

低碳经济发展模式下光伏发电企业价值评估研究

——以金开新能为例

王珊珊*, 魏 锋[#]

广西科技大学经济与管理学院, 广西 柳州

收稿日期: 2025年10月11日; 录用日期: 2025年11月3日; 发布日期: 2025年11月10日

摘 要

随着全球能源体系向清洁低碳转型的进程不断深化, 光伏发电作为新能源领域的核心板块, 凭借其技术成熟度提升与成本下降的双重优势, 已成为推动能源转型升级的关键力量。本文聚焦光伏发电企业价值评估的特殊性, 突破传统仅基于现有资产价值的评估框架, 构建改进的FCFF-BS模型, 通过灰色模型预测企业营业收入, 考虑各种不确定性因素和风险, 体现企业现有价值; 构造低碳竞争调整系数修正企业潜在价值, 并以金开新能为例, 综合分析使评估值与企业内在价值趋于一致。因此, 本文提出构建“ESG-低碳技术”双轮驱动的价值提升路径, 以新质生产力创新驱动发展来提升企业现有价值与潜在价值的对策建议。

关键词

光伏发电企业价值, 潜在价值, 低碳竞争系数

Study on Enterprise Value Evaluation of Photovoltaic Power Generation under the Low-Carbon Economic Development Model —Taking Jinkai Xinneng as an Example

Shanshan Wang*, Feng Wei[#]

School of Economics and Management, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou Guangxi

Received: October 11, 2025; accepted: November 3, 2025; published: November 10, 2025

*第一作者。

[#]通讯作者。

文章引用: 王珊珊, 魏锋. 低碳经济发展模式下光伏发电企业价值评估研究[J]. 可持续发展, 2025, 15(11): 131-147.
DOI: 10.12677/sd.2025.1511316

Abstract

With the continuous deepening of the global energy system's transformation towards cleanliness and low-carbon, photovoltaic power generation, as a core segment in the new energy field, has become a key force driving the energy transformation and upgrading, relying on the dual advantages of improved technological maturity and reduced costs. This paper focuses on the particularity of value evaluation for photovoltaic power generation enterprises, breaks through the traditional evaluation framework that only relies on the value of existing assets, and constructs an improved FCFF-BS model. It predicts the enterprise's operating income through the grey model, takes various uncertain factors and risks into account, and reflects the enterprise's existing value; constructs a low-carbon competition adjustment coefficient to modify the enterprise's potential value, and takes Jinkai Xinneng as an example to conduct a comprehensive analysis, so as to make the evaluation value consistent with the enterprise's intrinsic value. Therefore, this paper proposes to construct a "ESG-low-carbon technology" dual-drive path for value improvement, and puts forward counter-measures and suggestions to enhance the enterprise's existing value and potential value through the innovative drive of new-quality productive forces.

Keywords

Photovoltaic Power Generation Enterprise Value, Potential Value, Low-Carbon Competition Coefficient

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着“双碳”战略推进,资本市场对光伏发电企业的关注度持续升温,准确评估企业价值已成为投资者决策与企业战略管理的共同前提[1]。近年来,众多学者针对光伏发电企业价值评估展开了深入研究。现有企业价值评估方法多以传统制造业为基础,侧重对企业现有资产价值的量化,难以充分适配光伏发电企业的行业特性。生命周期评价视角的研究进一步揭示,光伏企业价值不仅体现在财务报表内的电站资产与订单存量,更取决于由技术突破带来的“潜在绿色租金”[2]。此类企业不仅依赖现有光伏电站、生产设备等资产创造现金流,更需通过大规模科研投入突破高效光伏组件等关键技术,通过前瞻性项目投资抢占市场份额。然而,现有估值模型普遍将 R & D 支出视为费用性现金流出,忽视其形成的实物期权价值,导致对企业成长性与抗风险能力的系统性低估[1] [3]。

与此同时,ESG 理念在新能源行业的渗透日益加深,ESG 已从“声誉指标”变为光伏企业的“估值杠杆”:关博韬基于新能源上市公司大样本发现,新能源的行业特性决定了 ESG 不仅是新能源企业的社会责任标签,更是影响其市场价值的核心经营要素[4]。张琳与赵海涛对 A 股多行业样本的实证结果同样表明,E、S、G 单维度得分与企业托宾 Q 值显著正相关,但这种溢价在高度补贴依赖的光伏板块中存在滞后效应,提示传统 DCF 若缺少 ESG 风险因子的调整,将高估政策顺境期的现金流、低估政策退坡期的尾部风险[5]。但当前多数评估模型尚未将 ESG 因素纳入量化分析框架,难以全面反映 ESG 实践对企业价值的传导机制。

综合上述研究可见,尽管已有诸多成果,但现有评估方法在适配光伏发电企业特性、纳入 ESG 因素

以及计算企业潜在价值等方面仍存在明显不足[6]。因此, 本文以光伏发电企业为研究对象, 围绕“在低碳经济发展模式下, 如何更为精准地评估包含现有价值与潜在价值的企业综合价值”这一核心问题展开深入探究, 期望通过创新研究填补相关领域的空白, 为光伏发电企业价值评估提供更具科学性与实用性的方法及思路。

2. 评估模型构建

基于对企业价值构成的深入剖析, 光伏发电企业的整体价值包含现有价值和潜在价值两个部分[7]。

2.1. 现有价值评估模型

现有价值指的是企业固定资产和无形资产创造的资产总和。FCFF 模型是一种用于评估企业整体价值的折现现金流估值方法, 核心是通过计算企业产生的自由现金流并折现, 得到企业的内在价值。鉴于光伏行业目前处于快速发展期, 本文选择采用两阶段增长模型来评估光伏企业现有资产的价值, 计算公式如下:

$$V_1 = \sum_{t=1}^n \frac{FCFF_t}{(1+WACC)^t} + \frac{FCFF_{n+1}}{(WACC-g)(1+WACC)^n} \quad (1)$$

其中, $FCFF_t$ 是企业第 t 期的自由现金流量, $WACC$ 是企业加权平均资本成本, g 是稳定阶段固定增长率。

2.2. 潜在价值评估模型

随着科技的不断发展, 企业潜在获利能力不断增强, 企业现有资产对于整体价值的贡献将有所弱化, 在全面评估光伏发电企业价值时, 不容忽视的是其不确定性的潜在价值部分。由于光伏行业受政策变动、市场供需及技术迭代等外部因素影响显著, 企业的管理层人员会根据市场环境等外部因素的变化而对管理决策做出改变以适应外部环境, 其决策的不确定性也将对企业的整体价值产生影响, 而这部分不确定性价值等同于实物期权价值[8]。同时光伏发电企业具有研发投入多、未来潜在风险高以及成长潜力大的特点, 这些特点决定了在评估企业价值时, 必须兼顾企业实物期权的价值, 计算如下:

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2} \right) t}{\sigma \sqrt{t}} \quad (2)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t} \quad (3)$$

$$V_2 = S [N(d_1)] - e^{-rt} X [N(d_2)] \quad (4)$$

其中, S 是标的资产当前价格, X 是标的资产行权价格, r 为无风险利率, σ 为波动率, t 为期权到期时间。

2.3. 企业的整体价值

FCFF 模型评估的 V_1 覆盖“高速增长期(2025~2029 年)+ 永续稳定期”的现金流, 聚焦“已规划、可落地”的业务收益; B-S 模型评估的 V_2 则对应“未来 5 年内未明确落地但具备可行性的潜在项目”, 时间范围与高速增长期重叠, 但价值来源为未确定的机会收益。

V_1 属于“确定性价值”, 基于历史财务数据、已签协议及行业政策制定预测基础; V_2 属于“机会性价值”, 依赖对技术迭代、政策变动、市场需求等不确定性因素的判断, 二者在价值属性上无重叠。

所以本文运用自由现金流折现法评估光伏发电企业的现有价值，应用 B-S 模型量化投资项目的不确定性，进而可以得到企业潜在价值，最后，利用因子分析法确定目标企业的低碳竞争调整系数 α ，并利用该系数修正期权的潜在价值。通过将这两部分价值有机结合，最终得出光伏发电企业的完整价值评估模型：

$$V = V_1 + \alpha V_2 \tag{5}$$

其中， V_1 是被评估企业的整体价值， V_1 是被评估企业的现有价值， V_2 是被评估企业的期权价值， α 是低碳竞争调整系数。

3. 以金开新能为例的光伏发电企业价值评估

3.1. 案例企业概况

金开新能科技有限公司成立于 2014 年，是由天津市国资委实际控制的国有独资企业。公司专注于新能源电力的开发、投资、建设及运营，业务涵盖光伏、风电、储能、氢能、电力交易、增量配网、智慧城市等多个领域。其前身为天津劝业场(集团)股份有限公司，在传统商业领域有着深厚积淀。2020 年，公司把握能源结构转型机遇，实施重大资产重组，剥离原有商业资产，全面进军新能源发电领域，正式开启向清洁能源企业的转型之路。

资产重组后，金开新能聚焦光伏发电、风电等核心业务，通过一系列资本运作与项目拓展，快速提升企业规模与行业影响力。截至 2024 年末，金开新能业务已覆盖全国 23 个省(区、市)持有在运及在建发电项 130 余个，核准装机容量 7468 兆瓦，并网容量 5554 兆瓦，总资产超 400 亿元，在华北、西北、华东等重点区域构建起较为完善的清洁能源产业布局。

3.2. 企业现有价值评估

3.2.1. 营业收入预测

通过以上分析，本文以 2024 年为基期，从 2025 年开始预测，将 2025~2029 年确定为光伏企业的高速增长期，2030 年及以后，进入稳定增长期。引入灰色预测模型对金开新能 2020~2024 年的营业收入进行检验，根据近五年金开新能公开发布的已审计财务报表，分析企业营业收入(表 1)。

Table 1. Operating revenue of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024 (in Ten Thousand Yuan)

表 1. 金开新能 2020~2024 年营业收入(万元)

项目\年份	2020	2021	2022	2023	2024
营业收入	135686.15	190792.55	308226.25	332774.83	361217.18
营业收入增长率	1845.07%	40.61%	61.55%	7.96%	8.55%

从上表可以看出，金开新能在 2020~2024 年期间营业收入呈现出持续增长的态势。2020 年公司完成重大资产重组，正式转型为新能源发电企业。国开新能源在光伏、风电等新能源发电领域拥有大量的优质资产和业务，使得公司的业务结构发生根本性改变，从传统零售行业快速切入新能源赛道，业务规模瞬间大幅扩张，带来了营业收入的爆发式增长。之后几年，国家对新能源产业的支持力度加大，出台了一系列鼓励光伏发电、风力发电发展的政策。保障了新能源发电企业的收益预期，这为金开新能快速发展新能源业务提供了良好的政策环境。但由于市场竞争加剧，新增项目的获取难度加大，同时，部分地区可能出现了电力消纳问题，限制了发电量和售电收入的增长，使得 2023~2024 年的营业收入增长率下

降。目前公司持续推进存量电站的提质增效，通过技术改造提升发电效率，同时，积极开拓新市场和新业务，发展前景广阔，上升空间大，所以本文预测金开新能在未来五年处于高速发展期，之后进入稳定期。

运用 2020~2024 年营业收入数据检验模型是否合格，得到结果(图 1)：

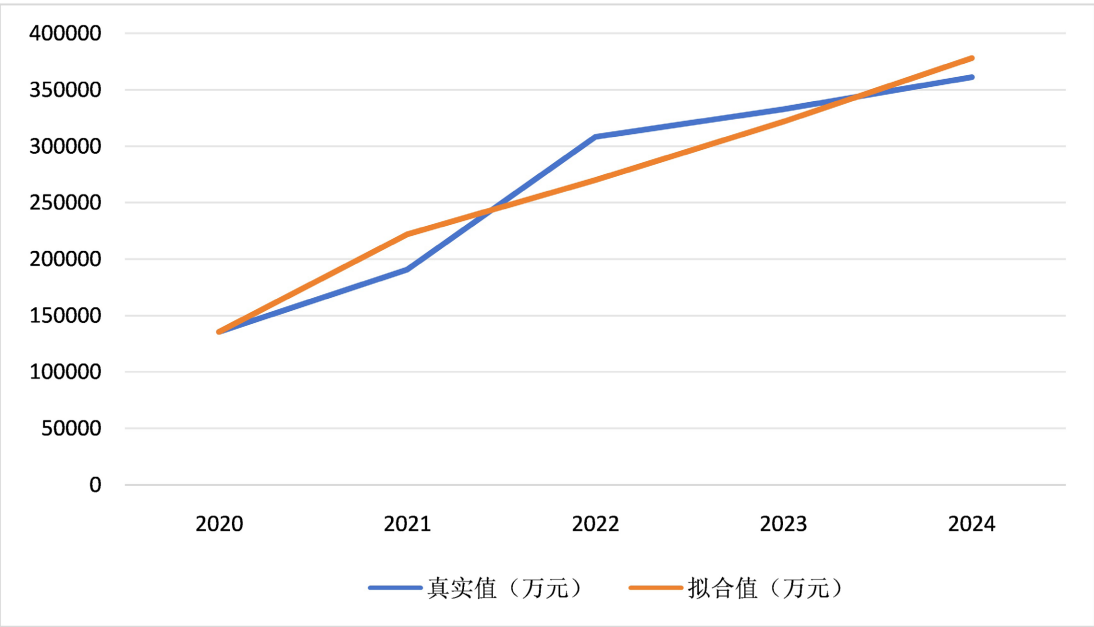


Figure 1. Comparison chart of actual and fitted values of operating revenue of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024
图 1. 金开新能 2020~2024 年营业收入真实值与拟合值对比图

(1) 精度检验

① 级比值检验

通过 SPSS 计算得出级比检验结果如下(表 2)：

Table 2. Results of grade ratio test for operating revenue of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024
表 2. 2020~2024 年金开新能营业收入级比检验结果表

索引项	原始值	级比值	平移转换后序列值	平移转换后级比值
2020	135686.15	-	496904.15	-
2021	190792.55	0.711	552010.55	0.9
2022	308226.25	0.619	669444.25	0.825
2023	332774.83	0.926	693992.83	0.965
2024	361217.18	0.921	722435.18	0.961

上表展示了序列值和级比值，平移转换后序列的所有级比值都位于区间(0.717,1.396)内，说明平移转换后序列适合构建灰色预测模型。

② 后验差比值检验

构建灰色模型可得到(表 3)：

Table 3. Development coefficient, grey action quantity and posterior error ratio of grey model construction
表 3. 灰色模型构建的发展系数、灰色作用量、后验差比值

发展系数 a	灰色作用量 b	后验差比 C 值
-0.079	521286.383	0.075

检验得出，后验差比值为 $0.075 < 0.35$ ，模型精度高。

③ 相对误差检验

通过 SPSS 计算得出相对误差检验结果如下(表 4):

Table 4. Results of relative error test for operating revenue of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024
表 4. 金开新能 2020~2024 年营业收入相对误差检验结果表

索引项	原始值	预测值	残差	相对误差(%)
2020	135686.15	135686.15	0	0
2021	190792.55	222071.012	-31278.462	16.394
2022	308226.25	270028.468	38197.782	12.393
2023	332774.83	321928.94	10845.89	3.259
2024	361217.18	378096.619	-16879.439	4.673

模型平均相对误差为 $7.344\% < 20\%$ ，意味着模型拟合效果良好，通过检验。

综上，金开新能 2020~2024 年营业收入通过了灰色预测模型检验，该模型可以用来预测企业未来营业收入。

3.2.2. 基于灰色预测模型的未来营业收入预测

通过上述分析知灰色预测模型通过了检验，其可以用来预测金开新能未来的营业收入，得到预测模型：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 6734347.96e^{0.079k} - 6598561.81$$

令 $k = 5, 6, 7, 8, 9$ ，得到一次累加生成序列，再根据预测模型进行累减得到模拟序列：

$$\hat{X}^{(0)} = \{438882.349, 504665.823, 575857.951, 652903.426, 736283.505\}$$

得到金开新能 2025~2029 年营业收入预测值，具体数值如下表(表 5):

Table 5. Forecast of operating revenue of Jinkai Xinneng from 2025 to 2029 (in Ten Thousand Yuan)
表 5. 金开新能 2025~2029 年营业收入预测表(万元)

项目\年份	2025	2026	2027	2028	2029
营业收入	438882.35	504665.82	575857.95	652903.43	736283.51

3.2.3. 自由现金流量的预测

息税前利润由营业收入、营业成本等科目构成，由于这些费用与营业收入有较为紧密的关系，因此采用销售百分比法依据近五年各项营业费用占营业收入的比重进行预测，各参数预测依据如下(表 6)。

Table 6. Basis for forecasting various parameters in the high-growth period
表 6. 快速增长期各参数预测依据

科目	预测依据
营业成本	金开新能 2020~2024 年营业成本占营业收入的比重波动范围较小，选取近五年占比平均值 39.94%。
税金及附加	2020~2024 年税金及附加占收入平均值 1.05%。
销售费用	2021 年原津劝业百货业务已剥离，所以公司当年无销售费用，因此本文剔除当年特殊情况，选用 2020 年、2022~2024 年销售费用占收入比重的平均值 0.09%。
管理费用	2020~2024 年管理费用占收入比重的平均值 9.21%。
财务费用	2020~2024 年财务费用占收入比重的平均值 26.47%。
研发费用	2020~2024 年财务费用占收入比重的平均值 0.31%。
所得税费用	2020~2024 年所得税占利润总额的平均比重 11.39%。
折旧与摊销	光伏电站折旧年限通常 20~25 年，折旧期限较长。同时随着企业业务规模扩张，新建电站项目陆续转固并开始计提折旧，叠加存量电站资产的持续摊销，导致折旧与摊销逐年增长。因此选取近两年折旧与摊销与营业收入的比重的平均值 33.20%。
经营性营运资本变动额	由于金开新能企业经营性流动资产、经营性流动负债与营业收入占比变化较快，出于谨慎性和合理性考虑，选取近两年的经营性营运资本变动额的平均占比 1.64%。
资本性支出	未来五年，若行业政策延续“高质量发展”导向，2024 年的占比可避免因前期政策扶持阶段的高投入导致预测偏差，所以选择 2024 年的资本性支出占比 35.54%。

预测结果如下表(表 7):

Table 7. Forecast of free cash flow of Jinkai Xinneng from 2025 to 2029 (in Ten Thousand Yuan)
表 7. 金开新能 2025~2029 年自由现金流量预测表(万元)

项目\年份	2025	2026	2027	2028	2029
营业收入	438882.35	504665.82	575857.95	652903.43	736283.51
-营业成本	175299.04	201574.37	230010.04	260783.66	294087.45
-税金及附加	4592.93	5281.36	6026.38	6832.67	7705.25
-销售费用	392.06	450.83	514.42	583.25	657.73
-管理费用	40442.07	46503.88	53064.08	60163.66	67846.96
-财务费用	116182.16	133596.54	152442.72	172838.42	194911.02
-研发费用	1340.88	1541.86	1759.37	1994.76	2249.51
息税前利润	100633.2074	115716.981	132040.928	149707.0138	168825.5881
-所得税费用	11465.72	13184.30	15044.18	17056.98	19235.27
税后经营净利润	89167.49	102532.68	116996.75	132650.04	149590.32
+折旧与摊销	145688.21	167525.22	191157.65	216733.11	244411.35
-营运资本变动额	27071.35	31129.04	35520.34	40272.70	45415.79
-净资本性支出	155965.82	179343.32	204642.90	232022.58	261653.40
企业自由现金流	51818.54	59585.55	67991.16	77087.86	86932.49

3.3. 折现率的确定和修正

折现率指用来折算未来现金流现值的利率，通常反映投资者要求的回报率以及企业所面临的风险。折现率需要与自由现金流量口径一致，所以本文选择光伏企业的加权平均资本成本作为折现率：

$$WACC = R_d \times (1 - T) \times \frac{D}{D + E} + R_e \times \frac{E}{D + E} \quad (6)$$

其中， R_d 是债务资本成本， R_e 是权益资本成本， D 是公司的债务总价值， E 是公司的股权总价值。

为了保证口径一致，本文选取加权平均资本成本对金开新能未来五年自由现金流折现，根据公式(6)进行逐步计算。

3.3.1. 金开新能资本结构

Table 8. Capital structure of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024 (in Ten Thousand Yuan)
表 8. 金开新能 2020~2024 年资本结构表(万元)

项目\年份	2020	2021	2022	2023	2024
资产总额	1282150.6	2077096.87	2813567.86	2898881.96	3539336.31
权益资本	343106.53	523477.94	882935.28	939404.09	998956.21
付息债务	939044.07	1553618.93	1930632.58	1959477.87	2540380.10
权益资本占比	26.76%	25.20%	31.38%	32.41%	28.22%
付息债务占比	73.24%	74.80%	68.62%	67.59%	71.78%

从上表(表 8)可以看出，金开新能在过去五年的的资本结构相对稳定，权益资本占比和付息债务占比都没有发生太大的改变，所以，本文选择权益资本和付息债务占比的平均值 28.79%和 71.21%作为未来预测的资本结构比例。

3.3.2. 权益资本成本的确定

选取资本资产定价模型来估算关键因素权益资本成本：

$$R_e = R_f + \beta \times (R_m - R_f) + R_s \quad (7)$$

其中， R_f 是无风险利率， β 是指企业的系统风险系数，衡量公司股价波动相对于市场的波动性， R_m 是市场预期回报率， R_s 是企业特定风险报酬率。

(1) 无风险报酬率 R_f

企业在持续经营假设的前提下，通常选取与投资期限相匹配的国债收益率作为无风险利率。本文选择剩余期限为十年期的国债到期收益率，通过中国债券信息网站，得到在 2020~2024 年的到期收益率如下(表 9)：

Table 9. 10-year treasury bond yield to maturity from 2020 to 2024
表 9. 2020~2024 年十年期国债到期收益率

项目\年份	2020	2021	2022	2023	2024
R_f	2.94%	3.03%	2.77%	2.72%	2.22%

(2) 风险调整系数 β 的确定与修正

在传统资本资产定价模型中， β 值作为衡量资产系统性风险的核心指标，主要反映市场波动对资产收益的影响。然而，随着 ESG 理念在资本市场的深化应用，企业 ESG 表现已成为影响长期风险与价值的关键因素[9]。光伏发电企业作为环境友好型产业，其 ESG 实践不仅关乎社会责任履行，更与项目可持续性、政策合规性及长期市场竞争力紧密关联。因此，引入 ESG 修正系数对 β 系数进行调整，可弥补传统 CAPM 模型忽略非财务风险因素的缺陷，更精准反映企业真实风险水平。本文的 β 修正系数为企业 ESG 评分除以行业平均 ESG 评分， g 修正系数为行业平均 ESG 评分与企业 ESG 评分之比[10]，修正公式为：

折现率的修正：

$$\beta_{修正} = \frac{\text{企业ESG评分}}{\text{行业平均ESG评分}} \times \beta_0 \tag{8}$$

增长率的修正：

$$g_{修正} = \frac{\text{行业平均ESG评分}}{\text{企业ESG评分}} \times g_0 \tag{9}$$

其中， β_0 和 g_0 为修正前 β 系数与永续期营业收入增长率。

本文对比多个 ESG 评级体系，研究发现华证指数 ESG 评级体系紧密围绕中国的政策法规和行业发展特点进行构建，并且针对光伏发电行业，华证指数重点关注企业在光伏组件回收利用、光伏电站土地合规性等方面的表现，这些细分指标更贴合中国光伏行业的实际运营需求，同时在社会责任的维度，融入中国传统文化中对企业道德、社会责任担当的理念。所以本文选择光伏发电行业截至 2024 年每股收益前 10 名企业的华证指数 ESG 评级得分，取平均值求得行业平均 ESG 评分，根据公式(8)计算 β 修正系数，具体如下(表 10)。

Table 10. ESG rating scores of Chinese photovoltaic power generation enterprises in 2024
表 10. 2024 年中国光伏发电企业 ESG 评级得分

企业名称	企业名称	综合评级	综合得分
600821.SH	金开新能	BB	75.24
603105.SH	芯能科技	C	55.31
000591.SZ	太阳能	CC	61.32
002015.SZ	协鑫能科	C	53.72
002617.SZ	露笑科技	CC	60.98
601778.SH	晶科科技	C	55.03
002218.SZ	拓日新能	CC	64.29
002256.SZ	兆新股份	CC	64.74
300317.SZ	珈伟新能	CC	60.86
002480.SZ	新筑股份	C	55.05
行业平均值			60.654

$$\beta_{修正} = \frac{\text{企业ESG评分}}{\text{行业平均ESG评分}} \times \beta_0 = \frac{75.24}{60.645} \times \beta_0 = 1.24$$

经国泰安数据库查询可得：2020-2024 年金开新能当年总市值加权 β 系数为 0.70、0.81、1.50、0.76、0.79，修正后 β 系数为 0.86、1.01、1.86、0.94、0.98。

(3) 市场预期回报率 R_m 的确定

市场预期回报率又称市场组合收益率，是指包含了市场上所有风险资产的投资组合的预期收益率，代表了整个市场的平均收益水平，反映了市场整体的风险回报情况，本文选取近 15 年沪深 300 的市场平均收益率的平均值 18.84%。将上述参数代入公式(7)，计算得出权益资本成本(表 11)。

Table 11. Cost of equity capital of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024 (in Ten Thousand Yuan)
表 11. 2020~2024 年金开新能权益资本成本(万元)

项目\年份	2020	2021	2022	2023	2024
R_e	16.65%	18.93%	32.61%	17.86%	18.56%

3.3.3. 债务资本成本

债务资本成本反映企业承担债务融资的代价，遵循融资成本与债务权重的乘积计算金开新能债务资本成本(表 12)。

Table 12. Cost of debt capital of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024 (in Ten Thousand Yuan)
表 12. 金开新能 2020~2024 年债务资本成本(万元)

分类	项目	2020	2021	2022	2023	2024
融资成本	短期借款利率	3.85%	3.80%	3.65%	3.45%	3.10%
	长期借款利率	4.65%	4.65%	4.30%	4.20%	3.60%
融资金额	短期借款	0	0	8513.15	9000.18	54.79
	长期借款	851723.48	1430424.71	1757365.19	1729943.39	2138860.56
债务资本权重	短期借款占比	0.00%	0.00%	0.48%	0.52%	0.00%
	长期借款占比	100.00%	100.00%	99.52%	99.48%	100.00%
债务资本成本		4.65%	4.65%	4.30%	4.20%	3.60%

3.3.4. 加权资本成本

为了保持一致性，WACC 的所得税税率采用过去五年平均比重 11.39%。根据公式(6)以及上述参数取值，计算得出 2020~2024 年加权资本成本(表 13)。

Table 13. Weighted average cost of capital (WACC) of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024 (in Ten Thousand Yuan)
表 13. 金开新能 2020~2024 年加权资本成本(万元)

项目\年份	2020	2021	2022	2023	2024
权益资本成本 R_e	16.65%	18.93%	32.61%	17.86%	18.56%
权益资本占比 W_e	26.76%	25.20%	31.38%	32.41%	28.22%
债务资本成本 R_d	4.65%	4.65%	4.30%	4.20%	3.60%
付息债务占比 W_d	73.24%	74.80%	68.62%	67.59%	71.78%
T	11%	11%	11%	11%	11%
WACC	7.47%	7.85%	12.84%	8.30%	7.53%

预测期加权平均资本成本取其平均值为 8.80%。

3.4. 永续期增长率的确定与修正

光伏发电行业作为能源基础设施的重要组成部分，其长期增长受国内电力需求、投资规模及产业政策的系统性影响，而 GDP 增速是反映宏观经济长期趋势的核心指标，近年我国 GDP 的增速趋于稳定，历史五年的 GDP 增长保持在 5%左右，但为了规避疫情等短期波动干扰，选取近三年 GDP 增长率平均值 4.50%，合理映射行业在稳态经济环境中的增长潜力。

光伏发电企业的永续增长能力与环境责任、社会责任及治理效能具有一定的关联性，ESG 表现优异的企业可通过绿色技术创新、响应政策导向及风险规避强化增长韧性，而 ESG 短板可能导致技术迭代滞后、融资成本上升等问题，因此以华证 ESG 评级构建的修正系数，能够更精准刻画企业在低碳经济发展模式下的长期价值创造能力，符合新能源行业“环境效益与经济效益共生”的发展特征[11]。根据公式(9) g 修正系数计算如下：

$$g_{修正} = \frac{\text{行业平均ESG评分}}{\text{企业ESG评分}} \times g_0 = \frac{60.654}{75.24} \times 4.50\% = 3.63\%$$

3.5. 金开新能现有价值的估算

通过上述自由现金流、加权平均资本成本等的预测，根据公式(1)算出金开新能高速增长期及稳定增长期的价值，相加得到金开新能的现有价值(表 14)。

Table 14. Existing value of Jinkai Xinneng from 2020 to 2024 (in Ten Thousand Yuan)
表 14. 金开新能 2020~2024 年现有价值(万元)

项目\年份	2025	2026	2027	2028	2029
企业自由现金流	71712.26	82461.11	94093.72	106682.75	120306.84
折现率	8.80%	8.80%	8.80%	8.80%	8.80%
现值系数	0.92	0.84	0.78	0.71	0.66
现值	65911.81	69660.87	73058.41	76133.13	78911.38
高速增长期现值之和			363675.60		
永续增长期现值			3545922.13		
现有价值 V_t			3909597.73		

4. 金开新能潜在价值评估

光伏行业企业普遍具备实物期权属性，其在技术研发领域的资金投入、光伏电站等项目的规划建设，均会为企业积淀潜在的期权价值。截至 2024 年末，金开新能光伏发电项目 87 个，并网容量 3913 兆瓦，不仅是企业当前业务的重要支撑，更蕴含着推动未来价值显著增长的潜力，构成企业潜在价值的核心组成部分。本文使用 B-S 模型对这部分价值进行评估，并利用行业数据进行低碳竞争力修正，使评估出的公司价值更完整和准确。

4.1. 数据来源及参数计算

选择 B-S 模型评估光伏企业的实物期权价值，即潜在价值。模型参数及取值如下(表 15)。

Table 15. Parameters and value assignments of the B-S model
表 15. B-S 模型参数及取值

参数	取值
标的资产现时价值 S	选取金开新能公开发布的 2024 年已审计财务报表中的期末资产总额 4007045.12 万元作为标的资产现时价值 S。
标的资产的执行价格 X	选取金开新能公开发布的 2024 年已审计财务报表中的负债总额 3008088.91 万元作为期权的执行价格 X。
行权期限 T	与前文假设保持一致，金开新能未来五年内营业收入不断增长，为高速发展的阶段，五年后面临一定的经营风险，进入稳定增长阶段，因此期权持有期限假定为 5 年。
无风险利率 r	选取 2024 年底十年期国债到期收益率 2.22% 作为无风险收益率。
波动率 σ	选择 2024 年全年股票价格波动率来衡量标的资产价值波动率 $\sigma = \sqrt{242} \times 1.62\% = 25.28\%$ 。

4.2. B-S 模型评估结果

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2} \right) t}{\sigma \sqrt{t}} = \frac{\ln \frac{4007045.12}{3008088.91} + \left(2.22\% + \frac{25.28\%^2}{2} \right) \times 5}{25.28\% \times \sqrt{5}} = 0.9863$$
$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t} = 0.986297977 - 25.28\% \times \sqrt{5} = 0.4411$$

查询正态分布表得出：

$$N(d_1) = 0.8380$$
$$N(d_2) = 0.6631$$

$$V_2 = S[N(d_1)] - e^{-rt} X[N(d_2)] = 4007045.12 \times 0.8380 - e^{-2.22\% \times 5} \times 3008088.91 \times 0.6631 = 1572715.81 \text{ (万元)}$$

4.3. 低碳竞争调整系数的计算

针对光伏发电行业技术迭代速率快、相似替代产品密集的特性，企业投资项目所承载的实物期权价值常面临潜在风险损失，这一现象直接印证了光伏发电企业低碳竞争能力与实物期权价值的深度关联，而低碳竞争力作为企业核心竞争优势的关键维度，其量化表达对期权价值修正尤为重要。

为量化低碳竞争力对期权价值的影响，本文选取客观的因子分析法，通过系统评估企业在低碳竞争相关维度的表现，计算得出光伏发电企业低碳竞争力系数，并将该系数用于实物期权价值的修正。结合光伏行业低碳发展导向的特殊性，研究从企业盈利能力、偿债能力、经营能力、发展能力四大核心维度切入，筛选 15 项关键财务指标构建低碳竞争力评价体系(表 16)。该体系既能够精准映射企业在复杂市场竞争中的低碳发展实力，也为后续基于低碳竞争力系数的期权价值修正提供了科学、量化的支撑依据。

Table 16. Evaluation indicators of low-carbon competitive capability
表 16. 低碳竞争能力评价指标

评价维度	代表指标	计算公式
盈利能力	资产报酬率	(利润总额 + 财务费用)/资产总额
	总资产净利润率	净利润/总资产余额

续表

	净资产收益率	净利润/股东权益余额
	净利润与净利润总额比	净利润/利润总额
	营业利润率	营业利润/营业收入
	投资收益率	投资收益/(长期股权投资本期期末值 + 持有至到期投资本期期末值 + 交易性金融资产本期期末值 + 可供出售金融资产本期期末值 + 衍生金融资产本期期末值)
偿债能力	流动比率	流动资产/流动负债
	速动比率	(流动资产 - 存货)/流动负债
	现金比率	现金及现金等价物期末余额/流动负债
	资产负债率	负债合计/资产总计
经营能力	总资产周转率	营业收入/资产总额期末余额
	股东权益周转率	营业收入/股东权益期末余额
发展能力	总资产增长率	当期资产增加/年初总资产
	净利润增长率	当期净利润增加/年初净利润
	营业利润增长率	当期营业利润增加/年初营业利润

本文从同花顺数据库选取与金开新能同属于光伏设备行业的 88 家上市企业，筛选处理后保留 66 家企业，并以这些企业 2024 年的财务数据作为变量进行因子分析，从而计算得到光伏企业的低碳竞争调整系数[12]。

1. KMO 和 Bartlett 球度检验

本文选择 SPSS26 软件进行 KMO 和巴特利特球形度检验，得到结果(表 17)：

Table 17. KMO test and bartlett’s test of sphericity
表 17. KMO 检验和巴特利特球形度检验

KMO 和巴特利特检验		
KMO 取样适切性量数		0.610
巴特利特球形度检验	近似卡方	1144.732
	自由度	105
	显著性	0.000

注：数据来源：根据 SPSS26 软件运行生成。

KMO 检验系数为 0.610>0.5，说明各变量指标间呈现较强的线性关系，适用于因子分析法；巴特利特球形度检验自由度为 105，显著性水平为 0.000，该统计量小于显著性水平 0.01，因此，可以选择拒绝原来相关系数为 0 的假设，说明选取的变量有较强的相关性，通过因子分析可行性检验。

2. 确定因子方差贡献率及提取公因子(表 18)

Table 18. Eigenvalues and variance contribution rates
表 18. 特征根与方差贡献率

成分	总方差解释								
	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%
1	4.553	30.351	30.351	4.553	30.351	30.351	3.418	22.788	22.788
2	3.067	20.447	50.798	3.067	20.447	50.798	3.369	22.461	45.249
3	2.097	13.979	64.776	2.097	13.979	64.776	2.173	14.488	59.737
4	1.523	10.156	74.932	1.523	10.156	74.932	2.063	13.756	73.493
5	0.992	6.615	81.548	0.992	6.615	81.548	1.208	8.055	81.548
6	0.742	4.948	86.496						
7	0.656	4.374	90.871						
8	0.577	3.846	94.716						
9	0.411	2.741	97.457						
10	0.151	1.010	98.467						
11	0.138	0.919	99.386						
12	0.050	0.333	99.719						
13	0.032	0.214	99.932						
14	0.007	0.044	99.977						
15	0.003	0.023	100.000						

特征根与方差贡献率表显示，选取的 15 个指标中，前 5 个公因子的特征值都大于 1，累计贡献率达 81.548%，提取前 5 个公因子能够最大化对原始变量的信息进行反映，因此提取前 5 个因子作为衡量企业低碳竞争能力的公共因子。

3. 因子解释与命名

将所提取出的 5 个公因子进行正交旋转，得到下表(表 19)。

Table 19. Rotated component matrix
表 19. 旋转后的成分矩阵

	成分				
	F1	F2	F3	F4	F5
资产报酬率	0.182	0.934	-0.015	0.109	-0.075
总资产净利润率(ROA)	0.252	0.939	-0.002	0.142	-0.048
净资产收益率(ROE)	-0.047	0.928	-0.023	0.129	0.142
净利润与利润总额比	-0.024	0.419	-0.174	0.129	0.516
营业利润率	-0.011	0.385	-0.680	-0.047	-0.058
投资收益率	-0.207	0.479	0.310	0.155	0.236
流动比率	0.973	0.024	-0.110	0.120	-0.030

续表

速动比率	0.969	0.014	-0.128	0.115	-0.033
现金比率	0.657	0.207	0.140	0.481	-0.054
资产负债率的倒数(进行正向化处理)	0.913	0.086	-0.086	-0.074	-0.182
总资产周转率	0.031	0.270	0.873	-0.040	-0.166
股东权益周转率	-0.272	0.016	0.870	-0.143	-0.048
总资产增长率	-0.157	-0.059	-0.021	-0.117	0.882
净利润增长率	0.155	0.258	-0.066	0.880	0.054
营业利润增长率	0.060	0.079	-0.070	0.948	-0.075

分析可知，公因子 F1 在流动比率、速动比率、现金比率和资产负债率变量上载荷水平较高，说明该因子可反映选取企业的债务偿还能力，可将其命名为偿债因子。

公因子 F2 在资产报酬率、总资产净利润率等变量上具有较高水平载荷，说明该因子可反映选取企业的盈利能力，将其命名为第一盈利因子。

公因子 F3 在总资产周转率、股东权益周转率等变量上的载荷水平较高，说明该因子能够反映选取企业经营能力，所以命名为经营因子。

公因子 F4 在净利润增长率、营业利润增长率等变量上具有较高水平的载荷，说明该因子可反映选取企业未来发展水平，因此将其命名为发展因子。

公因子 F5 在净利润与净利润总额比、投资收益率等变量上具有较高水平载荷，说明该因子同样反映企业的盈利能力，可将其命名为第二盈利因子。

4. 计算因子得分和综合得分

提取并命名 5 个公因子后，计算出各变量指标在各公因子中所占据的得分，获得因子的得分系数矩阵(表 20)。

Table 20. Component score coefficient matrix
表 20. 成分得分系数矩阵

	成分				
	F1	F2	F3	F4	F5
资产报酬率	0.000	0.305	-0.026	-0.078	-0.119
总资产净利润率(ROA)	0.027	0.296	-0.010	-0.066	-0.082
净资产收益率(ROE)	-0.050	0.292	-0.025	-0.043	0.044
净利润与利润总额比	0.028	0.091	-0.041	0.016	0.418
营业利润率	-0.083	0.164	-0.354	-0.094	-0.160
投资收益率	-0.046	0.124	0.149	0.056	0.178
流动比率	0.319	-0.044	0.028	-0.034	0.114
速动比率	0.317	-0.046	0.019	-0.036	0.109
现金比率	0.180	-0.020	0.125	0.189	0.052
资产负债率的倒数(进行正向化处理)	0.292	0.017	0.011	-0.147	-0.038

续表

总资产周转率	0.051	0.083	0.403	-0.037	-0.076
股东权益周转率	-0.017	0.013	0.394	-0.034	0.005
总资产增长率	0.097	-0.070	0.070	-0.047	0.790
净利润增长率	-0.041	-0.036	0.002	0.457	0.043
营业利润增长率	-0.095	-0.091	-0.014	0.529	-0.076

分别将上表的 15 个数据指标的标准化后数据用 $x_1, x_2, \dots, x_{15}$ 表示，可得因子得分方程，加权计算光伏行业上市公司综合绩效的因子综合得分：

$$F = \frac{22.788}{81.548}F_1 + \frac{22.461}{81.548}F_2 + \frac{14.488}{81.548}F_3 + \frac{13.756}{81.548}F_4 + \frac{8.055}{81.548}F_5$$

将金开能源 2024 年年报披露的各项指标代入上式，得到低碳竞争调整系数： $\alpha = 0.0634$ 。

4.4. 金开新能潜在价值的估算

综上所述，金开新能潜在价值为：

$$\alpha V_2 = 0.0634 \times 1572715.81 = 99726.98 \text{ (万元)}$$

所以金开新能的整体价值为：

$$V = V_1 + \alpha V_2 = 3909597.73 + 99726.98 = 4009324.71 \text{ (万元)}$$

通过查询年报，金开新能 2024 年 12 月 31 日年个股市值与债权价值之和为 4086611.17 万元，与本文构建 FCFF-BS 模型误差率为-1.89%，传统方法计算股东权益价值为 1369217.63 万元，FCFF 模型差异率为-21.23%，相比之下差异率降低 19.34%，表明构建模型对于光伏发电企业价值评估具有合理性与可行性。

5. 研究意义与对策

5.1. 研究意义

- 1) 理论层面，突破传统评估框架的局限，构建融合 ESG 因素与期权思想的光伏发电企业价值评估体系，丰富新能源企业价值评估的理论内涵；
- 2) 实务层面，为投资者、券商、企业管理层等相关主体提供一套可操作的评估方法，助力其更全面、客观地认知企业价值，同时为政策制定者完善新能源行业估值标准提供参考，推动行业资源向具备真实价值潜力的企业集中，希望促进光伏发电行业的高质量发展。

5.2. 对策建议

- 1) 构建“ESG-低碳技术”双轮驱动的价值提升路径

依据 ESG 修正对风险与增长的正向影响，光伏企业可参考华证 ESG 评级维度建立“光伏组件回收利用率”“电站土地合规率”等细分 ESG 指标台账，将 ESG 表现纳入管理层考核，降低融资成本与系统性风险；同时，结合低碳竞争力评估中“发展能力”因子的核心作用，加大钙钛矿电池、光储融合等技术研发投入，通过技术迭代强化期权价值基础，优先在存量电站开展技术改造，提升单位装机的低碳收益贡献，降本增效提升其现有价值。

2) 以新质生产力创新驱动发展

光伏企业可通过培育新质生产力强化潜在期权价值根基，具体可围绕技术突破、人才支撑与数字化转型构建协同体系：聚焦钙钛矿电池、光储融合等前沿技术领域，联合高校科研院所建立产学研创新平台，加快关键技术专利转化以延长项目投资的收益周期，为潜在期权价值提供技术保障。此外，利用工业互联网、大数据技术优化光伏电站运维流程与生产调度效率，降低单位装机成本的同时，提升项目投资的抗风险能力与收益稳定性，进一步放大潜在期权的价值空间，使新质生产力成为驱动企业潜在期权价值增长的核心动能。

基金项目

2023 年度广西高等教育本科教学改革工程项目(项目编号: 2023JGZ187); 广西教育科学“十四五”规划 2021 年度高等教育国际化专项课题(项目编号: 2021ZJY1605); 2023 年广西研究生教育创新计划项目(项目编号: GKYC202341)。

参考文献

[1] 王一如. 基于 FCFF 模型的新能源企业价值评估研究——以 TCL 中环为例[J]. 经济学研究前沿, 2024, 7(12): 128-131.

[2] 武琛昊, 孙启宏, 段华波, 等. 基于生命周期评价的光伏产业技术进步与经济成本分析[J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(3): 957-966.

[3] 刘吉成, 闫文婧, 颜苏莉, 等. 光伏企业价值创造能力评价研究——基于模糊综合评价法[J]. 会计之友, 2019(3): 78-82.

[4] 关博韬. ESG 媒介策略如何影响企业市场价值——基于对新能源行业上市公司的量化研究[J]. 天府新论, 2025(4): 108-123, 155-156.

[5] 张琳, 赵海涛. 企业环境、社会和公司治理(ESG)表现影响企业价值吗?——基于 A 股上市公司的实证研究[J]. 武汉金融, 2019(10): 36-43.

[6] 孟新. 双碳目标下的光伏新能源企业价值评估研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南财经大学, 2022.

[7] 谢非, 杨秋月. “双碳”背景下我国光伏发电企业显隐性价值评估研究[J]. 中国资产评估, 2024(7): 39-50.

[8] 余瑶. 基于 FCFF 和模糊 B-S 模型新能源汽车企业价值评估[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南财经大学, 2023.

[9] 李翔宇, 孙海涛. ESG 表现对企业价值影响分析——以金开新能源股份有限公司为例[J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(5): 212-214, 217.

[10] 杨航. 基于 ESG 评级的企业价值评估案例研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中央财经大学, 2022.

[11] 李航, 李谦. 新能源企业价值评估[J]. 合作经济与科技, 2024(9): 108-110.

[12] 严聪聪. 基于因子分析法的 YG 公司财务竞争力评价研究[J]. 上海商业, 2021(12): 140-141.