

# 一体化快堆经济性分析方法研究

刘琳, 罗妹, 付琪

(中国原子能科学研究院 核工程设计研究所, 北京 102413)

**摘要:** 目前国内核电经济分析聚焦于压水堆, 而对快堆的经济性分析主要为方法分析, 案例分析较少; 国际上代表性权威机构和高校给出了经济评价方法, 但他们侧重于成本侧分析, 收益侧分析较少。本文在国内外核电经济性分析方法的基础上, 综合考虑一体化快堆的技术特点, 提出了适用于一体化快堆的经济性分析方法, 建立了度电成本模型和财务评价模型, 并进行了初步经济分析。计算结果表明, 一体化快堆首堆度电成本为 0.279 元/(kW·h), 内部收益率 (IRR) 为 3.65%。在系列化学习效应的加持下, 度电成本呈下降趋势, 当一体化快堆在建设投资下降至 2 万元/kW 时, 其度电成本可与压水堆相比, 项目的 IRR 可达到行业基准收益率。

**关键词:** 一体化快堆; 闭式燃料循环; 经济性分析

中图分类号: TL99; F407.23

文献标志码: A

文章编号: 1000-6931(2025)S1-0054-07

doi: 10.7538/yzk.2024.youxian.0700

## Research on Integrated Fast Reactor Economic Analysis Method

LIU Lin, LUO Mei, FU Qi

(Department of Nuclear Engineering Design, China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)

**Abstract:** Integrated fast reactor is a nuclear energy system consisting of a metal fuel fast reactor, a fuel regeneration facility (including dry spent fuel reprocessing and metal fuel manufacturing), and a waste preparation facility. It has the characteristics of integrated design, high fuel efficiency and low nuclear waste output. The technical difference with current nuclear power is embodied in the fact that the integrated fast reactor is a complete closed-loop fuel cycle system. The integrated construction strategy of one site and one plant can shorten the off-reactor circulation time to one year, and only a small amount of depleted uranium can be processed into new fuel and then re-entered into the reactor, so as to realize the rapid circulation and multiple circulation of fuel in the plant. The initial charge of the IWR is the spent fuel discharged from the MOX fuel fast reactor, which is processed by the dry reprocessing facility in the IWR and then sent to the metal fuel production line in the plant to be processed into metal fuel and loaded into the reactor for combustion. The economy of the integrated fast reactor is one of the main aspects of project decision-making, after the spent fuel is discharged from the reactor, processed into new fuel in the metal fuel production line, and then loaded into the reactor for combustion to achieve on-site self-circulation. At present, the economic analysis of nuclear power in China focuses on pressurized water reactors, while the economic analysis of fast reactors is mainly methodological analysis, and there are few case studies. International representative authorities and universities have

provided economic evaluation methods, focusing on the cost-side analysis and less on the benefit-side analysis. Based on the characteristics of the closed fuel cycle of the integrated fast reactor, the economic evaluation method of the integrated fast reactor was studied by drawing on the economic evaluation methods at home and abroad, the economic evaluation model of the integrated fast reactor was proposed, and the range of values of the parameters in the model was analyzed, the LCOE model and financial evaluation model of the integrated fast reactor was constructed, and the preliminary economic evaluation was carried out from the cost-side and the benefit-side. The calculation results show that the LCOE of the first reactor is 0.279 yuan/(kW·h), and the internal rate of return (IRR) is 3.65%. With the support of the serialized learning effect, the LCOE shows a downward trend, and when the construction investment of the integrated fast reactor drops to 20 000 yuan/kW, its LCOE can be compared with that of the PWR, and the IRR of the project can reach the industry benchmark rate of return.

**Key words:** integrated fast reactor; closed fuel cycle; economic analysis

我国核能的大规模可持续发展面临两个根本问题,即燃料供应和长寿命高放废物的减容减量<sup>[1]</sup>。

目前,压水堆等热中子反应堆(热堆)是主要型号,其对铀资源的利用率极低。按照一座百万千瓦机组60年寿命预计需要天然铀1万吨计算,若未来我国核电规模扩大至最高4亿kW,运行60年总需约400万t天然铀<sup>[2-3]</sup>,占全球可开采铀资源总量807万t(开采成本低于260美元/kgU)<sup>[4]</sup>的50%。其次,压水堆在一次通过燃料循环方式下,长寿命高放废物产生量大,毒性衰减时间长达十万年以上,环境友好性有待提高<sup>[5]</sup>。

一体化快堆采取堆、燃料再生一址同厂建设策略,可将堆外循环时间缩短为1年,仅需补充少量贫铀便可加工成新燃料后再次入堆,实现燃料在厂内的快速循环和多次循环<sup>[2]</sup>,实现燃料增殖,支持我国核能系统的长期可持续发展;且长寿命高放废物产生量接近于零,废物衰减时间短。

一体化快堆的经济性是项目决策的主要方面之一。目前国内核电经济分析聚焦于压水堆,而对快堆的经济性分析主要为方法分析,案例分析

较少;国际上代表性权威机构和高校给出了经济评价方法,但他们侧重于成本侧分析,收益侧分析较少。本文拟基于一体化快堆的闭式燃料循环特点,借鉴国内外经济评价方法,研究一体化快堆的经济评价方法,提出一体化快堆经济评价模型,分析模型中参数的取值范围,从成本侧和收益侧开展初步经济性评价。

## 1 一体化快堆技术特点

一体化快堆是由金属燃料快堆、燃料再生设施(包括干法乏燃料后处理和金属燃料制造)及废物整备设施组成的核能系统,具有一体化设计、高燃料效率和低核废物产出等特点。

与当前核电的技术差异具体体现在一体化快堆是完整的闭式燃料循环系统:反应堆卸出乏燃料,通过干法后处理后,在燃料生产线加工制造成新的金属燃料,再装入反应堆燃烧,实现场内自持循环。一体化快堆燃料循环示意图如图1所示。

从物料流角度看,当一体化快堆进入自持循环时,只需要补充贫铀或天然铀,输出裂变产物。同时一体化快堆可以消耗压水堆乏燃料中的铀系

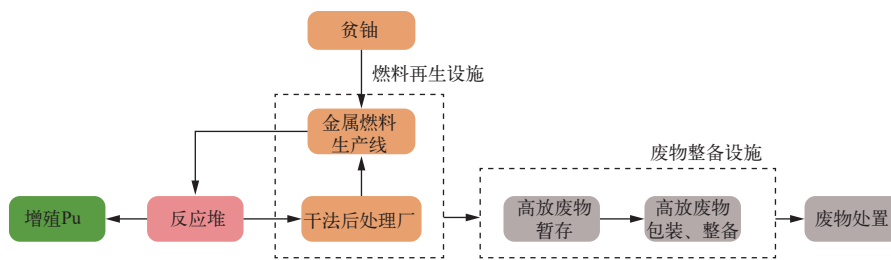


图1 一体化快堆燃料循环示意图

Fig. 1 Fuel cycle schematic diagram for integrated fast reactor

元素<sup>[1-2,6]</sup>。减少核废物体积、降低衰变周期。

从生产角度看,一体化快堆具有反应堆发电功能,并可以实现核材料增殖。

因此,需要根据一体化快堆的技术特点,探索适用于一体化快堆的经济评价方法。

## 2 国内外核电经济评价方法概况

### 2.1 国外核电经济性分析

国外对核电经济性进行了大量研究,最具有代表性的一些国际权威机构和高校有世界经济合作与发展组织/核能署、国际原子能机构创新型反应堆和燃料循环国际项目(INPRO)、第四代核能系统国际论坛(GIF)等。

#### 1) INPRO 经济评估方法

INPRO 经济评估方法是设定了一个“基本准则(BP)”,该准则下设4个用户要求(UR)以及8个评判准则(CR),其中准则又由指标(IN)和指

标的可接受限度(AL)组成<sup>[7-8]</sup>。

基本准则要求核能系统的能源及相关产品和服务应该是可利用的,并且是买得起的,即向消费者提供的价格必须能与低价格的备选方案竞争。

在该准则之下,通过能源成本、融资能力、投资风险、灵活性4个UR(UR1~4)分别开展评价。每个UR都建立了指标以及指标的可接受限度。

#### (1) UR1 能源成本

INPRO 用平准化发电成本(LUEC)指标评价能源成本。LUEC是考虑电厂整个寿期的所有成本、抵扣与贴现后的单位能源成本,等同于在电厂寿期内使收入贴现后的现值总和与成本贴现后的现值总和相等的电价。

#### (2) UR2 融资能力

融资能力包括投资吸引力和投资限制两个方面,具体评价指标如表1所列。

表1 融资能力和投资风险评价准则、指标与可接受限度

Table 1 Evaluation criteria, indicators, and acceptable limits for financing capability and investment risk

用户要求	评价准则	指标	可接受限度
融资能力	投资吸引力	财务指标:内部收益率(IRR)、净现值(NPV)、投资回报率(ROI)等	与同等规模的竞争能源技术相比,财务指标与同等替换能源财务指标相当或更优
	投资限制	总投资:隔夜资本和建设期利息	核能系统总投资与给定市场条件下筹集资金的能力相符
投资风险	设计成熟度	技术和监管状况	技术开发和许可状态已足够成熟
	建造进度	经济评价中使用的项目建设和调试周期	经济评价中使用的施工和调试周期足够准确
	经济输入参数的不确定性	对计算成本和财务绩效指标的重要输入参数进行敏感性分析	投资者可接受对选定参数变化的敏感性
	政治环境	核选择的长期承诺	足以实现投资回报的承诺

#### (3) UR3 投资风险

投资风险是指核能系统的投资风险对投资者来说是可以接受的。投资风险指标如表1所列。

#### (4) UR4 灵活性

灵活性是指核能系统具备灵活性以满足不同的市场需求,尽可能为各种可能的未来和市场提供具有竞争力的能源。因此,除核能系统具有总体适应性外,其特定组成部分也应具备进行调整的能力,以便适应不同市场的变化及满足不同的能源应用和不同国家/地区的需求。

#### 2) GIF 经济评估方法

GIF 提出的核能系统经济评价指标是平准化LUEC,包括年资本支出、年燃料费用支出、年运

行和维护成本、年去污和退役成本。LUEC的判断标准是与其他可替代能源的LUEC相当或更低<sup>[9]</sup>。LUEC(C)可用式(1)表示:

$$C = \frac{\sum_{t=t_0}^{t_0+n-1} \frac{CI_t + OM_t + F_t + DD_t}{(1+r)^{t-t_0}}}{\sum_{t=t_0}^{t_0+n-1} \frac{P_t \times 8760 \times Lf_t}{(1+r)^{t-t_0}}} \quad (1)$$

式中:  $CI_t$  为建设项目投资,万元/万美元;  $t$  为建设时间,年;  $OM_t$  为运行维护成本,万元/万美元;  $F_t$  为燃料成本,万元/万美元;  $DD_t$  为去污退役成本,万元/万美元;  $P_t$  为电站的额定功率;  $Lf_t$  为负荷因子;  $r$  为贴现率;  $n$  为电站的经济运行期;  $t_0$  为基准年,以电站运行的第1年为基准年。

## 2.2 国内核电经济分析方法

国内核电经济评价一般是计算核电度电成本或开展财务评价、计算盈利能力的指标。度电成本在论文、项目研究中应用较多。国内使用度电成本的算法与 GIF 的度电成本计算方法基本相同,但有的学者不考虑折现情况<sup>[10]</sup>。

国家能源局发布的《核电厂建设项目经济评价方法》(NB/T 20048—2011)<sup>[11]</sup>是核电厂项目经济评价的指导性文件,主要是针对压水堆核电站提出的经济评价方法、参数取值,通过财务评价、计算项目资本金 IRR 等经营指标,来判断项目的财务状况,并对重要因素进行敏感性分析,作为投资决策的参考。

## 2.3 国内外核电经济评价方法对比

国际上主要包括 INPRO 和 GIF 经济评价方法。INPRO 经济评价时选择单位能源成本、财务评价、投资风险及市场适应能力为项目的经济评价指标,其评价内容更加全面、综合。

GIF 则侧重于对平准化度电成本的分析,用于在初期发展阶段四代堆的经济评价。

国内核电的经济评价,注重财务评价,通过财务指标判断项目的盈利能力,进行经济决策,成本侧采用度电成本模型。

## 3 一体化快堆经济分析方法建立

通过对国内外核电经济评价分析方法的研究,结合一体化快堆的特点及当前发展现状,提出一体化快堆的经济分析方法:1) 建立度电成本模型,度电成本计算值作为成本侧分析指标之一;2) 建立考虑增殖、嬗变收益的财务评价模型,体现一体化快堆的技术特点及其在燃料循环中发挥的作用,为项目经济决策提供支持。

### 3.1 度电成本模型

一体化快堆度电成本包括项目建设投资、运维成本、燃料循环成本、去污和退役成本等。

对于一体化快堆的度电成本模型,最重要的是其计算范围的界定。根据一体化快堆的技术特点,其度电成本的计算范围包括:反应堆与燃料再生设施建造成本、反应堆的运维成本、反应堆与燃料再生设施的去污与退役成本、燃料循环成本。

其中,燃料循环成本包括燃料制造过程中的外购材料费用,如核材料费、结构材料费以及燃

料再生设施运维成本。

考虑到一体化快堆的特点,本文提出一体化快堆度电成本(UC)计算模型如下:

$$UC = \frac{CI + C_{O\&M} + C_F + C_{D\&D}}{P_t \times 8760 \times Lf} \quad (2)$$

其中:CI 为项目建设投资,万元/万美元,包括反应堆建设投资、燃料再生设施建设投资; $C_{O\&M}$  为年度运行维护成本,万元/万美元,包括反应堆运维成本; $C_F$  为燃料循环成本,万元/万美元,包括核材料费、结构材料费、燃料再生设施运维成本; $C_{D\&D}$  为去污退役成本,万元/万美元,包括反应堆、燃料再生设施、去污和退役成本,取固定资产原值的 10%。

### 3.2 财务评价模型

一体化快堆财务评价模型主要以项目资本金财务 IRR 为主要评价指标。

一体化快堆运营期间的现金支出包括反应堆建设、燃料再生设施建设投资及包括燃料循环成本、增值税等各项税费的具体现金流。

一体化快堆运营期间的运营收入包括电力销售收入、增殖收入、嬗变收入,增殖收入和嬗变收入当前不容易量化,将其合并为其他收入,后续作为敏感性因素进行分析。

则 IRR 可定义为:

$$\sum_{n=1}^{T_{O\&M}} \frac{P_t \times Lf_t \times T}{(1 + IRR)^n} \times R_t + \sum_{n=1}^{T_{O\&M}} \frac{\text{Output VAT}_t + \text{SR}_t + \text{WC}_t + \text{OR}_t}{(1 + IRR)^n} - \sum_{n=1}^{T_{O\&M}} \frac{C + \text{LA}_t + C_{O\&M} + I_t + \text{Input VAT}_t + \text{AMT}_t + \text{EIT}_t}{(1 + IRR)^n} = 0 \quad (3)$$

其中: $T$  为每年中的发电总时间, h;  $R_t$  为第  $t$  年的电价; Output VAT <sub>$t$</sub>  为第  $t$  年销项税额;  $\text{SR}_t$  为第  $t$  年补贴收入;  $\text{WC}_t$  为第  $t$  年回收流动资金;  $\text{OR}_t$  为第  $t$  年其他收入;  $C$  为建设投资资本金;  $\text{LA}_t$  为第  $t$  年自由流动资金;  $I_t$  为第  $t$  年借款本金及利息支付费用; Input VAT <sub>$t$</sub>  为第  $t$  年进项税;  $\text{AMT}_t$  为第  $t$  年税金及附加;  $\text{EIT}_t$  为第  $t$  年所得税。

参考核电行业财务基准收益率,当  $\text{IRR} \geq 7\%$  时可认为项目是符合投资方利益要求的。

## 4 一体化快堆经济性初步分析

### 4.1 输入数据

基于一体化快堆设计方案与一体化快堆经济目标,得到一体化快堆经济性分析基础计算数据,包括反应堆功率、负荷因子、经济评价期、单位造价等关键指标。

1) 以反应堆功率 1 200 MW 开展计算,经济评价期为 30 年。

2) 根据一体化快堆当前的设计方案以及一体

化快堆经济目标,反应堆+燃料再生设施示范工程单位造价为 2.5 万元/kW,项目的总建成价为 300 亿元。由于建成价是设定的建设投资目标,因此,后续将对建成价进行敏感性分析。

3) 运维成本取建造成本的约 3%。

4) 燃料循环成本包括核材料、结构核材料、金属燃料生产线运行维护成本、干法后处理子项运行维护成本、高放废物包装、整备和贮存、废物处置费用。具体价格与物料量数据如表 2 所列。

表 2 一体化快堆燃料循环成本  
Table 2 Fuel cycle cost for integrated fast reactor

一级指标	二级指标	三级指标	单价	物料量
燃料制造	核材料	贫铀	35 元/kgHM	1 630 kg
	非核材料	结构材料	213 万元/根	142 根(1/3 换料)
	金属燃料生产线 O&M 成本		金属燃料生产线建造成本的约 3%	22 120 kg
干法后处理	干法后处理子项 O&M 成本		干法后处理子项建造成本的约 3%	
	高放废物包装、整备		517 元/kgHM	1.09 kg
废物处置	高放废物贮存		70 元/kgHM	1.09 kg
	废物处置		3 700 元/kgHM	1.09 kg

注:物料量数据根据当前项目设计方案确定

表 2 中的价格来源如下:(1) 贫铀价格来源于美国能源部先进燃料循环成本基础<sup>[12]</sup>;(2) 结构材料费用参照 MOX 燃料组件的结构材料费用计价<sup>[13]</sup>;(3) 高放废物处置价格参照美国能源部先进燃料循环成本基础<sup>[12]</sup>。

### 4.2 度电成本计算

按照 30 年经济计算期,基于 4.1 节输入数据及 3.1 节度电成本计算模型,对一体化快堆度电成本进行计算,结果如表 3 所列。

表 3 一体化快堆度电成本  
Table 3 Cost of electricity for integrated fast reactors

参数	数值/(元/(kW·h))
总建造成本	0.119
O&M 成本	0.124
燃料循环成本	0.036
度电成本	0.279

由于计算的建设投资等数据为投资目标数据,需要对建设投资等数据进行敏感性分析,并与三代堆的度电成本进行对比分析。

核电行业存在系列化学习效应。生产过程中

由于知识的积累、经验的增加、技术熟练度的提升带来产量的增加,导致平均成本下降,下降的比例为系列化学习率。一体化快堆从首堆到型号系列化的过程中存在系列化学习效应<sup>[7,9]</sup>。

根据系列化学习效应,随着反应堆机组的批量化建设,投资会有所下降。假设在一体化快堆建造成本下降 20%,其他参数不变的情况下,计算一体化快堆度电成本为 0.228 元/(kW·h)。

不同情形下一体化快堆成本构成对比如图 2 所示,随着一体化快堆新技术的引入,建造成本较高,一体化快堆首堆度电成本为 0.279 元/(kW·h);由于学习效应的存在,当建造成本降低至 2 万元/

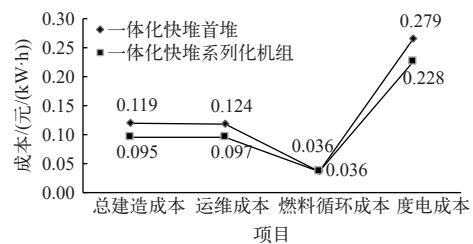


图 2 一体化快堆度电成本敏感性分析及其与三代堆的对比

Fig. 2 COE sensitivity analysis of integrated fast reactors and their comparison with third-generation reactors

kW时,一体化快堆度电成本为0.228元/(kW·h),与压水堆度电成本可比。

### 4.3 财务分析

1) 财务分析参数的确定评价参数  
单台一体化堆建设投资与4.1节输入数据及

其他数据如表4所列。

一体化快堆的经营成本包括反应堆的运行维护成本、燃料再生设施的运行维护成本,燃料再生设施生产的原材料成本。上述费用与4.1节费用输入数据及计算方法保持一致。

表4 财务评价参数  
Table 4 Financial evaluation parameters

序号	参数	数值	序号	参数	数值
1	财务评价经营期,年	30	11	电价,元/(MW·h)	348
2	建设期,月	60	12	固定资产比例	95
3	资本金比例,%	20	13	固定资产折旧方式	直线折旧
4	长期贷款利率,%	3.1	14	固定资产残值率,%	5
5	还款方式	本金等额	15	固定资产折旧年限,年	20
6	还款年限,年	20	16	无形资产比例,%	5
7	流动资金贷款利率,%	3.1	17	无形资产摊销年限,年	5
8	短期借款贷款利率,%	3.1	18	流动资金扩大指标系数,%	105
9	流动资金贷款比例,%	70	19	教育费及附加税率,%	5
10	城市建设维护税率,%	5	20	法定公积金,%	10

注:序号1、2、5~20数据来源于文献[11],序号3数据来源于文献[14]

一体化快堆可生产电力、进行燃料增殖与嬗变。其销售收入包括销售电力的收入,燃料增殖收入与嬗变收入。由于增殖与嬗变国内没有定价,因此,财务分析基准情况仅考虑电力销售收入。同时,以增殖收入、嬗变收入为变量,开展敏感性分析。

财务分析的基本原则参考《建设项目经济评价方法与参数》<sup>[4]</sup>相关规定。本项目按建成价的20%计资本金,其余资金筹措通过贷款取得。由于一体化快堆进行燃料的自循环,财务分析时,假设0.026元/(kW·h)<sup>[5]</sup>的乏燃料后处理处置费用降低至 $0.056 \times 10^{-5}$ 元/(kW·h)(0.47万元/年)。

2) 财务评价主要指标

选取IRR为主要财务评价指标,根据表4财务评价参数可测算得IRR为3.65%。

项目建设投资、贷款利率、上网电价、负荷因子均是IRR的重要影响因素,针对这些因素进行敏感性分析,结果如图3所示。

根据图3可知,建设投资下降20%时,IRR增长至7.66%,可满足核电行业收益率要求。随着贷款利率的降低,IRR逐渐升高。当上网电价上升

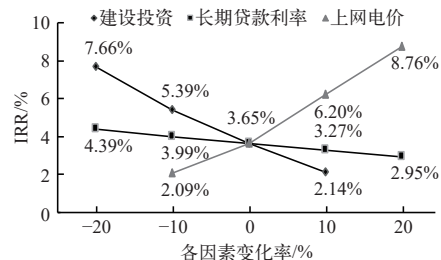


图3 内部收益率重要影响因素敏感性分析结果

Fig. 3 Sensitivity analysis results of important factors influencing IRR

20%时,IRR可达到8.76%。由上述分析可知,上网电价与建设投资较敏感。

由于增殖与嬗变收入目前没有定价,如考虑一定价格增殖与嬗变收入,一体化快堆内部收益率可进一步提高。

## 5 总结

一体化快堆可实现燃料的高效闭式循环,在燃料循环成本方面处于优势。通过一体化快堆的燃料循环特点,建立了一体化快堆的度电成本计算模型及财务评价模型。

一体化快堆首堆度电成本为0.279元/(kW·h);

由于学习效应的存在,当建造成本降低至2万元/kW时,一体化快堆度电成本为0.228元/(kW·h),与压水堆度电成本可比。

从财务评价结果看,按照基准设定的评价条件,IRR为3.65%,略低于行业基准收益率。当建设投资降低20%时,IRR可提升至7.66%;当上网电价(核电标杆电价)上升20%时,IRR将提高至8.76%,达到行业基准收益率水平。上述情况仅考虑电力销售收入。若考虑增殖、嬗变收益,一体化快堆的经济性会进一步提升。

#### 参考文献:

- [1] 中国科学院. 中国核燃料循环技术发展报告[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [2] 周培德. 快堆嬗变技术[M]. 北京: 中国原子能出版社, 2014.
- [3] 王静. 先进核能系统铀资源利用率及高放废物放射性毒性研究[D]. 北京: 中国原子能科学研究院, 2014.
- [4] 经济合作与发展组织核能机构. 2022年铀: 资源、生产和需求[M]. 维也纳: 国际原子能机构, 2023.
- [5] 周法清, 叶丁. 三种堆型核燃料循环经济性比较[J]. 核动力工程, 1993, 14(2): 129-135, 143.  
ZHOU Faqing, YE Ding. The economic comparison among three kinds of nuclear reactor fuel cycle[J]. Nuclear Power Engineering, 1993, 14(2): 129-135, 143(in Chinese).
- [6] 霍兴凯, 胡赟, 徐李, 等. 一体化快堆的内增殖性能研究[J]. 原子能科学技术, 2023, 57(6): 1111-1119.  
HUO Xingkai, HU Yun, XU Li, et al. Study of internal breeding of integral fast reactor[J]. Atomic Energy Science and Technology, 2023, 57(6): 1111-1119(in Chinese).
- [7] Guidance for the application of an assessment methodology for innovative nuclear energy systems, IAEC-TEC-DOC-1575 Rev.1[R]. Vienna: IAEA, 2008.
- [8] AGENCY N E, AGENCY I E, OECD. Projected costs of generating electricity 2015[M]. Paris: OECD, 2015.
- [9] EMWG-Economic Modeling Working Group. A generic EXCEL-based model for computation of the projected levelized unit electricity cost (LUEC) from Generation IV Reactor systems[M]//Generation IV Technical Document. [S. l.]: [s. n.], 2004.
- [10] 田里, 王永庆, 刘井泉, 等. 平准化贴现成本方法在核动力堆项目经济评价中的应用[J]. 核动力工程, 2000, 21(2): 188-192.  
TIAN Li, WANG Yongqing, LIU Jingquan, et al. Method of levelized discounted costs applied in economic evaluation of nuclear power plant project[J]. Nuclear Power Engineering, 2000, 21(2): 188-192(in Chinese).
- [11] NB/T 20048—2011 核电厂建设项目经济评价方法[S]. 北京: 原子能出版社, 2011.
- [12] SHROPSHIRE D E, WILLIAMS K A, BOORE W B, et al. Advanced fuel cycle cost basis[R]. USA: Department of Energy, 2017.
- [13] 薛海宁. 我国核燃料元件生产技术经济性分析与展望[R]. 郑州: 中国核电工程有限公司郑州分公司, 2023.
- [14] 国家发展改革委, 建设部. 建设项目经济评价方法与参数[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006.
- [15] 财政部, 发展改革委, 工业和信息化部. 核电站乏燃料处理处置基金征收使用管理暂行办法[S/OL]. 2010. [https://www.gov.cn/gongbao/content/2010/content\\_1754121.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2010/content_1754121.htm).