

ICS 27.120.20

F 65

备案号: 59646—2017

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20453—2017

非能动压水堆核电厂主冷却剂管道
安装技术规程

Technical regulation for installation of primary reactor coolant piping in passive
pressurized water reactor nuclear power plant

2017 - 04 - 01 发布

2017 - 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 总则.....	1
5 一般规定.....	2
6 接收、开箱检查和贮存.....	3
7 测量及建模.....	3
8 坡口加工.....	3
9 组对.....	3
10 焊接.....	4
11 无损检测.....	5
12 其它要求.....	6
13 水压试验.....	6
14 交工文件.....	6
附录 A（资料性附录） 主管道与主设备连接示意图.....	8

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

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：上海核工程研究设计院和中国核工业第五建设有限公司、国核工程有限公司。

本标准主要起草人：施永兵、关岭松、徐臻、张玉、孔丽朵、董培科、覃明保、李永庆、韩世凯、尹延喜。

非能动压水堆核电厂主冷却剂管道安装技术规程

1 范围

本标准规定了非能动压水堆核电厂反应堆主冷却剂管道安装阶段的技术要求和质量标准,主要包括物项接收、测量与建模、坡口加工、组对、焊接、无损检测等。

本标准适用于非能动压水堆核电厂反应堆主管道的安装。

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。

- NB/T 20002.1 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第1部分:通用要求
- NB/T 20002.2 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第2部分:焊接填充材料的验收
- NB/T 20002.3 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第3部分:焊接工艺评定
- NB/T 20002.4 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第4部分:焊接填充材料评定
- NB/T 20002.6 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第6部分:产品焊接
- NB/T 20003.1 核电厂核岛机械设备无损检测 第1部分:通用要求
- NB/T 20003.3 核电厂核岛机械设备无损检测 第3部分:射线检测
- NB/T 20003.4 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分:渗透检测
- NB/T 20003.7 核电厂核岛机械设备无损检测 第7部分:目视检测
- NB/T 20009.7 压水堆核电厂用焊接材料 第7部分:1、2、3级设备用不锈钢焊丝和填充丝
- NB/T 20047 压水堆核电厂主管道、波动管及其支撑的安装及验收规范
- NB/T 20162 压水堆核电厂核岛机械设备在贮存、安装和启动期间清洁区的建立和维护技术规程
- NB/T 20233 压水堆核电厂核蒸汽供应系统设备的清洁和清洁度要求
- HAF 003 核电厂质量保证安全规定
- HAF 602 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定
- HAF 603 民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主冷却剂管道 primary reactor coolant piping

连接反应堆压力容器、蒸汽发生器和主泵之间的管道,并包括与支管相连的接管嘴,是输送反应堆冷却剂的管道,构成了反应堆冷却剂系统中重要的压力边界,是防止放射性物质向外泄漏的安全屏障,简称主管道。

4 总则

- 4.1 施工单位应取得国家核安全局颁发的民用核安全设备安装许可证。
- 4.2 施工中采用的安全技术、劳动保护和防火、环保措施等，应符合国家现行法规、标准规范的有关规定。
- 4.3 安装工作区域和设备的清洁度应满足设计和 NB/T 20233 的要求。
- 4.4 应制定施工技术文件和质量计划，并经批准。
- 4.5 安装及验收应按照相应的技术文件进行，如无技术文件或规定不明确、不全面时，应执行本标准。

5 一般规定

5.1 人员条件

- 5.1.1 施工人员经相应培训，并获得上岗授权。
- 5.1.2 起重机械操作人员、起重工、电工等特种作业人员应取得国家部门颁发的特种作业许可证。
- 5.1.3 焊工/焊接操作工应根据 HAF 603 的规定，经考核合格，并取得相应资格证书。
- 5.1.4 无损检验人员应根据 HAF 602 的规定，经考核合格，并取得相应资格证书。

5.2 设备条件

- 5.2.1 反应堆压力容器已安装就位并验收合格。
- 5.2.2 主管道已抵达施工现场并验收合格。
- 5.2.3 主管道应先于蒸汽发生器和主泵泵壳吊入蒸汽发生器隔间。
- 5.2.4 蒸汽发生器和主泵泵壳已组焊完成，各接管嘴方位及尺寸验收合格。
- 5.2.5 蒸汽发生器垂直支撑已预装完成。
- 5.2.6 与主管道焊接的反应堆压力容器接管嘴、蒸汽发生器接管嘴、主泵接管嘴坡口符合设计文件的规定，且上述所有坡口及邻近区域的无损检测均已完成并合格。

5.3 材料

- 5.3.1 焊接材料应经复验且合格。
- 5.3.2 焊接消耗性材料应满足设计要求并具有质量证明文件。
- 5.3.3 安装期间清洁和成品保护用的消耗材料，应符合技术要求。

5.4 机具

安装工机具可用，计量器具及检测仪器经检定合格并在有效期内。

5.5 技术文件

- 5.5.1 安装相关设计技术文件及施工图纸有效、齐全。
- 5.5.2 安装施工方案和质量计划等技术文件齐全且经批准。
- 5.5.3 焊接有关的焊接工艺经过评定并经批准。

5.6 环境

- 5.6.1 施工场地、水源、电源、气源、照明、通风、防火、吊装运输通道等应满足施工作业要求。
- 5.6.2 安装期间应建立控制区。
- 5.6.3 当焊接场地（施焊部位半径 1.5m 范围内）出现：风速大于等于 2m/s（气体保护焊）或下雨、下雪或相对湿度大于等于 90%任一情况时，如无有效防护措施不得焊接。

5.6.4 户外吊装作业时风速不应超过 38km/h。

5.6.5 物项在吊装、运输、安装过程中应采取保护措施，避免物项损坏。

6 接收、开箱检查和贮存

6.1 接收、开箱检查

6.1.1 物项接收时应进行检查，使用的包装方式和保护措施与技术文件一致，包装完整不应有碰撞和开启，不应被水侵、油侵蚀和污物污染，不应有高温烘烤痕迹，标识应无剥落。

6.1.2 开箱后应先检查物项的固定点应无松动，否则应增加必要的检查内容。

6.1.3 检查主管道及附件的所有表面，应无碰撞、损伤和变形。

6.1.4 检查主管道上的保护盖板、堵头和盲板应完好。

6.1.5 根据装箱清单核查技术文件是否齐全，包括产品竣工图、产品质量证明书等。

6.1.6 核查产品名称、数量、规格、标识、包装等。

6.1.7 检查产品外观和接口尺寸，应符合技术文件要求。

6.1.8 填写开箱检查记录。

6.2 贮存

开箱检验后应及时进行保护，并按技术文件要求贮存，贮存区应便于吊装运输。

7 测量及建模

7.1 测量反应堆压力容器、蒸汽发生器/主泵的与主管道安装相关的竣工尺寸及其相关位置关系尺寸。

7.2 测量与安装相关的主管道竣工尺寸。

7.3 根据 7.1、7.2 测量数据建立安装数据模型。

7.4 按照反应堆压力容器、蒸汽发生器/主泵和主管道设计位置关系，并结合 7.1、7.2 测量数据，确定主管道切割位置。

8 坡口加工

8.1 根据 7.4 确定反应堆压力容器侧主管道切割位置并进行切割和坡口加工。

8.2 反应堆压力容器侧主管道焊接完成 50%后坡口加工前应复测蒸汽发生器/主泵侧主管道数据，重新拟合模型，最终确定蒸汽发生器/主泵侧主管道切割位置，并进行切割和坡口加工。

8.3 坡口应采用机械加工，坡口尺寸应满足设计要求。

9 组对

9.1 与压力容器管嘴连接组对

9.1.1 在组对前，应完成如下检查：

- a) 反应堆压力容器接管嘴坡口应完好无损；
- b) 对反应堆压力容器接管嘴坡口及邻近区域的无损检测资料进行审查。

9.1.2 主管道组对应满足：

- a) 组对间隙应不超过焊接工艺评定时允许的最大间隙；

- b) 主管道与反应堆压力容器接管嘴内壁组对错边量, 不应超过 0.8mm。

9.2 与蒸汽发生器/主泵接管嘴组对

9.2.1 组对应在主管道坡口精加工完成后进行。

9.2.2 在组对前, 应完成如下检查:

- a) 蒸汽发生器/主泵接管嘴坡口应完好无损;
- b) 对蒸汽发生器/主泵接管嘴坡口及邻近区域的无损检测资料进行审查。

9.2.3 蒸汽发生器/主泵组对过程中, 避免损坏任何坡口。

9.2.4 在主管道热段与蒸汽发生器接管嘴组对, 或主管道冷段与主泵接管嘴组对时, 主管道热段和主管道冷段应处在自然状态(即与反应堆压力容器接管嘴焊接至要求状态), 避免强行组对。

9.2.5 蒸汽发生器应处在垂直状态, 主泵主法兰面应处在水平状态。

9.2.6 主管道热段与蒸汽发生器接管嘴组对, 或者主管道冷段与主泵接管嘴组对要求应满足:

- a) 组对间隙应不超过主管道安装焊接工艺评定时允许的最大间隙;
- b) 主管道热段与蒸汽发生器进口接管嘴或主管道冷段与主泵出口接管嘴内壁组对错边量, 不应超过 0.8mm。

10 焊接

10.1 通用要求

10.1.1 焊接应符合 NB/T 20002.1 和 NB/T 20002.6 的规定。

10.1.2 焊接填充焊材验收应符合 NB/T 20002.2 的规定。

10.1.3 焊接工艺评定应符合 NB/T 20002.3 的规定。

10.1.4 焊接填充焊材评定应符合 NB/T 20002.4 的规定。

10.1.5 主管道与反应堆压力容器接管嘴焊接时, 不应限制主管道热段和冷段适应焊口收缩的移动。主管道与蒸汽发生器/主泵接管嘴焊接时, 不应限制蒸汽发生器适应焊口收缩向反应堆方向自由移动。

10.1.6 当母材表面温度低于 10℃时, 不应进行相关的焊接。

10.1.7 主管道与反应堆压力容器、蒸汽发生器/主泵焊缝宜采用全自动 TIG 焊, 定位焊或返修焊也可采用手动 TIG 焊。焊接道间温度应低于 177℃。

10.1.8 所有焊接, 包括定位焊, 应按照已经评定合格的焊接工艺并且由合格的焊工或焊接操作工完成。

10.1.9 焊缝标识应使用钝头压印或振动蚀刻工具, 标识后管道的壁厚不小于设计要求的最小壁厚。

10.2 焊缝表面

10.2.1 焊缝最终表面应进行打磨和抛光, 焊缝和邻近区域的表面抛光后粗糙度不应大于 3.2 μm , 焊缝表面还应满足无损检测的要求。

10.2.2 焊缝表面应与邻近母材表面平滑过渡, 不应出现棱角, 余高满足要求。

10.2.3 当主管道和设备接管嘴外表面存在错边时, 允许采用焊缝平缓过渡, 过渡坡度不得大于 1:3。

10.3 焊缝的返修

10.3.1 如发现焊缝中存在不允许的缺陷, 应清除。必要时应进行返修, 返修需采用合格的焊接工艺且经批准。

10.3.2 焊缝表面缺陷的清除。焊缝的表面缺陷可采用打磨或机械加工方法清除, 但应满足下列要求:

- a) 缺陷清除后, 应与周围表面平滑过渡, 不应有任何异物残留在管道内;

- b) 缺陷清除部位应进行液体渗透检测，检测结果应合格；
- c) 清除缺陷后的厚度不小于设计要求的最小壁厚。

10.3.3 焊缝中缺陷的清除与返修：

- a) 应采用机械方法清除缺陷，并进行无损检测，确保缺陷彻底清除；
- b) 焊缝补焊应有相应的工艺评定和工艺规程；
- c) 焊缝返修所用的焊接材料和焊工资格与原焊缝要求相同；
- d) 返修后的焊缝应按原焊缝的技术要求重新检验并合格。

10.3.4 焊缝同一部位的返修补焊次数不宜超过两次。

10.4 见证件

10.4.1 设置一个主管道热段环焊缝焊接见证件，见证件材料应取自与主管道同一炉（批）号材料，并应与其具有相同的制造工艺；应选用与产品焊缝所用同一炉（批）号的焊材；采用与正式产品相同的坡口、焊接工艺、焊接条件，并由焊接产品的同一焊工或焊接操作工完成。

10.4.2 见证件应在主管道热段与第一个蒸汽发生器焊接完成 50% 后开始焊接。

10.4.3 见证件应采用 6G 位置（焊接方位与主管道热段和蒸汽发生器焊接方位相同）进行焊接。

10.5 监测

10.5.1 在主管道与压力容器接管嘴焊接时，应监测主管道蒸汽发生器侧端口的位置变化。

10.5.2 应对每个焊口的焊缝收缩量进行测量，按如下要求：

- a) 测量时机：封底焊完成后、焊至约 15mm、50% 和 100% 焊缝厚度时；
- b) 测量时温度：焊缝和邻近区域接近常温；
- c) 测量部位：每个焊口的 12 点钟、9 点钟、6 点钟、3 点钟位置；
- d) 测量基准点：位置确定后不可更改。

10.5.3 主管道与蒸汽发生器/主泵接管嘴焊接时，应从正交两个方向监测蒸汽发生器垂直度和主泵主法兰平面的水平度。

11 无损检测

11.1 无损检测方法

无损检测方法应符合 NB/T 20003.1 的要求，射线检测应满足 NB/T 20003.3 的要求，渗透检测应满足 NB/T 20003.4 的要求，目视检测应满足 NB/T 20003.7 的要求。

11.2 坡口处无损检测

坡口加工完成后应对坡口表面及邻近母材 15mm 区域进行 100% 液体渗透检测。

11.3 焊缝无损检测

11.3.1 根部封底焊缝应进行 100% 目视检测。

11.3.2 焊缝熔敷金属厚度约为 15mm 厚度时，应进行目视检测、液体渗透检测和射线检测。

11.3.3 焊缝熔敷金属厚度约为 50% 厚度时，应进行目视检测、液体渗透检测和射线检测。

11.3.4 当焊缝焊完修整后，应对焊缝内外表面及焊缝每边至少 15mm 范围内的母材进行目视检测、液体渗透检测，合格后进行射线检测。

11.4 其它无损检测

定位点固焊去除后，应对点固焊位置和主管道焊缝背面进行打磨抛光，所有磨削表面应进行100%目视检测和液体渗透检测并合格。

11.5 验收准则

无损检测验收准则按11.1的要求验收。

12 其它要求

12.1 机加工

12.1.1 焊接坡口修磨、焊缝表面磨平和抛光、无损检测的需要或用来去除划痕或表面缺陷时可采用磨削，磨削应服从以下限制：

- a) 磨削不应引起材料变色；
- b) 磨料应为碳化硅或氧化铝，所有磨料应是未使用过的或此前仅在奥氏体不锈钢或镍基合金上使用过的；
- c) 应使用逐级细化的磨粒打磨表面从而清除大部分冷作硬化表层的方法；在确认已将前一级打磨的痕迹去除后才更换下一级磨料进行下一级打磨；最后使用的磨粒尺寸应为 120#或更细；

12.1.2 机加工、磨削加工后焊缝和母材厚度均不小于设计要求的最小壁厚。

12.2 清洁

12.2.1 安装期间应根据 NB/T 20162 建立和维护清洁区。

12.2.2 坡口加工应及时清除润滑油、冷却液等残留物。

12.2.3 安装中应保持管道内外表面的清洁。

12.2.4 无损检测后，应清除表面残留物。

12.2.5 吊装、运输、安装过程中应采取保护措施，避免被铁基材料、卤化物材料等污染。

13 水压试验

安装后应进行水压试验，该试验可与系统水压试验同时进行。

14 交工文件

主管道安装后应至少提交下列文件、记录或报告：

- a) 测量报告；
- b) 无损检测报告；
- c) 焊材质量证明文件及复验报告；
- d) 质量计划及施工记录；
- e) 焊工资格汇总表；
- f) 焊接工艺评定报告编号；
- g) 产品焊缝见证件试验报告；
- h) 变更文件及不符合项报告（如有）；
- i) 焊缝返修报告（如有）；
- j) 材料代换记录（如有）。

附录 A
(资料性附录)
主管道与主设备连接示意图 (见图 A.1、图 A.2)

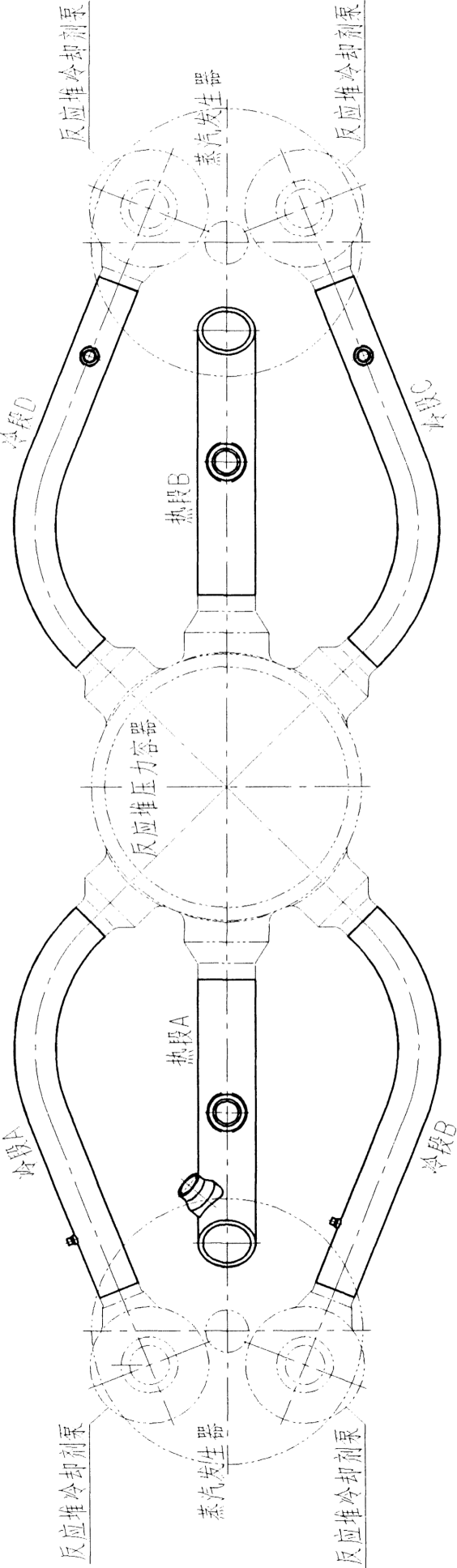


图 A.1 俯视图示意图

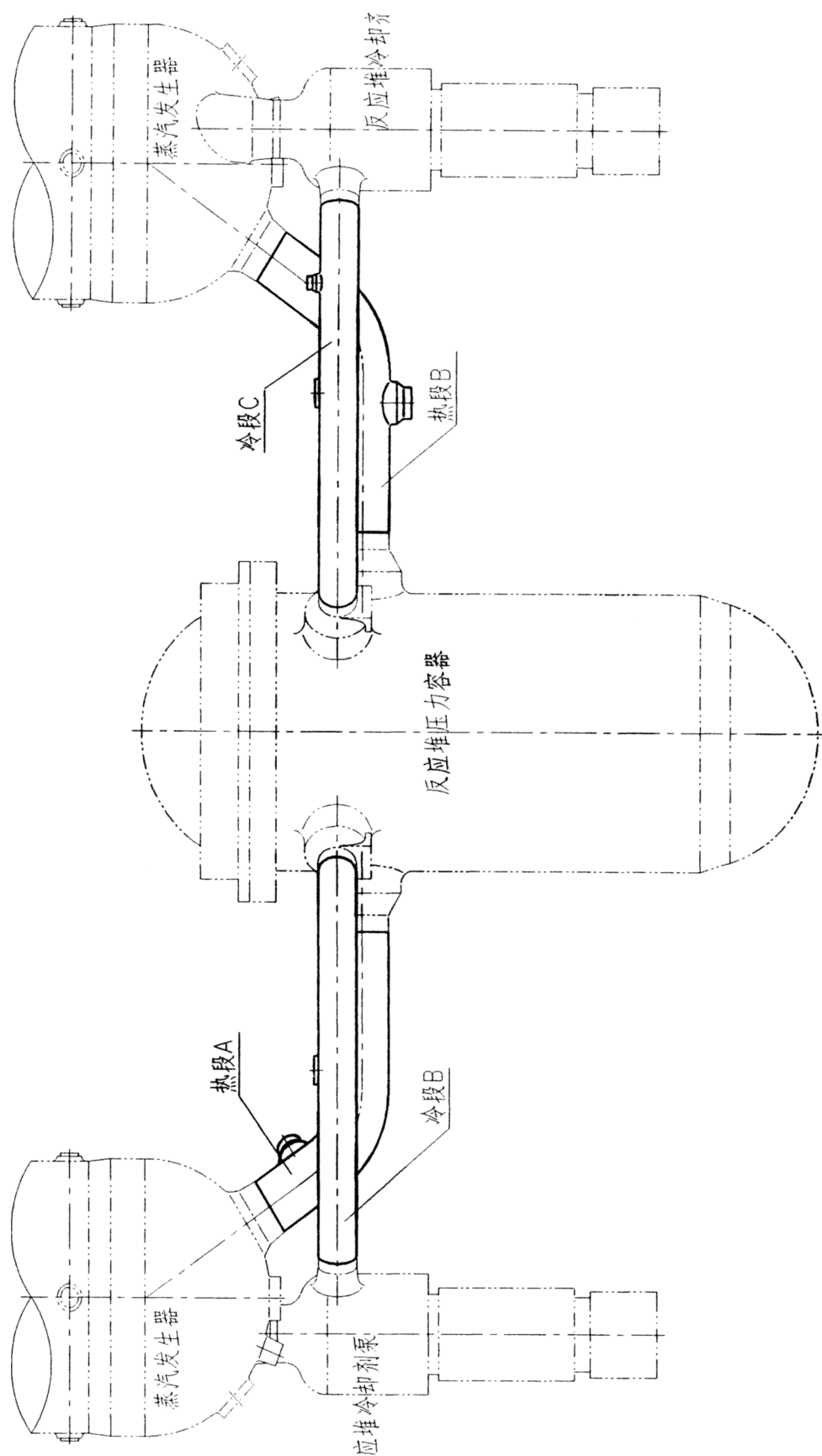


图 A.2 立面示意图

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
非能动压水堆核电厂主冷却剂管道
安装技术规程

NB/T 20453—2017

*

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

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2017年10月第1版 2017年10月第1次印刷

印数 1—50

定价 25.00 元