ICS 27.120.20

CCS F 60

|  |
| --- |
|  |

T/CNS

中国核学会团体标准

T/CNS XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂核安全相关系统与设备定期试验监督大纲编制指南

Guideline for the compilation of a supervision program for periodic tests on nuclear safety-related systems and equipment of high-temperature gas-cooled reactors

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

|  |
| --- |
|  |
| （本稿完成日期：2025年5月） |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国核学会   发布

目  次

[前  言 III](#_Toc30972)

[1 范围 1](#_Toc22041)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc2139)

[3 术语和定义 1](#_Toc12787)

[4 监督大纲编制要求 2](#_Toc230)

[4.1 监督大纲编制说明 2](#_Toc3533)

[4.2 具体要求 3](#_Toc18014)

[5 监督大纲编制方法 3](#_Toc24584)

[5.1 设计文件输入 3](#_Toc25959)

[5.2 确定列入监督大纲的系统或设备 3](#_Toc18664)

[5.3 技术要素的确定 3](#_Toc17272)

[5.4 技术要素的确认 4](#_Toc9408)

[6 试验周期的确定 4](#_Toc3437)

[6.1 初始试验周期 4](#_Toc28554)

[6.2 运营阶段试验周期 4](#_Toc19126)

[7 运营阶段监督大纲的升版 5](#_Toc31107)

[附　录　A （资料性） 高温气冷堆运行模式 6](#_Toc30366)

[A.1 高温气冷堆运行模式 6](#_Toc18619)

[附　录　B （规范性） 核安全相关系统与设备清单 7](#_Toc27313)

[B.1 核安全相关系统与设备清单 7](#_Toc24092)

[附　录　C （规范性） 定期试验内容格式 8](#_Toc8564)

[C.1 定期试验内容格式 8](#_Toc18088)

[参 考 文 献 9](#_Toc25008)

[表A.1 高温气冷堆运行模式 6](#_Toc20822)

[表B.1 核安全相关系统与设备清单 7](#_Toc17044)

[表C.1 定期试验内容格式 8](#_Toc7558)

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：中核能源科技有限公司、清华大学核能与新能源技术研究院。

本文件主要起草人：张科科。

高温气冷堆核动力厂核安全相关系统与设备定期试验监督大纲编制指南

1. 范围

本文件规定了高温气冷堆核动力厂核安全相关系统与设备定期试验监督大纲（简称监督大纲）编制的总体要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂，包括纯发电机组，及其它热电联供机组等。

本文件适用于设计阶段监督大纲的编制。

本文件适用于核动力厂运营阶段监督大纲的升版。

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。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

HAF103 核动力厂运行安全规定

HAD103/09 核电厂安全重要物项的监督

HAD003/09 核电厂调试和运行期间的质量保证

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



核安全相关系统与设备 nuclear safety-related systems and equipment

对于高温气冷堆，核安全相关系统与设备不仅仅指安全级系统与设备，还包括用于保障核安全功能的支持系统和设备，通常包括一回路相关系统、安全级仪控系统、电源系统、辐射监测相关系统、放射性流出物相关系统等。



定期试验 periodic test

为探测故障和检查可运行性，按计划的间隔时间所进行的试验。



监督要求 supervision requirements

保证运行限值和条件而必须进行的安全系统定期检查、试验、标定和检验。



试验周期 test period

规定的两次定期试验之间的时间间隔。



运行模式 operation mode

对应于每一个核蒸汽供应系统(NSSS)模块的运行模式定义，包含堆芯反应性状态、功率水平和反应堆堆芯平均温度等因素在内的任何一种组合。



功率运行 power operation

反应堆处于临界状态，反应堆功率不小于30%单堆额定热功率，产生合格的蒸汽，反应堆堆芯平均温度值不超过运行技术规格书中规定的安全运行限值。



启动 reactor startup

反应堆从次临界过渡到临界状态，反应堆功率小于30%单堆额定热功率，反应堆堆芯平均温度值不超过运行技术规格书中规定的安全运行限值。



中期停堆 intermediate shutdown

反应堆处于次临界状态并满足要求的停堆裕度，反应堆功率为零（不含衰变热），反应堆堆芯平均温度不低于150℃。



冷停堆 cold shutdown

反应堆处于次临界状态并满足要求的停堆裕度，反应堆功率为零（不含衰变热），反应堆堆芯平均温度（Tavg）为150℃＞Tavg≥50℃。



维修停堆 maintenance shutdown

反应堆处于次临界状态并满足要求的停堆裕度，反应堆功率为零（不含衰变热），反应堆堆芯平均温度可以低于50℃。

1. 监督大纲编制要求
   1. 监督大纲编制说明

高温气冷堆核安全相关系统与设备定期试验监督大纲，根据相应项目的最终安全分析报告及运行技术规格书的内容确定定期试验项目、试验周期、试验工况、判定系统和设备的准则以及监督要求。大纲的编制及内容应符合HAD003/09中对试验的相关规定。

监督大纲不考虑以下试验项目：

1. 设备金属检查、容器和管道密封和强度水压试验以及根据管理部门的专业技术规范而进行的工艺鉴定；
2. 根据设计和出厂文件要求应该进行的设备预防性检查和维修项目；
3. 根据相应的规程对核安全相关系统及其它系统进行维修和维护后所要进行的系统部件的检查项目。
   1. 具体要求

大纲编制过程中，应遵守HAD103/09的有关规定，具体要求包括：

1. 应明确参考的文件、版本及发布时间；
2. 应充分合理确定相关系统与设备的试验项目，试验项目不少于运行技术规格书中监督要求规定的内容，定期试验周期不长于运行技术规格书中监督要求规定的监督频度；
3. 定期试验监督大纲中定期试验项目需充分考虑反应堆的所有运行模式，包括功率运行、启动、中期停堆、冷停堆、维修停堆。高温气冷堆运行模式说明见附录A；
4. 监督大纲应说明当试验结果不满足验收准则时应采取的措施。一般情况下，试验结果不能满足准则时认为试验不成功，表明系统或设备存在故障，不允许继续运行，应进行维修，同时根据运行技术规格书的规定采取相关措施，并在维修后重新进行试验；
5. 监督大纲应规定试验周期的裕度，即当试验不满足最低试验周期时，须按照规定的裕度执行定期试验，一般裕度为该项目试验周期的25%；
6. 监督大纲中与运营单位相关的内容，需与运营单位的实际情况一致。
7. 监督大纲编制方法
   1. 设计文件输入

监督大纲具体技术内容主要参考以下设计文件：

1. 最终安全分析报告；
2. 运行技术规格书；
3. 系统设计文件；
4. 设备技术规格书；
5. 设备出厂文件。
   1. 确定列入监督大纲的系统或设备

列入监督大纲的系统或设备类型应符合HAF103及HAD103/09的有关规定，主要包含三类：

1. 核动力厂重要参数和系统状态；
2. 安全重要仪表；
3. 安全重要构筑物、系统和部件。

参考最终安全分析报告及运行技术规格书初步确定列入定期试验监督大纲的系统清单。针对高温气冷堆应列入监督大纲的系统或设备见附录B。

* 1. 技术要素的确定

为了保证定期试验的有效实施，该阶段主要根据最新的设计资料，初步确定相关系统的定期试验内容，并确定各技术要素的内容，各技术要素的相关说明如下：

1. 试验对象：明确执行定期试验设备，范围不少于运行技术规格书中的规定；
2. 试验项目：根据系统或设备功能需求，确定试验项目，确保满足运行技术规格书中的规定的设备可用性要求；
3. 验收准则：针对每个试验项目，根据功能需求、设备技术规格书、相关设备类法规标准的要求制定验收准则，且确保验收准则明确、无歧义；
4. 试验周期：综合考虑多方面因素确定设计阶段的各试验项目的试验周期，具体参考本文件6.1节；
5. 运行模式：充分分析系统或设备在不同运行模式下的功能需求，确定适用的运行模式；
6. 执行的规程：执行各试验项目的具体试验规程；
7. 执行部门：具体执行各试验项目的部门，依据核动力厂管理文件确定；
8. 监督要求：该内容是对应的运行技术规格书中的相应条款，若对应多个条款，需全部注明；
9. 其他需要说明的内容：与试验相关的特殊说明。

定期试验监督大纲的内容格式见附录C（以燃耗测量系统为例）。

* 1. 技术要素的确认

该阶段针对初步确定的定期试验内容向设计项及设备厂家征集意见，最终确定每项定期试验的相关内容。

1. 试验周期的确定
   1. 初始试验周期

运行技术规格书中监督要求规定的监督频度对应的试验周期是相关监督内容的最长试验周期。初始试验周期的确定应按照HAF103的有关规定，并符合HAD103/09的有关要求，综合考虑以下因素，且应偏保守考虑：

1. 法规标准的要求；
2. 监管部门要求；
3. 系统冗余设计情况及运行需求；
4. 对机组运行安全的影响；
5. 机组正常运行时的系统或设备状态；
6. 因试验导致系统或设备不可用带来的风险；
7. 设备技术规格书的要求或厂家建议；
8. 是否因试验导致设备性能退化；
9. 类似设备运行经验；
10. 调试试验结果；
11. 核动力厂管理规定。
    1. 运营阶段试验周期

核动力厂进入运营阶段，定期试验周期可根据系统或设备的运行情况提出修改，修改需遵循本文件第7节所述原则，主要考虑以下因素：

1. 参考时间内设备故障率、故障类型；
2. 故障时纠正性维修时间；
3. 定期试验对系统或设备的影响；
4. 设备老化导致的性能下降；
5. 系统或设备的设计变更。
6. 运营阶段监督大纲的升版

运营阶段监督大纲升版主要根据监管部门有关规定、核安全相关系统与设备的变更、核动力厂运行需求提出。

监督大纲的修改遵循以下原则：

1. 符合现行法规标准的要求；
2. 对修改的影响进行严格的安全分析，并出具安全分析报告，报告中应综合确定论的分析方法和概率论的分析方法，对监督大纲修改造成的影响进行说明；
3. 必须经内外部审查，并由国家核安全监管部门的审批后方可执行修改。
4. （资料性）  
   高温气冷堆运行模式
   1. 高温气冷堆运行模式
5. 高温气冷堆运行模式

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 模式 | 名称 | 反应性状态  （Keff） | %额定热功率  (不含衰变热) | 反应堆堆芯平均温度  (℃) |
| 1 | 功率运行 | ≥0.99 | ≥30% | 不适用 |
| 2 | 启动 | ≥0.99 | ＜30% | 不适用 |
| 3 | 中期停堆 | ＜0.99 | 不适用 | ≥150 |
| 4 | 冷停堆 | ＜0.99 | 不适用 | 150＞Tavg≥50 |
| 5 | 维修停堆 | ＜0.99 | 不适用 | ＜50 |

注：表中内容仅供参考，若新项目设计中有变更，依据最新设计情况执行。

1. （规范性）  
   核安全相关系统与设备清单
   1. 核安全相关系统与设备清单
2. 核安全相关系统与设备清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 系统编码 | 系统名称 | 备注 |
| 1 | JDA | 控制棒系统 |  |
| 2 | JDE | 吸收球系统 |  |
| 3 | FCA | 燃料装卸系统 |  |
| 4 | CLA | 保护系统 |  |
| 5 | JKT | 核测量系统 |  |
| 6 | CPM | 事故后监测系统 |  |
| 7 | CFA | 安全级热工过程测量系统 |  |
| 8 | CFS | 放射性流出物监测系统（烟囱气载放射性流出物监测子系统） |  |
| 9 | CFS | 放射性流出物监测系统（液态放射性流出物监测子系统） |  |
| 10 | CPU | 地震监测系统 |  |
| 11 | FBA | 燃耗测量系统 |  |
| 12 | JEG | 一回路压力泄放系统 |  |
| 13 | JEB | 主氦风机系统 |  |
| 14 | JNA | 反应堆舱室冷却系统 |  |
| 15 | LAB | 主给水系统 |  |
| 16 | LBA | 主蒸汽系统 |  |
| 17 | JET | 蒸汽发生器事故排放系统 |  |
| 18 | FAB | 乏燃料贮存系统 |  |
| 19 | SAA | 主控制室可居留系统 |  |
| 20 | - | 反应性控制 |  |
| 21 | - | 备用停堆点 |  |
| 22 | - | 一回路系统隔离阀 |  |
| 23 | - | 一回路冷却剂参数和二回路冷却剂参数 |  |
| 24 | - | 安全壳系统 |  |
| 25 | - | 气载放射性流出物的排放限值 |  |
| 26 | - | 液体放射性流出物的排放限值 |  |
| 27 | - | 液压阻尼器 |  |
| 28 | - | 应急电力系统 |  |
| 29 | - | 备用电力系统 |  |

注：清单内容仅供参考，若新项目设计中有变更，依据最新设计情况执行。

1. （规范性）  
   定期试验内容格式
   1. 定期试验内容格式
2. 定期试验内容格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FBA燃耗测量系统 | | | | | | | |
| 试验项目 | 准 则 | 试验周期 | 运行模式 | 执行规程 | 执行部门 | 监督要求 | 备注 |
| 测量仪器、设备  高纯锗探头：KKS码XXX | | | | | | | |
| - 主系统能量刻度 | 每个主要峰的峰面积误差 ≤ 1% | 燃料循环前 | 3,4,5 |  |  | xx |  |
| - 主系统全能谱效率刻度 | 每个主要峰的峰面积误差 ≤ 1% | 燃料循环前 | 3,4,5 |  |  | xx |  |
| - 主系统效率校验 | Cs-137的峰面积误差≤ 0.5% | 1个月 | 3,4,5 |  |  | xx |  |
| - 主系统标准刻度 | Cs-137的峰面积误差≤ 0.7% | 燃料循环前 | 3,4,5 |  |  | xx |  |
| - 主系统输入输出测试 | 动作正确 | 燃料循环前 | 3,4,5 |  |  | xx |  |
| - 本底测量 | 正常范围 | 燃料循环前 | 3,4,5 |  |  | xx |  |

注：表中内容仅供参考，若新项目设计中有变更，依据最新设计情况执行。

参 考 文 献

1. GB/T 5204-2021 核电厂安全系统定期试验与监测

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_