

《压水堆承压部件 设计与制造 第 5 部分： 支承件》-编制说明 (征求意见稿)

一、工作简况

1、任务来源

《压水堆承压部件 设计与制造 第 5 部分：支承件》是《压水堆承压部件》系列标准设计与制造专篇的第 5 部分，由上海核工程研究设计院有限公司等单位编制。

该标准经过中国核能行业协会评审并经过公示后予以立项，并由上海核工程研究设计院有限公司与中国核能行业协会签订《中国核能行业协会团体标准制（修）订专项技术服务合同》。

团体标准《压水堆承压部件 设计与制造》系列标准编制周期为 18 个月，自 2020 年 1 月 1 日至 2021 年 6 月 30 日，其中项目的节点要求如下：

2020 年 6 月 30 日前，完成项目征求意见稿。

2020 年 10 月 30 日前，完成项目送审稿。

2021 年 2 月 28 日前，完成项目报批稿。

2、主要工作过程

(1) 标准起草阶段 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 2 月 28 日)

主要任务是成立标准编制小组，分解工作任务、文件收集和调研分析、明确标准编制的进度控制。

在前期准备阶段成立标准编制小组和明确工作任务后，首先消化吸收上海核工程研究设计院牵头的中国先进核电标准体系研究课题的研究成果；收集了国标（GB）和能源标准（NB）有关的检测、检验标准，并对上述所有标准进行了研究和分析，确立编制标准的构架以及技术内容。

根据核电标准体系研究的前期工作分析结果，确定了本标准编制的进度安排。

在上述调研分析的基础上同时结合国内实际情况，起草了本标准的初稿。

(2) 征求意见阶段

征求意见待反馈。

3、主要参加单位和工作组成员及其所作的工作等

本标准由上海核工程研究设计院有限公司主编，编制组成员组成如下，详见表 1。

表 1 标准编制组成员名单

序号	类型	姓名	单位	职务/职称	负责编写内容
1	主编 单位	梁兵兵	上海核工程研究设计院 有限公司	研高	全文审核
2		余权舟		工程师	章节 1、2、3、4、6、7、 8、附录 A、B、C、D 编写
3		丁凯		高工	章节 1、2、3、4、6、7、 8、附录 A、B、C、D 校核
4		李晨		高工	章节 1、2、3、4、6、7、 8、附录 A、B、C、D 编写
5		祁涛		高工	章节 1、2、3、4、6、7、 8、附录 A、B、C、D 校核
6		王弘昶		高工	章节 5、7、8 校核
7		姚俊俊		工程师	章节 5、7、8 编写
8		赵冠楠		工程师	章节 5、7、8 编写
9	参编 单位	杨铁成	中国机械工业联合会		参编
10		詹乐昌	中机生产力促进中心		参编
11		邓瑞源	核工业标准化研究所		参编
12		孟巍	哈电集团（秦皇岛）重 型装备有限公司		参编
13		李亭	东方电气（广州）重型 机器有限公司		参编
14		郑建能	二重（德阳）重型装备 有限公司		参编
15		苏明星	上海电气核电集团有限 公司		参编
16		梁信镇	中广核工程有限公司		参编

序号	类型	姓名	单位	职务/职称	负责编写内容
17		余纪成	中国核动力研究设计院		参编

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准的修订符合核电行业设备可靠性评价方法发展的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则以及标准的目标、统一性、协调性、实用性、一致性和规范性原则来进行本标准的制定工作。

（1）科学性

本标准借鉴了国际标准 ASME B&PV 规范 2007 版及 2008 补遗第 III 卷第 I 册 NF 分卷及 RCC-M 规范 2007 版有关支承件部分的内容，同时结合我国工业标准体系的实际情况对本团体标准进行编写。

（2）实用性

本标准在对比分析研究不同压水堆型支承件设计技术要求的基础上，规定了压水堆核电厂承压部件支承件的设计、制造、检验、试验和验收等要求。本标准对于压水堆核岛机械设备承压部件支承件的设计、制造、检验、试验和验收等具备一定的普遍适用性。

2、标准主要内容的依据

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分主要参考 ASME B&PV 规范 2007 版及 2008 补遗第 III 卷第 I 册 NF 分卷及 RCC-M 规范 2007 版支承件部分相关要求，并结合中国先进核电标准体系研究的研究成果以及国内核电工程的设计和制造经验而制定。

3、解决的主要问题

核电标准体系是一项需要长期持续投入的系统工程，其通过不断地建设、完善和优化，来适应需求的变化和技术发展。核电标准体系的成长历程既是对当前技术成果固化和产品标准化的过程，同时也是一个随技术和安全理念的发展不断地动态更新的持续过程。

在我国众多核电厂中，以 ASME 规范和 RCC-M 标准进行建造的核电厂，占据了主导地位。众所周知，压水堆核电站起源于美国西屋公司，西屋公司的核电站设计采用 ASME 规范体系。而 RCC-M 标准，是为适应法国核安全管理的要求并根据工业实践经验和业主（EDF）对制造和检测的要求，在 ASME 规范的基础上，由法国 AFCEN 协会负责编写的。该标准以 ASME 设计规范为基础，加入了西屋的设计规范的要求，并融入了法国与欧洲核电厂建造规定、规范和管理办法，最终形成了日趋符合法国工业和审管要求的压水堆技术。因此在以 RCC-M 为基础设计压水堆核电站中，可以发现大量源自 ASME 规范的要求。但是，由于两个规范标准的深度、结构、框架，配套法规、标准体系等多个方面的不同，在具体的技术实施层面，仍有许多明显的技术差异。

由于存在上述的技术差异，核岛机械设备现阶段采购、制造仍以具体项目的规格书、技术条件为主，不同堆型、不同项目之间，同类设备的技术要求存在差异，这对设备制造厂的制造、管理以及成本控制，造成较大的影响。

因此，核电业界，尤其是材料、设备制造单位，对核岛机械设备规范标准统一提出了需求，各方都期望能结合我国核电的发展方向和技术路线，立足于总结提炼并固化压水堆的技术实践成果，包括最新的重大专项实施成果，兼容并蓄我国既有标准规范、监管体制和工业基础实际以及实践经验，研究并构建适应我国工业体系、能够满足我国自主化核电建设和技术发展需求、具有自我完善和发展能力的压水堆核电厂核岛机械设备标准体系。

针对上述需求，大型先进压水堆核电站重大专项——中国先进核电标准体系研究（第二阶段）课题开展了核承压边界设备设计建造、材料、焊接、无损检验统一规范研究，形成具有跨堆型适用的核岛机械设备统一规范草案。本团体标准是在上述研究成果基础上，通过核能行业协会牵头，凝聚全行业专业技术力量形成的标准。其中《压水堆承压部件 设计与制造》规定了与我国工业基础紧密结合，对我国工业良好实践进行系统总结的工业级共性要求。

三、主要试验（或验证）情况

无。

四、标准中涉及专利的情况

无。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准的推广与应用，不仅有助于建立跨堆型的具有普遍适用性的自主化核岛机械设备标准体系，降低设计、制造、监管成本，提高核岛机械设备质量，也将为核电技术“走出去”奠定标准基础。

六、与国际、国外对比情况

核电部件大多在高温、高压和放射性条件下工作，确保这些部件的安全可靠运行，对核电厂安全和经济效益都极其重要。对于核安全部件，我国目前尚未建立完整的、统一的、适应于国内核电部件设计、制作、检测和质量鉴定等环节的技术标准体系。我国核电尽管发展了已有近 50 年，但其商业化程度尚未形成标准化建设的规模，核电标准体系建设也尚未形成自己的特色和品牌，大多是参照上世纪 80 年代初的国外标准，近 20 年来国内外核电技术发展的成果未能在标准中及时反映。我国核电标准建设中虽制定和颁布了一系列的标准（EJ），有的已上升为国家标准（GB），但还没有形成一套完整的和统一的核电标准规范体系，导致新建电厂建设中参照的仍然是外国的标准。

凡是核电发达的国家都在本国工业基础和技术体系下建立了自主的核电标准体系。主要代表有美国的 ASME-Section III，法国 RCC-M，德国 KTA，俄罗斯的 OCT，加拿大 CSA，日本 JIS，韩国 KEPIC。这些国家的核电标准各具特色，不仅适应本国核电发展的需要，而且极大推动了国际核电产业的快速发展。与此同时，随着我国核电的快速发展，统一标准的缺失也已成为进程日益加快的核电设计自主化、设备国产化的软肋。

我国目前运行和在建的核电机组，主要部件来自多个国家，采用了多种技术标准。我国在 20 余年的核电发展中，引进了不同的技术路线，分别采用了美国的 ASME 标准、法国的 RCC 系列标准以及俄罗斯、加拿大标准等，这对我国核电

自主化很不利，不可能多种标准同时运行。核电标准化体系建设需要有一个参考和基础，核电发展迫切需要标准化体系的建设。

ASME 规范是美国机械工程师学会锅炉及压力容器规范的简称，是目前世界上普遍遵循的规范之一。ASME 规范规定了强制性的最低要求以及维护和运行的建议。ASME 规范自 1977 年成为美国国家标准后，不仅美国和加拿大各州在法律上对其予以认可，西方许多国家也将其作为参照标准来执行。ASME 核电站部件建造规范标准在世界上有较高的权威性，往往被直接采用。法国的 RCC-M 规范和德国的 KTA 规范就是吸收 ASME 最重要的方面再结合本国的实践而制定的。RCC-M 仅是 ASME 的本土化，仅适用于法马通模式的百万千瓦级（3 回路 100 万千瓦和 4 回路的 130~150 万千瓦）压水堆电站核岛部件的建造。其重要的部分，包括第 I 卷的 B 篇、C 篇、D 篇、G 篇、H 篇和 Z 篇，除了极少的变动外，基本引用了 ASME 的内容。因此，ASME-Section III 总结了美国几十年的核与非核的经验，经过数十次的修改和补充，全面提出核承压部件的安全要求，使用面更宽，更具权威性。

ASME-Section III 即核电部件建造规范，属于美国核电标准体系中的安全相关工业标准，直接对核电部件产品提出强制性技术条款以满足法规要求。法国 RCC-M、德国 KTA、韩国 KEPIC-M 等均属此类核电规范，且都是在借鉴 ASME-Section III 基础上发展而来的。

ASME-Section III 是在常规锅炉和压力容器规范基础上发展而来的，最早于 1963 年完成第 1 版，1969 年经过 NRC 认证开始具有强制性，1977 年上升为美国国家标准。近五十年来，ASME-Section III 经过不断完善，截止到 2012 年 12 月，ASME-Section III 共分为五册，其中第 4 册“用于等离子磁约束的聚变能装置”尚未正式对外发布。第 1 册从部件的材料、设计、制造、安装、检验、试验、超压和认证等全面规定不同级别核部件与部件要求，也是使用其它各卷册的指南（包括附录），共分 8 个分册。第 2 册针对混凝土安全壳规范，早期含有 CB（混凝土反应堆容器）和 CC（混凝土反应堆安全壳）两部分，随着时代的发展早期混凝土反应堆容器的反应堆退役，从 98 版起 CB 分册随之取消，当前只有 CC 分册。第 3 册则用于运输与储存乏燃料和高放射性材料及废料的安全容器，从 98 版起正式发布使用至今。第 5 册“高温反应堆”于 2011 年首次发布。

福岛事故发生后，我国核安全要求被提高到新的高度。核电发展新形势要求我国核电标准化建设与之相适应，并成为确保核电安全和推动我国核电产业发展的重要技术支撑。我国能源布局和核电发展战略、福岛核事故后核电安全理念的提升和我国批量化发展核电的现状，以及核电产业自主化发展的需求，对全面、系统、高效地建设我国核电标准体系提出了强烈的呼声。建立健全我国的核电标准体系首先需要借鉴国外成功的经验，通过对国外尤其是美国先进核电标准的消化吸收，逐步建立具有中国特色的完整统一的核电标准体系，而 ASME-Section III 中的第 1 册 NF 分卷“支承件”是核电标准国产化中的一个重要部分。

本部分技术要求与 ASME B&PV 规范 2007 版及 2008 补遗第 III 卷第 I 册 NF 分卷及 RCC-M 规范 2007 版支承件部分技术水平相当。

与本部分标准关系最密切的有国家核安全法规和国家能源行业核电体系标准。本部分标准是为贯彻我国核安全法规精神、积极推进压水堆核岛机械设备的国产化进程，而制定或修订的系列标准中的重要组成部分。核安全法规针对核安全设备行政管理包括对核设备制造和安装活动的行政管理提出的法律要求，明确了与核安全设备相关的核设备制造和安装活动的法律责任。本部分标准贯彻核安全法规精神，针对压水堆核电厂核岛机械设备制造活动所要遵循的明确而细致的技术规范，标准与法规要求是协调一致的。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准是《压水堆承压部件》系列标准中设计与制造专篇的第 5 部分。

本标准编制参考中华人民共和国环境保护法、中华人民共和国放射性污染防治法、中华人民共和国核安全法、中华人民共和国招标投标法、中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例等相关法律、法规、规章及标准，本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

标准发布后，上海核工程研究设计院有限公司将配合中国核能行业协会组织行业召开标准宣贯会，开展培训活动，促进该标准更好的贯彻实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

针对规范 ASME 与 RCC-M 的差异性，通过横向、纵向比较，同时回溯多个历史版本，结合规范发展趋势，及国内工程实际情况等。本标准在实际编制过程中，处理如下：

1. 管辖界限

支承件与建筑结构间的界限（ASME 第 III 卷 NF 分卷和 RCC-M 第 1 册 H 篇）		
内 容	ASME (NF-1132)	RCC-M (H1222)
	图 NF-1132-1 (g) 注明底板、螺栓及螺帽属于建筑结构范畴	H1222.1 b) 指出如支承件与建筑结构之间采用机械连接，则连接件应符合 H 篇的要求。
分 析	在支承件与建筑结构的机械连接中， <ul style="list-style-type: none">• RCC-M 要求连接件符合 NF 支承件设计要求；• ASME 老版本把相应内容归并为建筑结构范畴；• ASME 新版本把相应内容归并为 NF 支承件范畴；	
方 案	参考 RCC-M 体系，将底板、螺栓及螺帽纳入支承件范畴；	

2. 板壳型支承件二次应力考虑

板壳型支承件二次应力考虑（ASME 第 III 卷 NF 分卷和 RCC-M 第 1 册 H 篇）		
内 容	ASME (NF-1121, NF-3221.1)	RCC-M (H3222, H3226)
	NF 分卷的规则提出对新结构的要求，同时考虑由于自由端位移受约束以及 NF-3121.12 和 NF-3121.12	① S1 级板壳型支承件 A 级准则中要求考虑热膨胀，并保证 $P_m+P_b+P_e \leq 3S_m$ ； ② H3226.2 适用于剪应力的极限 一次加二次剪应力和峰值应力应该转化为应力强度（等于 2

	定义的锚固点运动引起的机械应力和机械效应，但不包括热膨胀或峰值应力。	倍的纯剪应力），H3222.2 的极限值应该得到满足；
分析	<ul style="list-style-type: none"> 在 1 级板壳型支承件分析评定中，ASME 体系明确指出不考虑热膨胀和峰值应力，但 RCC-M 体系对热膨胀和峰值应力都有相关的规定； RCC-M 源于 ASME，RCC-M 相关要求与 ASME 老版本体系是一致的，沿用了 ASME NB 标准体系； ASME NB 标准对应承压部件，要求保证结构完整性、密封性及功能完整性，局部不能破损； 支承件为非承压部件，在支承件刚度和挠度满足结构完整性、功能完整性要求前提下，可适当允许局部损坏； 热膨胀和峰值应力等二次应力属于局部应力，不考虑此处二次应力也能满足支承件设计要求； 	
方案	参考 ASME 体系，不考虑板壳型支承件二次应力；	

3. 板壳型支承件基本许用应力值 S

板壳型支承件基本许用应力值 S（ASME 第 III 卷 NF 分卷和 RCC-M 第 1 册 H 篇）		
内 容	ASME(第 II 卷 PartD 强制性附录 1 表 1-100)	RCC-M(第 I 卷 Z III 300)
	应力限制系数关联 Su 的设计因子为 3.5	应力限制系数关联 Su 的设计因子为 4.0
分 析	<ul style="list-style-type: none">在 ASME 中，支承件基本许用应力值按 $S=\min(2S_y/3, S_u/3.5)$ 取在 RCC-M 中，支承件基本许用应力值按 $S=\min(2S_y/3, S_u/4.0)$ 取，与 ASME 老版本一致	
方 案	采用 ASME 体系。 ASME 第 III 卷中的基于设计因子 3.5 而不是 4.0，降低了第 III 卷的建造成本。	

4. 应力限制抗拉强度 Su 考虑

应力限制抗拉强度 Su 考虑（ASME 第 III 卷 NF 分卷和 RCC-M 第 1 册 H 篇）		
内 容	ASME(NF-3000)	RCC-M(H3000)
分 析	<ul style="list-style-type: none">在 ASME 中，线型支承件的部分许用应力限制仅考虑了屈服应力 S_y；支撑设计准则中以 RG 1.124 中抗拉强度 S_u 限制进行辅助设计；RCC-M 已将抗拉强度 S_u 写入了 RCC-M 具体章节中，具体限值与 RG 1.124 相当；高强度材料 S_y、S_u 接近，仅考虑 S_y，设计上存在潜在的风险，需结合 S_y、S_u 一起考虑；	
方 案	参考 RCC-M 体系，将应力限制抗拉强度 S_u 纳入支承件相关章节；	