

团 体 标 准

T/CNS 67—2022

高温气冷堆核动力厂一回路首次加热除湿 试验导则

**Guide for initial heating dehumidification test in primary loop of high
temperature gas-cooled reactor nuclear power plant**

2022-12-16 发布

2023-04-01 实施

中国核学会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验目的及验收准则	2
5 试验条件及要求	2
6 试验方法	2
7 试验记录	4
8 试验报告	4
参考文献	5

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、华能核能技术研究院有限公司、华能核电开发有限公司。

本文件主要起草人：杨文明、许杰、朱英杰、赵亮、李超、王庆武、贾晶晶、朱润泽。

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到第四章至第六章（专利名称《一种高温气冷堆石墨、碳堆内构件抽真空及加热除湿装置》（申请号：202221112048.8）相关专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可通过以下联系方式获得：

专利持有人：华能山东石岛湾核电有限公司等；

地址：山东省荣成市石核路9号。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

高温气冷堆核动力厂一回路首次加热除湿试验导则

1 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力厂一回路在装料前在氦气气氛下的首次加热除湿方法。本文件适用于高温气冷堆核动力厂及其他基于高温气冷堆的核动力装置。

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 4844 纯氦、高纯氦和超纯氦

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主氦风机 helium circulator

主氦风机为采用电磁轴承支承系统的内置式离心风机，用于驱动高温气冷堆一回路冷却剂工质循环流动。

3.2

冷氦 cold helium

高温气冷堆反应堆一回路冷却剂在被蒸汽发生器冷却后，流动至主氦风机入口的氦气定义为冷氦。

3.3

氦净化系统事故冷却除湿列 accident cooling dehumidification train of helium purification system

用于在反应堆发生进水事故后，能够将反应堆一回路中的水分除去。

注：包括阀门、冷却器、金属丝网式气水分离器、流量计等设备。

3.4

氦净化系统正常净化列 normal purification train of helium purification system

用于在反应堆正常运行时，可以将反应堆中的微量水分、一氧化碳、甲烷、二氧化碳、氢气、放射性气体等杂质净化除去的系统。

注：包括阀门、冷却器、氧化铜床、分子筛床、低温活性炭床等设备。

3.5

一回路压力泄放系统 primary pressure relief system

可以实现反应堆一回路超压排放功能的系统，系统内包括管道、阀门及安全阀等设备。

3.6

露点 dew point

露点温度 dew point temperature

在特定气氛中水汽含量不变，保持气压一定的情况下，冷却气氛使水分含量达到饱和时的温度称露点温度，单位用℃表示。

4 试验目的及验收准则

4.1 试验目的

通过反应堆一回路抽真空系统抽真空、加热分离除湿、吸附除湿等方法将高温气冷堆反应堆石墨构件、碳堆内构件、石墨球等所吸附的大部分水分除去，减少一回路氦气介质中水分。

4.2 验收准则

反应堆一回路首次加热除湿试验目标温度为冷氦250℃温度平台（实际温度240℃~260℃），温度达标后，要求反应堆一回路氦气中水蒸汽分压不超过30℃饱和蒸汽压，则可以结束加热除湿过程。

5 试验条件及要求

5.1 先决条件

先决条件包括以下方面：

- a) 一回路役前压力试验已完成；
- b) 主氦风机可用；
- c) 一回路抽真空系统可用；
- d) 设备冷却水系统、厂用水系统可用；
- e) 核岛冷冻水系统可用；
- f) 液氮供应与贮存系统可用；
- g) 氦净化系统正常净化列可用；
- h) 氦净化系统事故冷却除湿列可用；
- i) 氦辅助系统排水系统具备可以接收氦净化事故除湿列排水功能；
- j) 氦辅助系统的排气系统可用；
- k) 余热排出系统、屏蔽冷却水系统、压力容器支承冷却系统可用，核岛负压通风系统、消防系统可用；
- l) 反应堆一回路系统的临时热偶真空计已安装，并接入临时电源，热偶真空计显示器显示正常为常压；
- m) 一回路湿度计隔离；
- n) 一回路边界冷端包括控制棒驱动机构、吸收球驱动机构、吸收球系统管道、燃料装卸系统卸料管及单一化卸料装置、一回路压力泄放系统等位置，需增加临时加热保温措施，如高温型电伴热带、舱室环境加热装置等，用于提高冷端温度，避免水汽凝结。

5.2 初始状态

初始状态包括以下方面：

- a) 在氦净化系统事故冷却除湿列系统进/出口临时高量程露点仪已安装；
- b) 反应堆一回路系统的临时热偶真空计已安装；
- c) 一回路抽真空系统已与反应堆一回路蒸汽发生器抽真空管嘴接口连接；
- d) 一回路充氦气管路已连接；
- e) 厂用水系统已投运，设备冷却水系统已投运；
- f) 核岛冷冻水系统投用；
- g) 氦净化系统正常净化列已置换为氦气气氛；
- h) 低温吸附器液氮槽已充入指定液位的液氮，氦净化系统设备间负压通风系统已投入运行；
- i) 一回路抽真空边界上不能耐受负压的相关仪表已隔离；
- j) 一回路冷端临时加热保温措施已投运，温度不低于 30℃。

6 试验方法

6.1 反应堆一回路抽真空

6.1.1 启动反应堆一回路抽真空系统。

6.1.2 反应堆一回路隔离边界内绝压值达到 300 Pa.a 及以下，停运真空泵。

6.2 反应堆充氦气并拆除抽真空装置

6.2.1 向一回路充入氦气（高纯氦及以上纯度），确认当压力达到常压时，再充入氦气并使一回路压力达到微正压（推荐执行范围：0.11 MPa.a~0.14 MPa.a）。高纯氦及以上纯度，应符合 GB/T 4844 的要求。

6.2.2 拆除临时热偶真空计，并恢复正式仪表。

6.2.3 恢复抽真空之前不能耐受真空的相关仪表，解除隔离。

6.2.4 拆除一回路抽真空系统，恢复蒸汽发生器抽真空管嘴盲板。

6.3 反应堆充氦气至 1.5 MPa.g 压力平台

向反应堆一回路充氦气至 1.5 MPa.g 压力平台（推荐执行范围 1.5 MPa.g~1.7 MPa.g），隔离充气管路。

6.4 启动主氦风机加热反应堆一回路

启动主氦风机，将反应堆一回路冷氦温度加热至 60°C 温度平台（ $\geq 60^\circ\text{C}$ 即可，推荐执行范围 60°C~70°C）。

6.5 氦净化系统事故除湿冷却列除湿运行

反应堆一回路冷氦温度达到 60°C 温度平台后，确保氦净化系统事故除湿冷却列运行。

6.6 反应堆一回路加热至 150°C 温度平台

6.6.1 主氦风机持续加热反应堆一回路，将一回路冷氦温度加热至 150°C 温度平台（推荐执行范围 140°C~160°C），压力应不超过 5.6 MPa.a（注：此工况折算氦气密度不超过正常运行密度，推荐执行范围 4.50 MPa.g~5.50 MPa.g）；

6.6.2 氦净化系统事故冷却除湿列持续投入，确保出口氦气温度不超过 20°C；

6.6.3 记录通过在氦净化系统事故冷却除湿列出入口湿度，试验过程中应确保冷端温度高于入口氦气的湿度露点值。

6.7 反应堆一回路加热至 250°C 温度平台

6.7.1 主氦风机持续加热反应堆一回路，将一回路冷氦温度加热至 250°C 温度平台（推荐温度范围 240°C~260°C），压力应不超过表压 6.97 MPa.g

注：此工况折算氦气密度不超过正常运行密度，推荐执行范围 6.83 MPa.g~6.97 MPa.g。

6.7.2 氦净化系统事故冷却除湿列持续投入，确保出口氦气温度不超过 20°C；

6.7.3 监视反应堆一回路氦气湿度达到 1500 ppmv 以下或氦净化系统事故冷却除湿列气水分离器中的液位 10 h 变化小于等于 4 cm 时，则氦净化系统事故冷却除湿列除湿效率降低，需投运氦净化系统正常净化列分子筛床；

6.7.4 将氦净化系统正常净化列的分子筛床投入运行，当氦气中的水蒸汽分压达到小于等于 30°C 饱和蒸汽压时，除湿试验满足验收标准；

6.7.5 试验过程中持续记录反应堆一回路湿度，建议 1 h~4 h 测量一次；

6.7.6 除湿试验达到验收标准后，在 250°C 温度平台，保持净化系统事故冷却除湿列和氦净化系统正常净化列的分子筛运行进一步除湿。

6.8 反应堆一回路降温降压及氦气回收

250℃温度平台相关工作完成后，则一回路冷却剂系统可根据实际情况进入降温降压冷却及氦气回收阶段，氦气冷却后回收至氦供应与贮存系统氦气贮罐。

7 试验记录

反应堆一回路加热除湿试验的相关记录，应包括以下内容：

- a) 一回路升温升压过程冷氦温度、一回路压力、氦净化事故冷却除湿列出/入口湿度、氦净化事故冷却除湿列气水分离器排水记录；
- b) 反应堆一回路加热至冷氦温度 250℃温度平台后，冷氦温度、一回路压力、氦净化事故冷却除湿列出/入口湿度、氦净化事故冷却除湿列气水分离器排水记录、氦净化系统正常净化列气水分离器排水记录以及氦辅助系统的排水系统水位记录。

8 试验报告

试验结束后，应提交试验报告，可采取如下格式：

- a) 概述：试验任务和目的；
- b) 试验方法：包括抽真空方法、一回路充压方法、加热除湿方法等；
- c) 试验数据整理：建立试验结果汇总表；
- d) 试验结果分析和评价；
- e) 结论和建议：应简明地对试验结果做出结论，评价其各项指标，指出是否与原设计或与相关标准指标相符。

参 考 文 献

- [1] GB/T 28123 工业氮
 - [2] ASME-BPVC-III-NB 锅炉及压力容器规范1级部件
-