

电网综合线损率与投资指标量化关系研究

陈泽维¹, 郭绍扬¹, 旷世芳², 谭杰仁², 黄康任²

(1. 海南电网有限责任公司, 海口 570101; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的]提高电网公司投资精益化管理, 加强投资决策的量化评估水平。[方法]对综合线损率指标的驱动因素进行梳理, 通过建立面板数据模型, 对历史数据回归分析, 建立指标的改善与投资的量化关系。[结果]衡量在众多影响因素下投资在改善线损率方面的投资效益, 根据电网公司综合计划提升目标值, 对下一年的投资进行预测, 完成指标提升的投资反馈, 使每一笔投入, 都能做到事前可衡量, 事后可评价, 便于科学决策。[结论]研究成果可以加强投资决策的可量化评估水平, 满足企业的精益化管理需求。

关键词: 综合线损率; 面板数据模型; 投资决策

中图分类号: TM731

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)S1-0091-06

Research on Quantitative Relationship Between Grid Power Loss Rate on the Line and Investment

CHEN Zewei¹, GUO Shaoyang¹, KUANG Shifang², TAN Jieren², HUANG Kangren²

(1. Hainan Power Grid Co., Ltd., Haikou 570101, China;

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

Abstract: [Introduction] To improve the investment management ability of power grid corporation and enhance the quantifiable evaluation level of investment decision. [Methods] The impact factors of comprehensive power loss rate on the wire were analyzed, and the quantitative relationship between the improvement of the index and the investment was established through the panel data model and the regression analysis of historical data. [Results] The modeling results can measure the investment benefits in decreasing power loss rate on the line under various influencing factors, and forecast the Investment demand in the next year according to the comprehensive plan target value of the grid company, and complete the investment feedback of the index improvement, so that each investment can be measured beforehand, and can be evaluated afterwards. [Conclusion] The research results of this paper can strengthen the quantifiable evaluation level of investment decisions and meet the lean management needs of enterprises.

Key words: power loss rate on the line; the panel data model; investment decisions

对于电网企业, 综合计划管理是从企业的全局出发, 对企业未来一年各类计划及其执行情况进行全程管理的一项工作。综合计划管理从价值创造、客户服务、内部运营、企业成长等四个维度, 多个指标进行计划任务分解和目标考核^[1]。综合线损率属于企业内部运营中的重要指标之一, 是衡量供电单位技术和管理水平的一项重要指标, 既代表电网提升经济效益水平的需求, 又代表社会对供电企业

节能环保的社会效益需求。根据经验和数据分析, 综合线损率与相关投资并非独立存在, 而是存在着一定的驱动与相互转化关系^[2-4]。但是它们之间的关系分析, 长期以来都停留在定性分析阶段, 不能从定量上分析投资一定的金额, 通过网架结构与设备水平的改善, 可以降低多少线损率。本文, 首先通过对综合线损率及相关驱动因素的分析, 用面板数据回归分析, 求解相关驱动因素对综合线损率的影响权重, 建立综合线损非价值量指标体系。然后, 探究综合线损率与相关投资间的量化关系, 辅助电网企业该如何合理安排投资, 兼顾企业追求的

经济价值与社会效益、用电安全等方面的共赢，提升电网投资效益。

1 影响综合线损率的非价值量指标体系

1.1 指标体系构建

综合线损率受到技术、管理、规划、运行多方面的影响^[5-7]，通过定性分析，基于收集的资料，这里分析其主要的4个二级指标，33个三级指标，指标结构如图1所示。

1.2 模型构建

本模型采集到某省18个地市供电局2014—2016的综合线损率及三级指标的数据，鉴于综合线

损率相关指标数据特点(如：数据缺失、指标个数多等)，在建模前，先基于数据间相关性特点，采用属性约减法，对数据进行降维。同时，因为选取的时间长度较短，18个供电局样本个体充分大于时间序列，所以考虑面板数据模型，测算综合线损率与各级指标的数量关系。

面板数据(Panel Data)也叫“平行数据”，是指在时间序列上取多个截面，在这些截面上同时选取样本观测值所构成的样本数据。其有时间序列和截面两个维度，当这类数据按两个维度排列时，是排在一个平面上，列成一个 $m \times n$ 的数据矩阵。与一维数据有明显的不同，该数据的整个表格像是一个

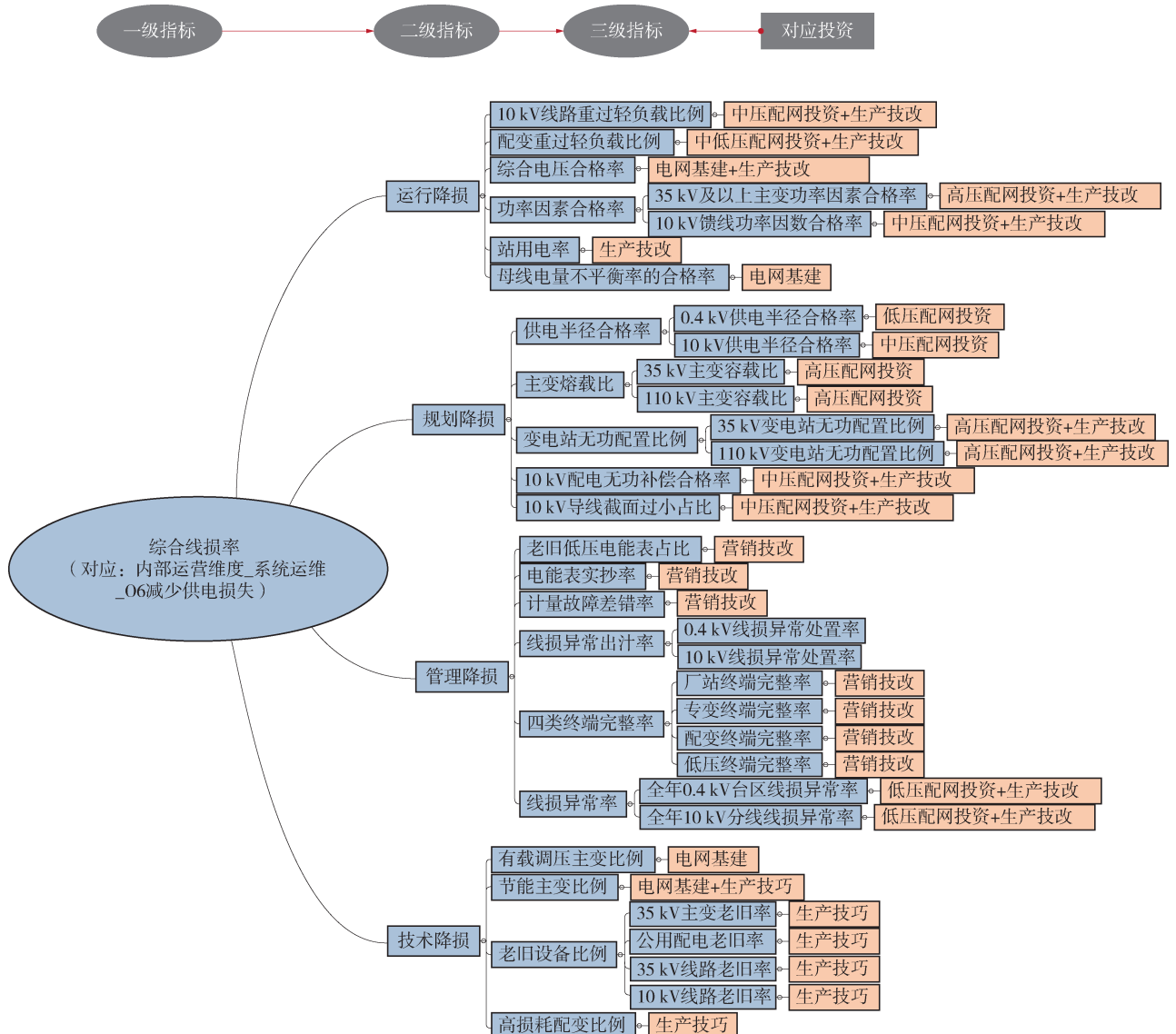


图1 综合线损率与驱动因素指标图

Fig. 1 The impact factors of comprehensive power loss rate on the wire

面板, 因此国内常把 panel data 译作“面板数据”。

用面板数据建立的模型通常有 3 种, 分别是混合模型、固定效应模型和随机效应模型^[8], 基于本文的数据特点, 我们选择固定效应模型。

固定效应模型又被分为 3 种类型, 分别是个体固定效应模型、时点固定效应模型和个体时点双固定效应模型。

将数据代入模型, 进行求解, 通过测算及参数检验, 综合线损率在时间方面, 效应不显著, 在个体方

面(即地市局), 效应显著, 影响体现在回归方程截距上, 求解的模型为个体固定效应模型, 三级指标与综合线损率的关系非完全线性, 而是部分线性, 部分对数变换后呈现显著线性, 结果如表 1 所示:

回归方程结果如下:

$$Y_i = \alpha_i + \beta^T \cdot X \quad (1)$$

式中: $Y_i \in Y, \alpha_i \in \alpha$ 。

图 2 中蓝色曲线为综合线损率的预测值, 黑色曲线为实际值, 从图可反映, 模型能够很好的体现

表 1 综合线损率指标权重体系

Tab. 1 Index weight system of comprehensive power loss rate on the wire

二级指标	三级指标	系数	对应变量	地市局	截距	
规划降损	供电半径合格率	0.4 kV 供电半径合格率	0.419	LNC1	供电局 1	1.228 851
	主变容载比	10 kV 供电半径合格率	-0.357	LND2	供电局 2	3.133 319
		35 kV 主变容载比	0.62	LNE1	供电局 3	-3.517 073
	变电站无功配置比例	110 kV 主变容载比	1.168	LNF2	供电局 4	-2.991 456
		35 kV 变电站无功配置比例	-0.314	GH	供电局 5	-2.114 829
		110 kV 变电站无功配置比例	-0.314		供电局 6	0.854 518
	10 kV 配变无功补偿合格率	10 kV 配变无功补偿合格率	-0.352	LNI7	供电局 7	0.342 485
	10 kV 导线截面过小占比	10 kV 导线截面过小占比	-0.971	J8	供电局 8	-2.301 694
管理降损	老旧低压电能表占比	老旧低压电能表占比	18.815	K9	供电局 9	2.515 222
	电能表实抄率	电能表实抄率	0.365	L10	供电局 10	-0.954 883
	计量故障差错率	计量故障差错率	126.869	M11	供电局 11	1.882 761
	线损异常处置率	0.4 kV 线损异常处置率	1.575	LNN0	供电局 12	0.974 2
		10 kV 线损异常处置率	1.575		供电局 13	0.482 391
	四类终端完整率	厂站终端完整率	2.04	P14	供电局 14	-2.215 296
		专变终端完整率	-0.317	QR	供电局 15	-0.640 872
		配变终端完整率	-0.317		供电局 16	3.593 725
		低压终端完整率	—	—	供电局 17	1.235 706
	线损异常率	全年 0.4 kV 台区线损异常率	0.645	TU	供电局 18	-1.477 077
全年 10 kV 分线线损异常率		0.645	C		3.287 035	
运行降损	10 kV 线路重过轻负载比例	10 kV 线路重过轻负载比例	-2.213	V20	—	—
	配变重过轻负载比例	配变重过轻负载比例	1.065	W21	—	—
	综合电压合格率	综合电压合格率	4.149	X22	—	—
	功率因数合格率	35 kV 及以上主变功率因数合格率	-0.619	Y23	—	—
		10 kV 馈线功率因数合格率	—	—	—	—
	站用电率	站用电率	0.228 881	LNAA25	—	—
母线电量不平衡率的合格率	母线电量不平衡率的合格率	-0.826 13	AB26	—	—	
技术降损	有载调压主变比例	有载调压主变比例	-0.076 858	AC27	—	—
	节能主变比例	节能主变比例	-0.633	AD28	—	—
	老旧设备比例	35 kV 主变老旧率	-0.095 375	AE29	—	—
		35 kV 线路老旧率	2.090 5	AFH	—	—
	高损耗配变比例	10 kV 线路老旧率	2.090 5	AG31	—	—
		公用配变老旧率	-1.188 995		—	—
	高损耗配变比例	2.709	AI33	—	—	

综合线损率的增长变化趋势。

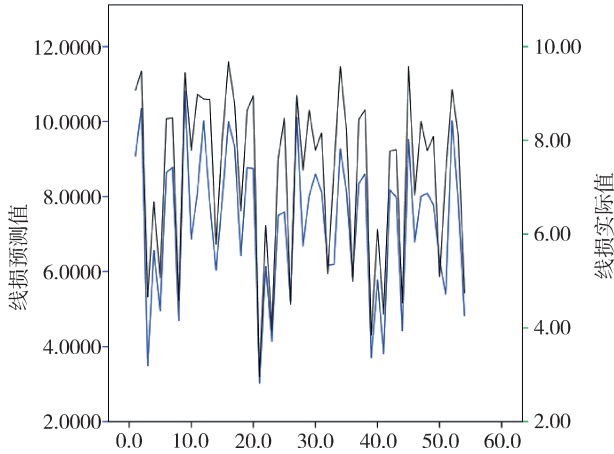


图2 全省综合线损率预测值和实际值对比分析分布图

Fig. 2 Comparative analysis between the predicted and actual values of comprehensive power loss rate on the wire

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{-bais} \\ Y_{-baot} \\ Y_{-changj} \\ Y_{-chengm} \\ Y_{-danz} \\ Y_{-dinga} \\ Y_{-dongf} \\ Y_{-haik} \\ Y_{-led} \\ Y_{-ling} \\ Y_{-lins} \\ Y_{-qiongh} \\ Y_{-qiongz} \\ Y_{-sany} \\ Y_{-tunc} \\ Y_{-wann} \\ Y_{-wenc} \\ Y_{-wuzs} \end{bmatrix}, \alpha = \begin{bmatrix} 4.516 \\ 6.420 \\ -0.230 \\ 0.296 \\ 1.172 \\ 4.142 \\ 3.630 \\ 0.985 \\ 5.802 \\ 2.302 \\ 5.170 \\ 4.261 \\ 3.769 \\ 1.072 \\ 2.464 \\ 6.881 \\ 4.523 \\ 1.810 \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} 0.419 \\ -0.357 \\ 0.620 \\ 1.168 \\ -0.314 \\ -0.314 \\ -0.352 \\ -0.971 \\ 18.815 \\ 0.365 \\ 126.869 \\ 1.575 \\ 1.575 \\ 2.040 \\ -0.318 \\ -0.318 \\ 0.645 \\ 0.645 \\ -2.213 \\ 1.065 \\ 4.419 \\ -0.619 \\ 0.229 \\ -0.826 \\ -0.077 \\ -0.633 \\ -0.095 \\ -1.189 \\ 2.091 \\ 2.091 \\ 2.709 \end{bmatrix}^T, X = \begin{bmatrix} X_{InC_1} \\ X_{InD_1} \\ X_{InE_1} \\ X_{InF_1} \\ X_G \\ X_H \\ X_{InI} \\ X_{J_1} \\ X_{K_1} \\ X_{L_{1n}} \\ X_{M_1} \\ X_{InNV} \\ X_{InVO} \\ X_{P_{1n}} \\ X_Q \\ X_R \\ X_T \\ X_U \\ X_{V_{2n}} \\ X_{W_{2n}} \\ X_{X_{2n}} \\ X_{Y_{2n}} \\ X_{InAA_{2n}} \\ X_{AB_{2n}} \\ X_{AC_{2n}} \\ X_{AD_{2n}} \\ X_{AE_{2n}} \\ X_{AG_{2n}} \\ X_{AF} \\ X_{AH} \\ X_{AI_{2n}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

基于模型求解结果，系数绝对值的大小反映对综合线损率的影响程度，为工作中应重点关注的指标。根据求解的系数绝对值大小，进行权重排序，得到该省电网公司各驱动因素中对综合线损率影响程度排前10的驱动因素指标如表2所示。

表2 某省电网综合线损率驱动因素重点关注指标表

Tab. 2 Impact factors of comprehensive power loss rate on the wire

驱动因素	所属维度
计量故障差错率	管理降损
老旧低压电能表占比	管理降损
线路老旧率	技术降损
综合电压合格率	运行降损
线损异常处置率	管理降损
高损耗配变比例	技术降损
10 kV 线路重过轻负载比例	运行降损
厂站终端完整率	管理降损
主变容载比	规划降损
线损异常率	管理降损

从表2可知，该省电网综合线损驱动因素中重点应关注的指标依次为：计量故障差错率、老旧低压电能表占比、线路老旧率、综合电压合格率、线损异常处置率、高损耗配变比例、中压线路重过轻负载比例、厂站终端完整率、主变容载比(特别是110 kV 主变)、线损异常率。同时，根据重点关注指标的分布来看，管理降损占重点关注指标的50%，对综合线损率指标改善的影响度较大。

2 投资与综合线损率投入产出的量化分析

2.1 量化模型

2.1.1 综合线损率与相关投资回归模型构建

建立综合线损率与几个主要投资项(电网基建投资、生产技改投资、营销技改投资)间的函数关系，具体如下：

$$Y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i Z_i \quad (3)$$

注：首先分析因变量与自变量间的函数关系，如果不呈现线性关系，则进行线性变换。

2.1.2 综合线损率与各投资项面板数据模型构建

通过定性分析，找出影响综合线损率的非价值量指标与各项投资(电网基建投资、生产技改投资、营销技改投资)之间的对应关系，然后建立各项投

资与综合线损间的函数关系。

$$\tilde{Y} = \sum_{j=1}^s \gamma_j x_j \quad (4)$$

$$\tilde{Y} = \sum_{j=1}^l \eta_j Z_j \quad (5)$$

式中: x_j 表示投资对应的非价值量指标; Z_j 表示投资项。

2.2 投入产出分析

建立指标体系, 并利用面板数据模型测算出综合线损率与各非价值量指标间的数量关系, 下一步分析各级指标与投资之间的关系, 这里采用弹性分析方法进行定量分析。

确定影响项目投资的主要因素, 可以用弹性模型对投资进行弹性分析得到。定义建设项目的弹性为投资改变量与相关因素的变化量之比, 记为:

$$E_i = \frac{(\Delta I/I)}{(\Delta X_i/X_i)} \quad (6)$$

E_i 的含义是若第 i 个因素变化一个百分点则将引起建设项目投资改变 E_i 个百分点。当 E_i 为正值时, 表示 ΔI 与 ΔX_i 的变化方向相同, 这时 ΔX_i 每增加一个百分点, I 就会增加 E_i 个百分点; ΔX_i 每减少一个百分点, 也会使 I 减少 E_i 个百分点。当 E_i 为负值时, 表示 ΔI 与 ΔX_i 的变化方向相反。 E_i 的绝对值越大, 说明该因素对建设项目投资的影响度越大, 该因素为建设项目投资的敏感因素, 应作为未来工作的重点关注对象。

E_i 的计算可按下式进行:

$$E_i = \frac{(\Delta I/I)}{(\Delta X_i/X_i)} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \left(\frac{X_i}{I} \right) \quad (7)$$

2.3 建模结果

基于通过对全省的投资分析可知, 目标降低 ΔY 个百分点的综合线损率, 需要投入:

$$\Delta Z = e^{\frac{16.344+\Delta Y-Y}{0.696}} - e^{\frac{16.344-Y}{0.696}} \quad (8)$$

式中: Y 表示前一年的综合线损率万元的资金投入。

如果全省 2017 年综合线损要降低 0.03 个百分点, 则投资需在 2016 年基础上增加投入 17 774.5 万元, 即 2017 年电网基建、生产技改、营销技改共需投资 453 865 万元。根据历史投资数据, 电网基建、生产技改、营销技改各专业投资比例权重系数分别为 0.893、0.082、0.025, 各专业投资可以基于此比例, 进行投资分配。

此外, 结合 2017 年全省的实际投资情况, 全省实际投资 459 266 万元, 实现了综合线损率降低了 0.03 个百分点的目标, 模型测算投资 453 865 万元, 通过比较分析, 实际投资值与模型测算值估计偏差率为 1.176%, 估计偏差率极小, 说明量化模型较好。

进一步测算其它两个地市局的投资, 并验证模型, 得到以下结论:

2.3.1 A 局投资量化分析结果

针对 A 供电局, 若降低 ΔY 个百分点的综合线损率, 则需要投入:

$$\Delta Z = \frac{4083.464}{\ln(Y - \Delta Y) - 1.466} - \frac{4083.464}{\ln Y - 1.466} \quad (9)$$

如果 A 供电局 2017 年要保证综合线损率不升, 则投资需在 2016 年基础上保持不变, 即 2017 年电网基建、生产技改、营销技改共需投资 91 308 万元。结合综合线损非价值量指标的定性分析, A 供电局线路的重过载比率较高, 建议增加完善网架结构方面的电网基建投资, 重点关注线路重过载问题的解决, 以降低综合线损率。A 供电局生产技改和营销技改投资呈上升趋势, 对应综合线损的驱动因素指标均呈现逐年下降趋势, 反应出投资的有效性。

此外, 结合 2017 年 A 局的实际投资情况, 实际投资 91 532 万元, 实现了综合线损率在 2016 年基础上保持不变的目标, 模型测算投资 91 308 万元, 通过比较分析, 实际投资值与模型测算值估计偏差率为 0.024%, 估计偏差率极小, 说明量化模型极好。

2.3.2 B 局投资量化分析结果

针对 B 供电局, 若降低 ΔY 个百分点的综合线损率, 则需要增加投入:

$$\Delta Z = e^{\frac{19.337+\Delta Y-Y}{1.081}} - e^{\frac{19.337-Y}{1.081}} \quad (10)$$

如果 B 供电局 2017 年综合线损要降低 0.01 个百分点, 则投资需在 2016 年基础上增加投入 408.543 75 万元, 即 2017 年电网基建、生产技改、营销技改共需投资 27 034 万元。结合综合线损非价值量指标的定性分析, B 供电局的线路出现过载, 配变重过载率在同类地市局中最高, 建议增加改善线路及配变重过载方面的电网基建投资。同时, B 供电局生产技改投资力度高于同类地市供电局, 但对应的线损驱动因素指标却居高不下, 说明生产技

改投资结构需优化。B 供电局在营销技改上投资额在同类地市局中最低,对应的综合线损驱动因素指标也是最高的,反应出 B 供电局在营销技改方面的投资不足。

此外,结合 2017 年 B 局的实际投资情况,实际投资 29 726 万元,实现了综合线损率在 2016 年基础上降低 0.01 个百分点的目标,模型测算投资 27 034 万元,通过比较分析,实际投资值与模型测算值估计偏差率为 9.06%,估计偏差率较小,说明量化模型较好。

3 结论

本文以综合线损率为目标,定量分析了综合线损率的相关驱动因素对线损的影响,构建了非价值量指标权重体系;建立了综合线损率指标(非价值量指标)与对应电网基建投资、技改投资(价值量指标)的潜在量化关系,对综合线损率与投资之间的量化关系展开了研究。用建立的模型对某省及两个重点地市局进行了投资分析,建模结果显示,模型测算值与实际投资值之间的偏差极小,量化模型较好。电网基建、生产技改和营销技改各专业投资比例,建议在参考往年投资比例的基础上,结合地区综合线损非价值量指标的定性分析进行决策。通过该模型可以明确各因素变化下,指标对象投入产出的变化规律,使每一笔投入,都能做到事前可衡量,事后可评估,便于科学决策。为各地市局投资计划与分析提供了重要参考,对电网投资精益化管理提供辅助。

参考文献:

- [1] 叶志强. 地市局综合计划价值量与非价值量指标关系研究 [J]. 甘肃科学学报, 2014, 26(5): 104-110.
YE Z Q. Index interrelationship between integrated planning magnitude of value and non-monetary value of power supply companies [J]. Journal of Gansu Science, 2014, 26(5): 104-110.
- [2] 唐宁宁, 农宇, 莫丽琼, 等. 电网企业价值量与非价值量指标关系研究 [J]. 特区经济, 2016(7): 81-83.
TANG N N, NONG Y, MO L Q, et al. Research on relationship between value and non-monetary value index of power grid enterprises [J]. Special Zone Economy, 2016(7): 81-83.
- [3] 黄宇恒. 供电电量不同期对综合线损率的影响 [J]. 决策与信息旬刊, 2015(12): 331-332.
HUANG Y H. Impact of different periods of supply and sale of electricity on comprehensive line loss rate [J]. Decision and Information, 2015(12): 331-332.

- [4] 冯焱, 李明浩, 莫玫, 等. 线损率波动与影响因素的数学建模及求解 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(5): 116-120.
FENG Y, LI M H, MO M, et al. Mathematical modeling and solution on distribution synthesis loss rate fluctuations and factors [J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2010, 22(5): 115-120.
- [5] 冒咏秋, 刘畅. 我国电网线损率现状及主要影响因素分析 [J]. 资源节约与环保, 2018, 204(11): 1-9.
MAO Y Q, LIU Y. Analysis of current situation and main influencing factors of power grid line loss rate in china [J]. Resource Conservation and Environmental Protection, 2018, 204(11): 1-9.
- [6] 孙后中. 影响线损率的因素和降损措施 [J]. 农村电工, 2016, 24(1): 45-45.
SUN H Z. Factors affecting line loss rate and loss reduction measures [J]. Rural Electrician, 2016, 24(1): 45-45.
- [7] 庄远灿, 朱建全, 黄俊铭. 基于计量自动化系统的配电网线损特征及影响因素分析 [J]. 南方能源建设, 2017, 4(3): 63-68.
ZHUANG Y C, ZHU J Q, HUANG J M. Analysis of line loss characteristics and influencing factors of distribution network based on metrological automation system [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(3): 63-68.
- [8] 巴蒂 H. 巴尔塔基. 面板数据计量经济学 [M]. 机械工业出版社, 2010.

作者简介:



CHEN Z W

陈泽维(通信作者)

1984-, 女, 海南文昌人, 工程师, 学士, 主要从事综合计划管理的研究工作 (e-mail)65857161@qq.com。

郭绍扬

1988-, 男, 海南乐东人, 助理工程师, 学士, 主要从事电网规划、投资计划管理的研究工作 (e-mail)565506137@qq.com。

旷世芳

1979-, 女, 湖南衡山人, 高级经济师, 博士, 主要从事技术经济及电力市场咨询工作 (e-mail)kuangshifang@gedi.com.cn。

谭杰仁

1990-, 男, 广东茂名, 经济师, 硕士, 主要从事投资咨询及电力市场研究工作 (e-mail)tanjieren@foxmail.com。

黄康任

1991-, 男, 海南儋州人, 经济师, 硕士, 主要从事技术经济咨询及电力市场咨询工作 (e-mail)395496181qq.com。

(责任编辑 郑文棠)