# 基于熵权-TOPSIS 模型的电网投资评价研究

李玲玲[1]，熊川羽[2]，吴丹丹[1]，李智威[2]，范先国[1]，
张赵阳[2]，王 巍[2]，廖晓红[2]，孙利平[2]

(1. 国网湖北省电力有限公司，武汉 430077；2. 国网湖北省电力有限公司经济技术研究院，武汉 430077)

**摘要**：在当前输配电价监管趋严的背景下，电网企业须通过生产成本投入产出评价推动资源配置优化与核心竞争力提升。针对现有电网生产成本投入产出评价理论权重主观、因果割裂的局限，引入熵权-TOPSIS(逼近理想解排序)模型，构建涵盖人工投入、资产投入、成本投入、效益产出、效率产出 5 大维度的指标体系，筛选人员实配率、资产成新率、平均停电时间等 8 项关键指标，实现投入产出关系的量化映射。通过实证案例，将企业划分为价值创造型、成本优化型、效率领先型、维持现状型 4 类典型模式，并针对性提出差异化资源配置策略。案例验证表明，该方法具有科学性、适用性，可为电网企业生产成本成效评估提供一定的理论依据与实践范式。

**关键词**：电网投资；熵权法-TOPSIS(逼近理想解排序)模型；投资评价；综合效益

**中图分类号**：F426.61；TM715 **文献标志码**：A **文章编号**：1671－1807(2026)13－0284－08

在能源结构加速转型与监管机制持续完善的双重背景下，电网企业作为能源电力系统的核心枢纽，对其成本精益管理能力的有效评价尤为重要。外部政策环境通过强化成本监审体系，对核算规范性和透明度施加刚性约束，迫使企业持续提升成本管控精细化水平；内部精益化管理的纵深推进，则驱动生产成本从传统支出控制模式向价值创造模式转型。在此背景下，科学的成本使用评估成为企业优化资源配置、实现价值创造的核心支撑，而投入产出评价作为其中一种关键量化工具，其科学性与精准性将直接影响成本管理水平和资源配置效率。

当前，电网投资评价研究主要沿着指标体系构建和评价模型创新两大方向展开，呈现出“方法融合化、评价精准化”的发展趋势。

在指标体系研究方面，学者们围绕投资全链条搭建多维度评价框架。潘徽等[1]通过构建多维度指标体系推动成本精细化管理，验证了健全指标体系对管控效能的提升作用；叶雪[2]引入全寿命周期理论，整合电网设备购置、运维、退役全流程成本，实现投资效益的全周期刻画；高欣等[3]、Liu 等[4]引入全寿命周期理论，系统性地整合设备投入至退役全过程成本，证实预算机制可优化全周期资源配置；姚京春等[5]、刘峰和曹倩[6]则从成本结构分解切入，提出人工费、检修费等专项费用的差异化调控策略，为结构性降本提供依据。

在评价模型创新方面，单一评价模型的局限性逐渐显现，主客观赋权融合、多方法协同成为主流研究方向。传统评价方法中，层次分析法(analytic hierarchy process，AHP)、模糊综合评价法等依赖专家经验的主观赋权方法，存在权重设定随意性大、抗干扰性弱的缺陷，难以满足客观评价需求；数据包络分析(data envelopment analysis，DEA)虽可实现效率评价，但对异常值敏感，且无法有效解决多指标权重自适应优化问题。为突破上述局限，刘科研等[7]在配电网各类工程投资中采用熵权法、主成分分析(principal component analysis，PCA)法构建客观赋权框架，显著降低主观

**收稿日期**：2026-03-02

**作者简介**：李玲玲(1985—)，女，湖南娄底人，中级会计师，研究方向为电网资产、财务管理；熊川羽(1989—)，男，湖北荆州人，高级会计师，研究方向为电网资产、工程技术经济管理；吴丹丹(1980—)，女，湖北荆州人，高级会计师，研究方向为电网资产、财务管理；李智威(1987—)，男，湖北武汉人，博士，正高级工程师，研究方向为电网资产、技术经济；范先国(1975—)，男，湖北黄冈人，正高级会计师，研究方向为电价管理；张赵阳(1991—)，男，湖北黄冈人，高级工程师，研究方向为电网资产、设备管理；王巍(1990—)，男，湖北鄂州人，高级工程师，研究方向为电网资产、技术经济；廖晓红(1974—)，女，湖北荆门人，高级经济师，研究方向为技术经济；孙利平(1972—)，男，湖北武汉人，高级工程师，研究方向为电网资产、技术经济。

权重偏差,但指出指标降维导致原始指标意义丢失、业务解释性弱化等局限性。罗超等[8]在电力上市公司经营效率评价中应用DEA模型评估多决策单元效率,有效规避了权重预设问题,但该模型评价结果是一个相对可改进程度,在提供绝对全面改进结果上还存在欠缺。唐学军等[9]、郭晨鋆等[10]在电力行业投资中,应用主客观综合赋权方法,实现了数据信息的客观性与专家偏好主观性的良好结合。孟敬和夏沛[11]在发电项目投资决策评价中,通过横向对比熵权-TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution,逼近理想解排序法)与单一熵权法、PCA法的综合得分值,发现其最优方案决策结果基本一致,验证了熵权-TOPSIS法在电力行业投资评价中的适用性。

熵权-TOPSIS模型通过"客观赋权-距离排序"双机制融合,能够从源头抑制主观偏差、实现跨单元可比排序,显著提升评价稳定性与决策解释力。现通过构建"投入要素-熵权权重-TOPSIS距离-产出效能"的传导链路,量化不同投入规模、结构对产出排序的边际贡献,明确"投入配置→评价结果→效能差异"的因果逻辑,使资源配置建议可追溯、可验证,为电网企业的成本优化与资源配置效率提升提供兼具理论支撑与决策参考。

## 1 指标体系构建与评价模型

### 1.1 指标体系构建

基于投入与产出双维度搭建评价指标体系,旨在全面刻画电网经营单位在资源投入配置与运行产出效能方面的综合表现。其中,投入维度包含人工投入、成本投入、资产投入[①] 3大核心要素。人工投入聚焦人力资源配置合理性;成本投入体现成本管控效率;资产投入衡量资产规模与年限均衡性。产出维度涵盖效益产出与效率产出两大关键领域,其中效益产出反映企业盈利水平与服务质量,效率产出体现电网运行效率。

为确保所选指标能够真实反映企业投入与产出的关键特征,在指标体系构建中严格遵循两项原则:①采用相对值指标,通过标准化处理剔除企业规模、资产体量、人员编制等客观差异导致的规模效应,确保不同体量企业间评价结果的横向可比性;②兼顾指标的可操作性、全面性与独立性,所选指标均来自企业常规统计口径,覆盖投入产出全链条核心环节,且通过相关性检验剔除冗余指标,最终形成兼具代表性、普适性与数据可得性的指标集合,为模型的有效运行提供可靠支撑。具体指标设置见表1。

### 1.2 数据来源

研究数据主要来自电网企业设备运维检修相关管理系统。具体而言,人员数据来自人资系统,资产数据来自ERP(企业资源计划系统)系统,成本数据来自财务系统,售电量数据来自网上电网系统,停电数据来自配电系统,所有指标均无缺失数据,部分指标数据由二次计算获得。

### 1.3 评价模型

TOPSIS法作为一种经典的多指标综合评价方法,其核心逻辑是通过测算各评价对象与正理想解、负理想解的欧氏距离,量化对象间的相对优劣程度[12],适用于多维度、多目标的绩效排序场景。熵权法属于客观赋权方法,其原理是基于指标信息熵的大小确定权重,信息熵越小,表明指标数据的离散程度越高、信息承载量越大,相应权重越高,可有效规避主观赋权带来的偏差[13]。

**表1 投入产出指标体系**

| 一级指标 | 二级指标 | 指标测度 | 指标性质 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| 人工投入 | 人员实配率 $x_1$ | 实配人员数量/定员人员数量 | 正向 | — |
| 资产投入 | 资产成新率 $x_2$ | 资产净值/资产原值 | 正向 | — |
| 成本投入 | 单位资产成本 $x_3$ | 生产成本/资产原值 | 负向 | 元/万元 |
| | 检修三费占比 $x_4$ | (自营材料费+外包材料费+外包检修费)/生产成本 | 正向 | — |
| 效益产出 | 单位资产售电量 $x_5$ | 售电量/资产原值 | 正向 | (kW·h)/元 |
| | 平均停电时间 $x_6$ | 平均停电时间 | 负向 | 小时 |
| 效率产出 | 单位人员运维资产量 $x_7$ | 资产原值/实配人员 | 正向 | 万元/人 |
| | 单位资产外包费用 $x_8$ | 外包检修费/资产原值 | 负向 | 元/万元 |

①生产成本投入一般分为成本性投入和资本性投入。资本性投入指电网企业为获取或升级长期资产而发生的支出,该类支出形成固定资产、无形资产等长期资产,在本文中用来指代通过基建、技改等方式形成资产投入;成本性投入指电网企业为维持日常运营而发生的持续性支出,不形成长期资产,在本文中用来指代设备维护、线路巡检等方式支出形成的成本投入。

鉴于生产成本投入产出评价的多维度特征，通过构建熵权-TOPSIS 模型，形成电网企业生产成本投入产出综合评价体系。其中，投入维度指标聚焦各类电网设备购置成本、材料消耗成本、人力资源配置成本等核心资源要素；产出维度指标则覆盖售电量、平均停电时间等要素，实现对资源投入与产出效率匹配关系的全面刻画。该模型的优势在于：一方面，通过熵权法客观赋予指标权重，消除人为主观偏好对评价结果的干扰；另一方面，借助 TOPSIS 法对多维度指标进行综合排序，精准反映各企业的相对绩效水平，双重机制共同提升评价结果的科学性与公正性。

数据处理如下：

(1)构建原始数据矩阵。根据所给的 $m$ 个评价指标和 $n$ 个评价对象，构建出一个 $m \times n$ 的原始数据矩阵 $\boldsymbol{A} = (a_{ij})_{m\times n}$。其中 $i = 1,2,\cdots,m$，$m$ 代表指标数量，$j = 1,2,\cdots,n$，$n$ 代表选取评价企业数量；$a_{ij}$ 表示第 $i$ 个评价指标处于第 $j$ 个评价对象下的评价值，反映评价对象某一指标的原始数据。

(2)数据标准化处理。标准化处理主要是为了保证数据的可比性。区分正向性指标和负向性指标，针对不同的指标进行相应的数据标准化处理，得到标准化后的矩阵 $\boldsymbol{B} = (b_{ij})_{m\times n}$。$b_{ij}$ 为对原始指标 $a_{ij}$ 进行消除量纲与量级差异处理后的指标值。为消除 0 值对评价结果的影响，标准化后的指标数据整体平移 0.000 1 个单位，以保证数值的有效性。

其中，对于正向性指标 $x_1$、$x_2$、$x_4$、$x_5$、$x_7$，利用式(1)将其标准化：

$$b_{ij} = \frac{a_{ij} - a_j^{\min}}{a_j^{\max} - a_j^{\min}} \tag{1}$$

式中：$a_j^{\min}$、$a_j^{\max}$ 为指标 $j$ 的最小值和最大值。

$b_{ij}$ 越接近 1，说明该企业在该指标上表现越好，其中 $i = 1,2,4,5,7$。

对于负向性指标 $x_3$、$x_6$、$x_8$，利用式(2)将其标准化：

$$b_{ij} = \frac{a_j^{\max} - a_{ij}}{a_j^{\max} - a_j^{\min}} \tag{2}$$

$b_{ij}$ 越接近 1，说明该企业在该指标上表现越好，其中 $i = 3,6,8$。

(3)计算各人员实配率、资产成新率、单位资产外包费用等指标对于所有电网企业的相对比例 $p_{ij}$。

$$p_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} b_{ij}^{n}} \tag{3}$$

(4)计算指标的熵值 $e_i$。

$$e_i = -\frac{1}{\ln n}\sum_{j=1}^{n}(p_{ij}\ln p_{ij}) \tag{4}$$

熵值 $e_i$ 越小，说明该指标在不同企业之间的数据离散度越高，差异越大；$e_i$ 越接近 1，说明各企业在该指标上表现趋同，区分度弱，信息价值低。

(5)计算差异性系数 $g_i$。

$$g_i = 1 - e_i \tag{5}$$

差异性系数 $g_i$ 与信息熵值 $e_i$ 负相关，$e_i$ 越小，$g_i$ 越大，说明该指标对评价电网企业投入产出水平的贡献潜力越大。

(6)计算指标的熵权 $w_i$。

$$w_i = \frac{g_i}{\sum_{i=1}^{m} g_i} \tag{6}$$

$w_i$ 直接反映指标在整个评价体系中的重要程度，权重越大，说明该指标对电网企业投入产出评价结果的影响越显著，需在综合评价中重点关注。通过计算得出各指标信息的熵，从而得到评价指标权重，见表 2。

(7)构建加权标准化矩阵 $C_{ij}$。

$$C_{ij} = b_{ij}w_i \tag{7}$$

通过权重 $w_i$ 对标准化指标 $b_{ij}$ 进行重要性调整，权重越大的指标，其对应的 $C_{ij}$ 对评价结果的影响越大，后续计算中对“距离”的贡献更显著。

(8)确定正、负理想解。其中正理想解 $C_i^+$ 的公式表示为

$$C_i^+ = (C_1^+, C_2^+ \cdots, C_m^+) \tag{8}$$

正理想解，在每个指标上的表现均为所有评价对象中的最佳水平，是评价对象努力靠近的目标。

负理想解 $C_i^-$ 的公式表示为

$$C_i^- = (C_1^-, C_2^- \cdots, C_m^-) \tag{9}$$

负理想解在每个指标上的表现均为所有评价

**表 2　投入产出指标权重**

| 一级指标 | 二级指标 | 指标性质 | 权重 |
|---|---|---|---|
| 人工投入 | 人员实配率 $x_1$ | 正向 | 0.072 0 |
| 资产投入 | 资产成新率 $x_2$ | 正向 | 0.194 4 |
| 成本投入 | 单位资产成本 $x_3$ | 负向 | 0.114 5 |
| | 检修三费占比 $x_4$ | 正向 | 0.208 4 |
| 效益产出 | 单位资产售电量 $x_5$ | 正向 | 0.094 8 |
| | 平均停电时间 $x_6$ | 负向 | 0.049 1 |
| 效率产出 | 单位人员运维资产量 $x_7$ | 正向 | 0.166 9 |
| | 单位资产外包费用 $x_8$ | 负向 | 0.099 9 |

对象中的最差水平,是评价对象需远离的目标。

正理想解:

$$C_i^+ = \begin{cases} \max C_{ij}, & i \text{ 为极大型属性} \\ \min C_{ij}, & i \text{ 为极小型属性} \end{cases}, i=1,2,\cdots,m \tag{10}$$

负理想解:

$$C_i^- = \begin{cases} \min C_{ij}, & i \text{ 为极大型属性} \\ \max C_{ij}, & i \text{ 为极小型属性} \end{cases}, i=1,2,\cdots,m \tag{11}$$

(9)计算欧式距离。

评价对象到正理想解的距离 $d_j^+$ :

$$d_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (C_{ij} - C_i^+)^2}, \ j = 1,2,\cdots,n \tag{12}$$

$d_j^+$ 越小,说明该电网企业与"最优标杆"的差距越小,整体运营水平越优。

评价对象到负理想解的距离 $d_j^-$ :

$$d_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (C_{ij} - C_i^-)^2}, \ j = 1,2,\cdots,n \tag{13}$$

$d_j^-$ 越大,说明该电网企业与"最劣标杆"的差距越大,整体运营水平越优。

(10)计算相对贴近度 $D_j$ ,得到各评价对象的最优序。

$$D_j = \frac{d_j^-}{d_j^- + d_j^+}, \ j = 1,2,\cdots,n \tag{14}$$

$D_j$ 越接近 1,说明评价对象越接近正理想解,整体表现越好; $D_j$ 越接近 0,说明评价对象越接近负理想解,整体表现越差。$D_j$ 的大小可直接对所有电网企业进行排序,确定各企业的相对优劣。

下一步,根据权重进行分析,可得出各评价指标到正、负理想解的空间距离及相对贴近度,然后对企业进行综合排名,并根据总体投入得分、产出得分的量化阈值绘制波士顿矩阵(BCG Matrix),划分为4 类进行综合评价。

## 2 案例分析

### 2.1 电网企业基本情况

以某省电力有限公司为例,其以电网建设、管理和运营为核心业务,拥有 14 家地市供电公司,已经成为全面承接特高压输送电能、以 1 000 kV 电网为核心、以 500 kV 电网为骨干、以 220 kV 电网为主体、110 kV 及以下电网覆盖全省城乡、供电人口达到 6 000 万人的现代化大电网。下属 14 家供电公司具有高度一致的业务属性与运营基准:①主营业务范围完全重合,均聚焦于电力输配与供应核心领域;②执行统一的经营管理范式,组织架构与业务流程保持同质;③采用标准化会计核算体系,成本计量口径与分摊规则严格一致;④运检设备的技术标准、型号规格及服役环境具有同质性;⑤面向各类用电用户执行统一的供电服务规范与质量标准。上述特征有效规避了因样本异质性可能导致的系统性偏差,为投入产出效率的横向对比与深度分析奠定了坚实的数据基础。基于以上选取样本信息,对投入产出各项指标进行详细计算,相关标准化后的指标计算结果见表 3。

### 2.2 指标耦合分析

根据各指标标准化值,使用 SPSS 计算斯皮尔曼等级相关系数,结果见表 4。结合显著性检验结果,系统剖析电网企业投入指标与效益产出、效率产出两类核心产出指标的耦合关系,明确各投入指标对产出效能的作用方向、影响强度及显著性特征,揭示电网投入产出的内在作用机制,为资源优化配置提供量化依据。

**表 3 各供电公司标准化指标值**

| 供电公司 | 人员实配率 | 资产成新率 | 单位资产成本 | 检修三费占比 | 单位资产售电量 | 平均停电时间 | 单位人员运维资产量 | 单位资产外包费用 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| J | 0.47 | 0 | 0.25 | 0.69 | 0.33 | 0.95 | 0.19 | 0 |
| G | 0.53 | 0.96 | 0.08 | 0.03 | 0.15 | 0.46 | 0 | 0.13 |
| B | 0.50 | 0.44 | 0.53 | 0.75 | 1.00 | 0.85 | 0.43 | 0.38 |
| H | 0.61 | 0.22 | 0.58 | 0.37 | 0.38 | 0.76 | 0.28 | 0.59 |
| N | 0.44 | 0.04 | 0.13 | 0 | 0.45 | 0.82 | 0.10 | 0.35 |
| F | 1.00 | 1.00 | 0.34 | 0.01 | 0 | 0.64 | 0.03 | 0.46 |
| M | 0.48 | 0.11 | 0 | 0.23 | 0.32 | 0 | 0.21 | 0.16 |
| E | 0.19 | 0.30 | 0.63 | 0.74 | 0.42 | 0.76 | 0.37 | 0.52 |
| D | 0.70 | 0.47 | 0.47 | 0.68 | 0.40 | 0.51 | 0.31 | 0.34 |
| C | 0.49 | 0.37 | 1.00 | 0.28 | 0.41 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| K | 0.79 | 0.01 | 0.39 | 0.32 | 0.60 | 0.80 | 0.17 | 0.35 |
| A | 0.54 | 0.82 | 0.60 | 1.00 | 0.22 | 0.74 | 0.20 | 0.24 |
| L | 0.32 | 0.28 | 0.29 | 0.05 | 0.33 | 0.81 | 0.26 | 0.44 |
| I | 0 | 0.63 | 0.37 | 0.18 | 0.24 | 0.63 | 0.22 | 0.45 |

**表 4　斯皮尔曼相关性及显著性检验结果**

| 投入指标 | | | 产出指标 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 效益产出 | | 效率产出 | |
| | | | 单位资产售电量 | 平均停电时间 | 单位人员运维资产量 | 单位资产外包费用 |
| 人工投入 | 人员实配率 | 相关系数 | −0.099 | −0.202 | −0.248 | −0.070 |
| | | 显著性(单尾) | 0.368 | 0.244 | 0.196 | 0.405 |
| 资产投入 | 资产成新率 | 相关系数 | −0.559* | −0.473* | −0.042 | 0.145 |
| | | 显著性(单尾) | 0.019 | 0.044 | 0.444 | 0.310 |
| 成本投入 | 单位资产成本 | 相关系数 | 0.361 | 0.341 | 0.697** | 0.634** |
| | | 显著性(单尾) | 0.102 | 0.116 | 0.003 | 0.007 |
| | 检修三费占比 | 相关系数 | 0.317 | 0.202 | 0.538* | −0.075 |
| | | 显著性(单尾) | 0.135 | 0.244 | 0.023 | 0.400 |

注：*、**分别表示 $P<0.05$、$P<0.01$。

由表 4 可知，电网各投入维度对产出的影响具有针对性与差异性，无单一指标可同时驱动效益、效率提升，核心规律如下。

(1)人工投入与产出无显著耦合。人员实配率与各项产出指标相关系数为−0.248～−0.070，显著性均＞0.05，单纯人员数量配置未直接驱动效益、效率提升，反映出部分企业人力资源冗余或能力与岗位不匹配的问题。

(2)资产投入与效益产出显著负相关耦合。资产成新率与单位资产售电量($r=-0.559$)、平均停电时间($r=-0.473$)显著负相关，一定程度上符合电网实际运行规律，根据浴盆曲线理论，新投设备处于早期故障期，安装调试与磨合问题多，导致停电时间更长；新投设备一般负荷接入滞后，短期负荷利用率偏低，单位资产售电量低于成熟网架；另外，效益产出受区域经济、地理条件、网架成熟度等多重外部约束，单一指标无法线性解释。

(3)成本投入与效率产出显著正相关耦合。单位资产成本与单位人员运维资产量、单位资产外包费用均呈极显著正相关($r=0.697$、0.634)，检修三费占比与单位人员运维资产量显著正相关($r=0.538$)，成本投入规模与结构直接决定运维效率，但成本投入与效益产出无显著关联。

### 2.3　综合得分计算

基于评价模型对表 3 数据进行处理，计算得出 14 家样本供电公司综合得分，结果见表 5。同时，采用波士顿矩阵分析方法，以投入得分均值、产出得分均值为量化划分阈值，将 14 家供电公司划分为价值创造区、成本优化区、效率领先区、稳健运营区 4 类，实现企业类型的科学、可复制划分，划分结果如图 1 所示。

由表 5 可知，14 家企业的综合投入产出加权平

**表 5　综合得分及投入产出比**

| 供电公司 | 人工投入 | | 资产投入 | | 成本投入 | | 效益产出 | | 效率产出 | | 综合得分 | 排名 | 投入产出比值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 得分 | 排名 | 得分 | 排名 | 得分 | 排名 | 得分 | 排名 | 得分 | 排名 | | | |
| C | 0.035 4 | 8 | 0.071 3 | 7 | 0.173 5 | 5 | 0.088 2 | 3 | 0.266 8 | 1 | 0.156 3 | 1 | 1.158 8 |
| A | 0.039 2 | 5 | 0.159 4 | 3 | 0.276 6 | 1 | 0.057 1 | 10 | 0.057 3 | 9 | 0.146 6 | 2 | 0.190 9 |
| B | 0.036 2 | 7 | 0.085 0 | 6 | 0.217 8 | 3 | 0.136 4 | 1 | 0.110 6 | 3 | 0.138 6 | 3 | 0.549 2 |
| E | 0.013 5 | 13 | 0.058 2 | 8 | 0.225 2 | 2 | 0.077 4 | 6 | 0.114 7 | 2 | 0.126 7 | 4 | 0.490 6 |
| D | 0.050 4 | 3 | 0.090 6 | 5 | 0.194 7 | 4 | 0.062 9 | 9 | 0.086 4 | 6 | 0.116 2 | 5 | 0.381 7 |
| H | 0.043 8 | 4 | 0.042 3 | 10 | 0.143 5 | 7 | 0.073 7 | 7 | 0.104 7 | 4 | 0.096 2 | 6 | 0.667 2 |
| I | 0 | 14 | 0.122 7 | 4 | 0.079 1 | 9 | 0.053 7 | 11 | 0.082 6 | 7 | 0.079 2 | 7 | 0.603 2 |
| J | 0.034 0 | 10 | 0 | 14 | 0.173 0 | 6 | 0.078 0 | 5 | 0.031 3 | 13 | 0.077 9 | 8 | 0.336 2 |
| F | 0.072 0 | 1 | 0.194 5 | 1 | 0.041 1 | 12 | 0.031 5 | 13 | 0.050 5 | 11 | 0.074 3 | 9 | 0.319 7 |
| K | 0.056 8 | 2 | 0.001 4 | 13 | 0.111 2 | 8 | 0.095 7 | 2 | 0.063 9 | 8 | 0.071 1 | 10 | 0.764 3 |
| L | 0.023 4 | 12 | 0.054 9 | 9 | 0.044 1 | 11 | 0.071 1 | 8 | 0.087 0 | 5 | 0.060 0 | 11 | 1.255 6 |
| G | 0.037 9 | 6 | 0.186 2 | 2 | 0.014 9 | 14 | 0.037 4 | 12 | 0.013 4 | 14 | 0.052 7 | 12 | 0.203 7 |
| M | 0.034 8 | 9 | 0.020 5 | 11 | 0.048 7 | 10 | 0.030 7 | 14 | 0.049 9 | 12 | 0.040 0 | 13 | 0.797 3 |
| N | 0.031 8 | 11 | 0.006 9 | 12 | 0.014 9 | 13 | 0.082 9 | 4 | 0.052 0 | 10 | 0.034 3 | 14 | 3.035 3 |
| 平均值 | 0.036 4 | — | 0.078 1 | — | 0.125 6 | — | 0.069 8 | — | 0.083 7 | — | 0.090 7 | — | 0.554 8 |

注：投入产出比值＝产出得分/投入得分。

均值为0.090 7,高于几何平均值0.071 4,表明整体运营效率水平适中。其中,C、A、B 3家企业排名前3,说明其投入产出匹配度高、资源配置能力较强;而G、M、N企业得分居后,存在效率较低的问题,需重点关注成本控制与管理优化。由于综合得分由5项一级指标综合计算得出,得分偏低的原因可能来源于投入冗余或产出不足,需进一步分项分析。

在人工投入方面,F企业得分最高,为0.072 9,人员实配率112.50%,高于企业平均值90.29%;I企业得分最低,实配率仅为72.54%。人员配置不足,易导致关键设施的定期巡检频次不足、隐患排查深度不够,进而显著增加安全事故发生风险。建议人员配置偏低单位根据业务需求科学评估岗位设置,适当补员。

在资产投入方面,F企业得分最高,为0.194 5,资产成新率为51.71%;J企业得分最低,资产成新率仅为38.91%,低于企业平均水平43.57%。资产成新率偏低易引发高额的维修、管理成本,建议加强设备更新与维护,提升资产使用效率。

在成本投入方面,A企业得分最高,为0.276 6,单位资产成本391.99元/万元、检修三费占比54.42%;G企业得分最低,单位资产成本高达639.09元/万元,检修三费占比较低,为35.95%。表明部分企业成本投入结构失衡问题突出,存在资源错配与浪费现象,未能实现投入效益最大化。建议相关企业加强成本结构管理,厘清各项支出必要性,结合设备状态与县域特点优化配置。

在效益产出方面,B企业得分最高,为0.136 4,单位资产售电量为2.33 kWh/元、平均停电时间为3.77 h,显著优于平均水平;M企业得分最低,售电量偏低、停电时间长。投入资产未能有效转化为效益,建议通过优化电网结构、激发用电需求、引入智能设备提升运维效率,降低停电时间。

在效率产出方面,C企业得分最高,为0.266 8,单位人员运维资产量达4 331.81万元/人、外包费用较低;G企业得分最低,运维资产量仅797.76万元/人、外包费用高达195.05元/万元。效率低下或表明过度依赖外包、内部运维能力薄弱。建议优化运维流程、强化员工培训,引入自动化手段,提升自身运维能力并合理控制外包支出。

由图1可知,4类企业在投入强度与产出效能上呈现明显分化,投入高并不必然带来产出高,产出优也未必依赖高投入,表明资源配置结构与转化效率是决定投入产出成效的关键,而非单纯投入规模。4类企业特征如下。

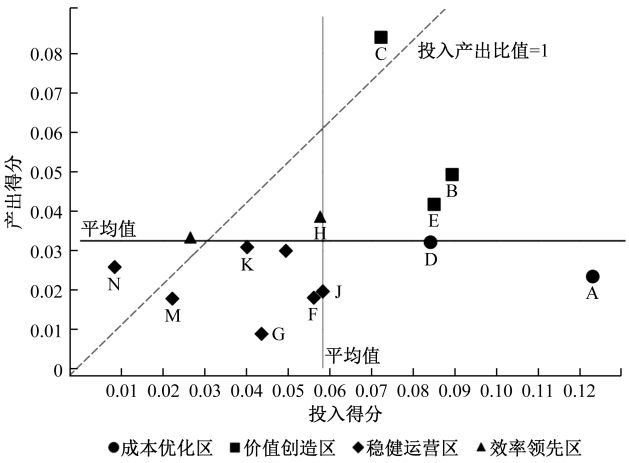



**图1 投入产出波士顿矩阵分析**

(1)价值创造区企业(C、B、E)投入得分均超0.082,产出得分稳居前列,核心指标协同性好,是电网企业投入产出优化的标杆。

(2)成本优化区企业(D、A)投入得分分别达0.084 1、0.123 1,远高于平均水平,但产出得分偏低,核心问题为资源投入结构失衡、转化效率低。

(3)效率领先区企业(H、L)投入得分低于0.06,却实现中等偏上的产出,投入产出比分别达0.667 2、1.255 6,资源配置效率优势显著。

(4)稳健运营区企业共7家,占比50%,该类企业或投入不足(N、M)或产出能力弱(F、J)或指标短板突出(如I人工投入不足、G检修成本结构失衡),是电网企业效率提升的重点关注对象。

### 2.4 对策建议

基于上述综合得分分析、指标耦合关系探究及企业类型量化划分,结合各地市供电企业的核心指标短板、投入产出特征,提出差异化、可落地、可量化的发展路径与实施策略,同时明确策略实施的保障机制,实现因地施策、精准施策,全面提高企业电网综合效率,具体见表6。

为确保上述差异化策略落地执行,应从考核标准、协同机制、资金配置、监督管理4个维度建立健全保障机制,具体如下。

(1)建立量化考核标准,强化绩效导向。将各企业的量化实施目标纳入年度绩效考核体系,设置“投入产出效率”核心考核指标。对完成量化目标的企业给予绩效考核加分及奖金激励;对未完成目标的企业要求制定整改计划,整改完成情况与后续资源配置挂钩。

**表 6　分类型差异化策略**

| 企业类型 | 供电单位 | 核心短板 | 具体落地路径 |
|---|---|---|---|
| 价值创造区 | C、B、E | C：成本投入偏高；B：资产成新率待提升；E：人工投入不足 | 1. 精益化管控成本，优化检修三费结构；2. 稳步推进设备更新，提升资产成新率；3. 科学补配核心岗位人员，强化运维能力培训 |
| 成本优化区 | D、A | D：单位人员运维资产量偏低，人力资源效率低；A：单位资产售电量偏低，资产盈利转化能力弱，外包费用偏高 | 1. D：优化人员排班机制，推进运维作业标准化，提升人均运维效率；2. A：优化电网网架结构，挖掘用电需求，严控外包成本，提升自主检修能力 |
| 效率领先区 | H、L | H：检修三费占比偏低，自主检修能力待加强；L：资产成新率偏低，电网基础待完善 | 1. 加大自主检修投入，提升检修三费占比，减少对外包的依赖；2. 争取电网改造资金，逐步提升资产成新率，夯实电网运营基础 |
| 稳健运营区 | N、M、K、I、F、J、G | N：投入不足，资产成新率低；M：平均停电时间长，运维效能低；K：人员实配率待提升；I：人工投入严重不足；F：单位资产售电量低；J：资产成新率极低；G：检修三费占比极低，过度依赖外包 | 1. 资产短板型（N、J）：重点推进设备更新，提升资产成新率；2. 效益短板型（F、M）：优化电网运维，降低平均停电时间，挖掘售电潜力；3. 人工短板型（K、I）：科学补配人员，强化技能培训；4. 成本结构型（G）：加大自主检修投入，降低外包依赖 |

（2）构建跨部门协同机制，实现资源整合。成立投入产出效率提升专项工作小组，由公司领导牵头，统筹人资、财务、运检等核心部门。建立跨部门月度沟通会议机制，共享指标数据，明确各部门职责边界，协调解决策略实施中的跨部门问题，形成“分工明确、协同高效”的工作格局。

（3）优化资金配置机制，明确投入优先级。建立基于投入产出效率的资金配置机制，将资金向效率领先区、价值创造区企业倾斜，优先保障设备更新、自主检修能力提升、人员培训等核心项目的资金需求。对成本优化区企业，实行资金“按效分配”，根据其资源配置优化进度逐步释放资金；对稳健运营区企业，针对其核心短板设立专项整改资金，实行“专款专用、闭环管理”。同时，建立资金使用效益评估机制，对资金投入后的指标提升效果进行跟踪评价，确保资金投入与产出效率提升相匹配。

（4）完善监督管理机制，实现动态跟踪。搭建电网投入产出效率动态监控平台，整合各系统指标数据，实现人员、资产、成本、效益、效率 5 类指标的实时监测、自动分析与预警。对 4 类企业分别建立专项监控台账，按月跟踪指标变化及策略实施进度，对指标偏离目标值的情况及时发出预警，督促企业制定整改措施。

## 3　结论

聚焦传统评价方法存在的主观性依赖、因果链断裂与场景适配滞后等核心局限，创新性构建了基于熵权-TOPSIS 的投入产出评价体系。通过系统整合人工投入、资产投入、成本投入、效益产出、效率产出 5 大维度，凝练出人员实配率、资产成新率、平均停电时间等 8 项关键指标，形成了覆盖资源投入全要素与产出效能核心成果的评价框架。借助熵权法客观量化指标信息熵生成权重，从源头消除主观偏差；结合 TOPSIS 法测算评价对象与理想解的欧氏距离，以相对贴近度实现不同规模企业的横向可比排序，有效突破了传统方法跨主体对比失效的缺陷，在电网企业成本投入评价中实现投入规模、结构与产出效能动态耦合机制的显性化解析。

案例分析表明，该评价体系能够对电网企业进行有效的类型划分。通过对电网企业的评价，成功将其划分为价值创造型、成本优化型、效率领先型与维持现状型 4 类，从而揭示了不同企业在资源投入强度与产出效能匹配度上的差异。这一成果不仅为电网企业精准成本管控与资源优化配置提供了数据支撑，更通过方法论创新丰富了电力行业投入产出评价的理论体系，其“客观赋权-距离排序”双机制设计为多维度绩效评价提供了可推广的方法范式，在输配电价改革背景下具有重要的理论与实践价值。

## 参考文献

[1] 潘徽，马冠雄，邓楚然，等. 基于多维结构熵的智能电网投入成本多指标管理方法研究[J]. 微型电脑应用，2022，38(9)：181-183.

[2] 叶雪. 基于全寿命周期成本理论的电网企业技改项目投入产出评估研究[J]. 中国市场，2024(31)：66-69.

[3] 高欣，区逸鸣，李薇，等. 基于 COST 模型的标杆型电网预算管理机制[J]. 国企管理，2025(3)：73-77.

[4] LIU Y，ZHANG H，LI T，et al. Economic benefit postevaluation for technical revamping of power grid projects [C]//2023 IEEE 6th Information Technology，Networking，Electronic and Automation Control Conference (ITNEC). Chongqing：IEEE，2023：1253-1257.

[5] 姚京春，李丰平，胡业红. 供电企业人工成本管理对策探析：基于投入产出比提升的全口径人工成本管理[J]. 大

科技，2017(36)：284.
[6] 刘峰，曹倩. 全生命周期管理下电网建设工程造价管理研究[J]. 电气技术与经济，2024(1)：284-286，290.
[7] 刘科研，王宏刚，刘杨涛，等. 考虑投资成本的配电网预安排停电管理水平评价指标量化方法[J]. 电网技术，2019，43(7)：2282-2290.
[8] 罗超，杨方文. 基于“数据包络分析”的电力上市公司经营效率评价[J]. 科技和产业，2012，12(4)：107-109.
[9] 唐学军，谭忠富，李智威，等. 基于AHP-熵权法的配电网设备资产运检成本优化配置模型[J]. 电力建设，2022，43(10)：166-172.
[10] 郭晨鋆，徐笑，唐晟. 基于AHP和熵权法的中压配电网项目投资效益综合评价方法[J]. 南方能源建设，2016，3(S1)：9-13.
[11] 孟敬，夏沛. 基于熵权法和逼近理想解排序法的新能源发电项目投资决策评价[J]. 科技和产业，2023，23(22)：142-147.
[12] YOON K. A reconciliation among discrete compromise situations[J]. Journal of Operational Research Society，1987，38：277-286.
[13] Multiple criteria decision making Kyoto 1975[M]. Berlin：Springer Science & Business Media，2012.

## Research on Power Grid Investment Evaluation Based on Entropy Weight-TOPSIS Model

LI Lingling[1]，XIONG Chuanyu[2]，WU Dandan[1]，LI Zhiwei[2]，FAN Xianguo[1]，
ZHANG Zhaoyang[2]，WANG Wei[2]，LIAO Xiaohong[2]，SUN Liping[2]
(1. State Grid Hubei Electric Power Co.，Ltd.，Wuhan 430077，China；2. Economic and Technological Research Institute of State Grid Hubei Electric Power Co.，Ltd.，Wuhan 430077，China)

**Abstract**：Against the backdrop of increasingly stringent regulation on power transmission and distribution tariffs，power grid enterprises must optimize resource allocation and enhance core competitiveness through the evaluation of production cost input and output. To address the limitations of existing evaluation theories，such as subjective weighting and the separation of cause and effect，the entropy weight-TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution) model was introduced and an indicator system was constructed encompassing five dimensions：labor input，asset input，cost input，benefit output，and efficiency output. Eight key indicators，including staff allocation rate，asset renewal rate，and average outage duration，were selected to achieve a quantitative mapping of the input-output relationship. Through an empirical case study，enterprises were classified into four typical models：value-creating，cost-optimizing，efficiency-leading，and status-quo-maintaining. Corresponding and differentiated resource allocation strategies were then proposed. It is demonstrated by case verification that the method is scientific and applicable，and a theoretical basis and practical paradigm are provided for the effectiveness evaluation of production costs in power grid enterprises.

**Keywords**：power grid investment；entropy weight-TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution) model；investment evaluation；comprehensive benefit