

ICS 27.120.20

F 65

备案号: 54712-2016

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20370—2016

非能动压水堆核电厂核岛主要系统
布置准则

**Nuclear island general layout criteria for passive PWR
nuclear power plant major systems**

2016 - 02 - 05 发布

2016 - 07 - 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

非能动压水堆核电厂核岛主要系统布置准则 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体布置要求 2

5 通用布置要求 3

 5.1 泵 3

 5.2 热交换器 4

 5.3 贮槽（或箱） 4

 5.4 树脂床 4

 5.5 孔板 5

 5.6 放射性过滤器 5

 5.7 阀门 5

 5.8 管道 7

6 核岛主要系统布置要求 9

 6.1 反应堆冷却剂系统（RCS） 9

 6.2 非能动堆芯冷却系统（PXS） 12

 6.3 非能动安全壳冷却系统（PCS） 14

 6.4 化学和容积控制系统（CVS） 15

 6.5 蒸汽发生器系统（SGS） 15

 6.6 正常余热排出系统（RNS） 16

 6.7 乏燃料池冷却系统（SFS） 16

 6.8 安全壳氢气控制系统（VLS） 17

 6.9 一回路取样系统（PSS） 17

 6.10 放射性气体废物处理系统（WGS） 18

 6.11 放射性废液处理系统（WLS） 18

 6.12 放射性废水疏排系统（WRS） 18

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准参照了EJ/T 336—1988《压水堆核电厂核供汽系统布置准则》。

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。

本标准由上海核工程研究设计院负责起草。

本标准主要起草人：关岭松、马娟、徐刚、韩鹏、胡波、徐英虎、李逸、刘冰、王芳、吴辉平、蔡友强、戴兴国、詹敏明、李挺。

非能动压水堆核电厂核岛主要系统布置准则

1 范围

本标准规定了非能动压水堆核电厂核岛主要系统、设备和管道布置的总体技术要求。

本标准适用于非能动压水堆核电厂核岛主要系统的布置,其他压水堆核电厂相关系统的布置可参照使用。

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,仅所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。

EJ/T 335 压水堆核电厂假想管道破损事故防护准则

EJ/T 337 压水堆核电厂核供汽系统电加热保温设计准则

NB/T 20010.8 压水堆核电厂阀门 第8部分:安装和维修技术条件

NB/T 20190 核电厂生产厂房的噪声控制

NB/T 20191 压水堆核电厂结构设计中在役检查可达性准则

NB/T 20194 压水堆核电厂辐射屏蔽设计准则

NB/T 20258.1 压水堆核电厂模块设计要求 第1部分:机械模块

NB/T 20268 压水堆核电厂安全阀和卸压阀管系设计准则

NB/T 20273 压水堆核电厂放射性疏水和排气设计准则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

非能动安全系统 **passive safety system**

不依赖外来的触发和动力源(如泵、风机或柴油发电机)运行,而是依靠可靠的非能动设备和一次性动作的阀门,并用自然力(如冷却剂的蒸发冷凝、热辐射、自然循环和自然对流、重力疏水等)和贮能(如压缩气体的膨胀和蓄电池等)驱动的安全系统。

3.2

高能管道 **high energy piping**

最高运行温度超过 100℃或最高正常运行压力超过 2.0MPa(表压)的管道,且在上述温度或压力下运行时间大于系统运行时间的 2%。

3.3

实体分隔 physical isolation

由几何分隔（距离、方位等）、适当的屏障或二者结合形成的隔离。

3.4

共因故障 common cause failures

由特定的单一事件或起因导致若干装置或部件功能失效的故障。

3.5

冰塞 freeze plug

为了检修无法局部隔离的部件，利用液氮或干冰等对需要隔离的系统管道进行局部冷却，使该管段内的液体介质冻结成一段能承受高压的隔离措施。

3.6

自动卸压系统 automatic depressurization system (ADS)

作为反应堆冷却剂系统的一部分，与非能动堆芯冷却系统连接，由保护和安全监测系统控制实现自动触发，降低反应堆冷却剂系统的压力，以实现非能动堆芯冷却系统为堆芯提供长期冷却。

4 总体布置要求

非能动压水堆核电厂核岛系统的总体布置应满足以下要求：

- a) 布置设计应考虑到自然灾害的影响，如地震、洪水、狂风、龙卷风、海啸和极端气象条件等，确保在此影响下不丧失其执行安全功能的能力；
- b) 布置设计应考虑到潜在的外部人为事件对电厂所造成的危害，如有害气体的释放、气体爆炸、火灾、蓄意破坏、电磁辐射、飞机撞击、运输事故等，确保在此影响下不丧失其执行安全功能的能力；
- c) 布置设计应考虑到所有假定内部事件对电厂造成的影响，如发生火灾和爆炸、内部水淹、飞射物、管道甩击、喷射流冲击或现场其他设施中的流体释放等事件时，不丧失执行其安全功能的能力；
- d) 布置设计宜将安全和非安全系统分区布置，从而避免安全相关和非安全相关的设备相互产生不利影响；
- e) 对于冗余安全系统的布置设计，应对系统中相互冗余设备或部件进行实体分隔，从而确保该系统能执行其安全功能；
- f) 布置设计应考虑辐射分区，对于功能相近的系统宜集中布置，同时放射性设备或部件和非放射性设备或部件宜分开布置，并分别为清洁区域和污染区域提供独立的人员通道；
- g) 布置设计应考虑设备安装、维修和拆除的运输通道，通道的尺寸取决于通过的最大设备（最大可拆除部件）在初始安装后拆除和再安装所需要的最大空间，同时应为设备的调试、维修、放置、检查、试验和退役提供足够的空间，必要时，可以设置活动式屏蔽墙及吊具；
- h) 放射性设备房间宜设置迷宫式通道，相应管道应合理布置并满足屏蔽要求，确保人员放射性照射满足合理可行尽量低（ALARA）的原则；
- i) 布置设计应考虑为地面疏水和设备疏水设置地坑或者地漏，有安全相关设备房间的地漏应保证

不会在其他房间被水淹后，引起该房间的水淹；

- j) 布置有供氢管道或者可能产生氢气的房间，宜采取通风、监测等措施，避免氢气积累，防止氢爆；
- k) 与模块连接的管道布置应便于模块现场就位后的安装；
- l) 对于模块内的设备、管道、阀门的布置，应满足 NB/T 20258.1 规定的相关要求；
- m) 布置设计应考虑噪声对电厂运行人员的影响，具体要求按 NB/T 20190 的规定执行；
- n) 布置设计应充分考虑在役检查可达性和相应检验的可实施性，具体要求按 NB/T 20191 的规定执行。

5 通用布置要求

5.1 泵

5.1.1 安装位置

5.1.1.1 泵房的布置应当紧凑，并应充分考虑泵及电机的调试、运行、检查和维修空间，特别注意要为多级泵拉出转子提供足够的空间。

5.1.1.2 泵通常应安装在其入口水源以下足够低的位置，以满足泵的有效净正吸入压头要求。

5.1.2 入口/出口管道

5.1.2.1 泵的入口管道应尽可能短，以减少压头损失。泵入口处的管段宜为直管，其长度宜大于等于管道公称直径的五倍（包括安装临时滤网所需的短管段），如果不能满足此要求，则应尽量避免泵入口处的流体发生湍流。

5.1.2.2 泵入口管道应尽量采用弯曲半径大的弯头或弯管，且避免在入口管附近安装三通或支管。

5.1.2.3 入口管道的布置应向泵的方向下倾，异径管宜用偏心管，以避免产生气阱。

5.1.2.4 泵的出口管线上宜设置止回阀或隔离阀，避免产生倒流。

5.1.2.5 泵进出口管的支撑和连接方式应避免泵壳上所受的力超过泵允许的最大接管载荷，特别应注意出口管或入口管热膨胀引起的管道反作用力。

5.1.3 临时过滤器

5.1.3.1 安全级辅助泵，调试运行时其入口应装设临时过滤器；其他辅助泵入口宜装设临时过滤器。

5.1.3.2 临时滤网宜采用锥形滤网，必要时也可使用“三通”型、“Y”型或其他型式滤网。滤网使用应满足下列要求：

- a) 滤网开孔总面积不应小于管道流通截面的三倍；
- b) 滤网宜用 0.25mm 直径的金属丝（或其他相当的材料）织成的 40 目丝网、背衬多孔板或强度较高的网；
- c) 滤网应由不锈钢材料制造；
- d) 临时过滤器应该标识，从而可以明显得知其是否已经安装；
- e) 滤网的上游和下游的压力表应监测滤网的压降，以确保足够的有效净正吸入压头；
- f) 管道布置应考虑方便临时滤网的拆除；
- g) 模块内设置的泵临时过滤器应与模块一起运输到现场就位安装。厂房和模块布置应考虑提供通道方便拆除过滤器。

5.1.4 水淹和喷射流的防护

安全级的泵，应考虑水淹和喷射流的防护，其布置方式应满足下列要求：

- a) 任一台泵或与之相连的管道和阀门损坏时，不会导致其他相同功能的泵失效；
- b) 泵房内管道破裂时，泵的电机不应被水淹没。防止水淹的办法是：提高泵的基座、安装有足够排水容量的地面疏排水设施（依靠重力或多重的地坑泵）和（或）将这些泵分别布置在独立的房间内；
- c) 管道的布置应能防止其破裂时射出的水流直接喷到泵的电机、传动机构、润滑油系统中未加保护的部分，或漏进设备的敏感部位。

5.1.5 其他要求

5.1.5.1 为保护泵，系统设计应考虑（尤其是离心泵）所有运行工况的流量不低于泵最小流量值。如果需要设置小流量回流管线，这些管线的尺寸应确保在旁路持续运行时不会导致泵性能降级，且应满足定期试验要求以验证泵的流量。小流量管线上禁止使用阻塞阀。

5.1.5.2 泵及电机周围应通风良好，特别是空冷电机。泵电机冷却风机出风口不能直接对着电气设备。泵及电机周围的区域应保证足够的空间用于常规操作、监视和检查。

5.1.5.3 若泵需设置就地电气开关，则应尽可能安装在泵的附近，使运行人员在就地启动过程中能观察到泵和相关仪表。如果泵布置在屏蔽房间内，则电气开关应装在泵房外。

5.1.5.4 应为泵的维修提供足够的空间，并提供维修吊装所用的设备工具（如单轨吊、吊钩等）。泵的周围应提供足够的空间，以确保空冷电机的拆装。电机冷却扇的拆卸方向不应正对电气设备。

5.1.5.5 对于立式泵，应考虑设置平台或其他措施以便机组检修及维护。

5.2 热交换器

5.2.1 应为热交换器的维修（例如拉出管束或壳体）留有足够空间，可按需设置永久的维修吊装工具（单轨吊、吊钩等）。

5.2.2 应确保热交换器壳侧进、出口管道的正确连接，以避免壳侧挡板或传热管损坏。

5.2.3 进、出口管的布置应避免形成不利的流动状态（例如高流阻管件、突然收缩或扩大）。

5.2.4 管道的支承件应合理布置，以减少管道对热交换器所施加的载荷（例如升温 and 振动时）。

5.2.5 如果立式热交换器需要安装特殊的抗震支耳，则应在现场安装与支耳匹配的支承结构。

5.2.6 放射性高的热交换器应布置在屏蔽房间内，与热交换器进出管道上相连的阀门应布置在屏蔽房间外，以便于维修。

5.3 贮槽（或箱）

5.3.1 一般贮槽

5.3.1.1 卧式或平底贮槽安装，一般应使其向贮槽排水口方向倾斜，坡度宜为 1/100。

5.3.1.2 人孔盖附近应留有足够的空间，以便于维修。同时，应为贮槽上某些部件（例如安全阀和爆破盘）的安装和维修留有足够的空间。

5.3.1.3 化学试剂添加箱的布置应能使箱内溶液依靠重力流入有关设备。有毒化学试剂添加箱的布置，应确保安全进料，减少溅泼的可能性。

5.3.1.4 常压贮槽排气管的管径设置应合理，防止贮槽在最大充排流量时因超压或过度抽空而损坏。

5.3.1.5 贮槽的排气管应防止流道面积减少或因冷凝液冻结而引起的堵塞。

5.3.1.6 位于安全壳外的放射性液体贮槽的溢流应加以收集，并排向放射性疏水地漏。

5.4 树脂床

- 5.4.1 树脂床应集中布置。
- 5.4.2 树脂床层面的标高宜高于废树脂暂存箱，且应低于树脂添加箱，以便于树脂的充排。
- 5.4.3 树脂床内常积聚大量放射性核素，宜单独布置在分隔的屏蔽房间内。
- 5.4.4 树脂输送管道应满足下列要求：
 - a) 避免形成树脂阱；
 - b) 管道及管道部件的连接应采用对接焊，以便减少放射性核素累积和泄漏；
 - c) 管道布置应采用弯管，弯曲半径不宜小于 5 倍管道公称直径；
 - d) 管道敷设宜有坡度，并尽可能短；
 - e) 放射性废树脂输送管道不应通过人员经常活动区域（如走道等），否则应予以屏蔽。
- 5.4.5 阀门的操作部件应布置在树脂床屏蔽房间之外，便于操作和维修。
- 5.4.6 除必要的工艺管道外，其他管道不应进入或穿过树脂床房间。
- 5.4.7 贯穿树脂床屏蔽墙的管道不应朝向操作区。

5.5 孔板

- 5.5.1 孔板的布置一般应使其上游容纳高压流体的管道尽可能短，但孔板距其上游设备、管件或阀门宜有一段长度不小于 10 倍公称直径的直管段。
- 5.5.2 为防止孔板下游管道（弯头）由于水流冲击而引起过度冲刷，孔板下游至少有一段长度不小于 5 倍公称直径的直管段。对于高压降压孔板，此要求应严格执行。
- 5.5.3 孔板可以安装在水平或垂直管道上，但垂直安装时介质流方向应向上，以尽可能减少孔板小孔堵塞的可能性。
- 5.5.4 应为所有孔板拆装和维修留有足够的空间。
- 5.5.5 所有孔板应有标记，标识规格和流向。

5.6 放射性过滤器

- 5.6.1 放射性过滤器应在分隔的屏蔽房间内尽可能集中布置，以便于拆卸和更换。
- 5.6.2 阀门的操作部件和仪表均应布置在屏蔽房间之外，便于操作和维修。
- 5.6.3 相关建筑结构应能承受过滤器吊运设备、废过滤器芯子和屏蔽容器所施加的载荷。
- 5.6.4 应为过滤器芯子的拆除、装入转运容器和运往固体废物处置区留有足够空间（尤其是吊装滤芯的顶部空间和开启过滤器顶盖的侧面空间）；在废过滤器芯子屏蔽容器的运输路线上不应有障碍物。
- 5.6.5 为减少操作人员辐照剂量，应提供过滤器芯子的远距离装卸工具，并设置足够的屏蔽。
- 5.6.6 过滤器的排气管应通向指定的排气装置。

5.7 阀门

5.7.1 阀门的布置位置

- 5.7.1.1 辐射水平较高的区域不宜布置阀门（尤其是手动阀门），若必须布置，应设置远程操作机构或提供必要的辐射屏蔽（取样阀等小阀门不应设延伸操纵杆，以免阀门扭矩过大而损坏）。
- 5.7.1.2 如果在手动操作阀门的同时，还需观察仪表读数，则该阀门与有关就地仪表应靠近布置。
- 5.7.1.3 阀门布置位置应便于操作和维修，相应安装及维修空间要求详见 NB/T 20010.8 的规定。
- 5.7.1.4 安全壳内安全相关的电动和气动阀门的安装高度应能使它们在 LOCA 事故后的堆芯长期冷却期间不会被水淹没，亦不致受到水流或安全壳喷淋液的直接冲击。

5.7.2 阀杆方位

阀门安装应按照设计文件的规定，若设计文件不明确时，一般应布置在水平流向的管道上，并使阀杆处于垂直向上的位置（Y 型阀门和蝶阀除外），否则应采取措施消除由此带来的不利影响，要求如下：

- a) 进行管系分析和确定管道限位装置，应考虑非水平流向导致抗震能力降低的可能性；
- b) 维修时疏排水量较多，阀门拆装亦较困难；
- c) 悬浮物或溶解物易沉积在垂直到向阀门的阀座上；
- d) 阀杆、填料、阀座和阀芯等处可能出现较水平流向的阀门更快的磨损；
- e) 对于垂直到向的旋启式止回阀，应考虑压降和阀瓣碰击；
- f) 阀门行程时间可能增加约 10%，这对与安全有关的阀门尤为不利；
- g) 如果阀门的安装方位影响正常润滑的可靠性，则将增加传动机构使用寿期内的维修次数；
- h) 应防止阀杆处泄漏的水流入阀门传动机构而引起腐蚀（对任何安装方位的阀门均适用）。

5.7.3 阀门的安装

5.7.3.1 阀门应按照阀体所指示方向安装。

5.7.3.2 阀门与阀门之间不能直接焊接，中间需设置短管连接。

5.7.3.3 压降大的阀门，其上游直管段的长度应不小于 10 倍的管径；下游直管段的长度应不小于 5 倍的管径。并应尽可能使阀门安装于管路上游，使背压达到最大值，以避免阀门内部介质的急骤蒸发和汽蚀。

5.7.3.4 管道所需的支承不应设置在阀盖组件（如螺栓、阀盖）、电动装置或气动装置上；为满足抗震要求，允许在阀门特定位置安装阻尼器和支承，但应不影响阀门可能产生的位移。

5.7.3.5 管段上的较大、较重的阀门（尤其是带有驱动装置的大阀门）应设置支承，以避免该管段和阀门连接处负载过大。

5.7.3.6 阀门安装应考虑阀杆引漏和阀体疏水，宜将其纳入到疏水系统中。

5.7.4 安全阀和卸压阀

5.7.4.1 安全阀和卸压阀布置时应尽可能缩短高压入口管道的长度。

5.7.4.2 当介质为蒸汽时，卸压阀的泄放管应从阀门处向下游倾斜，以免泄放管内积水；对垂直向上的排放管应设置疏水管。卸压阀前的管段根据需要设置 U 形存水弯。

5.7.4.3 布置泄放管敞开的卸压阀时，应注意防止该阀的泄放物冲击到未加保护的电气设备、仪表、其他卸压阀或有人的地方。

5.7.4.4 安全阀和卸压阀应远离其他阀门和管件布置以减小湍流和波动的影响。安全阀和卸压阀应垂直安装。

5.7.4.5 泄放总管的布置应考虑几只卸压阀同时动作的工况。

5.7.4.6 安全阀和卸压阀的管系布置要求应符合 NB/T 20268 的相关规定。

5.7.5 安全壳隔离阀

5.7.5.1 用于安全壳隔离的阀门，应靠近安全壳布置，且应留有足够的空间用于在役检查。

5.7.5.2 隔离阀试验时所需充气的管道长度（试验容积）应尽可能短。

5.7.5.3 试验管道和阀门的布置应便于试验介质的疏排。

5.7.6 调节阀

5.7.6.1 用于减压、流量控制、液位控制等调节阀的布置设计应符合阀门规格书规定的要求。

5.7.6.2 应为拆除和维修调节阀内部元件（如阀芯、阀瓣和密封面）提供足够的空间。

5.8 管道

5.8.1 一般布置要求

- 5.8.1.1 管道的布置应能确保系统在各种设计基准工况下的安全运行。
- 5.8.1.2 管道布置应能确保系统功能的实施，并满足系统的特殊要求。
- 5.8.1.3 管道布置应具有相对独立性，互不干扰。与反应堆冷却剂系统相连接的重要管道，尤其是专设安全设施的管道应尽可能彼此分隔布置，避免因共因故障损坏而影响安全功能的实施。
- 5.8.1.4 管道的布置应便于安装和检修，尽可能平行敷设、集中布置，便于设置共用支架。
- 5.8.1.5 管道布置力求短、直、简单，以降低管材消耗量。
- 5.8.1.6 工艺管道通道与电气电缆通道应尽量分开，以减少电缆损坏的可能性。
- 5.8.1.7 放射性流体管道的布置应避免可能积聚颗粒物的陷阱，尤其对输送放射性废树脂的管道特别重要。
- 5.8.1.8 管道布置设计中宜采用长半径弯头或弯管。
- 5.8.1.9 为保证安装管道保温层，管道布置时周围应留有足够的空间。
- 5.8.1.10 为了排空和冲洗长期积存在安全相关系统管道内的放射性液体，应在管道上合理设置疏水及排气接管，其设计要求见 NB/T 20273 的规定。
- 5.8.1.11 工艺流程图上从某根管道引出的支管顺序和监测仪表顺序原则上不应颠倒。
- 5.8.1.12 管道布置应尽量避免造成水/汽锤现象。如果不能完全避免，则应在相应力学分析中进行考虑。
- 5.8.1.13 对于抗震管道，管道（包括保温）和临近设备及结构间留有的间距宜满足以下要求：
 - a) 管道与管道：150mm；
 - b) 管道与构筑物和临近结构模块：150mm。
- 5.8.1.14 管道在穿墙、穿楼板时，需根据设计要求对穿墙（穿楼板）的套管进行必要的封堵，以满足防火、防水、辐射屏蔽等要求。
- 5.8.1.15 管道穿过不同构筑物时，需要考虑构筑物变形或沉降对管道的影响。

5.8.2 电加热保温管道

- 5.8.2.1 需要电加热保温的管道应尽可能短和直。由电加热保温管道连接的设备，彼此应尽可能靠近。
- 5.8.2.2 管道的布置应留有足够的空间，以供安装加热保温电路和以后的检查与维修。
- 5.8.2.3 其他可参照 EJ/T 337 的有关要求。

5.8.3 需安装约束件的管道

- 5.8.3.1 管道应尽可能靠近梁或柱布置，以便满足支撑载荷要求，且应满足在役检查要求。
- 5.8.3.2 管道应按照 EJ/T 335 的要求进行约束。

5.8.4 可能产生异常振动的管道

- 5.8.4.1 管道支撑型式、数量、间距须合理设置，从而使管道在侧向和轴向上都有较高的自振频率。
- 5.8.4.2 应对管道进行合理的布置，以尽量减少疏水和放气接管。
- 5.8.4.3 疏水和放气阀门应尽可能靠近母管，且阀门的支承方式应能防止其发生管线甩动。
- 5.8.4.4 压力缓冲器应尽量设置在泵的附近，以达到最大稳压效果。
- 5.8.4.5 为了减弱振动和减轻可能产生的疲劳损坏，所有仪表阀均应刚性地固定在母管上。

5.8.5 要求在役检查的管道

5.8.5.1 管道上需要进行检查的焊缝部位，应留有足够空间，以便检查人员至少能从一侧接近该管道。具体详见 NB/T 20191 具体规定。

5.8.5.2 支承件和（或）约束件的设置不应影响焊缝的在役检查。

5.8.5.3 为便于检查，应尽可能避免使用整体焊接的支承件。

5.8.5.4 管道的环焊缝不应设置在墙内或楼板的贯穿件套管内。

5.8.5.5 管道设计应避免在有在役检查要求的支管焊缝处设置耐磨衬垫或垫块。

5.8.5.6 当管道布置在管沟中，或者一组管道并排布置时，需要进行在役检查的管道应布置在外侧，从而保证在役检查时不需要拆除其他管线。

5.8.6 水锤效应

管道布置和支架布置设计时，应考虑压力波动效应引起的水锤效应。典型的水锤事件包括止回阀的关闭、泵的启动、快速动作隔离阀的动作、蒸汽的冷凝以及不凝气体的捕集。以下布置原则可以减少水锤现象的发生：

- a) 管线上高点设有收集蒸汽的气袋；
- b) 尽量减少从管嘴到向下弯头间的水平管段的长度；
- c) 管道的坡度不能向下朝向设备，从而避免水排放到设备中；
- d) 管道需要设计合理，从而减少潜在的分层流；
- e) 需要考虑在排放管线上使用真空破坏器来限制因蒸汽冷凝导致的压力下降。

5.8.7 辐射屏蔽

5.8.7.1 管道和设备的屏蔽设计应满足 NB/T 20194 的相关要求。

5.8.7.2 所有带放射性或潜在放射性的管道要求考虑特殊布置，从而降低核电厂操作人员的辐照剂量。

5.8.7.3 管道的布置应考虑最有利于辐射防护，满足 ALARA 原则和屏蔽设计的要求。

5.8.7.4 放射性工艺管道应布置在屏蔽管廊、管沟、竖井中，或者布置在与管道辐射水平一致的放射性区域内。

5.8.7.5 为了防止杂质在放射性及潜在放射性工艺管道中积累，应避免设置锐角弯管、堵头以及其他可能积累杂质的部件。

5.8.7.6 必要时，应对放射性废物排放管道提供屏蔽（包括地面疏水和水槽疏水管道）。如果对放射性废物排放管道没有采取特殊的屏蔽措施，那么这些管线布置应考虑避免暴露在人员经常停留的区域或者人员通行道路中。没有特殊屏蔽的放射性疏水立管应靠墙布置，充分隔离并提供屏蔽。

5.8.7.7 在屏蔽墙中的套管应合理设计和布置，尽量减少对人员的辐照。套管的方位应避免对操作和维修人员在最有可能居留的区域内产生照射。有可能发生套管放射性泄漏以及局部屏蔽失效的地方应采取补偿屏蔽，以减少泄漏。

5.8.7.8 放射性管道和非放射性管道不宜布置在同一个管廊、管沟或竖井中。

5.8.7.9 输送放射性废树脂、过滤器反冲排水、过滤器和树脂床沉积物，或其他放射性颗粒的管道，弯管半径不宜小于 5 倍管道公称直径，并避免在这些管线上设置环形水封。

5.8.7.10 放射性管道应避免布置在辐射监测器附近，这样可以避免高辐射读数不能代表监测器区域的辐射水平，当上述准则不能满足时，监测器应重新设置。低放管道需要布置合理，从而使操作和维修人员所受的辐照剂量最小。低放管道应位于低放区域，应尽可能将其布置在离地面 3.0m 以上或屏蔽管沟内，如果可行的话，离地面越高越好。同时，这些略带放射性的管线尽量不要布置在人员通道附近，或走廊及其他高架平台工作区域附近。

5.8.7.11 放射性阀门间应允许对阀门进行所需的维修，这些阀门应与相连的设备屏蔽隔离。

5.8.8 热管

超过 65℃ 的管道系统，布置时应考虑如下管道热胀应力因素：

- a) 直管段上避免设置两个锚固点；
- b) 应尽可能减少膨胀方向上固定点间柔性管段的数量（不是长度）；
- c) 推荐采用对称布置，以使受力更加均衡；
- d) 为充分利用扭转管段的柔性，可采用面外弯管（即采用不在同一平面内的弯管）；
- e) 为了增加管道的柔性，可以适当增加管段的长度。但是应注意的是，增加管道的长度会增加材料费用和管路压降；
- f) 在特定的情况下可以使用膨胀节，以防止管道和设备过应力。

5.8.9 保温

5.8.9.1 设备、管道的保温层设计厚度应满足相关设计文件的要求。

5.8.9.2 管道布置应考虑保温层的厚度以及保温层安装和拆卸所需的空間。

5.8.9.3 覆盖于有在役检查要求焊缝外部的保温层、或位于有在役检查要求的焊缝的设备和管道附近的保温层，宜设计成便于拆除和更换的结构型式。

5.8.9.4 安全壳内的保温层应尽可能采用反射式金属保温层，以减少 LOCA 事故时产生的碎片。

5.8.10 高能管道隔离

5.8.10.1 高能管道布置应不影响核电站中安全相关的设备和部件功能的实现。

5.8.10.2 为了防止高能管道破口对安全相关设备/部件产生不利影响，安全相关区域不宜布置高能管道。若必须布置高能管道，则需要通过高能管道分析，并采取必要的防护措施，保证对安全相关设备或部件不产生影响。

5.8.10.3 高能管道的防护措施应满足 EJ/T 335 中的相关规定。

5.8.11 机械贯穿件布置

5.8.11.1 贯穿件应布置在靠近两面或三面屏蔽墙的结合处或者梁和柱的附近。

5.8.11.2 贯穿件应尽量远离地面布置，如果可能，离地至少不小于 2.4 m。

5.8.11.3 贯穿件不应靠近放射源布置，也不应布置于频繁使用的区域。

5.8.11.4 在可以选择的情况下，贯穿件应优先考虑穿过最薄的屏蔽墙。

5.8.11.5 每根工艺管道应有各自独立的套管。

5.8.11.6 对于相邻的管道间距，至少满足管道间的净距离（包括保温层在内）不小于 50 mm。

6 核岛主要系统布置要求

6.1 反应堆冷却剂系统（RCS）

6.1.1 总体要求

6.1.1.1 反应堆冷却剂系统的所有设备都应布置在安全壳厂房内。

6.1.1.2 RCS 系统设备和管道的布置应在失去所有电源，且随后主泵惰转停止的情况下，可建立自然循环，其排热能力应足以带出反应堆最大预计衰变热。

6.1.1.3 管道或部件上的疏水和排气应满足下列要求：

- a) 疏水和排气的数量应尽可能少，以降低反应堆冷却剂泄漏的可能性；

b) 根据实际需要, 多根排气管线(或疏水管线)可以共用一根放气总管(或一根疏水总管)。

6.1.1.4 在稳压器底部的波动管管嘴处和稳压器的喷雾管嘴处应设置热套管, 以避免正常运行瞬态下由于流体温度的快速变化引起 RCS 接管处的热应力过高。

6.1.1.5 与反应堆冷却剂泵连接的辅助管道宜采用法兰连接, 以便拆除主泵或电机。

6.1.1.6 主设备、主管道上需要定期检查的重要部位和主要焊缝处, 应采用可拆装的金属反射保温层结构, 以便进行在役检查。

6.1.1.7 稳压器安全阀爆破盘的布置应能使流体排放至稳压器隔间外, 同时, 还应采取措施防止爆破盘碎片进入安全壳地坑。

6.1.2 设备布置

6.1.2.1 稳压器布置要求如下:

- a) 应考虑连接到稳压器的各管线在电厂启动、运行和冷却时因热位移引起的互相影响;
- b) 稳压器顶部管道和阀门的布置应便于对上封头和壳体间的焊缝进行在役检查;
- c) 稳压器隔间应满足整个稳压器壳体的在役检查要求;
- d) 应为稳压器电加热器和电缆的更换提供足够的空间。

6.1.2.2 反应堆冷却剂泵布置要求如下:

- a) 反应堆冷却剂泵的泵壳与蒸汽发生器下水室封头周围的空间应能满足泵壳与封头焊缝的在役检查要求;
- b) 蒸汽发生器隔间内的布置设计应满足主泵安装、维修、更换的要求。

6.1.2.3 蒸汽发生器布置要求如下:

总体布置应考虑蒸汽发生器整体更换的需求, 该设备及其支撑结构与屏蔽墙之间应有足够的空间, 以便开展如下工作:

- a) 人员接近以进行下封头至管板间焊缝的目视检查或体积检查;
- b) 管嘴与安全端焊缝间焊缝的目视、表面和体积检查。

6.1.3 主管道(回路)接管

6.1.3.1 除 6.1.3.2 中的辅助接管嘴外, 主管道上其他辅助接管嘴应不低于主管道的水平中心线。

6.1.3.2 以下辅助接管嘴应位于环路管道的底部或低于水平中心线:

- a) 正常余热排出泵入口管线;
- b) 稳压器液位测量通道下部接管;
- c) 热段液位测量通道下部接管。

6.1.3.3 非能动余热交换器回流管嘴应连接到 RCS 系统的压力最低点, 即蒸汽发生器下封头出口侧腔室。

6.1.3.4 化学和容积控制系统净化回路回流管线应连接至蒸汽发生器下封头出口侧腔室, 从而增大化容净化回路的驱动力。

6.1.4 阀门布置

6.1.4.1 主管道支管上第一只阀门宜尽量靠近主管道, 该阀门与主管道之间的管段长度应满足设置冰塞的要求。

6.1.4.2 稳压器安全阀布置要求如下:

- a) 稳压器安全阀的安装应考虑维修可达性和检查试验所需的空间;
- b) 稳压器安全阀应采用法兰连接以便于对阀门进行试验和维护。

6.1.4.3 稳压器喷雾阀布置要求如下:

- a) 水平喷雾管上的稳压器喷雾阀布置不应高于稳压器液位计下部仪表管嘴的标高，以便阀门在丧失喷雾驱动压头时仍然充满水，有效地防止阀门排空和暴露在稳压器蒸汽中；
- b) 稳压器喷雾阀的安装应考虑维修的便利性；
- c) 稳压器喷雾旁路节流阀布置应采取屏蔽措施，并应设置远距离操作机构，允许电站在运行期间对该阀的调节。

6.1.4.4 ADS 第四级阀门布置要求如下：

- a) 阀门应位于安全壳最高淹没高度之上；
- b) 应在爆破阀前设置水封，以减少电厂正常运行时对阀门的影响。

6.1.4.5 同一辅助系统的阀门应尽可能集中布置，以便于操作和管理。

6.1.5 管道布置

6.1.5.1 环路管道布置要求如下：

- a) RCS 环路管道应尽可能紧凑布置；
- b) 位于环路隔间内的任何安全相关的设备、阀门和仪表应考虑环路隔间事故后被淹没的可能。若这些设备在事故后仍要求运行，其应能适应预期的环境要求；
- c) 环路管道的布置应允许燃料在反应堆压力容器内时能拆除主泵。

6.1.5.2 波动管布置要求如下：

- a) 波动管的布置应提供足够的柔性，以适应管道在全运行温度下的热膨胀和设备热位移；
- b) 波动管设计时应采用弯管，以减少局部应力；
- c) 波动管从主管道热段接管嘴处至稳压器接管嘴处应有连续向上的坡度，使波动管内的热分层最小，并防止管道中积聚污水；
- d) 应保证波动管的管段之间焊缝、管道与设备接管嘴处的焊缝在役检查的可达性；
- e) 波动管长径比应尽可能小，使在电厂所有运行模式下一回路的容积变化能够迅速通过波动管波入和波出稳压器，进而限制一回路的压力变化；
- f) 稳压器正常喷雾和辅助喷雾管道布置要求如下：
 - 1) 稳压器喷雾管的布置应使其在蒸汽中暴露的容积减至最小，并在阀前形成一个水封段，水封段应尽可能延伸至稳压器；
 - 2) 喷雾旁路管线应尽可能短，以减少常闭的主喷雾阀两端管段中的积水量；
 - 3) 辅助喷雾管应在不高于稳压器低液位测量管嘴的标高处连接到主喷雾管的底部，从而在主喷雾管和辅助喷雾止回阀间形成一段较长的垂直冷阱。

6.1.5.3 堆顶排气管布置要求如下：

- a) 堆顶排气阀不应在反应堆一体化堆顶组件内，且应具备维修可达性；
- b) 堆顶排气管在顶盖移开时可以拆除。

6.1.6 仪表布置

6.1.6.1 安装在稳压器安全阀和 ADS 出口管上用于探测泄漏或阀门开启的测温元件应布置在管道的底部，并与阀门保持一定的距离，以保证测温的灵敏度和准确性。

6.1.6.2 波动管上的三个测温元件，一个应尽可能接近稳压器管嘴，另外两个应设置在波动管的中间位置，分别位于波动管的顶部和底部。

6.1.6.3 用于监测阀门或设备法兰泄漏的测温元件应位于管道的底部，以保证少量的泄漏也能被探测到。如反应堆堆顶法兰引漏管和堆顶放气隔离阀泄漏探测相关的测温元件。

6.1.6.4 用于监测阀门或设备法兰泄漏的测温元件应位于管道的底部，以保证少量的泄漏也能被探测到。如反应堆堆顶法兰引漏管和堆顶放气隔离阀泄漏探测相关的测温元件。

- 6.1.6.5 仪表应带有根阀，以便在对仪表进行标定和维修时阻断介质，对系统影响最小化。
- 6.1.6.6 主管道冷段弯管的压差计用于测量回路流量，压差测量管上应设置限流器。
- 6.1.6.7 在 RCS 半管运行时，安装在热段上用于测量系统液位的两个液位变送器应位于下列位置：
 - a) 第一个液位变送器（热段 1 液位）——下部管嘴与稳压器水空间宽量程液位仪表共用，设在热段底部；上部管嘴设在热段顶部尽量靠近蒸汽发生器的位置，接管处为管线上的最高点；
 - b) 第二个液位变送器（热段 2 液位）——下部管嘴设在正常余排出吸入口管嘴的上游、热段底部；上部管嘴设在热段顶部尽量靠近蒸汽发生器的位置，接管处为管线上的最高点。
- 6.1.6.8 稳压器液位变送器测量范围应覆盖稳压器的筒体。稳压器液位仪表的设计和布置应尽可能减少不凝性气体的聚集。
- 6.1.6.9 主管道热段上的套管式快速响应温度探测器应沿管道截面周向分布。
- 6.2 非能动堆芯冷却系统（PXS）
 - 6.2.1 设备布置
 - 6.2.1.1 安全壳内置换料水箱（IRWST）布置要求如下：
 - a) IRWST 布置在安全壳内操作平台以下，水箱构筑物应足以保护水箱免受飞射物危害；
 - b) IRWST 应设置人员进出通道及设备检修通道，以便对 IRWST、鼓泡器、IRWST 滤网、非能动余热排出热交换器（PRHR HX）、管道和管道附件等进行检查和维护；
 - c) IRWST 应设置临时通风接口，从而在停堆工况为检查和维护提供安全的环境条件；
 - d) IRWST 的最小水位与压力容器直接注入接管嘴之间的高差，应满足在 RCS 足够卸压后换料水箱的硼水能靠重力作用注入 RCS 系统；
 - e) 在 IRWST 顶部应设置卸压盖板，以防止在事故工况下 IRWST 水箱内超压及水箱外表面超压，同时盖板设计需防止安全壳内操作平台的杂物进入水箱；
 - f) IRWST 应设置溢流装置，在非能动余热排出热交换器（PRHR HX）或自动卸压运行期间，确保 IRWST 的水溢流到换料水池，以调节水体积。但当换料水池充满水时，如停堆换料期间，溢流装置应防止水从换料水池流向 IRWST；
 - g) IRWST 最高水位以上应留有一定的气空间，防止水对 IRSWT 池顶造成过大载荷。
 - 6.2.1.2 非能动余热排出热交换器（PRHR HX）布置要求如下：
 - a) PRHR HX 布置在安全壳内换料水箱（IRWST）内，PRHR HX 下封头中心线标高应高于主管道热段中心线标高和蒸汽发生器下封头回水接管嘴中心标高；
 - b) 应满足传热管的在役检查可达性，及传热管外壁的清洁可达性。
 - 6.2.1.3 安注箱（ACC）布置要求如下：
 - a) 各系列的安注箱及其出口管道/管路附件应隔离布置，从而防止共因故障；
 - b) 安注箱顶部的空间应满足液位仪表的维修与安装的要求。
 - 6.2.1.4 堆芯补水箱（CMT）布置要求如下：
 - a) 堆芯补水箱布置的标高，应满足维持自然循环所需最小驱动力的要求；
 - b) 各系列堆芯补水箱及其进出口管道/管路附件应隔离布置，从而防止共因故障；
 - c) 堆芯补水箱周边预留空间应满足液位仪表的安装及维护要求。
 - 6.2.1.5 鼓泡器布置在 IRWST 内，鼓泡器之间、鼓泡器与其他设备或构件（如 PRHR HX、滤网、IRWST 池壁等）之间的距离应满足 IRWST 内水力载荷分析的要求。
 - 6.2.1.6 滤网布置要求如下：
 - a) 安全壳内置换料水箱滤网布置在 IRWST 内，并与返回槽疏水管线保持一定距离以减小碎片迁移至滤网可能性；

- b) 为防止滤网堵塞, IRWST 内的设备/部件不应在事故后产生碎片;
- c) 安全壳再循环滤网顶标高应低于安全壳正常淹没水位, 但应高于环路隔间地面标高;
- d) 滤网周围应设置围堰, 以便阻止高密度碎片随水流迁移至滤网表面。

6.2.1.7 pH 调节篮布置要求如下:

- a) pH 调节篮顶标高应低于事故后安全壳最小淹没水位;
- b) pH 调节篮应布置在事故后容易淹没和内部介质易于溶解均匀的位置。

6.2.1.8 安全壳内置换料水箱返回槽布置要求如下:

- a) 布置在操作平台标高处;
- b) 应沿钢安全壳 360° 布置以尽可能收集钢安全壳壁面所有冷凝液;
- c) 应从最高点连续向下坡至收集盒, 防止流体局部滞留;
- d) 收集盒返回安全壳内置换料水箱的管道出口应远离安全壳内置换料水箱滤网, 降低冷凝液中的杂质、碎片迁移至滤网的可能性;
- e) 环吊梁和钢安全壳加强肋处应分别设置落水管将收集的冷凝液引流至返回槽, 落水管应有连续向下的坡度。

6.2.2 管道布置

6.2.2.1 堆芯补水箱 (CMT) 相连管道布置要求如下:

- a) 从主管道冷段到 CMT 入口的管线应连续坡向上, 直至 CMT 顶部的高点, 并且应采取适当的措施(如设置保温层)以保证管道内的热水能驱动 CMT 再循环注射模式, 同时可以防止大 LOCA 事故时, CMT 注射前时发生水锤;
- b) CMT 入口高点处应设置检测、收集不凝性气体的管道。

6.2.2.2 非能动余热排出热交换器 (PRHR HX) 相连管道布置要求如下:

- a) 从主管道热段到非能动余热排出热交换器的管道应连续坡向上直到最高排气点, 并且应采取适当的措施(如设置保温层)以保证管线里的热水能在非能动余热排出热交换器驱动时提供循环流, 同时可以防止大 LOCA 事故时发生水锤;
- b) PRHR HX 入口高点排气管线的出口应比安全壳内置换料水箱正常水位低;
- c) PRHR HX 入口高点处应设置检测、收集不凝性气体的管道;
- d) 和蒸汽发生器冷段下封头接管处宜设置环路密封以维持 PRHR HX 的返回管线内为冷介质, 从而保证其启动时的高驱动压头。

6.2.2.3 自动卸压系统管道布置要求如下:

- a) 布置在 IRWST 外部, 从稳压器到鼓泡器的卸压管线应连续向下坡;
- b) 布置在 IRWST 内部的卸压管线应尽可能短, 并低于水箱的正常水位, 并且宜向下坡向鼓泡器, 以防止在电站正常运行期间由于水的积聚造成管道过度负载。

6.2.2.4 从压力容器接口至向下的立管之间的 DVI 管线应水平布置, 与 CMT、ACC、IRWST 注射管的接口均应布置在立管上, 以保证电站正常运行期间阀门是低温的, 减小阀门泄漏和维修的可能性。

6.2.2.5 布置设计中应采取合理的措施(如设置手动排气管线、气体检测和收集措施), 监测并确保特定的非能动安全系统注射管线上不会有大量气体积聚从而影响非能动安全系统的运行。要求如下:

- a) 在以下位置应设置手动排气管线:
 - 1) IRWST 注射管线爆破阀入口管线;
 - 2) CMT 出口管线;
 - 3) 安全壳再循环管线(如该段管线上存在局部高点)。
- b) 在以下位置应设置气体检测、收集设施, 同时在这些位置设置手动排气管线:
 - 1) CMT 入口高点;

- 2) PRHR HX 入口高点;
- 3) IRWST 注射管线爆破阀出口高点。

6.3 非能动安全壳冷却系统 (PCS)

6.3.1 设备布置

6.3.1.1 再循环加热器/再循环泵布置要求如下:

- a) 加热器出入口应布置在顶部, 以防止因为加热器无水造成损坏;
- b) 再循环加热器、再循环泵应布置于辅助厂房内。布置时应为再循环加热器/再循环泵部件的拆装留有足够的维修空间。

6.3.1.2 非能动安全壳冷却水箱 (PCCWST) 布置要求如下:

- a) PCCWST 是屏蔽厂房的组成部分, 水箱为安全三级、抗震 I 类, 具有针对设计基准事件的防护能力, 如龙卷风等生成的飞射物防护等;
- b) PCCWST 内低点与安全壳顶封头上的分水斗间应有足够的高差, 以满足排水管道和隔离阀的布置空间要求。除 PCCWST 底部贯穿件接管外, PCCWST 内的管道应沿 PCCWST 内壁面布置。PCCWST 管道穿出水箱底部后应进入阀门间或楼梯间;
- c) PCCWST 底面应向疏水管入口处倾斜, 除疏水管线外的管线入口及液位仪表的接口应比 PCCWST 底面高约 0.10 m~0.20 m, 以防止沉积物积聚堵塞管道;
- d) 应根据厂址条件, 采取合理措施确保 PCCWST 内水不结冰。

6.3.1.3 非能动安全壳冷却辅助水箱 (PCCAWST) 布置要求如下:

- a) 应根据厂址条件, 采取合理措施确保非能动安全壳冷却辅助水箱内水不结冰;
- b) 应采取措施 (如设置保温层) 确保极端恶劣环境条件下, PCCAWST 到第一道隔离阀之间的管道 7d 内水不结冰;
- c) PCCAWST 隔离阀下游到辅助厂房的管线应在低点设置疏水管线, 保持管线排空, 防止结冰。

6.3.1.4 空气导流板的布置需满足系统设计的要求。

6.3.2 管道和阀门

6.3.2.1 PCCWST 排水管道布置要求如下:

- a) 四根立管入口处应设置滤网保护以防止碎片进入排水管线, 保证出口立管不会堵塞;
- b) 四根立管以及疏水管的滤网均应有足够的流通面积, 避免潜在的碎片堵塞滤网;
- c) 四根立管中入口标高较高的三根立管应设计为倒 U 型弯管, 以防止生成漩涡。最低的立管入口可以不设倒 U 型弯管, 但应比水箱底部高出 0.10 m~0.20 m 左右;
- d) 排水管道出口隔离阀应集中布置在阀门间, 以便维护;
- e) 从隔离阀下游到安全壳穹顶中心的管线应连续向下倾斜, 管道的长径比值应尽量小。

6.3.2.2 环腔疏水管道布置要求如下:

- a) 上部环腔底部应设置地漏, 收集并排放安全壳外表面未蒸发的冷却水;
- b) 屏蔽墙上应布置安全有关疏水管, 以避免环腔地漏失效时, 冷却水在环腔底部聚集, 堵塞空气流道。疏水管应高于环腔底部, 减少被碎片堵塞的可能性。

6.3.2.3 溢流管入口标高应高于 PCCWST 正常最高液位, 且低于 PCCWST 排气管的标高。

6.3.2.4 再循环管道布置要求如下:

- a) 再循环管道入口应布置在 PCCWST 底部附近, 并远离再循环管道出口。应向上延伸至最小 PCS 水装量要求的液位标高处, 然后再水平布置, 向下穿过水箱底部和阀门间;
- b) 水平布置段应设置虹吸破坏短管, 该短管标高应与在循环泵出口管线标高相同, 以防止水箱误

排水时 PCCWST 液位低于最低水位。

6.3.2.5 事故 72h 后厂外安全补水管道上常开的疏水管应布置在较低的地方，确保管道永远排空，不会因结冰而造成管道堵塞。

6.3.3 仪表布置

6.3.3.1 PCCWST 水箱温度和液位变送器、排放管线流量变送器应布置在 PCS 阀门间内。

6.3.3.2 PCCWST 隔离阀泄漏检测液位开关探测器应布置在阀门间靠近管道的地方。

6.3.3.3 安全壳压力测量仪表系统应进行飞射物和甩管防护，尤其是隔膜密封/波纹管。

6.4 化学和容积控制系统 (CVS)

6.4.1 设备布置

6.4.1.1 净化回路及其主要的机械设备布置在安全壳内，如再生热交换器和下泄热交换器、除盐床及反应堆冷却剂过滤器等。

6.4.1.2 补水子系统的设备布置在安全壳外，并设置屏蔽措施，以便于设备的维护。

6.4.1.3 下泄/再生热交换器、过滤器及树脂床应布置在独立的屏蔽隔间内，热交换器和过滤器芯子需考虑可更换性。布置在屏蔽间内需手动操作的阀门应设置远程操作机构，以便于在屏蔽间外进行操作，使操作人员免受高放射性剂量。

6.4.1.4 硼酸制备箱的布置要求如下：

- a) 能便于将干硼酸晶体从贮存区域运输到制备箱添加口，并在箱顶部应留有足够空间，以便人员操作；
- b) 箱体所在房间宜为备用硼酸留有储存空间；
- c) 硼酸制备箱底部标高应位于硼酸贮存箱最高液位以上，以便于制备好的硼酸靠重力疏排到硼酸贮存箱内；
- d) 硼酸制备箱附近应提供足够的空间，以便制备箱加热器元件能方便的移出维修。

6.4.2 管道布置

6.4.2.1 与反应堆冷却剂系统相连的化容管道，其容积应足以满足在最大下泄流量时，冷却剂到达安全壳贯穿件至少能延滞 60s，使水中 N-16 放射性衰变到允许水平。

6.4.2.2 下泄管道应布置在屏蔽间内。除盐床和阳床树脂冲洗管的布置应防止树脂沉积。

6.4.2.3 屏蔽区域内管道和支撑布置应确保足够的在役检查空间，使工作人员在高放区域暴露的时间尽可能短。

6.5 蒸汽发生器系统 (SGS)

6.5.1 主给水管道

6.5.1.1 主给水管道布置时应尽可能减少管件数量，以避免可能引起的闪蒸对管路造成腐蚀。

6.5.1.2 主给水管道布置可通过以下方式避免水锤的形成：

- a) 从主给水调节阀至蒸汽发生器主给水接管嘴的管道连续向上倾斜，保证蒸汽发生器上的主给水接管嘴为管路最高点；
- b) 靠近主给水接管嘴处的弯头与接管嘴之间的水平直管段长度尽可能短。

6.5.1.3 应尽可能减少主给水隔离阀至蒸汽发生器之间的管线长度，以减少主给水管道破裂时的质能释放量。

6.5.2 主蒸汽管道

6.5.2.1 主蒸汽管道应从蒸汽发生器出口处的高点向主蒸汽隔离阀附近的疏水点坡向布置，避免出现多个低位点。

6.5.2.2 主蒸汽管道布置应考虑设置水压试验临时支架。

6.5.2.3 主蒸汽管道和支撑设计时，应考虑主蒸汽安全阀和大气释放阀的开启对管道的瞬态反作用力，以及瞬态次数。

6.5.3 主蒸汽安全阀管道

6.5.3.1 主蒸汽安全阀入口管道应从主蒸汽管道接管嘴处开始，竖直向上布置。

6.5.3.2 主蒸汽安全阀应采用双排口安全阀，同时排气竖管应对称布置，以降低安全阀的反作用力矩。

6.5.3.3 主蒸汽安全阀出口处的弯头上，不应设计支撑，避免过高的接管载荷损坏安全阀。

6.5.3.4 主蒸汽安全阀的排气竖管应竖直向上并穿过屋顶，以降低蒸汽排放背压。

6.5.3.5 主蒸汽安全阀的排气竖管在结构上与安全阀出口管不直接相连，防止排气管内蒸汽压降载荷传递至安全阀出口处的弯头上。

6.5.3.6 主蒸汽安全阀的排气竖管最低处应布置有疏水盘，以收集和排放排气竖管中的雨水及冷凝水。

6.5.3.7 主蒸汽安全阀的排气竖管宜设置支撑，保证蒸汽顺利排放。

6.5.4 大气释放阀管道

6.5.4.1 大气释放阀管道应从主蒸汽管道接管嘴处开始连续向上倾斜，如在布置中无法避免局部低点，应在局部低点处设置疏水管线。

6.5.4.2 大气释放管出口应加装消音器，其支撑设计应避免对大气释放管造成过大的载荷。

6.5.5 蒸汽发生器排污管

蒸汽发生器排污管道布置，应具有足够的高差，保证足够的压头弥补管道内压力损失，防止管道内出现闪蒸。

6.6 正常余热排出系统（RNS）

6.6.1 设备布置

6.6.1.1 正常余热排出泵布置要求如下：

- a) 正常余热排出泵房间尽量靠近安全壳屏蔽厂房布置，以减少泵出口到 PXS 系统再循环管线的长度。泵的安装标高要保证泵有足够的净正吸入压头；
- b) 各系列正常余热排出泵应分别布置在独立的房间内，并进行实体分隔，以防止共因故障；
- c) 每台泵的隔间都应设置地面疏水将水排到放射性地坑，且地坑应设置液位报警装置；
- d) 正常余热排出泵的布置应考虑周围留有足够的空间，以便于进行维护和检查。

6.6.1.2 正常余热排出热交换器的布置应考虑周围留有足够的空间，以便于进行维护和检查。

6.6.2 管道布置

6.6.2.1 RNS 泵入口管线应从主管道热段倾斜向下至泵，且无局部高点，以便排气。

6.6.2.2 RNS 泵入口管线布置，除了安装临时过滤器用法兰连接外，其他均应采取对接焊接，最大程度降低泄漏的可能性。

6.7 乏燃料池冷却系统（SFS）

6.7.1 SFS 系统的水池应有溢流措施。

6.7.2 在正常运行或换料运行期间，SFS 泵从乏燃料池、换料水池、燃料运输通道、装料池、清洗池和安全壳内置换料水箱吸水。泵的布置标高应足够低于每个水池的吸入管线中心标高，确保系统在所有运行期间 SFS 泵有足够的净正吸入压头。

6.7.3 SFS 泵吸入管线端部的标高设置，应防止饱和乏燃料池水在此处发生闪蒸。即使在多台 SFS 泵都运行的时候，泵吸入管线端部的标高设置也能提供足够的水位，将 SFS 泵入口吸空的可能性降到最低。

6.7.4 RNS 泵吸入管线端部的标高应防止饱和乏燃料池水在此处发生闪蒸，同时将 RNS 泵入口吸空的可能性降到最低。

6.7.5 SFS/RNS 回流管道上应设置虹吸破坏管，防止管道破裂时发生虹吸。

6.7.6 SFS 和 RNS 回流管线末端应位于存储的燃料组件上方一定距离，以降低回流对池水清澈度的影响。

6.7.7 SFS 吸入管线和回流管线应布置在乏燃料池相对位置，以使池水得到充分混合。推荐吸入管和回流管安装在乏燃料池的对角线上。

6.7.8 从乏燃料池至每台 SFS 泵的吸水管道的长度均应尽可能短。

6.7.9 泵维修用的隔离阀应尽可能靠近泵，便于维修时操作和减少管道疏水。

6.7.10 乏燃料池的应急补水接管应布置在不受沸腾影响的区域，允许操纵员能够在池水沸腾时不受影响连接应急补水。

6.7.11 SFS 喷淋管嘴的安装应保证最大的有效覆盖面积，并考虑安装操作易于实施。

6.8 安全壳氢气控制系统（VLS）

6.8.1 非能动氢复合器和氢气点火器的布置位置应避免受到飞射物的影响，且应位于最高淹没水位之上。

6.8.2 非能动氢复合器和氢气点火器的位置应便于安装、定期维护和试验。

6.8.3 应避免任何敏感设备或电缆直接布置在非能动氢复合器的排气口之上。

6.8.4 安全壳内氢分析传感器的分布应满足覆盖整体氢气浓度测量的要求。

6.8.5 传感器应安装在氢气可能产生的主要区域和隔间内，且应布置在尽量远离点火器的地方以避免火焰。

6.8.6 氢气点火器的设置应依据安全壳内的氢气分布合理布置，满足以下要求：

- a) 应考虑在氢气可能释放点、主要传播通道（包括主要的自然循环通道）及狭长的隔间等区域设置冗余的氢气点火器，以使氢气在氢释放点附近连续燃烧，从而防止氢气在安全壳内某一区域局部积累；
- b) 对于潜在的氢气释放点，如 IRWST 鼓泡器上方，IRWST 通风口等，点火器应尽可能靠近释放源。

6.9 一回路取样系统（PSS）

6.9.1 就地取样接头的位置应能够提供足够的可接近空间以便获取样品，取样阀应装在便于操作的地方。

6.9.2 手动取样装置应位于安全壳外邻近安全壳的位置，以尽可能减少每个取样点到取样盘的管线长度。

6.9.3 取样冷却器应布置在单独的屏蔽房间内，以降低 LOCA 事故后操作人员进入相邻区域所受的辐照剂量。

6.9.4 RCS 取样隔离电磁阀的安装位置应高于事故后最高淹没水位。

6.9.5 取样管应避免设置在与振动设备直接连接的管道上，如果不可避免，应采取减振措施。

6.9.6 水平布置的气体介质管道上的取样口应设在管道的顶部；在竖直布置的气体管道上，当气体自下而上流动时取样口应向上倾斜 45° ，当气体自上而下流动时取样口应水平设置。

6.9.7 压力输送液体的水平管道上的取样口宜设在管道的顶部或侧面，自流液体的水平管道上的取样口宜设在管道的底部。竖直管道上的液体取样口宜设在介质向上流动的管道上；介质自上而下流动时，除非能保证液体充满取样管，否则不宜在这种情况下设取样点。

6.10 放射性气体废物处理系统（WGS）

6.10.1 延迟床、保护床、气体冷却器等房间应采取屏蔽措施。鉴于潜在的氢气泄漏，这些设备间需考虑通风并设置氢气浓度检测仪。

6.10.2 除因维修需要的螺栓接口或快速接头外，所有设备和管道、管道和管件以及管段之间宜采用对接焊，以防止泄漏或放射性累积。

6.10.3 放射性气体管道的布置应避免凝结水积聚在管道低处。

6.10.4 放射性气体废物处理系统的仪表屏和气体分析仪应相互靠近。

6.11 放射性废液处理系统（WLS）

6.11.1 安全壳地坑应设置围堰，围堰高度应满足防止堆芯熔化物沿周边地板进入地坑。围堰应在房间地面标高处设置合适的疏水孔，以允许地面疏水通过并能阻隔堆芯熔化物。

6.11.2 除维修必需的快速接头或螺纹接口外，所有设备和管道、管道和管件以及管段之间宜采用对接焊接，以防止泄漏或放射性累积。

6.11.3 疏水管线应考虑设置坡度，以便于疏水。

6.11.4 疏水支管应采用斜三通与疏水总管相连。

6.11.5 过滤器、树脂床应设置屏蔽以减少人员辐照。设备排气、疏水、隔离和旁路管线上的手动阀门应设置在放射性屏蔽设施外，或增加远距离操作机构。屏蔽设施应预留检修孔或其他措施以便进行剂量测量。

6.11.6 为便于维修和减少放射性照射，仪表变送器应设置屏蔽或远离主要的放射源。

6.12 放射性废水疏排系统（WRS）

6.12.1 疏水集管进入地坑的部分应浸没于地坑最低液面以下，防止废气逸出。

6.12.2 疏水管线的布置应最大程度减少放射性固体废物的聚集。

6.12.3 疏水支管应采用斜三通与疏水总管相连。

6.12.4 疏水管线应考虑设置坡度，以便于疏水。

6.12.5 疏水管线应设置可接近的清扫口。

6.12.6 疏水管线不应布置在电气设备和电缆桥架上方。

6.12.7 辅助厂房、附属厂房和放射性废物厂房的负压边界区域内疏水管线不应连接至负压区域外。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
非能动压水堆核电厂核岛
主要系统布置准则
NB/T 20370—2016

*

核工业标准化研究所出版发行
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 不得翻印

*

2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷
印数 1—100 定价 44.00 元