

ICS 27.120.99

F 23

备案号: 41454-2013

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20223—2013

核电厂安全重要机械设备维修指南

Maintenance guide for safety critical mechanical equipments of nuclear power
plant

2013-06-08 发布

2013-10-01 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 术语和定义 1

4 核电厂安全重要机械设备的范畴及分类..... 2

 4.1 核电厂安全重要机械设备的范畴..... 2

 4.2 核电厂安全重要机械设备的分类..... 2

5 核电厂安全重要机械设备的维修策略..... 2

 5.1 一般要求 2

 5.2 重要设备维修策略 3

6 维修记录和报告 6

附录 A（规范性附录） 核电厂安全重要机械设备维修报告 7

附录 B（规范性附录） 核电厂安全重要机械设备维修记录 8

附录 C（资料性附录） 阀门解体维修技术内容 9

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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。

本标准主要起草人：米贤才、竺艺、陈世均、江虹、杨小川。

核电厂安全重要机械设备维修指南

1 范围

本标准给出了压水堆核电厂安全重要机械设备的定义及相应设备的维修策略。

本标准适用于国内压水堆核电厂商业运行阶段，旨在为核电厂安全重要机械设备的维修提供指导。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 17569—1998 压水堆核电厂物项分级

EJ/T 1022.8—1996 压水堆核电厂阀门安装和维修技术要求

RCC-M 2002年6月

3 术语和定义

3.1

维修 maintenance

包含对设备的监测、维护、更换、试验等一系列的技术活动与管理活动。

3.2

安全重要机械设备 critical and safety mechanical equipment

在核电厂设计基准工况下和超设计基准工况下，承担电站核安全责任，即：反应性控制、堆芯余热导出、包容放射性裂变产物，从而保护电站工作人员、公众和社会，避免放射性物质危害的机械设备。

3.3

承压机械设备 pressure-retaining machinery and equipment

核电厂工艺系统或安全系统中用于包容流体的各种容器、贮罐、管道、管道附件、热交换器、泵、阀门、热工仪表等物项。

3.4

泵 pump

受原动机控制，驱使介质运动，是将原动机输出的能量转换为介质压力能的能量转换装置。

3.5

容器 container

内部或外部承受气体或液体压力、并对安全性有较高要求的密封设备或装置。

3.6

换热器 heat exchanger

将热量从一种载热介质传递给另一种载热介质的装置。

3.7

阀门 valve

流体输送系统中的控制部件，具有截止、调节、导流、防止逆流、稳压、分流或溢流泄压等功能。

3.8

管道 piping

用管子、管子联接件和阀门等联接成的用于输送气体、液体或带固体颗粒的流体的装置。

3.9

堆内构件 reactor internal

反应堆压力容器内除燃料组件及其相关组件以外的所有其他结构件的总称。

4 核电厂安全重要机械设备的范畴及分类

4.1 核电厂安全重要机械设备的范畴

根据GB/T 17569—1998 压水堆核电厂物项分级的规定，本标准提及的安全重要机械设备是指：

- 安全1级相关承压机械设备；
- 安全2级相关承压机械设备；
- 安全3级相关承压机械设备；
- 安全1&2级之间，2&3级之间的相关接口设备；
- 安全级相关非承压机械设备；
- 非安全级但有特殊要求的相关机械设备。

4.2 核电厂安全重要机械设备的分类

结合国内各核电厂的机械设备情况，并参考RCC-M 2002版对机械设备要求的内容，符合安全重要机械设备标准的机械设备主要有以下几类：

- 承压设备：承压容器、换热器、泵、阀门、管道；
- 其他设备：堆内构件、承压设备和贮罐的支承件、低压和常压贮罐。

本标准对泵、容器（包含承压、低压以及常压）、换热器、阀门的机械部分、管道、堆内构件和支承件等几类主要安全重要机械设备的维修策略和方法提出建议。

5 核电厂安全重要机械设备的维修策略

5.1 一般要求

5.1.1 维修前取得许可证并验证设备的隔离和排空。

5.1.2 严格遵守电站内相关的各项辐射防护要求和工业安全的相关规定。

5.1.3 做好防异物措施，尽管泵、容器、管道阀门的检修各不相同，但所有设备回装开口和回装前都应有验证点。

5.1.4 密闭容器内的作业，应注意通风和测氧含量，对易燃易爆、有危险化学品的地方应注意开工前的吹扫和取样合格后方可开工。

5.1.5 放射性区域内的工作应有放射防护要求，尤其关注对内污染风险的控制。

5.1.6 所有的密封件解体后应更换（垫片、盘根等）。

5.1.7 对可做品质再鉴定的项目一定应做品质再鉴定。

5.1.8 维修前应充分考虑到维修的风险及注意事项，并准备好工具、材料以及备件，在取得维修的许可证并验证电、介质隔离后方可开展维修活动。维修活动应严格遵守电站辐射防护、工业安全相关规定，应严格遵照相关维修手册或维修程序执行。

5.1.9 如果涉及到设备的拆卸，需关注维修后的安装是否规范，是否需要品质再鉴定。

5.1.10 维修活动全部完成后，应收拾工具，清理现场，归还许可证，并形成维修反馈记录。

5.2 重要设备维修策略

5.2.1 综述

HAF·J0009-1991对于安全重要系统和部件提出了维修组织和管理方面的规定。本标准对具体几类安全重要机械设备的维修策略、方法及注意事项提出了建议。

5.2.2 泵

5.2.2.1 本标准适用于核电厂安全重要泵组机械部分的维修方案制定，核电厂其它泵组机械部分的维修方案可参照本标准制定。

5.2.2.2 泵安装后直至整个使用周期内，应建立日常巡视和定期检查制度，如有故障应及时采用纠正性维修。

5.2.2.3 泵的维修项目和周期，取决于故障模式的技术特点和故障后果，并结合经验反馈进行持续优化。通常的维修项目包括但不限于以下内容：

- a) 检查泵的润滑油油位、润滑油外观、振动、温度、声音和密封泄漏量；
- b) 进行性能试验，试验内容应包括振动试验、特性曲线试验、打压试验；
- c) 检查泵的紧固件是否松动、腐蚀；
- d) 检查联轴器各个部件，并进行对中；
- e) 解体泵，检查泵内各个部件（叶轮、紧固件、轴套、转轴、口环、泵壳等），必要时进行无损探伤；检查进、出口流道是否刷蚀、汽蚀；检查如果发现有缺陷，进行修复；更换易损件。

5.2.3 容器

5.2.3.1 本标准适用于核电厂安全重要容器（包含承压容器、低压容器以及常压容器）机械部分的维修方案制定，核电厂其它容器机械部分的维修方案可参照本标准制定。

5.2.3.2 容器安装后直至整个使用周期内，应建立日常巡视和定期检修制度。如有故障应及时采用纠正性维修。

5.2.3.3 容器的维修项目和周期，取决于故障模式的技术特点和故障后果，并结合经验反馈进行持续优化。通常的维修项目包括但不限于以下内容：

- a) 容器的外观检查及维护：检查容器外壁油漆是否完好，安全附件（水压计、压力表安全阀、防爆膜等）是否完好，接头处有无泄漏，外壁焊缝有无锈蚀或穿孔，外壁有无腐蚀，吊件和支架是否完好和稳固，人孔密封面是否完好，法兰（如果有）是否有裂纹和腐蚀现象，各类螺栓是否有腐蚀和松动现象，并对上述部件定期进行防腐处理；
- b) 检查软连接（橡胶膨胀节或金属膨胀节）是否有老化、裂纹、破损、松脱；
- c) 容器的解体检查：检查容器内部的污物积聚情况、容器内部有无异物，容器内壁有无腐蚀冲刷及裂纹、进出口过滤器和各排气孔有无堵塞、内部附件是否完好、水箱内壁防腐涂层无脱皮鼓包、人孔及眼孔密封面是否完好，并定期对内部及相关部件进行清洗、防腐处理和更换；对容器内转动装置或换热装置进行检查、修理或更换，包括：轴承轴瓦、胶带轮、轴套、搅拌轴、

搅拌器、夹套、换热管夹套、换热管、联轴器、罐盖等件；检查、调整或修理更换容器的密封装置；检查、修理容器内部、外夹套，测量壁厚，并对容器壁及保温层局部缺陷进行修补；

d) 进行性能试验。

5.2.4 换热器

5.2.4.1 本标准可用于核电厂安全重要换热器机械部分的维修方案制定，核电厂其它换热器的机械部分维修方案可参照本标准制定。

5.2.4.2 换热器安装后直至整个使用周期内，应建立日常巡视和定期检修制度。如有故障应及时采用纠正性维修。

5.2.4.3 换热器的维修项目和周期，取决于故障模式的技术特点和故障后果，并结合经验反馈进行持续优化。通常的维修项目包括但不限于以下内容：

- a) 检查法兰螺栓和地脚螺栓力矩是否满足要求；
- b) 检查换热器外部〔包括壳体外壁、吊耳（如果有）、手孔（如果有）、各外接管焊缝和弯头、支撑、管嘴、法兰和膨胀节（如果有）、盖板〕是否有裂纹、锈蚀、腐蚀和油漆剥落现象；
- c) 检查手孔（如果有）是否可以正常地开启和关闭；
- d) 对换热器内部进行清洗，对传热管板进行检查（腐蚀、渗水）和定期更换，在合理可用的范围内确保传热管板处于正常工况；检查垫片及非金属密封件是否粘上异物、撕裂、割断、变形、老化，是否有渗漏，并定期更换；检查密封面间的磨损、渗漏情况，检查密封件与润滑脂/油是否过时失效，润滑脂/油量是否足够；
- e) 进行性能试验及在役检查试验（必要时）。

5.2.5 阀门的机械部分

5.2.5.1 本标准可用于核电厂安全重要阀门的维修方案制定，核电厂其它阀门的维修方案可参照本标准制定。

5.2.5.2 本部分内容引用自 EJ/T 1022.8—1996 中关于阀门维修的内容。

5.2.5.3 阀门安装后直至整个使用周期内，应建立日常巡视和定期检修制度。如有故障应及时排除。

5.2.5.4 阀门的维修项目和周期，取决于故障模式的技术特点和故障后果，并结合经验反馈进行持续优化。通常的维修项目包括但不限于以下内容：

- a) 检查阀门启闭时是否灵活或有异常响声；
- b) 检查阀杆与阀杆螺母的螺纹磨损情况；
- c) 检查安全阀的调节圈与调节圈紧定螺钉转动是否灵活；
- d) 检查密封面间的渗漏和磨损情况；
- e) 检查垫片、填料及非金属密封件是否过时失效，是否有渗漏；
- f) 检查弹簧是否松弛失效，工作状态是否正常；
- g) 检查阀瓣是否有振荡或频繁启闭现象；
- h) 检查阀门内腔以及阀瓣与导向面之间是否有污垢堆积。

5.2.5.5 驱动机构中的机械部分通常维修项目应包括但不限于以下内容：

- a) 检查行程控制机构、转矩限制机构是否失灵或工作状态不正常；
- b) 检查开度指示器的机械部分是否失灵或工作状态不正常；
- c) 检查气源控制开关的机械部分、空气过滤器工作是否正常；
- d) 检查密封件与润滑脂是否过时失效，润滑脂量是否足够；

e) 检查微动开关、气动元件是否过时失效或工作状态不正常或有异常的响声。

5.2.5.6 阀门及驱动机构如需解体大修，在检修前应制定检修大纲，在阀门装配总图和使用说明书上的规定进行检修。亦可委托原制造厂进行检修。检修后应按所属的专用技术条件进行测试、实验、调整或调试。

5.2.5.7 已被放射性污染的阀门或其零部件，在检修前应先行去污后方可检修，去污的程序、方法、去污率、允许检修时的剂量标准和检验应按有关专业技术要求执行。

5.2.5.8 经过维修的阀门及其零部件、驱动机构应有详细记录并存档备查。

5.2.6 管道

5.2.6.1 本标准可用于核电厂安全重要管道机械部分的维修方案制定，核电厂其它管道的机械部分维修方案可参照本标准制定。

5.2.6.2 管道安装后直至整个使用周期内，应建立日常巡视和定期检修制度。如有故障应及时采用纠正性维修。

5.2.6.3 管道的维修项目和周期，取决于故障模式的技术特点和故障后果，并结合经验反馈进行持续优化。通常的维修项目包括但不限于以下内容：

- a) 检查管道标识是否符合国家现行标准的规定；
- b) 检查管道的支撑装置是否完好；
- c) 位置与变形检查：检查管道的位置是否符合相关规范和标准的要求，管道之间及管道与相邻设备之间有无相互碰撞及摩擦，管道是否存在挠曲、下沉以及异常变形等；
- d) 检查管道是否完好，是否有明显的腐蚀，尤其需要检查的是弯头、膨胀节、阀门、法兰、管径突变位置等；
- e) 绝热层和防腐层的检查：检查绝热层有无破损、脱落、跑冷等情况，防腐层是否完好；
- f) 检查管道及其相关附件（法兰、阀门、膨胀节等）的泄漏情况，充分考虑焊缝、腐蚀、冲刷、振动、冻裂、外力、管材本身引起的泄漏；
- g) 对管道进行振动、噪声观测，温度测量，压力测量，流量测量，应力应变测量，管道壁厚测量，气密性试验；
- h) 检查静电跨接、接地设施、抗腐蚀阴阳级等保护措施的完好状态；
- i) 定期对管道进行清洗，根据介质的不同，可分别实施以高压水射流清洗、机械清洗、化学清洗。

5.2.7 堆内构件和支承件

5.2.7.1 本标准可用于反应堆堆内构件和核电厂安全重要支承件机械部分的维修方案制定，核电厂其它支承件机械部分的维修方案可参照本标准制定。

5.2.7.2 堆内构件和支承件安装后直至整个使用周期内，应建立日常巡视和定期检修制度。如有故障应及时采用纠正性维修。

5.2.7.3 堆内构件的维修项目和周期，取决于故障模式的技术特点和故障后果，并结合经验反馈进行持续优化。本标准对堆内上部构件和下部构件的维修项目进行分别叙述，通常的维修项目包括但不限于以下内容：

- a) 堆内下部构件：
 - 1) 堆内下部构件目视检查：使用望远镜和水下电视对结构是否正常、配合面有无磕碰擦伤及磨损、表面是否有沉积和异物、焊缝焊点是否有裂纹等现象进行检查；
 - 2) 检查辐照样品孔的塞子是否在正确位置；

- 3) 检查吊篮法兰上定位销上的螺栓防松焊缝是否有裂纹;
 - 4) 检查堆芯围板上部有无变形,上面成形板有无沉积物、异物等;
 - 5) 检查堆芯下板上的燃料组建定位销状态,不允许有严重的擦伤和变形;
 - 6) 检查吊篮法兰上流水管是否被堵塞;
 - 7) 检查吊篮出口接管与反应堆容器出口的接触面,不允许有严重划伤和撞击痕迹。
- b) 堆内上部构件:
- 1) 上部堆内构件的检查:热电偶柱的检查;控制棒导向组件的检查;支承柱的检查;上部支承组件的检查和堆芯上板定位键槽的检查;
 - 2) 热电偶柱的检查应:热电偶柱支承法兰与热电偶柱套管及导管上焊缝、焊点处不应出现裂纹、紧固件不应出现任何松动现象、接合面不应出现划伤和撞击痕迹;
 - 3) 控制棒导向管组件的检查:导向组件上任何的焊点和焊缝不应出现裂纹、导向筒和内部导向格板不应出现异物和变形磨损、紧固件不应出现松动和脱落;
 - 4) 支承柱和上部支撑组件的检查具体见 5.2.7.4 支承件的维修;
 - 5) 堆芯上板定位键槽的检查应:检查紧固件的焊点和锁合点是否出现裂纹、检查各结合面是否出现擦伤和撞击痕迹、检查堆芯上板周边是否有沉积物及异物的存在。
- 5.2.7.4 支承件的维修项目和周期,取决于故障模式的技术特点和故障后果,并结合经验反馈进行持续优化。本标准主要从管道的支承件以及堆内上下部构件支承件的角度进行维修项目的制定,其他类支承件可参照执行。支承件通常的维修项目包括但不限于以下内容:
- a) 管道支承件的检查、维修:检查支架标码是否同所附的支架检查清单中一致;目视检查下部构件支承件的所有焊缝是否有裂纹;检查所有紧固件是否无松动和变形;检查所有支承件是否存在变形、腐蚀及脱落;检查支架在钢结构或混凝土墙上的固定状态;检查支架和管道之间的固定状态,检查支架本身状态;
 - b) 上部及下部构件支承件检查、维修:目视检查下部构件支承件的所有焊缝是否有裂纹;检查下部构件支承件所有紧固件是否无松动和变形;检查结合面有无损伤及裂纹;对上部堆内构件支承件进行清理;用仪器对下部构件支承件的水平度和垂直度进行测量。

6 维修记录和报告

- 6.1 核电厂维修活动的最后一个环节是编写维修报告和记录。根据 HAD 103—08 和 HAD 003/004 的规定,核电厂维修工作结束后应编写、整理维修活动的报告和记录。
- 6.2 核电厂维修记录和报告的编写技术要求宜根据各核电厂的实际情况及设备类型做不同的规范,核电厂安全重要机械设备的维修报告可参考附录 A 制定,维修记录可参考附录 B 制定。

附 录 B
(规范性附录)
核电厂安全重要机械设备维修记录

表B.1 核电厂安全重要机械设备维修记录

检查部位		检查内容	数据记录	情况描述
(设备)	(部件)			

附 录 C
(资料性附录)
阀门解体维修技术内容

清洗和检查:

- ☐ 用许可的清洗剂清洗阀瓣和阀杆。
- ☐ 清洗阀体的内腔,特别是阀座。
- ☐ 直观检查阀座的情况,其表面应均匀、光滑,不得有任何擦伤或划痕。
- ☐ 直观检查阀瓣的情况,其密封面应均匀、光滑,不得有任何擦伤或划痕。
- ☐ 直观检查阀杆的情况,无弯曲、无擦伤或划痕,丝扣无损伤。
- ☐ 直观检查阀盖螺栓和螺母有无损伤。
- ☐ 对阀座、阀瓣及阀腔进行着色探伤检查。
- ☐ 检查手轮执行机构。
- ☐ 将检查结果记入检修报告中。

研磨:

- ☐ 阀座研磨,应用研磨机对阀座密封面进行研磨。
 - ☐ 阀瓣研磨,应在研磨平板上,用研磨砂纸对阀瓣进行研磨,研磨后,阀瓣表面应均匀、光滑、发暗,不得有任何擦伤、划痕或裂纹等。
 - ☐ 用不起毛布蘸威弟尔清洗阀座和阀瓣。
 - ☐ 研磨合格后,应做兰油试验,兰油痕迹在阀座和阀瓣上应该是均匀连续和有规律的。
更换密封件(必要时)。
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂安全重要机械设备维修指南
NB/T 20223—2013

*

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

*

2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷
印数 1—200