ICS

CCS

|  |
| --- |
|  |

团体标准

T/CNEA XXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

运行核电厂设备可靠性管理术语

Terminology of equipment reliability management for operating nuclear power plants

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

|  |
| --- |
|  |
| 2025年5月21日 |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国核能行业协会   发布

目  次

[前言 II](#_Toc198722141)

[1 范围 1](#_Toc198722143)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc198722144)

[3 基本概念 1](#_Toc198722145)

[4 设备分级识别 2](#_Toc198722146)

[5 设备性能监测与评估 3](#_Toc198722147)

[6 设备纠正行动 4](#_Toc198722148)

[7 设备可靠性持续改进 6](#_Toc198722149)

[8 设备预防性维修实施 8](#_Toc198722150)

[9 设备长期策略 8](#_Toc198722151)

[参考文献 10](#_Toc198722152)

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。

本文件由中国核能行业协会提出并归口管理，技术支持单位为上海核工程研究设计院有限公司、核工业标准化研究所、苏州热工研究院有限公司、华能核能技术研究院有限公司。

本文件起草单位：岭东核电有限公司、大亚湾核电运营管理有限责任公司、苏州热工研究院有限公司、南京凯略能源科技有限公司、中广核惠州核电有限公司、核电运行研究（上海）有限公司、山东核电有限公司、华能山东石岛湾核电公司。

本文件主要起草人：陈自强、秦开胜、曹光炳、张朝文、杨光、关高、任合斌、欧铮、夏朋涛、王宝刚、彭步虎、周世梁、江虹、尹亮、王亚茹、曹双华、石冬冬、杨文明、席超、朱鹏树。

运行核电厂设备可靠性管理术语

1. 范围

本文件规定了运行核电厂设备可靠性管理术语。

本文件适用于运行核电厂设备可靠性管理。各在建核电厂、有关设备可靠性设计、研究制造、安装调试单位及部门可参考本文件。

1. 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。

NB/T 20281-2014 核电厂设备可靠性管理导则

NB/T 20489-2018 核电厂事件根本原因分析方法

NBT 20555-2019 核电厂老化与寿命管理术语

NB/T 20649-2023 核电厂以可靠性为中心的维修分析指南

NB/T 20692-2023 核电厂维修规则的建立与应用导则

NB/T 20685-2023 核电厂关键敏感设备管理导则

NB/T 20638-2023 核电厂基于状态的维修管理导则

1. 基本概念

下列基本概念适用于本文件。

设备可靠性管理 equipment reliability management

是以设备分级为基础，通过制定合理的可靠性管理策略，实现不同等级设备的可靠性管理目标的一种方法或流程，其管理内容包括：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、设备预防性维修实施和设备长期策略等六个模块。

设备 component or equipment

能够在系统中独立地完成某一特定功能的一种实体。本文中的设备是指用于核电生产的各类设备，通常有独立的功能位置或设备编码，包括子设备、管道、电缆等。[参考：DL/T861-2004]

能动设备 active component

依靠触发、机械运动或动力源等外部输入而行使功能的设备。[引用：NBT 20555-2019]

非能动设备 passive component

不依靠触发、机械运动或动力源等外部输入而行使功能的设备。[引用：NBT 20555-2019]

设备可靠性 equipment reliability

设备在规定的条件和规定的时间区间内完成规定功能的能力。[引用：NB/T 20281-2014]

故障 failure

设备不能执行某项规定功能的状态,在设备可靠性管理领域与“失效”同义。因预防性维修或其它计划性活动，或由于缺乏外部资源造成不能执行规定功能的情况除外。[参考：DL/T861-2004]

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。[引用：NB/T 20281-2014]

设备可靠性指数 equipment reliability index（ERI）

反映某台核电机组的设备可靠性关键领域性能的指标，用以指导核电厂开展设备可靠性自我评估，确定电厂绩效与行业绩效差距，探测设备可靠性流程中的弱项，已制定有针对性的改进行动。

以可靠性为中心的维修分析 reliability-centered maintenance analysis

根据RCM方法，对在当前运行环境下用户需要设备提供的功能及相关的性能标准、功能故障的所有表现形式、引起各功能故障发生的原因、故障发生时出现的现象、故障影响所属的故障后果、预测或预防故障模式的任务、如果无法预测或预防时管理其后果的方式等核心问题开展的分析过程。[参考：NB/T20649-2023]

根本原因分析root cause analysis(RCA)

通过科学、系统的分析方法查找故障或事件的事实与真相，确认事件根本原因和促成原因，并采取纠正行动来防止故障或事件重发的分析活动。简称RCA分析。[参考：NB/T 20489-2018]

系统、构筑物和设备 system structure and components (SSCs)

核电厂除了人的因素之外的经过配置的所有起保护和安全作用，以及影响生产的物项的统称。

设备故障模式与影响分析 Failure modes and effects analysis（FMEA）

一种由下而上的归纳分析法，通过对系统各组成单元潜在的各种故障模式及其对系统功能影响的严重程度进行分析，提出可能采取的预防改进措施，以提高产品的可靠性。简称FMEA分析。

故障树分析 Fault tree analysis（FTA）

一种自上而下的演绎推导方法，通过对系统故障的最终现象进行分析，逐级找出造成系统故障的各种因素，画出它们内在的逻辑关系图(故障树)，从而确定系统故障原因的各种可能组合方式或其发生概率，而最终计算出系统的故障概率。简称FTA分析。

1. 设备分级识别

设备分级 classification of equipment

将多个设备管理维度，如：核安全、工业安全、环境安全、生产、经济性等核电厂营运要求和需求形成具体的界定准则，再对单一设备（3.2）故障后果进行分析，并参照界定准则，对设备的重要度进行等级划分。在核电厂开展设备管理分级工作，旨在最大程度综合核电厂各专业领域关注点，实现设备管理统筹化以及运维资源的合理配置，确保核电厂在安全、可靠的基础上实现经济运维。[参考：NB/T 20643-2023]

关键敏感设备 single-point vulnerability（SPV）

单一故障会直接导致自动或手动停机停堆后果的设备。[参考：NB/T 20685-2023]

关键设备 critical component

对核电厂核安全、工业安全和机组发电具有关键作用的设备。关键敏感设备（4.2）是关键设备的子集。

非关键设备 non critical component or significant component

对核电厂的核安全和机组发电具有重要作用或通过维修可以避免重大设备损失、降低成本的设备。

运行至维修设备run to maintenance（RTM）

运行至失效前不进行维修的设备。该类设备在设备发生失效或劣化之前，有意识地（基于一套确定的标准）决定不进行维修。RTM之前称之为RTF，其认为RTF设备不需任何管理，RTM从定义上纠正了这种认识，即核电厂仍然需要采取活动（如巡检等），发现后采取纠正性维修。

关键敏感备件 single-point vulnerability spare parts

关键敏感设备（4.2）上故障或缺少会导致自动或手动紧急停机停堆的零部件。[参考：NB/T 20685-2023]

运行限制条件 limiting condition for operation(LCO)

电厂安全运行所要求的设备最低功能能力或性能水平。

工作频度 duty cycle

设备工作循环或加载的数量。工作频度分两种类型：高（H），设备启停频繁；低（L），设备启动不频繁。

工作环境 service condition

设备运行时的内部和外部环境的恶劣程度。工作环境分两种类型：严酷（S），设备工作在高温或脏乱的环境；良好（M），设备工作在干燥和清洁的环境。

1. 设备性能监测与评估

性能监 performance monitoring

应用设备分级结果，对设备进行在役检查、巡检或对其物理参数进行持续监测，以收集设备当前的性能状态或对其性能进行趋势分析，通过评估确定设备性能是否降级，以制定纠正行动。

在线监测 on-line monitoring(OLM)

在装置运行状态下对仪表性能进行自动监测,对仪表校准情况进行评估的方法，被监测的通道不会受到影响。

巡检 walk-downs

一种定期或不定期的检查过程，旨在通过人工或自动化的方式，对设备、系统或区域进行全面或重点的检查，以发现潜在的问题和隐患，预防故障和事故的发生‌。

系统健康报告 system health report(SHR)

是系统的状态报告，其中涉及到系统中的影响系统可靠运行能力及其整体可用性的设备，由系统工程师根据维修、运行和工程数据而编写。

潜在故障 potential failure

功能故障将要发生或正在发生的可识别状态。[参考：NB/T 20649-2023]

P-F间隔 potential failure-functional failure interval

发生潜在故障退化到功能故障之间所经历的时间。监测周期取决于监测方法的灵敏度以及P-F间隔，与设备的可靠性或重要度无关。[参考：NB/T 20649-2023]

状态监测任务 condition monitoring task

用于探测处理潜在故障的定期或持续任务。[引用：NB/T 20649-2023]

维修规则 maintenance Rule

对SSCs（3.11）维修活动进行有效性评价的规则体系。[引用：NB/T 20692-2023 ]

状态1 （a(1)）

SSCs（3.11）性能不满足设定的性能指标，需进行根本原因分析并采取适当的纠正行动,也可能需要对SSCs设定额外的性能指标（如：增加状态监测频度、设定短期及长期应满足的指标等）,必要时还需要进行工程改造。[参考：NB/T 20692-2023 ]

状态2 （a(2)）

SSCs（3.11）性能满足设定的性能指标，可继续按照原有预防性维修大纲和定期试验大纲执行相应的维修、试验活动，并继续实施性能监测。[引用：NB/T 20692-2023 ]

1. 设备纠正行动

纠正行动corrective action

为了消除根本原因、促成原因或减轻事件后果所采取的改进行动，包括其他用于改进核电厂管理和运行质量的措施。

故障模式 failure mode

设备故障的表现形式。[引用：NB/T 20489-2018]

纠正性维修 corrective maintenance(CM)

故障确认后，使设备恢复到能执行规定功能状态所实施的维修。[参考：NB/T 20281—2014]

共因故障 common cause failure

由于某一共同原因而使两个或更多的部件在短时间内故障。[引用：NB/T 20489-2018]

故障后果 failure consequence

设备发生故障对安全功能、生产功能、辅助功能、构筑物、人员、环境造成的影响。单一设备故障后果是指单独一个设备故障后所引起的相关影响。[参考：NB/T 20281—2014]

故障机理 failure mechanism

引起故障模式（6.2）发生的物理或化学变化过程。[参考：NB/T 20489-2018]

直接原因 direct cause

立即/直接导致故障发生的原因因素。[参考：NB/T 20489-2018]

促成原因 contributing cause

促成或加速故障发生的原因因素。[参考：NB/T 20489-2018]

根本原因 root cause

引起故障产生的最基本的原因因素，如果此原因因素被消除或纠正，可以防止故障重发。[参考：NB/T 20489-2018]

重发事件repeat event

该事件以前发生过，或/并经过分析评价后，与历史事件根本原因相同的事件。[参考：NB/T 20489-2018]

隐性后果hidden consequences

当故障模式（6.2）发生后，在正常使用情况下不能觉察到相关的功能已经丧失。[参考：NB/T 20649-2023]

显性后果 evident consequences

当故障模式（6.2）发生后，在正常使用情况下可觉察到相关的功能已经丧失。[参考：NB/T 20649-2023]

关键敏感缺陷 single-point vulnerability failure

导致自动或手动紧急停机停堆以及需核电厂操纵员干预以避免停机停堆的关键敏感设备缺陷。[引用：NB/T 20685-2023]

工作过程管理 work management process

实施维修、改造、监控、检测、工程支持以及需要进行电厂协调或计划整合的工作活动的过程。[参考修改：NB/T 20685-2023]

工单 work order

对工作及或试验活动进行控制的文件。

工作负荷 workload

需要在特定时间段内完成的工作量，对核电厂来说，通常是12周或13周。[参考：NB/T 20706-2023]

非计划 unplanned

非计划是指因提前不足某个特定时间段（如4周）与电网调度确定而安排的属于电厂管理控制原因引起的没有按计划执行的事件，比如非计划停机停堆，非计划降负荷、非计划大修延长。[参考：NB/T 20706-2023]

1. 设备可靠性持续改进

预防性维修 preventive maintenance(PM)

为降低设备失效的概率或防止功能退化，按预定的时间间隔或按规定准则实施的维修。[参考：NB/T 20281-2014]

预测性维修 predictive maintenance(PdM)

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。在IAEA【CNSCS-210核电厂的维修大纲2007】中将PdM等同于CBM（7.3），随着技术发展和管理实践的丰富，PdM通常指振动分析、润滑油分析等设备状态诊断的活动，属于CBM的一种形式。

计划内维修 planned maintenance（PnM）

预防性维修的一种形式，指在SSCs（3.1）出现不可接受的退化之前安排和执行的翻新或更换。计划内维修是管理精细化的表现，主要用于区分纠正性维修和预防性维修。如：通过振动分析发现设备性能异常，但设备仍然可以继续运行，为了避免设备性能劣化发展为功能失效，选择时间安排检修活动，这就是一种计划内维修活动，不属于纠正性维修的范畴。

定期试验 periodic test（PT）

为探测故障和验证可运行性而按预定时间间隔进行的测试。与监督试验的区别是PT范围包括为了满足核电厂可靠性管理目标而开展的活动，比如发电机定子冷却水系统的运行/备用列的切换试验。定期试验并不能降低设备的故障效率，只影响设备故障被发现的即时性。由于设备启停期间的冲击作用和磨损效应，太过频繁的定期试验没有实际意义。

监督试验 surveillance test（ST）

核电厂运行技术规范中规定的定期试验，以验证对安全重要的系统、结构和设备是否能够继续运行或处于执行其功能的状态。属于PT的子集。

基于时间的维修 time based maintenance（TBM）

基于时间的维修。预防性维修的一种形式，包括按预定的日历时间、运行时间或周期间隔进行维修、零件更换、监督或测试。也称为Periodic Maintenance。由于定期维修不是针对设备失效模式而进行部件翻新或更换，因此是一种昂贵的维修策略。[参考：AP-913 ]

基于状态的维修 condition-based maintenance (CBM)

通过对设备性能进行连续或间断修测，诊断及趋势分析，获得设备功能/性能的状态指标，在这些指标表明设备即将出现故障前进行的针对性维修，简称状态维修。[参考：NB/T20638-2023]

基于价值的维修 value-based maintenance (VBM)

在提升或优化机组安全性和可靠性的同时综合衡量设备维修成本，包括识别由于维修策略变化带来的设备故障率上升造成的成本增加。这种策略优化了安全性和可靠性，同时仔细权衡了设备维护的成本，考虑了由于设备维修策略变化引起的故障率增加可能导致的纠正性维修成本。针对非关键设备，以最优经济性的方式来考虑维修任务和周期的选择；针对关键设备，则应以最佳可靠性的角度来选择维修策略。VBM的产生与核能行业经济竞争力下降的工业环境背景相关。[参考：AP-913 ]

以可靠性为中心的维修 reliability-centered maintenance（RCM）

按可靠性工程原理组织维修的一种科学管理策略。即按最少维修资源消耗保持产品固有可靠性和安全性进行预防性维修的原理逻辑或系统性方法。[参考：NB/T 20649-2023]

以技术特性为导向的维修 technical-analysis centered maintenance（TCM）

一种用于优化核电厂仪控设备预防性维修策略的分析方法，用于确定仪表控制设备的维修策略及其优化，包括功能分析、技术分析和维修决策3个部分。

预防性维修项目 preventive maintenance Program（PMP）

核电厂预防性维修的指导和要求，规定了核电厂关键和重要的SSCs（3.1）的预防性维修项目、内容和周期，同时阐明编写的依据和理由的说明性内容。

预防性维修模板 preventive maintenance template（PMT）

对某一类型设备，按照关键度分级和工作环境、工作频度，分别提供预防性维修工作的项目、时间等建议；是开发预防性维修大纲的基础文件。

定期翻新任务 scheduled restoration task

无论设备或部件当时的状态，在规定的间隔将设备或部件性能修复到某种水平的计划任务。[引用：NB/T 20649-2023]

定期更换任务 scheduled replacement task

无论设备或部件当时的状态，在规定的间隔更换某个设备或部件的计划任务。[引用：NB/T 20649-2023]

故障检测任务failure-finding task

用于确定是否发生隐性后果故障的计划任务。[引用：NB/T 20649-2023]

设计改进 design improvements

对配置、运行方式等进行变更。[引用：NB/T 20649-2023]

1. 设备预防性维修实施

设备维修前状态（as-found condition）

维修工作人员在预防性维修项目（7.13）执行中记录的设备降级程度，判断设备状态是否符合预期，以便系统/设备工程师能基于设备运行经验，调整预防性维修任务或周期。

维修后试验post maintenance test or as left

用于验证维修后设备重要功能和维修有效性的试验，包括维修专业执行的品质再鉴定和运行人员执行的功能再鉴定试验等，以证明性能达到令人满意的程度，并为性能趋势建立新的基准数据。

PM调整 PM adjustment

在后果可接受和风险较低的情况下将PM执行往后移。

PM延迟 PM deferral

在后果可能不能接受或风险较高的情况下将PM执行往后移。

1. 设备长期策略

老化管理aging management

为使构SSCs（3.11）的老化降质控制在可接受限值内的建造、运行和维修活动。[参考：NBT 20555-2019]

寿期管理 life cycle management（LCM）

老化管理（9.1）与经济计划的综合，其目的在于：(1) 将构筑物、系统和部件的运行、维修和使

用寿期最佳化；(2)将性能和安全维持在可接受水平；(3) 在设施的使用寿期内投资的最大回报。[参考：NBT 20555-2019]

寿期管理计划 life cycle management plan

核电厂运行和维护、设备改造、燃料和退役（9.11）等综合开支的最佳配置方案，用于优化电厂性

能并降低成本。[参考：NBT 20555-2019]

核心资产core asset

核电厂长寿命的大型设备或维修/修改需要消耗较高成本及较长工期的设备/系统。[参考：NB/T 20704-2023]

长期资产管理long-term asset management

核电厂核心资产(9.4)管理计划的组合配置优化过程，保障核心资产长期的可靠性，优化成本，提升电厂运营业绩。[参考：NB/T 20704-2023]

老化aging

在设计范围内的运行工况下，元件或设备的物理、化学或电气特性随时间的变化，这种变化将可能导致其重要的功能特性劣化。[引用：NBT 20555-2019]

实体老化physical aging

SSCs（3.11）由于物理、化学和（或）生物过程发生的老化，实体老化导致降质，亦即物理特性逐渐恶化。[引用：NBT 20555-2019]

设计寿命design life

设备在一组规定的运行条件下，可以预计的性能满足要求的时间。[引用：NBT 20555-2019]

使用寿命service life

SSCs（3.11）从初始运行直至退役（9.10）的时间。[引用：NBT 20555-2019]

剩余寿命remaining life

SSCs（3.11）在规定的运行条件下执行其功能，预计还能维持的时间。[引用：NBT 20555-2019]

退役 retirement

构筑物、系统和部件最终退出服役。[引用：NBT 20555-2019]

老化降质aging degradation

SSCs（3.11）的物理特性，因老化机理的作用，在贮存或运行条件下随时间或使用而产生的逐渐降质，结果可能削弱了它们实施预期功能的能力。[引用：NBT 20555-2019]

老化评估aging assessment

对确定老化影响趋势以及对设备部件和（或）结构件，在所有运行条件（即：正常运行和设计基准事件后)的可接受范围内实施功能能力的相关信息的估计。[引用：NBT 20555-2019]

老化机理aging mechanism

在设计确定的运行条件下，元件或设备的物理、化学或电气特性随时间而变化，这种变化可能导致规定性能的退化，从而削弱了它们实施预期功能的能力。[引用：NBT 20555-2019]]

参 考 文 献

1. DL/T861-2004 电力可靠性基本名词术语
2. NB/T 20281-2014 核电厂设备可靠性管理导则
3. INPO AP-913-2018 设备可靠性流程描述
4. NB/T 20489-2018 核电厂事件根本原因分析方法
5. NB/T 20685-2023 核电厂关键敏感设备管理导则
6. NB/T 20643-2023 核电厂设备管理分级技术导则
7. NB/T 20649-2023 核电厂以可靠性为中心的维修分析指南
8. NB/T 20685-2023 核电厂关键敏感设备管理导则
9. NB/T 20643-2023 核电厂设备管理分级技术导则
10. NB/T 20706-2023 核电厂机组性能指数管理导则
11. NB/T 20638-2023 核电厂基于状态的维修管理导则
12. INPO AP-913-2018 设备可靠性过程描述

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