

ICS 27.120.20

F 69

备案号: 46466-2014

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20281—2014

核电厂设备可靠性管理导则

Guideline for equipment reliability management at nuclear power plants

2014 - 06 - 29 发布

2014 - 11 - 01 实施

国家能源局 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 核电厂设备可靠性管理的基本原则	2
5 核电厂设备可靠性管理流程	2
6 核电厂设备可靠性管理技术内容	4
参考文献	8

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：苏州热工研究院有限公司、上海核工程研究设计院。

本标准主要起草人：黄立军、曹智鹏、陈世均、江虹、陈宇、杨立飞、谢永诚、石秀强。

核电厂设备可靠性管理导则

1 范围

本标准规定了核电厂设备可靠性管理的基本原则、流程及技术内容。

本标准适用于核电厂商业运行阶段设备可靠性管理工作的规划、实施和改进。

2 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。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

NB/T 20134 保证所收集的核电厂可靠性数据质量的导则

NB/T 20135 核电厂可靠性数据交换通用导则

NB/T 20151 压水堆核电厂老化管理大纲编制指南

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可靠性 reliability

设备在规定的条件下和规定的时间区间内能完成规定功能的能力。

3.2

可用性 availability

在要求的外部资源得到保证的前提下,设备在规定的条件下和规定的时刻或时间区间内处于可执行规定功能状态的能力。

3.3

维修 maintenance

为保持或恢复设备处于能执行规定功能的状态所进行的包括监督活动在内的一切技术和管理活动。

3.4

预防性维修 preventive maintenance

为降低设备失效的概率或防止功能退化,按规定时间间隔或按规定准则实施的维修。

3.5

预测性维修 predictive maintenance

属于一种预防性维修,内容包括连续或间歇性地对设备的功能或状态进行监测,诊断或趋势分析,所得到的结果揭示设备目前和未来的状况,为维修实施提供参考。

3.6

纠正性维修 corrective maintenance

失效确认后,使设备恢复到能执行规定功能状态所实施的维修。

NB/T 20281—2014

4 核电厂设备可靠性管理的基本原则

- 4.1 应制定核电厂设备可靠性管理基本的制度和流程，且流程的规划与建立应合理利用和整合电厂已有设备管理资源。
- 4.2 核电厂设备可靠性管理应明确相应具体负责部门和人员。
- 4.3 核电厂设备可靠性管理流程及工作内容的制定应符合核安全法规和电厂政策的要求。
- 4.4 核电厂设备可靠性管理的每项任务应制定必要的技术导则或指导规范。

5 核电厂设备可靠性管理流程

5.1 总则

核电厂设备可靠性管理流程一般应包含：设备分级识别、设备性能监测与评估、设备纠正行动、设备可靠性持续改进、设备预防性维修、设备长期策略。其关联关系如图1所示。

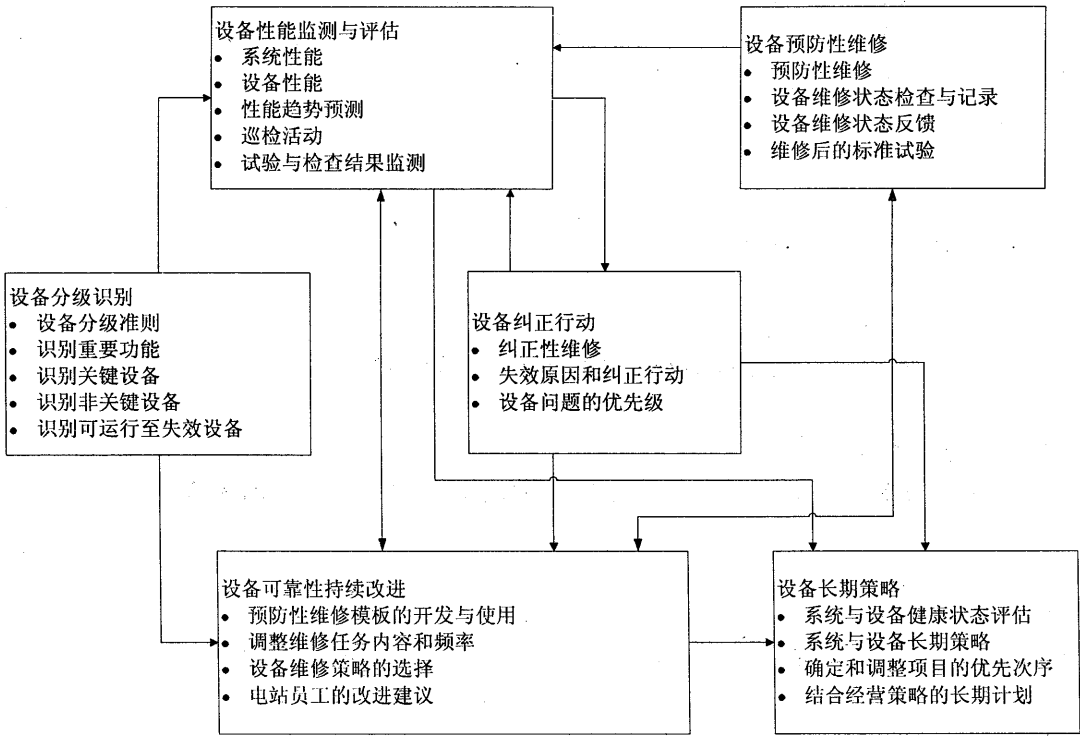


图1 核电厂设备可靠性管理流程顶层框图

5.2 核电厂设备分级识别流程

- 5.2.1 核电厂设备分级识别流程一般包含如下步骤：
 - a) 制定核电厂设备分级准则；
 - b) 识别核电厂系统的重要功能；
 - c) 根据设备失效对系统的重要功能、核电厂的安全与生产的影响程度确定设备分级。
- 5.2.2 核电厂设备分级识别流程可为设备性能监测与评估、设备可靠性持续改进流程提供输入。

5.3 核电厂设备性能监测与评估流程

5.3.1 核电厂设备性能监测与评估流程一般包含如下步骤：

- a) 确定被监测对象的性能准则和监测参数；
- b) 实施性能监测，并获取数据和分析趋势；
- c) 分析和评价设备性能降级状况。

5.3.2 核电厂设备性能监测与评估流程可为设备纠正行动、设备可靠性持续改进、设备长期策略流程提供输入。

5.4 核电厂设备纠正行动

5.4.1 核电厂纠正行动一般包含如下步骤：

- a) 根据设备失效后影响的大小是否可以接受，判别采取预防措施或纠正性维修；
- b) 若该失效无需预防，则实施纠正性维修即可；
- c) 若该失效需要预防，则分析原因，采取相应的纠正行动；
- d) 对设备问题进行分级管理，按照优先级组织资源分析和解决问题，并实施纠正行动；同时纠正行动也可以分优先顺序加以实施。

5.4.2 核电厂设备纠正行动流程可为设备性能监测与评估、设备可靠性持续改进、设备长期策略流程提供输入。

5.5 核电厂设备可靠性持续改进流程

5.5.1 核电厂设备可靠性持续改进流程一般包含如下步骤：

- a) 提出设备预防性维修任务和周期的调整需求；
- b) 评价是否需要调整现有预防性维修任务和周期，如不需要则评价是否需要调整监测手段及性能准则；
- c) 如果需要调整现有预防性维修任务和周期，则根据已有的预防性维修模板、经验反馈等确定合适的任务和周期；
- d) 如没有合适的预防性维修模板，可以根据设备的具体情况和经验反馈，或利用维修优化分析方法对维修任务与周期进行优化，如有必要可制定新的预防性维修模板；
- e) 若无法找到经济有效的预防性维修任务来预防失效发生，则根据失效后果是否可控判定采取相应的后果控制措施或技术改造。

5.5.2 核电厂设备可靠性持续改进流程可为设备性能监测与评估、设备预防性维修、设备长期策略流程提供输入。

5.6 核电厂设备预防性维修流程

5.6.1 核电厂设备预防性维修流程一般包含如下步骤：

- a) 根据维修任务和周期的变化升版日常或大修的维修计划。
- b) 预防性维修大纲实施与设备维修后试验；
- c) 设备维修状态检查、记录与反馈。

5.6.2 核电厂设备预防性维修流程可为设备性能监测与评估、设备可靠性持续改进提供输入。

5.7 核电厂设备长期策略流程

5.7.1 核电厂设备长期策略流程一般包含如下步骤：

- a) 定期评估系统及设备的健康状态；

NB/T 20281—2014

- b) 制定和更新系统及设备的长期健康策略;
- c) 判别是否有老化或淘汰品的问题需要关注;
- d) 若有老化或淘汰品相关问题需要关注,则启动相关管理策略和处理措施;
- e) 应将长期策略规划与电厂运营管理规划整合,并制定设备寿期维护活动管理任务。

5.7.2 核电厂设备长期策略流程应制定与电厂运营管理流程相关联的必要环节,并规定具体工作内容。

6 核电厂设备可靠性管理技术内容

6.1 核电厂设备分级识别

6.1.1 核电厂设备分级识别应确定具体明确的分级原则及方法,确保分级原则统一。

6.1.2 核电厂设备的分级原则及方法应基于监管要求、电厂管理要求,并调用电厂可用资源。

6.1.3 核电厂设备分级应根据系统的功能识别出对电厂安全、生产具有重大影响的关键设备。

6.1.4 核电厂设备分级识别结果应至少包含关键设备类别,也可包含如非关键设备、可运行至失效设备等其他类别,每个大类别内还可进一步细分为若干层级。

6.1.5 应定期或根据需要升版核电厂设备分级清单,在升版过程中应考虑电厂工程改造、经验反馈、新监管政策等信息。

6.2 核电厂设备性能监测与评估

6.2.1 根据核电厂设备分级结果,对需要实施状态监测与评估的设备应明确监测参数和性能准则。

6.2.2 设立监测参数和性能准则时应考虑如下因素:

- a) 性能准则应反映出设备的可靠性、可用性或设备状态;
- b) 监测参数应可预示设备性能降级和失效趋势;
- c) 性能准则和监测参数应有助于判别设备的失效机理和失效影响;
- d) 性能准则和监测参数应考虑现有技术的适用性,要求能够探测到失效且与失效模式关联性强;
- e) 性能准则制定和监测参数选择应考虑到在失效产生不可接受后果前能及时起到预示作用,且留有足够的处理时间;
- f) 在设备性能准则的状态监测数据中,应注明具体的状态监测技术准则;
- g) 应监测可缓解老化相关失效发生的关键参数,并预测其发展趋势;
- h) 对于电厂目前尚不具备条件监测的参数,若根据外部经验反馈或先进经验判断认为需要监测,则要提出改进建议。

6.2.3 监测方法的选择应综合考虑多种因素,尤其对一个失效模式有多种监测方法时,应综合考虑监测效果、监测工具的成本、监测技术难易程度、现场实施可行性、监测数据后续处理等。另外,监测方法应细化,以保证能得到严格和一致的执行。

6.2.4 监测周期取决于监测方法的灵敏度以及从发现异常到设备失效之间的时间。监测周期是相对固定的,但在机组瞬态(例如启停机或机组甩负荷)或者参数出现异常时,应缩短监测周期或增加监测手段等。

6.2.5 某些监测任务不是按照日历时间执行的,而是根据系统或设备在线状态执行的,对于这种任务,应描述所需系统或设备状态。

6.2.6 根据监测参数和性能准则判断设备性能降级时,应考虑到如下情况:

- a) 不满足性能准则要求;
- b) 来自设备状态的预测信息显示,设备降级的速度比预期快;
- c) 状态数据监测显示出降级趋势;

d) 当前设备性能对系统功能会造成不利影响。

6.3 核电厂设备纠正行动

6.3.1 核电厂纠正行动的目的是减少或避免非预期失效的重复发生。

6.3.2 对于发现的设备降级或发生的设备失效，应分析原因并采取纠正行动，并判断是否需要预防失效的发生。

6.3.3 若设备失效符合下列情况中的某一种，则应采取纠正行动：

- a) 设备已不符合带缺陷运行的条件；
- b) 设备失效会引起意外的运行后果；
- c) 设备失效后果严重；
- d) 失效会引起瞬态、安全裕度降级或导致瞬态响应复杂化。

6.3.4 对于后果可接受的设备失效，可只采取纠正性维修或比较经济的预防性维修。

6.3.5 纠正行动应按分级原则管理和实施。

6.3.6 所有纠正行动都应有文档记录。

6.3.7 关键设备实施纠正行动后应进行维修后试验，确保设备性能恢复。

6.3.8 对于设备技术问题应进行分级管理。

6.4 核电厂设备可靠性持续改进

6.4.1 如下情况应优化设备维修策略：

- a) 行业运行经验表明存在更为有效的维修方法或策略；
- b) 新的预测性技术更为有效；
- c) 设备降级比预期更快或更慢；
- d) 维修人员反馈需要进行优化；
- e) 设备状态的趋势显示，在预防性维修间隔内无降级；
- f) 设备状态的趋势显示，设备已发生严重降级，失效即将发生。

6.4.2 判别预防性维修策略是否有效，应考虑如下因素：

- a) 已评估设备失效后果；
- b) 已评估预防和控制失效的手段；
- c) 预防性维修任务和老化管理策略的制定依据可追溯。

6.4.3 如下情况应优化设备性能监测手段或性能准则：

- a) 性能准则不能准确地反映设备可靠性水平；
- b) 趋势预测和评估表明，提高性能是必要的和可行的；
- c) 现行性能准则对实现可靠性目标限制过多。

6.4.4 判断设备性能降级能否识别，应考虑如下因素：

- a) 降级可以通过仪表来监测发现；
- b) 降级可以通过预测性维修技术来检测发现；
- c) 降级能在巡视时被发现；
- d) 降级能通过检查或在役检查或试验检测发现。

6.4.5 制定状态监测和预测性维修任务时，应考虑如下因素：

- a) 可用于预测趋势的参数；
- b) 可以在失效发生前有效地测出降级趋势的预测性维修方法；
- c) 在别处成功应用的预测性技术；
- d) 利用人员巡视检查结果；

NB/T 20281—2014

- e) 核实现有的试验手段能否用于监测设备的降级;
- f) 利用相关经验反馈。

6.4.6 判断是否存在经济有效的预防性维修任务来防止失效发生时,应考虑如下因素:

- a) 其他类型维修任务,如抽查;
- b) 设备失效前已有计划进行检修或更换;
- c) 应用新技术;
- d) 供应商有能力预防失效;
- e) 预防性维修比纠正性维修更经济有效。

6.4.7 预防性维修任务及周期的优化,应考虑如下因素:

- a) 变更要经过必要的审查,明确原因,并保证变更不会影响到设备可靠性相关活动的实施;
- b) 预防性维修大纲应满足核安全法规和其他相关法规文件的要求;
- c) 维修任务和周期要随着运行维修经验的积累、改造、新技术的应用等进行不断的优化;
- d) 经验反馈是维修任务和周期优化的重要来源;
- e) 维修任务和周期的变更、评价历史要有记录。

6.4.8 若无有效的预防性维修任务且失效后果需要管理时,应考虑采取措施控制失效后果,必要时实施技术改造。

6.4.9 核电厂设备可靠性持续改进过程中应建立设备可靠性指标,采集设备可靠性数据,并开展分析和应用。数据采集应符合 NB/T 20134 的规定,数据分析和应用应符合 NB/T 20135 的规定。

6.5 核电厂设备预防性维修

6.5.1 根据维修任务和周期的变化升版日常或大修的维修计划。

6.5.2 编制工作文件以实施预防性维修任务。

6.5.3 编制维修后试验程序,对维修后的设备进行维修后试验,以验证维修后设备满足设计功能。

6.5.4 按照制定的维修计划和适用的工作文件执行预防性维修任务。

6.5.5 维修执行过程中,对重要步骤(如直接涉及维修质量等)应由质量控制人员进行检查确认。

6.5.6 对关键设备维修状态进行检查、记录并反馈,根据维修时设备的状态可以对维修任务和周期进行验证和优化。

6.6 核电厂设备长期策略

6.6.1 设备健康状态定期评估

6.6.1.1 定期评估系统和设备的健康状态,对系统和设备目前的技术问题和潜在的缺陷进行前瞻性的评估,并提供解决问题的方案。

6.6.1.2 分析各种失效的综合效应和设备性能的趋势,确定纠正行动的优先次序,并升版长期维修策略。

6.6.2 设备长期可靠性计划

6.6.2.1 确定需要制定长期可靠性计划的设备清单。

6.6.2.2 制定和升版设备长期可靠性计划,并对相关项目的优先次序进行确定和调整。

6.6.3 老化和淘汰品的识别与管理

6.6.3.1 收集设备老化和淘汰品的相关信息,识别老化敏感材料及其老化机理。

6.6.3.2 分析设备的当前状态,识别老化根本原因,评价设备老化状态并预测设备寿命,确定管理行动的优先次序并制定行动计划。

6.6.3.3 编制设备老化管理大纲,应符合 NB/T 20151 的规定。

6.6.3.4 通过电厂已经开展的定期试验、在役检查、在线监督和预防性维修等活动对电厂老化进行控制。

6.6.3.5 对于影响电厂寿命和安全的重大设备制定专项管理计划。

6.6.4 设备长期策略与电厂经营管理计划的结合

6.6.4.1 综合考虑设备的长期可靠性计划与电厂的大修和经营管理计划。

6.6.4.2 综合考虑老化与淘汰品相关主要活动分级,以及电厂的经营管理计划,确保电厂的预算能够支持设备可靠性计划内的活动。

6.6.4.3 将已确定活动整合进电厂大修计划或日常运行计划,应针对整个电厂寿期进行编排,包括主要的预防性维修、改造、监测、试验等。



参 考 文 献

- [1] DL/T 861—2004 电力可靠性基本名词术语
 - [2] INPO AP-913-2011 设备可靠性过程描述
 - [3] NB/T 20156—2012 核电厂预防性维修大纲编制与优化要求
 - [4] 《供电企业可靠性评价实施办法（试行）》（电监会）
 - [5] 《发电设备可靠性评价规程》（电监会）
 - [6] 《中国华电集团公司电力设备可靠性管理办法（试行）》
 - [7] 《中国国电集团公司电力设备可靠性管理办法》
 - [8] 《中国电力投资集团公司发电设备可靠性管理办法（试行）》
 - [9] 《电力设备可靠性管理规定》（华能）
 - [10] Huffman, K., 2004. A Strategy for identifying and prioritizing nuclear power plant Equipment Reliability Improvement Opportunities and Actions. EPRI reference 1009615.
 - [11] Wilmshurst, N., 2003. critical component identification process-license examples. EPRI reference 1007935.
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂设备可靠性管理导则
NB/T 20281—2014

*

核工业标准化研究所发行
北京海淀区骚子营 1 号院
邮政编码：100091
电话：010-62863505
机械工业信息研究院印制部印刷
版权专有 侵权必究

*

2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷
印数 1—200 定价 25.00 元