

# 新型核电技术运行提效与成本控制研究

毛志军

阳江核电有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11428

**[摘要]** 本文以新型核电技术为研究对象,对其操作效率和成本控制等方面的问题进行深入的研究,对新型核电技术的特征和优点进行论述,从优化核电厂设计、强化运营管理、推进技术创新等几个方面对其运行效率进行阐述,并结合华龙一号、钠冷快堆等典型工程实例,对其成本控制策略和手段进行详细的分析。与此同时,本文对新型核电技术在运行效率和成本控制方面存在的技术研发困难、安全监管要求高、人才匮乏和公众认知度不高等问题进行系统梳理,希望通过本文研究能够增加技术研发投入、强化安全监督、培养专业人才并且加大宣传力度、加强公众教育,为我国新型核电技术的可持续发展提供理论基础和实际借鉴。

**[关键词]** 新型核电技术; 运行提效; 成本控制

**中图分类号:** TL82 **文献标识码:** A

## Research on operation efficiency improvement and cost control of new nuclear power technology

Zhijun Mao

Yangjiang Nuclear Power Co.,LTD.

**[Abstract]** In this paper, the new nuclear power technology as the research object, the operation efficiency and cost control problems, discusses the characteristics and advantages of new nuclear power technology, from the optimization of nuclear power plant design, strengthening operation management, promote technology innovation in several aspects of its operation efficiency, and combined with hualong one, sodium cold fast reactor typical engineering example, the cost control strategies and means. At the same time, this paper on the new nuclear power technology in operation efficiency and cost control of technology research and development difficulties, safety regulatory requirements, lack of talent and public awareness is not high system, hope that through this research can increase technology development, strengthen safety supervision, cultivate professional talents and intensify propaganda, strengthen public education, for the sustainable development of new nuclear power technology provides theoretical basis and practical reference.

**[Key words]** new nuclear power technology; operation efficiency improvement; cost control

## 引言

随着科技日新月异的发展,新型核电技术的诞生标志核能领域一个新纪元的开启,这些先进技术不仅能够提升核电的安全性,也为其经济效益带来新的增长点,同时也为实现长期、可持续的能源转型和减少温室气体排放奠定坚实的基础。在推动我国核能工业迈向更加可持续、高效的未来进程中,深入探讨和研究新技术工艺的实际运行效能以及成本控制策略是至关重要的。这不仅关乎到经济层面上的经济效益最大化,更关系到国家能源战略的长远布局与发展趋势。因此只有通过科学严谨的分析和实践检验,才能确保核能产业的创新之路走得坚实而稳健。

## 1 新型核电技术的特点和优势

### 1.1 新型核电技术的特点

新型核电技术常使用更先进的堆芯结构,例如使用新的燃料组件等以提升燃料利用率及能源转化效率,而某些新的核反应堆使用耐热材料,使其可以在较高的温度下工作,提高发电的效率。

同时增强的安全体系是具有多种冗余性的安全保护体系,将被动安全与主动安全相结合。其中被动安全系统是指在发生意外时,通过重力、自然对流等自然物理现象,在不依赖于外界能量的情况下有效地避免事故发生,从而达到安全停机、排出余热的目的,极大地提升核电厂在极端工况下的安全性<sup>[1]</sup>。

另外,数字化的仪器和控制系统在核电厂的生产中也得到越来越多的应用。利用大数据分析 with 人工智能算法,能够实现核电装备运行状态的实时评价与预测维修,由此实现核电装备安全运行的早期预警,提升核电装备的可靠性。

### 1.2 新型核电技术的优势

与传统核动力相比,新型核电技术通过对反应堆结构及热循环系统进行优化,可实现核能向电能的高效转换、降低能耗以及提升发电效益。比如一些新的核反应堆,其热效率可以达到40%,这与以前的核电技术相比是一个巨大的进步。而且核能发电具有能源转化效率高、放射性废料排放量小等优点,在降低温室气体排放、降低环境污染等方面能够展示出明显优势,因此在应对全球气候变化、推动能源绿色转型方面具有重要价值。

另外,新型核电技术的设备设计和材料选用使得核电站的运行周期得以延长,由此降低设备升级及停堆维修所需的时间与费用。这与常规核电厂的40多年相比,有些新型核反应堆的使用寿命可以达到60年以上。

## 2 新型核电技术运行提效的方法和途径

### 2.1 优化核电站设计

紧凑化与模块化设计通过简化堆芯布置及模块化装置设计思想,能够降低核电厂的占地面积和建造工作量。其中模块化的结构也能够方便设备的制作、运输与安装,进而缩短施工时间,提高施工效率。例如,有些小型模组式反应器可先在厂内预先制造模组,再运至工地迅速装配。

### 2.2 加强核电站运行管理

精细化运营管理是指在核电厂生产过程中,制定一套完整的运营管理体系与程序,实现核电厂各操作阶段的精细化管理。工作人员通过对机组运行参数的精准监控、优化的班组调度及作业流程、完善的质量保障与质量控制系统,能够实现核电厂的安全稳定运行,降低意外停机的发生和事故发生率。而预测维修是指采用数字技术与传感网络相结合的方法,对核电厂装备的运行状况进行实时监控与分析,并对其进行故障预报。工作人员利用预期性维修技术,可以预先制定设备维修及维修计划,以防止因意外事故而造成的停工损失,提升设备的可用性 & 可靠性。

### 2.3 推进技术创新

为了提升核能系统的服役性能与安全性能,需要工作人员开发高性能的燃料元件、抗腐蚀结构材料等。新材料可以增加燃料的燃耗深度,增强抗辐射能力,通过对结构材料进行改性,可以延长装备的服役寿命,增强其耐腐蚀性。例如研究基于智能控制算法、多变量协同控制等先进的核电厂操作控制技术,以达到对核电厂操作过程最优控制的目的,该方法能够依据电网负荷、设备运行状态等信息,对机组的出力及运行参数进行实时调节,提升机组运行的柔性 & 效率。

## 3 新型核电技术成本控制的策略和措施

### 3.1 降低建设成本

新型核电技术成本控制过程中通过规范设计、规模化建造,可以实现核电厂的标准化设计,降低因设计更改、定制化而引起

的费用增长,同时通过大规模施工,可以实现设备的大批量生产与采购,从而减少了设备及施工费用。比如如果多个核电厂使用同一设计方案,就能在设备制造、施工队伍训练等各环节上实现资源共享、费用分担。

### 3.2 降低运营成本

合理运用先进的设备监控和故障诊断技术,能够在短时间内发现和消除设备中的潜在故障,减少设备的故障率。工作人员通过强化设备保养与技术革新,可以提升核电厂装备的可靠性与服役寿命,降低设备的维护与更新费用,例如根据核电厂的实际生产需要,对人员进行合理分配,防止出现冗员现象。在此基础上,通过对企业员工的专业培训和技能提升,增强他们的业务能力,从而提高工作的效率,不仅可以实现岗位职责的多样化,还能有效降低对单一人力资源的依赖,减少因人员替换所带来的额外成本,同时也为企业提供了更广阔的发展空间和创新发展动力。

### 3.3 提高资金使用效率

精细预算管理是一种精细的预算管理制度,它是一种对核电厂施工、运行费用的详尽预算、实施和监督的系统,要求新型核电技术成本控制中严控各种开支,防止超支,增强经费的规划、合理利用。其中资产盘活和优化是指核电厂的闲置资产,包括对闲置土地和财产的合理开发和租赁。由此对企业内部资产进行精心而合理的布局和分配,能够有效提升企业资源利用的效益,优化企业的资产配置,显著降低资产的持有成本,使得企业在追求更高产出的同时,也能保持财务上的灵活性和稳健性。这种精细化的资产管理策略,可以为企业的持续发展奠定坚实的基石。

## 4 新型核电技术运行提效与成本控制的案例分析

### 4.1 案例一: 华龙一号机组

“华龙一号”是中国自行开发的一种新的核能科技。在操作提升上,利用先进的数字仪表控制系统,对核电厂的工作状况进行精确监控与智能化控制,通过对堆芯结构及热工系统的优化,使其能量转化效率达到37%。在成本控制上,“华龙一号”通过标准化的设计,使其具有更强的通用性、可加工性,同时也减少建造费用。另外,工作人员通过对操作管理与维修的优化,可以有效地提高设备的可靠性,延长其使用寿命以及减少运行费用<sup>[2]</sup>。

### 4.2 案例二: 某钠冷快堆核电站

某钠冷快堆核电站具有独特的技术特点。在操作提升方面,其高温钠冷冷却剂可获得较高的热效率,而快堆自身的增殖特性可进一步提升铀资源利用效率。在造价控制上,运用模块化的设计方法及先进的施工工艺,能够有效地缩短施工工期,节约造价。在实际操作中,充分发挥其特有的技术优势,可降低处置费用并通过精细操作,减少人员及设备维修费用。

## 5 新型核电技术运行提效与成本控制的挑战与对策

### 5.1 挑战

#### 5.1.1 技术研发难度大

新型核电技术涉及先进材料、核物理、热工水力等多个学科的尖端科技,其研究与开发难度极大,需投入巨大的人力物力。同时研发过程中遇到的难题不仅仅局限于新材料的性能优化,还包括对复杂系统的集成以及相应的验证技术。这些挑战要求研发团队不断创新和突破现有技术,以确保产品能够顺利进入市场并得到广泛应用。

#### 5.1.2 安全监管要求高

核电产业因其独特的运行原理和技术特性,对安全生产有着极高的要求。而且在这个行业中安全监管至关重要,工作人员必须实施严格而细致的标准和程序,以确保核设施的长期稳定与高效运行。同时随着核能新技术的发展,核电安全监督管理也不断地提出新要求,对核电安全监督管理的规范与手段也与时俱进,因此为了保证核电厂的安全运行,需要一系列新的核电技术监督管理工作。

#### 5.1.3 人才短缺

新型核电技术需要既懂核技术又懂先进工程技术和管理的复合型人才。但是在我国,高职院校毕业生的培训制度尚不健全,毕业生的数量远远不能满足企业的需要。因此我国核电产业发展面临着人才紧缺的问题,严重制约着核电企业的技术创新,同时也制约着核电企业的建设与运行管理。

#### 5.1.4 公众认知度低

由于核能中含有放射性物质,这使得公众对于核能持有一种深深的恐惧,这种担忧源自于人们对核裂变可能带来的辐射危害和潜在灾难的深刻认识。尽管新能源核能安全性能得到极大提高,但民众对核能安全认识不足,极易被虚假信息所误导,致使新能源核能工程获得的民众支持度不高,严重时还会引起社会舆论压力,从而影响工程进度。

#### 5.2 对策

##### 5.2.1 加大技术研发投入

在当前科技发展的大潮中,国家和企业都应该增加对核能新技术的研究和开发投资,这既是国家战略需要,又是促进产业升级和提升国际竞争力的重要一步。企业通过建立产学研一体化的体制,可以有效地将企业和高校的优势资源结合起来,形成一种强有力的创新合力。在此基础上,进一步强化基础研究,深化应用研究,为我国在核能领域的自主创新与突破奠定基础。同时鼓励科研院所、企业举办科技创新大赛并建立专门的奖金制度,以调动科技人员的积极性与创造力。

##### 5.2.2 加强安全监管

安全监管部门应加强与国际先进监管机构的交流与合作,学习借鉴先进的监管经验和标准。据此建立健全新型核电技术的安全监管体系,制定完善的监管法规和标准,加强对核电站设

计、建设、运营全过程的安全监管。与此同时,企业应当加大对安全监管人员的专业培训力度,通过系统的培训计划,提升人员的理论知识和实际操作能力,从而确保他们在岗位上能够熟练掌握安全生产的各项要求,有效履行监管职责。

##### 5.2.3 培养专业人才

企业应当致力于构建一个全面而高效的内部培训系统,确保员工能够接受持续的职业技能提升和个人发展机遇。在这一过程中,企业不仅要注重内部人才培养,还要开放胸怀,积极吸纳全球范围内的顶尖人才,特别是在核电技术领域具有深厚造诣的优秀国际人才。通过这样的策略,可以有效地丰富我国核电科技队伍的结构,推动我国核能产业的技术进步和创新能力的提升,从而为国家能源安全与可持续发展战略做出重要贡献<sup>[3]</sup>。

##### 5.2.4 加强宣传和科普

新型核电技术运行提效需要通过广泛运用电视、网络平台以及举办科普展览会等多样化的传播手段,加强对新能源核能知识的普及和推广,提高公众对这一清洁能源技术的认识,推动能源转型,进而促进可持续发展目标的实现。在宣传核能科技的同时将核能科技的安全性、可靠性以及对环境的益处也一并介绍给大众,以解除民众对核能的恐惧感。通过“开放日”、“公开听证会”等方式,加强公众对核电站的建设、运行状况的认识,提高公众对新能源核电的信心与支持。

## 6 结语

新型核电技术的生产效率和成本控制是核能工业可持续发展的关键。本文通过深刻认识新型核电技术的特征与优势,积极探索提高运营效率的方式,在总结成功的经验的基础上,针对存在的问题提出相应的应对措施,从而促进我国新型核电技术的推广应用,为人类提供更加清洁、高效、安全的能源,希望可以推动世界能源结构的优化升级与可持续发展。

### [参考文献]

- [1]王建华,李言瑞.全球第三代核电技术产业发展概览[J].能源,2024,(04):34-36.
- [2]王希龙,刘东林,麻浩军,等.非物质因素对知识型员工的激励作用——以核电技术成果转化为例[J].中国核电,2022,15(05):766-769.
- [3]邢继,徐思敏,袁媛,等.华龙一号持续改进与压水堆核电技术展望[J].原子能科学技术,2024,58(S2):362-368.

### 作者简介:

毛志军(1983--),男,汉族,河北省邯郸市人,工程师,大学本科,研究方向:核电运行。