

核电厂在役检查大纲的格式和内容 (征求意见稿)

机械科学研究总院

核设备安全与可靠性中心

二零零八年九月十日

编制说明

本文件是在参考了国家核安全局颁布的核安全导则（HAD103/07—88）、在大量调研了国内各核电站役前及在役检查情况的基础上，为规划国内各核电站的在役检查大纲活动而编制的。

本文件所述的在役检查主要是指营运单位在运行寿期内所从事的对重要系统和设备的无损检验活动，其涵盖的无损检验方法主要为目视检查（VT）、渗透检查（PT）、磁粉检查（MT）、超声检查（UT）、射线检查（RT）、涡流检查（ET）以及泄漏检查（LT）等七种，而运行期间的压力试验、松动件监测、振动测量、材料辐照监督等内容不包括在本文件定义的在役检查范围之内。

本文件主要针对压水堆核电厂的在役检查特点制订。适用于重水堆、快中子堆、气冷堆等其他堆型核电厂在役检查大纲的要求待编制。

目 录

- 1、前言
- 2、依据的法规、标准
- 3、在役检查的基本要求
- 4、在役检查方法
- 5、在役检查的实施
- 6、在役检查的显示处理
- 7、在役检查与其他相关工作的接口管理
- 8、核电厂在役检查质量保证要求
- 附件一 在役检查技术程序目录清单
- 附件二 在役检查部位示意图
- 附件三 在役检查焊缝等轴图册
- 附件四 在役检查试块
- 附件五 在役检查中的主要自动检查方法
- 附件六 在役检查结果报告的格式和内容
- 附件七 在役检查不可达项目清单
- 附件八 术语及缩略语

1 前 言

营运单位在编写本章时，至少应包括以下内容：

- 1.1 在役检查（含役前检查）定义
- 1.2 制订目的
- 1.3 适用范围

2 依据的法规、标准

该章节应给出编制在役检查大纲的依据文件以及有关的参考文件。
依据的文件应该包括但不限于以下内容：

2.1 依据文件

2.1.1 HAF102 核电厂设计安全规定（2004）；

2.1.2 HAF103 核电厂运行安全规定（2004）；

2.1.3 HAF003 核电厂质量保证安全规定；

2.1.4 核电厂在役检查（HAD103/07）；

2.1.5 民用核安全设备监督管理条例；

2.1.6 HAF601 民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定；

2.1.7 HAF602 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定。

2.2 参考文件

本节中，营运单位根据核电厂的具体堆型，列出所参考的文件。

3 在役检查的基本要求

在役检查包括役前检查和在役检查两个阶段,核电厂营运单位应在本章中给出适用的役前检查和在役检查基本概念的描述和基本要求,并描述核电厂寿期内的在役检查进度、补充检验和重复检验的规定。

3.1 役前检查

本节应规定役前检查的基本要求,包括役前检查的检验项目、检查范围、检验技术和方法、检验结果评价要求和超标缺陷处理方法、质量保证规定等方面的要求。

3.2 在役检查

本节应根据核电厂的实际情况编制,描述在役检查的基本要求,包括寿期内在役检查的检验项目、检查范围、检验技术和方法、检验结果评价要求和超标缺陷处理方法、质量保证规定等方面的要求。如区分有全面在役检查和部分在役检查,应分别加以描述。

3.3 在役检查进度

检查进度应规定在核电厂运行寿期内重复执行检查大纲。本节应以列表的形式给出检查间隔期、检查期、每个检查期要求完成的检验百分数等相关内容。根据适用规范标准的不同,可以采取不同的形式。可以参照表 3.3-1~表 3.3-3 列出的几种在役检查进度的示例格式。

检查间隔期的长短必须按保守的假定来选择,以确保受影响最严重的部件即使有极少的损伤也能在导致故障前被探测出来。

表 3.3-1：一种均匀分布的在役检查进度示例

检查间隔期	检查期（核电厂在间隔期内累计服役年数）	要求完成的最小检验百分数 %	最大检验百分数 %
每 10 年	3	16	34
	7	50	67
	10	100	100

表 3.3-2：另一种均匀分布的在役检查进度示例

日期	全面在役检查	部分在役检查
$D_0^{(1)}$	全面役前检查	
间隔时间		每次换料停堆期间部分在役检查 ⁽⁴⁾
$D_1 = D_0 + 30 \text{ 个月}^{(2)}$	第 1 次全面在役检查	
间隔时间 ⁽³⁾		每次换料停堆期间部分在役检查 ⁽⁴⁾
$D_2 \leq D_1 + 10 \text{ 年}$	第 2 次全面在役检查	
间隔时间 ⁽³⁾		每次换料停堆期间部分在役检查 ⁽⁴⁾
$D_n \leq D_{n-1} + 10 \text{ 年}$	第 n 次全面在役检查	

表 3.3-2 注释：

- (1) 首次装料结束的日期；
- (2) 第一次全面在役检查应在 D_0 以后 30 个月内进行；
- (3) 相邻两次全面在役检查的间隔时间不应超过 10 年；
- (4) 相邻两次部分在役检查或全面在役检查与相邻部分在役检查之间的间隔时间不应超过 2 年。

表 3.3-3：一种非均匀分布的在役检查进度示例

检查间隔期	检查期(核电厂运行开始后的 累计服役年数)	要求完成的最小 检验百分数%	最大检验百 分数%
第一个 (3 年)	0-3	100	100
第二个 (7 年)	3-7	33	67
	7-10	100	100
第三个 (13 年)	10-13	16	34
	13-17	40	50
	17-20	66	75
	20-23	100	100
第四个 (17 年)	23-27	8	16
	27-30	25	34
	30-33	50	67
	33-37	75	100
	37-40	100	

3.4 补充检验

本节中应对有关补充检验的原则进行描述，补充检验可以考虑以下两个方面：

3.4.1 其他方法的补充检验

在役检查过程中，当使用一种无损检验方法得出的缺陷超过合格标准，可用其他无损检验方法和技术进行补充检验，以证实缺陷的存在，并确定缺陷的特征（如缺陷的大小、形状和方向），从而确定该部位是否适合于继续运行。例如液体渗透检验发现的表面缺陷，必要时需要通过超声等体积检查方法确定缺陷的深度，等等。在役检查大纲中应对上述要求做出规定。

3.4.2 取样计划中的补充检验

当发现样品中某种缺陷超过合格标准时，必须另选若干类似部件（或区域）对其相同部件进行补充检验。在役检查大纲中应对这种情况做出具体的规定。

制订相关规定时应考虑以下要求：

如果抽样检查中发现了超标缺陷，必须另选若干类似部件（或区域）对其相同部件进行补充检验，所选部件（或区域）的数目应近似等于在被检样品中部件（或区域）的数目；

如果补充检验查明有更多的缺陷超过合格标准，则除下述两项要求所作的修正外，所有其余类似部件（或区域）都必须按初次取样中的部件或物项所规定的检验范围进行检验；

若取样计划中要求的管系检验只限于基本对称布置的管系中的一条环路或一个分支管路，而检验表明缺陷超过合格标准时，则本条款第一项要求的补充检验必须包括第二条环路或分支管路；

如果第二条环路或分支管路的检验表明还有超标缺陷，则必须对具有相似功能的其余各环路或分支管路进行检验。

3.5 重复检验

本节中应对重复检验的要求进行规定，至少包括如下要求：

一个检查间隔期内进行的部件检验的顺序，必须尽可能在以后的检查间隔期内予以保持。

当一个部件的检验在缺陷指标上的评价结果确认可以继续使用时，则在随后三个检查期中每一个期内，都必须重复检验该部件含有这种缺陷的相同部位，一旦重复检验表明在随后的三个检查中缺陷基本上保持不变，则该部件的检验进度可恢复到最初的检查进度。

4 在役检查方法

本章应列出用于指导所有在役检查检验方法的工作程序或指导文件清单，说明所依据的规范标准。如果在役检查中使用了不同于规范标准中规定的无损检验方法或技术，那么这些检验技术必须相当或优于采用现行规范标准中的检验方法或技术。本章中营运单位应对这些检验技术或方法进行说明或论证，并给出评价结果，以证明满足了相应的要求。

本章应对所有在役检查中使用的检验方法从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。描述对在役检查方法的验证工作的规定。

4.1 在役检查的主要方法

列出所有的在役检查中使用的检验方法，应以附件形式列出在役检查活动需要的检验程序清单，这些程序可以针对不同核安全级别的设备分别编制，具体需要编制的检验程序示例见附件一。如果在役检查活动需要使用一些自动无损检验方法，例如对于反应堆压力容器，目前普遍采用的是自动超声检验技术；对于反应堆压力容器中的主螺栓和螺母、蒸汽发生器传热管的检验通常采用自动涡流检验技术。核电厂营运单位在制订在役检查大纲时，应对所使用的主要自动无损检验方法进行描述，这部分内容作为在役检查大纲的附件，具体要求见附件五。

在役检查大纲应至少针对下列方法进行具体描述。

4.1.1 目视检验

营运单位应列出具体的检查方法，并从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。对每种检查方法的具体特征值进行描述。

4.1.2 液体渗透检验

营运单位应从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。

对进行过的工艺评定、制订的检验规程等情况给予描述。并对采用的渗透剂、显像剂、乳化剂的类型、渗透剂施加方法、渗透剂停留时间、最低光照强度、被检表面温度等重要参数给予规定。

本节中还应对于镍基合金、奥氏体不锈钢的液体渗透材料污染物的控制要求加以描述。

4.1.3 磁粉检验

营运单位应从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。

对进行过的工艺评定、制订的检验规程等情况给予描述。对采用的磁化技术、磁粉类型、被检表面温度、最低光照强度等重要参数给予规定。

4.1.4 射线照相检验

营运单位应从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。

对制订的检验规程情况给予描述，对规程中的重要参数给予规定。

4.1.5 超声波检验

营运单位应从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。
对制订的检验规程情况给予描述，对规程中的重要参数给予规定。

4.1.6 涡流检验

营运单位应从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。
对制订的检验规程情况给予描述，对规程中的重要参数给予规定。

4.1.7 泄漏检验

营运单位应从适用的检验部位、缺陷类型、适用的材料等方面进行详细描述。
对制订的检验规程情况给予描述，对规程中的重要参数给予规定。

4.1.8 其他方法

如果在役检查中使用了不同于规范标准中规定的无损检验方法或技术，那么这些检验技术必须相当或优于采用现行规范标准中的检验方法或技术。本节中营运单位应对这些检验技术或方法进行说明或论证，并给出评价结果，以证明满足了相应的要求。

4.2 在役检查方法的验证

在役检查系统的验证是指采用必要的方法进行系统地评价，目的是可靠地确认无损检验系统（包括设备、程序和人员）能够在实际检验条件下完成在役检查。

营运单位应依据核安全导则和有关规范标准的要求，结合核电站系统部件的结构特点和材料特性，确定验证项目，对实施核电站在役检查工作的无损检验机构提出无损检验系统验证要求，并编写验证大纲，以确保在役检查活动中应用的无损检验系统能够满足在役检查的要求。

5 在役检查的实施

核电厂营运单位在本章应描述关于在役检查活动的文件体系,给出完整的在役检查项目表,针对确定的在役检查项目描述相应的检验范围,对于在役检查不可达项目描述相应的措施,对免检申请描述相应的规定,并描述检验装备与材料方面的要求。

5.1 在役检查的文件体系

核电厂营运单位应建立在役检查活动有关的文件体系,在役检查大纲本节中应对在役检查活动的文件体系进行描述。通常情况下,在役检查活动主要涉及到的文件应包括下述内容。

5.1.1 在役检查大纲

在役检查大纲是核电厂开展在役检查活动的纲领性文件。

5.1.2 在役检查程序

营运单位应编制可用于指导具体检验活动的检验执行程序、在役检查年度实施计划和机组在役检查计划大纲。对于特殊部位的特殊检验方法,应编制单独的检验执行程序,例如反应堆压力容器自动超声检验、蒸汽发生器传热管涡流检验等;对于通用性较强的检验活动可以编制统一的检验执行程序,例如核安全二、三级设备渗透检验程序,等等。所编制的检验执行程序至少应包括附录一中的相关程序。

5.1.2.1 在役检查具体检验活动执行程序的格式和内容应满足核电厂质量保证体系的有关要求。一般情况下,这些执行程序中应包括以下内容:

目的、适用范围、依据文件、人员要求、检验方法、仪器和装备(含试块)、待检部件的准备、校准要求、检验实施过程、记录阈值和接受准则、空白记录表格等。

5.1.2.2 营运单位应根据在役检查大纲的要求编制机组在役检查计划大纲,机组在役检查计划大纲是在役检查年度实施计划的依据,其内容至少应包括:

目的、适用范围、检查进度、与在役检查相关的基本概念和缩略语、依据文件、检查项目(每个检查项目应明确:检查部位、检查方法、检查程序、检查工具和实施计划等)、压力试验与无损检验的接口、检查部位示意图以及在役检查应用程序和设备清单等。

5.1.2.3 营运单位应在机组大修前根据机组在役检查计划大纲、核电站的运行状况和以往年度在役检查的结果编制具体的在役检查年度实施计划,以确保在役检查活动能够顺利的实施,在役检查年度实施计划中应包括以下内容:

目的、适用范围、参考文件、检查项目(每个检查项目应明确:检查部位、检查范围、接近方式、检查程序、检查方法、检查工具等)、压力试验与无损检验的接口、检查部位示意图、在役检查应用程序、设备清单以及核电厂根据实际情况安排的机组在役检查计划大纲以外的特殊检查项目说明等。

5.1.3 在役检查具体实施文件

每次在役检查活动前,营运单位都应编制针对该次在役检查活动的具体实施文件

(如实施计划), 这些实施文件应依据在役检查大纲编制, 同时需要考虑以往在役检查结果的反馈, 在役检查实施文件中应该按照在役检查大纲中的检验项目表编制本次在役检查检验项目表, 本文件第 5.2 节描述了检验项目表的具体要求。

5.1.4 质量计划

在实施在役检查前, 应按质保大纲要求有针对性的编制相应的质量计划, 质量计划应涵盖工作程序中的各个环节。内容应至少包括: 工作流程、实施日期、设置符合质保大纲要求的监督点, 并有质保、监督人员签署意见, 质量计划必须是一个完整的闭环控制。

5.1.5 专用大纲

除以上大纲、程序文件的要求外, 还应根据具体工作的安排, 编写专用大纲, 指导具体的检验活动, 方便操作人员现场检验。由于各电站文件体系的差异, 对专用大纲的称呼也各不相同。一般包括以下内容: 目的、范围、应用文件、先决条件(如: 检验环境、检验设备的状态等)、检验范围(如: 检验部位的编号和位置分布等)以及检验人员和检验时间的安排等。

5.1.6 在役检查结果文件

在役检查活动完成后, 营运单位应编制在役检查结果文件(如在役检查结果综合报告)并按要求提交国家核安全局或地方核安全监督站审查。在役检查结果文件(在役检查结果综合报告)的基本要求见附件六。

5.1.7 其他要求

核电厂营运单位可以根据本电厂的实际情况编制其他有关在役检查方面的文件, 例如在役检查机组大纲或分系统在役检查大纲等, 但不能因此减少在役检查大纲、在役检查程序、在役检查实施文件等应该包括的必要信息, 并且机组在役检查大纲或分系统在役检查大纲等文件的内容应满足核电厂在役检查大纲的要求。

5.2 在役检查项目

营运单位应在本节列出核安全 1、2、3 系统或部件的边界, 按所遵循的规范标准自行编制在役检查项目表, 并以附件形式放入在役检查大纲中。表格中至少包括: 检验项目和部位(包括相应部位的示意图)、接近方式、检验方法、检验频度、检验时机等信息。

对于主要的检验部位, 在役检查大纲中应明确规定出各个检验部位的检验范围。应提供检验部位的示意图, 检验部位示意图中应规定相应检验方法的具体检验范围。检验范围示意图的要求参见附件二。

对于检验方法, 除了描述相应的无损检验方法外, 还应注明使用的是自动检查系统还是手动检验, 目视检验是直接目视还是借助于辅助工具间接目视, 等等。

表格中应描述无损检验方法对于检验部位的接近方式, 如对于超声波检验、目视检验等应描述是从设备外表面还是内表面接近, 对于射线照相检验应描述射线源和胶片的布置方式、曝光方式等。

检验频度中应注明各个检验部位的在役检查进度。不同的设备或检验部位可能有不同的在役检查进度: 有的十年一次, 有的三、五年一次, 有的每年一次, 等等。

表格还应注明检验时机、检验区域等详细情况的说明,如是否与其它部件同时检验,是否在水压试验或泄漏试验时进行,等等。

5.3 试验

本节中应明确承压系统和部件必须经受的试验。给出试验与无损检验活动的关系。

5.4 在役检查中的可达性问题

本节应针对在役检查不可达的情况规定出相应处理措施的要求。应该以大纲附件的形式给出不可达项目清单,不可达项目清单的具体要求见附件七。

在役检查中发现不可达时,应该尽可能考虑采取以下附加措施,大纲中应对采取的下列措施加以描述。

5.4.1 利用其他方法附加检查:

许多情况下,在役检查的不可达是针对特定检验方法的不可达。例如焊缝附近有无法移除的障碍物可能导致超声波探头无法接近,管道中有水将导致射线检验无法进行,等等。在这种情况下,应考虑采用其他方法对不可达区域进行附加检查的措施,例如超声波检验一次波不可达时,考虑用二次波代替一次波的可能性;由于管道排水不充分无法进行射线照相检验时考虑用超声波检验代替射线照相检验的可能性;等等。

5.4.2 其他部位附加检查:

许多情况下,由于核电厂现场条件的特殊性,可能导致一些检验部位由于其与构筑物的干涉作用等原因而不可达,这时可以选择与不可达部件(部位)运行工况相同或相似的系统或部件(部位)进行检查,间接判断不可达部件(部位)可能的状态。

5.5 免检项目申请

本节中应描述申请免检的项目,说明属于在役检查大纲文件中的哪些部分,对免检申请的理由进行描述,必要时进行论证分析,可以以附件的形式附在本大纲中。

5.6 检验装备与材料

本节中,核电厂营运单位应对在役检查中将使用的装备和材料的要求做出规定,需要描述的包括仪器设备、试块以及消耗性材料等几个方面的要求。

5.6.1 仪器设备

在役检查大纲中应描述对所使用仪器设备的要求,其中应注意以下方面:

用于在役检查活动的所有装备的质量、量程和精度等应符合有关规范标准的规定;

在役检查所使用的仪器设备必须经过标定,确保所使用的仪器设备处于使用的有效期内;对于超声检验、涡流检验等检验方法,还必须规定检验前校准、检验过程中校准以及检验结束后校准的基本要求;

在役检查所使用的仪器设备应得到妥善的保管：需要营运单位进行保管的，应明确仪器设备的部门职责，应针对保管的环境条件、保管过程中的维护措施等制订相应的管理制度。

5.6.2 试块

应对以下内容加以描述：

在役检查过程中所使用的标定试块或试件应符合适用规范标准的要求。

在役检查所需要的标准试块（试件）和对比试块（试件）应得到妥善的保管。核电厂应制订相应的试块（试件）保存的规定。在役检查大纲中应规定试块保存的部门职责、保存的环境条件以及保存过程中的维护措施等管理制度。

在役检查大纲中应以附件的形式列出核电厂在役检查活动所需要的试块（试件）的清单及示意图，关于在役检查试块清单及示意图的要求见附件四。

5.6.3 材料及清洁要求

本节中应对用于核电厂机械设备在役检查的消耗性材料进行专门的规定，给出制订这方面规定时应遵循适用的规范标准情况。

6 在役检查的显示处理

本章中核电厂营运单位应给出在役检查发现显示的处理流程图,并辅以相应的文字说明;并对缺陷特征化、报告标准(记录阈值)、检验合格标准、缺陷明显变化的准则、检验结果的评价、修理与更换和管理要求等方面进行描述。

6.1 概述

本节中核电厂营运单位应根据有关核安全法规和导则,结合适用的规范标准要求给出在役检查发现缺陷显示的处理流程图,并辅以相应的文字说明。

6.2 缺陷特征化

本节中,核电厂营运单位应规定缺陷显示特征描述的方法和要求,以及遵循的标准规范。

6.3 报告标准(记录阈值)

本节中核电厂营运单位应结合各个无损检验方法的具体特点给出确定的报告标准(记录阈值),并描述确定该标准(阈值)所依据的规范标准或同类电厂的经验反馈等情况。所有达到报告标准(记录阈值)的显示都应予以关注并记录在检验报告中。

6.4 检验合格标准

本节中核电厂营运单位应描述针对各种在役检查方法以及各种在役检查部位制订的目视、表面和体积检验的合格标准,不同规范标准中对于在役检查接受准则有不同的规定,核电厂营运单位在制订在役检查合格标准时应遵循适用规范标准的相应要求。

营运单位应根据所用堆型的要求,编制适用于本电厂的《在役检查评价标准》,以附件的形式放在在役检查大纲中。

6.5 显示明显变化的准则

对于达到了报告标准(记录阈值),但是根据检验合格标准仍可接受的显示,需要将其与以往检验结果相比较以判断其是否有变化。当确定显示发生了明显变化时,可能意味着缺陷发生了扩展,因此应对这种情况予以关注。

本节中,核电厂营运单位应对制订的判断显示是否发生了明显变化的准则进行描述。制订准则至少需要考虑的因素有:各种无损检验方法的特点、适用的规范标准要求以及同类核电厂的经验反馈等。

6.6 检验结果的评价

核电厂营运单位应根据有关核安全法规和导则,并结合相应规范标准的要求制订适用于本电厂的在役检查检验结果的评价程序。本节应对评价责任单位及评价程序进行描述。

6.7 修理与更换

经过评定确认不能继续使用的部件必须进行修理或更换。本节要求结合适用规范标准的要求,对修理或更换活动要求以及由此引入的在役检查内容做出规定。

6.8 管理要求

营运单位应针对“在役检查时发现显示有明显变化或超过了检验合格标准时”如何处理做出管理规定。本节应对这些管理规定进行描述。

7 在役检查与其他相关工作的接口管理

核电厂营运单位在制定在役检查大纲本章节时,应对在役检查与其他相关工作的接口管理做出规定,至少包括在役检查与维修活动、在役检查与压力试验(密封性试验)的接口管理。

7.1 在役检查与压力试验(密封性试验)活动的接口

系统和部件的压力试验和密封性试验主要包括役前检查时的压力试验、停堆并影响到反应堆冷却剂压力边界完整性时反应堆恢复运行前的系统泄漏试验以及必要时每个检查间隔期进行的强度压力试验。

核电厂营运单位应针对压力试验(密封性试验)活动单独编制试验大纲。

在役检查大纲本节中应描述压力试验(密封性试验)的负责部门、压力试验(密封性试验)期间拟实施的相关在役检查的项目、压力试验(密封性试验)期间在役检查活动的负责部门,并明确承诺压力试验(密封性试验)期间无损检验的结果将作为在役检查结果报告的一部分。

7.2 在役检查与维修活动的接口

在役检查的结果可能需要引入维修活动,维修活动完成后又可能需要在役检查,如果是更换设备,更换后可能还需要水压试验和役前检查,因此维修活动与在役检查活动关系密切。

在役检查大纲本节中应对在役检查活动和维修活动的接口关系做出规定,需要规定的内容包括:在役检查部门发现缺陷显示时,根据缺陷处理流程分析处理后,由什么部门负责提出维修的要求,维修活动由什么部门负责;维修活动完成后,由什么部门负责进行在役检查活动,在役检查活动按照什么要求进行;等等。

7.3 其它

在役检查活动中,在役检查大纲的项目是由不同部门共同完成的,因此大纲中应该明确所有相关部门的工作均应满足大纲中关于人员、装备、程序文件、材料等要求,相应的工作结果均反映在在役检查结果报告中。

8 核电厂在役检查质量保证

本章节中，核电厂营运单位应该按照有关核安全法规要求，对核电厂在役检查质量保证的具体要求做出规定。应至少对组织机构和职责、资质要求、接口要求、设备要求、对承包商控制等内容进行描述。

8.1 组织机构和职责

在役检查大纲中应对在役检查活动相关单位的组织机构和职责进行描述，需要描述的主要是核电厂营运单位以及在役检查活动承包商的职责以及相应的组织机构。

8.1.1 组织机构

在役检查大纲中，应给出核电厂在役检查活动相关的组织机构图。所有参与核电厂在役检查活动的部门都应体现在组织机构图中。

8.1.2 营运单位职责

在役检查大纲中应描述出核电厂营运单位从事在役检查活动的主要职责，确定这些职责时应考虑《民用核安全设备监督管理条例》、HAF601、602、604、HAD102/07 等的要求，并结合营运单位实际在役检验活动的情况。

在役检查大纲中应对核电厂营运单位所有参与在役检查活动的部门及其在在役检查过程中的相应职责做出规定。

8.1.3 承包商的职责

在役检查大纲中应描述出在役检查活动承包商从事在役检查活动的主要职责，确定这些职责时应考虑《民用核安全设备监督管理条例》、HAF003、HAF601、602、604、HAD102/07 等的要求，并结合承包商实际在役检验活动的情况。内容至少包括：建立质量保证体系及保证有效实施；质量保证要求向分包商的传递；技术要求向分包商的传递等的规定。

在役检查大纲中应对在役检查活动承包商所有参与在役检查活动的部门及其在在役检查过程中的相应职责做出规定。

8.2 资质要求

本节应对所有参与在役检查活动单位的资质做出规定，并应满足《民用核安全设备监督管理条例》《民用核安全设备设计制造安装无损检验监督管理规定 HAF601》以及《进口民用核安全设备监督管理规定 HAF604》的规定。

本节对所有参与在役检查活动的人员资质做出规定，并至少对下列内容做出规定：

(1) 参加在役检查活动的人员均应经过必要的岗位培训，必要时应经过相关工作的授权，这些培训和授权均应有相应的证据证明其有效性。

(2) 从事在役检查无损检验活动的人员应按照核安全法规《民用核承压设备无损检验人员培训、考核和取证管理办法》(HAF602) 取得相应方法和级别的资格证书。

8.3 接口要求

本节应至少包括下述内容：

（1）对于核电厂各项在役检查活动，明确各方的责任和义务，以及他们之间的接口关系；

（2）当在役检查活动要求多个机构同时或连续介入的情况下，营运单位应指派专门的联系人以沟通相关各方的工作；

（3）在检查活动开展前应对接口工作进行安排并通知到接口人。

8.4 设备要求

本节应至少包括下述内容：

（1）对核电厂在役检查活动所使用的检验/实验设备、仪器仪表、工具等，按质保大纲要求进行检定和检测的情况，检测结果应明示，并保存检定记录。

（2）在役检查所使用装备的维护管理规定的制订情况，以及执行情况。

8.5 对承包商控制

本节中，营运单位应描述对承包商的控制要求，至少包括对承包商质量保证控制的要求，对分包方服务的监督要求。

附件一 在役检查技术程序目录清单

在役检查大纲中应以附录形式列出在役检查活动需要的检验程序清单,这些程序可以针对不同核安全级别的设备分别编制,下面给出了需要编制的检验程序的具体示例。

1.1 核安全一级设备检验程序包括:

1. 反应堆压力容器内表面堆焊层闭路电视检验程序
2. 反应堆压力容器法兰螺栓孔目视检验程序
3. 反应堆压力容器法兰面螺栓孔闭路电视检验程序
4. 反应堆压力容器上封头闭路电视检验程序
5. 堆内构件闭路电视检验程序
6. 蒸汽发生器一次侧水室闭路电视检验程序
7. 稳压器内部堆焊层闭路电视检验程序
8. 主冷却剂系统目视检验程序
9. 主回路系统液体渗透检验程序
10. 蒸汽发生器和稳压器焊缝 γ 射线照相检验程序
11. 辅助管道焊缝 γ 射线照相检验程序
12. 热套管 γ 射线照相检验程序
13. 反应堆压力容器封头焊缝超声波检验程序
14. 反应堆压力容器筒体焊缝超声波检验程序
15. 反应堆压力容器螺栓超声波检验程序
16. 反应堆压力容器法兰孔带超声波检验程序
17. 蒸汽发生器和稳压器螺栓超声波检验程序
18. 稳压器的孔孔带和焊缝超声波检验程序
19. 反应堆冷却剂管道焊缝超声波检验程序
20. 反应堆压力容器螺栓的涡流检验程序
21. 反应堆压力容器螺母的涡流检验程序
22. 蒸汽发生器传热管涡流检验程序

1.2 核安全二、三级设备检验程序包括:

1. 目视检验规程
2. 渗透检验规程
3. 磁粉检验规程
4. 超声波检验规程
5. 超声波测厚检验规程
6. 射线照相检验规程
7. 泄漏检查规程

等等。

附件二 在役检查部位示意图的基本要求

为了便于说明检验对象和检验部位,说明检验项目的具体检验范围,在役检查大纲中应以附件的形式提供相应的示意图。

在役检查大纲附件中应该提供的附图包括两类,一类是用来说明检验部位的检验部位示意图,主要描述设备的结构并指出在役检查的检验部位,要求至少针对核安全一级设备以及核安全二、三级设备中的主要设备(如蒸汽发生器二次侧)的检验项目都有相应的示意图,例如针对某种规格的反应堆压力容器,给出的检验项目示意图如图 2-1 所示,其中描述了检验对象的结构,指出了各个检验部位;另一类是用来描述检验范围的检验范围示意图,主要描述具体检验部位的几何尺寸、每个检验部位的检验范围,要求核安全一级设备以及主要的核安全二、三级设备(如蒸汽发生器二次侧)各个项目的检验范围应该有相应的示意图,例如针对压力容器环焊缝,给出的检验范围示意图如图 2-2 所示,注明了检验部位的厚度、检验区域的宽度和深度等确定检验范围的必要信息。

相应规范标准中已经示例性地给出了一些检验项目示意图和检验范围示意图。但是由于各个规范中所给出的一些示意图仅仅是示例,其中描述的设备结构、尺寸等与各个核电厂的实际情况并不一定完全一致,因此核电厂营运单位在制订在役检查大纲、给出检验项目示意图和检验范围示意图时,应注意结合各自核电厂的特点绘制有关示意图,以确保在役检查大纲的描述与核电厂实际情况相一致。

在适用的情况下,在役检查大纲中列出的检验部位示意图应包括如下设备或部位:

- (1) 反应堆压力容器
- (2) 反应堆压力容器顶盖
- (3) 堆芯中子测量套管及导向管
- (4) 控制棒驱动机构管座
- (5) 反应堆压力容器螺栓、螺母
- (6) 反应堆堆内构件
- (7) 蒸汽发生器一次侧
- (8) 稳压器
- (9) 反应堆冷却剂泵壳
- (10) 反应堆冷却剂管道
- (11) 反应堆冷却剂辅助系统管道
- (12) 各种核安全一级阀门
- (13) 蒸发器二次侧
- (14) 安注箱等核安全二、三级容器
- (15) 再生热交换器、下泻热交换器等核安全二、三级热交换器和过滤器
- (16) 安注泵、停堆冷却泵等核安全二、三级泵
- (17) 蒸汽发生器给水控制阀等各种核安全二、三级阀门

在适用的情况下,在役检查大纲中列出的检验范围示意图应包括如下检验部位:

- (1) 反应堆压力容器筒体环焊缝扫查范围
- (2) 反应堆压力容器底封头焊缝轴向扫查范围
- (3) 反应堆压力容器法兰段到接管段焊缝
- (4) 反应堆压力容器上封头顶盖到法兰连接焊缝
- (5) 反应堆压力容器进出水接管与筒体焊缝
- (6) 反应堆压力容器接管到安全端以及安全端与主管道焊缝

- (7) 反应堆压力容器法兰孔带
- (8) 反应堆压力容器螺栓螺母
- (9) 蒸汽发生器一次侧管板到下封头水室连接焊缝和封头水室环焊缝
- (10) 蒸汽发生器一次侧进出水接管到水室封头焊缝和内交贯面
- (11) 蒸汽发生器一次侧进出水接管到安全端以及安全端到主管道焊缝
- (12) 蒸汽发生器一次侧人孔螺栓孔带
- (13) 稳压器筒体环焊缝和筒体到封头焊缝
- (14) 稳压器筒体纵焊缝
- (15) 稳压器内部堆焊层（含汽水交贯面）
- (16) 稳压器人孔螺栓、螺母和螺栓孔带
- (17) 稳压器上封头接管到上封头的焊缝及交贯面
- (18) 稳压器波动管到下封头的焊缝及交贯面
- (19) 稳压器支撑裙到下封头焊缝
- (20) 反应堆冷却剂系统管道环焊缝及接管焊缝
- (21) 反应堆冷却剂辅助系统管道环焊缝
- (22) 主泵螺栓
- (23) 主泵飞轮
- (24) 蒸汽发生器二次侧壳体焊缝
- (25) 其他核安全二三级容器焊缝
- (26) 其他核安全二三级热交换器焊缝
- (27) 其他核安全二三级管道环焊缝

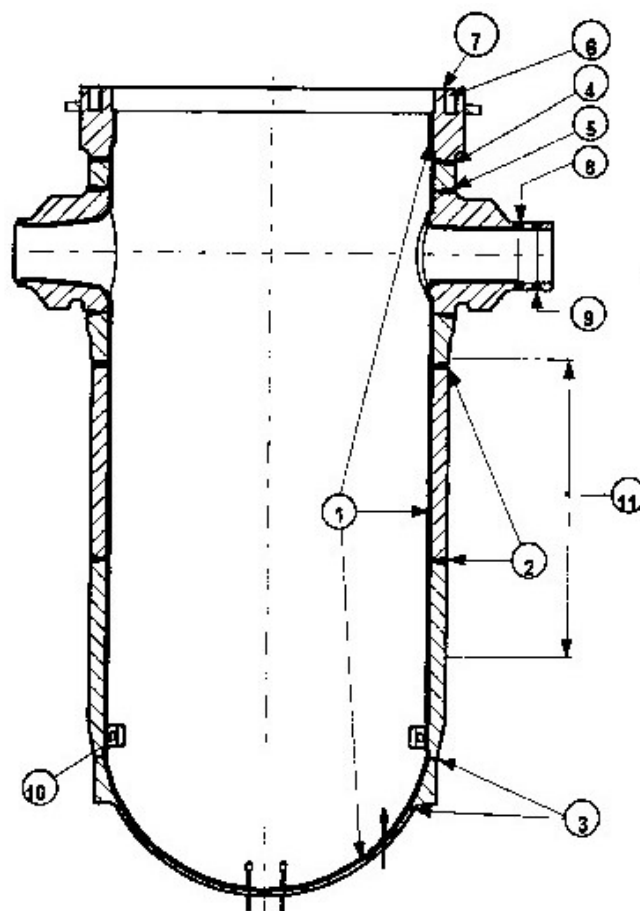


图 2-1：一种反应堆压力容器检验项目示意图

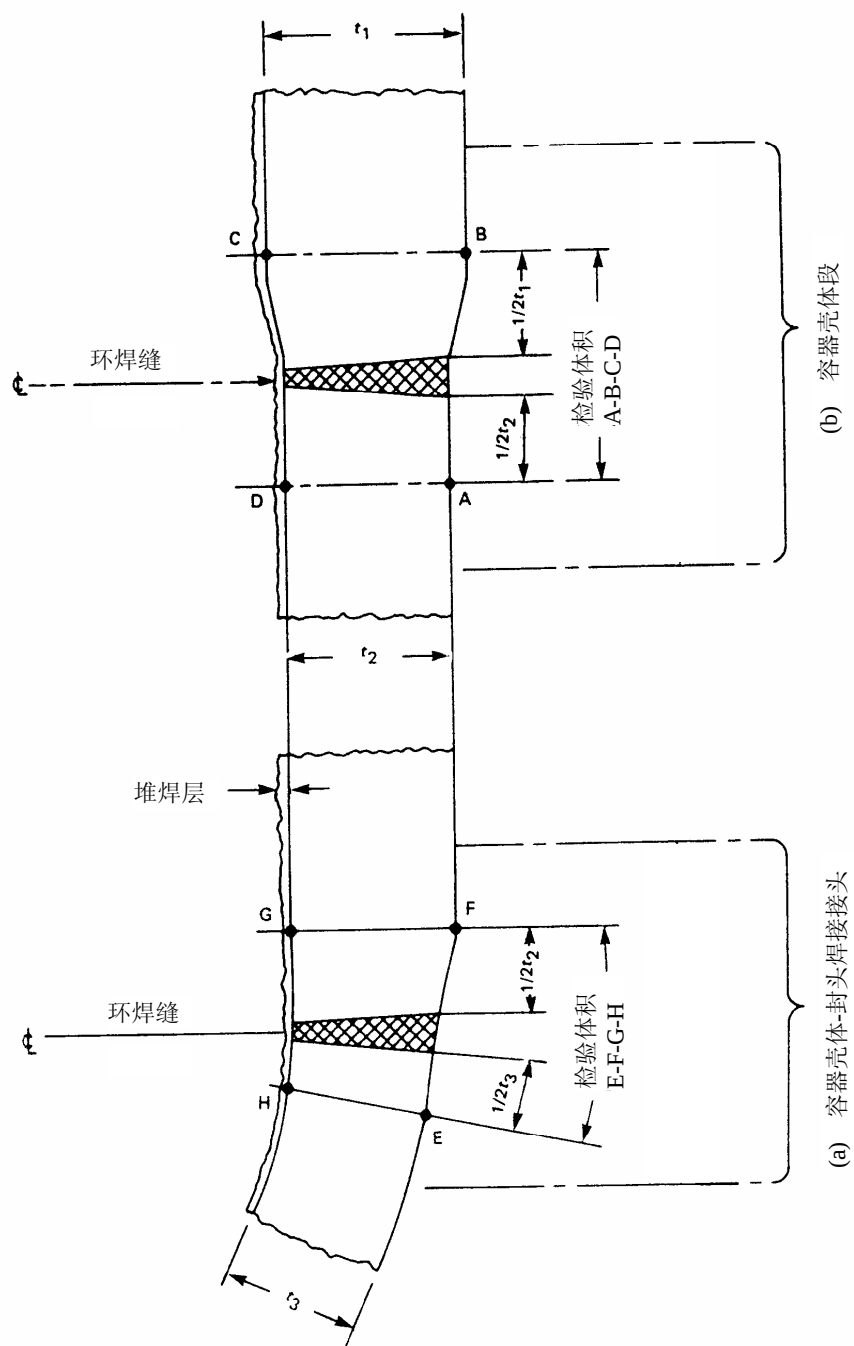


图 2-2: 一种压力容器环焊缝检验范围示意图

附件三 在役检查焊缝等轴图册

在役检查大纲中应以附录形式列出在役检查活动所涉及的在役检查焊缝等轴图册，需要描述的内容应包括图册目录、图纸编号、系统名称、系统编号、管道名称、管道材质和规格、主要部件参考位置、焊缝节点及其支承的编号和位置、附近构筑物的特点等方面的信息。

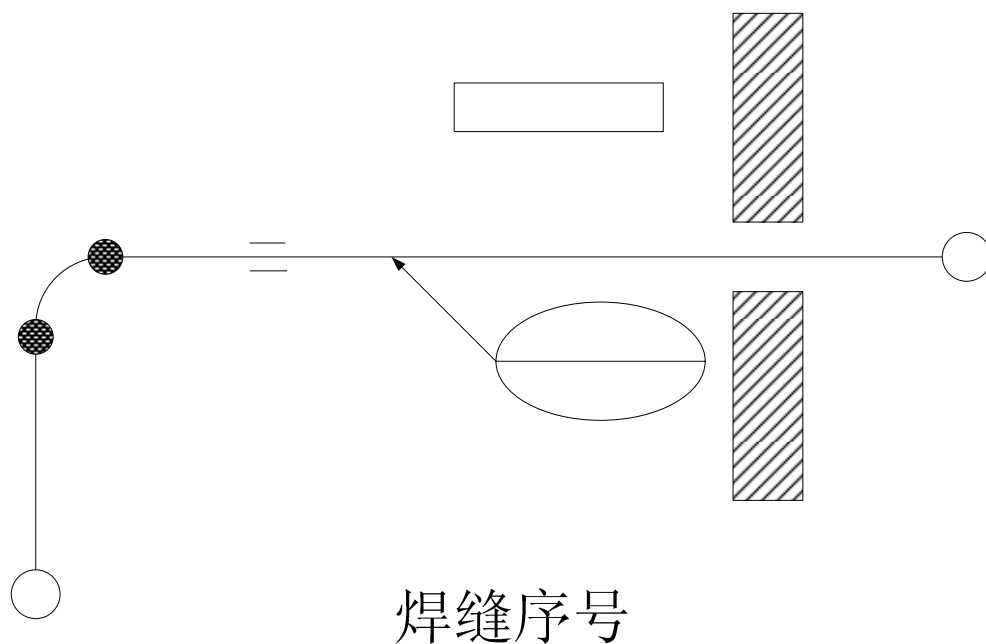
3.1 需要描述的系统

适用的情况下，焊缝等轴图册通常应包括如下管道系统：

- 主蒸汽管道；
- 主给水管道；
- 停堆冷却管道；
- 主回路系统；
- 化容系统；
- 辅助给水系统；
- 设备冷却水系统；
- 化容上充系统；
- 喷淋系统；
- 安注系统；
- 高压安注系统；
- 乏燃料冷却系统；
- 等等。

3.2 等轴图示例

等轴图中注明房间号、管系号以及管道尺寸规格，用图例标识出焊缝、阀门、支撑，标明相连的设备以及附近的构筑物，并注明该管系中的在役检验对象以及相应的在役检查检验方法，具体示例如图 3-1 和图 3-2。



焊缝序号

图 3-1 在役检查管系等轴图示例一

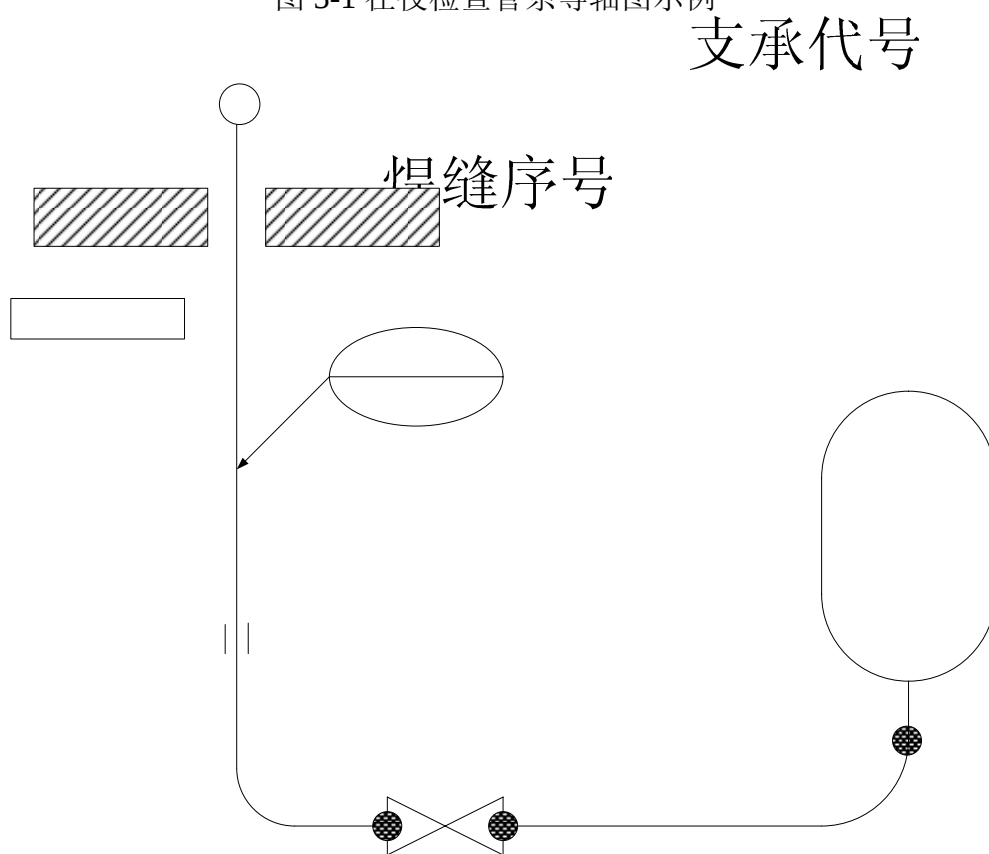


图 3-2 在役检查管系等轴图示例二

图号节点

附件四 在役检查试块

在大纲的这一部分,营运单位应制订在役检查所使用参考试块的要求,如试块材料、工艺、尺寸、以及与适用检验对象的可比性等。不同规范中对于试块的要求不完全相同,因此在制订这一部分要求时应遵循适用规范标准的规定。

例如 ASME 规范第 V 卷第四章中对于超声检验参考试块规定:

制作试块的材料,应当是从部件上切割下的余料、部件的延长段、与被焊接的材料具有相同材料标准、相同产品形状以及相同热处理状况的材料;如果部件材料有堆焊层,试块也应带有同样方法形成的堆焊层,堆焊层厚度应为部件堆焊层标称厚度;如果产品焊缝两侧是不同方法堆焊而又需要从焊缝两侧检验时,试块也应是两种堆焊方法;试块应按照所用材料型号和类别的要求,至少经受最低温度的回火热处理,并至少两小时焊后热处理;试块表面粗糙度应能代表部件表面粗糙度;等等。此外,ASME 规范中还对试块的形状、反射体的形状、位置和尺寸等制订了相应的规定。

再如 RCC-M 中对于超声检验参考试块规定:

参考试块可以用来自待检部件的延长部分、材料和热处理状态均与待检部件相同的边角料、声学特性接近于待检部件材料的制品等制造;对比试块应经过机加工以达到一定的表面粗糙度。此外,对于几种不同的主要检验对象,RCC-M 规范中规定了参考试块的形状、尺寸、人工反射体的形状及尺寸、人工反射体的位置等要求。

在役检查大纲的这一部分中应参照有关规范标准的规定描述在役检查中所应用的参考试块的主要要求。

除了超声检验对比试块外,还需要描述涡流检验所用的标定管、标定螺栓、标定螺母等。营运单位在制订在役检查大纲时应以附件的形式列出在役检查所用试块清单,并给出试块的示意图。

图 4-1~图 4-3 分别给出了超声检验试块、螺栓涡流检验标定螺栓、传热管涡流检验标定管的示例。

适用情况下,在役检查大纲中所列出的试块清单示例如下:

4-1 在役(含役前)检查超声波检验典型参考试块清单

序号	试块名称
1	反应堆压力容器法兰面试块(筒体侧)
2	反应堆压力容器法兰面试块(法兰面侧)
3	反应堆压力容器底封头焊缝试块
4	反应堆压力容器筒体纵向试块
5	反应堆压力容器筒体横向试块
6	反应堆压力容器底封头纵向试块
7	反应堆压力容器进、出水口接管过渡段焊缝试块(无焊缝)
8	反应堆压力容器进、出水口接管过渡段焊缝试块(有焊缝)
9	反应堆压力容器进水口接管焊缝试块
10	反应堆压力容器出水口接管焊缝试块
11	反应堆压力容器顶盖焊缝试块
12	反应堆压力容器支撑块试块
13	反应堆压力容器主螺栓试块

14	反应堆压力容器主螺母试块
15	反应堆压力容器筒体焊缝试块（带堆焊层）
16	反应堆压力容器进、出水口接管内侧径向截面（带堆焊层）
17	反应堆压力容器安全端焊缝试块（带堆焊层）
18	蒸汽发生器一次侧焊缝试块
19	蒸汽发生器支承环与容器封头焊缝试块
20	蒸汽发生器人孔螺栓试块
21	蒸汽发生器二次侧焊缝试块
22	稳压器下封头与筒体环焊缝试块
23	稳压器筒体与 Y 型法兰焊缝试块
24	稳压器人孔螺栓试块
25	稳压器支承环与下封头焊缝试块
26	稳压器下封头与 Y 型法兰焊缝试块
27	主泵主螺栓试块
28	主管道焊缝纵向试块
29	主管道焊缝横向试块
30	波动管焊缝纵向试块
31	波动管焊缝横向试块
32	支管焊缝纵向试块
33	支管焊缝横向试块
34	主蒸汽管焊缝试块
35	主蒸汽支管焊缝试块
36	主给水管焊缝试块
37	停堆热交换器焊缝试块
38	下泄热交换器焊缝试块

4-2 在役检查涡流检验典型参考试块清单

序号	试块名称
1	反应堆压力容器法兰连接螺栓涡流检验标定螺栓
2	容器法兰连接螺母涡流检验标定螺母
3	蒸汽发生器传热管涡流检验标定管

4-3 其他试块

除了参考试块外，所列出的试块清单中还应包括其他在役检查用的试块或试件，例如超声检验标准试块、液体渗透检验灵敏度试件等。

附件五 在役检查中的主要自动检查方法

除了一般的手工无损检验方法外,核电厂在役检查活动需要使用一些自动无损检验方法。核电厂营运单位在制订在役检查大纲时,应对在役检查中所使用的主要自动无损检验方法进行描述,例如反应堆压力容器超声波检验、蒸汽发生器传热管涡流检验等。对于使用自动检验系统的在役检查方法,有关描述中应包括所采用的无损检验仪器及装备。这部分描述应作为在役检查大纲的附件。下面以两个典型自动检验方法为例,说明对于自动检验方法应该描述的内容。

5.1 反应堆压力容器超声波检验

反应堆压力容器的在役检查通常采用自动超声波检验技术,该方法所采用的设备通常称为在役检查机。例如法国 RSE-M 规范中对于反应堆压力容器的超声波水浸聚焦自动扫查方法进行了相应的描述。

在役检查大纲中应给出反应堆压力容器在役检查机的结构和原理,包括主要仪器的组成部分;应对其适用范围(检验区域、检验程序、扫查方式、扫查方法、环境条件)、仪器标定、数据采集和分析软件、检验工艺方法等方面进行描述。

5.2 蒸汽发生器传热管涡流检验

蒸汽发生器传热管的在役检查通常采用自动涡流检验技术。

在役检查大纲中应描述蒸汽发生器传热管自动涡流检验系统的结构和原理,描述其适用范围、环境条件、检验程序、检验仪器设备及标定、显示信号输出及存储方式、检验工艺方法等方面。

附件六 在役检查结果报告的格式和内容

每次在役检查活动完成后,营运单位都应形成在役检查结果报告并按要求提交国家核安全局或地方核安全监督站审查。

营运单位向国家核安全局提交的在役检查结果报告应至少包括以下内容:

6.1 在役检查项目

用文字描述本次在役检查活动主要按计划完成了哪些项目,特别应说明计划项目没有完成的原因及相应的措施、计划外增加项目的原因等等。

6.2 在役检查结果

用文字形式概述本次在役检查活动主要发现的可记录显示及相应的分析处理情况。

用表格形式描述本次在役检查全部项目的检查结果,在役检查结果表格应以检查计划表格为基础,补充检验结果及其分析后形成。表 6-1 给出了在役检查结果表格的示例。

表 6-1: 在役检查结果表格示例

设备名称 (示意图)	检验 部位	检验方法	说明-备注	检验 程序	检验结果 报告编号	检验结果 及分析
反应堆压力容器 (图号 XXX)	反应堆压力容器内堆焊层	水下电视	全面检验; 特殊检验: -焊接接头 -法兰内表面 -下封头 -进、出口管嘴内表面			
		目视检验	反应堆压力容器筒体的全面检验			
		水下超声波检验	整个环焊缝附近 500mm 区域			

其中“检验结果及分析”一栏应描述本次在役检查所发现的达到记录阈值的显示信号特征、显示信号所在部位的材料和结构特征、显示信号与以往在役检查(役前检查)结果的对比情况、营运单位对显示信号进行的分析、本次对于该显示信号的处理措施以及计划的后续跟踪检查措施等信息。需要描述的显示信号特征包括其特征尺寸和位置,例如对于超声检验,需要描述其显示信号的幅度,需要测长的还应该描述其长度等几何尺寸,缺陷的位置应该在一定的坐标系中描述,坐标系的原点及坐标轴的方向应该明确。

6.3 不可达部位及处理措施

结果报告中要描述具体不可达的部位、范围、检验方法,说明相应采取的附加措施和结果。

6.4 缺陷的分析评价或处理措施

结果报告中应至少对下述内容进行说明:

对达到报告标准(记录阈值),但仍在检验合格标准之内的显示,应与以往检验结果相比较判断是否有变化,当确定有明显变化时,可能意味着缺陷发生了扩展,对这种

情况予以关注。

得出的缺陷显示超过合格标准的任何检验，可用其他无损检验方法和技术予以补充，缺陷缺陷特征，进行缺陷原因分析，说明超标缺陷评价结果或维修更换措施；涉及抽样检验的，还应说明扩大范围检查的结果。

6.5 修理或更换

结果报告中应说明维修或更换活动的方案；说明涉及的人员资格、规程、装备、材料等方面的控制情况；说明维修或更换活动中涉及的检验项目及结果。

6.6 缩略语

在役检查结果报告中应提供所使用缩略语的说明。

6.7 附录

在役检查结果报告中还应该提供检验结果报告清单、检验规程清单等附录。

附件七 在役检查不可达项目清单

在役检查大纲中应根据核电厂实际情况，列出在役检查不可达项目清单，清单中应说明不可达项目的部位、不可达的范围、不可达区域的比例、不可达的方法、不可达的原因、针对不可达所采取的措施及相应结果等信息，并附不可达项目示意图说明不可达的具体情况。

附件八 术语和缩略语

在本附件中，营运单位应给出在役检查大纲文件中所使用术语的定义，并对大纲文件中的缩略语进行必要的说明。

如果所使用的术语是国家核安全法规中已经定义过的术语，这里可以不必重复。

参考文件

1. HAF102 核电厂设计安全规定（2004）；
2. HAF103 核电厂运行安全规定（2004）；
3. 核电厂在役检查（HAD103/07）；
4. HAF003 核电厂质量保证安全规定；
5. 民用核安全设备监督管理条例；
6. HAF601 民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定；
7. HAF602 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定；
8. HAF604 进口民用核安全设备监督管理规定；
9. 美国机械工程师学会锅炉及压力容器规范 第 V 卷 无损检验；
10. 美国机械工程师学会锅炉及压力容器规范 第 XI 卷 在役检查；
11. RCC-M MC 册 检验方法；
12. 法国标准协会（AFCEN）压水堆核岛机械设备在役检查规则（RSE-M）；
13. Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants（NS-G-2.6）。