

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.04.032

# 上海核电运行服务体系建设研究

顾银祥, 李想\*

(上海市核电办公室 产业处, 上海 200031)

**摘要:** 从发展核电运行服务体系建设的迫切需求出发, 详细分析了国内外及上海核电运行服务体系现状及特点, 提出了上海核电运行服务体系建设思路、保障措施和政策建议, 为拓展上海核电运行服务体系建设提供了方向和途径。

**关键词:** 核电; 运行; 服务; 体系

中图分类号: TM611

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)04-0170-06

## Research on the Construction of Shanghai Service System for Nuclear Power Operation

GU Yinxiang, LI Xiang\*

(Department of Nuclear Power Industry, Shanghai Municipal Nuclear Power Office, Shanghai 200031, China)

**Abstract:** Based on urgent need to develop the construction of service system for nuclear power operation, the paper deeply analyzes the status and characteristics, proposes the construction strategies, support measures and policy suggestion, which provides direction and ways for this system construction

**Key words:** nuclear power; operation; service; system

核电以安全、低碳、高效等特点成为一种发展前景被十分看好的新能源。当前和今后一段时期, 我国将在确保安全的前提下, 健康、有序、长期、平稳地继续发展核电, 切实发挥核能的基础性能源作用。核电服务市场随之将迎来发展的“繁荣期”。

所谓“核电运行服务体系”, 是指为在役核电站提供系统、完整、专业、快速的技术服务, 确保运行安全、可靠、经济和高效的服务保障体系。它涉及核电站日常安全运行、设备检修维护、工程改造、咨询诊断、人员培训等方面, 集理论、技术、工程、设计、管理和实施于一体。核电运行服务属于核电服务业范畴, 随核电产业发展而形成并逐步成长壮大。作为核电产业链重要的延伸段, 它是核电产业集约化、高端化、服务化发展的标志、核电站运行管理的核心、现代服务业的新业态。目前世

界核电发达国家和地区都已形成了“专业化、社会化、市场化、信息化”的核电运行服务体系。我国加快建立和完善核电运行服务体系势在必行。

### 1 国内外核电运行服务体系发展现状分析

#### 1.1 国外发展现状及特点

国外核电运行服务体系以高度的专业化、社会化和市场化运作为主要特点, 相关核电运行服务公司多数以第三方身份出现, 能及时为核电站运营企业提供“公正、专业、权威”、高水准的各类质量、安全和技术服务。

国外核电产业组织模式主要有美国的小业主、法国的大业主、日本的供应商和韩国的“一体化”等类型。这些国家分别通过选择适宜国情的核电产业组织模式, 从而促进了本国核电产业长足发展。比如法国电力公司(EDF)既是业主和运营单位, 又是核电总体工程管理部门<sup>[1]</sup>, 是法国 59 座运行机组唯一的核电业主和核电建设 AE 公司, 形成了鲜明的大业主型特色, 运作效率比较高。美国核电站的运营模式在管制时期大多以业主和运营者一体化(Owner-Operator)模式运作。美国现有 7 个核电站

收稿日期: 2015-12-01

作者简介: 顾银祥(1970), 男, 江苏南通人, 同济大学工商管理硕士, 主要从事核电产业管理、项目管理、质量管理工作(e-mail) gyx180@163.com。

\* 通讯作者: 李想(1985), 男, 河南洛阳人, 工程师, 硕士, 主要从事核电产业管理、项目管理、质量管理工作(e-mail) lixiang0831@163.com。

专业化运营管理公司,目前美国100多个核电机组平均能力因子保持90%<sup>[2]</sup>,与这一运营管理模式的应用与推广直接相关。此外,法国必维国家检验集团、美国Exelon等都是专业提供核电运行服务的跨国企业,发展模式皆走独立第三方、专业化、市场化、国际化的道路。国外跨国公司在核电服务方面具有“两大优势”:一是国际权威技术力量支持;二是“一站式”服务能力与专家性建议相结合,形成最精确的检验方案<sup>[3]</sup>。国外方案为上海核电运行服务体系建设提供了可以借鉴的成功经验。

## 1.2 我国发展现状及特点

我国核电运行服务始于20世纪90年代,起步较晚,当前各核电企业存在比较明显的“诸侯割据”的现象,同一个地区的若干个核电站分由不同的公司建设和经营,各自追求全功能、自给自足的“大而全、小社会”管理模式<sup>[4]</sup>。

目前,我国核电运行服务业发展前景日益看好,但制约因素并存,主要来自企业内外部。从企业外部看,一方面,市场监督管理体系尚未确立,缺乏有效的服务保障体系,部分区域地方保护主义严重;另一方面,随着全球一体化进程不断加快,国外成熟的现代核电服务业将进一步涉足中国市场,对起步相对较晚的我国核电服务业发展构成了日益严峻的挑战。在积极推动国家相关政策出台、继续规范核电服务业市场发展的同时,核电企业亟需加紧转变观念,进一步创新并形成适应市场的核电服务业运营管理模式、建立科学的产业链延伸、完善、分配和协作机制。这是所有核电企业面临的共同课题,关系到我国核电服务业健康发展的大局。

## 1.3 上海核电运行服务业发展现状

为在全国率先推进核电服务业创新转型,迈出了构建核电运行服务体系的“两大步”:一是搭建上海核电设备维修应急服务平台。二是扩展建立上海核电运行服务平台。该平台由政府主管部门联合相关供需方共同筹划组建,围绕核电站运行中业主的各项服务需求,从原有的维修应急服务起步,扩充服务功能,延伸发展成为以设备保障为基础,集研发、制造、检测、工程咨询承包等于一体的核电综合服务平台,不断提升综合服务能力。目前平台已吸纳成员单位50多家,制定了《上海核电运行服务平台章程》,建成了上海核电运行服务网络信息平台组织相关平台成员单位互访对接,增进了平台成

员单位及时沟通和相互了解;加强平台成员单位之间的产学研用合作,为在更大范围内构建核电运行服务体系奠定了载体基础。

## 1.4 建设上海核电运行服务体系的优劣势分析

上海核电运行服务体系建设有以下优势:

1)发展环境看好。上海具有发展服务经济的良好要素环境。目前正在沿着“高端化、集约化、服务化、辐射化”的发展方向,着力构建以现代服务业为主、战略性新兴产业引领、先进制造业支撑的新型产业体系,加快发展“四新”经济,即新产业、新技术、新业态、新模式,不断提高产业核心竞争力,努力打造“上海服务”和“上海制造”的城市新名片。

2)发展历史悠久。上海核电产业发展起步较早,上海先后参与秦山二期,岭澳,巴基斯坦一期等核电站的主、辅设备研制生产,还参与了高温气冷堆、快中子堆、军用堆等研制任务。核电产业从无到有、由小到大,在核电设备国产化等方面取得了明显进展。上海至今还保留着全国唯一的专业性机构—上海市核电办公室,在协助政府推动核电产业发展中发挥了积极作用。

3)产业基础扎实。上海具有比较完善的与核电产业发展相配套的制造、科技、教育、人才、金融等基础条件,是全国唯一集核工程设计、核设备制造、核技术服务、核工程人才培养于一地的核电产业重要基地,形成了从核工程设计、设备制造,到人才培育“一条龙”的专业化协作体系,具有完整的产业链延伸发展基础。

4)各类人才集聚。人才是核电服务业发展的首要基础。上海得天独厚的区位优势、比较发达的经济基础和海纳百川的开放环境,既培养了大批核电专业人才,也吸引了海内外专家来沪工作,拥有一支专业比较齐全、经验丰富、创新能力较强的核电专业技术队伍。

5)竞争优势明显。上海具有国内核电产业难以复制的一些竞争优势:(1)研发优势。在三代核电技术方面,上海核电服务业拥有当前全球最先进非能动核电技术的研发设计力量和关键设备制造能力,以及部分相应的试验验证能力;在四代核电技术方面,拥有钍基熔盐堆研发设计力量,并正在参与超临界轻水堆的研发,具备相应的关键设备研制能力;此外,还正在开展SMR(小型模块化反应堆)核能系统的前期研究和开发。上海具有非能动

先进核电技术的主导地位和先行优势。(2)服务优势。上海是国内核电技术服务业门类最齐全、最完备的地区,主要包括核电研发、试验验证、设计、工程承包与集成、运行维护等,基本覆盖了除设备制造以外的各个环节,具有相对完整的产业链聚合基础,有比较完善的与核电服务业发展相配套的制造、科技、教育、人才、金融等基础条件。

尽管建设上海核电运行服务平台体系具备良好的基础条件和竞争优势,但劣势并存:

1)观念相对保守。部分涉核企业对延伸发展核电运行服务业重视不够,“怕麻烦,不愿干”,片面认为,搞运行服务,不确定性多,难度大,不如制造产品省事,甚至担心会挤占核电制造的发展资源,忽视了创新转型、提升发展内涵。

2)专业类服务少。目前上海核电运行服务业主要有三种业态:一种是独立于核电制造业的、位于前后端的企业或者部门;另一种已经从制造业等产业或者部门分离出来,实现外部化、市场化的服务;还有一种是仍然包含在核电制造业等产业或者部门当中还没有实现外部化的非独立服务。

3)横向整合性差。上海地区虽然集聚了一批从事核电制造单位与技术开发国内一流的企业、科研院所、高等院校,但至今还没有形成专业化的、比较完善、高效的核电运行服务体系,纵向领导关系很强,横向业务联合较弱。

4)体制机制制约。由于体制机制原因,核岛主设备研发与制造分割,造成了上海核电装备制造与研发能力“从整体看优势明显,从单体看实力不足”。现有核电体制机制难以使核电运行服务业所需要的资源有效集聚、合理共享。

如何有效地消除上述劣势?关键在于有关核电运行服务需求的信息流、业务流等信息必须实现即时畅通,最理想的办法是:以现有的上海核电运行服务平台为载体,加快建设上海核电运行服务体系,突破体制机制等瓶颈制约,集聚上海地区的核电资源要素优势,联合产学研用单位,共同打造“目标一致,利益共享”、具有上海特色的核电运行服务业发展“新高地”。

## 2 上海核电运行服务体系建设思路

### 2.1 总体思路

围绕现有的上海核电运行服务平台构建服务体

系,以“专业化、市场化、社会化、信息化”服务为目标,以需求信息互通为基础,以资源要素集聚为手段,打造上海核电运行服务全产业链的协作配套体系。

1)依托“一个平台”,即依托现有的上海核电运行服务平台,建立上海核电运行服务体系。

2)坚持“两个出发”,即从核电服务业特点出发,从上海核电服务业发展现状出发,建立与之相适应的,具有上海特色的核电运行服务体系。

3)着眼“三个服务”,即着眼于服务国家创新战略,服务上海创新转型升级,服务上海核电产业“走出去”,建设面向未来可持续发展的核电运行服务体系

4)立足“四做”,即立足“做优、做精、做大、做强”,以平台为载体,在发挥政府主管部门的主导推动下,以上海现有综合实力为依托,为核电站安全稳定运行提供高效率、高品质、高可靠性的组织体系和服务保障,进而打响上海核电运行服务品牌,逐步实现跨国服务。

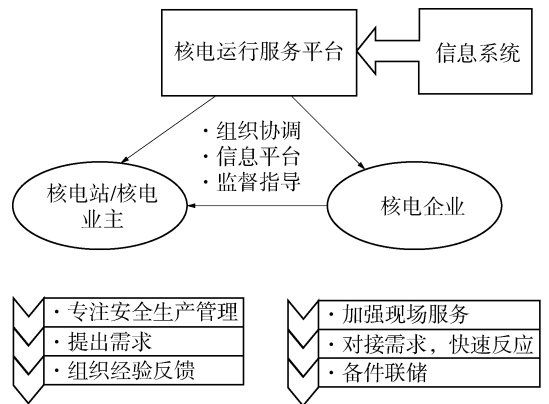


图1 上海核电运行服务体系建设思路图

Fig. 1 Idea Diagram of Shanghai Nuclear Power Service System

### 2.2 运作原则

#### 2.2.1 以保障核电站安全高效运行为核心

服务体系必须成为供需双方共同向往的服务平台,能快速响应核电站业主的运行服务要求,在服务核电站提供运行保障中,有效拉动上海核电运行服务业态多元化发展,最终打造成为国内外核电高效安全运行服务的著名优势品牌。

#### 2.2.2 以提升核电产业技术能级为目标

在逐步提升核电装备制造水平的同时,上海核电产业要通过核电运行服务体系的建设和运作,深入探索核电站运行服务的需求规律,进一步拓展核

电服务领域,逐步完善核电产业链,延伸价值链,提高上海核电产业的技术能级。

### 2.2.3 以夯实产业可持续发展力为基础

核电运行服务的基础是质量、技术和服务。要通过服务体系建设,进一步提升上海核电质量管理水平、综合集聚能力和快速响应核电站业主需求的服务保障能力。

### 2.2.4 以完善运作章程规范、服务标准为抓手

体系服务的内容形式、运作方式和人员行为都要严格章程和相关标准流程,更加注重规范服务。体系建设和运作过程应该成为不断完善章程、规范、标准和流程的过程。必须在实践中不断健全完善。

### 2.2.5 以“集成服务,合作共赢”为机制

服务体系建设和运作,要集聚上海核电优势资源和优质人才,形成各方合作服务共赢的激励机制,推动上海核电产业产学研用单位深度融合;推动上海核电运行服务业集聚、集群发展,综合运用信息技术、网络技术和数字技术等手段,打造核电运行服务平台体系;推动上海核电服务业对外开放合作发展,加快完善核电产业链,增强核心竞争力。

## 2.3 服务定位

上海核电运行服务体系建设,将以上海核电运行服务平台现有的“七大功能”为基础(即业务对接、应急服务、产学研用、核电咨询、技术交流、专业检测、运行服务、核电宣传、人才培养、备件联储),联合相关核电企业组成战略协作体系,努力成为现有核电安全运行措施的有益补充,成为核电安全运行的信息沟通、需求对接、协作配套、即时服务的新体系。

1)差异化。集合上海核电产业各路技术人才的综合优势,加强业内单位合作,开展有特色专长的专业化服务,逐步做强做精。

2)一体化。充分发挥上海核电专业配套齐全的优势,提供涵盖相关专业的“一揽子”技术服务。

3)专业化。按需提供高素质、高效率的服务团队,提升核电产业的技术支持和服务衍生能力。

4)信息化。不断扩容提升服务内涵,使现代的信息化手段贯穿于体系建设和服务的全过程。

## 2.4 建设目标

上海核电运行服务体系建设将围绕业主在核电

站运行过程中的各项需求,构建不断延伸现有服务平台内涵和功能的协作体系。经过3~7年的努力,形成一个以设备保障为基础,集研发、设计、制造、检测、寿命评估、退役、仪控、工程咨询与承包、教育培训等服务为一体、综合性强、保障性高的核电运行服务体系。重点加强以下核电服务重点能力建设:

### 2.4.1 核电工程总承包及管理能力建设

发展目标:提高核电工程总承包和管理能力,培育和打造主营业务过百亿元的工程公司,成为先进核电站建造阶段“一站式”服务的主要供应商。

重点突破:采购供应链建设、项目造价及工期优化研究、关键建造技术研究、设计优化研究等;大数据在核电领域的应用技术研究;增材制造技术在核电装备制造领域的应用技术研究;先进核电规范标准综合管理平台。

### 2.4.2 加强核电运行服务技术研发和平台建设

发展目标:依托青浦研发实验基地,形成国内领先的核电运行服务技术研发和技术支持平台,具备核电站全寿期保障服务能力。

实施内容:掌握运行服务的核心和关键技术,包括在核电机组在役检查、性能验证、寿命评估和老化管理、换料服务、特种维修技术等;完成青浦实验基地九大专业实验室和两大研发平台建设。

### 2.4.3 加快建设国内一流核电设备鉴定中心

发展目标:建成核电设备与材料鉴定咨询中心,具备核安全设备、核级仪器仪表和控制系统、关键材料的检测和鉴定能力,满足AP/CAP等三代核电站仪器仪表、核安全相关设备国产化鉴定和评价的需要。

实施内容:设备及材料鉴定综合咨询能力及分析能力;形成满足评估需求的技术服务能力;建立核电设备鉴定技术标准体系。

### 2.4.4 核电站仪控设备研发与试验平台

发展目标:成为国内领先的综合性、专业性和独立性的“一站式”研发试验平台。

实施内容:改建和建成相关平台,具备开展仪控设备性能试验、环境试验、EMC、热氧老化、LOCA试验、辐照试验、地震试验、核安全设备软件验证与确认;数字化仪电设备可靠性研究、常规岛仪控设备鉴定技术研究、常规岛仪电设备的在役检查、老化管理及寿命评估、仪电设备软件验证和

确认技术研究等能力。

#### 2.4.5 数字化反应堆保护系统及其平台

发展目标：成为数字化仪控系统研发、工程设计、制造、测试、全寿期服务基地。

实施内容：非能动安全型核电站数字化仪控系统验证平台；数字化仪表和电气设备可靠性试验研究。

### 2.5 系统功能

为了借助网络快速高效传递信息的优势，促进“平台”成员单位间的合作交流，提高工作效率。当前，上海市核电办公室正在积极推进“上海核电运行服务业务系统”的建设，支持“平台”线下工作的有效开展。

## 3 建设上海核电运行服务体系保障措施

上海核电运行服务体系的建设，是推动上海核电服务业集聚发展的重大举措，关系着上海核电产业长远发展的根本利益。从现状和发展态势看，体系建设必须注重以下问题。

### 3.1 系统化理顺关系

要把核电运行服务业发展的有利机遇转化为产业化做大的优势，必须注重学习发达国家和地区发展核电服务业的先进经验，以系统论的观点，进一步转变观念和发展理念，着眼长远利益，理顺核电运行服务业发展中的“三大关系”，增强体系建设的积极性和创造性。(1)核电运行服务业与先进制造业之间的关系。先进制造业向产业链高端发展，必然导致其与现代服务业融合发展。发展核电运行服务业旨在推动核电业主、设备制造企业的非核心业务服务外包。国际经验表明，业务外包可使企业平均节省成本9%、能力和质量提升15%。有利于企业集聚资源要素做大做强做优主业，提升核心竞争力。因此，上海核电产业要率先推动业主、制造企业与核电运行服务业联动发展，构建“创新启动发展、产业转型升级”的发展新格局。这也是推进上海核电运行服务体系建设的立足点。(2)核电服务业与其它服务业之间的关系。加快发展服务经济是当前及今后一段时期上海创新转型的战略方向。核电运行服务业是典型的现代服务业和“四新”经济，它的发展可以延伸核电产业的服务链，着力提升核心竞争力和价值链，带动其它服务业协调发展。(3)核电运行服务业发展中的政府与市场关系。充

分发挥市场对资源配置的决定性作用。政府主管部门在培育核电运行市场中，严格按照市场经济规律办事，加快向服务型政府转变，强化“规划导向，环境优化，市场监管，秩序维护，企业服务”等职能。上海市核电办通过构建上海核电运行服务体系，更多地依靠社会力量来“造市兴市”，推动核电服务业市场化运作、集约化发展。

### 3.2 组织化推进落实

明确归口管理主体，组织推进上海核电运行服务体系的建设，有效集聚各种经济成分的业主企业、核电企业、科研教学单位，形成战略协作同盟。作为全市核电产业发展的归口管理单位，上海市核电办公室肩负着统一领导体系建设和管理的重任。建议市政府授权其负责推进和协调体系建设相关工作。市核电办要加强规划导向、组织落实。按照“整体规划、分步实施；统一管理、分工合作；以点带面，重点突破”的原则，加强和改进服务工作。一要坚持规划导向。尽快制定上海核电服务业发展规划，明确上海核电服务业发展的战略目标、重点行业、规划布局、政策措施、管理体制等，导向上海核电运行服务体系的建设。二要强化服务职能。深入了解核电服务企业诉求，及时解决核电服务企业发展中的问题，提高行政效能，降低核电服务企业进入市场的成本，为核电服务业创新发展创造条件。三要加强体系建设。以现有的核电运行服务平台成员单位为基本班底，吸纳部分专业化特色明显的制造企业、服务机构、科研单位、高等院校，制定和完善上海核电运行服务体系的有关《章程》、制度、流程和规范，确保服务体系有序高效运作。

### 3.3 立体化需求对接

要建立统一、科学、全面、高效的上海核电运行服务业服务体系信息传递和需求对接制度，提高信息反馈、传递的准确性和时效性。上海市核电办要加强对归口管理单位工作的联系沟通、指导督促，建立成员单位信息网上报送制度和信息员队伍，打通各类核电运行服务的“信息源”，确保服务需求信息传递渠道通畅，源源不断；了解核电营运单位的服务需求，建立和完善上海核电产品供应商目录和网络；组织体系成员单位共同参与产学研用国产化科研攻关协作；对通过平台承接的项目通过服务体系进行跟踪管理，组织推进项目落实见效；

定期组织体系成员单位相互之间的交流考察活动,开好体系成员单位年度工作会议;加强多向需求信息沟通,通过平台体系,促成核电业主单位向有关成员单位通报在运行、检修、备品备件和技术服务等方面的需求,设备制造和服务单位向有关成员单位介绍产品供应能力(包括备品备件)、技术研发能力和运行服务保障能力等情况。

### 3.4 平台化服务保障

服务体系建设,关键是为了保障核电运行服务平台有序高效运行。要通过体系功能的发挥,建立若干行之有效的平台化服务保障制度。一是建立核电服务业统计指标体系。二是建立核电运行服务业标准体系。三是加大核电知识产权保护力度。四是建立核电运行服务平台保障制度。制定量化的考评指标及奖惩标准,健全投诉举报制度。设立投诉窗口,公布投诉电话,确保平台化服务高效运行<sup>[5]</sup>。

## 4 结论和建议

打造上海核电运行服务业“新高地”,既要运用市场调节“无形之手”,也要善于运用政策引导“有形之手”。建议上海尽快形成适合核电服务业加快发展的政策支撑“三大体系”:

1) 财政扶持政策支撑体系;加快实施支持性的财税政策和政府采购;建立完善鼓励核电领域企业加大科技创新投入的机制;加快设立核电服务业发展专项资金。

2) 基础设施投入支撑体系。不断加强本市核电研发设施建设,进一步开放各级政府投资的各种实验室,形成基础技术知识、信息高速公路以及经济技术数据库等重大基础设施资源的共享机制。(1) 首先,依托中国(上海)自由贸易试验区的建设及经验推广,探索转变政府职能的新思路和新举措,优化核电企业国际化征程的发展环境;(2) 第二,大力协调产业平台建设,协调建立上海市核电工程设计技术平台,推动上海核电从设计、制造到技术服务的“成套”;协调建立上海市核电技术试验验证平台,进一步集成和优化试验验证的资源,提升上海核电的在技术试验验证方面的核心能力;(3) 加大自主创新,突破关键技术瓶颈。上海必须按照“创新驱动、转型发展”的要求,通过自主创新,突破技术发展中的瓶颈。一是进一步健全核电产业创

新体系,支持核电产业技术创新服务平台建设,加大技术创新力度。二是进一步做好“大型先进压水堆和高温气冷堆核电站”科技重大专项、以及“钍基熔盐堆”国家能源科技重大专项支持和配套工作,突破和掌握关键核心技术。三是重点开展核蒸汽供应系统及关键配套部件、数字化仪控系统、机电一体化设备、大型单元成套设备、核级金属材料和焊材、成套工艺等研发和产业化工作。四是发挥各种所有制企业的积极性,既要强化企业的创新主体作用,更要鼓励产、学、研合作联合创新,打破技术壁垒,突破地区差距,促进核电技术水平不断突破、提高。

3) 人才集聚及生活保障支撑体系。核电人才发展要以岗位培养成才为主,要着眼于全市、国内和国际,促进核电人才的优化流动、集聚发展。上海涉核企业要积极营造尊重、关心、支持人才的环境和氛围,努力开创“事业留人、情谊感人、服务到人”的新局面。全面拓展和整合本市核电领域的培训资源,依托高校、科研院所和企业培训渠道,全面提高专业技术人员的水平。

上海要紧紧抓住新一轮核电大发展机遇,做大做强核电产业链。在产业推进中要充分发挥上海市核电办的专业力量,将上海市核电办打造成协同推进核电领域“创新驱动、转型发展”的重要工作平台,通过加强联系、信息共享、联合调研、课题合作、项目全过程管理和服务等形式,形成市政府各部门齐抓共管、协同推进机制与合力,不断推动我市核电领域“创新驱动、转型发展”。

发展核电运行服务业是上海“创新驱动发展,经济转型升级”的长远需要,也是核电产业发展到一定阶段的必然选择。上海市核电办公室推进上海核电运行服务体系建设,旨在与时俱进,把核电业主的需求与制造企业的产品服务对接起来,以机制创新促进体系建设,以体系建设保障平台运行,以平台运行保障核电站运行安全,进而推动上海核电产业创新转型、在产业链、价值链延伸的新基点上实现高端提升发展,进一步增创上海核电产业发展的新优势。

### 参考文献:

- [1] 邹树梁,高阳.核电产业组织模式的国际比较与借鉴[J].求索,2007(6):24-26,31.

(上转第46页,Continued on Page 46)

EUR 满足开启条件投入, 在临时喷淋暂停时安全壳压力低于 0.26 MPa, EUR 关闭, 所以安全壳压力继续上升至达到临时喷淋和 EUR 再次启动条件, 启动后安全壳压力下降, 如此反复。

### 3.2 临时喷淋流量敏感性分析

为了研究不同临时喷淋流量情况下的安全壳压力变化情况, 分析了以下几种工况:

1) 工况 4: 发生全厂断电事故, SBO 电源可用, EUR 可用, 临时喷淋流量为 240 m<sup>3</sup>/h。

2) 工况 5: 发生全厂断电事故, SBO 电源可用, EUR 可用, 临时喷淋流量为 120 m<sup>3</sup>/h。

3) 工况 6: 发生全厂断电事故, SBO 电源可用, EUR 可用, 临时喷淋流量为 60 m<sup>3</sup>/h。

4) 工况 7: 发生全厂断电事故, SBO 电源可用, EUR 可用, 无临时喷淋。

图 8 给出了这几种工况下安全壳压力的变化情况。

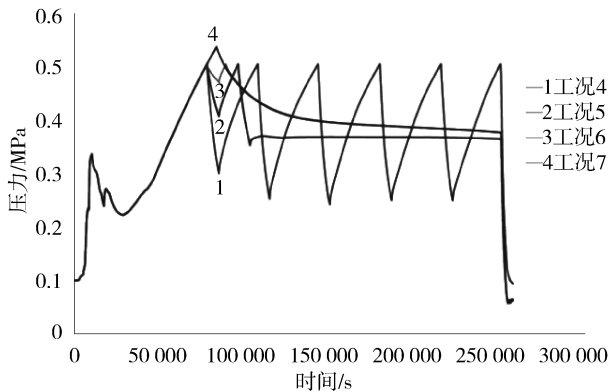


图 8 不同临时喷淋流量下的安全壳压力变化

Fig. 8 Containment Pressure Varies with the Mass Flow Rate of Temporary Spray

从图 8 可以看出, 分析的几种工况下, 除工况 7 以外, 安全壳压力都得到了控制, 维持在 0.52 MPa 以下。

对于工况 5, 安全壳压力第二次上升至 0.52 MPa 时, EUR 满足开启条件投入, 在临时喷淋暂停时安全壳压力依然高于 0.26 MPa, EUR 继续运行,

将安全壳压力维持在较低值, 之后临时喷淋一直不满足投入条件不再开启。

对于工况 6, 安全壳压力第二次上升至 0.52 MPa 时, 距临时喷淋因用水用尽停运不足 3 个 h, 换料水箱补水操作尚未完成, 故而临时喷淋无法投入, 此时 EUR 满足启动条件投入运行, 将安全壳压力维持在较低值, 之后临时喷淋一直不满足投入条件不再开启。

对于工况 7, 安全壳压力在事故后 24 h 内达到 0.52 MPa 但低于 0.65 MPa, EUR 在事故后 24 h 时才能投入运行, 因而安全壳最高压力超过了 0.52 MPa。

## 4 结论

本文以二代改进型核电厂田湾 5 & 6 机组为研究对象, 采用一体化严重事故分析程序建立了电厂模型, 对典型严重事故序列进行了分析, 得到了安全壳临时喷淋系统和安全壳过滤排气系统投入情况下安全壳内的压力变化, 并对不同临时喷淋流量的影响进行了分析, 得到以下结论:

1) 设置安全壳临时喷淋系统和安全壳过滤排气系统, 可以有效地控制严重事故后安全壳内的压力, 将其维持在限值 0.52 MPa 以下。

2) 不同的临时喷淋流量对安全壳压力变化存在影响, 当临时喷淋流量在 60 ~ 120 m<sup>3</sup>/h 之间时, 都能将安全壳压力控制在限值以下。

3) 单独依靠安全壳过滤排气系统也可将安全壳压力维持在限值以下, 但是过程中安全壳压力峰值高于 0.52 MPa。为安全考虑, 仍有必要设置安全壳临时喷淋系统。

### 参考文献:

[1] MAAP-4, Modular Accident Analysis Program for LWR Power Plants, Volume 1: User Guidance [R]. US: FAUSKE & ASSOCIATES, INC, 1994.

(责任编辑 郑文棠)

(下接第 175 页 Continued from Page 175)

[2] 魏利锋. 核电项目专业化集成运营管理模式研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2013.

[3] 马亮, 必维. 打造高质安全的中国核电 [EB/OL]. 2013 http://www.meb.com.cn.

[4] 贺禹. 核电站专业化运营管理研究 [D]. 武汉: 华中科技大学

学, 2004.

[5] 肖林. 以加快发展高端服务业引领上海经济转型 [N]. 文汇报, 2009-08-24 (10).

(责任编辑 郑文棠)