

资源利用弹性测度与动态调适研究——基于 A 公司运营数据实例

杨胭脂 陈敏 柴家玮

国网上海市电力公司松江供电公司，上海，201699；

摘要：在国企改革与“双碳”目标下，电网企业面临盈利模式变革与资源配置优化压力，传统管理模式存在局限。本文以 A 公司为对象，融合 DEA 效率评估与 SVM 非线性拟合优势，构建 DEA-SVM 混合模型，按“效率评估-非线性拟合-弹性测算”逻辑展开研究。基于 A 公司 2021-2024 年运营数据实证，验证模型有效性并形成管理范式，指出数据对标性不足等局限，未来将通过构建同业数据库、优化模型深化研究，为企业发展提供支撑。

关键词：投入产出；效益评价；弹性模型；DEA 模型；SVM 模型

DOI：10.69979/3041-0673.26.03.071

引言

在国企改革深化与“双碳”目标双重引领下，电网企业作为新型电力系统核心载体，需向质量效益型转型。电力体制改革推动其盈利模式从“购销价差”转向“成本+收益”，叠加新能源并网、新型负荷涌现与行业竞争加剧，传统管理模式在价值量化、压力传导、资源动态配置等方面显露出局限性。本文以 A 公司为研究对象，聚焦资源利用弹性测度与动态调适，通过量化要素弹性系数识别关键影响因素，构建输配电业务动态调适机制，实现资源精准管控，为电网基层单位提供方法论参考。

1 投入产出弹性模型设计

1.1 设计思路

结合数据包络分析（DEA）的效率评估能力与支持向量机（SVM）的非线性拟合优势，精准捕捉投入要素、资源利用效率与产出的复杂关联，适用于多投入多产出的电网企业等复杂系统。DEA 识别资源利用效率基准，SVM 挖掘非线性关系，最终实现弹性精细化测算。

1.2 DEA 模型

DEA 的核心功能是通过数学规划评估决策单元的相对效率，无需预设生产函数形式。传统径向 DEA 假设投入产出同比例变动，而非径向 SBM 模型能更精准捕捉松弛变量，适用于弹性计算。基于经济、技术、社会、环境效益指标体系，优先选择适用于多投入多产出场景的 BCC 模型，计算各决策单元的相对效率值。通过模型输出的松弛变量，识别资本、劳动力、技术等要素的低效配置环节，从而达到运用 DEA 精准评估要素使用效率的

效果。

1.3 SVM 模型

支持向量机是一种强大的监督学习模型，最初用于解决二分类问题，后来被扩展到多分类和回归问题。在回归任务中，称为支持向量回归。SVM 的核心思想是找到一个最优的超平面，使得数据点与超平面的间隔最大化。对于回归问题，SVR 试图找到一个函数，使得所有训练数据点到该函数的距离在一定的误差范围内最小。SVM 模型可以捕捉资源利用效率与产出间的非线性关联，并计算弹性。

利用 SVM 模型的核函数将输入变量映射至高维特征空间，拟合资源利用效率与产出间的非线性关系。通过交叉验证优化模型参数，确保模型对非线性关系的拟合精度。

1.4 DEA-SVM 混合模型

DEA 与 SVM 的结合遵循“效率评估-非线性拟合-弹性测算”的三阶逻辑，通过优势互补解决单一模型的局限性。DEA 作为“前置效率过滤器”，计算各决策单元的资源利用效率，剥离“低效投入”对产出的干扰，为后续分析提供“效率调整后的纯净变量”。SVM 作为“非线性关系捕捉器”，以 DEA 计算的效率值和原始投入要素为输入，产出指标为输出，拟合投入-效率-产出的非线性函数，克服传统线性模型对复杂关系的拟合偏差。基于 SVM 拟合的非线性函数，通过数值方法计算投入要素变动对产出的弹性，同时量化效率变动在其中的传导效应。

2 以 A 公司运营数据为基础 DEA-SVM 混合模型计算

投入与产出变量的筛选严格遵循“电网核心价值链+多目标效益”原则，避免变量冗余或遗漏关键因子，具体结果如表 1 所示：

2.1 变量选择

表 1 投入产出指标

类型	指标		2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
投入指标	电网基建投资	X1	63757.8	61288	107345	108330
	职工人数	X2	460	472	480	479
	35kV 及以上变电总容量	X3	4767	5107	5267	5367
	配电站数	X4	1421	1503	1595	1714
产出指标	营业收入	Y1	767398	773634.76	1022327.6	903072.8
	35kV 及以上单位容量售电量	Y2	248.00	219.62	226.50	245.02
	售电量	Y3	118.22	112.16	119.30	131.50
	配电网发展水平	Y4	83%	74%	86%	94%
	开关站双侧电源比例	Y5	52.50%	55.30%	56.7%	58.10%
	综合电压合格率	Y6	99.999	99.999	99.997	99.995
	供电可靠率	Y7	99.9927	99.9917	99.9918	99.992
	电网最大负荷	Y8	241.3	274.35	267	300.78
	供电区域户数	Y9	790363	820658	855375	896698
	单位电量 GDP	Y10	0.374	0.343	0.330	0.424
	人均生活用电量	Y11	3905	3991	3873	4108
	新能源消纳增长率	Y12	20.07	20.62	27.81	46.11
	新能源消纳占比	Y13	1.16	1.47	1.77	2.34
	综合线损率	Y14	2.97	2.52	2.31	2.18

2.2 DEA 模型计算资源利用效率

采用 DEA 模型计算各决策单元的计算综合效率、纯技术效率、规模效率及投入冗余率，输出以下核心指标如表 2 所示：

表 2 投入产出效率及冗余情况

年份	综合效率 (TE)	纯技术效率 (PTE)	规模效率 (SE)
2021 年	1.05	1.07	0.9890
2022 年	1.05	1.06	0.9984
2023 年	1.02	1.02	0.9995
2024 年	1.10	1.11	0.9888

2.3 计算 SVM 模型拟合非线性关系

以 DEA 输出的效率值和原始投入要素为输入变量，产出指标为输出变量，构建 SVM 回归模型。

输入变量：融合原始投入与效率指标，形成“效率调整后的投入特征”。

核函数选择：采用 RBF 核函数，处理投入-效率-产出的非线性关联。

目标函数：最小化模型复杂度 $\frac{1}{2} \|w\|^2$ 与误差项 $C \sum_{i=1}^n (\xi_i + \xi_i^*)$ ，其中 C 为惩罚参数， ξ_i, ξ_i^* 为松弛变量。

对偶问题：通过拉格朗日乘子转化为核函数求解，避免高维空间直接计算。

模型参数优化

采用网格搜索+留一法优化 3 个关键参数：

C (惩罚系数)：取值 [0.1, 1, 10, 100]，控制对误差的容忍度，C 越大越容易过拟合；

ϵ (不敏感损失阈值)：取值 [0.01, 0.1, 0.2]，控制模型对微小误差的忽略程度；

γ (RBF 核参数)：取值 [0.001, 0.01, 0.1, 1]，控制核函数的“影响范围”， γ 越大模型越复杂。

经网格搜索验证，最优参数为 C=10、 $\epsilon=0.01$ 、 $\gamma=0.1$ 。

模型评估

通过网格搜索优化参数，最小化测试集的均方误差。通过计算，Y2、Y5、Y6、Y7、Y8、Y11、Y12、Y13、

Y14 九项指标的拟合性较好，因此，选取以上指标进行弹性分析（见表3）。

表3 各指标 SVM 模型拟合情况

指标名称	MSE	R ²
Y1（营业收入）	210243.77	0.8092
Y2（35kV及以上单位容量售电量）	0.01	0.9999
Y3（售电量）	37.87	0.2311
Y4（配电网发展水平）	0.00	0.7140
Y5（开关站双侧电源比例）	0.00	0.9891
Y6（综合电压合格率）	0.00	0.9632
Y7（供电可靠率）	0.00	0.9999
Y8（电网最大负荷）	4.50	0.9900
Y9（供电区域户数）	63185.38	0.9999
Y10（单位电量GDP）	0.00	0.7760
Y11（人均生活用电量）	83.20	0.9900
Y12（新能源消纳增长率）	1.48	0.9867
Y13（新能源消纳占比）	0.00	0.9999
Y14（综合线损率）	0.00	0.9643

表4 各项投入弹性测度分析

产出指标 投入指标	Y2	Y5	Y6	Y7	Y8	Y11	Y12	Y13	Y14
电网基建投资	0.064	0.009	0.000	0.000	0.082	0.033	0.064	0.012	-0.021
职工人数	0.072	0.666	0.000	0.000	0.954	0.100	0.083	0.072	-2.538
35kV变电容量	0.074	0.273	0.000	0.000	0.473	0.091	0.003	0.056	-1.019
配电站数	0.125	0.118	0.000	0.000	0.110	0.016	0.104	0.001	-0.409
综合效率	0.250	0.095	0.000	0.000	0.512	0.314	0.063	0.026	-0.188
纯技术效率	0.252	0.021	0.000	0.000	0.252	0.220	0.005	0.020	0.077

Y2为效率核心驱动型资产效益指标。弹性排序：纯技术效率>综合效率>配电站数>35kV变电容量>职工人数>电网基建投资。

Y5为人力主导型运维质量指标。弹性排序：职工人数>35kV变电容量>配电站数>综合效率>纯技术效率>电网基建投资。指标对要素变动整体敏感度较低，职工人数是唯一核心驱动要素。

Y6、Y7为饱和型刚性质量指标，所有变量弹性均为0，2024年Y6、Y7均处于较高水平，且2021-2024年均比较稳定。此时常规要素调整无法突破技术与质量瓶颈，变电容量扩充、基建投资增长均难以进一步降低电压波动或停电时长，只能通过技术突破提升指标。

Y8为人力-效率双驱型保障能力指标。弹性排序：职工人数>综合效率>35kV变电容量>纯技术效率>配电站数>电网基建投资。职工人数弹性接近1，是最

2.4 基于混合模型计算投入产出弹性

弹性计算需同时考虑“投入直接影响”和“效率传导影响”，采用微小扰动法实现：

单要素弹性计算：

对X1施加微小扰动，保持其他变量不变，通过SVM模型得到新产出Y'；

计算弹性： $EX1=(Y'-Y)/Y/1%$ ，即电网基建投资每增加1%，产出的变动百分比，其中包含“直接投入增加”和“效率变化传导”的叠加效应。

效率传导弹性计算：

固定原始投入，对TE施加+1%扰动，得到新产出Y''

计算弹性： $EET=(Y''-Y)/Y/1%$ ，即资源利用效率每提升1%，产出的变动百分比。

将单要素弹性分解为“直接投入弹性”和“效率中介弹性”，识别关键驱动路径，如： $EX1=EX1 \rightarrow Y+EX1 \rightarrow TE \rightarrow Y$ 。

通过Python模型计算，9项指标弹性如表4：

关键驱动要素，反映调度负荷分配、运维设备过载防控等人力工作直接决定负荷承载能力。

Y11为效率主导型服务价值指标。弹性排序：综合效率>纯技术效率>职工人数>35kV变电容量>电网基建投资>配电站数。综合效率是首要驱动因素，因该指标反映居民用电便利性，直接与电网服务质量挂钩——综合效率提升意味着供电可靠率、故障响应速度等服务能力优化，能刺激居民用电需求。

Y12、Y13目前主要受地区政策影响，投资对新能源消纳的影响较小，因此相关弹性系数较小。

Y14为人力优化主导的负向改善指标。弹性排序：职工人数>35kV变电容量>配电站数>综合效率>电网基建投资。弹性为负表明要素投入增加或效率提升将降低线损率。

3 结语

本研究以 A 公司为对象,围绕资源利用弹性测度与动态调适展开系统研究。通过构建 DEA-SVM 混合模型,突破单一方法局限,精准测度投入产出弹性,为输配电类基层单位提供了可复制的投入产出管理范式。然而,研究亦存在数据对比维度单一、模型假设未充分覆盖外部变量等局限。未来将从构建同业对标数据库、引入 SFA-DEA 融合模型、纳入 ESG 指标以及建立实时监测机制等方面深化研究,为 A 公司建成世界一流基层供电企业提供持续支撑。

参考文献

[1]袁富华,张平,楠玉,等.全要素生产率提升与供给侧结构性改革[M].北京:中国社会科学出版社,2018.

[2]许运海.配电网运维抢修优化管理研究[J].科技风,2017(4):187-187.

[3]张泽.配电网运行效率分析研究[D].北京:华北电力大学,2016.

[4]梁捷,李刚.基于节点特征分类的配电网重构辐射约束处理法[J].广东电力,2016,29(8):91-95

[5]戴晓东,邹妍茜,王萍,基于混合赋权的含分布式电源的配电网运行安全性评价[J].广东电力,2016,29(10):62-68.

[6]韩柳,李金超,胡殿刚,等.基于超效率DEA模型的配电网智能化发展综合效率评价[J].电力系统保护与控制,2016.44(22):102-107.

[7]王海燕,马瑞光,等.基于数据包络分析的地区电网投入产出效率评价研究[J].四川电力技术,2016,39(6):78-84.