

附件 2

压水堆核动力厂最终安全分析报告 格式与内容-第五章

(征求意见稿)

国家核安全局

目 录

第五章 反应堆冷却剂系统和与之相连接的系统.....	8
5.1 总述.....	8
5.1.1 流程简图.....	8
5.1.2 管道和仪表流程图.....	9
5.1.3 标高图.....	9
5.2 反应堆冷却剂压力边界的完整性.....	9
5.2.1 与法规、导则、规范的一致性，适用的规范案例（如适用）.....	9
5.2.2 超压保护.....	10
5.2.3 反应堆冷却剂压力边界材料.....	12
5.2.4 反应堆冷却剂压力边界的在役检查和压力试验.....	15
5.2.5 反应堆冷却剂压力边界泄漏探测.....	16
5.3 反应堆压力容器.....	18
5.3.1 反应堆压力容器材料.....	18
5.3.2 压力-温度限值、承压热冲击、夏比冲击上平台能量.....	20
5.3.3 反应堆压力容器完整性.....	21
5.3.4 反应堆压力容器保温层（当保温层结构用于严重事故时）.....	23
5.4 反应堆冷却剂系统部件和子系统的设计.....	23
5.4.1 反应堆冷却剂泵.....	23
5.4.2 蒸汽发生器.....	25
5.4.3 反应堆冷却剂管道.....	28
5.4.4 主蒸汽管线限流器.....	30

5.4.5 稳压器.....	31
5.4.6 阀门 ²	31
5.4.7 余热排出系统.....	33
5.4.8 部件支承件.....	36
5.4.9 反应堆冷却剂系统卸压装置.....	37
5.4.10 堆腔注入冷却系统（如适用）.....	39
5.4.11 稳压器卸压排放.....	40
5.4.12 反应堆冷却剂系统高点排气.....	42
5.4.13 堆芯补水箱（如适用）.....	44
5.4.14 非能动余热排出热交换器（如适用）.....	45
5.4.15 严重事故专用卸压阀.....	46

第五章 反应堆冷却剂系统和与之相连接的系统

本章应描述反应堆冷却剂系统（RCS）及其连接系统，对于反应堆冷却剂系统压力边界（RCPB）包括的部件，应说明特殊考虑。

本章应包括评估和必要的支持性材料，以证明：在包括反应堆正常工况和事故工况等所有可预见的运行工况下，RCS 能够完成预期的目标，并保持其完整性。给出的信息应允许独立充分地进行评估，即保证包含的评估是正确完整的，且进行了所有必要的评估。

最终安全分析报告（FSAR）需根据工程实际情况进行描述，以反映具体工程中反应堆冷却剂系统的最终情况。

5.1 总述

本节应说明安全分析报告第五章“反应堆冷却剂系统和与之相连接的系统”所包括的系统和部件。应明确反应堆冷却剂系统的主要构成和系统边界（含安全分级），并应描述反应堆冷却剂系统及其主要部件的基本信息，包括 RCS 系统及主要设备安全功能、性能特点、RCS 系统流量相关定义等。应提供 RCS 系统重要设计和性能特征参数的一览表。

5.1.1 流程简图

本节应提供反应堆冷却剂系统的流程简图，图中应标识出主要部件，以及正常稳态满功率运行工况下的主要压力、温度、流量、冷却剂容积。

5.1.2 管道和仪表流程图

本节应描述并提供 RCS 及其连接系统的管道和仪表流程图，图中应标识出：

(1) 安装在安全壳内的各系统范围；

(2) RCS 与二回路（热利用）系统的分界点；

(3) 反应堆冷却剂系统边界及相应分级边界，RCPB 及其连接系统之间的隔离阀，有辐射和无辐射部分之间的隔离阀，RCPB 和其他系统之间的非能动隔离边界。

FSAR 阶段应提供固化有效的流程图，在图上明确上述各条内容对应的边界。

5.1.3 标高图

本节应提供一个 RCS 系统标高图（立面，即垂直方向示意图）。图中需显示 RCS 与支撑或周边混凝土结构有关的基本尺寸。

5.2 反应堆冷却剂压力边界的完整性

5.2.1 与法规、导则、规范的一致性，适用的规范案例（如适用）

本节应说明反应堆冷却剂系统（RCS）和部件的设计、制造、安装、在役检查遵循的法规、导则、适用的规范、规范版本及增补。FSAR 阶段还应对反应堆冷却剂系统实体的设计建造与法规、导则和规范的一致性进行说明。如果不能满足法规、导则和规范相关要求，申请者应说明详细情况，并描述替代要求及其技术基础，说明替代要求如何提供相当的、可接受的安全和质量水平。

如果核电厂使用了 ASME 规范案例，还应在本节描述 RCPB 部件设计、制造期间所采用的规范案例，并提供核电厂使用的规范案例

清单，清单应包括规范案例的编号、版本、标题、在核电厂的适用范围和对象、规范案例使用的原因和可接受性评价结论，以说明规范案例能够达到与规范同样可接受的质量和水平。如果 FSAR 相比 PSAR 所采用的规范案例发生了变化（如新增/取消规范案例、版本变化、使用范围变化等），应对差异项进行说明。在役检查相关规范案例应在核电厂在役检查大纲中进行描述。

5.2.2 超压保护

本节描述范围包括反应堆冷却剂压力边界功率运行和低温运行时的超压保护，以及蒸汽发生器二次侧的超压保护。

前言部分应描述用于防止反应堆冷却剂压力边界和蒸汽发生器二回路超压的总体设计，包括执行一、二回路超压保护的装置、超压保护设计及分析遵守的标准规范，和相应的验收准则。

5.2.2.1 设计基准

本节应提供超压保护（包括反应堆功率运行和低温运行下的反应堆冷却剂压力边界超压保护以及功率运行工况下的二回路的超压保护）的设计基准，包括：

- （1）执行超压保护的装置或设备承担的正常功能和安全功能；
- （2）设计中考虑的所有可能超压的事件，以及超压保护设计中所考虑的最严重瞬态或事故。

5.2.2.2 设计描述

本节应提供超压保护系统的管道和仪表图表，图表中应给出包括阀门、管道、水箱、仪表和控制在内的所有部件的数量、类型和

位置。申请者应确定与其他系统的连接和接口，应对超压保护装置的排放侧进行简要说明。

本节应简述用于超压保护系统的设备和部件，包括安全卸压阀的数量、类型等（可引用5.4.9节或10.3节内容）。

申请者应描述超压保护系统如何动作、与系统相关的报警和指示以及系统电源。对于低温运行条件下的超压保护设计，还应说明设计中考虑的保护联锁或行政管理措施。

5.2.2.3 设计评价

本节应提供对超压保护系统超压保护（包括反应堆功率运行和低温运行下的反应堆冷却剂压力边界超压保护以及功率运行工况下的二回路的超压保护）功能设计的评价。应包括执行其功能的系统能力的分析，描述分析中采用的分析模型以及使用的假设条件，包括电厂的初始工况、系统参数、以及对单一故障的考虑等。应列出分析中考虑的系统和设备并描述它们的性能特点。如有必要，申请者还应提供针对各种工况、参数和特点下的系统性能的敏感性研究。

本节应给出超压分析的结果，以说明设计能够保证超压保护相应的验收准则得到满足。

申请者还应论述考虑到系统误启动或驱动所进行的补充分析。

5.2.2.4 卸压装置安装和固定

本节应描述一回路压力边界和蒸汽发生器二次侧的卸压装置、排放管线的安装位置以及固定方式等。申请者应列出在所有阀门打开的事件下，阀门、管嘴和连接管道所承受的假定载荷和产生的应力（可引用3.9.3.3节内容）。

5.2.3 反应堆冷却剂压力边界材料

5.2.3.1 材料技术条件

对于作为 RCPB 一部分的各个部件（如容器、管道、泵和阀门¹等），本节应描述其承压边界实际所采用的主要铁素体材料、奥氏体不锈钢和有色金属（包括螺栓连接件和焊接材料）的材料技术规格清单（至少包括材料规范、型号/牌号）。

注 1：包括阀瓣

5.2.3.2 材料相容性

本节应描述以下信息，这些信息和 RCPB 建造材料、外部保温材料与反应堆冷却剂的相容性有关：

（1）对于压水堆冷却剂的水化学，申请者应简要描述反应堆冷却剂和添加剂（如缓蚀剂）的化学成分，并给出氟化物、氯化物、硫酸盐、氧、氢和可溶性毒物的允许含量，以及这些化学限值的制定依据或技术理由。可简要描述控制水化学、pH 值的方法，可将具体内容引到第 9 章或第 16 章等相关章节。

（2）关于建造材料与反应堆冷却剂的相容性，申请者应说明暴露在冷却剂中的金属材料类型清单，以及这些材料与其可能接触到的冷却剂、污染物和辐射分解产物的相容性。如果非金属材料与反应堆冷却剂接触，申请者应说明这些材料与冷却剂相容性。

（3）关于带外部保温的建造材料，申请者应说明保温层材料类型，并说明 RCPB 材料与外部保温材料和环境（特别是在冷却剂泄漏事件）的相容性。对于奥氏体不锈钢部件上采用非金属保温材料的情况，说明保温层中氯化物、氟化物、钠和硅酸盐的浓度是否在相

关标准中推荐的范围内。对于铁素体钢部件，应说明其外表面是否进行防腐处理。申请者应说明用于非奥氏体不锈钢管道上的保温材料可沥出污染物的相关信息。

5.2.3.3 铁素体材料的制造及加工

本节应描述以下与 RCPB 部件所用铁素体材料的制造及加工有关的信息：

(1) 对于铁素体材料制成的 RCPB 部件，包括其压力边界上螺栓连接材料，申请者应说明断裂韧性是如何满足相关标准规范要求的，包括断裂韧性的设计要求、相关试验实施依据的标准规范及验收准则等。

(2) 申请者应说明以下用于 RCPB 部件的铁素体材料焊接控制的信息：

(a) 应描述 RCPB 低合金钢部件如何避免产生焊接裂纹的相关措施和设计规定。

(b) 如使用电渣焊，应描述 RCPB 低合金钢部件电渣焊相关信息，及其与法规标准的相符性。

(c) 关于 RCPB 铁素体部件的制造和组装过程中焊接和补焊，应说明可达性受限的焊接区域的焊工附加要求的相关信息。

(d) 应描述防止带不锈钢堆焊层的低合金钢部件发生堆焊层下裂纹的控制措施。

(3) 申请者应说明针对 RCPB 部件的铁素体钢管件(管道、法兰、管件) 的无损检验总体要求，以及该要求与标准规范的一致性。

5.2.3.4 奥氏体不锈钢的制造和加工

本节应描述关于 RCPB 部件所用奥氏体不锈钢的制造和加工相关信息:

(1) 在部件制造和反应堆建造的各个阶段, 避免 RCPB 部件所用奥氏体不锈钢零件产生应力腐蚀开裂的措施。

(a) 申请者应描述 RCPB 奥氏体不锈钢部件与引起应力腐蚀裂纹的污染物接触尽可能少的工艺控制措施。应描述对奥氏体不锈钢表面研磨加工的控制。应描述奥氏体不锈钢部件加工中的酸洗工艺以及对敏化材料酸洗的限制条件。应描述避免 RCPB 奥氏体不锈钢部件在加工和组装过程中发生敏化的措施。

(b) 一般来说, 冷作不锈钢不应用在 RCPB 中, 若使用, 申请者应描述该材料的服役经验及模拟环境下的实验室测试。同时申请者应描述对其在役检查的考虑, 以确保部件的结构完整性。

(2) 申请者应描述 RCPB 奥氏体不锈钢部件焊接控制的下列信息:

(a) 描述 RCPB 奥氏体不锈钢焊接中 δ 铁素体控制措施, 并说明 δ 铁素体测量方法及限值。

(b) 如使用电渣焊, 应描述 RCPB 不锈钢部件电渣焊相关信息, 及其与法规标准的相符性。

(c) 关于 RCPB 奥氏体不锈钢部件的制造和组装过程中焊接和补焊, 申请者应说明可达性受限的焊接区域的焊工附加要求的相关信息。

(3) 申请者应说明针对 RCPB 部件的不锈钢管件(管道、法兰、管件) 的无损检验总体要求, 以及该要求与标准规范的一致性。

5.2.3.5 防止一回路冷却剂环境下镍基合金的应力腐蚀开裂(仅适用 PWR)

申请者应描述 RCPB 的镍基合金部件清单及其预防应力腐蚀裂纹 (PWSCC) 的措施。针对用于 RCPB 的镍铬铁合金, 申请者应说明材料选择的合理性, 包括鉴定或预期环境条件下实践证明等, 以及针对 PWSCC 的在役检查要求。

5.2.4 反应堆冷却剂压力边界的在役检查和压力试验

5.2.4.1 在役检查

本节应描述反应堆冷却剂压力边界核 1 级部件的在役检查 (包括役前检查) 所遵守的规范标准。

(1) 针对可达性, 申请者应描述设计上对在役检查可接近性的考虑。在初步安全分析报告中, 应描述预期不可达的部位及不可达理由; 在最终安全分析报告中, 应给出对不可达所产生潜在安全后果的评价。

(2) 针对检查方法、检查对象、检查间隔和验收准则等, 申请者应描述其与法规标准的符合性; 若申请者拟采用与法规标准不同的方法或内容, 应重点说明技术理由。

(3) 若设计上或重大不符合项处理中提出的特殊检查项目 (即规范标准中没有要求的检查项目), 申请者应进行描述。

5.2.4.2 压力试验

申请者应描述反应堆冷却剂压力边界的强度水压试验和泄漏试验 (包括役前和在役阶段) 所遵循的规范或标准。申请者应说明试验时机、试验边界、试验压力、试验温度、保压时间等方面与法规

标准的符合性；若申请者拟采用与规范或标准不同的方法或内容，应重点说明差异和技术理由。

5.2.5 反应堆冷却剂压力边界泄漏探测

申请者应在本节前言部分对RCPB泄漏探测系统进行总体性的描述，说明可识别泄漏和不可识别泄漏的定义和范围，说明运行期间允许的反应堆冷却剂系统的最大总泄漏量。

5.2.5.1 可识别泄漏

申请者应详细说明可识别泄漏（除系统间泄漏外）的收集和监测的范围，说明运行期间允许的反应堆冷却剂系统可识别泄漏量。针对上述范围内的每一处需收集和监测的可识别泄漏（包括但不限于一回路阀门填料密封处的引漏、反应堆冷却剂泵机械密封的泄漏、稳压器安全阀的泄漏、严重事故专用泄压阀的泄漏等）分别说明：收集泄漏的方法、收集泄漏的设备、泄漏位置的识别以及泄漏率的确定、相关的仪表以及是否在控制室指示和报警等信息。

如通过疏水系统收集泄漏，则应对疏水系统进行相应描述，以说明该类泄漏能够避免被“滞留”而顺利进入收集位置。

5.2.5.2 系统间泄漏

应描述对压水堆一回路冷却剂系统与相连系统（包括但不限于安注箱、安注系统、余热排出系统、蒸汽发生器二次侧、反应堆冷却剂泵热屏二次侧、余热或衰变热排出热交换器二次侧、下泄管线热交换器二次侧等）间的泄漏进行监测的措施。因为该泄漏可以独立监测，且不会影响不可识别泄漏监测系统的结果，通常认为该泄漏是可识别泄漏的一部分。

本节应列出申请者识别的所有潜在的系统间泄漏途径，并且分别说明各个途径上的探测泄漏的方法，相关的仪表以及是否在控制室指示和报警等信息。

5.2.5.3 不可识别泄漏

本节应说明核电厂运行技术规格书中针对不可识别泄漏的限制条件。列出设计采取的探测和收集不可识别泄漏的方法，针对每种方法，简要描述其原理，给出所用系统、系统灵敏度和响应时间以及执行适当功能的可靠性的详细描述。应说明对不可识别泄漏位置进行识别的方法。

5.2.5.4 设计评价

申请者本节应说明泄漏探测系统能够在所有不要求停堆的地震事件中均保持其功能的设计。应说明在电厂所有要监测的预期工况范围内，探测系统的灵敏度和响应时间是可接受的，并说明至少有两种独立的、多样化的方法能满足技术规格书对泄漏率的要求。对于采用LBB技术的反应堆，可能对泄漏探测系统或方法提出更为明确或较高的要求，尤其在探测精度和响应时间方面，申请者应说明采用的泄漏探测系统满足LBB技术应用的需要。

5.2.5.5 试验和校准

本节应描述所有泄漏探测系统试验和校准的规定，说明试验和校准频率。申请者应描述地面排水系统的定期试验内容，以便检查是否堵塞，确保可运行。

5.2.5.6 运行纠正措施

描述核电站定期分析可识别泄漏和不可识别泄漏趋势的程序以

及泄漏响应程序。针对泄漏响应相关程序，申请者说明泄漏异常增长的情况下，操作员应采取的泄漏响应措施（包括确定泄漏是否存在、识别泄漏源、增加监控频率、验证泄漏率等）。

5.3 反应堆压力容器

5.3.1 反应堆压力容器材料

本节应包含详细的信息以确保应用于反应堆压力容器的材料（包括焊接材料）、制造方法、检验技术均符合所有相关法规的要求。本节应描述所采用的技术标准、规范和技术条件，FSAR 阶段应说明实际情况与这些技术条件和标准的符合性。

5.3.1.1 材料技术条件

本节应列出反应堆压力容器及附件使用的所有材料，并给出相应材料技术条件。FSAR 阶段应描述最终实际采用的材料，如果相对于 PSAR 阶段发生了变化，应说明技术理由。如 5.2.3 节已给出，可直接引用。

对于堆芯筒体材料，应明确限制元素含量的限值。

5.3.1.2 制造和加工工艺

本节应描述反应堆压力容器及其附件的产品形式和加工方法。申请者应说明所采用的特殊工艺，并表明这些特殊工艺不会影响反应堆压力容器的完整性。此处的特殊工艺是指不同于所使用规范所规定的内容，若无特殊工艺，则应给出 RPV 及其附件产品所引用的规范条款。FSAR 阶段应描述最终实际采用的制造工艺，若与 PSAR 阶段发生变化，需说明技术理由。

5.3.1.3 无损检测方法

本节应描述用于检测表面和内部不连续的无损检测方法，重点描述与规范标准不同的方法、技术。对于与标准规范相同的方法，可直接说明引用的条款。FSAR 阶段应描述最终实际采用的特殊无损检测方法，若与 PSAR 阶段发生变化，需说明技术理由。

5.3.1.4 铁素体材料和奥氏体不锈钢的特殊控制

本节应描述用于反应堆压力容器的低合金钢和奥氏体不锈钢的制造及安装过程的控制措施，包括焊接、成分、热处理、打磨工艺等。如 5.2.3.3 和 5.2.3.4 节已包括相关内容，可直接引用，对于上述小节未包括的内容，应在本节说明。

5.3.1.5 断裂韧性

本节应描述反应堆压力容器所用材料的断裂韧性试验、分析要求及验收标准。应提供反应堆压力容器各区域或各部件的最大初始无塑性转变温度(未经辐照的初始 RT_{NDT})的设计值和试验验收值。FSAR 中，对于压力容器堆芯筒体母材及其相关焊缝，应提供实际试验获得的初始 RT_{NDT} 及上平台能量，还应预估整个寿期的增量 ΔRT_{NDT} 。

5.3.1.6 材料监督

本节应描述材料监督大纲的详细信息以确保辐照监督大纲满足适用标准的要求，还应描述反应堆压力容器堆芯区和辐照监督管快中子注量的计算方法。应说明以下六个方面：

- (1) 辐照监督管中试样材料的选择；
- (2) 每一个辐照监督管中试样的类型和数目；
- (3) 辐照监督管的数目及抽取计划；

(4) 反应堆压力容器内壁和辐照监督试样的快中子注量计算以及依据;

(5) 反应堆压力容器内壁材料预期产生的辐照效应评估依据和方法;

(6) 辐照监督管的位置、连接方法、及确保辐照监督管在整个反应堆压力容器的寿期内保留在既定位置采取的措施。

5.3.1.7 反应堆压力容器紧固件

本节应描述反应堆压力容器顶盖主螺栓、螺母和反应堆压力容器其他紧固件的材料和设计要求,包括设计评估内容、依据或参考的相关标准规范等。本节应对材料性能要求、无损检测技术、润滑剂或表面处理和保护措施进行详细描述。

FSAR 阶段还应描述紧固件材料的实际机械性能和断裂韧性与设计要求的符合性。

5.3.2 压力-温度限值、承压热冲击、夏比冲击上平台能量

本节应描述 RCPB 在正常运行(包括预计运行事件(A00)、水压试验)工况下设置的压力和温度运行限值的依据,还应描述如何确保在电厂整个寿期内断裂韧性都能满足适用标准规范的规定。

5.3.2.1 限值曲线

本节应描述下列工况下的压力-温度限值曲线的制定依据和方法,在 FSAR 中,还应提供具体的温度-压力限值曲线:

- (1) 运行前(役前)系统水压试验;
- (2) 在役泄漏试验和水压试验;
- (3) 升温和降温;

(4) 反应堆正常运行 (core critical operation)。

本节还应描述在役期间，辐照效应等劣化因素对这些限值曲线修正的考虑，并承诺电厂编制的运行程序，能够保证 5.3.2.1 节中的压力-温度限值在任何正常运行工况（包括预期运行事件、系统水压试验）下不会被超过。

5.3.2.3 承压热冲击（仅适用于压水堆）

本节应描述对承压热冲击 (PTS) 是如何考虑的。应描述分析依据和方法，FSAR 阶段还应描述分析主要过程及结果。

5.3.2.4 上平台能量

本节应描述反应堆压力容器铁素体材料的上平台能量初始限值。如果相关法规标准对寿期末的上平台能量有限值要求，则还应描述寿期末的上平台能量要求值。FSAR 阶段还应提供上平台能量的初始值的实测结果及寿期末的上平台能量预测结果。

5.3.3 反应堆压力容器完整性

本节应描述为保证反应堆压力容器完整性所考虑的主要问题以及与压力容器完整性相关的各要素，包括设计、材料、制造、检验、安装、运行工况、在役监督等方面，这些方面的具体要求在下述 5.3.3.X 小节中描述。

5.3.3.1 设计

本节应描述反应堆压力容器设计，包括以下内容：

- (1) 主要结构；
- (2) 设计基准和设计特点；
- (3) 主要设计参数，以表格形式给出；

- (4) 适用的设计和制造规范；
- (5) 设计评估的内容、评估方法和可接受准则；

FSAR 还应描述设计评估的主要结论。如果 FSAR 相比 PSAR 在设计上存在变化，应描述变化的原因和影响。

5.3.3.2 结构材料

应描述反应堆压力容器使用的结构材料（包括焊接材料）及所有的特殊要求，并说明材料选择的理由和适当性。如果本节要求的内容已在 FSAR 其他节进行了描述，可引至其他节，不在本节重复描述。

5.3.3.3 制造

本节应描述反应堆压力容器的制造工艺及其评定和控制要求。如果本节要求的内容已在 FSAR 其他节进行了描述，可引至其他节，不在本节重复描述。

5.3.3.4 检验

本节应描述反应堆压力容器制造期间的检验要求。如果本节要求的内容已在 FSAR 其他节进行了描述，可引至其他节，不在本节重复描述。

5.3.3.5 运输和安装

本节应概述在运输、贮存、安装期间使压力容器保持完整性所采用的保护措施。FSAR 还应描述运输、贮存、安装期间保持压力容器完整性各项措施的落实情况 and 防护效果。

5.3.3.6 运行工况（运行条件）

本节应描述压力容器的运行限值，以及承压热冲击和假想的最严重瞬态下如何保证压力容器完整性，包括分析方法和验收准则等。

5.3.3.7 在役监督

本节应描述反应堆压力容器材料监督和检查的要求。材料监督可适当引用其他节，如 5.3.1.6 节。在役检查方面，应描述设计和制造过程在 RPV 在役检查可达性方面采取的措施及在役检查总体要求，在役检查部位和检查方法等具体要求可在在役检查大纲进行描述。

5.3.4 反应堆压力容器保温层（当保温层结构用于严重事故时）

本节应对用于严重事故的反应堆压力容器保温层进行描述，包括设计基准、设计评估、结构特点。

5.4 反应堆冷却剂系统部件和子系统的设计

5.4.1 反应堆冷却剂泵

应描述反应堆冷却剂泵（RCP）设计基准、设计描述、评价、试验和检查方面的要求，还应描述保持飞轮完整性的各项措施，以及防止泵转子超速所采取的措施。

5.4.1.1 设计基准

应描述反应堆冷却剂泵的设计基准，并提供主泵的主要设计参数表。

设计基准至少应描述以下内容：主要功能、安全和抗震级别、设计制造标准、各工况下运行要求或准则，并应从压力边界完整性、惰转功能，飞轮完整性等方面进行描述主泵的安全功能。

5.4.1.2 部件说明

根据主泵类型和设计，描述主泵及其主要部件的设计特点、结构和主泵的运行监测措施。应明确构成反应堆冷却剂压力边界的主泵部件以及其他对执行安全功能有影响的部件，并以列表形式给出主泵安全相关部件的安全等级、适用的设计制造规范、规范等级、材料（如 5.2.3 节已给出，则不必重复列出）。

应提供主泵总体结构示意图，以及主要部件（如飞轮、轴封系统等）的结构示意图或系统流程图，图中需标识出部件名称。

应描述主泵飞轮结构，及飞轮各部件间或飞轮与轴之间连接形式。对于轴封型主泵，应描述轴封系统的设计特点。

应明确所使用主泵是否为原型泵，若不是原型泵，应描述与原型泵的主要差异，特别是安全相关部件的差异。

5.4.1.3 设计评估

本节应描述主泵设计评估的内容、评估方法、评估要求，FSAR 还应给出评估结论，应包括以下内容：

- (1) 泵性能（包括汽蚀）
- (2) 泵压力边界完整性（包括轴密封泄漏）；
- (3) 惰转能力；
- (4) 飞射物；
- (5) 泵超速；
- (6) 卡转子；

主泵飞轮完整性的设计评估在 5.4.1.5 中描述。

5.4.1.4 试验和检验

本节应描述反应堆冷却剂泵制造、调试、运行期间与安全相关的试验项目，以及安全相关部件制造和在役期间的检验依据的标准和管理要求。FSAR 还应根据实际情况说明制造期间各项试验或检验的结论，并说明与 PSAR 承诺及要求的符合性和偏离情况。

5.4.1.5 飞轮

本节应描述保证飞轮完整性的各项措施，包括材料选择、断裂韧性、设计、制造、检验和超速试验方面。

申请者应说明飞轮的材料选择、材料标准、断裂韧性要求、设计分析的内容和要求、设计依据的法规或标准、制造、检验、超速试验要求、役前检查和在役检查要求。

FSAR 本节中，申请者还应描述飞轮设计和制造结论，并说明这些结果与 PSAR 要求的符合性和偏离情况。

5.4.2 蒸汽发生器

此节应描述蒸汽发生器的设计基准、设计描述、设计评价、蒸汽发生器材料、蒸汽发生器传热管完整性、试验和检查等。

5.4.2.1 设计基准

本节应描述蒸汽发生器基本安全功能、设计依据的标准和规范，设计基本要求，并以列表形式给出蒸汽发生器主要设计参数。

设计基本要求应包括防止流致振动和腐蚀导致传热管发生不可接受损坏的蒸汽发生器设计准则，二次侧放射性水平的设计限值。其中传热管的设计准则应包括：

(1) 蒸汽发生器传热管设计规定的设计工况和瞬态以及为确定许用应力强度限值所选定的运行工况(例如异常、应急或事故)和瞬态；

(2) 允许的传热管最小壁厚, 该壁厚不会导致管壁应力超过假想条件下反应堆冷却剂压力边界管道破裂或二回路管道破裂的许用应力强度限值。

本节还应对蒸汽发生器的型号及其设计原型进行说明。

FSAR 阶段还应对基本安全功能、设计参数的(预期)实现情况、设计依据、设计基本要求的遵守或符合情况进行说明。

5.4.2.2 设计描述

本节描述蒸汽发生器的设计特点、主要结构及其功能, 对承担基本安全功能的结构和部件应进行详细说明。

FSAR 阶段还应对承担基本安全功能的结构实现情况进行说明。

5.4.2.3 设计评价

本节应描述蒸汽发生器如下方面的设计评价内容, 包括设计评价方法、评价依据、验收准则和评价结论。

- (1) 蒸汽发生器的强制对流;
- (2) 蒸汽发生器自然循环流动;
- (3) 传热管正常工况下机械和流致振动;
- (4) 传热管壁厚减薄及其对各工况下完整性的影响;
- (5) 一回路压力边界(包括传热管)力学分析(可指向涉及该内容的其它章节);
- (6) 运行期间蒸汽发生器二次侧放射性水平限值评价(包括评价依据和传热管破裂的潜在影响)。

FSAR 阶段还应给出设计评价结果。

5.4.2.4 蒸汽发生器材料

本节应描述蒸汽发生器的结构材料的如下方面。

(1) 蒸汽发生器的材料选择、加工、试验和检验(制造或加工期间): 可适当参考 5.2.3 节, 申请者应提供蒸汽发生器部件材料的选择和制造信息, 包括传热管、管板、水室封头铸件或板材、管板和水室封头的堆焊层、锻制管嘴、壳侧承压板、通道板(人孔和手孔)、传热管支撑、给水环、螺栓及螺纹紧固件。还应描述制造和装配过程中的焊接评定、制造和检查。

(2) 限制蒸汽发生器劣化和/或腐蚀敏感度的设计规定: 应提供可能影响蒸汽发生器材料性能的信息, 包括传热管与管板、传热管与支撑处避免过大缝隙的方法, 还应描述蒸汽发生器材料的腐蚀裕量。应明确将传热管固定在管板上的方法, 包括胀管的程度和使用的胀管方法。应描述蒸汽发生器传热管材料的热处理和支撑结构设计情况。

(3) 应用在蒸汽发生器的铁素体材料的断裂韧性: 应提供关于铁素体材料断裂韧性的信息, 可适当参考 5.2.3 节。

(4) 奥氏体不锈钢材料(如应用于压力边界) 的制造和加工: 可参考 5.2.3.4 节。

(5) 一回路和二回路的材料的相容性: 应描述蒸汽发生器传热管与一回路和二回路冷却剂的相容性, 还应描述一、二回路水化学监测和维持在规定范围内的方法。

(6) 对蒸汽发生器二次侧维护和清洗的可达性规定: 应描述清除蒸汽发生器二次侧表面沉积物、淤渣、松动部件(外来物)及过多的腐蚀产物的设计。

FSAR 阶段还应对上述 6 方面涉及的设计要求的实现情况进行说明。

5.4.2.5 蒸汽发生器传热管完整性

此节应描述蒸汽发生器一次侧和二次侧的设计中允许执行蒸汽发生器传热管完整性大纲的规定。应描述蒸汽发生器传热管完整性大纲的要素，涉及到以下三个方面：

(1) 应描述允许人员或工具进入蒸汽发生器一次侧和二次侧的设计规定：应描述运用现有的方法和技术(在传热管使用寿命期间能够发现影响传热管的退化形式)对每根传热管作定期检查、试验和修理时(包括堵管和稳定化处理)的可达程度。应描述检查和清除蒸汽发生器中松动部件(外来物)以及限制松动部件进入蒸汽发生器的设计规定。

(2) 应描述蒸汽发生器传热管役前和在役检查的管理文件。应给出确定传热管维修准则的方法、维修准则和维修手段。

FSAR 阶段还应对上述两个方面涉及的设计要求的实现情况进行说明。

5.4.2.6 试验和检查

此节应描述蒸汽发生器压力边界部件在制造阶段的检查和试验的要求。

FSAR 还应对检查和试验结果进行总体性描述。

5.4.3 反应堆冷却剂管道

此节应给出反应堆冷却剂管道的全面描述，包括设计准则、设

计描述、设计评估、试验和检查的详细信息，可适当参考第 3 章和 5.2.3 节。论述应包括设计、制造和运行阶段对造成应力腐蚀裂纹的因素进行控制的描述。

5.4.3.1 设计基准

本节应描述反应堆冷却剂管道设计依据的标准和规范，设计基本要求。

反应堆冷却剂管道设计所依据的标准规范和材料要求可参见 5.2 节。反应堆冷却剂管道的材料及力学性能要求可参考 5.2.3 节，在役检查可参考 5.2.4 节。

5.4.3.2 设计描述

本节应描述反应堆冷却剂管道的边界范围，管道布置。

应描述反应堆冷却剂管道和连接件所使用的材料和制造（焊接）工艺。应提供反应堆冷却剂管道的主要设计参数。

5.4.3.3 设计评估

本节应描述对承受正常运行载荷、地震载荷、排放载荷及这些载荷的组合载荷的管道的载荷和应力评价，可参考 3.9 节。

设计评估包括：

（1）材料腐蚀/磨蚀评价

本节应描述减少反应堆冷却剂管道腐蚀和侵蚀的措施。论述应包括对造成应力腐蚀裂纹的那些因素进行控制的设计、制造和运行措施。

（2）敏化不锈钢

敏化不锈钢可参见 5.2.3 节论述。

(3) 杂质控制

不锈钢应禁止被铜、低熔点合金、汞和铅等杂质污染。保温层安装前应对所有奥氏体不锈钢表面进行清洗。

FSAR 本节还应包括设计评估结论。

5.4.3.4 试验和检查

本节应描述反应堆冷却剂管道在制造、安装、调试和运行期间的检查和试验方法以及验收标准。

5.4.4 主蒸汽管线限流器

此节应给出主蒸汽管线限流器的全面描述，包括设计基准、设计描述、设计评估、试验和检查的相关信息。

5.4.4.1 设计基准

本节应描述主蒸汽管线限流器的设计基准工况和安全功能；应描述限流器的安全分级、抗震分级、设计制造规范；应描述限流器的设计基准载荷、载荷组合以及验收准则。

5.4.4.2 设计描述

本节应描述主蒸汽管线限流器的结构形式和材质；提供限流器的结构示意图。

5.4.4.3 设计评估

本节应描述关于限流器压降、流量限制、结构完整性等设计评估方面的主要内容和结论。

5.4.4.4 检查

本节应简要描述限流器制造阶段的无损检查要求，包括限流器与出口接管连接焊缝的检查要求。

5.4.5 稳压器

此节应给出稳压器的全面描述，包括设计基准、设计描述、设计评估、试验和检查的相关信息。

5.4.5.1 设计基准

本节应描述稳压器的设计基准工况和安全功能，包括水容积和蒸汽容积的设计要求；应描述稳压器的安全分级、抗震分级、设计制造规范；应描述稳压器的设计基准载荷、载荷组合以及验收准则。

5.4.5.2 设计描述

本节应描述稳压器的主要零部件及其材质；提供稳压器总体结构示意图；描述稳压器的主要设计参数（至少包括内部容积、电加热器参数、喷淋流量）。

5.4.5.3 设计评估

本节应描述稳压器关于系统压力控制、水位控制、压力整定值、喷淋、结构完整性等设计评估方面的主要内容和结论。

5.4.5.4 试验和检查

本节应简要描述稳压器相关的调试试验和在役试验，具体试验相关内容可以引到其他章节或大纲文件。

本节应简要描述稳压器制造阶段的无损检查要求、以及投运后在役检查要求，具体检查要求可以引到其他章节或大纲文件。

5.4.6 阀门²

此节应给出反应堆冷却剂压力边界内阀门的全面描述，包括设计基准、设计描述、设计评估、试验和检查的相关信息。

注 2：RG1.206 的 5.4.6 节是关于 BWR 的，不适用于我国，因此把“阀门”调到了 5.4.6 节

5.4.6.1 设计基准

本节应提供反应堆冷却剂压力边界内所有阀门清单，并描述各阀门的设计基准工况和安全功能；应描述设计要求包括安全级别、抗震分级、设计制造规范等；应描述各类阀门的鉴定要求；应描述各类阀门的设计基准载荷、载荷组合以及验收准则。建议用表格列出相关信息，如下。

阀门编号	阀门类型	安全级别/ 抗震类别	设计基准 工况和安全 功能	鉴定要求	设计基准 载荷及验收 准则	设计制造 规范

5.4.6.2 设计描述

本节应描述反应堆冷却剂压力边界内所有阀门的阀门清单，描述各阀门类型、阀门结构形式和材质；提供各类典型阀门的结构示意图；描述各类阀门的安全相关性能参数（例如设计温度、设计压力、安全阀的压力整定值、电动阀的行程时间、止回阀的密封性能等）。建议用表格列出性能参数相关信息，如下。

阀门类型	安全相关性能参数

5.4.6.3 设计评估

本节应描述各类阀门的鉴定试验和结构完整性等设计评估方面的主要内容和结论，鉴定相关具体内容可引到其他章节。

5.4.6.4 试验和检查

本节应简要描述各类阀门相关的调试试验和在役试验的要求，具体试验相关内容可以引到其他章节或大纲文件。

本节应简要描述各类阀门制造阶段的无损检查要求、以及投运后在役检查要求，具体检查要求可以引到其他章节或大纲文件。

5.4.7 余热排出系统

5.4.7.1 设计基准

申请者应提供余热排出（RHR）系统设计基准的描述，包括但不限于以下方面：

- （1）列出余热排出系统执行的功能，包括安全功能和运行功能。
- （2）说明系统能力的设计基准，包括衰变热和其它余热的确定，降低反应堆冷却剂温度至冷停堆和允许换料温度所需要的时间等。并应分别就整个RHR系统可运行和在RHR系统发生极限单一故障的情况，给出设计基准时间。
- （3）应介绍RHR系统与RCS隔离的设计基准。描述应包括隔离设计基准，包括联锁装置，以及防止隔离阀关闭引起RHR泵损坏的设计基准。
- （4）应介绍RHR系统防止界面LOCA的设计基准。
- （5）应介绍RHR系统卸压容量的设计基准。具体应包括电站启动和冷却阶段，在RHR系统未与RCS隔离时可能发生的极限瞬态、设备故障，以及操纵员潜在误操作的设计基准和考虑。

(6) 应介绍可靠性和可运行性要求的设计基准。

(7) 应介绍RHR系统停堆、半管运行³的设计基准。

(8) 如果适用，应介绍RHR系统释放阀执行低温超压功能的设计基准。

(9) 一些先进的压水堆设计中采用非安全重要的能动余热排出系统用于电厂正常运行，并为执行安全功能的非能动系统提供纵深防御（即能动系统作为第一道防线减少电厂瞬态或扰动工况对非能动系统的挑战），此种设计应说明提高非安全重要的能动余热排出系统可用性和可靠性方面的内容。

注3：半管运行是指压水堆核电站反应堆换料停堆和设备维修期间，主回路疏水至主管道中心位置附近的一种运行工况，也称为半充水运行工况。

5.4.7.2 设计描述

申请者应提供 RHR 系统设计的以下七个方面内容：

(1) 应提供 RHR 系统的描述，包括管道和仪表流程简图，含所有部件、管道、系统与子系统接口，以及重要的仪控信息。

(2) 应提供重要设备和部件描述，包括但不限于泵、换热器、隔离阀、安全阀等。应明确每个重要部件的重要设计参数（如设计压力和温度）并说明选择这些参数的确定基准。提供泵的特性曲线和功率要求，包括 RHR 泵可用和所需净正吸入压头。应描述热交换器的特性，包括设计流量、冷却流和被冷却流的进口和出口温度、总传热系数和传热面积。应说明 RHR 系统与其它机组或其它系统共用的部件。

(3) 应说明系统在各种可能的模式下的运行或状态，包括但不限

于机组启堆、功率运行、正常停堆时的余热排出模式、换料冷停堆等。

(4) 应在本节详细说明 RHR 系统执行低温超压保护功能的设计, 包括安全阀在系统中的位置, 容量和整定值及其确定的依据, 安全阀排出的流体的收集方法等。

(5) 应描述关于 RHR 系统的控制信息, 包括对误启动的考虑。说明应包括这些阀的控制和联锁信息 (特别是 RCS 压力超过 RHR 系统的设计压力时)、阀位显示、以及阀门联锁与报警考虑。

(6) 应分别介绍假定所有部件都可运转以及假定 RHR 系统最极限单一失效两种情况下, 为使 RHR 系统正常运行, 操纵员必须执行的全部手动操纵以及必须在控制室外执行的操纵。

(7) 应提供本系统的失效模式与故障分析。

5.4.7.3 性能评价

应提供 RHR 系统与与设计基准一致的速率冷却反应堆冷却剂的能力评价。应介绍所用分析方法并清晰说明所有的假定条件。应提供以下两种工况下反应堆冷却剂温度随时间变化曲线:

- (1) RHR 系统所有部件均可运行;
- (2) RHR 系统中已发生最极限单一失效。

5.4.7.4 设计制造规范和安全分级

申请者应明确系统设计适用的设计制造规范和安全分级。

5.4.7.5 内、外部灾害考虑

申请者应介绍为保护系统/装置免受内、外部灾害的影响相关的设计考虑。包括系统/装置对水淹、火灾、管道甩击、内部飞射物、

失水事故荷载等内部事件的设计考虑，以及地震等外部事件的设计考虑。

5.4.7.6 可靠性

申请者应介绍系统可靠性的考虑。包括为保证系统需要时能够运行并提供所需流量而在设计中采取的措施，单一故障和共因失效的考虑，以及重要阀门的鉴定、防止误动作的设计、系统动力源的可靠性等。

5.4.7.7 仪表

本节应描述相关系统内重要的仪表，特别是用于系统状态监测、系统动作以及报警的仪表。

5.4.7.8 试验和检查

本节应明确执行的以下试验和检查：(1)运行前验证功能性能的试验和检查；(2)确保持续的可靠性的定期试验和检查。

5.4.8 部件支承件

此节应给出反应堆冷却剂压力边界内各部件支承件的全面描述，包括设计基准、设计描述、设计评估、试验和检查的相关信息。

5.4.8.1 设计基准

本节应描述反应堆冷却剂压力边界内各部件支承件的设计基准工况和安全功能；应描述设计要求包括安全级别、抗震分级、设计制造规范等；应描述各部件支承件的设计基准载荷、载荷组合以及验收准则。

5.4.8.2 设计描述

本节应描述反应堆冷却剂压力边界内所有部件支承件的各种类型、结构形式和材质；提供各类支承件的结构示意图；描述各类支承件的安全相关设计参数（例如阻尼器额定载荷、行程、低速位移阻力、闭锁速度等）。

5.4.8.3 设计评估

本节应描述各类支承件结构完整性、阻尼器鉴定试验等设计评估方面的主要内容和结论，鉴定相关具体内容可引到其他章节。

5.4.8.4 试验和检查

本节应简要描述阻尼器的在役试验，具体试验相关内容可以引到其他章节或大纲文件。

本节应简要描述各类支承件制造阶段的无损检查要求、以及投运后在役检查要求，具体检查要求可以引到其他章节或大纲文件。

5.4.9 反应堆冷却剂系统卸压装置

本节反应堆冷却剂卸压装置的范围应包括功率运行状态下执行超压保护功能的安全阀以及反应堆冷却剂系统水实体状态时执行低温超压保护功能的安全阀及相应的管线（本节可引用 5.2.2 节或 5.4.7 节的相关描述）。

5.4.9.1 设计基准

本节应描述反应堆冷却剂系统卸压装置及其设计基准。包括：

（1）系统或装置执行的功能、装置容量确定依据；

（2）应说明反应堆冷却剂系统卸压装置作为反应堆冷却剂压力边界的设计基准。

5.4.9.2 设计描述

本节应说明反应堆冷却剂系统卸压装置的如下内容：

- (1) 阀门数量、释放量、整定值、整定值不确定性、回座（或关闭）压力定值、开启时间等设计信息；
- (2) 设计参数（如压力、温度）和操作周期的数量、类型以及环境条件（如温度和压力）。
- (3) 阀门的类型及其工作原理；
- (4) 与一回路的接口、位置等布置信息；
- (5) 监测泄漏和可靠隔离相关的设计；
- (6) 在控制室的指示和报警信息。

5.4.9.3 性能评价

本节应说明反应堆冷却剂系统卸压装置能够执行其功能的设计评估内容和结论。（可引用 5.2.2 节相关内容）

5.4.9.4 设计制造规范和安全分级

申请者应明确反应堆冷却剂系统卸压装置设计制造适用的工业规范和安全分级。

5.4.9.5 内、外部灾害考虑

申请者应介绍为保护系统/装置免受内、外部灾害的影响相关的设计考虑。包括系统/装置对水淹、火灾、管道甩击、内部飞射物、失水事故荷载等内部事件的设计考虑，以及地震等外部事件的设计考虑。

5.4.9.6 可靠性

本节应描述系统的可靠性方面的设计特点，包括安全分级、设计对“单一故障”的考虑、重要阀门的鉴定、防止误动作的设计、系统动力源的可靠性等。

5.4.9.7 仪表

本节应描述相关系统内重要的仪表，特别是用于系统状态监测、系统动作以及报警的仪表。

5.4.9.8 试验和检查

本节应明确执行的以下试验和检查：(1)运行前验证功能性能的试验和检查；(2)确保持续的可靠性的定期试验和检查。

5.4.10 堆腔注入冷却系统（如适用）

5.4.10.1 设计基准

申请者应描述堆腔注水系统的设计基准。应至少包括以下信息：

- (1) 堆腔注水系统执行的功能；
- (2) 堆腔注水系统投入运行的操作和准则；
- (3) 该系统安全分级、抗震分类以及应对内外部灾害的考虑；
- (4) 说明对能动设备供电的考虑。

可引用安全分析报告第 19 章的描述。

5.4.10.2 系统描述

申请者应提供系统的描述，如系统由能动和非能动部分组成，应分开描述如下。

针对系统能动部分，应提供系统流程图说明管道、阀门和泵的设置和相应的布置，应说明系统水源。

针对系统非能动部分，应提供系统流程图说明管道、阀门和水箱的设置和相应的布置。应说明防止由于水箱泄漏导致水淹影响的措施。

应对系统的流道和排放结构进行描述。

应描述系统在机组正常运行、瞬态和事故等各工况下的启动和运行。并说明防止系统误启动和安全壳隔离的措施。申请者还应说明为保证该系统的可用性而采取的定期试验和检查措施。

5.4.10.3 性能评价

申请者应说明系统能动部分泵的流量，并提供该流量满足系统功能要求的描述。申请者应说明系统非能动部分的水箱贮水容量和提供非能动注水的流量曲线，以证明系统设计能够满足一定时间内的压力容器冷却的需求。

5.4.10.4 仪表

申请者应描述堆腔注水冷却系统的仪表和控制。

5.4.10.5 试验和检查

本节应明确执行的以下试验和检查：(1)运行前验证功能性能的试验和检查；(2)确保持续的可靠性的定期试验和检查。

5.4.11 稳压器卸压排放

典型的压水堆核电厂主回路包括一个用来冷凝和冷却从反应堆冷却剂系统卸压装置排出的流体的稳压器卸压箱（一个容器）。安

全壳内的小卸压阀排出的流体也可以经管路排入卸压箱中。卸压箱的容量根据在特定的负荷阶跃下降过程中吸收稳压器的排放量的要求确定。并非所有压水堆均设置稳压器卸压箱，但是所有压水堆的稳压器预计在正常运行、预计运行事件（A00）或事故过程中都将会有一个或多个排放源。这些排放源必须从稳压器排放到适当的位置。

申请者应当在本节前言中对稳压器卸压排放进行总体性描述。

5.4.11.1 设计基准

申请者应描述稳压器卸压排放的设计基准，描述应包括任何正常运行工况或预期运行事件下最大的阶跃负荷，和所有工况下稳压器卸压排放必须容纳的相应蒸汽量，以及卸压排放装置内水的容积必须容纳的最大输热量。应考虑以下两种：

- （1）卸压阀的排放；
- （2）卸压阀和安全阀共同排放。

5.4.11.2 系统描述

申请者应提供系统的描述，如适用，描述应包括：

- （1）卸压阀或安全阀的排放管线；
- （2）卸压箱、卸压箱喷雾系统和相关管线、供氮管线等；
- （3）如直接排放到安全壳内或安全壳内置换料水箱，应对排放装置进行描述；
- （4）应提供管道和仪表流程图纸。

5.4.11.3 性能评价

申请者应阐明该系统的设计，对包括卸压箱能应对的最大热负荷，并说明卸压箱设计压力和设计温度是足够的。申请者应确定卸

压箱爆破盘和卸压阀的排量，表明其卸压排量至少与稳压器卸压阀和安全阀的总排量相等。

5.4.11.4 安全评价

如适用，申请者应说明系统/装置安全评价的下列内容：

(1) 应说明地震等自然灾害导致的稳压器卸压排放相关系统故障不会妨碍安全重要的物项执行其预期安全功能；

(2) 应说明卸压排放或卸压箱的位置，应当确保爆破盘等飞射物不会对安全相关设备产生威胁；

(3) 应说明为了以防止在排放蒸汽被冷却后但又未补充氮气时卸压箱发生塌陷，卸压箱和爆破盘的设计能够真空的设计；

(4) 说明能在任何正常运行工况或预计运行事件下防止蒸汽或水释放到安全壳中的设计；

(5) 如直接排放到安全壳内，应评价对安全壳内压力、湿度等环境条件的影响，如排放到安全壳内置换料水箱，应评价排放对箱体本身以及水箱内流体的影响。

5.4.11.5 仪表

申请者应描述本系统/装置内用于测量和指示稳压器卸压箱压力、温度和液位等的仪表，以及在参数异常时向操作人员发送信号的仪表。

5.4.11.6 检查和试验要求

应描述该系统的有关检查和试验要求，包括预运行试验、定期试验的要求。

5.4.12 反应堆冷却剂系统高点排气

5.4.12.1 设计基准

申请者应给出 RCS 高点排气系统的概述，描述设计基准和准则。应说明与下述要求的符合性：

(1) 保证从反应堆冷却剂系统排出可能妨碍事故后长期冷却的不可凝气体，从而确保建立和维持足够的堆芯冷却；

(2) 高位排气系统重要物项的环境鉴定能够保证排气系统能在 LOCA 后的安全壳环境下实现设计功能；

(3) 高位排气系统作为反应堆冷却剂系统压力边界的一部分，其设计、建造和维护采用高的质量标准，为维持反应堆冷却剂压力边界完整性提供保证；

(4) 由于高位排气系统的失效不会导致反应堆冷却剂不可接受的泄漏或引起应急堆芯冷却系统不必要的动作（即排气系统的尺寸应小于定义的 LOCA 尺寸），如采用较大尺寸，应说明合适的理由；

(5) 高位排气系统应急电源的供应；

(6) 高位排气系统的排气阀、动力源供应或控制系统的单一故障不会引起其预定安全功能的丧失；

(7) 事故工况下能够在主控室远程操作使电厂维持在安全状态；

(8) 高位排气系统作为反应堆冷却剂压力边界的一部分，设计成允许进行相应的定期检查和试验。

5.4.12.2 设计描述

申请者应提供包含所有部件、管道和仪控的系统流程图，并提供高位排气系统的描述，包括位置、尺寸、排量、功能和排放面积

以及系统气体排放的位置。

申请者应说明排气系统相关参数在主控室的显示，并说明该系统的控制和电源设计。

申请者还应说明操纵员启动和终止系统运行的可用信息。

5.4.12.3 性能评价

申请者应提供排气系统排出主冷却剂系统中不可凝气体并使误动作或者虚假动作可能性最小的能力评价。

申请者应说明排气系统的排气能力的评价。

评价应给出排气系统运行的操作程序描述，包括以下：

- 何时需排气的判断；
- 确定不可凝气体体积的方法；
- 何时终止排气操作的判断；
- 操纵员的动作及必要的仪表信息。

应给出高位排气系统的设计能够承受从 RCS 排放所产生的动态载荷的评价，可引用其他章节描述。

5.4.12.4 试验和检查

本节应明确执行的以下试验和检查：(1) 运行前验证功能性能的试验和检查；(2) 确保持续的可靠性的定期试验和检查。

5.4.13 堆芯补水箱（如适用）

此节应给出堆芯补水箱的全面描述，包括设计基准、设计描述、设计评估、试验和检查的相关信息。

5.4.13.1 设计基准

本节应描述堆芯补水箱的设计基准工况和安全功能，包括内部容积的设计要求；应描述堆芯补水箱的安全分级、抗震分级、设计制造规范；应描述堆芯补水箱的设计基准载荷、载荷组合以及验收准则。

5.4.13.2 设计描述

本节应描述堆芯补水箱的主要结构及其材质；提供堆芯补水箱总体结构示意图；描述堆芯补水箱的主要设计参数例如容积、硼浓度等。

5.4.13.3 设计评估

本节应描述堆芯补水箱关于结构完整性等设计评估方面的主要内容和结论。

5.4.13.4 试验和检查

本节应简要描述堆芯补水箱相关的调试试验和在役试验，具体试验相关内容可以引到其他章节或大纲文件。

本节应简要描述堆芯补水箱制造阶段的无损检查要求、以及投运后在役检查要求，具体检查要求可以引到其他章节或大纲文件。

5.4.14 非能动余热排出热交换器（如适用）

此节应给出非能动余热排出热交换器的全面描述，包括设计基准、设计描述、设计评估、试验和检查的相关信息。

5.4.14.1 设计基准

本节应描述非能动余热排出热交换器的设计基准工况和安全功能，包括排热能力的设计要求；应描述非能动余热排出热交换器的

安全分级、抗震分级、设计制造规范；应描述非能动余热排出热交换器的设计基准载荷、载荷组合以及验收准则。

5.4.14.2 设计描述

本节应描述非能动余热排出热交换器的主要零部件及其材质；提供非能动余热排出热交换器总体结构示意图；描述非能动余热排出热交换器的主要设计参数（包括传热管数量、设计流量、换热面积等）。

5.4.14.3 设计评估

本节应描述非能动余热排出热交换器关于结构完整性等设计评估方面的主要内容和结论。

5.4.14.4 试验和检查

本节应简要描述非能动余热排出热交换器相关的调试试验和在役试验，具体试验相关内容可以引到其他章节或大纲文件。

本节应简要描述非能动余热排出热交换器制造阶段的无损检查要求、以及投运后在役检查要求，具体检查要求可以引到其他章节或大纲文件。

5.4.15 严重事故专用卸压阀

5.4.15.1 设计基准

申请者应描述严重事故专用卸压阀的设计基准。至少应包括以下信息：

- (1) 严重事故专用卸压阀执行的功能；
- (2) 严重事故专用卸压阀的开启/关闭准则；

(3) 该系统安全分级、抗震分类以及应对内外部灾害的考虑；

(4) 说明对能动设备供电的考虑；

可引用安全分析报告第 19 章的描述。

5.4.15.2 系统描述

申请者应提供系统的描述，包括阀门和管道的设置、卸压阀类型、与一回路的连接以及卸压阀下游排放管线和排放位置的描述。应提供相应的系统流程图。

此外，还应说明严重事故专用卸压阀与一回路的隔离措施。

5.4.15.3 性能评价

申请者应阐明该系统工作时排放的介质参数以及环境条件，以及为证明严重事故专用卸压阀在正常运行和事故工况下的可靠性而进行的相关论证和/或试验。

申请者还应说明严重事故专用卸压阀的卸压能力，关于卸压能力的论证可引用第 19 章的相关描述。

5.4.15.4 仪表

申请者应描述严重事故专用卸压阀和相关管道的仪表和控制。

5.4.15.5 试验和检查

本节应明确执行的以下试验和检查：(1) 运行前验证功能性能的试验和检查；(2) 确保持续的可靠性的定期试验和检查。