

Research on Tiered Feed-in Tariff Model for Nuclear Power Plants

Yisheng Yang¹ Tiantian Feng²

1.State Power Investment Corporation Limited, Beijing, 100029, China

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

Abstract

With the proposal of China's goal of carbon peaking and carbon neutralization, nuclear power, as a stable clean energy, can make an important contribution to carbon peaking and carbon neutralization. In order to reduce the electricity price of nuclear power industry and promote the development of nuclear power industry, based on the macro objectives of national reform and the characteristics of operating cash flow of nuclear power plants, this paper puts forward a three-stage on grid electricity price pricing model of nuclear power plants, including loan repayment period electricity price, loan repayment period electricity price and depreciation amortization period electricity price. Under the condition of ensuring the constant rate of return on capital of nuclear power plants, the model realizes the steady decline of national nuclear power benchmark electricity price in the long term, promotes the healthy development of nuclear power industry, and is conducive to the realization of the environmental goal of low-carbon emission reduction.

Keywords

nuclear power; tiered feed-in tariff; pricing mechanism

核电厂阶梯上网电价模型研究

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, 核电作为稳定的清洁能源能够为碳达峰、碳中和作出重要贡献。为了降低核电行业电价, 同时促进核电行业发展, 论文基于国家改革宏观目标和核电厂经营现金流的特点, 提出了核电厂三阶段的阶段上网电价定价模型, 包括还贷期电价、贷款清偿期电价、折旧摊销提完期电价。该模型在保障核电厂资本金收益率不变的情况下, 实现了远期全国核电标杆电价的稳步下降, 促进了核电行业的健康发展, 有利于实现低碳减排的环境目标。

关键词

核电; 阶梯上网电价; 定价机制

1 引言

中国经济由快速发展向高质量发展转型, 中国经济增速进入新常态。作为重要生产资料的电力商品, 降低电力商品的价格, 有利于促进全国经济发展。为此燃煤标杆上网电价改革、输配电价核定、市场化交易机制等政策优化, 促使发电环节和输配电环节电价降低。2020年1月1日起中华人民共和国政府出台政策, 要求尚未实现市场化交易的电量取消

煤电价格联动机制, 将标杆上网电价机制改为“基准价+上下浮动”的市场化机制, 上浮不超过10%, 下浮原则上不超过15%。2019年《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》发布, 该政策要求推动风电、光伏发电平价上网项目和低价上网项目建设。2020年2月《省级电网输配电价定价办法》和《区域电网输配电价定价办法》发布, 进一步提升输配电价核定的规范性、合理性^[1]。

核电作为高能量密度的清洁能源, 具有供电稳定技术含量高特点, 成为双碳目标的重要解决方式之一。三代核电机组通过增加非能动安全系统、抗大飞机撞击等方式提高核电厂的安全性, 项目造价较二代核电机组相应提高。而中国核电标杆电价政策是依据二代改进型核电机组的平均建造和运行成本核定的。造价的提高给核电电源降低电价带来了压

【基金项目】本文由中央高校基本科研业务费资助项目(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、技术经济研究。

力,核电机组在优化设计,提升建造水平等方面也正在逐步降低项目造价,但核电电价的降低仍然需要一定过程。基于核电机组经济性的特征,以及中国发改委价格主管部门的政策导向,论文通过设计核电阶梯上网电价模型,拟解决由于安全水平提高带来的造价提高的矛盾与各类电源上网电价压降的矛盾。以期在推动高科技电源类型发展的同时,发挥电力对中国低碳经济的促进作用^[2]。

2 核电厂运营现金流特点

中国核电上网电价政策制定的理论依据主要基于《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》。该虽然采用了国际上通行的财务评价方法,但在锁定内部收益率IRR反算经营期平均电价时,均假设了电厂的经营期平均电价均为一个固定值。国家价格主管部门核定机组上网电价后,核电厂运行寿命期内均按照该价格结算。

根据论文对全国核电厂运营情况的调研和分析,核电厂在寿命期内的盈利情况有以下特点。核电厂的盈利水平主要分为三个阶段:还贷期(投产1~15年)、贷款结清期(投产15~25年)、折旧摊销提完期(投产25年~设计寿命)。上述三个阶段由两个节点划分:贷款还清时、折旧提完后。在还贷期时核电厂总成本中同时有折旧和财务费用,占经济评价期总成本合计的45.6%。据统计两者在项目投产初期最大,约占投产初期总成本的66.3%,运营期起初核电厂面临巨大的还贷和经营压力。随着贷款的逐步偿还,财务费用逐年下降,核电厂利润总额逐步增加。核电厂贷款偿还期约为15年(不含宽限期),即核电厂运行15年后能够清偿贷款。后续核电厂总成本中折旧成为占比最大的成本项,还贷期后的折旧期折旧成本占比约为39.5%。根据各核电厂的折旧计提方式,随着折旧成本计提完成后,项目利润总额将有大幅度增加^[3](如图1所示)。

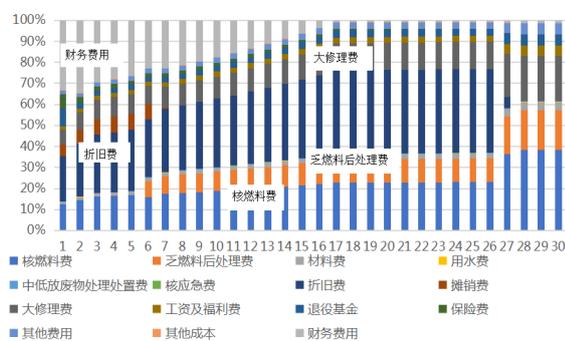


图1 典型核电厂经济评价期各成本占比

基于上述核电厂实际经营特点,核电厂随着运行年限的增加,项目的盈利情况越来越好,但由于财务评价方法在测算电价时考虑了一定的资本金内部收益率IRR。《核电厂建设项目经济评价方法》中推荐参数为9%,中国价格主管部门

核价时通常按照8%测算。在9%的折现利率下,10年、20年、30年、40年、50年、60年的现值系数分别为0.42、0.18、0.08、0.03、0.01、0.01。由此可见,随着运行年限的增加,从投产第20年到投产60年的40年的运行期中,项目的收益对项目电价测算结果的影响微乎其微。而实际中国运行了20年的核电机组的年盈利能力非常好。因此,论文采用改进的财务评价方法结合实际核电厂运营情况提出核电厂阶梯上网电价方法。

3 核电厂阶梯上网电价定价模型

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》中评价方法。首先,通过假设上网电价,测算 C_i 现金流入,然后测算FIRR,判断上网电价高低,然后逐步调整假设上网电价,直到FIRR达到预期的资本金内部收益率。通过试算得到的上网电价作为基准电价。

针对核电厂项目的现金流量的基本特点,论文提出的浮动上网电价模型。模型的收入测算,假设还贷期(投产1~15年)、贷款结清期(投产15~25年),折旧摊销提完期电价分别为 $P_0+\Delta P_1$ 、 $P_0+\Delta P_2$ 、 $P_0+\Delta P_3$,据此财务评价模型改为(1)。 P_0 称为基准电价, ΔP_1 、 ΔP_2 、 ΔP_3 为三个阶段的浮动电价。当浮动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。

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

令两个模型的FIRR相等时,两个模型的现金流变为等效现金流。对于核电厂来说,项目的收益水平一致。但在贷款结清期和折旧摊销提完期,由于电价下降,可促进全社会电价整体下降,与国家促进全社会电价成本下降的目标一致。

4 典型核电厂上网电价测算

论文根据中国三代核电建造和运营成本参数,测算两种模式下的电价。测算按照1000MW级核电机组,建设投资建成价1.6万/kW,核燃料单价按照2.15万元/kgU测算。锁定资本金内部收益率8%,反算经营期平均电价为 P_0 为413元/MWh,含最新增值税率13%。为了与2013年核电标杆电价政策对比,调整增值税为17%后,电价为429元/MWh,与2013年核准全国核电标杆电价430元/MWh接近,便于后文进行政策模拟和对比^[4]。

核电厂阶梯上网电价测算,假设政府预期还贷结清期核电厂上网电价 ΔP_2 按照 P_0 下浮10%,即 $P_0+\Delta P_2$ 为372元/MWh,折旧摊销提完期上网电价 ΔP_3 按照 P_0 下浮20%,即 $P_0+\Delta P_3$ 为330元/MWh,反算商运后前15年的还贷期上网电价 $P_0+\Delta P_1$ 等

(下转第35页)

对整条线路上的货源分布情况进行分析,构建重来重去运输是提升运输效率和经济效益的有效途径。通过该种方式有利于增大铁矿石、煤炭等大宗货源的运输量,提升市场的运载占比。同时,双层化的集装箱以重来重去的方式运输能够避免空箱返回,降低运输所需成本。该类型运输的核心在于能够优化运输结构,以直达的方式代替零散方式,以系统化安排的方式替代分散化的安排,实现均衡化的运输。为此,铁道部针对煤矿、钢厂、港口实施了重来重去运输方案,同时针对社会中需要运输量大的大客户也实施了价格优惠、运送速度快等措施提升重来重去运输在总运输中的占比。

4.3.3 加大装车地大宗货物直达列车开行比例

设置直达列车能够保证装卸设备、机车、线路、站台等资源得到最大化的利用,在提升了使用效率的同时也加快了固定资本的周转。除此以外,直达列车具有运输的周期短,从而使得列车的周转也得到了提升,进而提高效率。总而言之,增大直达列车的开行比例,能够节省运输过程所需的成本费用,同时对沿途中的站点作业时间和任务也能得到有效降低,使得经济效益显著提升。

4.4 完善集疏运一体化组织

集疏运一体化是有效衔接集和疏过程。也就是说对发货

方、运输方、收货方完成一体化的连接。因此,完善集疏运一体化就是要求将该过程视为一个整体,以效率最大化和社会效益最大化为目标,对运输的集、疏、运流程进行统一安排并协调实施。而信息共享是完成这三阶段的必要前提,通过智能化的信息系统有组织的货流任务进行组织与安排,同时兼顾 OD 节点的集装和疏卸环节。

5 结语

在多年来铁路领域学者的研究下,中国铁路的运输装备和相关技术规定管理有了一定程度的提升,形成了完整的重载运输结构,形成了具有中国特色的重载运输模式。然而,线路的升级完善、线路的分布构建尚需进一步发展,同时车流安排及运输方式也是提升重载运输的关键。为此,提升中国铁路运输的性能与效率仍是当然的主要研究任务。

- [1] РЮУпырь,钟恩洋.铁路重载运输的发展[J].国外铁道机车与动车,2021(2):6-8.
- [2] 邓立红.我国重载铁路运输通道发展研究[J].中国铁路,2020(8):70-75.
- [3] 刘娇.关于提高铁路重载运输能力的思考[J].国外铁道机车与动车,2019(5):31-33.

(上接第 32 页)

于 429 元 /MWh。测算结果如表 1 所示,用核电厂还贷期较基准电价上涨 4% 的代价,换来了未来商运 15 年到 25 年电价下降 10% 和 25 年到 40 或 60 年下降 20%。

表 1 三代核电厂浮动上网电价测算

项目	浮动上网电价(增值税率 17%)				浮动上网电价(增值税率 13%)			
	基准电价 P_0	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_2	基准电价 P_0	ΔP_1	ΔP_1	ΔP_1
电价	429	17	-43	-86	413	16	-41	-83
变化幅度	0%	4.0%	-10.0%	-20.0%	0%	4.0%	-10.0%	-20.0%

5 结语

论文结合财务评价模型和核电厂实际经营特点,提出了核电厂阶梯上网电价定价机制。根据典型三代核电机组批量

化建造成本测算阶梯上网电价,还贷期基准电价上浮 4% 能够换来贷款清偿期核电电价下浮 10% 和折旧摊销提完期核电电价下浮 20%。核电浮动上网电价在保持核电厂经济效益与现行政策不变的情况下,结合国家电价改革思路设计了核电厂浮动电价机制。该政策模拟测算结论,能够引导全国核电机组平均电价降低,为核电形成具有经济竞争力的基荷电源提供方向,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] 王世鑫.我国核电电价机制的回顾与思考[J].南华大学学报(社会科学版),2010,11(5):1-6.
- [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.