

团 体 标 准

T/CNS 66—2022

高温气冷堆核动力厂一回路气压试验导则

**Guideline for pneumatic test in primary loop of high temperature gas-cooled
reactor nuclear power plants**

2022 – 12 – 16 发布

2023 – 04 – 01 实施

中国核学会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验目的与总体要求 1

5 试验条件及要求 1

6 试验方法 3

7 试验记录 3

8 试验报告 3

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、清华大学、中核武汉核电运行技术股份有限公司。

本文件主要起草人：杨波、黄俊平、李超、王天柱、王庆武、吴肖、张征明、黄超、贾晶晶、黄健。

高温气冷堆核动力厂一回路气压试验导则

1 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力厂一回路气压试验的试验条件、试验方法、试验记录等技术要求。本文件适用于高温气冷堆气体压力试验。

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 13277.1—2008 压缩空气 第1部分 污染物净化等级

ASME-BPVC-III-NB ASME锅炉及压力容器规范 III NB分卷

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

一回路压力边界 primary loop pressure boundary

由反应堆压力容器、蒸汽发生器壳体及联结两者的热气导管壳体及所有与压力容器相连的系统管道在第一个隔离阀之前的管段。

3.2

一回路压力容器 primary loop pressure vessel

反应堆压力容器，蒸汽发生器和热气导管。

4 试验目的与总体要求

4.1 试验目的

本项试验旨在检验一回路压力边界的强度性能、一回路压力容器在压力作用下的变形和位移、压力边界在空气气氛下的密封性能满足设计要求。

4.2 验收准则

本试验应满足以下三条要求：

- a) 一回路压力容器支承系统的变形满足设计要求；
- b) 一回路压力容器的位移和变形在设计要求范围内；
- c) 密封系统有效，本项试验的泄漏率合格指标为不超过总装量的 0.1 %/d（干空气质量）。

5 试验条件及要求

5.1 先决条件

5.1.1 反应堆压力容器、热气导管、蒸汽发生器三壳组对完成，一回路压力边界封闭，设备开口法兰螺栓按照设计要求紧固完成。

5.1.2 一回路压力边界上的全部隔离阀单体试验完成，且试验结果合格。

5.1.3 一回路压力边界低压阶段泄漏检查完成。

- 5.1.4 试验相关温度和压力监测仪表完成安装，能够正常进行测量。
- 5.1.5 反应堆和蒸汽发生器舱室临时加热装置安装完成。
- 5.1.6 一回路压力边界超压保护装置已完成标定并连入系统。
- 5.1.7 一回路气压试验相关工艺、电气系统通道试验完成，压力边界内的温度测点可用。

5.2 初始状态

- 5.2.1 一回路压力边界阀门处于关闭状态。
- 5.2.2 压缩空气生产系统、厂用水系统、设备冷却水系统已投运。
- 5.2.3 余热排出系统、屏蔽冷却水系统、反应堆支承冷却系统已隔离。
- 5.2.4 反应堆和蒸汽发生器舱室临时加热装置已投运。
- 5.2.5 本项试验的整个试验过程中，试验承压设备的温度不低于材料的无延性转变温度 $RT_{NDT}+33^{\circ}\text{C}$ 。

5.3 临时设施

试验用到的临时设施（参考使用）见表 1，包括以下几部分：

- a) 一回路超压保护装置：要由临时安全阀和临时隔离阀组成。安全阀选型及安装要求应符合 ASME-BPVC-III-NB 分卷规定。
- b) 一回路压力测量装置：主要由大盘表与压力变送器组成。仪表选型及安装要求应符合 ASME-BPVC-III-NB 分卷的规定。一回路压力以反应堆压力容器顶部安装的压力仪表的测量值为基准。
- c) 一回路压力容器位移测量装置：考虑到气压试验风险较高，减少人员在试验区域的停留时间和次数，位移测量采用远传式位移传感器。
- d) 蒸汽发生器二次侧临时充压装置：为了防止试验过程中蒸汽发生器传热管承受过大的外压，对蒸汽发生器传热管内（即二次侧）进行充压，保证二次侧压力不低于一次侧压力。
- e) 主氦风机冷却器临时充压装置：为了防止试验过程中主氦风机冷却器承受过大的外压，在主氦风机停止运转后，隔离冷却器，通过压力表接口向冷却器内充压，试验过程中冷却器所受到的外压不应超过正常运行时冷却器所受到的外压。
- f) 临时泄压管路：临时泄压管路连接在与一回路系统相连的工艺系统法兰接口处，由至少两条并联的泄放支路构成。
- g) 一回路加热装置：通过加热装置将加热的空气分别引入反应堆压力容器舱室和蒸汽发生器舱室对一回路舱室气氛的加热，实现循环加热，直至舱室内空气温度满足要求。

表1 临时设施

序号	名称	功能
1	一回路超压保护装置	为本项试验提供超压保护功能
2	一回路压力测量装置	提供高精度压力采集信号
3	一回路压力容器位移测量装置	对一回路压力容器的位移进行测量
4	蒸汽发生器二次侧临时充压装置	对蒸汽发生器二次侧进行充压，防止传热管反向承压
5	主氦风机冷却器临时充压装置	对主氦风机冷却器进行充压
6	临时泄压管路	用于排气降压，分段控制降压速率
7	一回路加热装置	对一回路舱室进行预加热，保证试验过程中一回路压力容器的温度不低于试验要求。

6 试验方法

6.1 升降压控制要求

利用核岛/常规岛压缩空气系统对隔膜压缩机或外置压力源供气直接向一回路升加压，进入一回路的空气质量应符合GB/T 13277.1—2008的规定，湿度等级不低于3级、含油等级不低于3级。升压速率不超过0.01 MPa/min。

系统中的压力应逐渐增加到不大于试验压力的一半，然后按照每级为试验压力的1/10左右逐级升级到所要求的试验压力。试验压力不低于设计压力的1.1倍。

控制降压速率不超过0.05 MPa/min，持续降压至常压。正式设备泄压管路温度不低于材料的无延性转变温度 $RT_{NDT}+33^{\circ}\text{C}$ 。

每个压力平台至少保压10 min。

6.2 试验内容

试验内容包括以下部分：

- 对局部漏点进行排查：适用压力平台：升压至初步检查平台（不宜超过 0.9 MPa.g）；
- 记录各位移测量点的数值：适用压力平台：升压前常压、升压至 50 %试验压力、升压至 60 %试验压力、升压至 70 %试验压力、升压至 80 %试验压力、升压至 90 %试验压力、升压至试验压力、降压至设计压力、降压至运行压力、降压至常压；
- 对一回路压力容器的支承系统进行检查和测量：适用压力平台：气压试验开始前、升压至 60 %试验压力、升压至 80 %试验压力、降压至设计压力、降压至常压；
- 泄漏率计算：适用压力平台：降压至设计压力。待压力稳定后，至少保压 24 h 进行泄漏率测量，基于理想气体定律计算出一回路内干空气总质量的变化率，进而得到一回路的真实泄漏率。进行泄漏率试验时，承压边界的自由容积变化忽略不计；
- 湿度测量：适用各保压平台。

7 试验记录

试验记录包括以下部分：

- 试验前应准备好试验阀门在线清单，按要求进行阀门在线，试验结束后恢复；
- 在常压状态下，记录各位移测量点的数值，记录压力容器支承系统预先确定的实测值；
- 在各压力平台下，记录各位移测量点的数值；
- 在各压力平台下，记录各压力值和温度值；
- 在各压力平台下，记录压力容器表面温度；
- 在相关压力平台下，记录压力容器承重支承的检查值；
- 在进行泄漏率试验时，需在设计压力下至少保压 24 h，期间应按规定的间隔时间进行一回路泄漏率测量，基于理想气体定律计算出一回路内干空气总质量的变化率，进而得到一回路的真实泄漏率。

8 试验报告

试验结束时，应提交试验报告，可采取如下格式：

- 概述：试验任务和目的，测试系统简介；
- 试验方法：包括测试项目、测点布置、测试方法、所用仪器等；
- 试验数据整理：建立试验结果汇总表；
- 试验结果分析和评价；
- 结论和建议：应简明地对试验结果作出结论，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] ASME-BPVC-V ASME锅炉及压力容器规范 V 无损检测
 - [2] ASME-BPVC-III-附录G ASME锅炉及压力容器规范III 附录G
 - [3] ANSI/ANS-56.8 Containment System Leakage Testing Requirements
-