

《压水堆承压部件 设备设计制造 第 5 部分：堆内构件》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 设备设计与制造 第 5 部分：堆内构件》是《压水堆承压部件》系列设备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 设备设计与制造》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有限公司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

上海核工程研究设计院有限公司	上海第一机床厂有限公司	东方电气（武汉）核设备有限公司
栾佳明、杨义忠、姚俊俊，朱焜、丁宗华、李玲、左波、张翟、林绍萱、宁冬、张俊宝、张明	米大为、龚宏伟、蒋恩、范准、王肃鹏	舒华安、周承操、石吴琼、付光杰、吕旺

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准借鉴 IAEA、EPRI 等机构工作成果的基础上，结合我国堆内构件设计制造标准研究的成果和实践，并参考 NB/T 20407-2017《压水堆核电厂堆内构件设计制造规范》进行编制。编制的主要原则是：

- 标准具有先进性和可操作性；
- 标准具有一定的通用性。

(1) 科学性

设计部分基于秦山核电厂和 CAP1000 堆内构件的设计特点及总结提炼的压水堆核电厂堆内构件设计经验进行编写，并融合了 M310 和华龙一号堆内构件。制造部分主要由国内两家具有堆内构件制造经验的制造厂编写，制造厂总结不同堆型堆内构件的制造要求，并进行融合，最后将通用的要求写入标准。

(2) 实用性

本标针对具体核岛主设备反应堆堆内构件，在设计与制造层面上予以整合，制定设计、制造和检验一体化通用标准要求，规定了堆内构件的材料、设计、制造、检测等要求，通过前期对不同压水堆型堆芯支承结构的分析比较，提炼出对于堆内构件的通用要求，对于压水堆堆型的堆内构件具备一定的普遍适用性。

2、标准主要内容的依据

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准以《压水堆承压部件 设计与制造 第 6 部分：堆芯支承结构》为依据，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。

标准的主要章节内容如附录 A 所示。主要内容的说明如下。

（1）材料

5.1 节提出了堆内构件零部件材料的通用要求，参考了核电项目中与一回路冷却剂接触零部件材料的 Co 元素含量限制、奥氏体不锈钢的敏化控制等相关要求。

5.2 节对堆内构件主要零部件的选材提出了要求。为使标准具备较好的通用性，5.2 节主要介绍堆内构件主要零部件的选材要求和通用的材料牌号（如 06Cr19Ni10 和 07Cr19Ni10）。

（2）设计

设计章节的主要内容包括堆内构件对外的接口、热工水力的设计要求、结构设计要求、允许变形和分析法设计。

接口要求中给出了堆内构件与其他设备的相关接口要求。主要涵盖的与堆内构件接口的设备包括：燃料组件、反应堆压力容器、控制棒驱动线、堆芯测量以及辐照监督管。

本章节还对堆内构件的安装、调试、换料与在役检查提出了要求，主要包括操作最简化、在役检查可达性和换料期间检查要求等。

热工水力设计要求主要考虑到堆内构件的结构应保证反应堆内冷却剂的流量分配均匀，冷却流道设计合理等要求。

结构设计要求给出的是针对堆内构件结构本身，除了对外接口要求外的其他重要的结构设计要求。

允许变形主要为对堆芯支承下板、吊篮上筒体、堆芯上板、控制棒导向筒等重要部件的要求。

分析法设计中规定了设计载荷和这些载荷组合的方法，同时给出了相应的评定准则和分析方法。

（3）制造

制造章节分机械加工、成形工艺、焊接、热处理、镀铬、装配、无损检测、标记、清洁、包装、运输与贮存等内容。标准中规定了堆内构件制造过程中相关工艺的要求和试验验收要求。

机械加工要求涵盖了从零部件加工前的准备到零件完工后的检查。

焊接要求主要包括焊接工艺评定、焊工技能评定要求，该章节还包括对焊材、产品焊缝制造、与焊缝相关热处理、焊缝温度控制、产品焊缝的无损检测，缺陷的去除和焊补，焊接见证件的制造以及表面加硬堆焊的要求。

热处理主要包括焊后热处理和光亮退火热处理。

装配要求主要为对在制造厂中堆内构件的装配时的要求。

无损检测要求包括制造过程中的目视检测、液体渗透检测、射线检测和超声检测。

清洁、包装、运输与贮存要求主要引用《压水堆核电厂设备清洁和清洁度要求、防污染要求》和《压水堆核电厂设备包装、运输、贮存要求》。

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。

为了解我国不同核电堆型（M310、华龙一号、CAP1000 等）的堆内构件的设计及技术要求异同点，国内堆内构件制造厂在执行不同的规范标准（ASME、RCC-M 和 GB/T 16702）时存在的问题，对一机床厂、武汉核设备厂进行调研。结合标准对比成果和调研成果，对堆内构件设计与制造标准进行需求分析和标准体系框架研究。基于上述研究成果，梳理出标准融合研究中需要解决的技术难点，一部分技术难点通过开展配套试验研究解决，另一部分则通过融合分析研究解决。

通过融合分析研究，解决相关技术难点，同时确定堆内构件一体化标准的各项技术内容，主要包括选材要求、结构设计要求、分析法设计要求、制造要求等。

三、主要试验（或验证）情况

对不同螺纹加工方式对螺栓性能的影响进行了试验研究。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

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

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》系列标准中设备设计与制造专篇的第 5 部分。
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

无。

附录 A 标准目录

1	范围.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	术语和定义.....	2
3.1	术语与定义.....	2
3.2	符号.....	2
4	通用要求.....	3
4.1	通则.....	3
4.2	职责.....	3
4.3	设备范围与管辖边界.....	4
4.4	功能与分级.....	4
5.1	通则.....	4
5.2	结构材料.....	5
5.3	紧固件材料.....	7
6	设计.....	8
6.1	通则.....	8
6.2	接口要求.....	8
6.3	安装、调试、换料与在役检查要求.....	9
6.4	热工水力设计要求.....	9
6.5	结构设计要求.....	10
6.6	允许变形.....	11
6.7	分析法设计.....	11
7	制造.....	18
7.1	机械加工.....	19
7.2	成形工艺.....	19
7.3	焊接.....	20
7.4	热处理.....	25

7.5	镀铬.....	25
7.6	装配.....	26
7.7	无损检测.....	26
7.8	标记.....	27
7.9	清洁、包装、运输与贮存.....	28
8	试验.....	30
8.1	总则.....	30
8.2	设计验证试验.....	30
8.3	出厂试验.....	31
附录 A（资料性附录）	典型堆内构件主要零部件	32