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

安全级球阀技术要求

Technical requirements for safety-class ball valve in fuel handling 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

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX – XX 实施

中国核学会   发布

目  次

[目次 I](#_Toc204000346)

[前言 III](#_Toc204000347)

[1. 范围 1](#_Toc204000348)

[2. 规范性引用文件 1](#_Toc204000349)

[3. 术语和定义 1](#_Toc204000350)

[4设备主要功能、参数和结构特殊要求 2](#_Toc204000351)

[4.1 主要功能 2](#_Toc204000352)

[4.2 物项分级 2](#_Toc204000353)

[4.3 主要技术参数 2](#_Toc204000354)

[4.4 结构特殊要求 2](#_Toc204000355)

[5. 材料要求 3](#_Toc204000356)

[5.1 金属材料 3](#_Toc204000357)

[5.2 非金属材料 3](#_Toc204000358)

[5.3 限制和禁止使用的材料 3](#_Toc204000359)

[5.4 焊接材料 4](#_Toc204000360)

[6. 制造、检验和试验要求 4](#_Toc204000361)

[6.1 制造要求 4](#_Toc204000362)

[6.2 检验要求 4](#_Toc204000363)

[6.3 试验要求 4](#_Toc204000364)

[6.3.1 强度试验 4](#_Toc204000365)

[6.3.2 密封试验 4](#_Toc204000366)

[6.3.3 电动阀门动作试验 4](#_Toc204000367)

[6.3.4 电动球阀过球功能性试验 5](#_Toc204000368)

[7. 包装、运输和贮存要求 5](#_Toc204000369)

[7.1 包装要求 5](#_Toc204000370)

[7.2 运输和贮存要求 5](#_Toc204000371)

[8. 安装和运维要求 5](#_Toc204000372)

[8.1 安装要求 5](#_Toc204000373)

[8.2 运维要求 5](#_Toc204000374)

[9. 质量保证和质量控制要求 5](#_Toc204000375)

[10. 文件要求 6](#_Toc204000376)

[10.1 质量控制文件 6](#_Toc204000377)

[10.2 设计审查阶段提供的文件 6](#_Toc204000378)

[10.3电动球阀投产前应提供的文件 6](#_Toc204000379)

[10.4 电动球阀出厂试验前提供的文件 7](#_Toc204000380)

[10.5电动球阀验收阶段提供的文件 7](#_Toc204000381)

[10.6电动球阀出厂提供的文件 7](#_Toc204000382)

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安全级球阀技术要求

# 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统安全级球阀的技术要求，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安全级球阀。

# 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

HAF601-2008 民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定

HAF604-2008 进口民用和安全设备安全监督管理规定

HAD 003/03-1986 核电厂物项和服务采购中的质量保证

HAD 003/08-1986 核电厂物项制造中的质量保证

GB/T 15823-2009 氦泄漏检验

NB/T 20010.7-2010 压水堆核电厂阀门 包装、运输和贮存

NB/T 20010.10-2010 压水堆核电厂阀门 应力分析和抗震分析

NB/T 20010.11-2010 压水堆核电厂阀门 电动装置

IEEE 323-2003 核电厂1E级电气设备的鉴定

IEEE 344-2004 核电厂1E级设备抗震鉴定的推荐实施方法

IEEE 382-1996 核电厂中具有安全相关功能的动力操作阀组件执行机构的鉴定

EJ/T 564-2006 核电厂物项包装、运输、装卸、接收、贮存和维护要求

ASME BPVC Ⅲ-NB-2004 一级设备

ASME BPVC Ⅲ-NC-2004 二级设备

ASME BPVC V-2004 无损检验

ASME BPVC IX-2004 焊接及钎焊评定

ASME QME-1-2004 核电厂用能动机械设备的鉴定

ANSI B16.41-1983 核电站用动力操纵阀门组件的功能合格要求

# 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、参数和结构特殊要求

## 4.1 主要功能

在高温气冷堆核动力厂中，燃料装卸系统安全级球阀应用于装卸料主系统过球管路中，既是一回路压力边界，也是装卸燃料元件的重要通道，旨在接通、阻断球流和气流，执行事故工况下燃料装卸系统与反应堆堆芯的气氛隔离功能，是保证一回路压力边界完整性的关键设备。根据使用工况可分为安全1级和安全2级两种。

## 4.2 物项分级

安全等级： 1、2级

抗震类别： 1A

质保等级：QA1

设计规范：ASME BPVC III-NB、III-NC （2004版）

## 4.3 主要技术参数

燃料装卸系统安全级球阀设计与制造应满足如下主要参数：

1. 设计温度：260oC；
2. 工作温度：200 oC；
3. 设计压力：8.1MPa（a）；
4. 工作压力：7.0MPa（a）；
5. 工作介质：He、SØ60球形元件、石墨粉尘；
6. 阀门公称通径（mm）：DN65 （流道内径65mm）；
7. 阀腔外60年辐照（γ）累积剂量：5×105Gy；
8. 阀腔内60年辐照（γ）累积剂量：1×107Gy；
9. 外泄漏率（工作压力下的氦气）：≤1×10-7 Pam3/s；
10. 内泄漏率（工作压力下的氦气）：≤1×10-3 Pam3/s；
11. 操作方式：电动加手动；
12. 阀门动作时间（全开到全关或全关到全开）：＜10s；
13. 阀门整机的固有频率：＞33Hz；
14. 动作次数：≥500次；
15. 使用寿命：60年；
16. 检修周期：4年。

## 4.4 结构特殊要求

燃料装卸系统安全级球阀结构特殊要求如下。

1. 电动球阀的阀体采用整体锻造结构；
2. 采用上装式球阀结构，便于阀门拆卸维修；
3. 采用硬密封阀座，以解决阀腔内的高温及高辐照剂量对阀座非金属密封件的影响技术难题；
4. 开启时要求流道内径与球体通孔等径且严格保持同轴，流道上的结构和零部件应小错边、无棱角和突变，避免对球形元件造成磕碰损伤；
5. 限制阀座与阀体、阀座与与球体轴向（流道方向）间隙（＜1mm）和径向错边量（＜0.2mm），避免因碎屑和粉尘卡堵、滞留在间隙部位而影响球形元件通过，以及阻碍球体回转；
6. 阀门电动装置要求耐温130oC，耐γ射线辐射5×105Gy。

# 5. 材料要求

## 5.1 金属材料

燃料装卸系统安全级球阀所用金属材料应遵循如下技术要求。

1. 阀体材料推荐采用奥氏体不锈钢ASME SA182 F316、F316L、F304、F304L或其它相当材料；
2. 球体材料推荐采用奥氏体不锈钢（与阀体材料相当）或其它相当材料；
3. 阀杆材料推荐采用ASME/ASTM SA/A479 316型（退火、1级或2级应变硬化）或其它相当材料；
4. 阀门内件材料推荐采用奥氏体不锈钢（与阀体材料相当）或其它相当材料；
5. 承压件螺栓推荐用ASME SA453 660级（A、B类）或其它相当材料。承压件螺母应为ASME SA194 6、8或其它相当材料；
6. 与不锈钢接触的非不锈钢制紧固件表面必须化学镀镍，并带不锈钢垫片；
7. 其他非不锈钢制造的零部件，表面应涂保护涂料；
8. 推荐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。

## 5.2 非金属材料

非金属材料（垫片、垫圈、填料）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。

## 5.3 限制和禁止使用的材料

燃料装卸系统安全级球阀应限制和禁止使用如下材料。

1. 阀门零件不应使用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、其它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. 阀门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. 填料、垫片含F-应小于100ppm。

## 5.4 焊接材料

焊接材料应符合ASME规范第二卷C篇SFA-5.4的要求。

# 6. 制造、检验和试验要求

## 6.1 制造要求

安全1级电动球阀的制造应按ASME-Ⅲ-1 NB-4000、ASME-IX的有关规定进行；安全2级电动球阀的制造应按ASME-Ⅲ-1 NC-4000、ASME-IX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。

用于承压零件的奥氏体不锈钢材料应指定为固溶热处理随后采用快速水淬或者按ASTM A262 A法或E法进行敏化试验。

## 6.2 检验要求

安全级电动球阀承压零部件和重要零部件均应进行无损检验，检验方法与规程、焊接、堆焊的标准 应满足 ASME BPVC III-NB、NC-2004 中5000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-1 NB-6300规定进行气压试验，试验压力应按照1.5倍的公称压力；试验保压时向为15分钟。试验介质为A级水。

### 6.3.2 密封试验

燃料装卸系安全级电动球阀密封试验应遵循如下技术要求。

1. 内泄漏率试验 在室温下采用吸枪法（参照ASME BPVC-V或GB/T 15823）进行设计压力下的氦质谱正压（阀门内部承受，介质为纯度不低于99.99%的纯氦）检漏，内泄漏率≤1×10-5Pam3/s；
2. 外泄漏率试验 在室温下采用吸枪法进行设计压力下的氦质谱正压检漏，外泄漏率≤1×10-7Pam3/s；
3. 球体与阀座密封试验，用规定的操作力矩（电动阀门用电动操作）使阀门处于全关位置，由阀门进口侧将压力施加于球体上，出口侧通大气，进行检漏。

### 6.3.3 电动阀门动作试验

耐压和密封试验结束后，阀门还必须按下列规定进行动作性能试验。完整的带载运行循环如下：操作阀门至全开，阀腔内充压到试验压力，用规定的操作力矩操作关闭阀门至全关位置，在球体的一侧减压，即在开启阀门最不利的方向建立最大工作压差。然后用规定的操作力矩操作开启阀门至全开位置，测定阀门全程开启、关闭的时间。试验介质为纯度不低于99.99%的纯氦。

### 6.3.4 电动球阀过球功能性试验

用直径64毫米的球重复10次过球试验：打开阀门-过球-关闭阀门，要求开闭位置准确，过球通畅。

# 7. 包装、运输和贮存要求

## 7.1 包装要求

阀门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。整台阀门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EJ/T 564-2006、NB/T 20010.7-2010或核电厂阀门相关国际标准的规定，并应满足较长期贮存的要求。

## 7.2 运输和贮存要求

阀门装箱后方可运输，运输和贮存应按EJ/T 564-2006、NB/T 20010.7-2010的规定。运输和贮存期间产品不允许露天存放，不应与腐蚀性和脏的物品一起堆放，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

承制厂应在阀门使用说明中明确地提出阀门的安装要求，至少应包括下列几方面：

1. 阀门的安装、拆卸、维修所需的空间尺寸、支撑要求；
2. 阀门最佳安装和允许安装位置；
3. 阀门起吊方式和对起吊工具的要求；
4. 阀门安装前的检查项目，安装中的注意项、安装后的检查项。

## 8.2 运维要求

安全级球阀的运维要求，至少应包括下列几方面：

1. 运行中的可能故障及处理方案；
2. 大修期间的检查和维修内容。

# 9. 质量保证和质量控制要求

承制厂至少应满足如下质量保证和质量控制要求。

1. 承制厂必须是按HAF601规定取得许可证的国内单位，或者按HAF604规定在中国和安全部门注册登记的国外单位。
2. 承制厂必须按HAF003/03及HAD003/08的规定制订阀门在整个设计、材料采购、制造及试验过程中的质保大纲，承制厂对质保大纲的有效性负责。
3. 承制厂必须编制各制造项的质量计划，标明控制点。
4. 承制厂应制订和实施不符合项的控制程序。
5. 承制厂应按HAD003/03和HAD003/08的要求对质保记录进行收集、整理、保存。

# 10. 文件要求

## 10.1 质量控制文件

至少应包括：

1. 质量保证大纲及手册；
2. 电动球阀制造进度表；
3. 电动球阀制造顺序、质量控制图表及质量计划。

## 10.2 设计审查阶段提供的文件

至少应包括：

1. 电动球阀外形图。
2. 电动球阀总装配与总剖面图。
3. 电动装置技术资料。
4. 计算报告。计算报告至少应包括下列内容：
5. 在最恶劣工况下，阀门承压零部件和重要零部件的应力分析与阀门整机抗震计算；
6. 自振频率和地震时轴偏移分析，阀门操作扭矩计算。
7. 阀门及电动装置设计说明书。

## 10.3电动球阀投产前应提供的文件

电动球阀投产前应提供的文件至少应包括：

1. 样机开发性试验、检验及其报告

安全级电动球阀运行环境苛刻，必须满足球形元件顺畅通过，以及具有粉尘和碎屑吹扫接口。新研制和非标定制的球阀产品应按照ASME QME-1进行设备鉴定。研制阀门样机的选择可参照ASME QME-1-2002、ANSI N278.1-1975 和 IEEE 382-2006附件A、IEEE 323-2003、IEEE 344-2004，研制阀门样机的参数范围应能覆盖产品的参数；开发样机功能性试验及其报告，至少应包括以下内容：

1. 功能试验报告；
2. 动作寿命的可操作试验报告；
3. 电动装置开发样机的试验报告，型式试验按照NB/T 20010.11-2010和IEEE 382-2006要求执行；
4. 电动装置的性能要求与试验（包括电器附件）按照NB/T 20010.11-2010第5、6节的要求；
5. 抗震鉴定与报告：鉴定与报告应满足 IEEE-344-2004、NB/T 20010.10-2010要求；
6. 过球功能性试验。
7. 质量检验规程

材料的化学成份、机械性能、冲击韧性、金相组织、焊接、堆焊、热 处理、无损检验、外观和尺寸等检验规程。

## 10.4 电动球阀出厂试验前提供的文件

电动球阀出厂试验前提供的文件至少应包括：

* 1. 出厂试验的试验大纲；
  2. 试验和质量检验规程；
  3. 适用的非金属材料（包括垫片、润滑剂、涂料等）的性能报告。

## 10.5电动球阀验收阶段提供的文件

电动球阀验收阶段提供的文件至少应包括：

1. 阀门承压部件和主要零部件材料的化学成份、机械性能、金相组织 及冲击韧性等检验合格报告；
2. 焊接材料质量合格证书、焊工资格证书；
3. 焊接工艺评定质量合格报告、产品焊接合格报告及焊后热处理报告；
4. 焊缝返修报告；
5. 阀门承压部件及主要零部件(包括焊缝)的RT、UT、MT和PT等的无损检验（应包括检验人员资格证和抽查射线检验照片等）报告；
6. 抗震试验报告、型式试验报告；
7. 热处理符合报告；
8. 装配、清洗和干燥合格报告；
9. 外观和尺寸检验合格报告；
10. 所有法兰螺栓实际拧紧力矩值检查报告；
11. 加工、装配及总装质量记录；
12. 阀门耐压强度与密封试验、电动阀的动作试验与功能试验报告，报告中应包括试验装置、水质测定、仪表精度和有效期记录；
13. 外购配套件包括驱动装置、固体润滑剂、非金属材料等的质量证 明文件；
14. 二次配件的性能试验报告；
15. 不符合项处理报告；
16. 竣工图。

## 10.6电动球阀出厂提供的文件

电动球阀出厂提供的文件至少应包括：

1. 阀门使用说明书，至少包括安装、运行、维修等以下内容：
2. 阀门与电动装置结构简图及说明；
3. 电动装置的电气原理与控制线路图及说明；
4. 安装技术条件、安装程序及安装要求，包括承压螺栓的拧紧力矩及 支撑说明；
5. 阀门维修及检修说明，主要易损件更换方法、拆装程序、易损件更换标准；
6. 如有专用工具，提供专用工具图及详细零件清单、专用工具使用说明；
7. 阀门故障分析及处理对策；
8. 使用、保管、调试、保养等说明。

——————————终——————————