

引用格式: 王浩, 黄菲菲, 唐超, 等. 交能融合项目投资可行性分析及商业模式探索 [J]. 南方能源建设, 2024, 11(5): 105-115. WANG Hao, HUANG Feifei, TANG Chao, et al. Investment feasibility analysis and business model exploration of transportation and energy integration projects [J]. Southern energy construction, 2024, 11(5): 105-115. DOI: 10.16516/j.ceec.2024.5.11.

交能融合项目投资可行性分析及商业模式探索

王浩[✉], 黄菲菲, 唐超, 林瑞刚

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663)

摘要: [目的]为实现“碳达峰、碳中和”的战略目标, 交通行业向绿色化和低碳化转型发展势在必行, 交能融合是交通领域达成双碳目标的重要技术路径之一, 投资决策模型和商业模式增强了交能融合发展的动力。[方法]通过分析投资估算组成及决策要点, 提出经济评价指标和环境效益指标, 构建投资决策模型, 并从发展路径、框架及典型场景构想等方面对交能融合的商业模式进行探索。[结果]通过对典型交能融合项目的投资可行性分析, 验证文中所提交能融合投资模型的有效性。基于我国光资源情况划分的区域, 将我国交能融合模式推广分为单项产业融合推广区域、多产业融合推广区域、产业集群融合推广区域。将交能融合商业模式的发展划分为培育、提升和创新3个阶段, 并分析了不同阶段的市场定位、投融资主体及方式、运营方式及盈利机制, 归纳形成不同阶段的商业模式典型场景, 实现商业模式的不断升级。[结论]文章提出的交能融合投资决策模型有助于提高投资者的决策效率和效果, 商业模式有助于推动交能融合的市场化发展。

关键词: 交能融合; 投资可行性; 推广可行性; 发展路径; 商业模式

中图分类号: TK519; F42

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2024)05-0105-11

DOI: 10.16516/j.ceec.2024.5.11

OA: <https://www.energychina.press/>



论文二维码

Investment Feasibility Analysis and Business Model Exploration of Transportation and Energy Integration Projects

WANG Hao[✉], HUANG Feifei, TANG Chao, LIN Ruigang

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China)

Abstract: [Introduction] In order to achieve the strategic goal of "carbon peaking and carbon neutrality", it is imperative for the transportation industry to transition towards greening and low-carbon development. The integration of transportation and energy is one of the important technological paths to achieve the strategic goal in the transportation sector, and the investment decision-making model and business model enhance the momentum of the development of the transportation and energy integration. [Method] Therefore, this paper analyzed the composition of investment estimation and decision-making points, proposed economic evaluation indexes and environmental benefit indexes, constructed an investment decision-making model, and explored the business model of transportation and energy integration in terms of the development path, framework, and the conception of typical scenes. [Result] By analyzing the investment feasibility of typical projects of transportation and energy integration, the validity of the transportation and energy integration investment model presented in this paper is verified. Based on the classification of regions according to China's solar resource conditions, the promotion of China's transportation and energy integration model is divided into three types: single-industry integration promotion region, multi-industry integration promotion region, and industry cluster integration promotion region. The development of the business model of transportation and energy integration is divided into three stages of cultivation, upgrading and innovation, and the market positioning, investment and financing subjects and methods, operation methods and profit mechanism of different stages are analyzed, so

收稿日期: 2024-06-27 修回日期: 2024-07-24

基金项目: 四川省氢能源与多能互补微电网工程技术研究中心开放基金项目“大型风光氢储系统源网荷协同规划与调度运行技术研究”(2024DWN001)

as to summarize and form the typical scenarios of the business model at different stages, and to realize the continuous upgrading of the business model. [Conclusion] The investment decision-making model for transportation and energy integration proposed in this paper helps to improve the efficiency and effectiveness of investors' decision-making, and the business model helps to promote the market-oriented development of transportation and energy integration.

Key words: transportation and energy integration; investment feasibility; promotion feasibility; development path; business model

2095-8676 © 2024 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI.

This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

0 引言

为实现“碳达峰、碳中和”的战略目标, 交通行业向绿色化和低碳化转型发展势在必行^[1-2]。充分利用公路交通领域沿途的太阳能、风能等绿色可再生能源和服务区等局部区域土地条件, 将绿色可再生能源与交通运输融合发展, 实现公路交通用能中绿色电力比例的提升, 是交通领域达成双碳目标重要技术路径之一^[3]。其中关于交能融合的定义, 本文以中电工程提出的以“源网荷储”一体化构建交通与能源融合发展的思路与路径, 通过“数字化、智能化”赋能交通, 推动交通绿色低碳转型的交能融合概念为基础^[4]。

交能融合发展已成为不少学者和行业近年来研究及探索的重要领域。曾晓莹等^[5]指出陆路交通系统持续从自身内部挖掘新的能源供给能力, 将是优化交通能源结构, 建立绿色低碳、环境友好型交通能源系统的重要方面。贾利民等^[6]根据基础支撑技术的发展规律, 提出了多种能源交通融合网建设新模式集。何正友等^[7]提出将先进的信息技术赋能能源与交通传统行业, 通过能源-交通-信息三网融合发展推动能源转型和交通强国的建设。高嘉蔚等^[8]结合交通与能源两个行业的现状与特点, 从目标、视角、关系、场景等方面提出我国公路交通与能源深度融合发展思路与推进建议。

商业模式作为企业用来创造和交付价值, 并获得利润的方式, 是影响交能融合项目可持续发展的关键之一。闫湖等^[9]针对分布式能源项目投资成本高、回收期长、收益不确定性强等特点, 从投融资、业务发展、建设运营等方面重构了分布式能源商业模式。成飞等^[10]结合产业发展对商业模式演化的动力机制, 对电网企业参与“光储充”领域的商业模式进行动态分析。周江山等^[11]采用商业画布模型对综合能源站的商业模式进行分析, 并提出优化综合能

源站商业模式的对策建议。陆山风等^[12]通过分析部分高速公路服务区的经营收入, 结合交通量与收入分类组成等要素, 提出服务区的节约型、实用型、依托型、混合型商业模式。杨谦等^[13]基于对交通数据的获取和应用, 利用价值发现、价值创造、价值获取三要素的相互作用, 实现交通企业商业模式的革新。

当前, 交能融合的相关研究及探索多从能源结构优化、多技术融合和发展思路等角度聚焦于融合发展的形式与模式及顶层设计。针对商业模式的研究及分析, 也主要分别从分布式能源或者交通领域的单一角度出发。鲜有对基于交通与能源相互融合领域的项目投资决策模型和商业模式的探索。因此, 文章通过聚焦减污降碳, 积极推进公路用能清洁能源替代, 以典型项目为例构建交能融合项目投资决策模型, 在降低建设投资成本的同时, 进行交能融合商业模式分析, 推动交能融合的市场化发展。

1 投资决策理论基础

1.1 投资估算理论

目前交能融合项目主要利用分布式光伏进行发电, 同时可以加以配套充电桩、储能和分布式风机等装置^[1,14]。投资估算依照《光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准》(NB/T 32027—2016)^[15], 包括项目划分及费用构成等, 具体如图 1 所示。

基于分布式光伏开发的交能融合项目投资决策要点包括: (1) 光照利用小时数, 由项目所在地的地理位置和气候等决定; (2) 光伏组件价格, 由材料价格、电池技术及市场行情等决定; (3) 装机规模, 由布置光伏场地的地形、面积、承载力等决定; (4) 发电电价, 包括自发自用电价和余电上网电价, 其中自发自用电价由发电方与用电方协商谈判决定; (5) 配备的储能、充电桩等装置的容量及数量; (6) 其他影响因素, 包括光伏组件的转换效率、运营期限等。

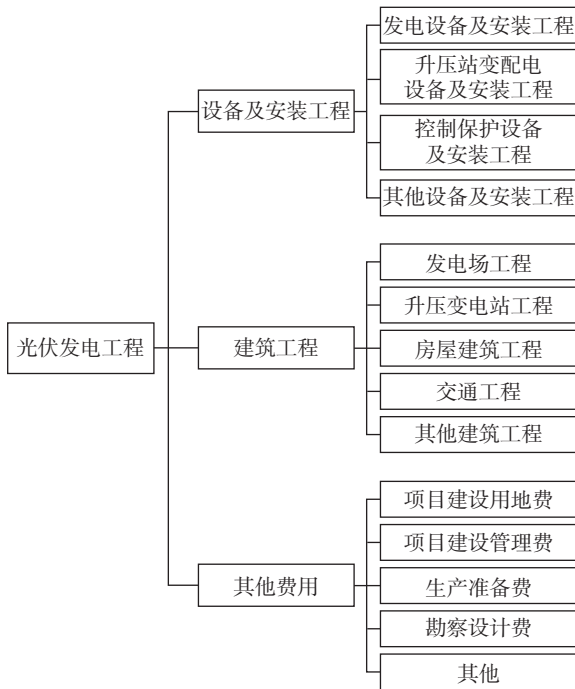


图 1 光伏发电工程项目划分

Fig. 1 Division of photovoltaic power generation projects

1.2 经济评价理论

交能融合项目投资经济评价依照《建设项目经济评价方法与参数(第三版)》^[16]及相关现行法律法规、财税制度等开展。主要的经济评价指标包括财务内部收益率、净现值、财务静态投资回收期等。

1.3 环境效益分析

与传统的化石类能源发电方式相比,光伏利用可再生能源发电,不会排放 CO₂ 和产生任何有害气体、废水和固体废弃物等,环境效益相当显著,主要包括碳减排效益、节约能源效益和 SO₂、NO_x 等污染物减排效益。

1) 碳减排效益分析

以可再生能源并网发电替代所在区域电网连接的并网电厂及其新增发电源提供同等电量而减少的碳排放量作为碳减排效益。其中碳排放因子根据《电力系统排放因子计算工具》(07.0 版)计算,包括电量边际排放因子(OM)和容量边际排放因子(BM)^[17]。

(1) 电量边际排放因子(OM)

根据电力系统中所有电厂(不包括低运行成本/必须运行机组)的总净发电量、燃料类型及燃料总消耗量计算,具体公式如下:

$$EF_{\text{grid,OMsimply},y} = \frac{\sum_i (FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{\text{CO}_2,i,y})}{EG_y} \quad (1)$$

式中:

EF_{grid,OMsimply,y} ——第y年减排项目所在电力系统的简单电量边际排放因子 OM(t CO₂/MWh);

EG_y ——电力系统第y年的总净发电量 (MWh);

FC_{i,y} ——第y年发电机组对燃料i的总消耗量(质量或体积单位);

NCV_{i,y} ——第y年燃料i的平均低位发热量(GJ/质量或体积单位);

EF_{CO₂,i,y} ——第y年燃料i的 CO₂ 排放因子 (t CO₂/GJ)。

(2) 容量边际排放因子(BM)

对选定的m个新增机组样本的供电排放因子以电量为权重进行加权平均求得 BM, 具体公式如下:

$$EF_{\text{grid,BM},y} = \frac{\sum_m (EG_{m,y} \times EF_{\text{EL},m,y})}{\sum_m EG_{m,y}} \quad (2)$$

式中:

EF_{grid,BM,y} ——第y年项目所在电力系统的容量边际排放因子 BM(t CO₂/MWh);

EG_{m,y} ——第m个新增机组样本在第y年的净发电量(MWh);

EF_{EL,m,y} ——第m个新增机组样本在第y年的单位电量排放因子(t CO₂/MWh);

2) 节约能源效益分析

以可再生能源发电替代燃煤电厂发电产出同等电量而节约的煤耗作为节约能源效益。

3) SO₂、NO_x 等污染物减排效益分析

以可再生能源发电替代燃煤电厂发电产出同等电量而减少的 SO₂、NO_x 等污染物排放量值作为染物减排效益。

2 典型项目投资可行性分析

2.1 项目概况

本项目是某大型国有能源企业通过“投资+EPC”方式,利用公路红线内的可利用空地,开发沿线光伏等可再生能源资源,构建“源-网-荷-储”多层次一体化交能融合系统,为基础设施和运输车辆提供绿色

清洁能源。项目所在地为华北某区域,光伏年平均利用小时数 1 096 h,路域光伏 119 MW,服务区和收费站光伏 5 MW,充电桩 32 座,智慧路灯 16 套,风机 32 套,储能 10 MWh。项目经济评价参数如表 1 所示。

表 1 项目经济评价参数

Tab. 1 Parameters for the economic evaluation of the project

名称/单位	情况说明
项目运营期/a	22
资本金比例/%	20
行业基准收益率(税后)/%	5
银行借款比率/%	80
长期贷款利率/%	4.6
还款期限/a	15
还款方式	等额还本付息
折旧年限/a	20
固定资产残值率/%	0
年保险费/%	固定资产原值0.1
年委托第三方运营服务费/(元·W ⁻¹)	0.044
每十年储能更换成本/万元	4440
每八年充电桩更换成本/万元	99.2
年充电桩运营服务费收入/[元·(kWh) ⁻¹]	0.6
自发自用电量/[元·(kWh) ⁻¹]	0.6122
燃煤发电上网电价/[元·(kWh) ⁻¹]	0.3949
增值税/%	13
所得税/%	三免三减半后按25

2.2 投资估算结果

本项目工程静态投资 58 319.45 万元,工程动态总投资 59 387.61 万元,建设期利息为 1 068.16 万元,单位千瓦静态投资 4 703.37 元/kWp(含储能设施等),单位千瓦动态投资 4 789.52 元/kWp(含储能设施等)。

2.3 经济评价结果

本项目将利用光储充一体化系统,光伏发电“自发自用,余电上网”,项目收益增长点主要为充电桩运营收入的方案,作为项目运营的主方案。同时为全方位考虑本项目售电风险,将取消建设充电桩,光伏发电全额上网的方案作为项目运营的备选方案。依据前述边界条件及相关参数,经初步测算,得到主方案和备选方案的税后经济评价结果,具体如表 2 所示。其中备选方案的资本金财务内部收益率低于行业基准收益率 5%,方案不可行。

表 2 经济评价结果分析

Tab. 2 Analysis of economic evaluation results

项目/单位	主方案	备选方案
项目投资财务内部收益率/%	5.05	4.33
资本金财务内部收益率/%	6.61	4.50
投资回收期/a	13.62	14.51

考虑到当前选用经济评价的部分重要参数存在不确定性,具有一定风险。因此本文以主方案为例,选取项目静态投资、年均利用小时数、长期贷款利率、上网电价、自用电比例等参数进行敏感性分析,结果如图 2 所示。

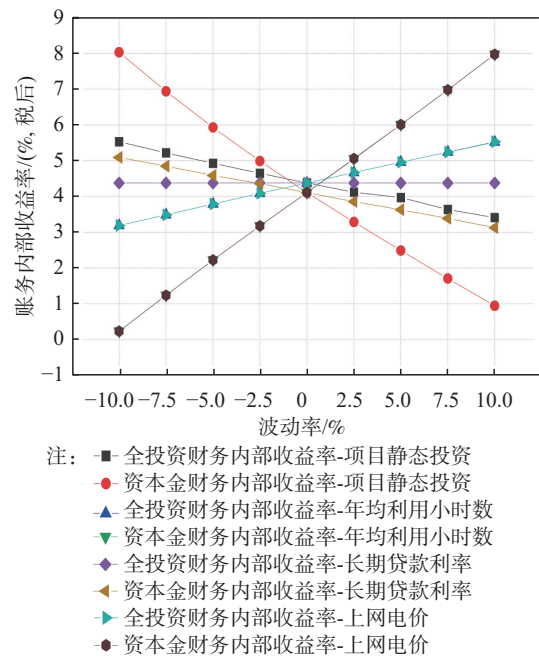


图 2 敏感性分析结果图

Fig. 2 Graph of sensitivity analysis results

通过对各敏感因素分析可知,固定资产投资、发电量、上网电价、并网消纳对本项目财务收益率影响较大。因此,在项目实施过程中应严格控制工程造价,优化发电组件选型和布置,着重关注上网电价的动态信息。

2.4 环境效益结果

本项目按 0.55% 衰减系数计算得到经营期内年均发电量为 135.8 GW,并基于年发电量计算项目的环境效益效果,具体如下:

1)碳减排方面

根据生态环境部发布的《2019 年度减排项目中

表3 华北区域电网二氧化碳排放因子指标值

Tab. 3 Indicator values of carbon dioxide emission factors for the regional power grid in North China

类型	EF _{grid,OM} 简单地/ [t CO ₂ ·(MWh) ⁻¹]	EF _{grid,BM} / [t CO ₂ ·(MWh) ⁻¹]	组合排放因子/ [t CO ₂ ·(MWh) ⁻¹]
指标值	0.9419	0.4819	0.872

国区域电网基准线排放因子》^[17],华北区域电网排放因子指标值如表3所示。

本项目按照所在地区组合排放因子0.872进行换算,可减排CO₂11.84万t/a。

2) 节约能源方面

根据中国电力企业联合会发布的《中国电力行业年度发展报告2020》^[18],本项目按照全国6MW及以上电厂供电标准煤耗305.5g/(kWh)进行换算,可节约煤炭资源4.15万t。

3) SO₂、NO_x等污染物减排方面

根据发展改革委、环境保护部和能源局发布的《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020年)》^[19]的超洁净达标排放限值要求,得到燃煤发电排放系数,如表4所示。

表4 燃煤发电排放系数参照表

Tab. 4 Reference table of emission factors for coal-fired power generation

污染物	SO ₂	NO _x	灰渣	烟尘
标煤排放系数/ (kg·t ⁻¹)	0.5075	0.725	175.42	0.145
度电排放系数/ [kg·(kWh) ⁻¹]	1.67×10 ⁻⁴	2.39×10 ⁻⁴	5.79×10 ⁻²	4.8×10 ⁻⁵

本项目按照上述参数进行换算,可减少排放SO₂22.68t、NO_x32.46t、灰渣7862.82t、烟尘6.52t。

3 全国不同光资源区交能融合项目推广可行性分析

为验证交能融合模式投资推广的可行性,本文依据国家气象局风能太阳能评估中心划分标准,将全国大致分为5类光资源地区,对不同地区光伏全额上网的基准电价进行测算,测算结果如表5所示。其中,测算基本参数如下:

表5 交能融合模式投资推广可行性的测算结果

Tab. 5 Measurement results of the feasibility of investment and promotion of the transportation and energy integration model

地区类型	年辐射总量/ [GJ·(m ² ·a) ⁻¹]	年平均有效利用 小时数/h	6%基准收益率对应的 电价/(元·W ⁻¹)	包括的主要地区	备注
一类	6.680~8.400	1210	0.3116 0.4608	宁夏北部、甘肃北部、新疆南部 青海西部、西藏西部	最丰富地区
二类	5.852~6.680	1068	0.3529 0.5221	河北西北部、山西北部 内蒙南部、宁夏南部、青海东部、西藏东南部、甘肃中部	较丰富地区
三类	5.016~5.852	986	0.3825	山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、海南	中等地区
四类	4.180~5.016	822	0.4590	湖南、广西、江西、浙江、湖北、福建北部、广东北部、陕西南部、安徽南部	较差地区
五类	3.344~4.180	657	0.5737	四川大部分地区、贵州	最差地区

1) 假定除高原地区外,工程总投资与上文典型项目一致,详见2.2章节。假定高原地区工程总投资为上文典型项目的1.5倍^[15]。

2) 假定经济评价参数与上文典型项目基本一致,详见表1。同时,考虑光伏行业的发展趋势,将基准收益率(税后)设置为6%。不同地区光资源情况不同,对应的年平均利用小时数也不同。受供需情况

和政策驱动等因素影响,不同地区的光伏上网标杆电价存在差异。

测算结果与基于发改价格[2021]833号文^[20]发布的各地区光伏上网电价对比,得到全国不同光资源区交能融合推广可行性分析结果,具体如下:

1) 考虑光伏全额上网进行保守估计测算的情况下,河北西北部、山东、广东南部和海南满足投资可

行性要求,为单项产业融合推广区域。

2)若考虑光伏发电“自发自用,余电上网”,适合光资源较为丰富或中等,光伏上网电价与6%基准收益率对应的电价差距较小的地区。因此,如甘肃北部、山西北部、河南、吉林、辽宁等地区为多产业融合推广区域。

3)若考虑光伏发电自发自用,适合光资源较差,光伏上网电价与6%基准收益率对应的电价差距较大地区。为保障光伏电量就地消纳,应积极推动公路沿线产业集群发展。因此,如安徽南部、四川大部分地区、贵州等地区为产业集群融合推广区域。

4 交能融合项目商业模式探索

随着光伏技术进步及交能融合理念的提出,交通运输行业光伏开发与应用理念已得到广泛认可,各地多个工程开展了相关的实践探索,但总体来看,其仍处于光伏应用的初期阶段,存在许多问题^[21]。其中,从技术经济的角度出发,由于目前光伏发电的效率仍然不高,光伏路面、光伏公路廊道和光伏边坡等技术均存在初始建设成本高、运营维护较为困难以及电能损耗较高等问题,企业整体投资收益率不高、成本回收期长,市场投资活力不足。因此,可通过分析商业模式开发带动交通领域上下游产业链、经济带、园区建设、城市更新、乡村振兴发展,为交能融合提供技术经济可行的项目落地解决方案。

4.1 商业模式发展路径分析

根据我国交通领域和能源领域的发展现状和趋势,交能融合模式发展路径可分为3个阶段,如图3所示:

第1阶段是把握自然资源优势的培育发展阶段。充分利用光照等可再生资源,以分布式光伏等可再生能源系统为中心,配合储能站和充电桩建设,构建“可再生能源+储+充”一体化系统。

第2阶段是基于智慧能源综合服务的提升发展阶段。增加能源基础设施、交通基础设施与通信智能化设施等建设,形成高效能供给策略,构建智慧能源综合服务的产业体系。

第3阶段是探索路衍经济^[22-23]新模式的创新发展阶段。充分开发和利用公路沿线资源,形成交通、能源与其他产业相融合产业集群和产业链,构建

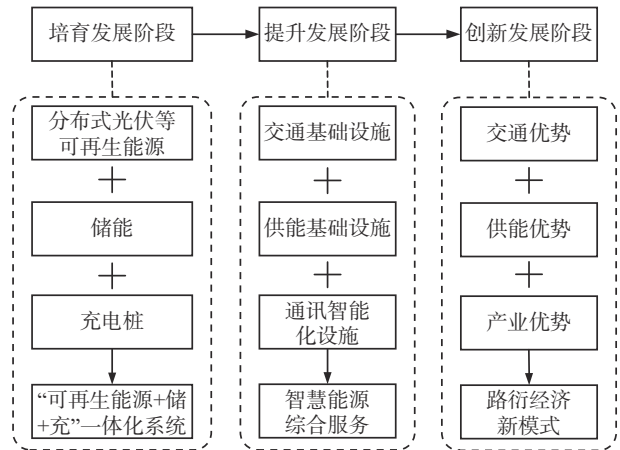


图3 交能融合商业模式发展路径分析

Fig. 3 Development path analysis of transportation and energy integration business model

路衍经济产业协同体系。

4.2 商业模式框架分析

交能融合商业模式框架以能源服务企业为出发点,分析不同发展阶段的市场定位、投融资主体及方式、运营方式及盈利机制,具体如下:

1) 市场定位

在培育发展阶段,利用设备的时空互补特性实现供能保障。考虑光伏等可再生能源出力的不确定性,利用储能、充电桩设备和可再生能源出力的时空互补特性保障用户侧的用能稳定性。

在提升发展阶段,利用通信智能技术等提高经济效益。通过引入大数据、云计算、移动互联等技术搭建综合能源服务平台,着力打通交通领域与能源领域间的行业协同壁垒,同时提高供能和用能的经济效益。

在创新发展阶段,利用市场定位提供差异化服务。通过实现设备、用户和数据的互联,在能源互联网背景下对不同产业客户的需求和用能信息进行精准的分析,以配合用户的能源需求提供差异化服务^[24]。

2) 投融资主体及方式

本文基于资产结构和产业链延伸度将交能融合项目的投资者分为长产业链的重资产投资者、长产业链的轻资产投资者、专注某些领域的重资产投资者、专注某些领域的轻资产投资者^[25]。不同类型的投资者具有相应的特点和投融资方式,并在不同发展阶段进入交能融合领域,具体如表6所示。

3) 运营方式及盈利机制

表 6 基于不同类型投资者的投融资建设方式分析

Tab. 6 Analysis of investment and financing construction methods based on different types of investors

类型	典型企业	特点	投融资方式	投资阶段
长产业链的重资产投资者	大型国有能源企业或电网公司等	掌握大量重资产、资金充裕且渠道多、原有产业链优势	EPC、BOT、融资租赁等	在培育发展阶段进入该领域,并在提升发展和创新发展阶段不断扩大投资范围和创新商业模式
长产业链的轻资产投资者	设计院,工程咨询公司和能源装备公司等	技术水平高、工程经验多、服务项目精细化程度高	EPC、BOT、EMC等	在培育发展阶段主要提供设计及咨询服务,并在提升发展和创新发展阶段逐渐开拓出属于自己的商业版图
专注某些领域的重资产投资者	大型混资企业和民营上市公司等	资金来源渠道多且充裕、运作模式灵活、差异化特点突出	BOT、EMC、DBFO等	在培育发展阶段的成熟期和提升发展、创新发展阶段进入交能融合领域
专注某些领域的轻资产投资者	能源大数据分析公司、独立售电公司等	服务理念好、数据挖掘水平高、细分领域资源强	EMC	在提升发展和创新发展阶段进入交能融合领域

表 7 不同发展阶段的运营方式及盈利机制分析

Tab. 7 Analysis of operating methods and profitability mechanisms at different stages of development

运营模式	运营内容	盈利机制	运营阶段
资产运营	对可再生能源装置、储能、充电桩等资产的运营	通过投资方与用户签订协议或直接收费的方式获得	培育发展阶段
服务运营	为用户提供节能改造、用能诊断、优化用能方案等服务	通过收取服务费和节能收益分成的方式获得	提升发展和创新发展阶段
交易运营	与路衍经济不同产业的进行市场交易,增加新能源消纳,促进节能减排	通过市场交易结算的方式获得	创新发展阶段

根据交能融合项目运营内容的不同,分为资产运营及盈利机制、服务运营及盈利机制和交易运营及盈利机制^[26]。交能融合商业模式不同发展阶段的

运营方式及利益来源如表 7 所示。

4.3 商业模式典型场景构想

1) 培育发展阶段的商业模式典型场景构想

针对在高速公路服务区建设“可再生能源+储+充”一体化系统的项目,长产业链的重资产投资者通过 EPC、BOT、融资租赁等方式进行融资建设,利用可再生能源装置、储能、充电桩等资产为用户提供电能,余电上网,并通过与用户签订协议或直接收费的方式获得运营收益。场景内容具体如图 4 所示。相应的场景构想参照上文第 2 章节。

2) 提升发展阶段的商业模式典型场景构想

针对公路综合能源集成服务系统项目,专注某些领域的轻资产投资者通过 EMC 方式进行融资建设,利用节能改造、用能诊断、优化用能方案等手段,为用户提高供能可靠性,节约能源支出,并通过收取服务费和节能收益分成的方式获得运营收益。场景内容具体如图 5 所示。

场景构想: 假定能源大数据分析公司通过 EMC

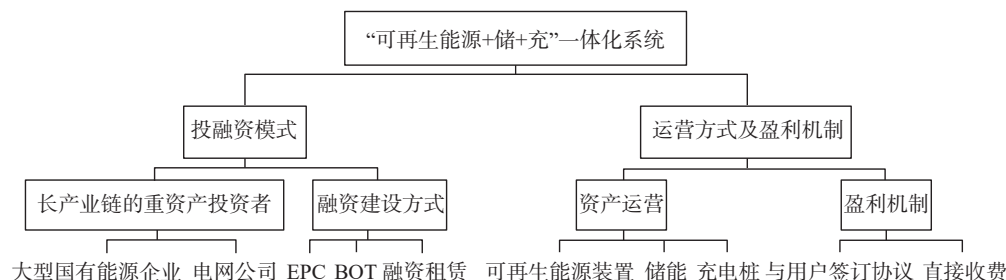


图 4 培育发展阶段的商业模式典型场景

Fig. 4 Typical scenarios of business models at cultivation stage

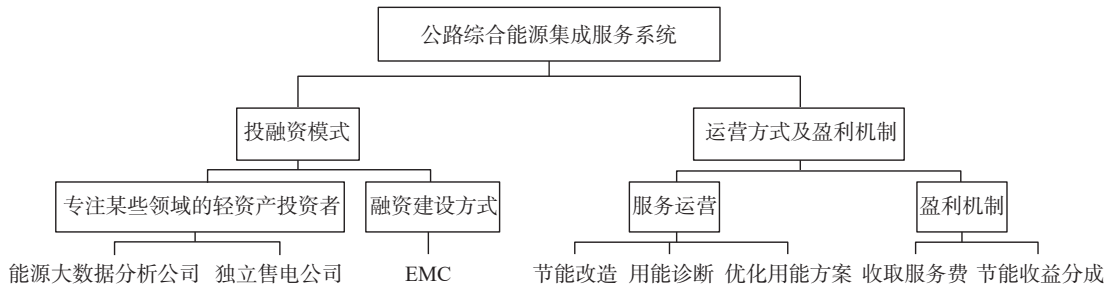


图 5 提升发展阶段的商业模式典型场景

Fig. 5 Typical scenarios of business models at upgrading stage

方式投资公路综合能源集成服务系统,为本文第 2 章的能源生产供应系统提供节能改造和优化用能方案服务。公路综合能源集成服务系统工程总投资约 6 000 万元,主要的经济评价参数见表 8。本工程的项目投资回收期 10.07 a,投资财务内部收益率(税后) 7.98%,资本金财务内部收益率(税后)8.77%,大于基准收益率(税后),方案可行。

表 8 提升发展阶段典型项目经济评价参数表

Tab. 8 Parameters for the economic evaluation of a typical project at the upgrading stage

名称/单位	情况说明
系统装机容量/ MW	124
资本金比例/ %	100
项目运营期/ a	22
折旧年限/ a	20
经营成本/(元·W ⁻¹)	0.035
营业收入/(元·W ⁻¹)	0.08
增值税/ %	13
所得税/ %	25
基准收益率(税后)/ %	6

目,长产业链的轻资产投资者通过 EPC、BOT、EMC 等方式进行融资建设,与路衍经济的不同产业用户进行市场交易,增加新能源消纳,促进节能减排,并通过市场交易结算的方式获得运营收益。场景内容具体如图 6 所示。

场景构想:假定设计院通过 EPC 方式投资公路综合能源集成服务系统和本文第 2 章的能源生产供应系统,为高速公路附近的产业园区和特色旅游景区等路衍经济产业链提供电能售卖、碳交易服务,并通过现货市场、碳交易市场实现交易。公路综合能源集成服务系统和能源生产供应系统工程总投资约 65 387.61 万元,主要的经济评价参数见表 9。本工程项目的投资回收期 12.61 a,投资财务内部收益率(税后)5.11%,资本金财务内部收益率(税后)7.64%,大于基准收益率(税后),方案可行。

5 结论

本文为推动交能融合模式的落地与提升发展,构建交能融合项目的投资可行性分析模型和商业模式发展框架,得出的主要结论如下:

3)创新发展阶段的商业模式典型场景构想
针对“交能融合+路衍经济产业”协同模式的项

1)目前我国交能融合项目主要利用分布式光伏进行发电,光照利用小时数、光伏组件价格、装机规

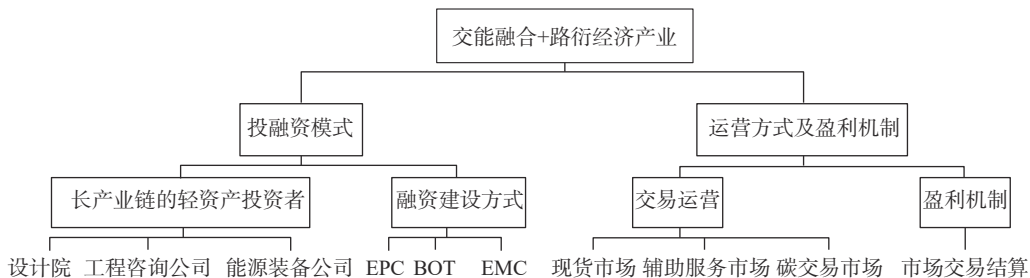


图 6 创新发展阶段的商业模式典型场景

Fig. 6 Typical scenarios of business models at the innovation stage

表9 创新发展阶段典型项目经济评价参数表

Tab. 9 Parameters for the economic evaluation of a typical project at the innovation stage

名称/单位	情况说明
系统装机容量/MW	124
资本金比例/%	20
项目运营期/a	22
折旧年限/a	20
经营成本/(元·W ⁻¹)	0.08
营业收入/(元·W ⁻¹)	0.49
增值税/%	13
所得税/%	25
基准收益率(税后)/%	6

模、发电电价等因素是影响投资估算的决策要点,固定资产投资、发电量、上网电价、并网消纳是影响项目经济性的主要风险点。

2)我国交能融合项目的商业模式可分为培育、提升和创新3个发展阶段。针对不同发展阶段,本文通过能源服务内容分析模式的定位,通过投资者性质分析模式的投融资方式,通过利益来源分析模式的运营方式及盈利机制,构建商业模式框架。

根据上文的研究分析,本文结合目前交能融合领域融合技术不规范,应用场景不成熟等问题,提出以下发展建议:

1)针对基于分布式光伏开发的交能融合模式推广,在我国范围内,河北西北部、山东、广东南部和海南为单项产业融合推广区域,甘肃北部、山西北部、河南、吉林、辽宁等地区为多产业融合推广区域,安徽南部、四川大部分地区、贵州等地区为产业集群融合推广区域。

2)目前交能融合应用场景主要为“分布式光伏等可再生能源+高速公路”,缺乏源网荷储一体化深度融合的理论及技术。未来随着能源和交通技术的发展,交能融合应用场景将引入冷热电多能互补等技术和港口、航空、铁路等场景,可以通过借鉴和提升综合能源系统的相关技术及概念,挖掘不同场景的灵活性资源,形成高效可靠的技术支撑体系。

参考文献:

[1] 姚沅,付豪,梁叶云,等.公路交通与能源融合实践模式探究[J].*交通节能与环保*,2023,19(2):100-105,113. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6478.2023.02.018.

YAO Y, FU H, LIANG Y Y, et al. Research on practical mode of integration of highway transportation and energy [J]. *Transport energy conservation & environmental protection*, 2023, 19(2): 100-105,113. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6478.2023.02.018.

[2] 江里舟,别朝红,龙涛,等.能源交通一体化系统发展模式与运行关键技术[J].*中国电机工程学报*,2022,42(4):1285-1300. DOI: 10.13334/j.0258-8013.pcsee.210539.

JIANG L Z, BIE Z H, LONG T, et al. Development model and key technology of integrated energy and transportation system [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2022, 42(4): 1285-1300. DOI: 10.13334/j.0258-8013.pcsee.210539.

[3] 杨勇平,武平,程鹏,等.我国陆路交通能源系统发展战略研究[J].*中国工程科学*,2022,24(3):153-162. DOI: 10.15302/J-SSCAE-2022.03.016.

YANG Y P, WU P, CHENG P, et al. Development strategy for energy system of land transport in China [J]. *Strategic study of CAE*, 2022, 24(3): 153-162. DOI: 10.15302/J-SSCAE-2022.03.016.

[4] 张力,张炳成,黄晶晶,等.“源网荷储”构建交能融合发展数智赋能推动交通绿色转型[J].*中国勘察设计*,2023(增刊1):10-13.

ZHANG L, ZHANG B C, HUANG J J, et al. "Source network, load and storage" to build the integrated development of transportation and energy, and digital intelligence empowerment to promote the green transformation of transportation [J]. *China engineering consulting*, 2023(Suppl. 1): 10-13.

[5] 曾晓莹,邱荣祖,林丹婷,等.中国交通碳排放及影响因素时空异质性[J].*中国环境科学*,2020,40(10):4304-4313. DOI: 10.19674/j.cnki.issn1000-6923.2020.0477.

ZENG X Y, QIU R Z, LIN D T, et al. Spatio-temporal heterogeneity of transportation carbon emissions and its influencing factors in China [J]. *China environmental science*, 2020, 40(10): 4304-4313. DOI: 10.19674/j.cnki.issn1000-6923.2020.0477.

[6] 贾利民,师瑞峰,马静,等.中国陆路交通基础设施资产能源化潜力研究[M].北京:科学出版社,2020.

JIA L M, SHI R F, MA J, et al. Energization potential of ground transportation infrastructure assets in China [M]. Beijing: Science Press, 2020.

[7] 何正友,向悦萍,廖凯,等.能源-交通-信息三网融合发展的需求、形态及关键技术[J].*电力系统自动化*,2021,45(16):73-86. DOI: 10.7500/AEPS20210312006.

HE Z Y, XIANG Y P, LIAO K, et al. Demand, form and key technologies of integrated development of energy-transport-information networks [J]. *Automation of electric power systems*, 2021, 45(16): 73-86. DOI: 10.7500/AEPS20210312006.

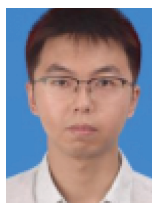
[8] 高嘉蔚,孙芳,毛宁,等.公路交通与能源深度融合发展思路与展望[J].*交通节能与环保*,2022,18(2):1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6478.2022.02.001.

GAO J W, SUN F, MAO N, et al. Research on development

- ideas and prospects of deep integration of transportation and energy [J]. *Transport energy conservation & environmental protection*, 2022, 18(2): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6478.2022.02.001.
- [9] 闫湖, 黄碧斌, 洪博文, 等. 分布式能源商业模式重构与创新展望 [J]. *分布式能源*, 2019, 4(2): 16-22. DOI: 10.16513/j.cnki.10-1427/tk.2019.02.003.
- YAN H, HUANG B B, HONG B W, et al. Outlook of distributed energy business model reconstruction and innovation [J]. *Distributed energy*, 2019, 4(2): 16-22. DOI: 10.16513/j.cnki.10-1427/tk.2019.02.003.
- [10] 成飞, 陈佳, 陈辉. “光储充”一体化电站的商业模式演化动态研究——基于商业模式画布模型的分析 [J]. *现代商业*, 2020(15): 15-16. DOI: 10.14097/j.cnki.5392/2020.15.007.
- CHENG F, CHEN J, CHEN H. Study on the dynamics of business model evolution of "light storage and charging" integrated power plant—an analysis based on business model canvas model [J]. *Modern business*, 2020(15): 15-16. DOI: 10.14097/j.cnki.5392/2020.15.007.
- [11] 周江山, 彭宇菲. 综合能源站商业模式研究 [J]. *经济研究导刊*, 2023(14): 28-30. DOI: 10.3969/j.issn.1673-291X.2023.14.008.
- ZHOU J S, PENG Y F. Research on business model of integrated energy station [J]. *Economic research guide*, 2023(14): 28-30. DOI: 10.3969/j.issn.1673-291X.2023.14.008.
- [12] 陆山凤, 周北, 王少飞. 高速公路服务区商业模式创新研究 [J]. *西部交通科技*, 2022(12): 205-208. DOI: 10.13282/j.cnki.wccst.2022.12.061.
- LU S F, ZHOU B, WANG S F. Research on business model innovation of highway service area [J]. *Western China communications science & technology*, 2022(12): 205-208. DOI: 10.13282/j.cnki.wccst.2022.12.061.
- [13] 杨谦. 大数据与智能交通企业商业模式研究 [J]. *现代雷达*, 2021, 43(11): 98-99. DOI: 10.16592/j.cnki.1004-7859.2021.11.019.
- YANG Q. Research on business model of big data and intelligent transportation enterprise [J]. *Modern radar*, 2021, 43(11): 98-99. DOI: 10.16592/j.cnki.1004-7859.2021.11.019.
- [14] 沙爱民, 贾利民. 交能融合发展的方向——《交通与能源融合技术发展白皮书》精华摘编 [J]. *中国公路*, 2023(21): 26-32. DOI: 10.13468/j.cnki.chw.2023.21.014.
- SHA A M, JIA L M. The direction of transportation and energy convergence development - an extract of the highlights of the white paper on transportation and energy convergence technology development [J]. *China highway*, 2023(21): 26-32. DOI: 10.13468/j.cnki.chw.2023.21.014.
- [15] 国家能源局. 光伏发电工程设计概算编制规定及费用标准: NB/T 32027—2016 [S]. 北京: 新华出版社, 2016.
- National Energy Administration. Preparation regulation for cost estimation of photovoltaic power projects: NB/T 32027—2016 [S]. Beijing: Xinhua Publishing House, 2016.
- [16] 国家发展改革委, 建设部. 建设项目经济评价方法与参数 (3 版) [M]. 北京: 中国计划出版社, 2006.
- National Development and Reform Commission, Ministry of Construction. Methods and parameters of economic evaluation of construction projects (3rd ed.) [M]. Beijing: China Planning Press, 2006.
- [17] 中华人民共和国生态环境部. 2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子 [EB/OL]. (2020-12-29) [2024-06-27]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtzk/202012/W020201229610353340851.pdf>.
- Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Baseline emission factors of China's regional power grid in 2019 emission reduction project [EB/OL]. (2020-12-29) [2024-06-27]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtzk/202012/W020201229610353340851.pdf>.
- [18] 中国电力企业联合会. 中国电力行业年度发展报告 2020 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2020.
- China Electricity Council. China power industry annual development report 2020 [M]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2020.
- [19] 发展改革委, 环境保护部, 能源局. 发展改革委 环境保护部 能源局关于印发《煤电节能减排升级与改造行动计划 (2014—2020 年)》的通知 [EB/OL]. (2014-09-12) [2024-06-27]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2818468.htm.
- National Development and Reform Commission, Ministry of Environmental Protection, National Energy Administration. National Development and Reform Commission, Ministry of Environmental Protection, National Energy Administration notice on issuing the action plan on energy conservation and emission reduction upgrading and renovation of coal and power plants (2014—2020) [EB/OL]. (2014-09-12) [2024-06-27]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2818468.htm.
- [20] 国家发展改革委. 国家发展改革委关于 2021 年新能源上网电价政策有关事项的通知 [EB/OL]. (2021-06-07) [2024-06-27]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-06/11/content_5617297.htm.
- National Development and Reform Commission. National Development and Reform Commission notice on matters related to the new energy feed-in tariff policy for 2021 [EB/OL]. (2021-06-07) [2024-06-27]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-06/11/content_5617297.htm.
- [21] 李源渊, 高硕哈, 卢春颖, 等. 推进公路与光伏深度融合发展的对策建议 [J]. *交通节能与环保*, 2024, 20(1): 22-25. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6478.2024.01.006.
- LI Y Y, GAO S H, LU C Y, et al. Countermeasures and suggestions to promote the deep integration of highway and photovoltaic [J]. *Transport energy conservation & environmental protection*, 2024, 20(1): 22-25. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6478.2024.01.006.
- [22] 马昌喜, 石褚巍, 赵永鹏. 路衍经济定义重构及其发展模式与

- 对策 [J]. *兰州交通大学学报*, 2023, 42(3): 92-97. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4373.2023.03.013.
- MA C X, SHI C W, ZHAO Y P. Road derivative economy definition reconstruction and its development mode and countermeasures [J]. *Journal of Lanzhou Jiaotong University*, 2023, 42(3): 92-97. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4373.2023.03.013.
- [23] 罗承成, 鄢文, 陈志涛, 等. 基于高速公路数字化的路衍经济建设方案研究 [J]. *价值工程*, 2024, 43(10): 27-30. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4311.2024.10.009.
- LUO C C, YAN W, CHEN Z T, et al. Research on the road-extended economy construction scheme based on highway digitization [J]. *Value engineering*, 2024, 43(10): 27-30. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4311.2024.10.009.
- [24] 代琼丹, 邓昕, 吴雪妍, 等. 能源互联网下综合能源服务商业模式综述 [J]. *高压电器*, 2021, 57(2): 135-144. DOI: 10.13296/j.1001-1609.hva.2021.02.019.
- DAI Q D, DENG X, WU X Y, et al. Overview on integrated energy service business model under energy internet [J]. *High voltage apparatus*, 2021, 57(2): 135-144. DOI: 10.13296/j.1001-1609.hva.2021.02.019.
- [25] 华东电力设计院. 原创 | 园区型综合能源规划专题系列: 八、园区综合能源规划有哪些值得推广的商业模式 [EB/OL]. (2022-08-18) [2024-06-27]. <https://mp.weixin.qq.com/s/0y-QLVnOWINn4ncXLf6IbQ>.
- East China Electric Power Design Institute. Original | Topic series on park-type integrated energy planning: VIII. What are the business models worth promoting for park-type integrated energy planning [EB/OL]. (2022-08-18) [2024-06-27]. <https://mp.weixin.qq.com/s/0y-QLVnOWINn4ncXLf6IbQ>.
- [26] 任畅翔, 焦丰顺, 黄康任. 基于城市功能区的多能互补项目商业模式研究 [J]. *南方能源建设*, 2022, 9(增刊 1): 1-8. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2022.S1.001.
- REN C X, JIAO F S, HUANG K R. Research on the business model of multi-energy complementary projects based on urban functional areas [J]. *Southern energy construction*, 2022, 9(Suppl. 1): 1-8. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2022.S1.001.

作者简介:



王浩

王浩(第一作者, 通信作者)

1991-, 男, 满族, 工程师, 硕士, 主要从事市政建筑综合能源工程造价等工作(e-mail) wanghao4@gedi.com.cn。

黄菲菲

1996-, 女, 壮族, 工程师, 硕士, 主要从事市政建筑综合能源工程造价等工作(e-mail) huangfeifei@gedi.com.cn。

唐超

1992-, 男, 工程师, 硕士, 主要从事市政建筑综合能源工程造价等工作(e-mail) tangchao@gedi.com.cn

林瑞刚

1978-, 男, 高级经济师, 学士, 主要从事市政建筑综合能源工程造价等工作(e-mail) linruigang@gedi.com.cn。

(编辑 赵琪)

广 告

封面图片: 二氧化碳利用路径气候效益与经济可行性评估----- 封一

《南方能源建设》入选 CACJ 中国应用型核心期刊----- 封二

《南方能源建设》19 位编委入选 2024 年“全球前 2% 顶尖科学家榜单”----- P94

中国能建广东院 CCUS 技术中心----- P200

中英(广东) CCUS 中心----- 封三

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司----- 封四