

## 核电产业发展与标准化建设

The Development of Nuclear Power Industry And Nuclear Power Standardization

左民

(核工业第二研究设计院, 北京, 100840)

**摘要** 追述了我国核电标准化建设的历史梗概, 论述了核电产业发展与标准化建设的关系和当前我国这方面存在的问题, 特别着重说明了核电标准体系研究和建立的重要意义, 以及如何结合国情开展此项工作的看法。

**关键词** 核电 标准 体系

**Abstract:** This paper summarizes the history of national nuclear power standardization, and expounds the relationship between the development of nuclear power industry and standardization and China's current problems in this aspect, especially indicates the significant sense of researching and establishing nuclear power standardization system and the view points toward developing this work combined with China's situations.

**Key words:** Nuclear power Standard System

### 1 我国核电与核电标准化建设历史回顾

#### 1.1 总体情况回顾

当前, 我国运行中的核电厂有五厂八堆6100 MW, 它们是秦山核电厂(300 MW), 大亚湾核电厂(2×950 MW), 岭澳核电厂(2×950 MW), 秦山第二核电厂(600 MW)和秦山第三核电厂(2×700 MW)。在建的有二厂三堆2600 MW, 它们是秦山第二核电厂(600 MW)和田湾核电厂(2×1000 MW)。计划建设的有三门、岭东、阳江、海阳等核电厂。从我国核电建设初期, 即从秦山核电厂建设时起, 我国核电界人士便十分重视核电标准问题, 核行业标准EJ出了36项压水堆核电厂设计准则, 主要是针对300MW(2环路, 每个环路150 MW)压水堆核电厂各系统的设计准则。由于缺乏实践经验, 可能有不够完善之处, 但毕竟是一次良好的探索和开端。1983年回龙观会议, 确立了我国以300 MW标准环路的600 MW(2×300 MW)压水堆核电厂为主力堆型的自主发展核电的方针。特别是在1990年左右, 也正是大亚湾核电厂1号机组即将建成发电的时候, 秦山核电二期工程设计通过“可行性研究”和“初步设计”审查, 国家确定秦山二期工程“以我为主, 中外合作”, 参考大亚湾核电厂的建设方针, 设备国产化率应不低于70%。为了促进秦山二期工程设计自主化和设备国产化, 在当时的国务院核电办和中国核工业总公司的直接领导下, 由核工业标准化所组织, 核工业第二研究设计院、中国核动力院和上海核工程研究设计院等众多院所专家参加, 对国际上通行的核电系列标准ASME和RCC进行了分析论证。结合参考电厂的情况, 中核总于1990年和1991年召开了两次“600 MW核电厂自主设计标准规范审评会”, 确定了主要参考法国AFCEN的RCC系列标准(1983年, 1984年版)总体格局, 并尽可能地利用秦山一期300MW核电厂的经验, 编制我国核电厂核岛建造标准。具体情况如下:

(1) 以RCC-P为蓝本, 编制出版了GB/T15761-1995《2×600 MW压水堆核电厂核岛系统设计建造规范》;

(2) 以RCC-M的设计部分为蓝本, 编制出版了GB/T16702-1996《压水堆核电厂核岛机械设备设计规范》;

综 述  
核 电 设 计  
工 程 管 理  
工 程 建 造  
运 行 维 护  
核 安 全  
核 电 前 期  
核 电 论 坛  
核 电 经 济  
核 电 国 产 化  
核 电 质 量 保 证  
核 电 信 息

(3) 以RCC-M的S分册（焊接篇）为参考，编制出版了系列标准EJ/T1027.1-19-96《压水堆核电站核岛机械设备焊接规范》；

(4) 以RCC-M的F分册（制造篇）为参考，编制出版了标准EJ/T1012-96《压水堆核电站核岛机械设备制造规范》；

(5) 以RCC-M的B-3500、C-3500、D-3500、RCC-E和IEEE382等为参考，编制出版了EJ/T 1022.1-18-96《压水堆核电站阀门》系列标准；

(6) 对RCC-G，由于我国有些建筑、结构规范是强制性的，故不能离开我国强制性的土建规范，决定凡对核电站的特殊要求部分参考使用RCC-G，试验方法参照使用RCC-G；

(7) 对RCC-I“压水堆核电站防火设计和建造规则”，由于消防设计涉及我国消防法等法规，决定暂不予转化，核电站设计时首先应遵从我国消防法规和核安全法规，以HAF0202（1）《核电站防火》安全导则为设计依据，同时参考RCC-I与核有关的内容；

(8) 对RCC-E“压水堆核电站核岛电气设备设计和建造规则”，由于涉及技术层面问题较多，亦暂不转化而参考使用；

(9) 对RCC-C“压水堆核电站核燃料设计和建造规则”，由于从法国引进了压水堆核电站燃料AFA-2G制造技术，故RCC-C照用；

(10) 对RCC-M的MC分册（检验方法篇），由于技术上存在一些困难，暂不转化。事实上，在上世纪末，也等效其1993年版编制了EJ/T1039 -1996《核电站核岛机械设备无损检验规范》和EJ/T1040-1996《核电站核岛机械设备材料理化检验方法》，在编制EJ/T1039-1996时，参考了ASME第三卷、第V卷和大亚湾核电站的实践经验；

(11) 以RSEM“压水堆核电站核岛机械设备在役检查规则”为主要参考，同时参考ASME第XI卷“核动力装置设备在役检查规则”部分内容，编制了EJ/T1041-1996《压水堆核电站核岛机械设备在役检查规则》。

此后，还陆续编制出版了数十个核电站有关标准，不一一列举。

## 1.2 秦山核电二期工程的做法

### 1.2.1 设计阶段

众所周知，在设计之前必须明确设计标准，否则无法开展设计。然而，从上面的1.1节所述可知，由于秦山核电二期工程在1992年开始施工设计，而标准RCC的转化版大部分在1996年才出来，不可能将它们应用于工程设计。为此，作为秦山核电二期工程总包院的核工业第二研究设计院在1992年10月7日发出了院〔1992〕169文《“秦山核电二期工程设计采用RCC规则”的规定》，对如何使用RCC标准作出了规定。该规定主要内容如下：

为顺利开展秦山二期工程，使施工图设计在采用标准规范上统一步调，保证施工图设计质量，确保工程安全可靠，根据中核总90年和91年关于“600MW核电站自主设计标准规范第一、第二次审评会”的纪要精神，对施工图设计时采用RCC规则作如下规定：

1 由于秦山核电二期工程设计方针是自主设计、中外合作，以广东大亚湾核电站为参考，所以秦山核电二期工程的设计技术标准也参照采用法国RCC规则编制。

#### 1.1 压水堆核电站核岛系统设计和建造规则（RCC-P）

RCC-P 1984版本作为秦山核电二期工程设计和建造参照采用标准。对RCC-P第五章（人员电离辐射防护总则）可参考使用1988年版本（即第四版）。

#### 1.2 核电站防火设计和建造规则（RCC-I）

秦山核电二期工程防火部分的设计和建造，应以《核电站防火》安全导则（HAF0202[1]）为设计依据，RCC-I 1983年修订本B作为参照采用。

#### 1.3 压水堆核电站核岛机械设备设计和建造规则（RCC-M）

RCC-M 1983年版本及1983年7月、1984年1月、1984年9月和1985年1月的四个补遗中的B3500、C3500、J分册和H分册作为秦山核电二期工程核岛机械设备设计和建造参照采用标准。因RCC-M不适宜直接在制造厂中使用，所以各专业工种在分发至工厂的设备施工图设计图纸和文件的最终使用版本中应使用参照RCC-M要求编制的专用或通用技术条件。

#### 1.4 压水堆核电站核岛电气设备设计和建造规则（RCC-E）

RCC-E 1984年版本作为秦山核电二期工程核岛电气设备设计和建造参照使用标准。在分发至工厂的最终版本的施工图和设计文件中，应使用参照RCC-E要求编制的专用或通用技术条件。

#### 1.5 压水堆核电站核岛土建设计和建造规则（RCC-G）

RCC-G 1986年版本在秦山核电二期工程中，设计和建造部分可供参考，试验部分可参照使用。

2 鉴于RCC-M和RCC-E的消化吸收有一个过程，因此在下发至工厂的设备施工图纸及设计文件非最终版本中允许少量引用RCC-M和RCC-E代号。

3 各专业设计人员在贯彻上述标准原则要求时，对RCC规则的新的版本要及时深入了解、掌握具体修改内容，采用与否，须通过一定程序研究后决定。

4 在执行RCC规则时，不能违背已颁布的我国有关核电厂安全，辐射防护及环境保护等要求强制执行的法规和条例。

5 在执行RCC规则时，对有不足部分和不符合国情的部分要在不降低核安全要求的条件下，进行适当补充和修改，其所达到的性能或指标，不得低于RCC规则的要求，但须进行论证和备案。

以上所摘是核二院1992年10月所发文件的主要内容，当时，完全是为了实现70%的设备国产化率而定的。所谓建造标准，包括了允许使用材料及其标准、设计方法、计算公式、参数选取和判据准则，冷热加工、成型、焊接、制造、检验、试验方法与检验试验程序，以及验收标准与其他要求。这里要特别强调的是允许使用材料及其标准，由于国情不同，我国材料标准与RCC或ASME相比较，无论是材料牌号或强度及塑性指标数据都很难说全对得上。而且，由于时间紧迫，且受条件所限，加之缺乏商用核电站设计经验，使我们不可能在设计开始之前的短时期内完成这方方面面的许多研究工作，只好决定按以下原则来处理这一矛盾。首先是不能降低技术水平和安全水准，在这一前提下，能直接采用国内标准材料者尽量采用国内标准材料，凡不能直接采用国内标准材料者补充以技术条件，差距太大但用量也大的材料通过科研攻关解决，用量不大且国内攻关确有很大难度或经济上很不划算的就进口。后来，由于投资渠道的原因，采购模式发生了变化，利用国外贷款，从国外采购主设备和相当部分核二、三级设备，但国产部分一直是按上述方针执行的。为此，仅核二院设计人员就编制了大量的技术条件和近30项院标

（Q/BU.J），其中大部分是与材料有关的。国外采购部分则直接执行RCC-M或ASME III加Δ，这主要是考虑RCC-M按零部件给出了采购技术规格书，而ASME III是针对各种类型核动力装置的，如果用于压水堆型核电站，必须补充采购技术规格书，所谓加Δ，就是指补充的这些要求，使之达到与RCC-M采购技术规格书相当的要求。电气设备直接执行RCC-E。

## 2 对我国核电标准化的看法

标准化建设在设计自主化和设备国产化中的意义重大，应尽快建立我国核电标准体系，实现设计自主化和设备国产化。

### 2.1 核电标准化以核电发展技术路线为依托，既定技术路线不能过多动摇

通过二十多年的努力，应该说核电及其配套产业，如核燃料制造等，在我国已形成一个新兴产业。虽然1983年1月北京回龙观会议确定了我国核电发展的技术路线是发展300 MW标准环路的大型压水堆型核电厂，但近十几年来的现实是既建造了压水堆型核电厂，也建造了重水堆型核电厂。即使是压水堆型核电厂，最初是从法国引进了大亚湾核电厂，后又从俄罗斯引进了田湾核电厂。当然这些引进都有其自身的背景，而且我们也不能排除将来还会有这种带特殊背景的项目的可能性，况且，当前又在议论新建核电厂的招标，可能又会出现新的国外合作伙伴。无论如何，这种多堆型、多渠道引进，多国外合作伙伴的做法不仅使我国核电体制复杂化，例如，模拟机的建设和人员培训体制的完善，核电厂运行管理经验的积累、交流和反馈，设计水准的提高，乃至核电发展方向和路线的确定都复杂化，也给核电标准化工作带来极大困难。我们的技术路线当然应该与时俱进，但大的取向应该有个定论，应在这个大前提下与时俱进，大的取向不能老是摇摆。

## 2.2 深入进行核电标准体系研究，建立我国独立自主的核电标准体系

前面已经说过，我国在压水堆核电标准的编制方面已经做了大量工作，但不配套，缺项甚多。特别是材料方面的标准和设备鉴定方面的标准，只能照搬国外的，而且所编的这些标准的发布几乎都在秦山二期工程设计基本完成之后，加上秦山二期工程设备采购渠道的变化，因此不能说这些标准已全部真正通过了实践考验。众所周知，没有合适的标准，设计、制造、检验、鉴定、验收就没有合适的依据，就不能产生合适的设计，也不能为核电厂提供好的设备和其他物项，也给适宜的安全审评带来很大困难。如果不能建立我国独立自主的核电标准体系，就很难实现真正意义的核电设计自主化和设备国产化。依据国外经验，一般经过4座堆的建设，应该能达到或基本达到核电设计自主化和设备国产化。上面已经提到，作为设计和建造标准的基础，压水堆核电厂材料标准体系的确立具有特别重要的意义，这也是我们与国外核电先进国家差距最大之处，因为它不仅涉及材料、设备采购技术规格书，还涉及设计规则中参数的选取等基本问题。为什么会出现这种局面，关键一条是没有深入进行核电标准体系研究，我们的确编制和发布了很多标准，但基本上都是有蓝本，做的多是翻译或剪裁工作，而不是先探讨、研究和确定我国核电标准体系，不是在体系的框架指导下进行标准编制工作。

作为标准体系，从法规、标准体制上看应该包括下列几个层次：①原子能法→②国家有关法律、核安全法规、辐射环境法规和强制性标准→③核电厂建造标准、规范→④相关工业标准。这里只能探讨第③④两个层次的问题。从内容上看，应该覆盖核电厂设计、建造所涉及的所有方面，包括材料、设计、制造、检验、鉴定、验收等方面的所有标准。

我国首座商用核电厂大亚湾核电厂是引进的，自主设计、自主采购、自主建造的秦山第二核电厂（即秦山核电二期工程）又是以大亚湾核电厂为参考。因此，在引进、消化、吸收国外核电标准时，理所当然地首先确定了以RCC核电系列标准作为参照来转化为我国核电标准。在进行转化时，重要的是在消化、吸收的同时，必须深入研究我国的相关工业标准，特别是材料工业标准和有关检验、试验、鉴定标准。据介绍，法国在将ASME转化为RCC时，组织了专门的材料研究部门对法国和美国材料进行了对比，将两国材料分为相同、接近和不同等若干类，分别采取不同对策。我们可以学习人家的经验，也只有这样，才能使转化的标准既符合我国核安全法规、辐射环境法规和强制性标准，又能实现标准的先进性，适当提升我国相关工业标准的水准，使之具有可操作性。

从标准的实施过程看，应该包含从标准到设计文件（当然包含采购技术规格书或技术条件），再到材料和产品的供货厂家的内控指标，然后到产品的实际状态，即出厂和现场的验收状态，最后到运行情况好坏，把各方面的经验反馈回到标准的制修订，形成这样一个完整的循环机制。这也应该是核电标准体系的一个重要组成部分。

一个非常重要的问题是要清楚而深刻地认识美国由NRC NUREG、ANSI/ASME、ASTM和IEEE等构成的核电系列标准体系和法国核电RCC核电系列标准体系的差异。从表面上看，RCC-M与ASME-III、RCC-E与IEEE确有不可割裂的亲缘关系，但从体系上看，根本一条是由NRC NUREG、ANSI/ASME、ASTM和IEEE构成的是完整的核动力装置标准体系，而RCC则是一个随核电厂规模不同而升版的核电厂标准化设计文件。可见它们虽然有亲缘关系，但却是两种完全不同的做法。当然，它们都立足于不违背本国相关法律，也紧密结合本国的工业基础标准和实践。

为了促进我国核电产业的健康、稳定发展，应该赶紧研究我国核电厂标准体系建设走什么路的问题，并尽快建立我国核电标准体系。是建立核动力装置标准体系，还是搞核电厂标准化技术文件，对此必须有明确的说法才行。如从当前统一堆型、统一规模的要求来看，笔者以为应是搞核电厂标准化技术文件，但是，如果不能排除在特别背景下续建VVER型（与俄罗斯合作）或CANDU型（与加拿大合作）的可能性的话，甚至不能排除引进ABWR或其他堆型可能性的话，笔者以为还是往NRC NUREG、ANSI/ASME、ASTM和IEEE系列标准靠比较合适，比较稳妥。在方向明确之后，建立体系和编制标准的工作便不难上正轨了。

## 2.3 跟踪国际上先进核电标准体系的发展趋势，及时调整思路

当前，国际上核电发展趋势是所谓的新一代反应堆系统，要求它在经济性和技术方面与其他能源动力相比有更好的竞争力，而且在安全性上可被公众接受。为此，美国出了个URD（核电厂用户手册），欧洲出了个EUR（欧洲用户手册），还有所谓第三代、第四代核电之说。我国到底该如何应对这种动向，安排好、处理好我国的核电事业发展，对于我国核电产业的稳步、健康发展来说，是一个迫切的课题。首先应该明确，无论是URD，还是EUR，都不是法规，也不是标准，国外尚无一座新建的核电站完全按它们的要求去做。但是，我们应该研究URD和EUR，研究它们的内涵，更应该研究它们是在怎样的背景下产生的，它们的背后有些什么。例如美国能源部前一段又提出所谓第四代反应堆的三个总目标是：①干净有效的燃料利用；②核废物的有效管理；③核燃料循环能防止核扩散。我们不能脱离世界，更不能脱离国情去谈所谓URD或EUR，我们最关心的是我国核电产业的健康、稳定发展，因此，要基于我国情况，关注这些动向，更应跟踪国际上先进核电标准体系的发展趋势，及时调整思路。这里特别强调要从体系的角度，而不是某些个别标准的变化，以完成我国独立自主的先进的核电标准体系。

上面已经提到，标准实施过程中各方面的经验反馈是十分宝贵的，也是十分重要的，我们应当重视

这项工作。而且，现在我们已经有条件来谈论这一话题了，因为我们有了近二十年核电标准建设和实践的经验，包括引进建设核电站的经验，自主建设大型商用核电站的经验。我们已经比二十年前明白多了，已经能够区别好赖是非，已经能够在跟踪国际上先进核电标准体系的发展趋势时作出自己的判断，从而及时调整我们的思路。

[版权声明](#) | [联系我们](#) | [欢迎投稿](#)

---

Copyright 2003-2004 nuc-power .com Incorporated. All rights reserved.