

基于模糊物元-PFM期权模型的新能源电池企业价值评估

——以欣旺达公司为例

熊泽鹏¹, 袁中华^{1,2}

¹广西科技大学经济与管理学院, 广西 柳州

²河池学院商学院, 广西 宜州

收稿日期: 2025年11月12日; 录用日期: 2025年12月9日; 发布日期: 2025年12月22日

摘要

随着绿色经济的发展和国家双碳政策的推动, 新能源汽车产业得以高效高质量发展, 带动全产业链条迎来广阔市场前景。作为高度相关的新能源电池行业, 是我国能源结构转型和新型电力系统至关重要的要素。其有关企业的发展为国家和社会所高度重视, 然而大多数企业往往处于发展期, 企业投入和经营风险都较大。因而, 各企业更需要一个行之有效的模型进行价值分析, 找准定位以求更好发展。本文采用模糊物元分析法融合PFM期权模型, 构建模糊物元-PFM期权模型对案例欣旺达公司进行企业价值评估。本文期望探索出适用于新能源电池企业价值评估的新型模型, 并能够为行业及企业的价值管理与评估提供相关参考。

关键词

新能源电池企业, 模糊物元, PFM期权, 企业价值评估

New Energy Battery Enterprise Value Assessment Based on Fuzzy Object Element-PFM Option Models

—Taking the Example of Sunwoda Company

Zepeng Xiong¹, Zhonghua Yuan^{1,2}

¹School of Economics and Management, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou Guangxi

²School of Business, Hechi University, Yizhou Guangxi

Received: November 12, 2025; accepted: December 9, 2025; published: December 22, 2025

Abstract

With the development of green economy and the promotion of national dual-carbon policy, the new energy automobile industry has been able to develop efficiently and with high quality, driving the whole industry chain to usher in a broad market prospect. As a highly relevant new energy battery industry, it is a crucial element in the transformation of China's energy structure and new power system. The development of its related enterprises is highly valued by the state and society, however, most of the enterprises are often in the developmental stage, and the enterprise investment and business risks are greater. As a result, enterprises need a proven model to analyze their value and find a better position for better development. In this paper, we use the fuzzy object element analysis method to integrate the PFM option model, and construct a fuzzy object element-PFM option model to evaluate the enterprise value of the case of Sunwoda Company. This paper expects to explore a new type of model applicable to the value assessment of new energy battery enterprises, and can provide relevant references for the value management and assessment of the industry and enterprises.

Keywords

New Energy Battery Enterprise, Fuzzy Object Element, PFM Option, Enterprise Value Assessment

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

1.1. 现实需要

目前,中国已经成为全球最大的锂电池生产国,2025年锂电池的产量预计突破1000万吨,市场规模可达数千亿人民币。伴随着新能源汽车销量的爆发式增长,电池装机量不断提升。新能源电池行业在全球地位保持领先,市场规模不断持续扩张。但是,新能源电池行业始终面临原材料价格波动、产能过剩以及市场竞争激烈等挑战。在前景光明的现实背景下克服挑战不断发展,是每一个新能源电池企业追求良性发展所必须面对解决的难题。因而,建立一套良好的评估模型帮助企业进行价值自我评估,有益于新能源电池企业和行业的积极发展。

1.2. 理论逻辑

本文在参考相关文献后,发现新能源电池企业的评估模型多是运用EVA模型、市场法或者剩余收益模型为基础进行改良优化应用[1]-[4]。此类模型对新能源电池企业的成熟规模具有一定要求,如具有良好的盈利稳定性和现金或收益的稳定性等。但新能源电池企业行业发展方差较大,多数企业仍处于高速发展期。企业投入成本高,经营风险大,不稳定[4]。基于此,本文根据企业与行业特性,参考学者运用于股权投资领域和新三板企业评估的PFM期权模型[5][6],结合模糊物元分析法,优化整体价值 V_A 和波动率 σ_A 的计算获取[7]。即构建模糊物元-PFM期权模型对新能源电池企业进行企业价值评估,以欣旺达公司作为案例进行实证。

2. 模糊物元-PFM 期权模型概述

2.1. 实物期权模型概念简述

要理解 PFM 期权, 首先需要对实物期权模型有所了解。实物期权理论将公司的权益与债务视作期权, 其中, 权益被视为看涨期权, 债务被视为看跌期权[8]。在实际的案例应用中, 学者们通常以 B-S 期权度量公司各资产之间的价格关系。

其公式如下:

$$V_E = V_A N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{V_A}{X} + (r + \sigma_A^2) T}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad (2)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T} \quad (3)$$

其中, V_A 为企业总体价值, V_E 则表示企业的股权价值; X 代表企业的负债, r 则为无风险利率; T 表示标的资产距离到期日的时间, σ_A 则为企业标的资产价值的波动率; $N(d)$ 为标准正态分布函数。

对上述公式的观察可知, 实物期权模型实际应用的关键在于相关参数的确定。由于企业在市场上交易的并非其所有资产, 即企业整体价值 V_A 及其波动率 σ_A 是无法直接观测的变量, 对其估计存在难度。要确切地计算出企业股权价值 V_E , 其核心的难点在于企业总体价值 V_A 和 σ_A 量值的确定。本文引入多用于信用风险度量的 PFM 期权模型帮助解决这一难题。

2.2. PFM 期权模型概述

PFM 模型的应用思路基于 KMV 模型演化而成。其借助公开市场的可比公司的财务和股价数据, 以有效研究非上市公司的整体价值 V_A 及其波动率 σ_A 。这个模型一方面包括市场对于公司未来的预期, 另一方面包括了传统信用分析方法所需的财务数据, 进而实现了对于非上市公司信用风险的度量。因此, 在多数研究中, PFM 模型多用于信用风险度量[9]。

有学者基于 PFM 模型特性, 在研究基础上, 将 PFM 期权模型用于新三板企业股权价值评估。其考虑了无形资产在成长型企业的重要作用, 同时, 将企业规模对企业价值波动的影响以及资产负债率的因素也考量在内[6], 建立了适用于新三板企业的股权价值评估模型如下:

$$\ln V = a \ln(TA) + b \frac{EBITDA}{TA} + c \frac{IA}{TA} + \varepsilon \quad (4)$$

$$\sigma_A = a \ln(sales) + b \frac{debt}{TA} + \varepsilon \quad (5)$$

其中, TA 代表资产账面价值, IA 既包含无形资产价值, 也包含开发支出的账面价值; $debt/TA$ 表示资产负债率, V 表示企业价值, σ_A 是波动率。

PFM 在实际的应用中, 通常在数据库中依据相同地区与行业, 并且筛选具有相近 EBITDA 的全部上市公司, 或使用中位数法, 或对上市公司进行行业的线性回归, 从而获得整个行业的相关参数, 然后乘以非上市公司的相应参数, 最终计算得出非上市公司的市值。

新能源电池行业目前也属于发展阶段, 绝大多数新能源电池企业仍在成长期。其经营风险较大, 不稳定, 企业价值波动不定。同时, 作为技术行业, 无形资产比重投入较大。这些特点与新三板企业存在一定的共通性。基于此, 本文参考学者对于新三板企业所建立的 PFM 股权价值评估模型, 应用于新能源电池企业的价值评估。同时结合模糊物元的应用。在这个基础上, 本文构建出模糊物元-PFM 期权模型应

用于新能源电池企业价值评估。同时, 根据 PFM 模型公式可知, PFM 期权模型以所筛选的可比公司的 debt/TA, ln (sales), ln (TA), EBITDA/TA, IA/TA 五个数据作为指标, 分别记为 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 。其中, sales, TA 分别意味着企业的营业收入和营业资产, 由于其数额巨大, 本文对其进行对数化处理。并且, 就 PFM 期权模型应用与新能源电池企业价值评估实际而言, 从上文 PFM 模型公式可知, 资产负债率(C_1 :debt/TA)和销售收入(C_2 :sales)与企业价值波动率线性相关, 而总资产(C_3 基础数据)、EBITDA (C_4 基础数据)、无形资产比率(C_5 :IA/TA)与企业价值线性相关。这也是指标计算中所需注意的一点。

2.3. 模糊物元概念概述

模糊物元是模糊数学与物元分析的集合, 在处理评价指标带有不确定性和模糊性的评估场景具有强大的优越性。模糊物元的分析思路是在各类评价要素的基础上, 将事物(M)、特质(C)、量值(X)结合成有序的三元组合(R)。也就是说, 通过 $R=(M, C, X)$ 对描述对象进行评价, 其多运用于工业仪器、工程评价和能力评价领域[10] [11]。影响企业价值评估的因素通常具有模糊性和不相容性等特点, 所以通过模糊物元分析法可以很好地处理多目标决策过程中的模糊性难题并且能够给出有关变量的描述与处理。模糊物元分析法的评价过程如图 1 所示。

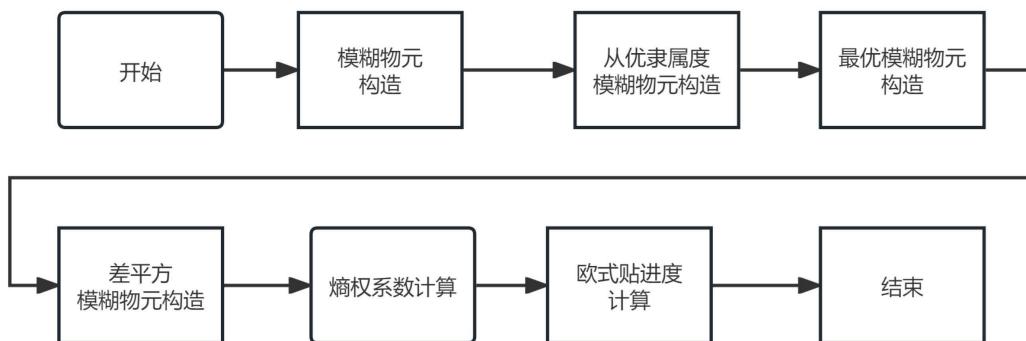


Figure 1. Fuzzy object element evaluation process
图 1. 模糊物元评价过程

2.4. 模糊物元-PFM 期权模型的构建思路

2.4.1. 建立复合模糊物元矩阵

根据前文模糊物元概念表述, 模糊物元将事物(M)、特质(C)、量值(X)结合成有序的三元组合(R)。通过 $R=(M, C, X)$ 来对描述对象进行评价, 即事物描述的基本元。且因为量值存在模糊性的特点, 三元组 R 被称为模糊物元。如图 2 所示:

$$R = \begin{bmatrix} & & C \\ & M & \\ & & x \end{bmatrix}$$

Figure 2. Fuzzy object element triplet R
图 2. 模糊物元三元组 R

一般来说, 一个描述对象往往伴随多个特质。基于此, 对于具有 n 个特征的描述对象, 对其特征记为 C_1, C_2, \dots, C_n , 其对应的量值分别为 x_1, x_2, \dots, x_n 。在这种情况下, R 就成为了 n 维模糊物元。同样的道理, 通过将 m 个事物的 n 维模糊物元组合就可以构成复合模糊物元。即图 3 所示的复合模糊物元矩阵:

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ M_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ M_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Figure 3. Composite fuzzy object element matrix
图 3. 复合模糊物元矩阵

2.4.2. 构建从优隶属度模糊物元矩阵

构建从优隶属度模糊物元组, 需要先对数据进行标准化处理。通常针对指标有越大越优和越小越优两种处理方法[7]。其公式分别如下所示:

$$\text{越大越优型: } U_{ij} = X_{ij} / \max X_{ij} \quad (6)$$

$$\text{越小越优型: } U_{ij} = \min X_{ij} / X_{ij} \quad (7)$$

参考学者在企业价值评估的应用, 本文选择越大越优型确定从优隶属度复合模糊物元矩阵。记为 R'_{mn} , 如图 4 所示。

$$R'_{mn} = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ M_1 & \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{1n} \\ M_2 & \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_m & \mu_{m1} & \mu_{m2} & \dots & \mu_{mn} \end{bmatrix}$$

Figure 4. Fuzzy object element matrix with optimal membership degree
图 4. 从优隶属度模糊物元矩阵

2.4.3. 建立最优模糊物元矩阵

本文需要通过模糊物元确定可比公司, 因此最优模糊物元应当最贴近目标评估公司。基于此, 本文选择目标评估公司的特征数据作为最优模糊物元矩阵。本文即以欣旺达的相关指标数据构建最优模糊物元矩阵。记为 R_{0n} , 如图 5 所示。

$$R_{0n} = \begin{bmatrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ M_0 & \mu_{01} & \mu_{02} & \dots & \mu_{0n} \end{bmatrix}$$

Figure 5. Optimal fuzzy element matrix
图 5. 最优模糊物元矩阵

2.4.4. 构建差幂模糊物元矩阵

本文以绝对值后的 p 次幂作为差幂模糊物元矩阵的各项具体数值。而后, 本文以从优隶属度复合模糊物元与最优模糊物元作差可以得到差幂模糊物元矩阵, 记为 R_{Δ} , 如图 6 所示。

	C_1	C_2	...	C_n
M_1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1n}
M_2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2n}
...
M_m	y_{m1}	y_{m2}	...	y_{mn}

Figure 6. Differential power fuzzy element matrix
图 6. 差幂模糊物元矩阵

在通过模糊物元方法筛选样本公司的过程中, 按照同地区同行业的基准确定范围, 同时考量公司业务的相近度, 如此更有说服力。确定好初筛选样本公司后, 本文以熵值法确定不同指标评价的权重, 而后使用海明贴进度计算各可比公司与被评估公司的接近程度。本文以其接近程度制成排名表, 同时以贴近度数值进行加权作为该可比公司的权重, 最后选取权重排名前五的公司作为可比公司。

2.4.5. 利用熵权法确定特征指标权重

信息熵是系统无序程度的量纲表示。在评估企业价值模型应用中, 熵值表达不同指标在同一特征中的量值差异, 差异越大, 所占权重越大, 在整个评价过程中作用就越大。

(1) 计算熵权值

$$f_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij}, x \in m, j \in n \quad (8)$$

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (9)$$

(2) 相关修正

在整个计算过程中, 为了保证 $\ln f_{ij}$ 的有效性, 需要对 f_{ij} 进行一定的修正。

$$f_{ij} = \frac{1 + x_{ij}}{\sum_{j=1}^m (1 + x_{ij})} \quad (10)$$

(3) 计算特征指标权重

$$W_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j} \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1, j \in n \quad (12)$$

2.4.6. 计算海明贴进度明确可比公司及其权重

海明贴进度是海明距离的归一化结果, 它常被应用于表示两个模糊集合相似程度。就量值而言, 其值越接近 1 表示越相似, 越接近于 0 表示差异越大。由于本文所分析的企业股权价值受多因素影响, 为增加综合评估的科学性, 本文采用海明距离测算目标评估公司与最佳几个可比公司的贴近度。

$$P_{PHj} = 1 - \sum_{i=1}^m W_i (u_{i0} - u_{ij}) \quad (13)$$

其中, P_{PHj} 为海明贴进度, W_i 为特征指标权重; u_{i0} 为标准物元中的目标企业特征指标; u_{ij} 为从优隶属度模糊物元矩阵 R'_{mn} 中的可比公司特征指标。

通过相关计算后, 根据海明贴进度的结果进行高低排列。本文取排名前五的公司作为可比公司。同时需要注意, 可比公司只有与目标评估公司的海明贴进度大于 50%, 才是有效的可比样本。而后, 依据各 5 家公司的海明贴近度的具体值计算其相应权重。

3. 案例分析

3.1. 案例公司基本概述

本文选择的案例公司为欣旺达。其成立于 1997 年, 坐落于广东深圳, 股票代码为 300207。欣旺达是我国新能源材料研发与应用的先驱型市场主体。作为新型储能系统解决方案的全球供应商, 该企业以推动清洁能源技术革新为战略导向, 构建了涵盖锂电核心组件研发、设计与制造的全产业链协同体系。

3.2. 欣旺达公司的财务状况

3.2.1. 偿债能力

Table 1. Sunwoda debt repayment capacity statement

表 1. 欣旺达偿债能力表

	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
流动比率	0.93	0.99	1.10	1.16	1.27
资产负债率	74.59%	76.70%	67.75%	64.69%	59.07%

由表 1 可知, 欣旺达在 2019~2023 年的流动比率大体在 1 左右浮动, 并且总体呈上升态势。理论上较为理想的流动比率一般是 2, 但各行业标准不同, 参考新能源电池行业一般在 1.30 左右, 欣旺达的均值为 1.09。这表示欣旺达的流动资产偿债能力偏弱。而在资产负债率方面, 比例不断下降, 资产负债率越低, 这表明长期偿债能力相对较好。但总体比例仍旧偏高。总结而言, 欣旺达的短期偿债能力仍需优化, 长期偿债能力在不断提高, 需不断改进。

3.2.2. 盈利能力

Table 2. Sunwoda profitability statement

表 2. 欣旺达盈利能力表

	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
销售净利率	2.97%	2.70%	2.29%	1.45%	0.69%
净资产收益率	13.38%	12.73%	11.05%	6.96%	4.93%

由表 2 知, 欣旺达的销售净利率和净资产收益率都呈下降态势, 这表明公司盈利能力的不稳定性和收缩。这主要是由于市场竞争的加剧, 加上我国社会经济的放缓, 各行各业都大范围地面临着市场份额的缩减。为了改善经营, 欣旺达应优化管理, 不断提高自身盈利能力。

3.2.3. 营运能力

由表 3 可知, 欣旺达的存货周转率和应收账款周转率总体都呈现下降趋势, 到 2023 年都降至五年最低水平。这表明公司回款的周期不断缩减, 坏账损失风险也在不断下降。同时, 存货周转率的降低暗示着存货积压现象的抬头。这表明对于欣旺达而言, 经营压力的风险仍旧需要防范, 同时必须出台相应措施改革优化营运体系提升营运能力。

Table 3. Sunwoda operating capability statement**表 3. 欣旺达营运能力表**

	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
存货周转率	5.81 次	5.51 次	5.00 次	5.13 次	4.83 次
应收账款周转率	5.13 次	4.71 次	4.65 次	4.97 次	3.92 次

3.2.4. 发展能力

Table 4. Sunwoda development capability matrix**表 4. 欣旺达发展能力表**

	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
净利润增长率	7.06%	6.79%	14.18%	16.17%	0.77%
营业收入增长率	24.10%	17.64%	25.82%	39.63%	-8.24%

由表 4 可知, 欣旺达在 2019~2022 年, 净利润和营业收入不断增长。但在 2023 年净利率只有微弱的增长, 而营业收入更是负增长。这其中主要是由于在过去的几年间, 新能源行业如火如荼地发展, 带来了良好的市场预期。欣旺达乘着行业的东风得以不断发展, 而在 2022 年底, 疫情的彻底放开, 前期市场压力的释放和社会经济的收缩, 以及市场越来越多竞争者的加入, 使得发展放缓。

3.2.5. 欣旺达公司的生命周期

就企业生命周期的界定而言, 目前学界并没有一个完全统一的标准。本文参考当下较为流行的企业生命周期四阶段进行界定, 即一个企业的生命周期分为“初创期、成长期、成熟期、衰退期”[12] [13]。本文以此作为参考, 并以 Dickinson 的现金流组合法作为标准, 如表 5 所示。同时, 本文结合目标评估企业的相关指标, 来对欣旺达的企业生命周期进行判定[14]。

Table 5. Cash flow characteristics at different life cycle stages**表 5. 不同生命周期阶段的现金流特征**

现金流量	初创期	成长期	成熟期	衰退期
经营现金流	负	正	正	负
投资现金流	负	负	正	正
筹资现金流	正	正	负	负

本文对欣旺达生命周期的判定以现金流组合法为依据, 数据以含评估基准日前推五年为准的结果相对合理。欣旺达 2019~2023 年现金流量如表 6 所示。

Table 6. Cash flow characteristics of Sunwoda from 2019 to 2023. Unit: 100 million yuan**表 6. 欣旺达 2019~2023 年的现金流特征。单位: 亿**

	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
经营活动产生的现金流量净额	7.44	2.44	16.34	5.59	36.18
投资活动产生的现金流量净额	-28.83	-33.62	-37.46	-97.60	-53.61
筹资活动产生的现金流量净额	13.50	37.43	51.94	148.81	42.75

由表 6 可知, 欣旺达在 2019~2023 年的经营活动所产生的现金流量净额有起有浮, 但都为正数, 同时总体呈现上升趋势。而观察 2019~2023 年的投资活动现金流量净额知五年均为负值, 且负值基本呈扩大趋势, 说明企业在经营管理过程中投资需求越来越大。而就融资活动而言, 2019~2023 年间, 融资活动不断上升, 规模不断扩大。由生命周期的现金流量组合理论知, 欣旺达处于成长期阶段。

4. 模糊物元-PFM 期权模型构建

4.1. 评估时点确定

为了检验模型的可靠性和时效性。目前, 欣旺达可获取的年报数据截止在 2023 年。考虑到评估基准日应在当年股票市场最后一个工作日。因此, 本文选择 2023 年 12 月 29 日作为针对欣旺达企业价值评估的基准日。

4.2. 可比公司确定

欣旺达所属行业为电池行业, 其主营业务为锂离子电池研发制造业务。根据同行业业绩业务相似相近原则确定可比公司, 本文以电池行业作为基准参考, 同时要考虑到数据可得性以及数据可靠性。以雪球网的行业划分为基准, 以电池行业名单为范围, 筛选出含 10 家可比公司名单。如表 7 所示。

Table 7. List of 10 selected comparable companies and target company
表 7. 所选 10 家可比公司名单及目标评估公司

可比公司	主营业务	可比公司	主营业务
亿纬锂能	-消费电池 -动力电池 -储能电池的研发、生产和销售	当升科技	-多元材料、磷酸(锰)铁锂、 钴酸锂等锂电池正极材料 -多元前驱体等材料的研发、 生产及销售
国轩高科	-动力锂电池业务板块 -输配电设备两大业务板块	杉杉股份	锂电池负极材料和偏光片业务
湖南裕能	锂电子正极材料研发、生产和销售	容百科技	锂电池三元正极材料及其前驱体的 研发、生产和销售
中伟股份	锂电池正极材料前驱体的研发、 生产、加工及销售	华友钴业	主要从事新能源锂电材料和钴新材料 产品的研发制造业务
德赛电池	-锂电池电源管理系统 -储能电芯及相关封装集成产品 研发、设计、生产及销售业务	格林美	1. 新能源材料制造 2. 城市矿山开采

4.3. 构建模糊物元矩阵

在明确好可比公司之后, 想要明确评估欣旺达的企业价值。如本文前文所述, 需要的指标数据包括反映公司规模的资产 TA、反映科研水平的无形资产比重(无形资产/总资产, 即 IA/TA)、反映偿债能力的资产负债率(总负债/总资产, 即 debt/TA)、反映获利能力的营业收入(以 sales 表示)、反映现金流指标的息税折旧摊销前利润与总资产之比(息税折旧摊销前利润/总资产, 即 EBITDA/TA)。所需数据见表 8。数据较大作对数处理, 结果见表 9。

基于欣旺达的 10 家可比公司的 5 个指标, 本文构建了表 10 的复合模糊物元矩阵 R_{mn} , 并以目标公司欣旺达指标数据构建标准模糊物元矩阵 R_{0n} , 见表 10。

Table 8. Data required for constructing the fuzzy object element matrix
表 8. 构建模糊物元矩阵所需数据

可比公司名称	资产负债率 debt/TA	营业收入 sales	总资产 TA	EBITDA	无形资产比率 IA/TA
亿纬锂能	59.72%	487.84 亿	943.55 亿	56	19.97/943.55
国轩高科	71.90%	316.05 亿	935.93 亿	13.22	50.8/935.93
湖南裕能	57.77%	413.58 亿	267.95 亿	22.13	8.96/267.95
中伟股份	55.10%	342.73 亿	621.86 亿	25.97	16.63/621.86
德赛电池	61.35%	202.85 亿	165.01 亿	12.22	4.36/165.01
当升科技	23.75%	663.04 亿	174.10 亿	22.30	2.86/174.10
杉杉股份	51.33%	190.70 亿	484.75 亿	15.21	20/484.75
容百科技	58.32%	226.57 亿	246.39 亿	11.3	6.56/246.39
华友钴业	64.36%	663.04 亿	1255.20 亿	51.04	39.14/1255.20
格林美	58.76%	305.29 亿	526.32 亿	22.59	23.95/526.32
目标公司名称	资产负债率 debt/TA	营业收入 sales	总资产 TA	EBITDA	无形资产比率 IA/TA
欣旺达	59.07%	478.62 亿	792.61 亿	56.1	6.62/792.61

Table 9. Data required for constructing the fuzzy object element matrix for PFM option indicators
表 9. PFM 期权指标构建模糊物元矩阵所需数据

公司名称	资产负债率 C ₁	ln (sales) C ₂	ln (TA) C ₃	EBITDA/TA C ₄	无形资产比率 C ₅
亿纬锂能	0.5972	24.6107	25.2703	0.0594	0.0212
国轩高科	0.7190	24.1766	25.2622	0.0141	0.0543
湖南裕能	0.5777	24.4455	24.0115	0.0838	0.0334
中伟股份	0.5510	24.2576	24.8534	0.0418	0.0267
德赛电池	0.6135	23.7331	23.5267	0.0741	0.0264
当升科技	0.2375	23.4397	23.5803	0.1281	0.0164
杉杉股份	0.5133	25.9740	24.6043	0.0314	0.0492
容百科技	0.5832	23.8347	23.9276	0.0459	0.0266
华友钴业	0.6436	24.9171	25.5557	0.0407	0.0312
格林美	0.5876	24.1419	24.6866	0.0492	0.0455
欣旺达	0.5907	24.5916	25.0960	0.0708	0.0084

Table 10. Composite fuzzy object element matrix
表 10. 复合模糊物元矩阵

		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
$R_{mn} =$	B ₁	0.5972	24.6107	25.2703	0.0594	0.0212
	B ₂	0.7190	24.1766	25.2622	0.0141	0.0543
	B ₃	0.5777	24.4455	24.0115	0.0838	0.0334

续表

B ₄	0.5510	24.2576	24.8534	0.0418	0.0267
B ₅	0.6135	23.7331	23.5267	0.0741	0.0264
B ₆	0.2375	23.4397	23.5803	0.1281	0.0164
B ₇	0.5133	25.9740	24.6043	0.0314	0.0492
B ₈	0.5832	23.8433	23.9276	0.0459	0.0266
B ₉	0.6436	24.9171	25.5557	0.0407	0.0312
B ₁₀	0.5876	24.1419	24.6866	0.0492	0.0455

Table 11. Standard fuzzy object element matrix**表 11.** 标准模糊物元矩阵

$R'_{0n} =$	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
	M ₀	0.5907	24.5916	25.0590	0.0708

4.4. 构建差幂模糊物元

模糊物元特征指标按照越大越优的标准进行从优隶属度计算, 得到表 12 的从优隶属度模糊物元矩阵 R'_{mn} , 以及其对应的表 13 的从优隶属度标准矩阵 R'_{0n} 。

Table 12. fuzzy object element matrix with optimal membership functions**表 12.** 从优隶属度模糊物元矩阵

$R'_{mn} =$	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
	B ₁	0.8306	0.9475	0.9888	0.4637
B ₂	1	0.9308	0.9885	0.1101	1
B ₃	0.8035	0.9412	0.9396	0.6542	0.6151
B ₄	0.7663	0.9339	0.9725	0.3263	0.4917
B ₅	0.8533	0.9137	0.9206	0.5785	0.4862
B ₆	0.3303	0.9024	0.9227	1	0.3020
B ₇	0.7139	1	0.9628	0.2451	0.9061
B ₈	0.8111	0.9180	0.9363	0.3583	0.4899
B ₉	0.8951	0.9593	1	0.3177	0.5746
B ₁₀	0.8172	0.9295	0.9660	0.3841	0.8379

Table 13. Optimal membership degree standardized matrix**表 13.** 从优隶属度标准矩阵

$R'_{0n} =$	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
	M ₀	0.8216	0.9468	0.9820	0.5527

在得出相应矩阵后, 以从优隶属度矩阵与从优隶属度标准矩阵作差, 即可得到差幂复合物元矩阵 R_{Δ} , 如表 14 所示。

Table 14. Difference power complex element matrix
表 14. 差幂复合物元矩阵

		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
$R_{\Delta} =$	B ₁	0.0090	0.0007	0.0068	0.0890	0.2357
	B ₂	0.1784	0.0160	0.0065	0.4426	0.8453
	B ₃	0.0181	0.0056	0.0424	0.1015	0.4604
	B ₄	0.0552	0.0129	0.0095	0.2264	0.3370
	B ₅	0.0317	0.0331	0.0614	0.0258	0.3315
	B ₆	0.4912	0.0443	0.0593	0.4473	0.1473
	B ₇	0.1076	0.0532	0.0192	0.3076	0.7514
	B ₈	0.0104	0.0288	0.0457	0.1944	0.3352
	B ₉	0.0736	0.0125	0.0180	0.2350	0.4199
	B ₁₀	0.0043	0.0173	0.0160	0.1686	0.6832

4.5. 特征指标权重的确定

本文采用熵权法确定各财务指标权重, 即各评价方案在指标上显示的信息熵越大, 则表明其能够为决策者提供的信息越少, 该指标就越不那么重要。反之, 如果信息熵越小, 则提供的信息越多, 该指标就越重要。计算公式在前文已阐述。

就 PFM 实物期权模型而言, 资产负债率和销售收入与企业价值波动率线性相关, 而总资产、EBITDA、无形资产比率与企业价值线性相关。因此两类指标需要分开计算权重。最终得到各指标权重如表 15 所示。

Table 15. Weighting of various metrics for new energy battery company Sunwoda
表 15. 新能源电池企业欣旺达各指标权重

权重 W_i	资产负债率 C ₁	ln (sales) C ₂	ln (TA) C ₃	EBITDA/TA C ₄	无形资产比率 C ₅
	98.40%	1.60%	1.14%	34.57%	64.29%

4.6. 确定可比公司以及其权重

本文通过海明贴进度来确定与目标公司欣旺达相似度靠前的五家公司。贴进度越高, 则公司越为相近。可比公司排名的排名情况, 见表 16。

Table 16. Comparable company rankings based on indicator weightings
表 16. 基于各指标权重的可比公司排名

公司名称	企业价值的海明贴进度	公司名称	价值波动率的海明贴进度
亿纬锂能	0.8176	格林美	0.9955
德赛电池	0.7773	亿纬锂能	0.9911
当升科技	0.7500	容百科技	0.9893
容百科技	0.7168	湖南裕能	0.9821
中伟股份	0.7050	德赛电池	0.9683
湖南裕能	0.6684	中伟股份	0.9455
华友钴业	0.6486	华友钴业	0.9274

续表

格林美	0.5023	杉杉股份	0.8932
杉杉股份	0.4104	国轩高科	0.8241
国轩高科	0.3075	当升科技	0.5159

海明贴进度的理论要求, 大于 50%方可为可比公司。同时, 本文的核心命题在于企业价值评估, 因此在确定可比公司时, 更多考量企业价值方面的海明贴进度。因此本文确定在企业价值维度海明贴进度的名单排名前五的公司为可比公司。

最终, 本文得到可比公司的企业价值维度的海明贴进度及其对应权重, 也得到了可比公司企业价值波动率维度的海明贴进度及其对应权重。见表 17 与表 18。

Table 17. Haming Tie Progress and weighting of enterprise value for five comparable companies

表 17. 五家可比公司的企业价值的海明贴进度及权重

可比公司	海明贴进度	权重
亿纬锂能	0.8176	21.71%
德赛电池	0.7773	20.64%
当升科技	0.7500	19.91%
容百科技	0.7168	19.03%
中伟股份	0.7050	18.72%

Table 18. Haming's Schedule and weighting for enterprise value volatility of five comparable companies

表 18. 五家可比公司的企业价值波动率的海明贴进度及权重

可比公司	海明贴进度	权重
亿纬锂能	0.9911	22.47%
德赛电池	0.9683	21.96%
当升科技	0.5159	11.70%
容百科技	0.9893	22.43%
中伟股份	0.9455	21.44%

5. 模糊物元-PFM 期权模型的案例应用

5.1. 五家可比公司价值 V_A 的计算

5 家可比公司皆为上市公司。考虑到数据的严谨性, 以 5 家可比公司距离评估基准日的前 60 个交易日的工作日的市值均值作为可比公司的企业价值 V_A 。为了便于后文的计算, 本文对企业价值 V_A 作对数处理。结果如表 19 所示。

Table 19. Enterprise value of five comparable companies

表 19. 五个可比公司的企业价值

	亿纬锂能	德赛电池	当升科技	容百科技	中伟股份
企业价值 V_A	887.33 亿元	96.67 亿元	208.50 亿元	152.60 亿元	337.67 亿元
企业价值对数 $\ln V_A$	25.2089	22.9920	23.7606	23.4485	24.2427

5.2. 五家可比公司的价值波动率 σ_A

价值波动率的研究测算多用 GARCH(1, 1)模型进行计算。本文使用 Matlab 中的 GARCH 工具对 5 家可比公司的 2023 年度的企业价值波动率进行拟合计算。计算结果如表 20 所示。

Table 20. Enterprise value volatility of five comparable companies
表 20. 五个可比公司的企业价值波动率

	亿纬锂能	德赛电池	当升科技	容百科技	中伟股份
价值波动率 σ_A	37.89%	42.15%	38.72%	47.83%	35.64%

5.3. 实物期权模型的到期期限 T

新能源电池行业仍处于一个高速发展且充分竞争的状态, 在这样的市场环境之下, 新能源电池企业的业务经营并不稳定, 市场风险较高, 因此企业的存续期是难以被确定的。但是, 实物期权的评估逻辑是动态的且企业的寿命通常是有限的。通常财务数据应用多以年度进行评估, 基于审慎和客观要求。本文将到期期限 T 设定为 1, 即 1 年为准。

5.4. 目标评估公司的执行价格 X

执行价格 X 是行权时需要支付的成本, 由于总负债是行权时必须承担的义务。因此, 本文将总负债作为执行价格 X 的参照。同时, 由于时间期限设定为 1 年, 执行价格 X 折现 1 年后的结果方为年报所呈现的负债合计总值。通过查询中国人民银行官网, 可知 2023 年 1 年期银行贷款市场利率为 4.35%。查阅 2023 年年报, 可知欣旺达当年负债合计 468.17 亿。

$$\text{执行价格 } X = 468.17 \times (1 + 4.35\%) = 488.54 \text{ (亿元)}$$

5.5. 实物期权模型的无风险利率 r

由于本文的时间期限设定为 1 年, 且评估时点设定在 2023 年。因此, 本文以 2023 年的银行同业拆解利率作为无风险利率 r 。通过查询中国人民银行官网, 所得数据为 3.45%。

5.6. 目标公司评估价值计算

依据前文表格数据中的 5 家可比公司的权重 W_i 以及企业价值 V_A 与企业价值的波动率 σ_A , 通过相应的计算即可得出目标评估公司欣旺达的企业价值和它的企业价值波动率。鉴于在前文中, 可比公司的企业价值我们取了对数, 在计算上也直接使用对数。通过计算, 本文得出评估结果。

欣旺达企业价值计算:

欣旺达 V_A 的对数 $= 25.2089 \times 21.71\% + 22.9920 \times 20.64\% + 23.7606 \times 19.91\% + 23.4485 \times 19.03\% + 24.2427 \times 18.72\% = 23.9496$ 。

欣旺达 $V_A = e^{23.9496} = 251.87$ (亿元)。

欣旺达 $\sigma_A = 37.89\% \times 22.47\% + 42.15\% \times 21.96\% + 38.72\% \times 11.70\% + 47.83\% \times 22.43\% + 35.64\% \times 21.44\% = 40.67\%$ 。

PFM 期权模型的理论基础在于实物期权模型, 依据前文的公式(2)和公式(3), 同时结合前文所得出的到期期限 T 和执行价格 X 以及无风险利率 r 。我们可以求出数据计算所需的 d_1 和 d_2 。最后将相应数据代入公式(1), 最终得出欣旺达的企业价值评估具体值。

$$d_1 = \frac{\ln \frac{V_A}{X} + (r + \sigma_A^2)T}{\sigma_A \sqrt{T}} = -0.3009$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T} = -0.3009 - (0.4067 \times 1) = -0.7076$$

$$V_E = V_A N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$$

$$= 251.87 \times (-0.3009) - 488.54 \times (-0.7076) \times 0.968$$

$$= 258.84 (\text{亿元})$$

综上所述, 本文通过模糊物元-PFM 期权模型, 经过完整计算所得出的欣旺达企业价值评估结果为 258.84 亿元。

6. 结论与展望

6.1. 评估结果与分析

本文所使用的财经数据基于雪球网以及东方财富查阅目标评估公司欣旺达及可比公司的年报获得, 同时基于模型的搭建与演算逻辑, 最终利用模糊物元-PFM 期权模型针对欣旺达在评估基准日 2023 年 12 月 29 日的企业价值评估结果为 258.84 亿。与此同时, 如表 21 所示, 欣旺达当目的股权价值为 274.86 亿。模型评估结果低估了 16.02 亿, 误差结果为 5.83%, 误差较小。这说明了模糊物元-PFM 期权模型对于新能源电池企业价值评估结果具有合理性。

Table 21. Error analysis of evaluation results

表 21. 评估结果误差分析

市值	模型评估结果
274.86 (亿)	258.84 (亿)
误差率	5.83%

6.2. 研究展望

作为全球能源转型和碳中和目标的核心领域, 新能源电池行业近几年呈现爆发式增长的态势。对于其企业价值评估的有效研究对于其自身定位和经营战略有至关重要性。在以往的研究中, 新能源电池企业价值评估的常用方法为 EVA 模型和剩余收益模型, 但是新能源电池行业方差较大, 多数仍处于发展成长期, 上述模型更适用于现金流稳定成熟的相对成熟企业。因此, 新能源电池行业与企业对于针对企业价值评估的创新性模型引入具有潜在需求。基于此, 本文尝试引入 PFM 期权模型针对新能源电池企业进行价值评估, 同时使用模糊物元与 PFM 期权融合, 构建了本文用于企业价值评估的模糊物元-PFM 期权模型。并最终验证了模型对于新能源电池企业价值评估具有一定合理性。这为以后新能源电池企业价值评估提供了更为丰富多元的思路。

但是, 该模型还存在一定的局限性, 本文所使用的数据皆基于财务指标出发, 缺乏对非财务信息的考量, 实际上对于新能源电池企业的成长与发展而言, 非财务指标是不容忽视。在未来的研究中需要不断优化模型, 考虑非财务以及更多维度的因素对于企业价值的影响。

参考文献

- [1] 周明慧. 基于 EVA 模型的宁德时代公司估值分析[J]. 河北企业, 2025, 2(20): 99-102.

- [2] 韦锦义, 刘畅. 基于电池企业价值评估的市场法改进[J]. 长沙大学学报, 2024, 38(1): 74-82.
- [3] 王澜锦. 基于剩余收益模型的新能源汽车企业价值评估研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西师范大学, 2022.
- [4] 朱媛. 基于EVA与模糊B-S组合模型的新能源电池企业价值评估: 以国轩高科为例[J]. 集宁师范学院学报, 2024, 3(19): 82-98.
- [5] 王一辰. 基于PFM的实物期权模型应用在私募股权投资领域的修正[J]. 资本市场, 2021(15): 169-171.
- [6] 金辉, 吴盼盼. 基于PFM模型的新三板企业股权价值评估[J]. 经济数学, 2017, 34(3): 96-103.
- [7] 张江玥. 基于模糊物元-PFM实物期权融合模型的独角兽企业价值评估: 以容百科技为例[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西师范大学, 2023.
- [8] Black, F. and Scholes, M. (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, **81**, 637-659. <https://doi.org/10.1086/260062>
- [9] 王健, 王海生. 非上市公司信用风险的期权定价模型研究[J]. 特区经济, 2007, 1(40): 110-111.
- [10] 王宏, 窦如婷, 喇元, 等. 基于改进模糊物元的输变电设备绿色度评价方法研究[J]. 自动化仪表, 2024, 45(10): 39-48.
- [11] 蔡文冬, 刘昱, 朱城, 等. 基于模糊物元分析法计划调度岗位胜任力评价[J]. 航天工业管理, 2024(12): 6-10.
- [12] 蔡金雨, 赵诗程. 基于生命周期理论的“独角兽”可持续盈利能力分析[J]. 销售与管理, 2024(11): 3-5.
- [13] 朱宁. 基于生命周期理论的企业财务战略研究[J]. 中国产经, 2024(11): 125-127.
- [14] Dickinson, V. (2011) Cash Flow Patterns as a Proxy for Firm Life Cycle. University of Florida.