

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.01.008

# 电池储能电站经济效益优化对策研究——基于商业模式分析

彭紫微

(长沙理工大学经济与管理学院,湖南长沙 410076)

**摘要:**电能作为我国利用率最高的二次能源,在社会生产与生活中发挥了巨大的作用。现阶段电池储能电站面临技术不完善,投资成本较高,补偿机制不健全,投资回收期较长和经济性不显著等问题。以电池储能电站为研究对象,基于已建成电站的经济效益状况,从商业模式的角度提出增强经济性的改进建议。

**关键词:**电池储能;商业模式;经济效益

**中图分类号:**F124.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)01-0039-06

## Study on Economic Optimization of Battery Energy Storage Stations: Based on Business Model Analysis

PENG Ziwei

(School of Economics and Management, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410076, China)

**Abstract:** As a secondary energy source with the highest utilization rate in China, electricity plays an important role in social production and life. At present, battery energy storage stations are faced with some problems, such as imperfect technology, high investment cost, imperfect compensation mechanism, long payback period and low economic efficiency. Based on the economic benefits of existing power stations, we take battery energy storage stations as the research object, and put forward suggestions to improve the stations' economic efficiency from the perspective of business models.

**Keywords:** battery energy storage; business model; economic benefit

### 0 引言

先进的储能技术,尤其是电化学储能已经成为支持可再生能源整合、为电网提供更大运营灵活性的一种日益经济的选择。一方面电池储能具有能量时序调节作用,在一定程度上实现电力供需的分离,改变传统电力工业即发即用的瞬时性特点;另一方面,电池储能技术具有灵活性、精准性和安全性等特点,应用于调频调压、削峰填谷、可再生能源并网等方面,对于促进新能源消纳、延缓输配电基础设施升级投资、提升电能质量、保证电网安全运行方面起着不可估量的作用。

近些年我国各级政府相继出台了多项支持储能产业发展的政策。从 2017 年五部委联合发布《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》到发改委等四部门发布《贯彻落实〈关于促进储能技术与产业发展的指导意见〉2019—2020 年行动计划》,

从宏观指导到规范执行,对“十三五”阶段的储能做出了详细部署,为即将到来的“十四五”积蓄力量。

电池储能在未来电力系统中占据重要地位,商业模式的构建是保障电池储能产业经济性及可持续发展的关键。因此下文将从商业模式的角度提出如何实现电池储能电站经济效益优化的建议。

### 1 文献回顾

#### 1.1 通用商业模式

商业模式的本质在于它可以明确客户需求和支付能力,创造为客户提供价值的方式,吸引客户进行消费,并通过适当的设计将客户支付的费用转化为利润及价值链<sup>[1]</sup>。商业模式执行功能是价值创造和价值获得的功能<sup>[2]</sup>,形成企业价值的积累。但是截至目前,关于“商业模式是什么”这个问题还没有普遍认可的定论。Osterwalder 等<sup>[3]</sup>提出的概念比较经典,学者们认为商业模式是一种概念工具,

收稿日期:2020-10-29

作者简介:彭紫微(1996—),女,四川三台人,硕士研究生,研究方向:电价理论与实务、财务管理。

目的在于表达公司的业务逻辑。

目前,国内外学者对于商业模式的构成要素也并未形成共识。其中,最具有代表性的 Johnson 等将商业模式组成要素分为四个大类,即顾客价值主张、利润公式、关键资源和关键流程。国内学者原磊创造性地通过构建蛛网模型,表示出商业模式的内在构成因素和外在环境因素,如图 1 和 2 所示<sup>[4]</sup>。其中,收入模式、成本管理、价值内容为主的内在构成要素和以宏观环境、行业环境为主的外在环境因素成为商业模式构成的重要内容,也是实现经济效益优化的关键因素。

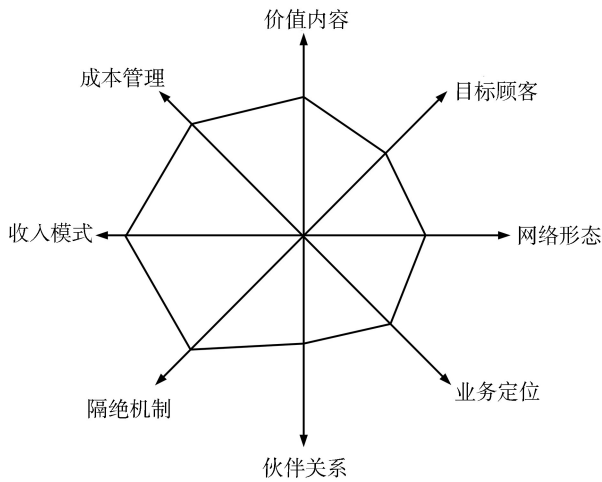


图 1 基于内在构成要素的商业模式模型

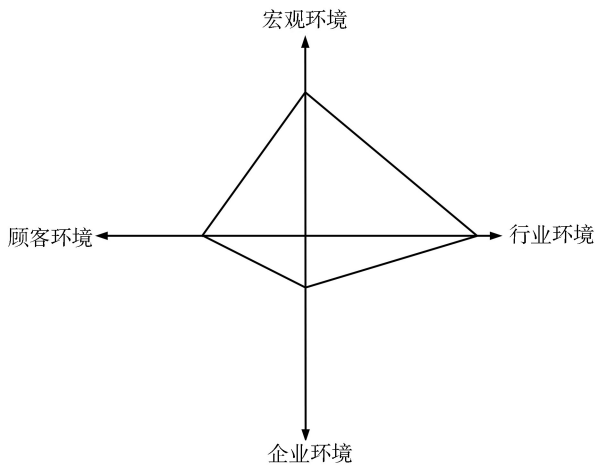


图 2 基于外在环境因素的商业模型模型

随着行业的发展、市场的变化,经济主体都有特定的战略定位、运营方式、盈利模式和核心竞争力等,每个主体的商业模式都有特殊性,电池储能电站商业模式也不例外。

### 1.2 电池储能电站商业模式

在我国,电池储能电站商业模式的研究尚在初期阶段。国内学者王琤<sup>[5]</sup>认为独立的电池储能电站功能与抽水蓄能电站有相似之处,可以作为电池

储能电站商业模式建立的参考。陈昆灿<sup>[6]</sup>以磷酸铁锂电池储能电站为例,探讨两部制电价、参与电力系统辅助服务以及用户侧合同能源管理三种商业模式,并分别初步测算其投资回收期,从经济效益的角度探讨商业模式的选择;修晓青等<sup>[7]</sup>基于投资、收益、运营等因素,分析了储能系统典型商业模式即业主投资模式、合同能源管理模式、经营租赁模式、众筹模式等。康重庆<sup>[8]</sup>在云储能商业模式的基础上,对云储能的投资规划、运行、服务定价等进行了阐述。

在国外,对储能商业模式的研究相对较早,对国内商业模式的构建具有重要的参考意义。Chong 等<sup>[9]</sup>构建了储能商业模式建立的流程,即将储能的功能与提供的服务相匹配,据此形成投资和经营决策,最终获得收入。Karim 等<sup>[10]</sup>讲述了一种新型的商业模型——英国智能网络存储,即英国电力网(DNO)拥有并运营存储设备,允许以存储聚合器和能源供应商为代表的第三方参与。Sioshansi 等<sup>[11]</sup>提出美国的一种新的商业运行设计,即将存储容量的权利拍卖给使用定价服务权力或未使用定价服务权力的第三方,第三方将其容量权利用于具有竞争力价格或基于费率成本回收的服务。Lombardi 等<sup>[12]</sup>基于共享经济的原理,提出了共享储能这个商业模式。

### 1.3 文献评述

通过对相关文献的梳理,不难发现,国内外文献的研究仅关注电池储能商业模式研究或者电池储能经济效益研究,较少将二者结合起来;国内电池储能电站商业模式研究单一集中于运营模式的研究。本文基于商业模式进行分析,在对已有的电池储能电站经济效益分析的基础上,总结出如何从商业模式改进方面入手,实现电池储能电站经济性的方法,并提出促进电池储能电站发展的建议。

### 1.4 研究框架

本文首先对商业模式等相关文献进行回顾,接着介绍电池储能电站商业模式,为后文案例分析提供理论支撑,接着对案例概况介绍并进行经济效益数据测算,在讨论和分析的基础上得出相关结论。具体框架如图 3 所示。

## 2 电池储能电站的商业模式及其经济效益

商业模式构成要素繁多,基于重要性的原则,参考原磊<sup>[4]</sup>蛛网图中商业模式内在构成要素权重较大的几个部分,结合实际情况,选出成本、投资主体及资金来源和收入模式 3 个要素进行分析。接着

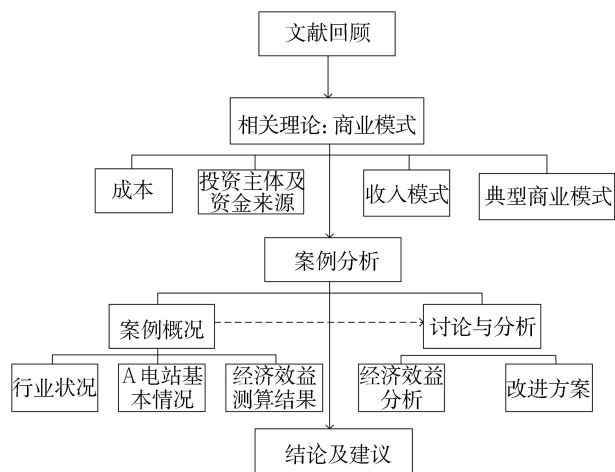


图 3 写作框架

对在相关要素基础上形成的典型商业模式进行总结,为下文的案例分析奠定理论基础。

### 2.1 成本

电池储能电站的成本主要由初始投资、运行维护成本及报废处置成本组成,其中电站建设初始投资的一次性投入大(式 1)。

$$C = C_0 + C_{om} + C_{scrap} \quad (1)$$

其中,  $C$  表示总成本;  $C_0$  代表初始投资,主要包含电池、土建成本及其相关配套设施;  $C_{om}$  是运行维护成本,具体包括人工费、运维费以及重置成本等;  $C_{scrap}$  指的是报废处置成本,一般是依据国家环保相关要求对报废电池进行处置时产生的成本。

在新规定下,电池储能设施的成本费用不能计入输配电定价成本,并按照“谁受益,谁负责”的原则,借助辅助服务定价将成本有效疏导至用户侧,例如将本来由供电方承担的容量费用以容量电价的形式转由受益方负担。

### 2.2 投资主体及资金来源

电站投资主体大致被划分 3 类,即电网直接投资、综合能源公司投资和社会资本投资。但是根据相关政策规定,严格排除了电网及其相关单位的投资主体资格。

现阶段,国家鼓励社会资本参与电池储能电站投资活动,资本结构的多元化有效地分散了财务风险。因此电站在执行财务活动的过程中,通过筹资决策,完成企业价值最大化的财务目标。一方面,电站通过直接吸收投资、发行股票以及留存收益形成权益资金;另一方面,电站也通过向银行借款、发行债券和融资租赁等形成负债资金。

### 2.3 收入模式

量化的储能服务通过对应应用价格体系获取收益,其中应用价格体系又分为价格制度和补偿

表 1 电池储能电站收入来源

服务项目	定价依据	收益实现方式
削峰填谷	电量电价、分时电价	峰谷价差套利
价格制度		根据上网电量价格以及提供备用容量的补偿确定备用容量电价获益
备用容量	容量电价	
需求响应	需求响应奖励机制	根据价格信号,改变并转移某时段的用电负荷,获取的需求响应奖励
调频		稳定频率,管理电网不平衡,获得价格补偿
补偿机制		提供或吸收无功功率来调节电网上的电压,获得价格补偿
调压	两部制电价、辅助服务补偿机制	
调峰		缓解电网的超负荷运行,获得价格补偿
黑启动		利用自启动能力,重启断开连接的系统,获得价格补偿

机制<sup>[13]</sup>(表 1)。

储能产业蓬勃发展,应用价格体系也在不断演进,例如抽水蓄能的两部制电价引入储能服务结算以及储能开展现货市场结算模式导致辅助服务补偿机制向竞争性的市场定价转变。另外,电池储能电站依靠单一的服务很难获利,2 种及以上的能产生协同效应的服务叠加起来,实现价值的累积,产生多元投资回报。

### 2.4 典型商业模式及经济效益

电池储能电站商业模式由电网兜底模式和市场主体主导模式出发,衍生为五种典型的商业模式(图 4)。

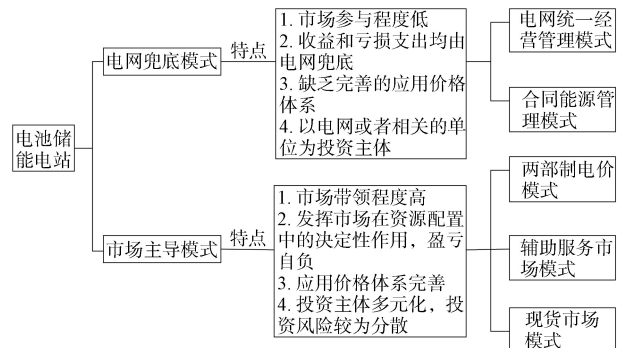


图 4 电池储能电站典型商业模式

#### 2.4.1 电网统一经营管理模式

由国网省公司全额投资电池储能电站建设,并承担其运维工作,作为固定资产全额归属国网省公

司,所产生的盈亏也全部由国网省公司承担。收益以削峰填谷交易为主,在辅助服务补偿和需求响应奖励无法实现的情况下,难以保证在寿命期内收回投资。

#### 2.4.2 合同能源管理模式

电池储能电站与电网或者相关单位签订能源管理合同,签订合同的双方按照约定提供场地、投入设备,并按约定价格进行能量交易。电网负责电池储能电站的统一调度运行,并承担运维费用,在合约到期后将储能电站移交给电网公司。收益以峰谷套利和需求响应奖励为主,合同签订的双方在合同期限内按比例共享收益,盈利能力较弱。

#### 2.4.3 两部制电价模式

电池储能电站参照抽水蓄能电站价格形成机制,执行容量电价和电量电价,参与能量市场和辅助服务市场。其中,容量电价使容量电费由储能装置疏导至用户侧,服务项目的价格按照弥补储能电站固定成本及准许收益的原则核定;电量电价体现削峰填谷的效益,电价水平按当地燃煤机组标杆上网电价。两部制电价能够比较真实地反映成本构成的电价制度,可以维持合理的收益水平。

#### 2.4.4 辅助服务市场模式

电池储能电站作为独立主体参与辅助服务市场,提供调频、调压和黑启动等辅助服务,按照辅助服务定价机制制定价格,收回成本,获取利润,保障电网运行的安全性。在完善的辅助服务市场建立后,电站通过多种辅助服务获得收益,收益水平由市场决定。

#### 2.4.5 现货市场模式

现货市场是未来电力市场发展的重要方向,也是电池储能电站实现商业化的关键。电池储能电站一方面通过进行购售电交易,利用电价波动幅度套取收益;另一方面,将价格竞争引入辅助服务的销售,采用竞价交易机制。收益完全由市场决定,电价波动幅度与现行峰谷差相比扩大还是缩小无法确定,经济效益具有较大的不确定性。

### 3 案例概况

#### 3.1 行业现状介绍

在多方因素的驱动下,2018年储能在电源侧、电网侧和用户侧的应用均出现较快速度的增长,电化学储能实现突破性发展,进入“吉瓦”时代。2019年,储能虽在部分阶段性政策影响下遭受了暂时的困境,其中《输配电定价成本监审办法(修订征求意见稿)》提出“电储能设施不得计入输配电定价成

本”以及《关于进一步严格控制电网投资的通知》制约电网侧储能电站投资建设,制约了储能的发展,但是根据 CNESA 全球储能项目库数据显示储能的长期发展趋势不变(图 5)。2020年,储能产业出现明显的回暖趋势,发展前景乐观。

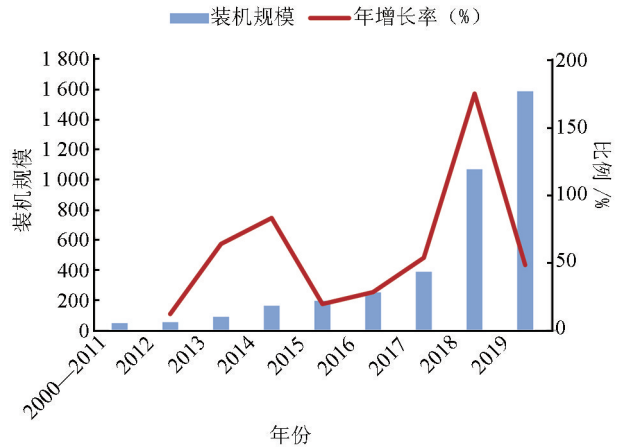


图 5 CNESA 电化学储能装机规模

电池储能电站的发展一方面受到来自自身的安全和商业模式等方面问题的影响,另一方面受制于外界电力市场的开放程度、完善程度和产生效益的货币化程度。成本经济性拐点的浮现和市场刚性需求的存在又为储能的发展提供了很大的空间,商业模式持续改进,为经济效益的优化提供更大的可能。

#### 3.2 A 电池储能电站基本情况

电池储能电站的发展尚处于试点示范向商业化出去的过渡阶段,已建成并投入正常运营的电站数量较少。鉴于电力行业的特殊性,电站相关数据较难获取,因此本文借鉴吴善进等<sup>[14]</sup>关于江苏某电池储能电站——A 电站的参数及融资前产生的现金流量状况进行经济效益分析。江苏省作为率先建成大型电池储能电站并投入运营的省份,电站数据具有代表性和典型性。A 电站的相关情况如下:

##### 3.2.1 电站概况

A 电站为某企业投资建成,选用磷酸铁锂电池作为电池本体,初始投资金额为一次性投入,装机容量为 20 MWh,电网负责调度运营,收入模式为执行削峰填谷服务和调峰服务,计每年放电天数为 365 d。

##### 3.2.2 电站基本参数

该磷酸铁锂电池储能电站参数如表 2 所示。

##### 3.2.3 储能服务执行价格及现金流量

执行削峰填谷时,采用该省工业用电峰谷分时销售电价,高峰(8:00—12:00, 17:00—21:00)放电,执行电价 1.069 7 元/kW·h,低谷(0:00—

8:00) 充电, 执行电价为 0.313 9 元/kW·h。同时根据《南方电储能电站并网及辅助服务管理实施细则(试行)》, 储能电站根据电力调度机构指令进入充电状态的, 对充电电量进行补偿, 具体补偿标准为 0.05 万元/MW·h。A 电站执行该补贴方案, 产生净现金流量(表 3)。

表 2 A 电站基本参数

基本参数	假定数值
电站容量/(kW·h)	20 000
电池总成本/(万元)	2 480
电池系统其他成本/(万元)	1 439
电池放电深度/%	80
充放电效率/%	85
电池年衰减率/%	3
充放电次数/次	3 600
充放电时间/(h/次)	4
电池寿命周期/a	10
总成本/万元	3 919
折旧年限/a	10

表 3 电池储能电站净现金流量

建设期	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 10 年
-39 190 000	4 711 007.69	4 592 117.16	4 476 793.35	4 364 929.25	4 256 421.07	4 151 167.14	4 049 072.79	3 950 040.31	3 853 978.80	7 679 799.14

表 4 电池储能电站经济效益状况

评价 指标	投资回 收期/a	平均报 酬率/%	净现值 /元	内涵报 酬率/%	获利 指数
测算值	9.1	11.76	-7 170 160.20	3	0.82

## 4 讨论与分析

### 4.1 A 电站经济效益状况分析

从具体数据来看, A 电站的投资回收期为 9.1 年, 低于电池的寿命周期 10 a, 即 A 电站预计可能在电池寿命周期内收回投资, 但投资回收期过长; A 电站的平均报酬率为 11.76%, 在现有收支情况下, 报酬率相对偏低; A 电站的净现值 -7 170 160.20 元, 在电池寿命期内净现值小于零, 每个会计年度产生的收益转化为净现值后无法弥补初始投资金额, 以至于电池寿命周期结束后, A 电站出现亏损; A 电站内含报酬率为 3%。A 电站内含报酬率偏低, 并且内含报酬率低于 2019 年发行的五年期国债利率 4.27%, 远低于光伏产业 7% 的投资回报率; A 电站的获利指数为 0.82。由于净现值小于 0, 所以获利指数小于 1, A 电站出现亏损。

总体来说, 依据 A 电站商业模式执行情况, 面临一些问题。从成本来看, A 电站采用的电池本体

### 3.2.4 经济效益测算指标

本文以现金流量分析为基础, 选用项目投资决策指标, 用以判断电池储能电站的经济效益状况。具体包括非贴现现金流量指标, 即:

(1) 投资回收期: 电站收回投资所需要的时间;

(2) 平均报酬率: 电站寿命周期内平均年投资报酬率。

贴现现金流量指标, 即:

(1) 净现值指标: 电站在正常的运行过程中, 各年度净现金流量的现值之和;

(2) 内含报酬率指标: 电站正常运行的过程中, 当所有现金净流入现值之和与所有现金净流出现值之和相等时的方案的报酬率;

(3) 获利指数: 在生产经营过程中, 未来现金净流入量的现值之和与初始投资额的现值的比值。

### 3.3 电池储能电站经济效益测算结果

利用上一节所述的经济评价指标计算公式测算电池储能电站经济效益(表 4), 其中, 电池寿命周期 10 a 为折现年限, 并以光伏产业 7% 的回报率作为贴现率。

元

为磷酸铁锂电池, 成本较高, 导致电站的前期一次性投入较大, 成本疏导机制单一, 成本疏导压力大; 从资金来源来看, A 电站为单一企业投资, 资本结构比较单一, 导致财务风险较大; 从收入模式来看, A 电站仅靠峰谷套利和调峰获取收益, 没有实现服务的多重有效堆叠, 无法达到综合效益的最大化。A 电站的经济性得不到充分体现。

### 4.2 A 电站改进方案

基于 A 电站现有的情况, 本文从商业模式角度提出如下改进方案。

1) A 电站现阶段处在实力累积的重要时期, 资本结构出现变化。在辅助服务市场有待完善和现货市场不健全的情况下, 宜采用电网引导, 市场主导的商业模式, 即两部制电价模式, 即自上而下的国家引导和自下而上的市场探索。电网的绝对所有权和运营权弱化, 降低电网资金压力, 既保有一定的市场管制权, 引导储能发展方向, 又要刺激储能电站参与市场竞争, 通过市场回收成本, 维持周转运行。

2) A 电站面对成本问题, 可以从运维方面入手, 利用泛在电力物联网, 实现智能控制、高效处理, 降低人工成本。建立行之有效的投资回收方

式,并将成本合理疏导至用户侧。

3) A 电站一方面可以通过负债筹资等方式迅速解决短期的现金流量不足的问题,较快满足电站的暂时资金需求;另一方面可以通过风险较低的权益筹资,保证电站的稳健发展。

4) A 电站应该充分开发储能服务的价值,一方面开发和引导并货币化新的服务,创造多元价值;另一方面充分利用储能服务的叠加效应,发挥服务的协同作用,实现价值的堆叠。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

现阶段储能电站较高的建设成本与不完全的电力市场机制,使其在电力系统中发挥的作用与其获得的经济收益极不匹配。根据实际运行储能电站经济效益的评估,在现有政策和市场环境下电池储能电站采用单一的盈利模式难以实现应有的投资回报,无法促进该产业的发展。基于此,以下从电池储能电站运营者本身及政府两个层面对其发展提出建议。

### 5.2 建议

从电站自身来说:

1) 着眼成本问题,有效降低和疏导成本。电池储能电站加入泛在电力物联网,降低运行和维护中的人工成本;合理选址,将土地成本因素考虑进初

始投资;通过定价机制将成本疏导至用户侧。

2) 引入社会资本,改善资本结构。电池储能电站需要来自大型国有企业和民营企业等社会资本的支持,实现资本结构的多元化,分散财务风险。

3) 堆叠多项服务,改进盈利模式。电池储能电站最大限度开发自身服务,把具有协同效应的服务进行叠加,选择综合效益最大化的盈利模式。

4) 全面参与市场,增强核心竞争力。储能电站主动在现货市场、辅助服务市场、容量市场等细分市场找到盈利点,主动参与市场,推进电力市场的改革进程。

从政府角度来说,要以市场机制引导储能产业发展:

1) 加强顶层规划,产业化和规模化带动成本降低。国家将储能发展纳入重要规划,设置预算专项资金,进行财政补贴,扶持储能技术的研发创新和储能电站示范项目的建立。

2) 加快电力市场改革步伐,完善电力市场机制。鼓励储能电站多方面多维度参与电力市场,打破市场参与的局限性;引导社会投资,出台激励政策;进一步细化市场结构、市场规则等,合理引导市场需求。

3) 建立合理的应用价格体系,出台惠及储能的政策。首先拉大峰谷价差到不低于 0.7 元/kW·h 的水平;其次建立配套储能服务定价机制,引导辅助服务进入现货市场,从定价走向竞价;最后参照与新能源有关的税收优惠政策,制定储能税收优惠政策。

### 参考文献:

- [1] TEECE D J. Business models, business strategy and innovation[J]. Long Range Planning, 2009, 43(2): 172-194.
- [2] CHESBROUGH H. Business model innovation: it's not just about technology anymore[J]. Strategy & Leadership, 2013, 35(6): 12-17.
- [3] OSTERWALDER, PIGNEUR, TUCCIC. Clarifying Business models: origins, present, and future of the concept [J]. Communication of the Association for Information Systems, 2005, 16(1): 1-25.
- [4] 原磊. 商业模式分类问题研究[J]. 中国软科学, 2008(5): 35-44.
- [5] 王琤. 独立电池储能电站应用于新能源发电领域探讨[J]. 储能科学与技术, 2016, 5(5): 775-778.
- [6] 陈昆灿, 林红阳, 江熠, 等. 储能电站商业模式初步研究[J]. 能源与环境, 2017(5): 34-36+39.
- [7] 修晓青, 李建林, 李文启, 等. 储能系统商业模式及其优化规划方法[J]. 电力建设, 2019, 40(6): 41-48.
- [8] 康重庆, 刘静琨, 张宁. 未来电力系统储能的新形态: 云储能[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(21): 2-8+16.
- [9] CHONG E, GLACHANT J M, FEHR N V D. Electricity storage: how to facilitate its deployment and operation in the EU[J]. Chemical Engineering Research & Design, 2012, 86(2): 187-191.
- [10] KARIM L A, MICHAEL G P. Electrical energy storage - economics and challenges[J]. Energy World, 2015(436): 22-24.
- [11] SIOSHANSI, RAMTEEN. Using Storage-Capacity Rights to Overcome the Cost-Recovery Hurdle for Energy Storage[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2017, 32(3): 2028-2040.
- [12] LOMBARDI P, SCHWABE F. Sharing economy as a new business model for energy storage systems[J]. Applied Energy, 2017, 188: 485-496.
- [13] 李湘旗, 叶泽, 彭紫微, 等. 电网侧电池储能电站商业模式研究——基于应用价格体系分析[J]. 价格理论与实践, 2019(9): 124-127.
- [14] 吴善进, 崔承刚, 杨宁, 等. 融资租赁模式下储能电站项目的经济效益与风险分析[J]. 储能科学与技术, 2018, 7(6): 1217-1225.