ICS 27.120.20

CCS F 65

中国核学会团体标准

T/CNS XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|  |

高温气冷堆核动力厂一回路压力容器制造要求

Technical code for manufacture requirement of primary circuit pressure vessels for high-temperature gas-cooled reactor nuclear power plants

|  |
| --- |
| 报批稿 |
| 本稿完成日期：2025年7月 |

T/CNS

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX – XX 实施

中国核学会   发布

目  次

[前  言 II](#_Toc105490286)

[1 范围 3](#_Toc1301228027)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc1913472388)

[3 术语和定义 3](#_Toc1162811291)

[4 一回路压力容器的技术参数 4](#_Toc1268180137)

[5 一回路压力容器制造要求总则 5](#_Toc528366084)

[6 设备材料 6](#_Toc403893443)

[7 制造要求 8](#_Toc41288334)

[8 清洁度和清理要求 18](#_Toc295811557)

[9 出厂 20](#_Toc280195694)

[10 质量保证和质量控制 22](#_Toc1964874834)

前  言

本文件按照GB/T 1.1－2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：清华大学核能与新能源技术研究院、中核能源科技有限公司。

本文件主要起草人员：张征明、张易阳、傅激扬。

高温气冷堆核动力厂一回路压力容器制造要求

1. 范围

高温气冷堆一回路压力容器由反应堆压力容器、蒸汽发生器壳体、热气导管壳体三个承压容器组成，本文件规定了高温气冷堆核电厂一回路压力容器制造的最低要求。

本文件适用于高温气冷堆核电厂一回路压力容器的制造。在制造活动中，除需满足本准则要求外，还需遵循国家核安全法规和导则的相关要求。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

HAF003-1991 核电厂质量保证安全规定

HAF102-2016 核动力厂设计安全规定

HAF103-2004 核动力厂调试和运行安全规定

HAF601-2008 民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定

民用核安全设备无损检验人员资格管理规定(2019-06-13生态环境部部令第6号)

民用核安全设备焊接人员资格管理规定(2019-06-12生态环境部部令第5号)

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



紧固件 fasteners

包含螺栓、螺母、垫圈的一套螺纹连接件。



热处理 heat treatment

一种金属热加工工艺，通过控制加热、保温、冷却等过程，改变金属材料内部组织结构，从而改善材料性能。

韧性 toughness

表征材料阻止裂纹扩展的能力，是度量材料防脆性断裂的一个定量指标。

焊接工艺评定 welding process qualification

为验证所拟定的焊接工艺的正确性而进行的试验过程及结果评定。

焊接见证件 welding witnesses

为了验证产品焊缝质量的一致性，并保证与由焊接工艺评定所确定的操作工艺相一致，在焊接生产过程中制备的单独的产品焊缝。

无损检测 non-destructive inspection

在不损害或不影响被检对象使用性能的前提下，检测被检对象中是否存在缺陷或不均匀性，给出缺陷的大小、位置、性质和数量等信息，进而判断被检对象所处的技术状态的技术。

清洁度 cleanliness

表示产品在清洗后在其表面上残留的污物的量。

动载荷 dynamic loads

指随时间明显变化的载荷。

1. 一回路压力容器的技术参数
   1. 安全等级、质量保证等级和抗震类别
2. 安全等级 1级
3. 质保等级 QA1级
4. 抗震类别 Ⅰ类
   1. 设计参数
5. 工作压力 7.0MPa（绝对压力）
6. 工作温度 250℃
7. 设计压力 8.0MPa（表压）
8. 设计温度 350℃
9. 水压试验压力 10. 1MPa（表压）
10. 气压试验压力 8.9MPa（表压）（仅针对蒸汽发生器壳体）
11. 工作介质 氦气
12. 设计寿期 60年
    1. 使用环境
13. 容器外压力 常压
14. 容器外气氛 空气
15. 容器外环境温度 ≤200℃
16. 一回路压力容器制造要求总则
    1. 设计需提供的文件

设计院需向供货方提供的输入文件包括：

1. 设计图册
2. 设备规格书
3. 制造技术条件，包括以下几类：
   1. 材料类（含主要的锻件、紧固件、焊材）技术条件
   2. 金属密封环技术条件
   3. 焊接类（含焊接、焊接见证件、焊接工艺评定）技术条件
   4. 无损检测类（含超声、射线、磁粉、渗透）技术条件
   5. 压力试验技术条件
   6. 供货范围

供货方按设计图册及设备规格书的要求供货，具体数量由采购合同确定。

供货方承担的项目主要包括：

1. 制造工艺流程以及相关的检测和试验的制订；
2. 材料和配套件的采购定货（含密封环的定购）；
3. 焊接工艺评定、焊工资质评定、焊缝超声标定试块的设计和制作、焊接见证件的制作等与焊接相关的工艺过程；
4. 在制造厂内使用的工装、吊具的设计和制作；
5. 防锈油和可剥落涂层的采购定货；
6. 用于压力试验的盲板及工装的设计和制作；
7. 压力试验及试验中的应变和变形测量；
8. 包装设计和制作；
9. 最终出厂清洁；
10. 包装发运。

供货方提供的文件和服务主要包括：

1. 现场服务，包括：负责在设备储存及运输、现场安装及试验、以及满功率运行后的保证期中出现的技术问题和制造质量问题的处理，及有关的咨询服务。
2. 为业主、订货方的驻厂代表，及设计单位驻厂代表人员提供有关的文件资料及了解产品的制造进展，在工作和生活上提供一切必须的协助；
3. 向订货方提供产品制造过程的质量证明文件，以及检测、试验的相关资料及结果报告；
4. 按合同有关规定，分批、分期向订货方提供有关的技术资料，进行认可及备案；
5. 按合同有关规定，安排代表见证点，组织订货方授权检测人员在制造现场进行见证；
6. 发货时，提供产品供货的竣工图、零件清单和装箱单；
7. 建立符合核安全要求的质量保证体系，制定供货方的质保大纲及有关各种程序，并接受监管部门和订货方的质保审查和监督。
8. 设备材料
   1. 金属材料的制造要求

总则

1. 承压材料以及同它们焊接的材料，应符合所采用的技术规范中所列相应材料技术条件的要求，还必须符合所采用的技术规范中对所采用的材料规定的制造要求，但非结构附件和临时性附件所使用的材料和焊接材料除外。
2. 安全级的承压材料应具有材料鉴定试验报告，安全级的非承压材料也应具有材料鉴定试验报告，对所有非安全级的材料可用合格证书来代替材料鉴定试验报告。
3. 非结构附件和临时附件，如铭牌等，应使用有质量合格证明的材料，且必须符合所采用的技术规范中对非结构附件和临时附件的制造规定。
4. 非承压边界的零部件诸如导向杆、螺栓伸长测量杆等可以按相应的国内标准采购原材料，可以参照适用的国家标准进行制造。
5. 材料热处理应遵循所采用的技术规范中的相关要求。
6. 在焊后热处理情况下，铁素体钢试验材料在几次热处理（在某一个温度或几个热处理温度下）的总保温时间至少应为产品的实际焊后热处理总保温时间的80％。试验材料、试块的总保温时间，可以在一次循环中完成。
7. 材料断裂韧性要求：
   1. 承压材料和同它焊接的材料应满足所采用的技术规范中的有关规定。
   2. 材料的无延性转变参考温度RTNDT按照所采用的技术规范中的规定确定。由落锤试验和夏比缺口冲击试验确定承压材料（SA508-3-1钢锻件）的参考温度限值不高于-20℃；在参考温度＋33℃或低于该温度下做夏比V型缺口冲击试验，吸收能不小于68J、横向膨胀量不小于0.9mm。
   3. 螺栓连接件材料（SA540-B24-Gr3钢锻棒）试验要求按照所采用的技术规范中的规定。冲击试样的试验温度应不高于20℃。3个试样的横向膨胀量不小于0.65mm，并测定吸收能。

适用的材料牌号

1. 承压边界主体材料选用ASME规范SA508-3-1钢锻件，对于蒸汽发生器壳体，承压边界主体材料还包括ASME规范Incoloy 800H钢锻件。承压边界紧固件选用ASME规范SA540-B24-Gr3钢锻棒，对于蒸汽发生器壳体，承压边界紧固件材料还包括ASME规范I SB-637钢锻棒。可根据其它技术规范选用与它们相对应的材料。这些材料应符合对应的材料技术条件的要求，其中，反应堆压力容器堆芯环带材料对Cu、V、P、S的含量有特殊限制。
2. 非承压材料可以选用国标牌号，非结构附件的材料应和相连接的材料相容。这些材料均应经过鉴定，并适于焊接。
   1. 焊接材料的制造要求

焊接材料遵循的法规

焊接材料的采购、验收，应符合所采用的技术规范中相应的焊材性能要求及制造求，而在焊接接头中用于垫环或垫板的焊接材料除外。焊接材料供货方必须提供合格的焊接材料质量证明书，设备供货方按焊接材料质量证明书进行验收。

非承压边界的零部件的焊接材料可按相应国家标准进行采购和验收。

适用的焊接材料

应根据所采用的技术规范选用适用的焊接材料，并应符合对应的焊接材料技术条件的要求。异种母材焊接的焊材在制造方进行焊接工艺评定后再确定。

焊接材料试验

1. 焊接材料应根据所采用的技术规范的要求开展试验，并应符合对应的焊接材料技术条件的要求。试验主要包括：机械性能试验、熔焊金属化学成份分析、奥氏体不锈钢焊接材料的熔焊金属中δ铁素体的测定。
2. 对每一批药皮焊条，对用于埋弧焊（SAW）和电渣堆焊（ESW）工艺的光焊丝的炉号和焊剂批号的每个组合应进行焊接材料试验。
3. 试块应在焊后状态进行试验。当产品焊缝经受焊后热处理时，则试块应在适用的焊后热处理状态下进行试验。焊后热处理的保温时间至少应等于相应产品焊缝金属的最长保温时间的80％。热处理温度应与产品焊缝金属相同，偏差不应超过±10°C。
4. 如有任一试验结果没有满足要求时，应进行复试，试验应加倍重新进行，试验结果应满足规定要求。复试试样可从原试验件上切取，或从一个或两个新的试验件上取样。
   1. 反应堆压力容器辐照监督试板的制造要求

本节仅适用于反应堆压力容器。

总的要求

应从代表压力容器上筒体环焊缝的全产品厚度的焊接件上制备辐照监督试板。它们取自反应堆压力容器上筒体材料的延伸部位。试件应包括母材，焊缝金属和热影响区。

数量及尺寸要求

应根据反应堆压力容器的服役年限及反应堆压力容器辐照监督设计方案确定试板的尺寸和数量。

制作要求

1. 材料应从堆芯环带区材料上制取。供货方向订货方提交该处所进行的全部焊后热处理的实际时间和温度，包括中间的和最终的焊后热处理资料。
2. 在焊接试件时，所使用的填充焊丝和焊剂应与用于该处焊缝的填充焊丝炉号和熔剂批号相同，焊接工艺也应与该处焊缝相同。
3. 辐照监督试件(包括母材、焊缝和热影响区)可进行单独的模拟焊后热处理。这个热处理与该处材料经受的中间和最终的焊后热处理的总时间和温度应相同。试板焊接前及焊接后应该按产品的要求进行无损检测并合格。
4. 如果反应堆压力容器供货方负责制作监督材料试样，则监督材料试样的加工按照订货方的规定进行，并按合同规定时发送监督试件给订货单位。
   1. 焊接见证件材料的制造要求

根据设备的具体结构形式选取有代表性的焊接结构制作焊接见证件，产品焊接见证试验件的尺寸和配置，并应符合对应的焊接见证件技术条件的要求。

* 1. 母材档案材料的制造要求

根据设备的具体结构形式选取有代表性的部件制作档案材料。档案材料应备具有全产品厚度，应取自为制造该部件所用的同炉号材料（锻件的锻造方向应与部件所用材料相同），材料的长宽尺寸应能满足进行2次材料技术条件中规定的全部检测试验所需的用料。

只有当设备实际加工过程中的热处理有所偏离或不能被锻件验收的模拟焊后热处理条件所涵盖的情况下，才需要进行模拟设备实际加工过程的热处理并取样进行试验；否则，母材档案材料应以供方来料状态（调质态）随设备一同交付业主，不需在设备制造厂与产品随炉热处理并取样试验。

* 1. 不允许的材料的要求

所有与反应堆主回路工作介质接触的材料，不应使用低熔点材料作为合金成份，如铅、锌、镉、锡、锑、汞、铋、硫和它们的化合物。

1. 制造要求

除了满足设计图纸及所采用的技术规范中规定的制造要求外，本章的规定也应得到满足。

* 1. 成型、装配、对中和焊缝

如果筒体分段制造，应采取措施保证各段椭圆度。各段对接应限制错边，钝边错边量应满足图纸要求。完工焊缝表面不允许有咬边。筒体整体连接后，椭圆度及同轴度度按照设计图纸要求。

焊缝的一般要求：

1. 管嘴焊缝型式见设计图纸。
2. 零部件图的所有焊缝坡口型式、尺寸以及堆焊的节点细节，允许采用工厂经过焊接工艺评定的焊接工艺规程(WPS)中采用的焊缝坡口和堆焊节点细节。
3. 对于主体结构中的环焊缝，这些焊缝的制作、检测和修补，除符合所采用的技术规范中的焊缝要求之外，还应满足焊接技术条件中的要求，以保证这些焊缝的质量。
4. 制造者必须采取必要的措施，保证承压边界开孔与主焊缝之间的距离必须大于下列两值中的较小值：
   1. 3e(e为需焊接部位的最大壁厚)
   2. 100mm

这一距离，以主焊缝边缘和开孔焊缝边缘之间的距离测定。

* 1. 焊接

许可的焊接工艺类型

如下的焊接工艺类型是许可的：

1. 埋弧焊(SAW)
2. 手工电弧焊(SMAW)
3. 电渣堆焊(ESW)或埋弧堆焊(SASW)
4. 手工氩弧(堆)焊(GTAW)
5. 熔化极气体保护电弧焊(GMAW)
6. 钨极气体保护电弧焊(GTAW)

异种材料的焊接

应列出各设备采用异种材料焊接的部位。

异种母材焊接的焊材，由制造方根据情况在所采用的技术规范中进行选择，并在进行焊接工艺评定后再最终确定。

这些异种材料焊接的焊缝质量，至少应包括：

1. 承压焊缝强度应满足设计要求，或与进行焊接的母材一致。
2. 承压焊缝韧性应满足设计要求，对于低合金钢母材的热影响区，应实测CV冲击值及侧膨胀量。
3. 如果采用先在一侧母材上堆焊，然后进行焊缝焊接的工艺，则堆焊层及焊材的型号、强度、检测要求，由制造方制订，并经设计方讨论后认可。
4. 焊接工艺规程、焊缝质量，必须经过制造方在进行焊接工艺评定后，经过有关各方的分析、论证，再最终确定，然后在设备制造中施行。

法兰面不锈钢堆焊层

法兰密封面要求进行不锈钢堆焊。在堆焊时可应用带极堆焊(ESW) 、钨极氩弧焊（GTAW）等适用的堆焊工艺，在小半径和整补区域应用手工堆焊。焊接材料及堆焊层质量应符合相关技术条件的要求。第一层堆焊E309L或ER309L或EQ309L，第二层及以后各层堆焊E308L或ER308L或EQ308L。

堆焊层厚度(包括开槽深度在内)在机加工后应不小于图纸所标值。应采用机械法或超声法测定堆焊层或其它预堆边的厚度，并进行记录。

焊接评定

1. 设备制造中所使用的焊接工艺规程应符合焊接工艺评定的要求。焊接工艺评定应符合所采用的技术规范及对应的技术条件的规定。

设备制造中所使用的焊接工艺规程至少应包含下列资料：

* 1. 电焊条或填充金属和焊剂的牌号规格；
  2. 焊接工艺规程适用的焊接位置和方法；
  3. 适用的母材规格牌号；
  4. 焊接电流特性、极性、电流、电压和焊接速度（仅针对机械焊或自动焊要求提供焊接速度）；
  5. 表示实际的焊缝几何形状和焊道熔敷程序的简图，焊枪运行和摆动形式的措施；
  6. 清理；
  7. 产品焊缝的检测方法和验收标准；
  8. 焊缝接头根部一侧的处理；
  9. 预热温度范围；
  10. 层间温度范围；
  11. 焊后热处理工艺。

1. 焊工和焊接操作工应持有有关部门颁发的相应类别焊工资格证，培训、考核、取证和续证应按照监管部门颁布的民用核安全设备焊接人员资格管理规定、民用核安全设备焊工焊接操作工技能评定的要求执行。
2. 非承压边界的零部件可按相应国家标准进行焊接工艺评定。

产品焊缝的试验

承压焊缝和堆焊层的焊接质量，应通过代表产品承压焊缝和堆焊层的焊接见证试板的破坏性试验来检测。

焊缝的制作、检测和补焊

1. 焊前应采取的措施，诸如焊接材料的识别、贮存和管理以及焊接表面的清洁度和保护等应按所采用的技术规范的要求进行。

在进行密封面不锈钢堆焊及加工，应采取措施保持工作区的清洁，防止可能的外界污染。焊接及加工完成之后，应采取措施对这些部位进行防护。

1. 在不改变设计图中规定的焊缝型式的前提下，焊缝坡口的具体形状和尺寸可由制造厂确定，而不必报设计方认可。
2. 焊接接头的制作应按所采用的技术规范的要求进行，完工焊缝表面不允许有咬边。禁止在设备表面上起弧。
3. 承压全焊透焊缝的根部打底焊一侧焊口焊完后，应在焊缝另一侧挑焊根或打磨至完好的金属表面，然后施焊另一侧焊口。
4. 焊缝金属缺陷的修补，应符合所采用的技术规范的规定。同一部位的焊缝金属缺陷的修补应不超过 2次。所有对母材和重要焊缝的修补，都应提出修补报告，并提交订货方。
5. 焊缝金属通常不允许锤击，为了使变形减到最小，可以进行有控制的锤击。除非焊缝进行焊后热处理，否则第一道焊层和焊缝金属的根部，以及最后一层焊缝都不得采用锤击。
6. 只有在满足下列要求时，才许可在承压零件上焊接临时性附件：
   1. 附件材料应适合于焊接，焊接材料应与相连接材料相容。
   2. 焊接工艺和焊工应按规定评定合格。
   3. 当所采用的技术规范有要求时，附件焊缝应进行焊后热处理。最终焊后热处理之后不得在承压母材上进行任何焊接。
   4. 临时附件的焊缝应用机加工、打磨的方法清除，焊缝区表面应与周围表面平滑过渡、无凹陷、咬边等，并进行磁粉检测或渗透检测，应无裂纹和其他不允许的缺陷。
   5. 临时附件的焊接及其焊接位置等应作出相应的记录提交订货方。
7. 焊接完成之后，对焊缝表面要进行最终加工，以便实施规定的无损检测，焊缝表面必须符合无损检测的要求。对于焊缝的最终加工，特别是对不锈钢焊缝或堆焊层所采用的砂轮等工具都必须满足清洁要求，不影响焊缝质量。用打磨方法加工碳钢或合金钢焊缝时，必须防止邻近的不锈钢零件或堆焊层被喷溅物污染。

焊缝的标识

所有承压边界的焊缝，均应根据设计方规定的焊缝标识规则进行标识，并应提供对应的焊缝标识图。

* 1. 热处理

基本要求

应按所采用的技术规范中的要求进行。热处理阶段包括：

1. 焊接预热；
2. 最终焊后热处理；
3. 中间的焊后热处理；
4. 焊后进行消氢热处理。

焊接预热最低温度

对于SA508-3-1锻件等承压材料，推荐焊接预热温度为120℃，并且至少在距焊缝50mm的区域内都要达到预热温度。

焊接的层间温度限制

1. 对不锈钢材料，层间温度建议应低于180℃。
2. 对于碳钢与合金钢材料，层间温度建议应低于350℃。

热处理制度

热处理制度由供货方制定，并由订货方进行必要的审查。热处理制度至少应包括下列内容：

1. 加热和冷却速率。
2. 冷却介质温度范围。
3. 温度控制。
4. 热处理时间。
5. 淬火最终的最厚截面的温升。
6. 回火操作的温度。
7. 奥氏体化和回火的保温时间。

焊缝焊后热处理的保温温度范围

建议为595～625℃。炉温温度在300℃以上时的升温和降温冷却速率，不大于每小时55℃。

* 1. 加工

表面粗糙度

1. 如无特殊规定，法兰堆焊层处密封环作用区域的表面粗糙度要求为Ra0.8μm。
2. 如无特殊规定，螺纹表面（精加工后）的粗糙度求为Ra3.2μm。
3. 未标粗糙度的加工表面的粗糙度最大为Ra6.3μm、非加工表面的粗糙度最大为Ra12.5μm。
4. 需实施在役检查的焊缝，其外表面的表面粗糙度应达到Ra6.3μm。对于对接焊缝，焊缝中心线两侧各2.25t+50mm（t为壁厚，mm）的范围内应达到此要求，且不平度≤0.5mm；对于角焊缝，表面粗糙度可参考对接焊缝的要求，壳侧的t取壳体壁厚、接管侧的t取接管壁厚。

需实施在役检查焊缝的范围：

* 1. 所有承压边界焊缝，包括承压边界上的对接焊缝和角焊缝。
  2. 所有支承结构（包括承重支承和侧向支承）的焊缝。
  3. 所有吊装结构（包括顶盖处的吊耳、筒体处的翻身吊耳）的焊缝。

尺寸和公差

1. 机加工自由尺寸公差为GB/T1804-2000的m级，非机加工自由尺寸公差为GB/T 1804-2000的c级（不含紧固件），未标注的形状和位置公差按GB/T 1184-1996的K级公差执行（不含紧固件）。
2. 主螺栓、主螺母和主螺纹孔的螺纹公差应符合设计图纸规定的精度。未标注的螺纹基本尺寸按GB/T 196-2003执行、公差按GB/T 197-2018执行，未标注的内螺纹公差按6H执行、外螺纹公差按6g执行。
3. 对于螺纹孔，未注预钻孔的深度按GB/T3-1997的标准加工，肩距A按标准中表3中“一般”一列取值；螺纹孔端面的未注螺纹倒角按1/2×螺纹牙距、向上圆整后的尺寸确定。
4. 对于一定尺寸的螺栓、螺纹孔，可去除参与咬合部分的螺栓和螺纹孔顶端3/4圈不完整螺纹，不参与咬合的螺纹端无需去除。

表面处理

1. 承压边界及支承结构（不包括附件）中的合金钢紧固件应进行锰基磷化处理。供货方可参考相关标准制定磷化工艺程序。磷化前应对工件脱脂、去除氧化物和冲洗，最后对工件进行冲洗、钝化和干燥。磷化层应为厚度5～10μm的磷酸锰覆层，磷化层应连续、均匀、细致，允许有轻微的水迹、钝化痕迹、擦白或少量挂灰现象，不允许有疏松、锈蚀、绿斑、表面严重挂灰等现象。

在对制作完成的磷化层进行检查时，允许存在一定的裸点，裸点的定量标准为：

* 1. 螺纹区域不允许存在任何裸点；
  2. 非螺纹区域的裸点数量不超过3个；
  3. 非螺纹区域各裸点面积均不得超过φ2mm（圆形）或2×2mm（非圆形）。裸点区域应涂覆防锈油进行保护。

考虑到磷化层在紧固件存储、转运、试验过程中容易出现脱落现象，紧固件的磷化层在出厂前允许有不大于2%的脱落面积，磷化层脱落区域应涂覆防锈油进行保护。

1. 对于金属密封环，供货商应根据使用要求制定适用的表面处理工艺。

紧固件和螺纹孔的特殊要求

1. 除图中特别注明外，螺栓螺纹至光杆的过渡区域允许有退刀槽。
2. 除图中特别注明外，螺纹孔端面按0.5×螺牙并圆整的尺寸进行倒角，螺纹预钻孔的深度按GB/T 3-1997执行。
3. 螺栓等轴类零件可以按照GB/T 145-2001制作中心定位孔。
4. 对于螺栓，可去除参与咬合部分的端头的不完整螺纹，不参与咬合部分的不完整螺纹可不去除；对于螺母，可去除两端的不完整螺纹。
5. 对于螺纹孔，可以取消螺纹底孔的钻尖。
6. 主要的紧固件应进行标识，标识编码的规则由设计方指定。对于螺栓，标记位置原则上应是装配后外露的端面；对于螺母和垫圈，标记位置原则上应是侧面。

未注棱角

对于未标注的外凸棱角，均应倒钝，并去除毛刺；对于未标注的内凹棱角，均应倒圆，圆角半径原则上不应超过0.5mm，若需增大，则需事先征得设计方的认可。

钢印标记

按相应图纸规定的部位打钢印标记。打印时必须用钝凸头连接形或断续圆点形低应力钢印，字体高度除图纸上规定者外，推荐用6.5mm高。

当要求带冲眼标记时，应用圆头中心冲制。

其它标记方法，在取得设计方的同意后也可以使用。

* 1. 污染预防

在不锈钢堆焊层检测，焊接，热处理，运输，贮存和包装时，应小心防止外来物质对耐腐蚀材料的污染，具体要求可参见相关技术规范的规定。严禁铁素体钢和下列物品或元素所造成的污染：

1. 易分解出氯化物或氟化物的物品；
2. 含氯0.25％以上的材料。主要是指有此含量的塑料及橡胶制品；
3. 含卤素25ppm的水；
4. 硫及硫化物；
5. 低熔点元素及其化合物，如铅、汞等；
6. 不可溶的标记物品；
7. 在焊接或热处理过程中，可以在材料上形成合金和沉积物的物品；
8. 在加工、装卸、安装过程中使用铁素体工具触及不锈钢堆焊层零部件。
   1. 无损检测

担任无损检测的人员，应持有有关部门颁发的相应无损检测人员资格证书，并符合国家相关核安全法规的要求。

原材料的无损检测

无损检测的阶段、检测规程和验收标准按各相应材料技术条件中的规定。检测类型包括超声检测、磁粉检测和渗透检测。

检测时机：材料使用之前进行。

焊缝的无损检测

承压边界的主要焊缝及热影响区，在最终焊后热处理后，除按NB-5200规定进行100％射线检测之外，还要进行100％超声检测，并按NB-5200规定，对铁素体焊缝进行磁粉检测，对非铁素体焊缝进行渗透检测。进行水压试验之后，所有承压边界焊缝及热影响区，除按NB-5410规定进行磁粉或渗透检测之外，还要进行100％超声检测，法兰堆焊层表面还要进行渗透检测。

##### 7.6.2.1 焊缝超声检测

主要的承压焊缝(包括热影响区)、堆焊层应进行100％超声检测，包括：

1. 顶盖环焊缝
2. 筒体环焊缝
3. 管嘴对接焊缝及根部的角焊缝
4. 吊耳连接焊缝
5. 支承件的连接焊缝
6. 主法兰密封面堆焊层（不包含小尺寸的接管法兰密封面堆焊层，对于厚度较大的密封面堆焊层，可进行分层检测，具体工艺由制造厂确定，最终状态时仅对可达部分的可达厚度进行超声检测）

焊缝(包括热影响区)及堆焊层超声检测的检测规程和验收标准，按照相关技术条件的规定执行。

检测时机：对于焊缝，在最终焊后热处理之后、水压试验之后；对于主法兰密封面堆焊层，在半精加工及精加工（仅针对可达区域）之后。

##### 7.6.2.2 焊缝的射线检测

主要的承压焊缝(包括热影响区)、堆焊层应进行100％射线检测。检测部位包括：

1. 顶盖环焊缝
2. 筒体环焊缝
3. 管嘴对接焊缝
4. 管嘴端部堆焊层

焊缝及堆焊层射线检测的检测规程和验收标准，按照相关技术条件的规定执行。

检测时机：对于焊缝，在最终焊后热处理之后；对于管嘴端部堆焊层，在最终加工之后。

##### 7.6.2.3 渗透检测

渗透检测适用各种钢材，主要用于非铁素体材料和奥氏体不锈钢。检测规程和验收标准按相关技术条件的规定执行。对用于不锈钢堆焊层表面渗透检测的用品，如渗透剂和显影剂，其氯化物和硫化物的最大允许含量需满足相应的技术条件的规定。

对表1规定部位及加工阶段，应进行100％渗透检测。

表 1 规定进行100％渗透检测的阶段及部位

|  |  |
| --- | --- |
| 非铁素体材料和奥氏体不锈钢件 | 制造状态 |
| 焊缝坡口 | 焊口准备之后 |
| 焊根清理区 | 挑焊根后 |
| 焊接过程中(各种不能进行全体积检测的连接焊缝) | 逐层或每两层 |
| 非法兰密封面不锈钢堆焊层 | 最终加工后 |
| 法兰密封面不锈钢堆焊层 | 精加工后、水压试验后 |
| 管嘴端盖处的镍基堆焊层 | 半精加工后和精加工后 |
| 临时性附件的焊接区域 | 在附件被清除之后 |
| 主要焊缝及热影响区表面 | 最终焊后热处理后、水压试验后 |

渗透检测的规程和验收标准按相关技术条件的规定执行。

对于法兰密封面，在密封环作用区域，渗透验收标准应高于标准要求，即不能有任何显示。

##### 7.6.2.4 磁粉检测

磁粉检测适用于铁素体材料。

对表2 规定制造阶段及部位，应进行100％磁粉检测。

表 2 规定进行100％磁粉检测的阶段及部位

|  |  |
| --- | --- |
| 铁素体材料 | 制造状态 |
| 焊缝坡口和待堆焊面 | 焊口准备之后 |
| 焊根清理区 | 挑焊根后 |
| 主要焊缝及热影响区表面 | 最终焊后热处理后  水压试验以后 |
| 临时附件焊接部位 | 临时附件清除后 |
| 焊接过程中(吊耳、支承件、接管等不能进行全体积检测的连接焊缝) | 逐层或每两层 |
| 吊耳、支承件、接管等焊缝表面 | 最终焊后热处理后  水压试验后 |
| 附件焊缝表面 | 焊接完成后 |
| 碳钢堆焊层 | 最终加工后 |

注：对于小尺寸的焊缝坡口、待堆焊面等，若实施磁粉检测有困难，可以采用渗透检测。对于顶封头及底封头处的骑坐式管嘴的根部焊缝，若内表面无法进行磁粉检测，可以采用渗透检测。

磁粉检测的规程和验收标准按相关技术条件的规定执行。

##### 7.6.2.5 磁粉检测和渗透检测的选择

表面检测提及要求磁粉检测和渗透检测的时候，只要求磁粉或渗透检测之一。尽量采用检测精度高的磁粉检测，而在磁粉检测难以实现的情况下进行渗透检测。不锈钢焊接及堆焊层表面必须采用渗透检测。

##### 7.6.2.6 小直径接管连接焊缝射线和超声检测的选择

对于内径小于100mm接管的连接焊缝，只要求射线检测或超声检测之一。尽量采用射线检测，而在射线检测难以实现的情况下可以进行超声检测。对于顶封头及底封头处的骑坐式管嘴的根部角焊缝，可以只进行超声检测，若不能达到100%超声检测，则需补充进行分层磁粉检测。

紧固件的无损检测

所有紧固件在最终机加工后均应按照技术条件的要求进行目视检测，所有表面应完好无损，不允许有发裂、裂缝、切痕和影响使用的其它缺陷。

所有紧固件在最终机加工后均应进行通止规检查并合格，对于表面磷化处理的紧固件，磷化前后均应进行通止规检查。

对于用于承压边界的紧固件（包含螺栓、螺柱、螺母、垫圈等），应按照技术条件的方法进行磁粉检测或渗透检测，这种检测应尽量在最终机加工完成后进行，对于小规格的螺母，若无法实现对全部螺纹进行检测，也应在可达的范围内进行检测。

对于螺栓中的内螺纹孔、以及法兰中的内螺纹孔，在最终机加工后应按照技术条件的要求进行目视检测。

上述的磁粉检测或渗透检测，只要求选择其中之一。

* 1. 破坏性检测

锻件材料的入厂复验

SA508-3-1钢锻件、紧固件用SA540-B24-Gr3合金钢锻棒等应进行入厂复验，材料性能合格后方可用于设备制造。试板应为调质态，即达到锻件力学性能的热处理态。如果实施了源地见证，可以代替入厂复验。

1. 在材料经受规定的最终焊后热处理之后，设备制造方对试样进行最终机械性能试验。
2. 试样应从产品材料试板上切取，并按产品材料所经受实际的焊后热处理进行随炉或单独模拟焊后热处理。
3. 试验应按相应的技术条件规定进行。

Incoloy-800H锻件、F22锻件、F91锻件、316不锈钢锻件或钢管、紧固件用SB637合金钢锻棒等的试验也应按相应技术条件规定进行。

1. 在上述的材料最终机械性能试验不合格的情况下，供货方应进行复验。复验取双倍数试样。

产品焊接见证件试板及其检测

试板应为调质态，即达到锻件力学性能的热处理态。

1. 承压焊缝的机械性能应分别通过代表产品承压焊缝的焊接见证件试板的破坏性试验来检测。
2. 适用于产品焊接见证试板的焊接材料、焊接工艺、焊接准备、无损检测和焊后热处理应和设备制造时相同。
3. 试验内容包括：
   1. 试验种类；
   2. 试样型式；
   3. 试验方法和验收标准；
   4. 试样的位置和数量。
4. 如果任何一个试验未能满足要求，则试验必须加倍重新试验。加倍试验的结果都应符合原定要求，试样可以从原来的试验件上切取。
   1. 出厂试验

设备出厂前必须进行水压试验。原则上应在垂直状态下进行顶盖和筒体之间的装配，水压试验应按所采用的技术规范及相关技术条件中的要求进行。

水压试验的试验温度

试验温度应超过承压材料最高的RTNDT＋33℃，在承压边界部件及附件和加压介质未达到上述温度前，不能施加试验压力。

水压试验的水质

应满足下列B级水质规定要求：

1. 氯离子 ≤1.0ppm
2. 氟离子 ≤0.15ppm
3. 电导率 ≤20μs／cm
4. 总固体残渣 ≤10ppm
5. PH值 6.0～8.0
6. 清晰度 无混浊、无油、无沉淀物

水压试验后立即用符合B级水质的清洁水将反应堆压力容器内壁冲洗干净。为了防止锈蚀，应当用干燥的热空气吹干。

电阻应变测量及变形测量

水压试验时应在规定的部位进行应变测量和变形测量，测定设备主要部位的应力和变形。水压试验前采用拉伸机对主螺栓进行预紧操作，预紧载荷及程序应符合相关技术条件的要求。

水压试验压力

设备本体水压试验的最高压力为10.1[-0.05,+0.15]MPa（表压），升压速率不得大于0.1MPa/min，降压速率不得大于0.5MPa/min。

水压试验时的升压及保压梯级见表3。

表 3 水压试验时压力（表压）及保压梯级

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 试验压力(MPa) | 3.0 | 5.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.1[-0.05,+0.15] | 8.0 |
| 保压时间(分) | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 |

蒸汽发生器壳体的主蒸汽可拆管段和主蒸汽接管法兰应单独进行水压试验，水压试验最高压力为23.5[0,+0.2]MPa（表压），升压速率不得大于0.2MPa/min，降压速率不得大于0.5MPa/min。试验温度为20°C~50°C。主蒸汽可拆管段和主蒸汽接管法兰水压试验时的升压及保压梯级见表4。

表 4 主蒸汽可拆管段和主蒸汽接管法兰水压试验时压力（表压）及保压梯级

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验压力(MPa) | 3.0 | 5.0 | 10.0 | 15.6 | 19.0 | 23.5[0,+0.2] | 15.6 |
| 保压时间(分) | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 |

蒸汽发生器壳体的主给水可拆管段和主给水接管法兰应单独进行水压试验，水压试验最高压力为31.7[0,+0.2]MPa（表压），升压速率不得大于0.2MPa/min，降压速率不得大于0.5MPa/min。试验温度为20°C~50°C。主给水可拆管段和主给水接管法兰水压试验时的升压及保压梯级见表5。

表 5 主给水可拆管段和主给水接管法兰水压试验时压力（表压）及保压梯级

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 试验压力(MPa) | 3.0 | 6.0 | 11.0 | 16.0 | 21.1 | 26.5 | 31.7[0,+0.2] |
| 保压时间(分) | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 |
| 序号 | 8 | 9 |  |  |  |  |  |
| 试验压力(MPa) | 26.5 | 21.1 |  |  |  |  |  |
| 保压时间(分) | ≥10 | ≥10 |  |  |  |  |  |

水压试验验收要求

1. 试验压力达到最高压力及降至设计压力并保持规定时间后，对所有法兰连接处进行检查，不得发现泄漏，在确认没有泄漏后方可进入下一个压力梯级。
2. 在升压及保压过程中，目视检查反应堆压力容器的外壁，不得有渗漏、冒汗及其它异常情况。
3. 在保压过程中，压力表指示降压不得大于0.1MPa，并且保压阶段的最终压力不得低于4.8.4节规定的保压压力。

水压试验后的无损检测

1. 对规定的焊接接头、热影响区及修补焊缝采用磁粉或渗透方法进行表面检测。
2. 用以连接奥氏体材料的所有A、B、C、D类焊接接头、热影响区及修补焊缝，都应进行渗透检测。
3. 对于承压边界的所有焊接接头、热影响区及修补焊缝都要做超声检测。对于内径小于100mm的连接焊缝，若无法进行超声检测，则可以免除。
4. 对于若干重要的非承压边界的零部件，应做超声检测。
5. 对于所有法兰的不锈钢堆焊面（即密封面），都应进行渗透检测。在密封环作用区域，渗透验收标准应高于标准要求，即不能有任何显示。
6. 对于蒸汽发生器壳体筒体中的管嘴，包括主给水管嘴及其热袖结构、氦净化入口管嘴及其热袖结构、压力管嘴、湿度测量管嘴及其热袖结构、冷氦温度测量外管嘴及内管嘴、流量测量内管嘴、热氦温度测量外管嘴，应采取措施彻底排干管嘴内侧的积水。在蒸汽发生器内件安装之前，应对这些管嘴的内壁进行检查，确保没有产生锈蚀、腐蚀等问题。
   1. 蒸汽发生器壳体的气压试验

蒸汽发生器壳体出厂前应进行气压试验，气压试验在蒸汽发生器内件及主氦风机电机冷却器安装到蒸汽发生器壳体之后进行，气压试验仅针对蒸汽发生器壳体本体进行。试验应按所采用的技术规范的要求进行，试验时只进行泄漏监测，不进行应变测量和变形测量，试验后仅针对水压试验后新增的焊缝进行无损检测。

可以采用整体气压试验，也可以只对水压试验后实施焊接的壳体焊缝进行局部气压试验。

气压试验的试验温度

与水压试验相同。

气压试验的气体

用做试验介质的气体应为不可燃的气体，如空气或氮气。该气体应当经过除尘、除水、除油处理的干净压缩气体，以防止污染蒸汽发生器壳体及内件的表面。20℃时的气体介质的相对湿度必须小于50％。

气压试验压力

气压试验压力为8.9MPa（表压），升压速率不得大于0.1MPa/min，降压速率不得大于0.5MPa/min。在试验过程中，应对蒸汽发生器内件内部预先或同时充压，确保试验过程中蒸汽发生器内件内部的压力不低于试验压力；应对主氦风机电机冷却器内部预先或同时充压至1.9MPa（表压），使试验过程中主氦风机电机冷却器达到运行时所承受的外压。

气压试验时的升压及保压梯级见表6。

表 6 气压试验时压力（表压）及保压梯级

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 试验压力(MPa) | 3.0 | 4.0 | 4.8 | 5.6 | 6.4 | 7.2 | 8.0 | 8.9 |
| 保压时间(分) | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 | ≥10 |

气压试验要求

1. 试验压力达到最高压力及降至设计压力并保持规定时间后，对所有法兰连接处进行检查，不得发现泄漏，在确认没有泄漏后方可进入下一个压力梯级。如果为进行气压试验而临时装设的密封处有微小泄漏是允许的，但在要求的保压时间内泄漏量不致影响保持压力的能力。
2. 在升压及保压过程中，目视检查蒸汽发生器壳体的外壁，不得有异常情况。
3. 在保压过程中，压力表的波动范围为±0.1MPa，并可根据温度变化情况进行修正。保压阶段的最终压力不得低于规定的保压压力。
4. 清洁度和清理要求
   1. 制造过程中的清洁度要求
5. 没有厚的轧屑或热处理氧化皮；
6. 允许存在轻微的氧化层或铁锈；
7. 允许存在油污，但必须在热处理前清除干净。
   1. 水压试验前的清洁度要求

外表面

1. 焊缝表面及周边至少2倍壁厚区域无氧化皮、浮锈、油脂等污染物；
2. 非焊缝区域没有成块的氧化皮或锈蚀的蚀点；
3. 轻微的氧化涂层或轻微的铁锈是允许的；
4. 油污是允许的，但是在焊接及焊缝周边区域等需要水压试验检查的区域是不允许存在的。

内表面

1. 表面允许附着致密的氧化膜，也允许存在焊接或热处理导致的临时氧化膜，且表面无油脂、油、灰尘等污染物。
2. 不锈钢和镍基表面表面不允许存在有机薄膜和污染，如油漆、油或防腐剂。
   1. 蒸汽发生器壳体内部构件组装前的清洁度要求
3. 在蒸汽发生器内件与蒸汽发生器壳体筒体进行组装前，蒸汽发生器壳体筒体的内表面的清洁度要求按产品出厂时的清洁度要求执行。
4. 在主氦风机电机冷却器与风机壳顶盖进行组装前，风机壳顶盖的内表面的清洁度要求按产品出厂时的清洁度要求执行。在主氦风机电机冷却器组装完成后，应尽快对风机壳顶盖的所有开口进行封闭，只要做到风机壳顶盖内部的空气不存在与外界明显的流通通道即可。
   1. 产品出厂时的清洁度要求

对于设备本体及零部件，可以采用打磨、喷砂或两者结合的方式进行出厂前的表面清洁。

喷砂前，应对法兰密封面、装配配合等功能面，螺纹、管嘴、焊接坡口等关键部位，以及管孔、盲孔行等带死角区域进行保护，避免功能面、关键部位受损或死角区域砂粒残留。此外，在喷砂完成后，对有在役检查要求的焊缝，应按设备规格书的规定的范围，对焊缝表面粗糙度进行检查，必要时进行抛磨，满足相应粗糙度要求。

设备在包装发运前的清洁度要求推荐按ASME-NQA-1中分篇2.1的清洁度准则执行，设备表面的清洁度等级规定见表7。

表 7 设备表面的清洁度等级

| 表面类型 | 清洁度等级 |
| --- | --- |
| 不锈钢及镍基合金表面（如密封面、预堆边） | B |
| 碳钢和低合金钢内表面（容器内表面） | C |
| 碳钢和低合金钢外表面（容器外表面） | D |

注：容器内表面指没有被内部构件遮挡的可达部分。

除满足上述清洁度准则外，还需满足下述要求。

B级清洁度等级应该满足下列要求：

1. 表面应呈现“金属清洁”状态，表面状态可根据适用的标准方法进行检查；
2. 设备表面基本上无铁锈。但允许存在有限的局部表面氧化，其面积不超过总表面积1%，且金相检查表明无点蚀和裂纹；
3. 当由于视野原因表面不能进行直接的目视检查时，根据适用的标准方法对有代表性的区域进行擦拭试验，确定表面的清洁度；
4. 表面应该无有机膜或污染物，如油、油漆等。

C级清洁度等级应该满足下列要求：

设备表面基本上无铁锈。但允许存在有限的局部表面氧化，其面积不超过总表面积10%。

D级清洁度等级应该满足下列要求：

1. 表面允许附着致密的氧化膜，也允许存在焊接或热处理导致的临时性氧化膜。随机选择零部件，其表面应该目视无污染物，如油脂、油、灰尘等；
2. 外表面满足喷漆要求，无成块的氧化皮或锈蚀的蚀点；
3. 轻微的氧化涂层或轻微的铁锈是允许的，允许用钢丝刷对表面进行处理；
4. 当不能进行目视检查，但可以进行擦拭试验时，根据适用的标准方法评估表面的清洁度；
5. 可以使用C级水进行最终清洁。
6. 出厂

除满足设备规格书要求之外，应符合NB/T 20408《核电厂物项包装、运输、装卸、接收、贮存和维护要求》的有关规定。

* 1. 出厂前的目视检查

在达到规定的清洁度要求并在涂覆可剥落漆或防锈油之前，需对所有零部件进行全表面目视检查，具体要求如下：

1. 对于所有密封面（可限定为密封环作用区域），需达到图纸规定的表面光洁度要求，不允许有任何缺陷（如裂纹、线状缺陷、圆形缺陷、压痕、划痕等）。
2. 对于顶盖和筒体的其它表面，以及这些表面上的焊接连接件，原则上应达到图纸规定的表面光洁度要求，但允许存在一定程度的缺陷，以下是判断的准则：
   1. 任何裂纹状的缺陷都是不可接受的。
   2. 直径不大于φ2mm的圆形缺陷是可以接受的。
   3. 对于长宽比不超过3:1的近似圆形凹坑，当其深度不超过1mm并满足最小壁厚要求、长轴不超过10mm、与周边母材过渡斜度不小于10:1、无尖锐棱边时，是可以接受的。
   4. 对于长宽比超过3:1的线状凹坑，当其深度不超过0.5mm并满足最小壁厚要求、长轴不超过30mm、与周边母材过渡斜度不小于5:1、无尖锐棱边时，是可以接受的。
   5. 任何两个满足c)、d)条件的凹坑的边缘之间的距离应大于5mm，否则这两个凹坑都是不可接受的。
   6. 在任意的一个面积为4000mm2（主要尺寸不大于150mm）区域中有10个（含）以上满足c)、d)条件的凹坑时，所有凹坑都是不可接受的。
3. 对于紧固件，原则上应达到图纸规定的表面光洁度要求，不允许有任何缺陷（如裂纹、线状缺陷、圆形缺陷、压痕、划痕等）。
4. 其它零部件可按b) 执行。
   1. 油漆和防护涂层

顶盖的内壁和外壁的主体、筒体的内壁和外壁的主体均覆以可剥落漆进行防锈。

所有密封面覆以可剥落涂层或者润滑油进行防锈，所有螺纹孔或螺栓光孔覆以防锈油进行防锈。

所有管嘴的外壁面覆以可剥落漆，内壁则视管径的大小采取适当的防锈措施和封堵措施。

设备本体外壁的焊接附件覆以防锈油或可剥落漆进行防锈，反应堆压力容器筒体内壁的焊接件覆以防锈油进行防锈。

由于在出厂前蒸汽发生器壳体的风机壳顶盖内部已安装了主氦风机电机冷却器、蒸汽发生器壳体筒体内部已安装了蒸汽发生器内件，因此风机壳顶盖和蒸汽发生器壳体筒体的内壁不覆以可剥落漆或防锈油。

可剥落漆与防锈油的分界线可由制造厂根据具体情况确定。

其它零部件原则上都采用防锈油进行防锈。对于紧固件，不论其是否做过磷化处理，都应覆以防锈油。

* 1. 包装和存放

包装

1. 设备本体在出厂压力试验合格并完成目视检查后应立即进行包装。
2. 组成设备主体的大部件应分别单独包装，其他有关物项应装箱并作出相应的标识。包装、运输应遵守HAD003/08的有关规定。
3. 应制作专门的端盖对开口进行封堵，可使用橡胶密封圈代替金属密封环放在法兰的密封槽内。内部应放入干燥剂，并通入内部容积3倍的氮气进行气氛置换。在贮存和运输过程中，风机壳顶盖和蒸汽发生器壳体筒体内部必须保持一定的氮气压力，其它部件可不必保持氮气压力。
4. 物项的包装应考虑水运、陆运和安装、贮存的要求。包装应具有一定的屏障以防止水汽、带盐分的空气、尘土、污物和其他型式的污染物透入。
5. 包装中所用的材料、仪表、密封件材料应符合防污染规则的要求，禁止使用含铅、汞或其他低熔点合金及其化合物，以及限制含氯化物、氟化物的材料接触不锈钢、非铁素体材料。
6. 用于不锈钢的包装材料（塑料罩，堵头等）必须满足下列要求之一：
   1. 卤素或硫含量的重量比必须小于0.10％；
   2. 氯化物和氟化物的溶解过滤分离量小于50ppm。
7. 应特别注意对凸出部位和产品密封面等精密加工部位的保护，以免在运输，安装过程中受到损伤。
8. 应考虑到搬运、运输和安装（包括吊装和安装找正）的需要，设备主体应装在运输托架上。
9. 包装运输标记按合同规定。

存放

如果包装过程临时中止，或包装完成后需在供货方临时存放，则所涉及的零部件必须进行适当的防护，主要原则如下：

1. 应提供专用复盖物，保证零部件不受到水、汽和各种污染物的浸蚀，零部件不应接触含氯化物、氟化物的物质，以免损伤零部件的使用功能。
2. 存放环境应当保持干燥，通风良好，存放位置应当具有较高地势，使零部件不致受到雨、雪、积水等浸蚀及其他污染。
3. 应制定火灾预防措施，确保在存放期间火灾的可能后果不会对零部件的性能有重大影响。
4. 应有适当的起重设备，保证零部件起重正常进行。
5. 应经常检查竣工图纸、制造文件及备品工具附件的完整性。
6. 应当制定适当的程序、细则，保证设备在存放期中的质量，防止设备发生损伤、变质和丢失，并确定专门人员，负责检查设备存放条件是否达到了要求。
   1. 动载荷

反应堆压力容器顶盖、反应堆压力容器筒体和风机壳顶盖（含主氦风机电机冷却器）在运输过程中需要考虑动载荷，从制造厂到现场的运输和吊运过程都需要用加速度计记录动载荷，运输时的加速度载荷最大值为：

1. 纵向（水平且沿运输方向）：2.0g
2. 横向（水平且与纵向垂直方向）： 1.5g
3. 垂直向：1.5g（不包含自重）

蒸汽发生器壳体筒体（含蒸汽发生器内件）在运输过程中需要考虑动载荷，从制造厂到现场的运输和吊运过程都需要用加速度计记录动载荷，运输时的加速度载荷以蒸汽发生器内件的要求为准。

对于其它零部件，不规定运输过程中的加速度载荷，但不得因运输中的动载荷而产生损坏。

* 1. 铭牌。

设备完工后应在外表面上用不影响产品结构完整性的连结方法安装不锈钢铭牌。铭牌的尺寸、格式由制造厂确定，至少应包括如下内容：

1. 制造厂名称产品名称
2. 设计压力设备级别
3. 设计温度制造日期
4. 设备重量订货方名称
5. 质量保证和质量控制
   1. 质量保证体系

供货方应遵循HAF 003及其相关安全导则的要求和订货方质保大纲的要求，建立符合核安全要求的质保体系，制定工厂的质保大纲及有关的程序、文件，并接受有关国家核安全主管部门和订货方的质保审查和监查。

* 1. 质量控制点

供货方应制定质量计划并对质量控制点作出专门规定，至少应包括如下列举的主要内容。供货方应与订货方协商确定H、W点。

材料

1. 主要承压边界材料及紧固件材料的最终力学性能试验；
2. 热处理后的超声检测；
3. 焊接材料的验收。

主要零部件的制作

1. 焊接坡口和堆焊表面的磁粉检测或渗透检测；
2. 螺纹加工之前，主螺栓和主螺母的磁粉检测；
3. 承压焊缝的射线检测及超声检测；
4. 堆焊层的超声检测；
5. 接管对接焊缝的超声检测；
6. 筒体和顶盖的最终焊后热处理；
7. 产品焊缝见证试验件的试验；
8. 水压试验和气压试验；
9. 加工过程中对精密加工尺寸、内外接口尺寸等关键尺寸的检测以及最终尺寸检测；
10. 水压试验后，承压边界焊缝的超声检测；
11. 水压试验后，承压边界焊缝的磁粉检测或渗透检测；
12. 水压试验后，法兰面堆焊层表面的渗透检测；
13. 出厂前的最终目视检查；
14. 主要零部件的包装检查。
    1. 不符合项报告。

凡不符合所采用的技术规范、设计图册、设备规格书、制造技术条件的所有情况，都应提出不符合项报告，原材料和订货方面的不符合项亦应提出报告。不符合项报告至少应包括如下内容：

1. 表示不符合项位置的简图。
2. 不符合项的说明。
3. 检查出不符合项的方法。
4. 产生不符合项的原因分析。
5. 供货方对处置不符合项的建议。