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/CNSXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂

核安全级弯管流量传感器技术要求

Technical requirementsfor safety-class elbow flow sensor‌‌ of high temperature gascooled 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](#_Toc203654603)

[前言 II](#_Toc203654604)

[1 范围 1](#_Toc203654605)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc203654606)

[3 术语和定义 1](#_Toc203654607)

[3.1 安全级弯管流量传感器‌safety-grade elbow-pipe sensor 1](#_Toc203654608)

[3.2 1E级氦气弯管流量计 class 1E helium elbow flow mete 1](#_Toc203654609)

[3.3 冷氦气上升管cooled helium riser‌ 1](#_Toc203654610)

[3.4 弯径比 ratioofaxisbendingradiusandpipediameter 1](#_Toc203654611)

[4 总体要求 1](#_Toc203654612)

[4.1 功能 2](#_Toc203654613)

[4.2 安全级别 2](#_Toc203654614)

[4.3 主要技术参数 2](#_Toc203654615)

[4.4 安装要求 2](#_Toc203654617)

[5 材料要求 3](#_Toc203654618)

[6 制造要求 3](#_Toc203654619)

[6.1 机械加工 3](#_Toc203654620)

[6.2 焊接、热处理和表面处理 4](#_Toc203654621)

[6.3 标记 4](#_Toc203654622)

[7 试验要求 4](#_Toc203654623)

[7.1 型式试验 4](#_Toc203654624)

[7.2 出厂试验 5](#_Toc203654625)

[8 包装、运输和贮存 5](#_Toc203654626)

[9 质量保证和控制 5](#_Toc203654627)

[10 供货方提供的文件 5](#_Toc203654628)

[参 考 文 献 1](#_Toc203654629)

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。

本标准由中国核学会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：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

本标准主要起草人：孙艳飞，任成，邵拓，李浩然。

高温气冷堆核动力厂核安全级弯管流量传感器技术要求

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）核动力厂安全级弯管流量传感器（以下简称：弯管流量传感器）的技术要求，包括质量保证要求、材料要求、制造要求和试验要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂蒸汽发生器冷氦气上升管上安装的弯管流量传感器。

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。

|  |  |
| --- | --- |
| GB/T 13625 | 核电厂安全级电气设备抗震鉴定 |
| JJG 640-2016 | 差压式流量计检定规程 |
| ASME-2004 第II卷 | 锅炉及压力容器规范 材料 |
| ASME-2004 第III卷 | 核设施部件建造规则 |
| ASME-2004 第IX卷 | 锅炉及压力容器规范焊接与钎接评定 |
| ASME-2004 第V卷 | 无损检测 |
| NB/T 20408 | 核电厂物项包装、运输、装卸、接收、贮存和维护要求 |

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* 1. 安全级弯管流量传感器‌safety-grade elbow-pipe sensor

由符合本技术要求的90度弯头和45度方向内外侧的导压管嘴组成。

* 1. 1E级氦气弯管流量计 class 1E helium elbow flow mete

测量高温气冷堆一回路氦气质量流量用的弯管流量计，由安全级弯管流量传感器和1E级差压变送器组成。

* 1. 冷氦气上升管cooled helium riser‌

高温气冷堆蒸汽发生器的一个部件,作为冷端氦气介质的流动通道。

* 1. 弯径比 ratioofaxisbendingradiusandpipediameter

弯管传感器中心轴线弯曲半径与弯管流通横截面直径之比。

1. 总体要求
   1. 功能

在高温气冷堆核动力厂中，安全级弯管流量传感器和1E级差压变送器组成1E级氦气弯管流量计，用于测量高温气冷堆一回路氦气质量流量，用作触发反应堆保护动作。为满足核安全级仪表的冗余要求，每座反应堆需要同时使用4台1E级氦气弯管流量计。

安全级弯管流量传感器作为90°弯头安装在蒸汽发生器的冷氦气上升管中，从传感器引出两个导压管，两个导压管之间存在与流量相关的压力差信号。两个导压管贯穿蒸汽发生器壳体和蒸发器舱室进入一回路仪表间内连接1E级差压变送器，1E级差压变送器将导压管输出的压力差信号转换为变送器输出的4～20mA信号送给保护系统和DCS系统计算各支路的氦气质量流量，密度补偿使用同一时刻测得的一回路压力和冷氦气温度值。

测得的一回路氦气质量流量用作反应堆保护系统的保护变量，与二回路给水流量联合作为反应堆停堆信号，涉及反应堆安全功能。

* 1. 安全级别

安全级别为安全3级，抗震类别为抗震I类，质保等级为QA2。

* 1. 主要技术参数

安全级弯管流量传感器的主要技术参数要求如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 测量介质： | 氦气 |
|  | 介质温度： | 250℃ |
|  | 介质压力： | 7.0 MPa（绝对压力） |
|  | 工作压力（外压） | 200kPa |
|  | 设计温度： | 350℃ |
|  | 设计压力： | 1.0 MPa（绝对压力） |
|  | 最大流量： | 8kg/s |
|  | 常用流量： | 6.857 kg/s |
|  | 最小流量： | 2.286kg/s |
|  | 内径： | Φ233 mm |
|  | 壁厚： | 10 mm |
|  | 弯径比（R/D）： | 1.5 |
|  | 材料： | 304不锈钢 |
|  | 导压管： | 弯头45°方向内外侧取压 |
|  | 上下游直管段： | 标定时，需要在前后端分别焊接长度为10D和5D（D为管道内径）的直管段 |
|  | 安装状态： | 垂直向上转水平 |
|  | 与管道连接方式： | 对接焊 |
|  | 流出系数不确定度： | ±0.5% |
|  | 清洁度： | 外观及内部清洁度要求与蒸汽发生器壳体的要求相同 |
|  | 寿命： | 60年 |

* 1. 安装要求

(1)弯管流量传感器是蒸汽发生器冷氦气上升管的一个部件。

(2)弯管流量传感器在具有相应焊接资格的人员焊接直管段后，由流量检定单位进行流量试验。经订货方验收合格的弯管流量传感器再交付蒸汽发生器供货方组装为冷氦气上升管。组装过程中，蒸汽发生器供货方除将弯管流量传感器的导压管嘴焊接导压管外，不可对弯管流量传感器本身再进行任何加工。

(3)弯管流量传感器及其直管段的焊接、安装、探伤和检漏根据蒸汽发生器冷氦气上升管的安装要求进行，须满足相应技术要求。

1. 材料要求

关键部位的材料推荐进行如下选择：

1. 弯头：304不锈钢；应符合ASME规范A篇SA312中TP304的相应要求；
2. 导压管嘴：304不锈钢；应符合ASME规范A篇SA312中TP304的相应要求；
3. 焊接材料：应符合ASME规范C篇SFA5.4中E308、E309的要求（焊条）和SFA5.9中ER308、ER309的要求（焊丝）。
4. 制造要求
   1. 机械加工

弯管流量传感器和直管段的加工精度和表面粗糙度的等级要求，需满足蒸汽发生器冷氦气上升管的相关技术要求，加工尺寸须进行复验，并形成文件。

* + 1. 弯头和弯管流量传感器

(1)通径D的尺寸精度要求：标准公差等级为IT10 ( )；

(2)弯曲半径R的尺寸精度要求：标准公差等级为IT10 ()；

(3)通径D表面粗糙度：Ra≤3.2μm；

(4)内外侧取压孔的位置精度要求（弯管流量传感器）：内外侧取压孔位置的允差要求控制在0.4°以内。

(5)取压孔径d的尺寸精度要求（弯管流量传感器）：取压孔径d的标准公差等级为IT12 ()。

(6)弯头内表面全长圆度公差等级IT12（±0.0525）。

* + 1. 直管段

(1)管道圆度：离端面至少2D长度范围内，要求管道任意直径单测值与直径平均值的偏差不得大于±0.3%。

(2)管道内壁粗糙度：Ra≤3.2μm。

* + 1. 弯头与直管和导压管嘴的焊接

(1) 直管段与弯管流量传感器采用氩弧焊焊接方式连接，连接后要求直管段轴线与弯头中心线两端处的切线重合，角度偏差不大于±0.4°，同心度满足工程图纸要求。

(2)焊缝内表面须保证光洁；

(3)按照ASME安全3级部件的标准进行焊接工艺评定和焊缝检验。

* 1. 焊接、热处理和表面处理

(1)焊工资格：全部焊接操作者都应具有民用核安全设备焊工焊接操作工资格证书。

(2)焊接工艺评定：产品的焊接应按照ASME规范第Ⅸ卷及第Ⅲ卷NC-4300的规定进行焊接工艺评定。

(3)表面处理：焊接之后，对焊缝表面要进行打磨，符合无损检验的要求，而且焊缝内表面必须保证光洁平滑。

* 1. 标记

每个弯管流量传感器必须设置永久性的标记，至少应包括下列内容：

1. 制造单位名称和有效制造许可证的编号；
2. 产品编号；
3. 设备名称及型号；
4. 设备KKS编码；
5. 制造日期；
6. 试验要求
   1. 型式试验

弯管流量传感器的型式试验必须至少包括如下试验项目：

1. 无损检测

弯管流量传感器的无损检测应按ASME-V和ASME-Ⅲ的NC-5000的规定进行，检验类型为液体渗透检验。

1. 压力试验

弯管流量传感器要求在加工单位用1.5倍设计压力进行水压试验，要求在规定时间内无渗漏。

1. 氦检漏试验

弯管流量传感器须进行氦检漏检验，泄漏率不得大于1×10-6 Pa•m3/s。

1. 流量试验

参照JJG 640的方法进行流量试验，检验弯管流量传感器的流量系数的不确定度和氦气弯管流量计在规定的流量范围内测量精度是否满足要求。

试验用的差压变送器等仪表的精度等级要经国家认可的部门校准。

1. 抗震分析

按照GB/T 13625要求，对于安装在蒸汽发生器冷氦上升管的弯管流量传感器进行抗震分析，满足抗震Ⅰ类要求。安装位置的地震响应谱见工程文件。

* 1. 出厂试验

在产品出厂以前，必须对每一套弯管流量传感器进行产品出厂验收试验。

弯管流量传感器出厂验收试验包括：外观、清洁度、机械加工精度等检查；无损检测、压力试验、气体泄漏率试验和流量试验。

1. 包装、运输和贮存

产品的包装、运输和贮存应符合NB/T 20408中B级物项的有关规定。

1. 质量保证和控制

制造方必须经资格评审合格并持有国家核安全监管部门颁发的相应的许可证，并按照HAF 003《核电厂质量保证安全规定》制定并有效实施质量保证大纲。

1. 供货方提供的文件

供货方在交货时应至少提供如下文件：

1. 主要材料和焊接材料复验报告；
2. 焊接工艺评定试验报告；
3. 焊缝探伤检查或射线照相结果；
4. 压力试验报告；
5. 氦检漏报告；
6. 抗地震分析报告；
7. 流量试验报告；
8. 弯管流量传感器竣工图纸；
9. 流量计算书；
10. 型式试验报告
11. 质量合格证书；
12. 质保文件。

参 考 文 献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] HAF 003 | 核电厂质量保证安全规定 |  |