

北欧电力衍生品市场对中国电力中长期市场建设的启示

白云霄¹, 许遵楠², 季天瑶², 荆朝霞², 钟佳宇¹

(1. 广东电力交易中心有限责任公司, 广州 510180; 2. 华南理工大学电力学院, 广州 510641)

摘要: 随着电力现货市场的逐步成熟与可再生能源参与电力市场比例的提高, 建设电力衍生品市场的需求和条件已逐步具备。为了给市场主体提供足够的风险管理手段, 同时提高市场效率, 在深入分析北欧电力衍生品市场建设的实践经验的基础上研究了我国电力中长期市场建设的关键问题。首先, 阐述了电力衍生品的风险管理原理及其建设意义; 然后分析北欧电力衍生品市场的建设路径, 包括电力交易中心经营阶段与证券交易所经营阶段; 接着结合当前北欧最新的电力衍生品合约分析电力衍生品与电力现货的衔接关系; 最后结合我国当前电力中长期市场现状, 从产品体系、具体交易品种、衔接机制、建设路径与经营过程 5 个方面论述北欧电力衍生品市场对我国电力中长期市场建设的启示。
关键词: 电力衍生品市场; 电力中长期市场; 电力期货; 电力期权

Inspiration of the Nordic Electricity Derivatives Market for the Construction of China's Medium and Long-Term Electricity Market

BAI Yunxiao¹, XU Zunnan², JI Tianyao², JING Zhaoxia², ZHONG Jiayu¹

(1. Guangdong Power Exchange Center Co., Ltd., Guangzhou 510180, China; 2. School of Electric Power Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: With the gradual maturity of the electricity spot market and the increase of the proportion of renewable energy participating in the electricity market, the demand and conditions for building an electricity derivative market have gradually been met. In order to provide market entities with sufficient risk management tools and to improve market efficiency, on the basis of an in-depth analysis of the practical experience of the construction of the Nordic electricity derivatives market, the key issues of China's medium and long-term electricity market construction are studied. Firstly, on the risk management principles and construction significance of power derivatives are elaborated. Then the construction path of the Nordic electricity derivatives market is analyzed, including the operation stage of the electricity trading center and the operation stage of the securities exchange. Next, combined with the latest Nordic electricity derivatives contracts, the connection relationship between electricity derivatives and electricity spot prices is analyzed. Finally, based on the current situation of China's medium and long-term electricity market, the inspiration of the Nordic electricity derivatives market for the construction of China's medium and long-term electricity market is discussed from five aspects: product system, specific trading varieties, linkage mechanism, construction path, and business process.

Key words: electricity derivatives market; medium and long-term electricity market; electricity futures; electricity options

0 引言

期货和衍生品是商品交易规避风险的重要工

具。我国 2015 年新一轮电改的“9 号文”指出, “待时机成熟时, 探索开展电力期货和电力场外衍生品交易, 为发电企业、售电主体和用户提提供远期价格基准和风险管理手段”^[1]。“9 号文”颁布以来, 我国电力市场建设稳步有序推进, 多元竞争主体格局初步形成, 市场在资源优化配置中作用明显增强, 市场化交易电量比重大幅提升^[2], 多个现货试点省份和地区实现连续结算试运行, 山西和广东的现货市

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(52077081); 广东电力交易中心有限责任公司创新项目(GDKJXM20222592)。

Foundation item: Supported by the National Nature Science Foundation of China (52077081); Innovation Project of Guangdong Power Exchange Center Co., Ltd. (GDKJXM20222592).

场在2023年12月转入正式运行,开展电力期货和衍生品交易的条件逐渐成熟。同时,双碳目标下,新能源在电力系统的占比不断提高,但其出力的不确定性^[3]增加了新能源主体在电力市场中的风险,需要尽快借鉴国际经验,建设帮助市场主体规避、转移风险的工具。

广义的衍生品(derivate)是一种金融工具,一般表现为两个主体之间的协议,其价格由其他基础产品的价格决定,并且有相应的现货资产作为标的物,包括标准化的交易和非标准化的交易,具体包括远期、期货、期权和互换等,相关经济实体可利用衍生品进行风险的转移^[4-6]。一些文件对衍生品有特殊的定义,如《中华人民共和国期货和衍生品法》将衍生品交易定义为期货交易以外的,以互换、远期和非标准化期权及其组合为交易标的的交易活动^[7]。本文后续章节中,如果没有特殊说明,是指广义的衍生品概念。

衍生品在电力市场中的应用十分广泛,标的物包括电能量、容量和输电等,具体品种包括电力远期、电力期货、电力期权、电力差价合约^[8-9]、可靠性期权^[10-11]和输电权^[12-13]等。

国内已经有较多关于电力衍生品方面的研究,研究对象主要集中在电力差价合约^[14-16]和期货期权^[17-19]方面,研究角度集中在基本概念和机理的介绍^[14, 17]、一些新的合约机制的设计^[15]、区块链等新技术的应用^[16]、衍生品发现价格^[18]及规避风险等作用的分析^[19]。实际的电力衍生品市场的建设需要对具体的实施细节进行详细的剖析,分析不同国家的异同及可取之处、需要改造的地方和改造方法及与现货市场的衔接方法。但这方面的研究相对较少。

北欧电力市场是国际上第一个跨国电力市场,其市场机制被广泛介绍和借鉴。北欧电力衍生品最早可追溯至20世纪90年代^[20-22],于1995年提出了第一份标准化的电力期货合约,目前经过近30年的发展已经形成了包括期货、期权与差价合约在内的层次丰富的衍生品市场体系,有很多值得借鉴的地方。

由于有关衍生品的概念在不同文件、规则、文献中的含义有不同,本文首先对电力衍生品的相关概念进行梳理,然后对北欧电力衍生品市场的建设路径、合约细则、与电力现货的衔接等进行了细致

的介绍和分析,最后针对我国电力市场建设现状提出相应的发展建议。

1 电力衍生品的概念及品种

研究电力衍生品的学者来自电力、金融、计算机等多个学科,常常有不同的表达习惯。如前所述,电力市场研究中,特别是我国的研究中,有关衍生品的相关概念,如金融、衍生品等在不同文件、规则、文献中的含义有不同,影响了相关研究的深入开展和不同领域学者的交流。这里对电力衍生品相关概念和其分类进行介绍和讨论,以方便更深入的研究。

1.1 电力衍生品相关概念辨析

1) 金融

金融主要对应英文的“finance”,有时候也对应“banking”、“money”,在中国不同场景、不同领域中有不同的含义,并无统一的定义。

广义的金融几乎包括所有与钱(money)相关的活动,如与物价有紧密联系的货币流通、银行与非银行金融机构体系、短期资金拆借市场、资本市场、保险系统以及国际金融等,是一个既包括宏观运行机制,又包括微观运行机制的大系统。狭义的金融仅指“资本市场”相关的微观运行机制以及股票等有价证券的价格形成机制。介于广义和狭义之间的金融,包括货币的流通、信用的授予、投资的运作、银行的服务等。

在电力领域,金融一词通常指的是现金结算,例如北欧的“Financial Market”指的是其产品都是现金结算,再如电力领域通常将合约执行方式分为物理合约和金融合约,其中物理合约一般指电力实物交割的合约,金融合约指现金交割而不进行电实物交割的合约。

没有特殊说明的情况下,本文采用一种狭义的定义,将金融定义为主体利用金融工具将资金从资金盈余方流向资金稀缺方的经济活动。

2) 衍生品及其分类

如前所述,衍生品是一种金融工具,一般表现为两个主体之间的一个协议,其价格由其他基础产品的价格决定,并且有相应的现货资产作为标的物。

不同语境中对衍生品的分类有些差别。金融工程认为典型的衍生品有远期、期货、期权和互换4

种,而《中华人民共和国期货和衍生品法》^[7]将衍生品交易定义为期货交易以外的以互换合约、远期合约和非标准化期权合约及其组合为交易标的的交易活动。

在金融工程领域,衍生品可以分为商品衍生品和金融衍生品,差别主要在标的物的类型。前者的标的物为商品,如原油、大豆,后者的标的物为基础金融工具,如股票、债券。这里的“金融”是狭义的金融概念。

3) 电力衍生品及其分类

将衍生品的概念对应到电力,电力衍生品就是一种价值依赖于电力的金融工具。这里的电力是广义的概念,包括电力市场中的各种与电相关的产品,如电能量、发电容量、输配电服务等。

电力领域的相关研究中,通常将适用于电力市场却不归属于现货市场的远期、期货、期权、互换等合约统一定义为电力衍生品,并将其相对应的子市场称为电力衍生品市场。这种对于电力衍生品的定义和分类方式与金融工程一致,将金融理解为狭义的金融。但也有学者将电力衍生品市场称为电力金融市场,实际上采用的是广义的金融概念。

本文后续在介绍北欧电力市场时沿用其关于电力衍生品的定义,即电力衍生品包括电力远期、电力期货、电力期权;在其他地方采用我国法律中的定义,即电力期货包括电力期货和标准化电力期权,电力衍生品包括电力远期、非标准化电力期权和电力互换。

1.2 电力远期与电力期货

最早出现的电力衍生品是电力远期合约,交易双方在场外签订,电能量合约的数量、质量、交割价格由交易双方自行协商^[23]。

而电力期货是指由证券交易所统一制定的、约定在将来某一特定的时间和地点以某一价格交割一定数量规定质量的电能量的标准化合约。未来买入电能量的一方称为电力期货多头,未来卖出电能量的称为电力期货空头。按照交割方式可以分为物理交割和现金交割,现金交割用于集中式电力市场,物理交割用于分散式电力市场^[24]。

我国的《中华人民共和国期货和衍生品法》^[7]中,将期货交易定义为以期货合约或者标准化期权合约为交易标的的交易活动。

1.2.1 电力期货的相关制度

电力期货合约常见制度条款包括保证金制度、每日盯市结算制度、标的物以及交割方式等等,具体制度条款与内涵总结如表1所示。

表1 电力期货合约常见条款

Tab. 1 Common terms of power futures contracts

条款名称	条款内涵
标的物	描述合约的标的物,在电力期货合约中指定该合约是指基荷还是峰荷
交易单位	在电力期货合约中,交易单位通常为1 MW
交易数量	在电力期货合约中,交易数量通常为1 MW×一天小时数×合约期天数
交易时间	指允许期货合约交易的日期与具体时间
交割时间	指期货合约规定的交割日期
交割方式	指期货合约规定的交割方式,包括现金交割和实物交割
最小变动价位	指期货合约交易过程中,对每交易单位报价的最小变动数值,需要注意的是,在电力期货合约最小变动价位通常为0.01 货币单位/kWh,并不是把一整天的电量作为报价标的
涨跌幅限制条款	指允许期货合约在一定时间内涨跌幅度限制
保证金制度(margin)	任何进入电力期货场内交易的主体需要在保证金账户内有一定比例的资金作为交易双方履约保障 ^[25]
每日盯市结算制度(marking to market)	每日盯市结算制度是指每个交易日结束后,清算机构计算交易者的浮动盈亏,并从保证金账户中结算

1.2.2 电力期货的风险管理原理

由于现货价格在不断地波动,现货市场的各个交易主体承受相应风险。对于发电方,现货价格波动决定其未来收益无法确定,进而无法确定盈亏情况;而对于购电方,现货价格波动决定其未来成本无法确定,进而无法确定盈亏情况。对于上述风险,可以通过电力期货来对冲,减小其风险敞口,具体做法如下。

对于发电方,若其担心未来几个月电价下跌,则可在期货市场上卖出相应期限的电力期货合约。这样,如果未来电价真的下跌,发电方在实物市场上的损失将被期货市场上的盈利所抵消。反之,如果电价上涨,虽然在期货市场上会有亏损,但公司在实物市场上的销售收入将增加。通过这种方式,发电方能够有效锁定收益,减少未来市场波动带来的不确定性和

潜在损失。同理,对于购电方,可以通过采取买入相应期限的电力期货合约进行风险管理。

1.3 电力期权

电力期权是指将来某一时间以某一价格交割一定数量的权利的标准化或非标准化合约^[26]。这里的权利是指以特定价格买入或者卖出一定数量和质量电能(例如期货合约)。其中买入权利一方称为多头,卖出权利获得义务的一方称为空头;多头获得的权利为以特定价格买入约定数量和质量电能的期权,称为看涨期权,多头获得的权利为以特定价格卖出约定数量和质量电能的期权,称为看跌期权。

电力期权的常见条款与电力期货条款相似,此外还有行权价条款(单位与最小变动价格)、行权方式条款等。

1.3.1 电力期权的优势

相较于电力期货,发展电力期权市场具有以下优势:第一,交易者拥有更高的资金利用效率,期货交易需要的保证金通常比期权费多,因此采用电力期权进行风险管理,交易者的资金利用率更高;第二,交易者拥有更高的灵活性,期权市场提供了行权选择,即投资者可以根据市场情况选择是否执行合约;第三,交易者的亏损有限,购买期权的投资者在合约执行前的潜在亏损仅限于已支付的期权费用,相比之下,期货合约可能会导致更大的亏损。电力期权也有其局限性,如期权市场的复杂性较高,可能需要更专业的知识和技能来进行交易。此外,电力期权市场的流动性可能不如电力期货市场。

1.3.2 电力期权的风险管理原理

相较于电力期货,电力期权同样能够对冲电力现货的风险敞口。与电力期货不同的是购买电力期权保留了发电方未来电价上涨时获得盈利的机会与售电方未来电价下降时获得盈利的机会,但电力期权多头方也得为这份机会支付一笔期权费,具体做法如下。

对于发电方,若其担心未来几个月电力价格下降,则可在期权市场上买入相应期限的看跌期权。这样,如果电力市场价格真的下降,发电方在期权市场上选择执行权利,获得的盈利可以抵消实物市场价格下跌带来的损失。如果市场价格上涨,虽然期权可能会失效或变得无价值,但发电方可以从现货更高的市场价格中盈利。通过这种方式,发电方

能够在价格下跌时得到保护,同时在价格上涨时享受盈利。同理,对于购电方,可以通过采取买入相应期限的看涨期权进行风险管理。

1.4 电力差价合约

电力差价合约本质上属于互换合约,是指不进行电能实物交割,仅以基准价格和执行价格的差额进行现金结算的合约^[27]。若电力差价合约交易双方都是市场主体,则称之为市场化合约,若存在政府授权主体,则称之为政府授权合约^[28]。

按合约价格的生效条件不同,合约分为单向封顶差价合约、单向封底差价合约、区间差价合约和双向差价合约。电力差价合约的常见条款包括基准价格条款、执行价格条款、合约数量条款等。关于差价合约的研究资料很多,本文不深入探究。

1.5 电力期货和衍生品的风险管理算例分析

本文以电力期货为例,介绍电力期货和衍生品的对冲流程,假设交易所上市的7月份到期的电力期货品种如表2所示,其中月度基荷期货合约交易数量=交易单位 $\times 24\text{ h} \times 7\text{ 月份天数} = 1\text{ MW} \times 24\text{ h} \times 31 = 744\text{ MWh}$,月度腰荷期货合约交易数量=交易单位 $\times 16\text{ h} \times 7\text{ 月份天数} = 1\text{ MW} \times 16\text{ h} \times 31 = 496\text{ MWh}$ (设腰荷交割时间一天有16 h)。

表2 交易所上市的7月份到期的电力期货(假设)
Tab. 2 Power futures due in july listed on the exchange
(hypothetical)

期货名称	月度基荷期货	月度腰荷期货
品种编号	BLMW202407	SLMW202407
交割方式	现金交割	现金交割
交易单位	1 MW	1 MW
交易数量/MWh	744	496
上市时间	4月1日	4月1日
最后交易日	6月31日	6月31日

不妨假设发电商A持有了某100 MW的腰荷燃煤机组,其中50 %的容量已被政府授权差价合约覆盖,以下是其针对剩余容量进行风险对冲的具体操作。

1)发电商A于2024年3月1日结合其持有的购煤长协合同进行了成本核算,认为在当年7月份共计31个交割日的腰荷时段(06:00—22:00)内,其应至少以400元/MWh的价格出售剩余50 MW发电容量的全部出力方可保障回收综合成本,即发电商A应在7月份内在现货市场卖出 $50 \times 16 \times 31 = 24\ 800$

MWh 的电能。

2) 为对冲 7 月份的现货电价风险和锁定收益, 发电商 A 于 2020 年 4 月 1 日起开始盯盘, 寻找适当的时机, 以不小于 400 元/MWh 的价格, 空头建仓 50 份编号为“SLMW202407”的月度腰荷期货合约。

3) 月期货合约“SLMW202407”以 395 元/MWh 的价格开盘, 至 5 月 1 日, 市价达到 400 元/MWh。发电商 A 随即下单指令空头建仓 50 份该期货合约, 且全部成交。

4) 因 7 月份连续暴雨的影响, 生产活动有所减弱, 现货价格显著下跌。与此同时, 月期货“SLMWD202007”的市价至 7 月 31 日收盘前已跌至 360 元/MWh。此时, 发电商 A 在期货市场中的账面收益已到达 $(400-360) \times 24\,800 = 992\,000$ 元。

5) 设 7 月份发电商 A 在现货市场中平均以 360 元/MWh 的价格出售的 24 800 MWh 的腰荷电力, 发电商 A 的风险对冲效果如表 3 所示, 可见使用电力期货使其达到了对冲风险并锁定电力卖出价格的效果。

表 3 发电商 A 期货操作策略的风险管理效果

Tab. 3 Risk management effect of power merchant A's futures operation strategy

日期	现货价格/(元·MWh ⁻¹)	期货价格/(元·MWh ⁻¹)	现货市场收益/元	期货市场收益/元	风险管理效果
5.1		400	0	0	
7.1 至 7.31	平均: 360	平仓价格: 360	8 928 000	992 000	现货市场收益较预期 400 元/MWh, 少盈利 992 000 元, 通过期货市场对冲获利 992 000 元, 锁定以 400 元/MWh 卖出 24 800 MWh 的电能

2 北欧电力衍生品市场的建设路径

2.1 北欧电力市场发展历程概述

北欧电力市场建设始于 1991 年挪威议会决定解除对电能交易市场的管制, 开始电力市场改革。1992 年 12 月, Statnett Marked AS 作为挪威输电系统运营商(Statnett SF)的附属公司正式成立, 并于 1993 年的 1 月 1 日开始运转。Statnett Marked AS 运

营日前市场 Elspot, 对所有满足交易条件的市场参与者均开放。1995 年 Statnett Marked AS 提出了首个电力期货合约。同年, 向挪威议会提交北欧联合电力市场协议框架, 挪威能源监管机构(Norges Vassdragsog Energidirektorat)颁布跨境交易许可证, 成为挪威跨境市场交易的基础。瑞典于 1992 年进行厂网分离, 成立瑞典国家电网公司(Svenska Kraftnat)。1996 年, 挪威-瑞典联合电力交易所(Nord Pool ASA)成立, 取代 Statnett Marked AS。1996 年, 芬兰开始运营一个独立电力交易中心 EL-EX, 并于 1998 年加入 Nord Pool ASA。1999 年, 芬兰和瑞典成立了电力市场平衡调节市场。丹麦西部和东部分别于 1999 年和 2000 年加入 Nord Pool ASA, 至此北欧电力市场形成。2001 年 12 月, Nord Pool ASA 成立 Nord Pool Spot AS 公司单独运营现货市场, 金融市场由 OMX AB 负责承担运行, 实行了期现分离。丹麦东部、丹麦西部和挪威分别于 2004、2007 和 2009 年加入日内市场 Elbas。2007 年 OMX AB 被 Nasdaq 收购, 成立了 Nasdaq OMX Group, 在北欧和波罗的海地区提供金融服务并经营证券市场。随后, 洲际交易所(intercontinental exchange, ICE)也开始经营北欧电力衍生品业务。2023 年 6 月, 欧洲能源交易所(European energy exchange, EEX)宣布接管 Nasdaq 北欧电力金融市场服务。

北欧电力市场交易机构与调度机构的持股人均作为各国的输电系统运营商(国家电网公司), 但职能分开, 现货交易机构运营日前市场和日内市场, 调度机构运营实时平衡市场, 负责电力运行安全和实时平衡。北欧电力市场架构为: 第一, 场外交易由交易双方自行组织; 第二, 日前和日内市场由 Nord Pool Spot 运营; 第三, 金融市场由 EEX 和 ICE 负责运行。

2.2 北欧电力衍生品市场的两个阶段

以 2007 年 Nord Pool 完成将北欧电力衍生品市场交由 Nasdaq OMX Group 经营为分界点, 可以分为两个阶段——电网运营商经营阶段和证券交易所经营阶段。在第一个阶段, Nord Pool 逐步建成了电力衍生品市场, 为市场主体提供了丰富的风险管理工具, 降低了交易成本。在第二个阶段, Nasdaq OMX Group 进一步完善了电力衍生品市场, 并特别关注于解决由于价格区间增加带来的价格风险。

2.2.1 电力交易中心经营阶段

Nord Pool 对中长期合约的构建与清算设施的完善发挥了关键作用,推动了电力衍生品市场模式由最初以“场外双边交易为主导”向以“场内交易为核心、场外交易辅之”的格局转变,并提出了标准化合约。

北欧早期的电力衍生品市场主要是场外双边交易的形式,并且以物理合约为主。场外交易存在以下几个问题:第一,这些合约需实物交割,并须在现货市场出清前提交至交易机构进行安全审核,未通过审核的合约将被调整,在系统阻塞较轻时,大量物理合约得以通过,反之,则遭到大幅削减;第二,场外交易通常是不对外公开的,交易过程中的价格和数量信息缺乏透明度,可能导致市场信息不对称,影响市场竞争的公平性与效率;第三,场外双边交易存在信用风险,若一方遭受重大损失,即便存在双边合同,也可能出现一方不履约的情况。

针对上述问题,Nord Pool 采取了以下措施:第一,统一组织所有跨区域交易,并禁止在所有场外双边合约下的输电容量分配;第二,作为中间机构,要求交易双方在交易前提供抵押,为双方交易的现金流提供了保障,发挥着中央对手方的作用;第三,提出标准化合约,大幅降低交易双方的信用风险,并提高了流动性。

随着交易市场的发展,市场主体在交易中心进行产品交易的时间维度得到了扩展。例如在周产品市场,交易时间的提前可能达到两年,这导致市场风险显著增加。鉴于此,交易中心于1994年下半年开始着手建立一个以现金交割为主的市场,以此来降低风险。1995年,周市场的交易模式由实物交割转变为现金交割。Nord Pool 在其期货合约的基础上增加了远期合约,这种合约不要求物理交割,而是在合同规定的时间内进行现金结算。期货合约的交易单位包括日和周,而远期合约的交易单位则扩展至月、季和年,最长交易期限可达6a,其价格基于现货市场。相较于期货合约,远期合约在灵活性和定制性方面具有更大的优势。

进一步地,1997年,Nord Pool 推出了延迟结算的期货合约,以更好地满足发电公司的实际需求。这种合约的特点在于,在合约到期日之前的整个交易期内不进行任何结算,仅在交割期进行结算。期间,按市场价值计算的损益会进行累积,但结算会延迟至交割期。与传统期货合约相比,延迟

结算期货在交割期提供了担保品,而传统期货则在整个交易期间进行日常结算。延迟结算期货推出后,市场持仓量有了显著增加。1999年,Nord Pool 又推出了以日为单位的期货合约、最长4年交割期的远期合约以及标准化的期权合同,进一步拓宽了其金融产品的范围。

由电力交易中心经营电力衍生品市场具有以下几点优势:第一,电力交易中心与电力市场主体紧密联系,熟悉了解电力市场主体需求;第二,电力交易中心熟悉电力市场改革进程,并且积累了大量电力市场改革经验,在电力期货期权市场建设前期,能够起到关键的推动作用。

2.2.2 证券交易所经营阶段

北欧电力场内衍生品市场于2008年转由 Nasdaq OMX Group 运行,北欧电力衍生品市场成员众多,交易主体范围除北欧外,已扩展至德国、荷兰和英国。场内合约均采用现金结算的方式,不需要进行实际物理交割。

将电力衍生品市场交由证券交易所经营主要是为了提高市场效率和透明度,同时增强价格风险管理能力,其具有以下几点优势:第一,证券交易所拥有更加成熟的市场运作机制、先进的技术平台和严格的监管框架,这些特点有助于改善电力市场的流动性和交易效率;第二,证券交易所的专业知识和经验在管理复杂的金融产品和风险方面也更为丰富,这有助于为市场参与者提供更多的风险管理工具,降低市场波动,从而提升整个市场的稳定性;第三,证券交易所比电力交易中心在交易者数量上具有明显优势,大幅提高了电力衍生品的流动性。

3 北欧电力衍生品市场的现状与衔接

3.1 北欧电力期货现状

目前北欧电力期货在EEX和ICE ENDEX上市。EEX由于刚刚接管Nasdaq北欧电力金融市场服务,其电力期货合约细则尚未公布,ICE ENDEX上市的期货种类有北欧电力月度现金结算基荷期货合约(Nordic power financial base futures)和北欧电力日度现金结算基荷期货合约(Nordic power financial base daily futures)两种,其中前者最多支持156个连续月度合约,后者最多支持92个连续日度合约,具体交易细则如表4所示。

表 4 北欧在 ICE ENDEX 上市的电力期货概况

Tab. 4 Overview of nordic power futures listed on ICE ENDEX

期货名称	北欧电力月度基荷期货合约	北欧电力日度基荷合约
描述	基于北欧地区每天从 00:00 (中欧时间) 到次日 00:00 (中欧时间) 每小时的 'Elspot 系统价格' 的金融结算基础负荷月度期货合约。	基于北欧地区每天从 00:00 (中欧时间) 到次日 00:00 (中欧时间) 每小时的 'Elspot 系统价格' 的金融结算基础负荷日度期货合约。
合约时间	最多可连续交易 156 个月的合约, 或由交易所另行决定。季度、季节性、日历年以及任何连续月度合约的组合可以作为一个交易组合 (strip) 注册。最多可连续交易 92 个日合约, 或由交易所不时决定和宣布。所有日产品都是一个或多个日合约的组合, 并且同时上市。	连续 7 天; 连续 5 个周末 (周末是两个连续日合约 (星期六和星期日) 的组合); 连续 5 周 (周是 7 个连续日合约 (星期一至星期日) 的组合)。
到期日	合约将在交割期前最后一个工作日营业结束时停止交易。	
交易单位	1 MW	
合约交易数量	交易单位×23 h 或 24 h 或 25 h×合约时间天数 (按每天约定, 小时数根据夏令时和冬时令确定)。	
最小价格波动	每兆瓦时 1 欧分 (0.01 欧元/MWh)	
结算方式	现金结算	
交割方式	不进行物理交割	
价格形成方式	撮合交易, 基于价格优先、时间优先的原则。开盘价和收盘价采用集合竞价。	

3.2 北欧电力期权现状

目前北欧电力期权尚未完成从纳斯达克交易所转移至欧洲能源交易所 (EEX), 先前在纳斯达克交易所的北欧电力期权主要包括北欧电力年度基荷期权合约 (Nordic electricity base future year option) 和北欧电力季度基荷期权合约 (Nordic electricity base future quarter option) 两种, 相关具体交易细则如表 5 所示。

3.3 北欧电力期货、电力期权与现货市场的衔接

北欧电力现货市场主要包括 Nord Pool Spot 日前市场和日内市场, Nord Pool 和北欧各国输电系统运营商之间存在紧密的合作和协调, 以确保电力市场的顺利运行。输电系统运营商提供实时电力数据和网络状态信息, 以帮助 Nord Pool 确定市场供

表 5 北欧在 Nasdaq 北欧上市的电力期权概况

Tab. 5 Overview of nordic electricity options listed on Nasdaq

期权名称	北欧电力年度基荷期权合约	北欧电力季度基荷期权合约
期权种类	欧式期权	
交易单位	1 MW	
合约交易数量	交易单位×一年小时数 (基本负荷年通常跨越 8 760 h, 闰年则跨越 8 784 h)	交易单位×一季度小时数 (一个基本负荷季度通常跨越 2 190 h 左右, 这取决于每个月的天数)
行权时间	具体时间如交易和清算时间表中所指定	
结算方式	现金结算	
交割方式	不进行物理交割	
价格形成方式	撮合交易, 基于价格优先、时间优先的原则。开盘价和收盘价采用集合竞价	

求平衡和电力价格。这种信息共享有助于确保市场交易与电力系统的实际运行相协调。

在交易品种上, 日前市场的交易品种有 4 种, 包括 Single hourly orders、Block orders、Exclusive groups 和 Flexi orders, 其中 Block orders 指官方规定的几个连续送电小时, Flexi orders 指自己选择自己报价的连续送电小时, 最长为 23 h; 日内市场的交易品种时间粒度上更细, 包括 15 min、30 min、60 min 和时间灵活的 block products 的电能量品种; 电力期货市场的主要交易品种为基荷合约, 包括年度、季度、月度、周度、日度、周末等时间粒度, 具体的时间粒度根据不同的地区有不同的规定; 电力期权市场交易品种也为基荷合约, 包括年度和季度两个时间粒度。

在交易时序上, Nord Pool Spot 日前市场的交易时间为电力交割运行日前两天 (Day-2) 的 12:00 到交割运行日前一天 (Day-1) 的 12:00; Nord Pool Spot 日内市场的交易时间为电力交割运行日前一天 (Day-1) 的 14:00 到电力交割运行的前 1 h; 期货市场中不同种类的期货合约的交易时间均不相同, 例如 ICE ENDEX 月度基荷合约在交割月开始前一个交易日的 18:00 结束交易, ICE ENDEX 日度基荷合约在交割日开始前一个交易日的 18:00 结束交易。总的来说, 电力期货合约交易通常在现货交割日的前一个交易日/月/季度/年度结束; 电力期权合约的交易时间与电力期货合约交易时间相同, 通常在交割日的前一个交易日结束, 图 1 为北欧电力期货期

权市场与现货市场的交易时序图,其中 $T=0$ 代表起始交割时间, t 代表 CET 实际时间, Day0 代表交割当日。

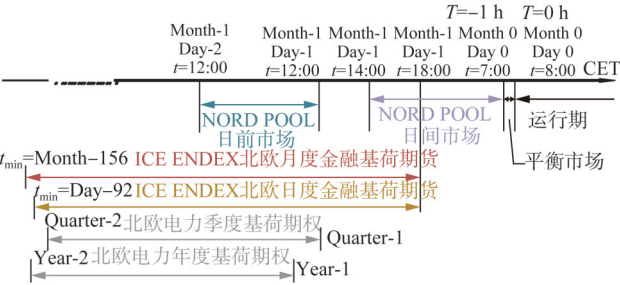


图 1 北欧电力期货期权与现货市场的衔接
Fig. 1 Integration of Nordic power futures, power options, and spot market

4 我国电力中长期市场建设探究

4.1 我国电力中长期市场现状与挑战

根据国家能源局统计,2023 年全年,全国电力市场交易电量达 5.7 TWh,电力中长期交易已在全国范围内常态化运行,交易周期覆盖多年到多日,中长期交易电量占市场化电量比重超 90 %。当前电力现货市场正式运行地区仅有广东和山西,以广东电力市场为例,其中长期交易包括年度、月度及多日(周)交易。

年度交易包括双边协商交易、集中竞价交易、滚动撮合交易和挂牌交易等交易品种,不同交易品种多轮次交替开展。交易方式按照“绝对价格+曲线”的模式组织签订含分时价格的年度合同,其中,年度集中竞争交易分月、分峰平谷组织开展,月分日比例按市场购电用户负荷典型参考曲线设置,日分时比例按峰平谷各时段小时均分设置。交易价格按照“基准价+上下浮动”的原则,根据燃煤基准价 0.453 元/kWh 上下浮动 20 % 形成年度交易成交均价上下限。

每月先后开展月度交易和多日(周)交易,所有交易均带曲线。月度交易层面,包括双边协商、集中竞争交易、发电侧合同转让等品种,其中集中竞争交易分别采用市场购电用户负荷典型参考曲线、分时段交易两种方式开展;多日(周)交易层面,开展周双边协商、多日分时段集中竞争交易。

表 6 为广东电力中长期市场在 2023 年上半年的部分运行数据。

通过分析表 6 数据可以发现,当前电力中长期

表 6 2023 年上半年广东电力中长期市场交易情况
Tab. 6 2023 First half year Guangdong power medium and long-term market trading overview

交易类型	累计成交电量/TWh
中长期电力市场一级市场	1 309.43
中长期电力市场二级市场	40.73
中长期电力市场二级市场发电侧转让	23.86
中长期电力市场二级市场用电侧转让	16.86
年度交易(全年)	2 503.35
年度双边协商交易(全年)	2 416.59
年度集中交易	13.01
年度挂牌交易	32.97
月度交易	147.36
月度双边协商交易	110.89
月度集中交易	8.57
月度挂牌交易	27.90
多日交易	2.07

市场最主要挑战如下。

1) 电力中长期合约流动性不足。电力中长期交易中,二级市场交易电量仅占一级市场电量的约 3%,反映出市场活跃度较低。这种低流动性可能导致电力市场的价格发现功能受阻,难以吸引更多的市场参与者进入市场进行交易。此外,流动性不足也增加了市场的波动性风险,因为少数交易就可能对价格产生较大影响,进而影响市场的稳定性和可预测性。

2) 电力中长期市场产品体系单薄,市场主体缺乏风险管理工具。当前的中长期市场化合约本质上均是电力远期。由于远期合约本身流动性不足的问题,市场主体主动应用远期合约风险管理意愿不足,难以实现风险转移。

3) 电力中长期市场产品灵活性不足。目前中长期市场按年/月/周总电量签订合同,再按自定义分解曲线或常用分解曲线将电量分解至每个时段。然而这种方法曲线单一固定,市场主体难以随时根据自身需求灵活调整曲线形状,平衡压力被迫传递至现货市场。

4.2 建设电力期货市场的意义

相较于当前的电力中长期市场,发展电力期货市场有以下意义:1) 电力期货由于在场内交易,同时由于保证金制度,大大减少了交易对手的信用风险;2) 由于电力期货是标准化产品,能够在交易所内交易,同时引入更多的市场参与者,增强了市场

流动性；3)期货市场交易品种丰富，灵活性强，通过良好设计能够满足几乎全部市场主体的交易需求；4)期货市场的价格和交易量都是实时公开的，增加了市场透明度，有助于提高市场效率。

4.3 北欧电力市场与我国电力市场的对比

在电力市场体系方面，北欧的电能量市场主要包括现货市场、金融市场和场外交易，现货市场中主要包括日前市场和日内市场，金融市场主要涉及期货和期权合约，合约的时间跨度可长达 10 a，涵盖日、周、月、季度和年度合约；我国当前电能量市场也主要由现货市场与中长期市场构成，与北欧电力市场体系相近。

在市场模式和交割方式方面，我国当前电力市场试点主要采用集中式电力市场模式，中长期市场采用现金结算，不进行电力物理交割；北欧的金融市场中，当前其电力期货期权等衍生品均采用现金交割的方式，与我国电力市场目前模式一致。

在建设路径方面，北欧电力金融市场是在其电力现货市场运行后紧密开展，而当前我国已经建立了多个电力现货市场试点，同时有广东、山西两个省级现货市场正式运行，当前我国电力市场建设进程与北欧建设金融市场的时间节点一致。

通过从电力市场体系、模式与建设方面的等方面的深入分析和对比，可以更加清晰地认识到北欧电力市场与我国当前电力市场具有相似的发展背景，对我国电力市场改革具有借鉴意义，能为我国电力市场的进一步发展提供参考和启示。

4.4 北欧电力衍生品市场的成功经验

北欧电力衍生品市场的成功运营经验为全球电力市场提供了重要的参考。在产品体系上，电力期货和电力期权在北欧已成功运营 20 余年，这证明了其在电力衍生品市场中的可行性和有效性。这些市场随着涉及的地区与规模的扩大，其成交量呈现出持续上升的趋势，表明市场接受度高，参与度增加。电力期货和电力期权作为全面的风险管理工具，在北欧市场中起到了关键作用。它们帮助市场主体有效地管理价格波动带来的风险，特别是在供应短缺或过剩的情况下，能够减缓这些情况对现货价格的剧烈波动影响，从而有助于稳定市场的长期供需关系，进而促进电力市场的整体稳定。

在具体交易品种上，北欧电力期货市场的主要交易品种为基荷合约，涵盖了从年度到周末的多个

时间粒度，满足了不同交易者对于期限的需求。电力期权主要交易品种也为基荷合约，但主要集中在年度和季度两个时间粒度上，这是因为期权交易对交易者的专业要求更高，市场参与者相对较少，从而选择了较为集中的时间粒度以保持市场的流动性。

在衔接机制方面，北欧电力期货和电力期权市场采用现金结算方式，这种结算方式减少了物理交割的需求，简化了交易流程，使得这些衍生品更加适合电力市场的特性。同时，这种现金结算方式与我国多数电力市场试点采用的中长期现金结算集中式市场模式较为接近，为我国电力市场的发展提供了参考。

在建设路径方面，北欧电力金融市场经历了电网运营商经营和证券交易所经营两个阶段。电网运营商与市场主体联系紧密，熟悉了解市场主体需求，在前期能够起到关键的推动作用。

4.5 北欧电力衍生品市场对我国电力中长期市场建设的启示

北欧电力衍生品市场的成功经验可给我国电力中长期市场建设带来多方面的启示。

4.5.1 市场组成和产品体系方面

我国应建设电力期货期权市场，完善电力中长期交易体系，电力期货期权市场能够为市场主体提供更全面的风险管理工具，有助于稳定市场的长期供需关系，也能帮助市场主体在临近用电时段时灵活调整自己的合约电量曲线，减缓短期供应不足对现货价格的剧烈波动，促进电力市场的整体稳定。

不同于北欧，考虑到我国电力中长期交易对电力保供稳价的重要作用，在建设电力期货期权市场的同时，应积极发展政府授权合约。政府授权合约既可以服务于国家能源安全战略，实现政府多方面的目标，也能作为市场主体规避风险的工具。

4.5.2 交易品种方面

对于期货期权市场，应按照时间和电能种类两个维度设计具体的交易品种，例如标的物为每日每个时段的电量、工作日峰时段电量、夜间时段电量、工作日峰时段和周末峰时段的组合电量等，在满足市场主体调整合约电量曲线的同时满足其风险管理需求。此外，交易品种的设计需要能够满足绝大多数市场主体的交易需求，从而保证每个品种都具有一定的流动性。

对于政府授权合约,需要通过合理设置合约内容解决我国电力市场发展过程中存在的问题。例如:可以通过设置合约价格与燃料价格挂钩的合约,解决历史机组搁浅成本的回收问题;通过设计合理的基准价格、合约价格和合约数量,激励新能源发电主体主动参与市场调节,在促进新能源消纳的同时降低系统调节成本;通过强制分配一定数量的限定合约的方式,解决份额较大的发电集团可能不正当行使市场力的问题。

4.5.3 衔接机制方面

在交割方式上,推荐电力期货与期权采用现金结算的交割方式,类似于北欧电力期货和期权市场的做法,这样的交割方式能够确保市场主体能够实现最优对冲效果,同时不干扰电力物理交割。

在标的设计上,电力期货期权和衍生品合约在容量和时间上的颗粒度应尽可能与现货市场一致,例如现货交易以每小时的电量为标的,那么期货和期权合约的标的也应以小时为单位,但允许并鼓励连续几小时打包的标的。

4.5.4 建设路径方面

在建设电力期货市场前,需要具备完善的电力现货市场体系,因此应进一步完善电力现货市场制度,同时积极在电力现货市场较完善地区开展试点。在初始阶段,期货交易可由有电网企业背景的机构(如电力交易中心)经营,在经过安全校核后,后续再过渡到由证券交易所经营。

在目前电力中长期市场机制下,已可以引入政府授权合约,但在设计合约时要注意合约价格、合约数量、基准价格等重要参数的设定问题。例如,对于合约价格与发电成本价格挂钩的合约,在设定合约价格时需要根据实际情况考虑该发电成本是仅与燃料成本等短期成本相关,还是也与投资成本等长期成本相关。

4.5.5 未来经营过程方面

我国电力市场大多采用节点定价模式,随着在电力市场规模不断扩大,市场主体在不同节点报价势必影响市场流动性,也难以通过预测节点电价走势来实现套期保值。北欧电力市场为分区定价模式,市场主体通过购买标的为价差电价与系统电价之差的价差合约来规避价格波动风险,且市场流动性几乎不受影响。因此我国可以参考北欧的做法,为电力市场定义交易枢纽和统一结算点。这些

枢纽节点虽然数量有限但能充分代表节点电价,因此市场主体在枢纽节点报价,既能促进市场流动性,又能规避价格波动风险。

电力期货市场的建设发展除了需要设计合理的市场制度,以确保市场流动性,避免过度投机,还需要有强大的风险管控机制保驾护航,同时加强市场监管,预防系统性风险。可以参考ICE、EEX等期货交易所的风险管理制度,例如:要求期货交易者按照其所买卖的期货合约价值的一定比例缴纳保证金;在每个交易日结束后,由期货结算机构对期货交易保证金账户当天的盈亏状况进行结算,并根据结算结果进行资金划转,确保期货交易者当日无负债;对期货交易者可以持有的某一合约投机头寸的最大数额做限制,当其该合约持仓达到持仓报告标准时应向交易所报告;当期货交易者发生保证金不足、超过持仓限额、违规交易等行为时,对其实行强制平仓。

电力期货和衍生品进入中长期市场,对市场主体提出了更高的技术要求,因此具有电力行业背景的交易机构应高度重视自身的技术积累,积极投资研发高效的电子交易系统,并引入先进的风控手段;电力市场主管部门也应服务于市场主体,建立专业的电力衍生品交易知识平台,提升市场主体的交易水平和风险管理水平。

5 结语

在我国电力现货市场不断完善发展、对风险管理需求更高的新能源主体不断增长的背景下,应积极探索电力期货和衍生品的风险管理应用与建设路径。通过在理论上对电力中长期市场常见的电力期货和衍生品进行分析,在实践上对北欧电力衍生品市场的两个建设阶段进行梳理,总结了电力期货与期权合约的关键细则,并从交易品种与交易时序两个维度分析了其与现货市场的衔接机制,最后通过对比北欧电力衍生品市场,从产品体系、具体交易品种、衔接机制、建设路径与经营过程5个方面提出对我国电力中长期市场发展建设的启示。

参考文献

- [1] 中共中央,国务院.关于进一步深化电力体制改革的若干意见(中发[2015]9号)[EB/OL].(2015-03-20).<http://news.ncepu.edu.cn/xyyd/11xx/52826.html>.
- [2] 国家发展改革委,国家能源局.关于加快建设全国统一电力

- 市场体系的指导意见(发改体改[2022]118号)[EB/OL]. (2022-01-18). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/30/content_5671296.htm?eqid=a81862ff000b53d500000036462d7b8.
- [3] WANG J, CHEN L, TAN Z, et al. Inherent spatiotemporal uncertainty of renewable power in China [J]. *Nature Communications*, 2023, 14(1): 5379.1-5379.10.
 - [4] JOHN C H. Options, futures, and other derivative [M]. 10th edition. New York: Pearson Education Inc, 2018.
 - [5] 郑振龙, 陈蓉. 金融工程(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.
 - [6] 王子强, 李豹, 杜哲宇, 等. PJM电力市场风险管控措施及对南方区域的建议[J]. *南方电网技术*, 2024, 18(1): 28-37, 68.
WANG Ziqiang, LI Bao, DU Zheyu, et al. Risk management and control measures in PJM power market and suggestions for southern region [J]. *Southern Power System Technology*, 2024, 18(1): 28-37, 68.
 - [7] 第十三届全国人民代表大会常务委员会: 中华人民共和国期货和衍生品法[S]. 北京: 全国人民代表大会常务委员会, 2022-04-20.
 - [8] 钟声, 杨再敏, 张志翔, 等. 重构南方区域电力中长期市场: (一)国外理论与发展实践综述[J]. *广东电力*, 2020, 33(2): 1-9.
ZHONG Sheng, YANG Zaimin, ZHANG Zhixiang, et al. Reconstruction of regional electricity forward market in south china: part I review of foreign theory and development practice [J]. *Guangdong Electric Power*, 2020, 33(2): 1-9.
 - [9] 肖谦, 杨再敏, 杨悦勇, 等. 国外电力差价合约模式及其启示[J]. *广东电力*, 2020, 33(2): 27-34.
XIAO Qian, YANG Zaimin, YANG Yueyong, et al. Contract for difference models in foreign electricity markets and the enlightenment [J]. *Guangdong Electric Power*, 2020, 33(2): 27-34.
 - [10] 刘润泽. 基于收益双向期权的发电容量充裕度机制设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2022.
 - [11] 刘润泽, 荆朝霞, 黄宁馨, 等. 保障发电容量充裕度的可靠性期权机制综述及启示[J]. *广东电力*, 2021, 34(8): 1-11.
LIU Runze, JING Zhaoxia, HUANG Ningxin, et al. Review and enlightenment of reliability option mechanism for ensuring power generation adequacy [J]. *Guangdong Electric Power*, 2021, 34(8): 1-11.
 - [12] 肖谦, 杨再敏, 曾鹏骁, 等. 重构南方区域电力中长期市场: (二)国外金融输电权市场实践经验综述及其启示[J]. *广东电力*, 2020, 33(3): 7-16.
XIAO Qian, YANG Zaimin, ZENG Pengxiao, et al. Reconstruction of regional electricity forward market of southern china: part II review of foreign practical experience on financial transmission rights market and its enlightenment [J]. *Guangdong Electric Power*, 2020, 33(3): 7-16.
 - [13] 曾鹏骁, 孙瑜, 季天瑶, 等. 金融输电权市场的收入充裕度问题研究及其对我国的启示[J]. *电网技术*, 2021, 45(9): 3367-3380.
ZENG Pengxiao, SUN Yu, JI Tianyao, et al. Research on revenue adequacy of financial transmission rights market and its enlightenment to China [J]. *Power System Technology*, 2021, 45(9): 3367-3380.
 - [14] 骆子雅. 电力差价合约机制的设计与应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2021.
 - [15] 徐程伟. 适应现货市场过渡的政府授权合约分解方法与财务表现分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2021.
 - [16] ALAO O, CUFFE P. Implementing contract-for-difference arrangements for hedging electricity price risks of renewable generators on a blockchain marketplace [J]. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2022, 19(4): 5679-5688.
 - [17] 张显, 王锡凡. 电力金融市场综述[J]. *电力系统自动化*, 2005, 29(20): 5-13, 23.
ZHANG Xian, WANG Xifan. Survey of financial markets for electricity [J]. *Automation of Electric Power Systems*, 2005, 29(20): 5-13, 23.
 - [18] 李赫然. 电力期货价格发现功能与电价形成机制的相关性研究——基于美国PJM电力市场的实践及对我国的启示[J]. *价格理论与实践*, 2014(8): 90-92.
LI Heran. Price discovery in electricity futures and its role in price formation: lessons from the U.S. PJM market for China [J]. *Price Theory & Practice*, 2014(8): 90-92.
 - [19] 夏雪. 电力现货市场下的市场风险及其金融衍生工具研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2022.
 - [20] 关少杰. 电力期货市场功能研究[D]. 北京: 中国石油大学, 2021.
 - [21] 丁军策, 林言泰, 季天瑶, 等. 北欧电力市场不平衡结算及对中国的启示[J]. *广东电力*, 2018, 31(6): 1-7.
DING Junce, LIN Yantai, JI Tianyao, et al. Inspiration of imbalance settlement of nordic electric power market for China [J]. *Guangdong Electric Power*, 2018, 31(6): 1-7.
 - [22] 程雄, 冯佳, 吕欣, 等. 兼顾激励相容的水电富集电网中长期电力市场交易模型[J]. *电力系统保护与控制*, 2024, 52(3): 12-24.
CHENG Xiong, FENG Jia, LÜ Xin, et al. Medium and long-term electricity market trading model considering incentive compatibility in a hydropower-dominated grid [J]. *Power System Protection and Control*, 2024, 52(3): 12-24.
 - [23] 蒋小元. 金融衍生工具在电力市场风险管理中的应用研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2003.
 - [24] 国家电力调度控制中心. 电力现货市场实务[M]. 北京: 中国电力出版社, 2023.
 - [25] 李晓龙. 基于市场微观结构理论的我国电力期货市场构建研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2019.
 - [26] 周晓薇. 电力期权市场构建及期权定价模型研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.
 - [27] 骆子雅. 电力差价合约机制的设计与应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
 - [28] 陈柏柯. 适应于电力市场改革过渡期的政府授权合约机制设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2022.

收稿日期: 2024-01-22; 网络首发日期: 2024-06-20

作者简介:

白云霄(1988), 男, 高级工程师, 硕士, 研究方向为电力市场建设与运营, 516486451@163.com;

许遵楠(2001), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力衍生品市场和电力市场仿真, 202030233247@mail.scut.edu.cn;

季天瑶(1981), 女, 通信作者, 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向为信号与信息处理及其在电力系统和电力市场中的应用, tyji@scut.edu.cn。