

团 体 标 准

T/CNS 61—2022

高温气冷堆核动力厂堆功率阶跃和线性 变化动态响应试验导则

**Guidelines for reactor power step and linear change dynamic response tests in
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 缩略语 1

5 试验目的 1

6 试验条件及要求 2

7 试验方法 2

8 验收准则 3

9 注意事项 3

10 试验记录与处理 3

11 试验报告 3

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、清华大学、西安热工研究院有限公司、华能核能技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：房俊生、姜一鸣、孟强、王琛翔、李卓、刘燕、程鹏、高红、雷川、张智军、闫唐诗、于德、李超、董哲、黄晓津、高玉峰、魏文斌、周振德。

高温气冷堆核动力厂堆功率阶跃和线性变化动态响应试验导则

1 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力厂在调试阶段的功率阶跃和线性变化动态响应试验的试验目的、先决条件、试验方法、验收准则、注意事项、试验数据和报告等的要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂（双模块）堆功率阶跃和线性变化动态响应试验。

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 4960.2 核科学技术术语 裂变反应堆

NB/T 20145—2012 核电厂调试试验程序和报告

3 术语和定义

GB/T 4960.2界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

反应堆满功率 reactor full power

反应堆输出的额定热功率。

3.2

堆功率 reactor power

反应堆的输出热功率。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DCS：分布式控制系统（Distributed Control System）

NSSS：核蒸汽供应系统（Nuclear Steam Supply System）

RFP：反应堆满功率（Reactor Full Power）

5 试验目的

5.1 本试验是为了验证全厂功率控制与调节系统的自动调节性能满足设计要求。

注：全厂功率控制与调节系统是高温堆输出热功率控制系统。

5.2 机组的阶跃和线性变化动态响应试验在下列功率平台进行：

- a) 单模块功率平台应包括：60 %RFP、100 %RFP。
- b) 双模块功率平台宜包含：50 %RFP/50 %RFP、50 %RFP/100 %RFP、100 %RFP/50 %RFP 和 100 %RFP/100 %RFP。

6 试验条件及要求

6.1 先决条件

- 6.1.1 一、二回路安全阀以及大气释放阀的试验已完成且试验合格。
- 6.1.2 蒸汽和动力转换系统(二回路)系统试运阶段已完成,具备进入机组带负荷调试与试验的条件,且蒸汽压力达到相应控制指标。
- 6.1.3 与全厂功率自动控制与调节相关的分布式控制系统(DCS)系统正常投运,机组相关保护功能已投入,紧急停堆功能已验证。
- 6.1.4 试验过程中所涉及的过程参数趋势功能可用。
- 6.1.5 包含全厂功率自动控制与调节系统在内的所有控制回路均已整定,具备投自动的条件。

6.2 初始状态

- 6.2.1 机组运行于试验所要求的功率水平,具体功率平台详见 5.2。
- 6.2.2 投入全厂功率自动控制与调节系统到自动运行模式。

7 试验方法

7.1 堆功率水平阶跃变化 $\pm 5\%$ RFP 的电厂预计瞬态试验

- 7.1.1 确认机组稳定在所要求的功率水平,机组参数在规定的初始范围内。
- 7.1.2 取消堆功率变化速率不超过 5% RFP/min 的限制。
- 7.1.3 通过改变堆功率设定值的方式,进行功率水平阶跃变化 -5% RFP 的电厂预计瞬态试验。
- 7.1.4 试验过程中通过 DCS 记录核功率、一回路氦气冷热端温度、一回路氦气流量、蒸汽发生器出口蒸汽温度、给水温度和流量、蒸汽发生器出口蒸汽压力、主蒸汽母管压力、NSSS 输出热功率和发电机电功率等过程参数。
- 7.1.5 对阶跃变化响应试验给出的电厂过程参数动态响应曲线进行分析,确认过程参数没有超出正常运行范围、过渡过程反复震荡、闭环不稳定等情况,响应曲线正常。
- 7.1.6 等待机组稳定。
- 7.1.7 通过改变堆功率设定值的方式,进行功率水平阶跃变化 $+5\%$ RFP 的电厂预计瞬态试验。
- 7.1.8 试验过程中通过 DCS 记录核功率、一回路氦气冷热端温度、一回路氦气流量、蒸汽发生器出口蒸汽温度、给水温度和流量、蒸汽发生器出口蒸汽压力、主蒸汽母管压力、NSSS 输出热功率和发电机电功率等过程参数。
- 7.1.9 对阶跃变化响应试验给出的电厂过程参数动态响应曲线进行分析,确认过程参数没有超出正常运行范围、过渡过程反复震荡、闭环不稳定等情况,响应曲线正常。

7.2 堆功率水平 $\pm 5\%$ RFP/min 的速度线性变化的电厂预计瞬态试验

- 7.2.1 确认机组稳定在所要求的功率水平,机组参数在规定的初始范围内。
- 7.2.2 确保堆功率变化速率不超过 5% RFP/min 的限制生效。
- 7.2.3 在所需功率水平下,设定功率水平以 -5% RFP/min 的速度线性变化的电厂预计瞬态试验。
- 7.2.4 试验过程中记录核功率、一回路氦气冷热端温度、一回路氦气流量、蒸汽发生器出口蒸汽温度、给水温度和流量、蒸汽发生器出口蒸汽压力、主蒸汽母管压力、NSSS 输出热功率和发电机电功率等过程参数。
- 7.2.5 等待机组稳定。
- 7.2.6 在所需功率水平下,设定功率水平以 $+5\%$ RFP/min 的速度线性变化的电厂预计瞬态试验。
- 7.2.7 试验过程中记录核功率、一回路氦气冷热端温度、一回路氦气流量、蒸汽发生器出口蒸汽温度、给水温度和流量、蒸汽发生器出口蒸汽压力、主蒸汽母管压力、NSSS 输出热功率和发电机电功率等过程参数。
- 7.2.8 对线性变化响应试验给出的电厂过程参数动态响应曲线进行分析,确认过程参数没有超出正常

运行范围、过渡过程反复震荡、闭环不稳定等情况，响应曲线正常。

8 验收准则

8.1 安全准则

验收时无安全准则的相关要求。

8.2 运行准则

8.2.1 一、二回路安全阀不动作。

8.2.2 蒸汽发生器出口大气释放阀不动作。

8.2.3 超调量：相对核功率的超调量小于 $\pm 15\%$ RFP、汽机前主蒸汽温度的超调量小于 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.2.4 稳态偏差：相对核功率小于 $\pm 1\%$ RFP、热氦温度小于 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、汽机前主蒸汽温度小于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.2.5 稳定时间：小于 3600 s。

9 注意事项

9.1 试验前，对本试验的试验条件及要求逐一确认。

9.2 试验中，若试验过程中发生设备故障，系统故障等情况，工艺过程参数超出正常运行范围，过渡过程反复震荡等情况，应立即停止试验。

9.3 试验后，根据实际需要，将反应堆置于安全状态。

10 试验记录与处理

10.1 试验记录要求

10.1.1 试验前应准备相应数据记录表。

10.1.2 各原始记录应进行整理和编号。

10.1.3 试验记录中有偏差的数据应进行标注。

10.1.4 试验过程中产生的图表应作为试验报告附录。

10.2 试验数据处理

根据DCS获取的数据或图表，计算试验参数的超调量、稳态偏差、稳定时间等数据。

试验中数据偏差过大，应由设计方进行分析。

11 试验报告

试验报告按照 NB/T 20145—2012 的要求。
