ppm，硫离子含量应低于100ppm。涂料应满足本技术要求规定的使用环境条件。

### 5.1.4 限制和禁止使用的材料

燃料装卸系维修隔离器应限制和禁止使用如下材料。

1. 所有与反应堆内主回路冷却剂接触的材料不应使用Al、Zn及其合金，禁止添加使用Si、Sn、Hg等元素及其化合物；
2. 无论何时，铅、汞、卤化物、其他低熔点金属及其化合物、以及主要成分包含低熔点金属的材料不应与设备的不锈钢表面直接接触。禁止在制造期间使用低熔点材料制成的工具、夹具、印记、焊剂、温度色笔、涂料、涂层等；
3. 设备的奥氏体不锈钢零件禁止与碳钢零部件直接接触；
4. 与介质接触的部件不能使用润滑剂、防腐剂与抗咬剂。

## 5.2 焊接材料要求

承压壳体的焊接材料应符合ASME规范第二卷C篇SFA-5.4的要求及ASME Ⅲ NB-2400的要求。焊接材料的采购、验收，按ASME规范要求进行。

# 6制造、检验和试验要求

## 6.1 制造要求

维修隔离器承压壳体的制造应按ASME-Ⅲ-1 NB-4000、ASME-IX的有关规定进行。与工作介质接触的所有焊缝的根部焊道应采用钨极气体保护焊工艺并添加相同的填充金属来完成。焊接之前，材料必须处在等于或大于15.6℃的环境温度下。所有奥氏体不锈钢焊接的最大层间温度应小于或等于100℃。在焊接规程中应给出用在监测层间温度的方法和器材。

## 6.2 检验要求

维修隔离器承压零部件和重要零部件均应进行无损检验，承压壳体的检验方法与规程、焊接、堆焊的标准应满足 ASME BPVC III-NB2004 和ASME BPVC-V-2004的要求。

## 6.3 试验要求

### 6.3.1 强度试验

应按ASME-Ⅲ-NB中NB-6300规定进行气压试验，试验压力为14.0MPa（a）；试验保压时向为15分钟。试验介质为氮气或氦气，试验时用泡沫法检查气泡，不允许有气泡及结构损伤。

### 6.3.2 密封试验

燃料装卸系维修隔离器密封试验应遵循如下技术要求。

1. 内泄漏率试验，在室温和0.6MPa（a）压力下采用吸枪法（参照GB/T 15823-2009）进行氦质谱正压（隔离器内部承受，介质为至少体积比为95%以上的氦气）检漏，要求内泄漏率≤1×10-5Pam3/s；
2. 外泄漏率试验，在室温和设计压力下采用吸枪法进行下的氦质谱正压（隔离器内部承受，介质为至少体积比为95%以上的氦气）检漏，要求外泄漏率≤1×10-7Pam3/s。

### 6.3.3 过球功能试验

燃料装卸系维修隔离器过球功能试验应遵循如下技术要求。

1. 开启位置的定位准确性，用芯棒进行测定：维修隔离器开、闭50次之后，通径Ø65，用Ø64.5芯棒插入、拔出自如；
2. 常温常压空气气氛手动开启隔离板，采用离散模拟石墨球进行过球试验，石墨球应无卡堵现象，无磕碰损伤，至少过球50次。

# 7 包装、运输和贮存要求

## 7.1 包装要求

维修隔离器经过出厂试验后必须进行彻底干燥，而后进行封缄，管口接头处要求加保护盖。整台隔离器用清洁无损的聚乙烯塑料袋封装，内置干燥剂，用木箱和纸箱包装。包装应按NB/T 20010.7-2010或相关标准的规定，并应满足较长期贮存的要求。

## 7.2 运输和贮存要求

维修隔离器装箱后方可运输，运输和贮存应按NB/T 20010.7-2010的规定。运输和贮存期间产品不允许露天存放，不应与腐蚀性和脏物一起堆放，防止生锈、冲击和破坏，堆放场地应通风并无灰尘和潮气。

# 8 安装和运维要求

## 8.1 安装要求

维修隔离器的安装要求，至少应包括下列几方面：

1. 维修隔离器起吊方式和对起吊工具的要求；
2. 维修隔离器安装前的检查项目，安装中的注意项、安装后的检查项。

## 8.2 运维要求

维修隔离器的安装要求，至少应包括下列几方面：

运行中的可能故障及处理方案；

大修期间的检查和维修内容。

# 9 质量保证和质量控制要求

## 9.1 质量保证

供货方应遵循HAF003-1991《核电厂质量保证安全规定》，建立符合质量要求的质保体系，编制产品设计、制造、试验、检验的质保计划及有关的程序、文件。在设备的设计、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。

## 9.2 质量控制

供货方应针对安全级部件制定质量计划，对质量控制点做出专门规定。

# 10文件要求

## 10.1 设备投产前应提交的文件

设备投产前，制造厂需提交的文件包括但不限于以下内容：

1. 设备制造质量计划；
2. 设备制造工艺流程；
3. 尺寸/目视检查工艺；
4. 液体渗透检验工艺；
5. 射线照相检验工艺或超声波检查工艺；
6. 清洁和表面处理工艺；
7. 焊接、补焊工艺评定报告；
8. 设备包装设计、标记和运输流程。

## 10.2 出厂技术文件

包括但不限于以下内容：

1. 设备（包含非安全级部件）竣工图；
2. 其他随机出厂图；
3. 装箱清单和发货清单；
4. 设备组成和主要零部件清单；
5. 设备备件清单；
6. 清洗、包装和运输技术条件；
7. 重要外购配套部件的维护、安装、运行说明书；
8. 安装、调试、使用和维护说明书。

## 10.3 质保文件

至少包括下列内容：

1. 产品合格证；
2. 产品质量证明书；
3. 各种金属材料（含焊材）的质量合格证明书和复验报告；
4. 螺栓连接件性能参数文件（包括螺栓预紧力矩值）；
5. 完工质量计划；
6. 所有不符合项的处理记录；
7. 制造过程中的检测、试验报告及记录（材料理化性能检测报告、无损检测报告、加工质量检验记录、清洁度检查记录、功能试验报告等）。

## 10.4 工艺性文件

至少包括下列内容：

1. 承压材料及其焊接材料订货技术条件；
2. 设备制造工艺流程与计划；
3. 制造尺寸公差检验报告；
4. 承压壳体焊接工艺评定说明书（WPS）；
5. 焊接工艺记录；
6. 焊缝返修报告；
7. 锻件与焊缝的无损检测报告；
8. 热处理规程及报告；
9. 装配检查报告；
10. 外观检查报告；
11. 压力试验报告；
12. 气密性试验报告；
13. 功能试验（包含过球试验）报告；
14. 内部清洁度检验报告；
15. 不符合项报告。

## 10.5 计算文件

计算分析文件至少包含以计算报告：

1. 维修隔离器重要部件应力分析报告；
2. 维修隔离器抗震分析报告；
3. 维修隔离器温度分析报告；
4. 维修隔离器密封分析报告。

——————————终 ——————————