

核电项目上网电价测算方法及应用

王晓纯

国核示范电站有限责任公司, 山东 威海 264200

DOI:10.61369/ER.2025040010

摘 要 : 本文介绍核电项目上网电价的测算方法, 并简要介绍应用此测算方法自主研发的核电项目上网电价计算模型, 应用此计算模型对某核电厂的电价进行测算, 分析某些参数变化时对项目经济效益的影响情况。

关 键 词 : 核电; 电价; 测算; 收益

Calculation Method and Application of on-Grid Electricity Price for Nuclear Power Projects

Wang Xiaochun

China National Nuclear Demonstration Power Station Co., LTD., Weihai, Shandong 264200

Abstract : This paper introduces the calculation method of on-grid electricity price of nuclear power project, and briefly introduces the calculation model of on-grid electricity price of nuclear power project independently developed by applying this calculation method. The calculation model is applied to calculate the electricity price of a nuclear power plant, and the influence of some parameter changes on the economic benefits of the project is analyzed.

Keywords : nuclear power; electricity price; calculation; benefit

引言

电, 作为核电厂的最主要的产品, 其价格高低对核电厂的收益水平有着至关重要的影响。核电厂的上网电价应达到多少才能实现预期的收益水平? 影响上网电价的因素主要有哪些? 上网电价如何测算? 为解决这些问题, 本文按照电价测算的过程分析核电项目的上网电价测算方法, 并应用此测算方法和其计算模型对某核电厂的电价进行测算, 并分析某些参数变化时项目经济效益的变化情况。

一、核电项目上网电价测算方法

根据《核电厂建设项目经济评价方法》(NB/T20048-2011), 核电项目上网电价可应用项目资本金内部收益率的计算公式进行测算。首先利用相关参数计算出历年的现金流量, 并通过给定项目资本金内部收益率, 代入项目资本金内部收益率的计算公式, 从而测算出项目的上网电价。

(一) 项目资本金内部收益率

项目资本金内部收益率是指在项目计算期内, 与项目资本金相关的净现金流量现值累计等于零时的折现率, 项目资本金内部收益率的计算公式为公式 (1):

$$\sum_{t=1}^n (CI_t - CO_t) \times (1 + FIRR)^{-t} = 0 \quad (1)$$

式中:

n——项目计算期限, 单位为年;

CI_t ——第 t 年的现金流入量, 单位为万元;

CO_t ——第 t 年的现金流出量, 单位为万元;

FIRR——以百分数表示的项目资本金内部收益率。^[1-3]

(二) 建设期的现金流出

建设期指项目从资金正式投入开始到项目建成投产为止所需要的时间, 在建设期内为了建设项目而投入的资金属于现金流出, 建设期内的现金流出包括建设投资、建设期利息以及生产流动资金, 各项现金流出的计算过程如下:

1. 确定项目的建设投资及投资进度。项目建设投资包括工程费用、工程其他费用、特殊费用、2/3 首炉核燃料费、基本预备费、价差预备费、建设期可抵扣增值税。
2. 计算项目资本金、贷款额及建设期利息。建设投资的资金来源包括资本金和贷款, 其中贷款将产生建设期利息。根据各年投资进度以及贷款利率, 迭代试算出项目资本金需求, 使资本金占建设投资与建设期利息之和的 20%。当迭代试算出资本金需求

时,贷款额和建设期利息也同步得出。^[4-7]

3.确定项目生产流动资金。生产流动资金指核电项目为正常生产运行,维持生产所占用的,用于购买核燃料、材料、备品备件和支付工资等所需要的全部周转资金,生产流动资金在机组投产前安排投入。生产流动资金的来源包括自有流动资金和流动资金借款,其中流动资金借款将产生借款利息。

(三) 生产期的现金流出及现金流入

生产期指项目从建成投产到主要固定资产综合寿命完结为止所经历的时间,在生产期内项目投产将形成售电收入,属于现金流入;同时也将发生一些发电成本,属于现金流出。生产期内的现金流入包括售电收入、补贴收入、回收固定资产净值、回收流动资金;现金流出包括核燃料费、乏燃料处理处置费、材料费、用水费、中低放废物处理处置费、核应急费、修理费、工资及福利费、退役基金、保险费、其他费用、财务费用、城建税及教育附加、所得税。各项现金流入、现金流出的计算过程如下:

1.计算财务费用。根据建设期的债务融资水平和贷款利率,计算生产期每年的还本付息额,从而得到生产期每年的财务费用,即借款利息。财务费用为生产期的一项现金流出。^[8]

2.计算生产成本。生产期的生产总成本=核燃料费+乏燃料后处理费+材料费+用水费+中低放废物处理处置费+核应急费+折旧费+摊销费+修理费+工资及福利费+退役基金+保险费+其他费用+财务费用。各项生产成本的计算如下:^[9]

①核燃料费指电力生产所耗用的核燃料费用。核燃料费为生产期的一项现金流出。年核燃料费可按公式(2)计算:

$$\text{年核燃料费} = \text{每次换料核燃料费用} / \text{大修周期} \quad (2)$$

②乏燃料后处理费指对使用过的高放射性核燃料进行处理和处置所准备的费用。乏燃料后处理费为生产期的一项现金流出。年乏燃料后处理费可按公式(3)计算:

$$\text{年乏燃料后处理费} = \text{上网电量} \times \text{单位上网电量乏燃料后处理费} \quad (3)$$

③材料费指生产运行、维护和事故处理等所耗用的各种原料、材料、备品备件和低值易耗品等费用。材料费为生产期的一项现金流出。年材料费可按公式(4)计算:

$$\text{年材料费} = \text{年发电量} \times \text{单位发电量消耗性材料费} \quad (4)$$

④用水费指电力生产所耗用的购水费用。用水费为生产期的一项现金流出。年用水费可按公式(5)计算:

$$\text{年用水费} = \text{年发电量} \times \text{单位发电量用水费} \quad (5)$$

⑤中低放废物处理处置费指对使用过的中、低放射性核燃料、核废物进行处理和处置所发生的费用。中低放废物处理处置费为生产期的一项现金流出。中低放废物处理处置费可按公式(6)计算:

$$\begin{aligned} \text{中低放废物处理处置费} &= \text{年发电量} \times \\ &\text{单位发电量废物处理处置费} \end{aligned} \quad (6)$$

⑥核应急费指为加强核电厂核事故应急准备的专项费用。核

应急费为生产期的一项现金流出。核应急费可按公式(7)计算:

$$\begin{aligned} \text{核应急费} &= \text{年发电量} \times (1 - \text{厂用电率}) \times \\ &\text{核事故应急准备费率} \end{aligned} \quad (7)$$

⑦折旧费指固定资产在使用过程中,对磨损价值的补偿费用。折旧费并非生产期的现金流出,在此计算折旧费是为了后续计算所得税。年折旧费可按公式(8)计算:

$$\begin{aligned} \text{年折旧费} &= \text{固定资产原值} \times \\ &(1 - \text{固定资产残值率}) / \text{折旧年限} \end{aligned} \quad (8)$$

⑧摊销费指无形资产及其他资产在有效使用期限内的平均摊入成本。摊销费并非生产期的现金流出,在此计算摊销费是为了后续计算所得税。年摊销费可按公式(9)计算:

$$\text{年摊销费} = (\text{无形资产} + \text{其他资产}) / \text{摊销年限} \quad (9)$$

⑨修理费指为保持固定资产的正常运转和使用,对其进行必要修理所发生的费用。修理费为生产期的一项现金流出。修理费可按公式(10)计算:

$$\text{修理费} = \text{工程固定价} \times \text{固定资产形成率} \times \text{修理费率} \quad (10)$$

⑩工资及福利费指电厂生产和管理人员的工资和福利费,包括职工工资、奖金、津贴和补贴,职工福利费以及由职工个人缴付的医疗保险费、养老保险费、失业保险费、工伤保险费、生育保险费等社会保障费和住房公积金。工资及福利费为生产期的一项现金流出。年工资及福利费可按公式(11)计算:

$$\text{年工资及福利费} = \text{电厂定员} \times \text{职工年均工资总额} \quad (11)$$

⑪退役基金指核电站运行寿命结束后,对电站采取拆除或封闭等措施准备的资金。退役基金为生产期的一项现金流出。年退役基金可按公式(12)计算:

$$\begin{aligned} \text{年退役基金} &= \text{固定资产原值} \times \\ &\text{退役基金累计提取率} / \text{生产期} \end{aligned} \quad (12)$$

⑫保险费是指为防范自然灾害、意外事故等原因造成财产、人身安全、现金收入等损失的风险而发生的费用。保险费为生产期的一项现金流出。保险费可按公式(13)计算:

$$\text{保险费} = \text{固定资产净值} \times \text{保险费率} \quad (13)$$

⑬其他费用指不属于以上各项而应计入生产成本的其他成本,主要包括公司经费、工会经费、职工教育经费、劳动保险费、待业保险费、董事会费、咨询费、聘请中介机构费、诉讼费、业务招待费、房产税、车船使用税、土地使用税、印花税、研究与开发费、核安全和实体保护及由企业缴付的医疗保险费、养老保险费、失业保险费等社会保障费和住房公积金等。其他费用为生产期的一项现金流出。其他费用可按公式(14)计算:

$$\text{其他费用} = \text{电厂定员} \times \text{其他费用定员定额} \quad (14)$$

⑭财务费用指企业为筹集债务资金而发生的费用,主要包括长期借款利息、流动资金借款利息和短期借款利息等。财务费用为生产期的一项现金流出。财务费用已于1)中计算出。

3.计算假定电价下的售电收入。假定一个电价,并根据年发电量和假定的电价计算售电收入。售电收入为生产期的一项现金

流入。售电收入可按公式（15）计算：

$$\text{售电收入} = \text{年发电量} \times (1 - \text{厂用电率}) \times 5 \times \text{电价} \quad (15)$$

4. 计算假定电价下的增值税和补贴收入。根据售电收入、建设期可抵扣增值税和核电行业增值税退税政策，计算出增值税以及作为补贴收入的建设期可抵扣增值税和增值税退税额度。由于增值税的最终承担者为消费者，所以增值税并非电厂生产期的现金流出，在此计算增值税是为了计算补贴收入及后续计算城建税及教育附加。补贴收入则为生产期的一项现金流入。^[10]

5. 计算假定电价下的城建税及教育附加。城建税及教育附加为生产期的一项现金流出。城建税及教育附加可按公式（16）计算：

$$\begin{aligned} \text{城建税及教育附加} = & \text{增值税} \times (\text{城市维护建设税率} + \text{水利基金率} + \\ & \text{教育费附加税率} + \text{地方教育附加率}) \end{aligned} \quad (16)$$

6. 计算假定电价下的所得税。所得税为生产期的一项现金流出。所得税可按公式（17）计算：

$$\begin{aligned} \text{所得税} = & (\text{售电收入} - \text{总成本费用} - \text{城建税及教育附加} \\ & - \text{弥补以前年度亏损}) \times \text{所得税率} \end{aligned} \quad (17)$$

（四）试算上网电价

将假定电价下每年的现金流入、现金流出代入公式（1），同时将期望的资本金内部收益率代入上式，判断公式（1）是否成立，如果不成立，说明假定的电价不合理：若等式左边小于零，说明假定的电价偏低，若按照该电价经营将达不到预期的收益率；若等式左边大于零，说明假定的电价偏高，若按照该电价经营将超出预期的收益率。此时应重新假定一个电价，重新算出该电价水平下的现金流入及现金流出，再把每年的现金流入及现金流出和期望的资本金内部收益率代入公式（1），直至公式（1）成立为止，此时假定的电价即为所求的上网电价，即能达到预期收益率时的电价。

二、核电项目上网电价计算模型研发

（一）计算模型功能

为解决核电项目上网电价计算量庞大且复杂的问题，保证分析计算的准确性，笔者根据上述上网电价测算方法自主研发核电项目上网电价计算模型。该计算模型应用 VBA 语言编程，实现对项目上网电价等经济性分析数据的自动计算。计算模型具备反算上网电价、正算财务评价指标、盈亏平衡分析、敏感性分析四大功能。

（二）计算模型运算参数

计算模型将运算输入参数划分为四个类别，分别为机组情况、资金情况、生产成本及税和效益指标，四类参数的具体参数

包括：

1. 机组情况相关参数：工程固定价、可抵扣的增值税、建成价外计列费用、单台机组额定功率、开工时间、建设工期、负荷因子、生产期、厂用电率、固定资产形成率、固定资产残值率、折旧期、摊销期等。

2. 资金情况相关参数：贷款年利率、还贷年限、还本起始年份、资本金比例、流动资金扩大估算系数、铺底流动资金比例、公积金提取率、建设期逐年投资比例等。

3. 生产成本及税相关参数：电厂定员、职工年均工资总额、年核燃料费用、乏燃料后处理费、大修费率、消耗性材料费、核事故应急准备费用、其他费用、单位发电量用水费、单位发电量废物处理费、退役基金累计提取率、保险费率、增值税率、综合增值税率、城市维护建设税、水利基金、教育费附加、地方教育附加、所得税率等。

4. 效益指标相关参数：基准内部收益率、预期资本金内部收益率等。

计算模型根据上述四类参数、依靠后台运算程序代码，演化出整个项目建设期和生产期每一年的具体数据，生成后台运算数据表格，数据表格涵盖了从项目建设期的投资计划和资金筹措到项目生产期的资产情况和利润分配等详细内容。

三、测算实例

应用该计算模型分析某些因素的变化时对某核电厂电价的影响程度，选取的变化因素包括负荷因子、工程投资额、贷款利率、年核燃料费、工资及福利费五个因素，分析结果表明，以上五个因素中，对电价的影响程度最大的因素为负荷因子，其次是工程投资额，其次是贷款利率，再其次是年核燃料费，最后是工资及福利费。具体数据为：

1. 负荷因子每降低5%，若要使资本金内部收益率保持不变，电价应提高约6%。

2. 工程投资额每提高5%，若要使资本金内部收益率保持不变，电价应提高约3.6%。

3. 贷款利率每提高5%，若要使资本金内部收益率保持不变，电价应提高约1%。

4. 年核燃料费每提高5%，若要使资本金内部收益率保持不变，电价应提高约0.6%。

5. 工资及福利费每提高5%，若要使资本金内部收益率保持不变，电价应提高约0.2%。

除以上因素之外，还有许多其他因素也会影响核电厂的电价水平和经济效益。但从以上分析结果可看出，充分利用核电厂的负荷因子以及控制工程投资将对上网电价的调控起主要作用。

四、小结

本文围绕核电项目上网电价测算的核心问题展开研究，旨在明确实现预期收益的合理电价水平、关键影响因素及科学测算方式。研究以《核电厂建设项目经济评价方法》为依据，确立了基于项目资本金内部收益率的测算核心逻辑，通过梳理建设期与生产期的现金流入、流出构成，构建了完整的测算体系。

为提升测算效率与准确性，研究并研发了基于 VBA 语言的计算模型，具备反算电价、正算财务指标、盈亏平衡及敏感性分析四大功能，输入参数涵盖机组情况、资金状况、生产成本及效益指标四类。实例测算显示，负荷因子对电价影响最大，其次为工程投资额、贷款利率等，为电价调控与项目决策提供了关键依据。

参考文献

- [1]核电厂建设项目经济评价方法（NB/T20048-2011）.
- [2]刘勇，申益平，陈锦. 浅谈财务评价在企业管理中的作用 [J]. 经济师，2015(4): 139-139, 141.
- [3]常韶辉. 投资项目经济评价应注意的几个问题 [J]. 中国科技财富，2010(12): 329.
- [4]朱瑞海. 投资项目评估课程中运用 EXCEL 进行经济评价的方法探讨 [J]. 信息技术与信息化. 2014, 9.
- [5]李国柱，连清. 社会保障水平对经济增长的空间溢出效应分析——基于数字经济的中介作用 [J]. 统计管理，2023, 38(11): 13-21.
- [6]茹慧超，邓峰. 数字消费的经济增长效应：机制探索与中国经验——来自国家信息消费试点的准自然实验 [J]. 中国流通经济，2023, 37(11): 61-75.
- [7]彭连. 健康人力资本对经济增长的影响研究 [J]. 产业创新研究，2023, (21): 149-151.
- [8]张可. 跨地司法协同促进了经济增长吗？[J]. 中南财经政法大学学报，2023, (06): 115-131.
- [9]王晓英. 河南省碳排放与经济增长分析——基于 EKC 模型和 Tapio 脱钩模型 [J]. 市场周刊，2024, 37(04): 58-61.
- [10]刘灵傲，刘宏宇. 消费环境、城乡消费结构分层及其经济增长效应 [J]. 商业经济研究，2024, (03): 46-49.