

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CNEA XXXX—XXXX

压水堆承压部件 设备设计制造 第 3 部分 稳压器

Code for PWR pressure boundary components Equipments design and fabrication
Part 3: Pressurizer

（征求意见稿）

（本稿完成日期：）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国核能行业协会 发布

目 次

前言..... III

引言..... IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 总则..... 4

5 材料..... 5

6 设计..... 6

7 制造..... 15

附 录 A （资料性附录） 压水堆核电厂典型的稳压器和主要零部件 22

附 录 B （资料性附录） 稳压器推荐母材 26

附 录 C （资料性附录） 稳压器推荐焊接材料 27

附 录 D （资料性附录） 稳压器载荷组合 28

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

本文件按照 GB/T 1.1—2020 的规定起草。

T/CNEA ××××《压水堆承压部件 设计与制造》与T/CNEA ××××《压水堆承压部件 材料》、T/CNEA ××××《压水堆承压部件 焊接》、T/CNEA ××××《压水堆承压部件 无损检测》和T/CNEA ××××《压水堆承压部件 设备设计制造》共同构成支撑《压水堆承压部件》。本文件是T/CNEA ××××《压水堆承压部件 设备设计与制造》的第3部分。

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。

本文件由中国核能行业协会提出并归口，技术支持单位为上海核工程研究设计院有限公司、核工业标准化研究所、苏州热工研究院有限公司。

本文件起草单位：上海核工程研究设计院有限公司、上海电气核电设备有限公司、东方电气（广州）重型机器有限公司、哈电集团（秦皇岛）重型装备有限公司、中国一重集团有限公司。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

T/CNEA XXXX《压水堆承压部件 设备设计与制造》旨在规范我国压水堆核电站主要设备的设计与制造，拟由五个部分构成。

- 第1部分：反应堆压力容器。目的在于规定压水堆核电站反应堆压力容器材料、设计、制造、检验和试验等方面的基本能要求。
- 第2部分：蒸汽发生器。目的在于规定压水堆核电站蒸汽发生器材料、设计、制造、检验和试验等方面的基本能要求。
- 第3部分：稳压器。目的在于规定压水堆核电站稳压器材料、设计、制造、检验和试验的基本能要求。
- 第4部分：控制棒驱动机构。目的在于规定压水堆核电站反应堆控制棒驱动机构材料、设计、制造和试验等方面的基本能要求。
- 第5部分：堆内构件。目的在于规定压水堆核电站反应堆堆内构件材料、设计、制造和试验等方面的基本能要求。

压水堆承压部件 设备设计制造 第3部分:稳压器

1 范围

本标准规定了压水堆核电厂稳压器的建造要求,包括材料、设计、制造、检验、试验、包装和运输等要求。

本标准适用于压水堆核电厂稳压器。

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。

GB/T 191	包装储运图示标志
GB/T 196	普通螺纹 基本尺寸
GB/T 197	普通螺纹 公差
GB/T 1184	形状和位置公差 未注公差值
GB/T 1804	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 17569	压水堆核电厂物项分级
GB/T 19804	焊接结构的一般尺寸公差和形位公差
NB/T 20004	核电厂核岛机械设备材料理化检验方法
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
NB/T 20408	核电厂物项包装、运输、装卸、接收、贮存和维护要求
T/CNEA XXX.1-XXXX	压水堆承压部件 设计与制造 第1部分:通用要求
T/CNEA XXX.2-XXXX	压水堆承压部件 设计与制造 第2部分:1级部件
T/CNEA XXX.5-XXXX	压水堆承压部件 设计与制造 第5部分:支承件
T/CNEA XXX.8-XXXX	压水堆承压部件 设计与制造 第8部分:辅助规则
T/CNEA XXX.4-XXXX	压力容器用经真空处理的淬火加回火碳钢和合金钢锻件
T/CNEA XXX.15-XXXX	高温用锻制或轧制合金钢和不锈钢公称管道法兰、锻制管配件、阀门和零件
T/CNEA XXX.18-XXXX	高温或高压及其他特殊用途用合金钢和不锈钢螺栓材料
T/CNEA XXX.24-XXXX	压力容器和一般用途用耐热铬及铬镍不锈钢板、薄板和钢带
T/CNEA XXX.27-XXXX	高温高压螺栓用碳钢和合金钢螺母
T/CNEA XXX.34-XXXX	高温中央电站用奥氏体不锈钢无缝钢管

T/CNEA XXX.36-XXXX	镍-铬-铁无缝合金管
T/CNEA XXX.37-XXXX	镍-铬-铁合金板、薄板和带材
T/CNEA XXX.38-XXXX	镍合金锻件
T/CNEA XXX.2-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第2部分：焊接工艺评定
T/CNEA XXX.3-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第3部分：产品焊接
T/CNEA XXX.4-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第4部分：焊接材料验收
T/CNEA XXX.6-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第5部分：不锈钢手工电弧焊焊条
T/CNEA XXX.7-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第6部分：不锈钢焊丝
T/CNEA XXX.8-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第7部分：不锈钢堆焊用焊带和焊剂
T/CNEA XXX.10-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第9部分：镍基合金手工电弧焊焊条
T/CNEA XXX.11-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第10部分：镍基合金堆焊用焊带和焊剂
T/CNEA XXX.12-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第11部分：镍基合金焊丝
T/CNEA XXX.13-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第12部分：碳钢手工电弧焊焊条
T/CNEA XXX.14-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第13部分：碳钢气体保护焊焊丝
T/CNEA XXX.16-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第15部分：埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂
T/CNEA XXX.17-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第16部分：低合金钢手工电弧焊焊条
T/CNEA XXX.18-XXXX	压水堆承压部件 焊接 第17部分：低合金钢气体保护焊焊丝
T/CNEA XXX.1-XXXX	压水堆承压部件 无损检测 第1部分：通用要求
T/CNEA XXX.2-XXXX	压水堆承压部件 无损检测 第2部分：超声检测
T/CNEA XXX.3-XXXX	压水堆承压部件 无损检测 第3部分：射线检测
T/CNEA XXX.4-XXXX	压水堆承压部件 无损检测 第4部分：渗透检测
T/CNEA XXX.5-XXXX	压水堆承压部件 无损检测 第5部分：磁粉检测
T/CNEA XXX.7-XXXX	压水堆承压部件 无损检测 第7部分：目视检测

3 术语和定义

3.1

压力 pressure

垂直作用在容器单位表面积上的力。在本标准中，除注明者外，压力均指表压力。

3.2

工作压力 operating pressure

在正常工作情况下，稳压器顶部可能达到的最高压力。

3.3

设计压力 design pressure

设定的稳压器顶部的最高压力,与相应的设计温度一起作为设计载荷条件,其值不得低于工作压力。

3.4

试验压力 test pressure

进行耐压试验或泄漏试验时,稳压器顶部的压力。

3.5

设计温度 design temperature

稳压器在正常工作情况下,设定元件的金属温度(沿元件金属截面的温度平均值)。设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

3.6

试验温度 test temperature

进行耐压试验或泄漏试验时,稳压器壳体的金属温度。

3.7

计算厚度 required thickness

按本标准相应公式计算得到的厚度。需要时,尚应计入其他载荷所需厚度。对于外压元件,系指满足稳定性要求的最小厚度。

3.8

厚度附加量 additional thickness

厚度附加量为腐蚀裕量、材料厚度负偏差以及制造负偏差三者之和。

$$C=C_1+C_2+C_3$$

式中:

C——厚度附加量, mm;

C₁——腐蚀裕量, mm;

C₂——材料厚度负偏差, mm;

C₃——制造负偏差, mm;

3.9

名义厚度 nominal thickness

计算厚度加上厚度附加量后向上圆整至材料标准规格的厚度。即标注在图样上的厚度。

3.10

有效厚度 effective thickness

名义厚度减去厚度附加量。

3.11

参考无塑形转变温度 reference nil-ductility transition temperature (RT_{NDT})

表征1级设备承压材料韧性指标的参数，确定方法见T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》。

4 总则

4.1 通则

4.1.1 稳压器的设计、制造、检验、试验和验收除应符合 T/CNEA XXX.1-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第1部分：通用要求》、T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》以及本标准的规定外，还应遵守国家颁布的有关法律、法规和安全导则。

4.1.2 稳压器的设计、制造单位应按 T/CNEA XXX.1-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第1部分：通用要求》及有关安全导则建立适用的质量保证体系。

4.2 职责

4.2.1 设计单位的职责

设计单位应满足T/CNEA XXX.1-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第1部分：通用要求》的相关规定。

4.2.2 制造单位的职责

制造单位应满足T/CNEA XXX.1-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第1部分：通用要求》的相关规定。

4.3 设备范围

本标准管辖的稳压器，其范围包括稳压器本体及内件，范围如下：

- a) 接管（喷雾管、安全卸压管、波动管等）安全端与管道连接的端面；
- b) 仪表接管、温度计接管及取样接管与管道或仪表连接的端面；
- c) 人孔、人孔盖板及其紧固件；
- d) 上部支撑块以内；
- e) 下部支撑块或裙座以内。

压水堆核电厂典型的稳压器和主要零部件见附录 A。

4.4 功能与分级

4.4.1 功能

稳压器是压水堆核电厂的关键设备之一，是反应堆冷却剂系统压力边界的重要组成部分。其主要功能是控制反应堆冷却剂系统的压力。

4.4.2 分级

稳压器的安全等级、抗震类别、质量保证等级和规范等级应遵守T/CNEA XXX.1-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第1部分：通用要求》和GB/T 17569的要求。

5 材料

5.1 通则

5.1.1 应选用已经过运行验证的材料。已验证的材料是指那些与在役压水堆核电厂中至少使用数年的材料具有同样的名义成分和可加工性能，处于同样条件（如水化学环境或温度）的材料。

5.1.2 稳压器压力边界的材料，包括壳体、安全端以及焊接材料等应由具有核电厂相同材料业绩和相应资质的材料制造单位制造。如材料制造单位没有相应材料的制造和核电厂应用业绩，应预制一定数量具有关键工艺代表性的模拟件，进行系统性的试验研究，证明能长期安全地用于核电厂。

5.1.3 稳压器用承压边界材料应满足本标准第2章引用的相关材料系列规范的要求，核级零部件还应满足 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》的要求；非核部件的材料满足国家标准（包括行业标准）的要求，同时还应符合本章的规定。

5.1.4 与反应堆冷却剂接触的材料（不包括紧固电加热器支撑板的螺栓、螺母和垫圈）钴含量应不超过0.05%（质量含量）。堆焊层材料的钴含量也不得超过0.05%。其他焊接材料的钴含量应满足相应采购文件的要求。

5.1.5 硫、铅、汞、铝、铋、砷、锌、镉、锡、铌、铜及其它低熔点金属和它们的合金及化合物禁止用于本设备的制造、试验、运输及安装。

5.1.6 禁止使用敏化的奥氏体不锈钢。通过 NB/T 20004 晶间腐蚀试验的奥氏体不锈钢可使用。

5.2 母材

5.2.1 稳压器壳体材料应采用韧性较好的低合金钢锻件材料。稳压器壳体材料的参考无塑形转变温度（ RT_{NDT} ）应不低于-12℃，具体应满足设计文件的要求。

5.2.2 用于人孔的紧固件材料和其它名义直径超过25mm的紧固件材料应满足夏比V型缺口试验横向膨胀量0.64mm和吸收能量61J的要求，冲击试验的试验温度由设计单位在设计文件中规定。紧固件材料的规定塑性延伸强度应不超过896MPa。

5.2.3 人孔垫片材料需满足相应技术条件的要求。

5.2.4 稳压器推荐用母材材料见附录 B；其余零部件材料应满足相关国家标准、行业标准或材料技术条件的要求。

5.3 焊接材料

稳压器的低合金钢焊接材料成分应与被焊母材的成分相当。所有的焊接材料都应满足本标准以及本标准第 2 章引用的焊接材料标准中的相关要求，附录 C 为推荐的焊接材料。若采用附录 C 以外的其他焊接材料，其应满足相关国家标准、行业标准和设计文件的要求。

5.4 存档材料

为以后可能的试验，制造单位应按照设计文件的要求在规定的位置截取规定数量的存档材料。存档材料包括母材和焊接件，并应对存档材料作详细的标记和记录。存档材料和承压边界材料进行相同的热处理和无损检测（母材存档材料不需进行设备制造过程中经历的焊后热处理）。

6 设计

6.1 通则

6.1.1 总体要求

6.1.1.1 稳压器应满足核电厂总体要求。

6.1.1.2 稳压器应满足反应堆冷却剂系统（RCS）的要求。

6.1.1.3 稳压器应提供一定数量的温度接管、取样接管及仪表接管。

6.1.1.4 电加热器通电时，应保证其浸没在反应堆冷却剂中。

6.1.1.5 稳压器在满足系统容积的前提下，要选择合适的高径比。

6.1.1.6 稳压器设计应满足在役检查的要求。稳压器应提供在役检查的通道。

6.1.1.7 稳压器的孔螺栓宜设计为可使用螺栓拉伸机的结构。

6.1.2 性能要求

6.1.2.1 喷雾器的性能应能满足设计文件规定的压降-流量及喷雾效果。

6.1.2.2 电加热器的总功率容量应能满足设计文件的要求。

6.1.3 其它要求

6.1.3.1 电加热器布置应留有足够的空间进行独立更换。

6.1.3.2 电加热器的根数在满足总功率的前提下，还与电加热器的接法有关。

6.1.3.3 稳压器喷雾管和波动管处宜设置热套管以缓解热冲击。

6.2 结构设计

6.2.1 基本要求

6.2.1.1 稳压器承压部件应满足第2章中适用规范的要求。

6.2.1.2 稳压器封头宜为半球形封头；封头上的接管（喷雾管、安全卸压管和波动管）宜采用一体化封头锻造形式。

6.2.1.3 稳压器筒体应采用锻件制造。

6.2.1.4 稳压器壳体内堆焊不锈钢或镍基合金。

6.2.1.5 稳压器的孔垫片应采用石墨金属缠绕垫片或相当类型垫片；人孔应设置密封垫板，便于将介质和盖板隔离以及密封垫片的更换；紧固螺栓结构型式应优先采用螺栓拉伸机预紧和拆卸型式。

6.2.1.6 本节给出的厚度计算用于设计人员确定设计中使用的试用厚度，具体的计算以分析设计为准。

6.2.2 封头

封头厚度计算按照 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》进行。

6.2.3 筒体

筒体厚度计算按照 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》进行。

6.2.4 开孔补强计算

开孔补强计算按照 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》进行。

6.2.5 人孔

6.2.5.1 人孔螺栓

所需的最小螺栓面积按T/CNEA XXX.8《压水堆承压部件 设计与制造 第8部分：辅助规则》的规定进行计算。

6.2.5.2 人孔盖板

人孔盖板的计算厚度按式(4)确定。

$$t = \max(t_1, t_2) \dots\dots\dots (1)$$

其中：

t ——计算厚度，mm；

t_1 ——操作工况下的计算厚度，按式(2)计算，mm；

t_2 ——预紧工况下的计算厚度，按式(3)计算，mm。

$$t_1 = d \sqrt{\frac{CP}{S_1} + \frac{1.9W_1h_g}{S_1d^3}} \dots\dots\dots (2)$$

$$t_2 = d \sqrt{\frac{1.9W_2h_g}{S_2d^3}} \dots\dots\dots (3)$$

d ——直径，见图1，mm；

C ——系数，对于典型的人孔螺栓密封结构，见图1；

P ——设计压力；

S_1 ——设计温度下盖板材料的设计应力强度值，MPa；

S_2 ——常温下盖板材料的设计应力强度值，MPa；

W_1 ——操作工况下需要的最小螺栓载荷，N；

W_2 ——预紧工况下需要的最小螺栓载荷，N；

h_g ——螺栓中心线至垫片载荷作用位置处的径向距离，见图1，mm。

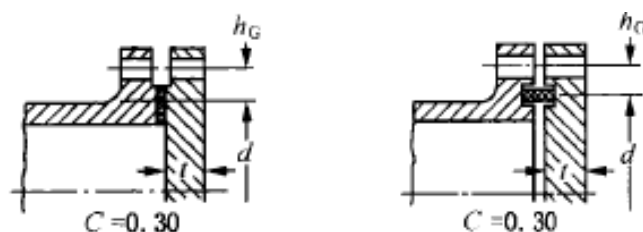


图1 典型的平封头形式

6.2.6 电加热器包壳

6.2.6.1 内压计算

电加热器包壳设计温度下的内压计算见 6.2.3 节。

6.2.6.2 外压计算

电加热器包壳设计温度下的外压计算按照 T/CNEA XXX.2-XXXX 《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》进行。

6.3 电加热器设计

稳压器电加热器通常需明确以下设计参数和要求：

- 包壳设计压力（外压）；
- 包壳设计温度；
- 包壳工作压力（外压）；
- 包壳工作温度；
- 额定电压；
- 额定功率；

- g) 功率密度;
- h) 绝缘电阻要求;
- i) 电加热器包壳外径和包壳壁厚;
- j) 电加热器工作介质;
- k) 电热丝与包壳之间耐压应不低于 1000V (设计温度);
- l) 接线端和密封应按包壳设计压力 (内压) 和稳压器设计温度进行设计, 并通过 1.25 倍设计压力 (内压) 的水压试验;
- m) 设计寿命;
- n) 每根电加热器能承受的电缆重量。

6.4 喷雾器设计

依据稳压器设计文件的压降及流量要求进行喷雾器的选型并试验, 从而满足系统要求。

6.5 分析法设计

6.5.1 载荷

6.5.1.1 基本要求

稳压器在各使用限制下, 应在应力、疲劳、断裂等方面满足 T/CNEA XXX.2-XXXX 《压水堆承压部件 设计与制造 第 2 部分: 1 级部件》和 T/CNEA XXX.5-XXXX 《压水堆承压部件 设计与制造 第 5 部分: 支承件》的要求。本标准 6.5.3 节为各使用限制下的应力限制。

6.5.1.2 设计载荷

设计载荷应满足以下规定:

- a) 设计压力: 通常是核电厂设计总参数之一, 需要包络正常工况下的所有压力;
- b) 设计温度: 规定的设计温度应不低于在所考虑的零件整个厚度上预期的最高平均金属温度, 在考虑设计压力 and 设计机械载荷的计算时应使用设计温度;
- c) 设计工况机械载荷: 必须对作用于需评定部件上的机械载荷进行分析, 以满足设计温度和相应环境条件下设计工况限制, 机械载荷包括:
 - 自重;
 - 支承载荷;
 - 压力、热胀等载荷引起的接管反力;
 - 其它运行过程中产生的机械载荷。

6.5.1.3 A 级使用载荷

应对部件在正常工况下的应力进行分析, 以满足相应环境条件下 A 级使用限制。A 级使用载荷应考虑正常工况下部件经受的压力、温度、机械载荷及正常工况各设计瞬态的循环累积效应。

因为正常工况为设计工况所包络，所以不必单独对正常工况进行一次应力评定。

6.5.1.4 B 级使用载荷

应对部件在异常工况下的应力进行分析，以满足相应环境条件下 B 级使用限制。B 级使用载荷应考虑异常工况下部件经受的应力、温度、机械载荷及异常工况各设计瞬态的循环累积效应。B 级使用载荷还应考虑运行基准地震载荷(OBE)或低水平地震载荷(LLSE)。

6.5.1.5 C 级使用载荷

应对部件在危急工况下的应力进行分析，以满足相应环境条件下 C 级使用限制。C 级使用载荷应考虑危急工况下部件经受的应力、温度、机械载荷，还应考虑自动卸压系统鼓泡器下泄造成的厂房结构运动对稳压器的影响。

6.5.1.6 D 级使用载荷

应对部件在事故工况下的应力进行分析，以满足相应环境条件下 D 级使用限制，D 级使用载荷应考虑事故工况下部件经受的应力、温度、机械载荷，还应考虑安全停堆地震载荷(SSE)、设计基准管道破裂载荷、卸压/安全阀动作引起的载荷及自动卸压系统鼓泡器下泄造成的厂房结构运动对稳压器的影响。

6.5.1.7 试验载荷

试验载荷包括水压试验和泄漏试验。水压试验载荷应考虑试验温度、试验压力、自重及其它载荷。泄漏试验的载荷能被水压试验包络。

6.5.1.8 运输载荷

应对稳压器运输过程中的载荷对结构完整性的影响进行评估，以确保设计满足适用要求。

6.5.1.9 吊装载荷

对吊耳的吊装载荷（包括在役前、换料和在役检查期间）进行分析，以确保设计满足适用要求。吊装载荷应为在吊装操作中可能出现的载荷。

6.5.2 载荷组合

载荷组合就是将设计载荷，按其发生频率、造成后果等因素进行分类并重组，同时与电厂的各级工况和规范中的运行级别建立联系，以确定评定限制。

稳压器设计时应考虑设计寿期内各级工况下所承受的载荷组合，以确保其结构完整性。载荷组合通常由稳压器设计规范书中给出，附录 D 给出了供参考的载荷组合及相关载荷术语描述。

6.5.3 评定准则

稳压器在各使用限制下，应在应力、疲劳、断裂等方面满足适用规范及设计规范书的要求。稳压器

各部件中，规范等级为 1 级的承压部件在各使用限制下的应力限制见表 1，人孔螺栓在各使用限制下的应力限制见表 2，稳压器支承内件在各使用限制下的应力限制见表 3。

表1 规范等级为 1 级的承压部件在各使用限制下的应力限制

使用限制	应力分类	应力限制
设计	P_m	S_m
	P_L	$1.5S_m^{(2)}$
	$P_m (P_L)+P_b$	$\alpha \cdot S_m$
A 级/ B 级	$(P_L+P_b+Q)_r^{(1)}$	$3S_m$
	热棘轮比率	1
	累积使用因子	$U \leq 1$
B 级	P_m	$1.1S_m$
	P_L	$1.1\alpha S_m$
	$P_m (P_L)+P_b$	$1.1\alpha S_m$
C 级	P_m	所有载荷： $\text{Max}[1.2S_m, 1.0S_y]$
		铁素体钢- 仅受压： $\text{Max}[1.1S_m, 0.9S_y]$
	P_L	$\text{Max}[1.8S_m, 1.5S_y]$
	$P_m (P_L)+P_b$	$\text{Max}[1.8S_m, 1.5S_y]$
D 级	P_m	$S_m' ^{(3)}$
	P_L	$1.5 S_m' ^{(3)}$
	$P_m (P_L)+P_b$	$1.5 S_m' ^{(3)}$
试验	P_m	$0.9S_y$
	P_m+P_b	$1.35S_y$ (当 $P_m \leq 0.67 S_y$)
	P_m+P_b	$2.15S_y - 1.2P_m$ (当 $0.67S_y < P_m \leq 0.9S_y$)
三向应力	$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$	$4S_m^{(4)}$
平均支承应力	支承应力	S_y
平均一次纯剪应力	纯剪应力	$0.6S_m$
断裂	K_I	K_{IR} (或 K_{IC}) ⁽⁵⁾

使用限制	应力分类	应力限制
注： 1. 下标 r 表示应力强度范围； 2. α 为产生全塑性截面的载荷设定值与产生截面表层起始屈服的载荷设定值的比值；任何情况下， α 不超过 1.5； 3. 对铁素体钢， $S_m'=0.7S_u$ ；对奥氏体钢、高镍合金及铜镍合金， $S_m'=\min(2.4S_m, 0.7S_u)$ ； 4. D 级使用除外，C 级使用限制取 $4.8S_m$ ； 5. 根据适用规范的要求使用 K_{IR} 或 K_{IC} ； 6. P_m ：总体一次薄膜应力强度； P_L ：局部一次薄膜应力强度； P_b ：一次弯曲应力强度； Q ：二次应力强度； $(P_L+P_b+Q)_r$ ：一次加二次应力强度范围； σ_1 、 σ_2 、 σ_3 ：三个方向主应力。		

表2 人孔螺栓在各使用限制下的应力限制

使用限制	应力分类	应力限制
设计 ⁽¹⁾	N/A	N/A
A、B 级	平均应力	$2.0S_m$
	最大应力	$2.7S_m^{(3,4)}$
	疲劳累积因子	1
使用限制	应力分类	应力限制
C 级 ⁽²⁾	平均应力	$2.0S_m$
	最大应力	$2.7S_m$
D 级	平均拉伸应力	$\min(0.7S_u, S_y)$
	最大拉伸应力	S_u
	平均剪切应力	$\min(0.42S_u, 0.6S_y)$
	组合应力 ⁽⁵⁾ $\frac{f_t^2}{F_{tb}^2} + \frac{f_v^2}{F_{vb}^2}$	1

- 注：
1. 在主螺栓强度校核时考虑承受设计压力所需要的螺栓数量和横截面面积；
 2. C 级应力限制和 A/B 级应力限制一样；
 3. 当螺栓通过减少残余扭矩的方式预紧时；
 4. 当采用两条设计疲劳曲线中的较高值，则由拉伸和弯曲引起的最大使用应力不得超过 $2.7S_m$ ；
 5. $F_{tb}=\min[1.2S_y, 0.7S_u]$ ， $F_{vb}=\min[1.23S_y, 0.7S_u]$ 。

表3 板壳型支承件的应力限制

使用限制	应力类别	应力限制
设计、A 级	σ_1	1.0S
	$\sigma_1 + \sigma_2$	1.5S
B 级	σ_1	1.33S
	$\sigma_1 + \sigma_2$	2.0S
C 级	σ_1	1.5S
	$\sigma_1 + \sigma_2$	2.25S
D 级	σ_1	$\min[\max(1.2S_y, 1.5S), 0.7S_u]$
	$\sigma_1 + \sigma_2$	$1.5\min[\max(1.2S_y, 1.5S), 0.7S_u]$
注： σ_1 为薄膜应力， σ_2 为弯曲应力。		

6.5.4 分析方法

6.5.4.1 稳压器各部件应根据规范等级进行应力分析，计算最可能产生失效的截面上的薄膜和弯曲等应力，并按 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》和 T/CNEA XXX.5-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第5部分：支承件标准草案》的要求进行评估。

6.5.4.2 应力分析方法

应力分析可采用与热分析相同的几何模型，但计算时采用的单元类型不同。

a) 一次应力

计算稳压器在压力、接管载荷等静态载荷作用下的一次应力强度时，根据部件的结构特点，采用理论计算、有限元静态分析或两者相结合的方法。分析过程中按各工况下的最大载荷组合方式对模型施加内压和外部接管载荷边界条件，并将计算得到的应力沿评定截面作线性化处理，得到一次应力强度。

b) 二次应力

二次应力由热梯度、不同材料间热膨胀差别以及材料不连续处的结构相互作用所产生。这些应力与一次薄膜加弯曲各应力分量代数和相组合得到一次加二次应力强度范围。

对正常和异常工况（A/B 级）下的一次+二次应力强度范围(P+Q)range 进行评定，控制一次+二次应力强度范围在 3Sm 的设计准则之内。一次+二次应力强度范围若大于 3Sm 的限值可以将热弯曲应力去除（分析方法参照 T/CNEA XXX.2-XXXX 压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件的简化弹塑性分析），若热弯曲应力去除后的一次+二次应力强度范围仍然超出 3Sm 的限值，则需要塑性分析。

热棘轮效应是指承受恒定内压载荷的壳体当其内部流体发生冷热交替时，当结构的热应力值达到一定程度时结构将失去安定性，会发生棘轮长大效应。所有的 A/B 级工况下的载荷需要考虑热棘轮效

应。

6.5.4.3 疲劳分析方法

疲劳分析在瞬态应力分析的基础上进行,求得设计瞬态工况下稳压器各部件的应力分布情况后,进行疲劳分析与评定。分析方法采用设计疲劳曲线法,按瞬态应力分析计算所得的正常、异常及试验工况下结构各评定截面的应力值来求得各应力循环类型交变应力强度值,根据该交变应力强度值从设计疲劳曲线上查得对应的许用循环次数 N_i ,再将其与该类应力循环实际发生次数 n_i 对比,得到 n_i/N_i ,称为使用因子。当有 K 种应力循环类型时,则累积使用因子 U 为:

$$U = \sum_{i=1}^K \frac{n_i}{N_i}$$

若 $U \leq 1$,则认为该部位不会发生疲劳失效。

对规定为C级使用限制的所对应的危急使用工况,当 S_a 值大于适用的疲劳设计曲线 10^6 次的对应值时,假想出现的总次数不得超过25次。若该工况的瞬态超过25次,则超过部分的应力循环次数应在异常工况的设计瞬态中加以考虑。

由于疲劳曲线的弹性模量(E_c)和实际材料的弹性模量(E_m)不同,应对疲劳曲线乘以修正因子进行调整。为保守起见,常采用设备的设计温度作为包络温度。修正因子取设计温度下实际材料弹性模量(E_m)和设计疲劳曲线弹性模量(E_c)的比值。

当交变应力超过材料屈服强度 S_y 时,需对由弹性为基础分析所得到的局部热应力进行修正。采用修正的泊松比 $\nu=0.5-0.2(S_y/S_a)$,且不小于0.3。

如果薄膜加弯曲应力强度变化范围超过 $3S_m$ 的限值,需对其进行弹塑性修正(K_e)。进行简化弹塑性分析后,当交变应力超过材料屈服强度时泊松比修正不作要求。

6.5.4.4 断裂分析方法

断裂分析和评定在瞬态应力分析工作基础上进行,分析方法参照T/CNEA XXX.8-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第8部分:辅助规则》。

6.5.4.5 其它动态载荷的分析

除上述分析内容外,对稳压器设备还应考虑地震载荷对设备结构反应的影响,将相应载荷引起的稳压器相关部件的应力按载荷组合要求纳入各使用限制下的应力分析与评定中。通常计算这些动态载荷引起的部件应力时其模型及分析方法较为复杂,宜与应力分析与评定报告分开而形成单独的计算文件。

以下针对地震载荷作出分析方法简述。若所设计的稳压器基于其结构特点还会经受其它动态载荷,应对这些动态载荷分别予以分析评估。

6.5.4.5.1 地震载荷下稳压器结构反应分析

稳压器受到的地震载荷输入以楼面设计加速度地震反应谱的形式提供,因此抗震分析一般采用反应谱分析方法计算稳压器各部件的结构反应,用于后续各部件的应力分析和评定。

7 制造

7.1 通则

7.1.1 稳压器制造应满足 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》、本标准和相关设计文件的要求。

7.1.2 制造单位应按照设计文件的要求进行制造，如需要对原设计进行修改，应当取得原设计单位同意修改的书面文件，并且对改动部位作出详细记载。

7.2 机加工

7.2.1 设计文件如无规定，机械加工表面和非机械加工表面的线性尺寸的极限偏差，分别按 GB/T 1804 中 m 级和 c 级精度；未注形位公差按 GB/T 1184 的规定，机加工件为 H 级，非机加工件为 L 级。

7.2.2 人孔螺栓、人孔螺母的螺纹尺寸应分别符合 GB/T 196 和 GB/T 197 的规定。

7.2.3 所有零部件应去除毛刺，倒钝锐角。

7.3 装配与对中

7.3.1 稳压器的装配、对中应满足第2章适用的规范要求。

7.3.2 稳压器受压部件的装配中不得强力进行对中、找平等。

7.3.3 人孔螺栓紧固前、后深入人孔座的长度满足设计文件的要求。

7.3.4 电加热器套管与封头的装配可采用间隙装配，也可以采用过盈配合（即冷装）。

7.3.5 喷雾器需与相关接管紧固连接。

7.4 焊接

7.4.1 所有部件及其附件的焊接应满足本标准和 T/CNEA XXX.3-XXXX《压水堆承压部件 焊接 第3部分：产品焊接》的相关要求。

7.4.2 焊接工艺评定和焊工技能评定

7.4.2.1 所有安全级部件及其附件焊接的焊工或焊接操作工应取得相应资格证书。所有非安全级部件及其附件焊接的焊工或焊接操作工资格可由设计单位或制造单位自行规定。

7.4.2.2 所有焊缝（包括堆焊）的焊接工艺评定应符合 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 焊接 第2部分：焊接工艺评定》的要求。

7.4.3 焊接返修

7.4.3.1 总体要求

返修应采用经焊接工艺评定合格的焊接工艺和经过验收合格的焊材。返修由具有法定资格、技能

熟练且有经验的焊接人员进行。必要时应进行工艺模拟以验证返修方案和工艺的正确性和合理性。

在母材和压力边界焊缝上所有的返修，在提供详细的返修方案供采购方或设计单位认可后，执行返修。

7.4.3.2 在制造过程中，焊缝同一位置允许返修 2 次。对于超过 2 次的焊缝返修，应事先取得设计单位的认可。

7.4.3.3 当焊缝上发现不允许缺陷时，应采用机械法去除。准备返修的区域应进行磁粉检测（磁粉检测不可达或非铁磁性材料进行液体渗透检测），在确认缺陷已完全去除后方可进行补焊。

7.4.3.4 当堆焊层发现有不允许缺陷时，可进行局部返修。返修时，应将缺陷先去除，然后用液体渗透进行检测，只有在确认缺陷已清除干净后，才能补焊；补焊后应按照产品无损检验要求对返修部位进行检验。当返修影响到低合金钢母材时，返修后还须进行消除应力热处理。

7.5 热处理

7.5.1 稳压器热处理应满足本标准和 T/CNEA XXX.3-XXXX《压水堆承压部件 焊接 第 3 部分：产品焊接》中的相关要求。

7.5.2 对低合金钢材料的焊接以及低合金钢材料上的不锈钢及镍基合金堆焊，应在焊前进行预热，预热温度至少应为 121℃。除非满足下面 a)~c) 条款要求，焊接过程以及焊接结束至中间或最终焊后热处理前，应保持预热温度。

- a) 焊后，焊缝/堆焊层在 232~400℃ 的温度范围内保温至少 4 小时。
- b) 对于不锈钢及镍基合金堆焊：当采用手工电弧焊（SMAW）和钨极氩弧焊（GTAW），已熔敷的堆焊层厚度至少为 3.2mm；当采用多丝、带极、或其它高热输入的自动焊接方法，已焊接第 1 层和第 2 层并且已熔敷的堆焊层厚度至少为 5mm。
- c) 在将温度降低到室温前，应去除焊剂围坝、引弧和收弧板、以及其它引起应力集中的因素。

7.5.3 对于所有低合金钢、不锈钢和镍基合金焊缝，应严格控制道间温度，具体由设计文件规定。

7.5.4 焊后热处理的保温温度和保温时间要求由设计文件规定。

7.6 见证件

7.6.1 为了验证产品焊缝的质量，制造单位应在焊接生产过程中制备产品焊接见证件。焊接见证件应满足本标准和 T/CNEA XXX.3-XXXX《压水堆承压部件 焊接 第 3 部分：产品焊接》中的相关要求。

7.6.2 根据稳压器各部分的结构、材料及焊接工艺，推荐可设置以下产品焊接见证件。

- a) 低合金钢环焊缝焊接见证件；
- b) 不锈钢堆焊焊接见证件；
- c) 镍基合金堆焊焊接见证件；
- d) 接管和安全端焊接见证件；
- e) 电加热器套管与下封头镍基合金堆焊层焊接见证件；

f) 电加热器套管与电加热器焊接见证件。

7.6.3 用于产品焊接见证件的焊接材料、焊接设备、焊接工艺、坡口形式、无损检测和焊后热处理应与所代表的产品焊缝相同。

7.6.4 见证件材料一般取自其代表的相应锻件材料的延长部分。焊接见证件的具体试验项目和要求按设计文件规定。

7.7 污染预防

除非设计文件另有要求，稳压器清洁度等级和检查应满足 NB/T 20233 的要求。稳压器清洁度按 B 级执行。

7.8 无损检验

7.8.1 稳压器无损检验应满足 T/CNEA XXX.2-XXXX 《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》及本标准第2章引用的相关无损检验规范的规定。

7.8.2 无损检验人员应按国家相关法规要求取得资格证书。

7.8.3 取得不同方法和等级资格证书的人员只能从事与该方法和等级相适应的无损检验工作，并承担相应的责任。

7.8.4 体积检验

7.8.4.1 稳压器压力边界的全焊透对接焊接接头应采用体积检验进行无损检验。

体积检验应采用射线检验和超声检验。射线检测应按T/CNEA XXX.3《压水堆承压部件 无损检测 第3部分：射线检测》进行，超声检测应按T/CNEA XXX.2《压水堆承压部件 无损检测 第2部分：超声检测》进行。验收指标应满足T/CNEA XXX.2《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》的要求。

7.8.4.2 堆焊层的超声检验应使用双晶直探头和纵波双晶斜探头进行。

7.8.4.3 射线检验

射线检验范围包括焊缝及其热影响区，包括但不限于以下焊缝：

- a) 筒体与筒体焊缝；
- b) 筒体与封头焊缝；
- c) 接管（包括隔离层）与安全端焊缝；
- d) 人孔座与筒体焊缝。

7.8.4.4 超声检验

超声检验范围包括焊缝及其热影响区，包括但不限于以下焊缝：

- a) 筒体与筒体焊接焊缝；
- b) 筒体与封头焊接焊缝；
- c) 接管（包括隔离层）与安全端焊缝；

- d) 人孔座与筒体焊缝；
- e) 电加热器套管与下封头堆焊层连接焊缝熔合线；
- f) 其余全焊透焊缝。
- g) 不锈钢堆焊层；
- h) 镍基合金堆焊层（上、下封头）；
- i) 封头、筒体外表面的低合金钢和碳钢堆焊层（如有）。

7.8.5 表面检验

7.8.5.1 除非不可达，蒸汽发生器所有焊接接头应进行表面检验。铁磁性材料的表面检验应优先采用磁粉检验，非铁磁性材料的表面检验应采用渗透检验。磁粉检测应按 T/CNEA XXX.5《压水堆承压部件 无损检测 第5部分：磁粉检测》进行，渗透检测应按 T/CNEA XXX.4《压水堆承压部件 无损检测 第4部分：渗透检测》进行。验收指标应满足 T/CNEA XXX.2《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》的要求。

7.8.5.2 磁粉检验附加要求

- a) 一般使用磁轭法。触头法只应在特殊场合下使用，如返修时缺陷去除后的凹坑以及焊缝根部打磨处等。触头法应在焊后最终热处理之前使用，对于触头法产生的磁疤，在去除后应进行渗透检验或者磁轭法检验；
- b) 对螺栓应使用整体周向和整体纵向磁化方法，并且在加工完成后进行；
- c) 磁粉检测时不应过热和烧伤工件表面。

7.8.5.3 下列材料的表面或焊缝应进行表面检验。

- a) 焊接坡口；
- b) 所有待堆焊表面；
- c) 所有焊缝；
- d) 堆焊层或隔离层；
- e) 所有零部件在加工到最终尺寸后的表面。

7.8.6 水压试验后的无损检验

水压试验后的无损检验按 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》进行。

7.9 水压试验

7.9.1 总体要求

7.9.1.1 稳压器水压试验应满足 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第2部分：1级部件》的要求。

7.9.1.2 制造单位应保证水压试验系统和给水循环系统的设备齐全，性能良好，且在系统上应安装超压保护装置。

7.9.1.3 水压试验前，制造单位应对稳压器的内、外表面进行清洁和清洁度检查，不允许有任何油漆痕迹、划线或者液体渗透检验用物的痕迹、润滑油脂痕迹和冷凝水迹。

7.9.1.4 水压试验后应将水排尽并对稳压器进行干燥。

7.9.2 试验介质

水压试验及最终清洗用水应符合 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》中 A 级水的要求。

试验用水水质应以正式试验充水前 24 小时内的取样分析结果为准，并提供其水质报告。

7.9.3 压力表

水压试验用压力表应设置于垂直位置。

压力表应为直读式，量程应为 1.5~3 倍的试验压力，宜为试验压力的 2 倍。压力表的精确度等级不宜低于 0.4 级（即基本误差 $\pm 0.4\%$ ）。

7.9.4 试验压力

稳压器水压试验的最低试验压力应满足 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第 2 部分：1 级部件》的要求。若稳压器以卧式进行水压试验，试验压力需考虑液柱静压力值。

7.9.5 试验温度

水压试验时应保证稳压器容器壁温不低于承压部件材料和焊缝之间最高的 RT_{NDT} 加 33℃。

7.9.6 升压、降压速率

水压试验升压或降压时，应注意严格控制升、降压速率，避免升、降压速率过大损伤设备。升、降压速率不宜超过 0.5MPa/min。

7.9.7 超压保护

水压试验按 T/CNEA XXX.2-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第 2 部分：1 级部件》的要求进行超压保护。

7.9.8 检查

7.9.8.1 外观检查

在试验前、试验中和压力降至零以后，都应进行外观检查。检查重点部位包括：焊缝、接管和人孔密封处。

试验过程中，容器无泄漏，无可见的变形和异常声响。

7.9.8.2 压力检查

在整个水压试验过程中，对水压试验压力应进行实时检查并记录。检查期间，压力应保持不变。

7.9.8.3 温度检查

在整个水压试验过程中，对温度进行定时监测，测量位置、时间间隔和测量的温度均应记录。温度需满足7.9.5节试验温度的要求。

7.9.9 疏水及干燥

水压试验合格后，应将水排尽并根据NB/T 20233的要求对其进行清洁和干燥。

7.10 其它试验

电加热器应在焊前、焊后即水压试验后逐根进行电阻和绝缘电阻测量。

7.11 标识与标记

稳压器的制造过程及制造完成后的标识与标记应满足稳压器设计文件的要求。

7.12 铭牌

稳压器铭牌应置于明显位置。铭牌应至少包含以下内容。

- a) 设备名称；
- b) 设备位号；
- c) 产品标准；
- d) 主体材料；
- e) 设计压力、工作压力；
- f) 设计温度、工作温度；
- g) 水压试验压力；
- h) 制造单位名称；
- i) 制造许可证编号；
- j) 制造日期。

7.13 清洁、包装、运输与贮存

7.13.1 清洁

稳压器清洁和清洁度应满足 NB/T 20233 的要求。

7.13.2 包装

7.13.2.1 稳压器包装应满足 NB/T 20408 的要求，同时应能承受海运及长途运输的要求。

7.13.2.2 稳压器需在密封运输之前进行干燥和清洁度检查。在检查合格之后，立刻进行稳压器充氮密封，保持其清洁度。充氮压力为 20~35kPa、露点小于-29℃、氧含量小于 1.0%。

7.13.2.3 稳压器运输时与充氮装置连接，充氮装置由贮气瓶、冗余的压力表、阀门及管道组成，该装置同时固定于包装装置内，并能承受运输过程中的振动等诸因素。密封装置需进行泄漏试验。

7.13.2.4 稳压器外表面应用可去除的涂层/覆盖层保护，以防止湿气和大气污染物腐蚀。涂层/覆盖层应为耗材，且应控制污染物含量。涂层/覆盖层应不溶于水，但能用无卤素的溶液或机械方法容易去除。

7.13.2.5 稳压器包装标识按 GB/T 191 的规定，至少应包含以下内容：

- a) 设备质量、重心及起吊点；
- b) 防雨、防潮等标识；
- c) 禁焊标识；
- d) 防撞标识；
- e) 充氮标识。

7.13.3 运输

7.13.3.1 稳压器运输应满足 NB/T 20408 的要求。

7.13.3.2 稳压器运输过程中直到现场，应定期进行外观、包装完整性及充氮压力检查并记录。稳压器运输过程中，氮气压力应维持在 7.13.2.2 中的压力值。

7.13.3.3 稳压器运输过程中应按技术文件要求控制加速度。稳压器可采用在适当位置安装连续式加速度记录仪的方式，记录稳压器完工后在装卸和运输过程中以及现场吊装时三个方向的加速度数值。

7.13.4 贮存

7.13.4.1 稳压器贮存应满足 NB/T 20408 中 C 级物项的要求。

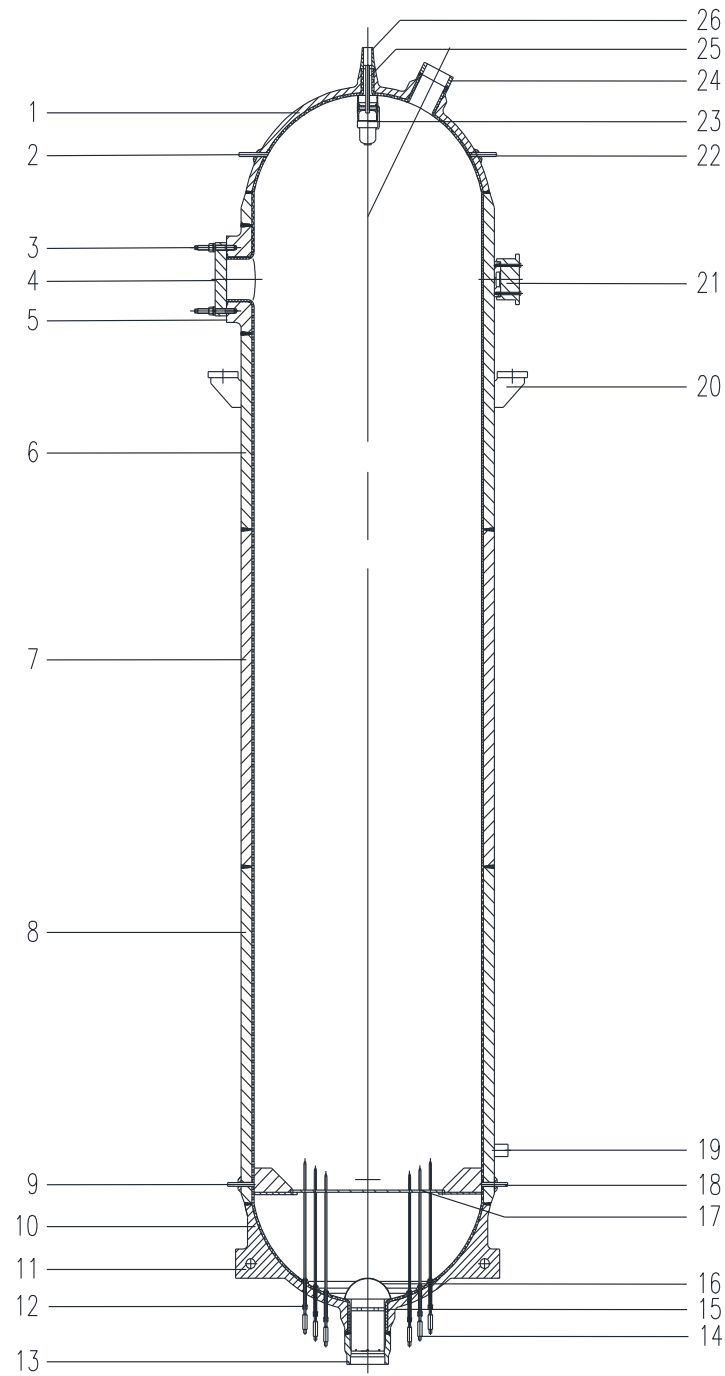
7.13.4.2 设备贮存期间，应进行定期检查。若发现异常应及时采取必要措施，恢复规定的贮存状态，并作书面报告。定期检查项目如下：

- a) 充氮压力检查，应确保充氮压力维持在 7.13.2.2 中的压力值；
- b) 标识应齐全；
- c) 封口应完好；
- d) 涂层/覆盖层应完好；
- e) 不应有机械损伤；
- f) 不应有污染、腐蚀；
- g) 包装箱不应打开或密封包装不应有损伤。

附录 A
(资料性附录)

压水堆核电站典型的稳压器和主要零部件

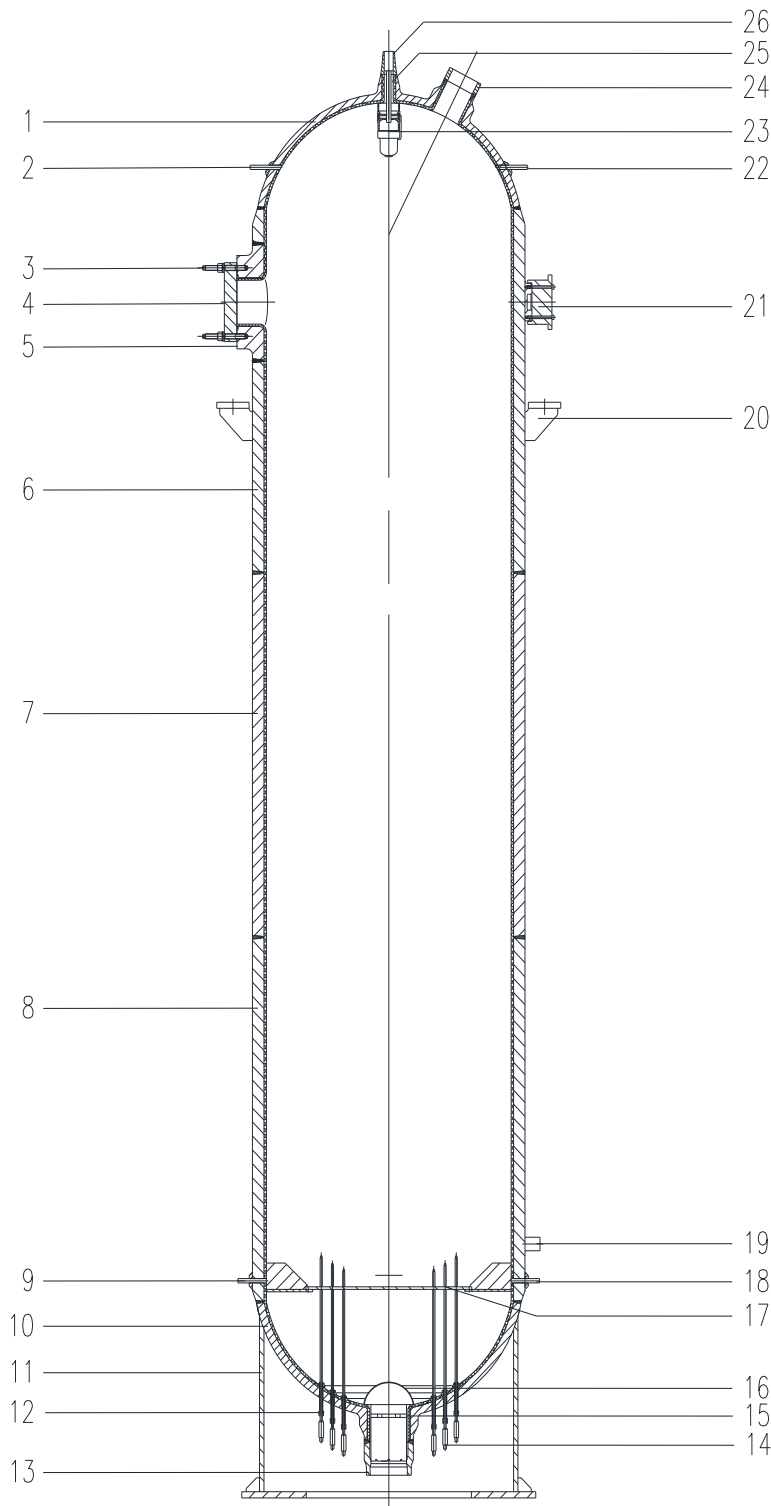
压水堆核电站典型的稳压器（支腿式支撑、群座式支撑）和主要零部件见图A. 1、图A. 2和表A. 1、表A. 2。



图A. 1 稳压器（支腿式支撑）结构示意图

表A.1 稳压器（支腿式支撑）典型的零部件

序号	名称	序号	名称
1	上封头	14	电加热器
2	上仪表管	15	波动管热套管
3	人孔紧固件	16	分流器
4	人孔盖板	17	电加热器支撑板
5	人孔座	18	下温度计管
6	上筒体	19	铭牌
7	中筒体	20	上部支撑块组件
8	下筒体	21	吊耳组件
9	下仪表管/取样管	22	上温度计管
10	下封头	23	喷雾器
11	下部支撑块（与下封头整体锻制）	24	安全卸压管安全端
12	电加热器套管	25	喷雾管热套管
13	波动管安全端	26	喷雾管安全端
注： 1. 喷雾管、安全卸压管宜与上封头整体锻造； 2. 波动管宜与下封头整体锻造。			



图A.2 稳压器（裙座式支撑）结构示意图

表A.2 稳压器（裙座式支撑）典型的零部件

序号	名称	序号	名称
1	上封头	14	电加热器
2	上仪表管	15	波动管热套管
3	人孔紧固件	16	分流器
4	人孔盖板	17	电加热器支撑板
5	人孔座	18	下温度计管
6	上筒体	19	铭牌
7	中筒体	20	上部支撑块组件
8	下筒体	21	吊耳组件
9	下仪表管/取样管	22	上温度计管
10	下封头	23	喷雾器
11	裙座	24	安全卸压管安全端
12	电加热器套管	25	喷雾管热套管
13	波动管安全端	26	喷雾管安全端
注： 1. 喷雾管、安全卸压管宜与上封头整体锻造； 2. 波动管宜与下封头整体锻造。			

附 录 B
(资料性附录)
稳压器推荐母材

表B.1列出了稳压器主要零部件推荐的适用材料，材料的性能见T/CNEA XXX.8-XXXX《压水堆承压部件 设计与制造 第8部分：辅助规则》附录A。

表B.1 稳压器主要零部件推荐的适用材料

编号	零部件名称	标准草案编号和名称
1	筒体、封头、接管（喷雾管、安全卸压管、波动管）、人孔盖板、人孔座和支撑	T/CNEA XXX.4-XXXX 压力容器用经真空处理的淬火加回火碳钢和合金钢锻件（13MnNiMo 1类）
		T/CNEA XXX.4-XXXX 压力容器用经真空处理的淬火加回火碳钢和合金钢锻件（13MnNiMo 2类）
2	波动管安全端和安全卸压管安全端	T/CNEA XXX.15-XXXX 高温承压零件用奥氏体不锈钢锻件（推荐 F316LN）
3	喷雾管安全端	T/CNEA XXX.38-XXXX 镍合金锻件
4	温度计管、仪表管、取样管和电加热器套管	T/CNEA XXX.15-XXXX 高温用锻制或轧制合金钢和不锈钢公称管道法兰、锻制管配件、阀门和零件（推荐 F316LN）
5	波动管热套管	T/CNEA XXX.34-XXXX 高温中央电站用奥氏体不锈钢无缝钢管
6	喷雾管热套管	T/CNEA XXX.36-XXXX 镍-铬-铁无缝合金管
		T/CNEA XXX.38-XXXX 镍合金锻件
7	人孔螺栓	T/CNEA XXX.18-XXXX 高温或高压及其他特殊用途用合金钢和不锈钢螺栓材料
8	人孔螺母、垫圈材料	T/CNEA XXX.27-XXXX 高温高压螺栓用碳钢和合金钢螺母
9	人孔密封板	T/CNEA XXX.37-XXXX 镍-铬-铁合金板、薄板和带材
10	人孔隔板	T/CNEA XXX.24-XXXX 压力容器和一般用途用耐热铬及铬镍不锈钢板、薄板和钢带
11	裙座	T/CNEA XXX.4-XXXX 压力容器用经真空处理的淬火加回火碳钢和合金钢锻件

附 录 C
(资料性附录)
稳压器推荐焊接材料

表C.1列出了稳压器主要焊缝推荐的适用焊接材料。

表C.1 稳压器推荐焊接材料

编号	焊缝类别	焊接材料型号	标准草案编号和名称
1	低合金钢 环焊缝	E5515-G、E5516-G、E5518-G, E6215-G、E6216-G、E6218-G	T/CNEA XXX.17-XXXX压水堆承压部件 焊接 第16部分：低合金钢手工电弧焊焊条
		S55PX-SUN1M3、 S55PX-SU4M32、 S55PX-SUG	T/CNEA XXX.16-XXXX压水堆承压部件 焊接 第15部分：埋弧焊用低合金钢焊丝和 焊剂
		ER55-D2、ER55-G、 ER62-D2和ER62-G	T/CNEA XXX.18-XXXX压水堆承压部件 焊接 第17部分：低合金钢气体保护焊焊丝
2	容器及接 管内壁不 锈钢堆焊	E308L、E309L	T/CNEA XXX.6-XXXX压水堆承压部件 焊 接 第5部分：不锈钢手工电弧焊焊条
		ER308L、ER309L	T/CNEA XXX.7-XXXX压水堆承压部件 焊 接 第6部分：不锈钢焊丝
		EQ309L、EQ308L及焊剂	T/CNEA XXX.8-XXXX压水堆承压部件 焊 接 第7部分：不锈钢堆焊用焊带和焊剂
3	异种金属 连接焊缝 (包括隔 离层堆焊)	ENi6182、ENi6152	T/CNEA XXX.10-XXXX压水堆承压部件 焊接 第9部分：镍基合金手工电弧焊焊条
		EQNiCr-3、EQNiCrFe-7、 EQNiCrFe-7A和EQNiCrFe-14及焊 剂	T/CNEA XXX.11-XXXX压水堆承压部件 焊接 第10部分：镍基合金堆焊用焊带和焊 剂
		SNi 6082、SNi 6052和 ERNiCrFe-7A	T/CNEA XXX.12-XXXX压水堆承压部件 焊接 第11部分：镍基合金焊丝
4	镍基合金 堆焊层、镍 基合金堆 焊凸台	ENi6182、ENi6152	T/CNEA XXX.10-XXXX压水堆承压部件 焊接 第9部分：镍基合金手工电弧焊焊条
		EQNiCr-3、EQNiCrFe-7、 EQNiCrFe-7A和EQNiCrFe-14及焊 剂	T/CNEA XXX.11-XXXX压水堆承压部件 焊接 第10部分：镍基合金堆焊用焊带和焊 剂
		SNi 6082、SNi 6052和 ERNiCrFe-7A	T/CNEA XXX.12-XXXX压水堆承压部件 焊接 第11部分：镍基合金焊丝
5	碳钢焊缝 (如有)	E5015-G、E5016-G、E5018-G	T/CNEA XXX.13-XXXX压水堆承压部件 焊接 第12部分：碳钢手工电弧焊焊条
		ER50-3和ER50-6	T/CNEA XXX.14-XXXX压水堆承压部件 焊接 第13部分：碳钢气体保护焊焊丝

附录 D
(资料性附录)
稳压器载荷组合

稳压器分析法设计时需考虑的载荷组合见表D. 1，表D. 2为载荷术语描述。

表D. 1 稳压器载荷组合

运行工况	载荷组合 ⁽⁹⁾	运行限值
设计	$P+DW+DML+XL$	设计
A级	$PMAX^{(1)}+DW+XL^{(3)}$	A
	$PMAX+DW+DN+XL^{(5)}$	A
B级	$PMAX+DW+DU+XL^{(5)}$	B
C级	$PMAX+DW+DE+XL^{(5)}$	C
	$PMAX+DW+DY+HYDSP+XL^{(6)}$	C
D级	$PMAX+DW+DF+XL^{(5)}$	D
	$PMAX+DW+SRSS^{(2)}((SSE+SSES)+DBPB^{(4)})+XL^{(3)}$	
	$PMAX+DW+RVOS+SRSS((SSE+SSES)^{(4)}+XL^{(8)})$	
	$PMAX+DW+DYS+DBPBS+SRSS((SSE+SSES)^{(4)}+DY+HYDSP)+XL^{(6)}$ (7)	
试验	$P+DW+DML$	

表D.2 载荷术语

载荷	描述
P	内部设计压力
PMAX	压力峰值
DW	自重
DML	设计机械载荷（除自重）。包括A级载荷和B级卸压/安全阀开启系统稳态载荷
XL	外部机械载荷（相应管道对管嘴的相互作用）
SSE	安全停堆地震（惯性部分）
FV	阀门快速关闭
RVC	卸压/安全阀-封闭系统（瞬态）
RVOS	卸压/安全阀-开放系统（稳态）
RVOT	卸压/安全阀-开放系统（瞬态）
DY	不同工况下的动态载荷（瞬态）
DN	Level A工况下适用的动态载荷（瞬态）
DU	Level B工况下适用的动态载荷（瞬态）
DE	Level C工况下适用的动态载荷（瞬态）
DF	Level D工况下适用的动态载荷（瞬态）
DYS	各种使用工况相关的动态载荷（稳态）
SSES	SSE地震锚固点位移
ES	小于SSE的地震锚固点位移
DBPB	设计基准管道破裂，包括LOCA和非LOCA (瞬态)
HYDSP	由于自动卸压系统鼓泡器下泄造成的厂房结构运动
DBPBS	设计基准管道破裂，包括LOCA和非LOCA（稳态）