



中国核电：精益管理的数字基石

翟昕、马莹莹

案例摘要：核能是推进能源革命、构建新型能源体系、实现“双碳”目标的重要力量。数字化转型是核电产业发展的必然趋势。很长一段时间，中国核电企业的数字化底座系统依赖于进口。在全球格局动荡的当下，国产替代成为保障核电产业安全的重要发展方向。2023年，中国核电研发出了国内核电行业首款国产大型核心的一体化核电安全生产管理系统(ASP-1)。该系统的推出不仅标志着中国在核电数字化和自主化方面取得的重大进步，也为推动中核电的精益化管理发展奠定了数字化底座。本案例全面呈现自主研发的 ASP-1 系统从“0”到“1”的突破过程，以及以 ASP-1 系统为依托的数字化技术赋能精益管理的实践。

关键词：精益管理、数字化转型，安全生产管理，核电

1. 引言

中国核能电力股份有限公司(以下简称：中核电)成立于 2008 年，隶属于中国核工业集团，是中国第一大核电企业。截至 2023 年底，公司拥有包括秦山核电、江苏核电、福清核电、海南核电、三门核电、漳州能源、辽宁核电等 29 家控股子公司，及其他合营或参股公司逾 10 家。总资产超过 4000 亿元，公司市值超过 1400 亿元(附录一)。

中核电在役核电机组数达到 25 台，控股装机容量 2375 万千瓦；年发电量超过 2000 亿千瓦时，相当于三峡水电站年最高发电量的 2 倍；累计发电量超过 1.6 万亿

本案例由北京大学光华管理学院副教授翟昕、研究员马莹莹根据企业访谈和公开资料整理编写，案例仅用于课堂讨论，而非管理决策或活动是否有效的证明。

本案例版权归北京大学管理案例研究中心所有，如申请使用本案例请联系：casecenter@gsm.pku.edu.cn。未经北京大学管理案例研究中心授权许可，禁止以任何方式复制、保存、传播、使用本案例或者案例正文中的任何部分。

Copyright©2024 北京大学
管理案例研究中心

千瓦时¹，安全运行累计超过 260 堆年²。控股在运新能源装机容量 851.59 万千瓦。中核电运用精细化管理理念，实现从“零的突破”到形成在运在建核电机组数量全球第二的规模。截至 2021 年底，中核电 19 台核电机组 WANO（世界核电运营者协会）综合指数满分³（附录二），位居世界第一。

自 2019 年起，历经 4 年时间，中核电总结了中核集团 30 多年核电运维管理经验，自主研发了第四代核电安全生产管理系统 ASP-1。这套系统以核电安全生产管理模型、企业级云平台开发为基座，应用大数据、人工智能、物联网、移动应用等新技术，在自主可控的云原生平台开展建设，是国内核电行业首款国产大型核心生产系统¹。为什么中核电决心自主研发一套安全生产管理系统？这套系统如何实现从“0”到“1”的突破？又将给企业的精益化管理水平带来怎样的价值？

2. 中国核电行业发展现状

自 1954 年第一座商业核电站在苏联投入运营以来，核电技术和产业经历了多个发展阶段，是一个从实验示范到全球推广，再经历挑战与复苏的过程。根据世界核协会数据显示，当前全球共有在运核反应堆 440 座，总装机容量 396,269MWe，在建核反应堆 61 座，容量 64,159MWe。

近年来，由于世界各国能源安全风险显著增加，加上能源结构加速绿色低碳转型的影响，全球多国重新审视核能的作用，例如法国、美国等传统核电大国，提出重振核电计划或新建核反应堆的目标，无核电国家提出建设核电设想，弃核国家则计划重启核反应堆²。各国政策的调整带动核能进入新一轮加速发展期。根据国际能源署 (IEA) 发布的报告显示，全球核电发电量预计以每年近 3% 的速度增长，到 2025 年，全球核电发电量将达到历史新高。同时，到 2026 年，亚洲将超过北美成为拥有最大核电装机容量的地区，该地区核电发电量将占全球核能发电量的 30%。期间，预计投入运营的新反应堆中，有一半以上位于中国和印度。

中国从 20 世纪 80 年代开始大规模发展核电，主要集中在沿海地区。1985 年开工修建第一座中国自行设计、建造和运营管理的核电站。与美国、法国、俄罗斯和日本等国家相比（附录三），虽然中国核电行业起步较晚，但发展迅速。截至 2024 年 4 月末，中国核电累计装机量达 543GW，位列全球第三，仅次于美国和法国，占全球核电市场份额从十年前的 5% 上升至 2023 年的 16%³。此外，中国在建核电机组

¹ 能满足 12 个北京市全年一年的用电量。

² 一座核反应堆运行一年为一堆年，是核电核材料的消耗量的计算单位。260 堆年的意思是指该核电站核材料消耗了 260 堆年的量（多个反应堆）。

³ 世界核电运营者协会（WANO），是世界上所有核电站组成的促进安全的组织。WANO 指标是全球核电行业通用的指标体系，包含 14 个单项指标和一个综合指数。它用量化的方式表现核电厂在核安全、发电管理、维修优化、设备可靠性和工业安全等方面的综合业绩。

的数量和装机容量也保持世界第一，在建的装机容量占全球的 45.2%（附录四）。

近年来，随着双碳目标的提出，中国对核电行业的支持力度不断加大，核电审批速度加快。在核电技术方面，中国已经从跟跑者成为领跑者。自主开发的“华龙一号”技术，已成为国际市场的重要参与者；此外，2023 年 12 月，全球首座第四代核电站——华能石岛湾核电站，在山东投入商运。2023 年，共有 33 台机组在世界核电运营者协会的综合指数达到满分，满分比例和综合指数平均值位居世界前列⁴。

2023 年，中国的核电发电量占全国累计发电量近 5%。根据中国核能行业协会的预测，预计到 2035 年，这一比例将达到 10%左右，到 2060 年将增至 18%，与经合组织国家的平均水平相当⁵。

与此同时，核电产业的发展也带动了中国高端装备制造业的转型升级。中国核电装备制造产业已形成了每年 10 台/套，百万千瓦级压水堆主设备的制造能力，自主三代核电综合国产化率达到 90%以上，并已经建立了较为完整的原材料、主设备、辅助设备、仪控仪表产业链及其生产和供应能力⁶。

3. 核电生产管理系统自研的动因

美国、加拿大、法国等西方发达国家在核电管理领域拥有悠久的历史和丰富的经验，虽然中国核电行业发展迅速，但在管理观念上却长期追随这些国家的脚步。国内几乎所有核电企业的数字化管理基座长期依赖国外厂家⁴，并都在使用西方国家的核电安全生产工业软件，如美国的 EAM（Enterprise Asset Management，企业资产管理系统）、德国的 SAP 等，包括中核电的主流生产核心软件一直以来都是 EAM，用以支撑着秦山、福清和海南 17 台机组的生产运行。

安全生产管理平台是核电企业数字化、智能化发展的核心工具。早在 2013 年，中核电管理层就意识到应该研发一款国产安全生产平台以替代西方主流系统。但由于长期依赖国外系统，并缺乏相应的 IT 技术，该项计划的推动进展并不理想。随着中美贸易战的爆发，核心生产软件平台受制于人的短板暴露无遗。核电安全生产管理系统是核电领域重要的软件基础设施。这些软件一旦出现断供和停止服务，在此基础上搭建的数字化应用将全部崩塌；不仅企业的信息化和数字化水平将大大倒退，企业的数据安全及核电运营安全也将受到严峻挑战。

同时，EAM 系统的技术架构老旧。由于采用几十年前的集中式部署单体架构，其专供服务器已经停产，不但无法支撑新电厂进一步的复制推广和运维，难以进行

⁴ 厂家主要包括 IFS, INFOR, IBM, SAP, Oracle 等。