

Calculation and Simulation of Stepped Feed-in Price for Guaranteed Consumption of Nuclear Power Plant

Yisheng Yang¹ Tiantian Feng²

1.China Power Investment Corporation and State Nuclear Power Technology Corporation, Beijing, 100029, China

2.School of Economics and Management, China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083, China

Abstract

With the proposed goal of carbon peak and carbon neutrality and the construction of new power system in China, nuclear energy plays an increasingly important role in providing zero-carbon electricity as a stable base power. Based on the stepped-in price model of nuclear power plant, this paper simulates the price level of the stepped-in price for guaranteed consumption electricity. In this paper, average price of nuclear power under three scenarios is respectively calculated, which are the scenarios of existing nuclear power supply structure, orderly construction of third-generation nuclear power plants and nuclear power plants participating in market competition according to 30% and 50% power consumption. The results show that this pricing model can not only stabilize the profitability of nuclear power plants, but also realize the orderly and steady decline of the feed-in price of nuclear power, which promotes the healthy development of nuclear power industry, and is conducive to the construction of a clean, low-carbon, safe and efficient energy system.

Keywords

nuclear power; stepped feed-in price; simulation calculation

核电厂保障消纳电量阶梯上网电价测算模拟

杨益晟¹ 冯天天²

1. 国家电力投资集团有限公司, 中国·北京 100029

2. 中国地质大学(北京)经济管理学院, 中国·北京 100083

摘要

随着中国碳达峰碳中和目标的提出以及新型电力系统的构建,核能作为稳定基荷提供零碳电能的作用越来越大。论文基于核电厂阶梯上网电价模型,模拟测算中国核电厂保障性消纳电量实施阶梯上网电价的政策效果。论文分别测算了存量核电电源结构情境下、三代核电厂有序建造的情境下以及核电厂按30%和50%电量参与市场竞争的情景下,核电保障性消纳电量执行阶梯上网电价政策时的全国核电机组平均电价水平。结果表明,在该定价模式下,既能够稳定核电厂盈利能力,又能够实现全国核电标杆电价的有序稳步下降,既促进了核电行业的健康发展,又有利于构建实现清洁低碳安全高效的能源体系。

关键词

核电; 阶梯上网电价; 模拟测算

1 引言

中国政府通过深化改革,从上网电价、输配电价、销售电价各个阶段挖掘降价潜力,为中国实体经济稳定增长保驾护航。三代核电机组的建设和运营,将为中国实现碳达峰、碳中和目标作出重要贡献。政府也在积极探索装机占比2.3%的核电机组上网电价改革问题^[1],但三代核电机组与二代改进型机组成本上存在较大差异^[2],并且不同运行年限的核电

机组的年度盈利能力差别较大。国家经济对低电价的需求和三代核电机组成本电价的的增长形成一对新的矛盾。作者设计了核电厂保障消纳电量的阶梯上网电价的定价机制^[3],以期在推动先进核电发展的同时,发挥电力对中国低碳经济的促进作用。论文基于该定价机制,使用中国各省实际电价电量数据模拟测算该定价机制对中国未来核电总体电价水平的影响。

2 核电厂阶梯电价上网模型

根据《建设项目经济评价方法与参数(第三版)》和NB/T 20048—2011《核电厂建设项目经济评价方法》中的评价方法。针对核电厂项目的现金流量的基本特点^[4],笔者曾提出核电厂保障性消纳电量的阶梯上网电价模型。模型的收入测算,假设还贷期(投产后1~15年)、贷款结清期(投产

【基金项目】论文由中央高校基本科研业务费资助项目(项目编号:2652019083)、国家能源局研究课题。

【作者简介】杨益晟(1989-),男,中国湖南岳阳人,博士,高级工程师,从事能源经济、技术经济等研究。

后 15~25 年)、折旧摊销提完期电价分别为 $P_0 + \Delta P_1$ 、 $P_0 + \Delta P_2$ 、 $P_0 + \Delta P_3$ ，据此财务评价模型如公式(1)所示。 P_0 称为基准电价， ΔP_1 、 ΔP_2 、 ΔP_3 为三个阶段的阶梯电价。当阶梯上网电价的现金流测算的 FIRR 与基准价上网电价现金流测算的 FIRR 相等时，对于电厂来说项目的收益相同。

$$\sum_{i=1}^{n_1} [Q_i \times (P_0 + \Delta P_{1i}) - C_i] \times (1 + FIRR)^{-i} + \sum_{k=n_1+1}^{n_2} [Q_k \times (P_0 + \Delta P_{2k}) - C_k] \times (1 + FIRR)^{-k} + \sum_{j=n_2+1}^{n_3} [Q_j \times (P_0 + \Delta P_{3j}) - C_j] \times (1 + FIRR)^{-j} = 0 \quad (1)$$

3 核电厂阶梯上网电价案例模拟

为了测算核电厂阶梯上网电价政策对现有核电市场和未来核电市场电价影响如何。论文对阶梯上网电价政策做了电价模拟测算。

2013—2018 年全国核电加权平均上网电价(含税)分别为 432.7 元/MW·h、432 元/MW·h、431 元/MW·h、429.5 元/MW·h、424 元/MW·h、422.6 元/MW·h。总体来说，核电上网电价 2018 年较 2013 年下降 2.33%。由于 2018 年电价的增值税税率由 17% 下降为 16%，为了同口径比较，论文对电价均进行除税处理。

3.1 现有核电结构下的阶梯上网电价政策模拟

3.1.1 面板数据模拟测算

为了反映核电阶梯上网电价与经营期平均上网电价对中国核电上网电价的影响，论文进行了上网电价政策模拟测算。基于现有核电发电量、电价水平和机组运行市场，按照贷款结清期电价下降 10%、折旧摊销提完期电价下降 20%，及典型核电厂测算的还贷期 ΔP_1 上浮比例。按照 2018 年电价面板数据，测算模拟电价(不含税)为 366.4 元/MW·h，含税电价为 425.1 元/MW·h。较 2018 年实际电价 422.0 元/MW·h 仅高 0.72%。测算结果显示，2013 年至 2018 年，若中国在运核电机组执行阶梯上网电价政策和执行现行核电标杆上网电价政策，阶梯上网电价政策略高于核电标杆上网电价。随着机组运行时间的增长，后续试点的核电阶梯模拟电价会进一步下降，低于标杆电价政策。

3.1.2 时间序列数据模拟测算

假设未来全国发电量为 2018 年发电量不变，不考虑新建机组投产的情况下，根据测算结果可知，综合来看全国核电厂电价呈现下降趋势。在现有二代核电机组电源结构下，若现在存量核电机组投产后即实行阶梯上网电价政策，则在 2018 年全国核电平均电价将低于中国 4 个有核电省份的燃煤基准电价；10 年后的 2028 年电价将低于 7 个有核电省份的燃煤基准电价，仅高于辽宁省燃煤标杆电价；13 年后的 2030 年，全国核电平均电价将低于所有有核省份的燃煤标杆电价。届时中国核电机组将具备更强的竞争力，经济性体现的同时，也能充分发挥核电厂的清洁优价的低碳基荷电源作用。

3.2 三代核电机组有序建设情景下的阶梯上网电价政策模拟

2019 年中国海阳一期核电厂、三门一期核电厂、台山 EPR 核电厂分别投产，2020 年福清 5、6 号华龙一号三代核电机组投入商运。《国家发展改革委关于三代核电首批项目试行上网电价的通知》(发改价格[2019]535 号)，对上述首堆工程批复了临时电价，并按照原则性满发原则安排上述三代核电项目发电计划，设计利用小时以内的电量按照政府定价执行，以外电量按照市场价格执行。

根据中国核电发展中心、国网能源研究院发布《我国核电发展规划研究》，2030 年预计核电装机将达到 1.31 亿 kW，平均到每年约核准或投产 6 台机组^[5]。按照上述规划假设，考虑三代核电有序建设和投产对现有核电装机结构的影响，模拟核电阶梯上网平均电价的变化情况(见图 1)。假设三代核电投产后发电量按照 7000h 的设备利用小时数测算。后续建设核电机组按照国核系列(CAP)、华龙一号机组现有投资水平测算。

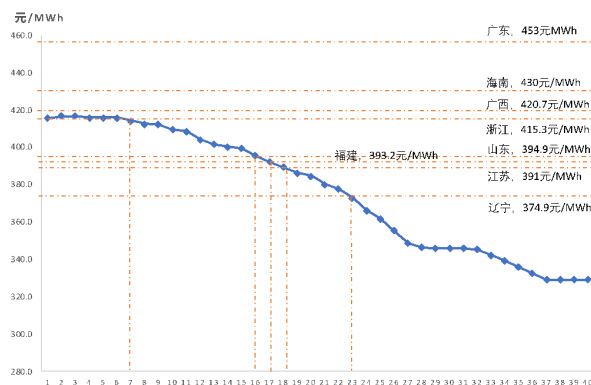


图 1 三代核电机组有序建设情景下的核电阶梯上网电价政策模拟测算

根据测算结果，从 2019 年开始至 2024 年，随着三代核电机组建成投产，全国核电平均电价呈现稳定状态。随着时间推移，二代改进型机组电价进入贷款结清期或折旧摊销提完期，电价保持下降趋势。2046 年后全国核电平均定价逐步稳定，电价下降趋势逐步放缓。2041 年(第 23 年)全国平均核电电价为 372.8 元/MW·h，低于 2019 年所有有核省份的燃煤基准电价的最低值。2055 年开始项目的电价逐步稳定在 329.2 元/MW·h 左右。

3.3 核电参与市场交易情景下的阶梯上网电价政策模拟

2016 年至 2018 年间，中国核电参与市场交易电量呈现逐年增加趋势。截至 2018 年底，中国福建、浙江、广西、辽宁、江苏五省核电机组参与了市场交易，广西核电上网电量市场化率 73.2% 居首、福建达 46.0%、辽宁为 38.3%。2018 年核电平均市场交易电价较平均电价降低 47.7 元/MW·h。

假设核电参与市场竞争电量 30%，市场交易电量下降

47.7元/MW·h, 测算核电参与市场交易情景下的核电阶梯上网电价, 2035年(第18年)全国核电平均电价将低于所有有核省份的燃煤标杆电价, 较不考虑市场交易情景提前5年达到该目标。假设核电参与市场竞争电量50%, 同等条件下, 2032年(第14年)全国核电平均电价将低于所有有核省份的燃煤标杆电价, 较不考虑市场交易情景提前9年达到该目标(见图2)。

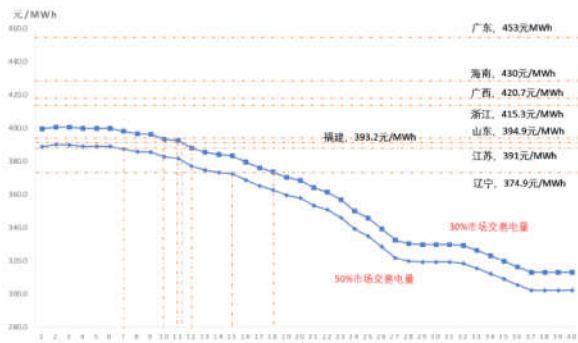


图2 30%、50% 电量参与市场交易情景下的阶梯上网电价政策模拟测算

4 结语

论文根据核电厂保障性电量阶梯上网电价模型模拟测

算核电全社会平均电价, 结果显示2018年核电平均电价为425.1元/MW·h, 较2018年实际电价422.0元/MW·h仅高0.72%, 电价略有升高。在不新增核电机组的情况下, 测算未来30年的时间序列模拟电价, 2030年全国核电平均电价将全面低于有核电省份的燃煤基准电价。在考虑有序建造的三代核电厂的情境下, 2041年全国平均核电电价为372.8元/MW·h, 将全面低于有核电省份的燃煤基准电价。若核电分别按照30%和50%电量参与市场交易, 全国平均核电电价分别在2035年和2032年低于全部有核电省份的燃煤基准电价。政策模拟测算结论说明, 该政策能够引导全国核电机组平均电价降低, 为中国实现减碳承诺提供重要选项。

参考文献

- [1] Mari, Carlo. The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power[J]. Progress in Nuclear Energy, 2014(73):153-161.
- [2] Mari, Carlo. Hedging electricity price volatility using nuclear power[J]. Applied Energy, 2014(113):615-621.
- [3] 杨益晟,冯天天.核电厂阶梯上网电价模型研究[J].工程技术与管理,2021,5(15):31-32.
- [4] 张粒子,唐瑛,陶文斌,等.核电上网电价机制研究[J].电网技术,2012(11):70-75.
- [5] 姚子麟.核电参与浙江电力市场关键问题分析[J].中国核电, 2020,51(1):115-119.

(上接第79页)

5 结语

总而言之, 在企业整个管理过程中, 质量管理占据着重要的地位, 需要在整个生产过程中得以体现。企业可以通过引进优秀人才, 制定相关制度, 提高管理投入等方法, 科学系统管理供应链, 让企业能够在激烈市场竞争中占据优势, 推动企业及供应链稳定健康地向前发展, 为社会作出更大贡献。

参考文献

- [1] 钱晓玲.基于绿色供应链管理的DDPO公司供应商管理研究[D].上海:上海外国语大学,2020.

- [2] 刘中瑞.供应商质量管理在企业的实施现状分析[J].智库时代, 2018(49):110+112.
- [3] 李建利.S公司供应商质量管理改进方案研究[D].西安:西安电子科技大学,2018.
- [4] 孙旭光.供应商质量管理在企业的实施现状分析[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018(3):41-42.
- [5] 陈俊伟.供应商质量管理与提升供应链管理水平的探讨[J].云南电业,2016(12):41-42.
- [6] 段华.供应商质量管理在企业的实施现状分析[J].中国高新技术企业,2016(25):176-177.