团 体 标 准

T/CNS 65—2022

高温气冷堆核动力厂输出热功率控制系统 闭环试验导则

**Guidelines for output thermal power control system closed-loop test in high
temperature gas cooled reactor nuclear power plants**

2022 - 12 - 16 发布

2023 - 04 - 01 实施

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	1
7 试验方法	2
8 验收准则	2
9 注意事项	2
10 试验数据记录与处理	2
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：高红、孟强、王琛翔、房俊生、李卓、刘燕、程鹏、姜一鸣、雷川、张智军、闫唐诗、于德、李超、董哲、黄晓津、高玉峰、张晓斌、杨鹏。

高温气冷堆核动力厂输出热功率控制系统闭环试验导则

1 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力厂在调试阶段进行的输出热功率控制系统闭环试验的试验目的、先决条件、试验方法、注意事项、试验数据和报告等的要求。

本文件适用于采用单元制给水方案的高温气冷堆核动力厂输出热功率控制系统闭环试验。

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编写规范

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

超调量 overshoot

对于阶跃响应，为偏离输出变量最终稳态值的最大瞬时偏差，通常以最终稳态值与初始稳态值之差的百分数表示。

3.3

稳定时间 settling time

从扰动试验开始到被调参数进入新稳态值的允许偏差范围内不再越出时的时间。

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

本试验目的是整定输出热功率控制器参数。

对于单个NSSS模块，分别在50%RFP、60%RFP和100%RFP三个功率水平进行试验，按照7.2规定的给水质量流量阶跃扰动要求，整定输出热功率控制器参数。

6 试验条件及要求

6.1 先决条件

6.1.1 反应堆冷却剂系统安全阀、蒸汽和动力转换系统安全阀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 与本试验相关的DCS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 完成输出热功率的开环响应测试。

6.2 初始状态

- 6.2.1 机组稳定运行于试验所要求的功率水平。
- 6.2.2 氦气流量控制器、给水流量控制器、核功率控制器、热氦温度控制器、蒸汽温度控制器处于自动调节状态，NSSS输出热功率控制器不投入。

7 试验方法

- 7.1 将输出热功率控制器置于自动状态，关闭积分作用和微分作用，将比例系数设置成相对较小的值。
- 7.2 施加1 kg/s的给水流量设定值正/负阶跃扰动。
- 7.3 测量回路的响应曲线，逐渐增大比例系数，不断的调整比例系数并引入扰动，目标是选择一个既使过渡过程超调量和稳定时间尽可能小，又使偏差较小的比例系数。
- 7.4 保持所得的比例系数，将积分时间设定为1个较大值。
- 7.5 施加幅值约为1 kg/s的给水流量设定值正/负阶跃扰动。
- 7.6 测量回路的响应曲线，逐渐缩短积分时间以减小输出热功率计算值收敛到设定值的时间，同时要避免积分时间过短所引发的振荡和不稳定，最终选择1个合适的积分时间，调试过程中根据实际控制器调节情况可适当调整比例系数和控制器死区。
- 7.7 记录给水流量给定值、给水泵勺管开度、给水泵转速、蒸发器给水质量流量测量值、核功率、反应堆出口热氦温度、蒸发器出口蒸汽温度、NSSS输出热功率给定值和计算值从初始到稳态的闭环响应曲线。

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 不引起反应堆冷却剂系统、蒸汽和动力转换系统安全阀动作。
- 8.2.2 不引起蒸汽发生器出口大气释放阀动作。
- 8.2.3 反应堆输出热功率超调量小于 ± 5 MWt。
- 8.2.4 反应堆输出热功率稳态偏差小于 ± 3 MWt。
- 8.2.5 反应堆输出热功率稳定时间小于2400 s。

9 注意事项

- 9.1 试验前，对本试验的试验条件及要求进行逐一确认。
- 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，过渡过程反复振荡等情况，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 试验数据记录与处理

10.1 试验记录

- 10.1.1 试验前，应准备试验程序或相应数据记录表。
- 10.1.2 对各原始记录，应进行整理和编号。
- 10.1.3 对于试验过程中产生的图表，可作为试验附录。
- 10.1.4 对试验记录中有偏差的数据应进行标注。

10.2 试验数据处理

根据DCS获取的数据或图表，计算输出热功率超调量、稳态误差、稳定时间。
如果试验中数据偏差过大，则应进行分析。

11 试验报告

试验结束后，应提交试验报告。试验报告的格式应符合NB/T 20145—2012中的规定。