Modern Management 现代管理, 2025, 15(1), 289-297
Published Online January 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/mm
https://doi.org/10.12677/mm.2025.151036

Hans汉斯

锥形水泥杆成本计算模型及预测分析研究

卢　晶[1]，王广江[1]，李鹏飞[1]，董凤娜[2]

[1]国网上海市电力公司，上海
[2]上海久隆企业管理咨询有限公司，上海

收稿日期：2024年11月20日；录用日期：2024年12月2日；发布日期：2025年1月22日

摘　要

本文运用单根锥形水泥杆的成本计算模型，选择试点水泥杆品类的供应商采集主材成本、生产成本、经营成本等各项数据，运用回归模型计算出锥形水泥杆的合理价，借助皮尔逊相关函数、方差膨胀因子用以验证模型可靠性，并穿插比较分析法，针对合理价影响最大的主材成本进行深入分析，锁定混凝土、螺纹钢为主材成本的关键构成项。本文应用模型结论，提出适用于物资专业采购管理、策略优化的建议举措，进而达到提高水泥杆采购质效管理的总体目标。

关键词

锥形水泥杆，成本构成，采购管理，策略优化

Research on Cost Calculation Model and Prediction Analysis of Conical Cement Pole

Jing Lu[1], Guangjiang Wang[1], Pengfei Li[1], Fengna Dong[2]

[1]State Grid Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai
[2]Shanghai Jiulong Management Consulting Co., Ltd., Shanghai

Received: Nov. 20th, 2024; accepted: Dec. 2nd, 2024; published: Jan. 22nd, 2025

Abstract

The paper uses the cost calculation model of a single conical cement pole, selects the suppliers of the pilot cement pole category to collect the main material cost, production cost, operating cost and other data, uses the regression model to calculate the reasonable price of the conical cement pole, verifies the reliability of the model with the help of Pearson correlation function and variance expansion factor, and intersperses comparative analysis. The cost of main materials, which has the greatest impact on reasonable price, is analyzed in depth, and concrete and rebar are the key

文章引用: 卢晶, 王广江, 李鹏飞, 董凤娜. 锥形水泥杆成本计算模型及预测分析研究[J]. 现代管理, 2025, 15(1): 289-297.
DOI: 10.12677/mm.2025.151036

components of the cost of main materials. Based on the conclusion of the model, the paper puts forward some suggestions and measures suitable for material professional procurement management and strategy optimization, so as to achieve the overall goal of improving the quality and efficiency management of cement pole procurement.

Keywords

Conical Cement Pole, Cost Composition, Procurement Management, Strategy Optimization

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

随着电网工程建设规模的日益加快，配网典型物资集中采购规模也在与日俱增，其中锥形水泥杆作为常规使用的配网典型物资，在各类电网工程建设中有着较为广泛的应用，是配网物资投资的重要组成部分，其采购成本决定着电力系统尤其是电力系统运行的经济性[1]-[3]。目前，锥形水泥杆的价格成本分析受到诸多因素干扰。一是同一物资在各网省公司间的中标价格、最高限价之间差异明显，供应商集群式投标导致标的存在被围猎的风险。二是原材料、人工、运输等成本会受到经济政策和油价影响波动较大，招标阶段缺少对市场波动情况的了解。三是目前有全网历史中标价格数据，但因存在最高投标限价，供应商中标价格较为贴近限价价格，采购物资的真实成本有待分析。因此，针对锥形水泥杆的价格成本构成分析和策略优化变得越来越迫切。

电网企业以锥形水泥杆为研究对象，组织开展成本构成分析与计算方法模型研究，是设计主材用量以及各类成本构成数据收集分析模版，基于各类汇总数据分析，针对不同规格型号锥形水泥杆主材标准用量、单价波动及各类成本构成项数据，建立锥形水泥杆的成本分析模型，并试算验证成本分析模型的可行性，为物资专业设置最高限价提供依据，有效避免供应商恶意竞争，引导供应商科学合理价，对于提升电网典型电力设备价格决策能力，进而提升采购策略规范应用成效有着至关重要意义[4] [5]。

2. 构建成本计算模型

2.1. 识别成本构成要素

选取采购量较大的 20 种具有环形截面的锥形水泥杆规格型号作为分析对象，对收集的资料、数据进行了汇总、统计分析，形成成本构成表。其中，锥形水泥杆总成本主要包括主材成本、生产成本、经营成本。具体如下所示。

主材成本。主材包括用于水泥杆组成的需要继续加工的如浇筑杆体所需要的混凝土、螺纹钢。根据技术规范书设计图纸，对主材的成本构成进行分析，针对不同用量、单价变动等，形成各种主材采购成本及成本影响因素排摸。同一规格型号水泥杆下整根、法兰组装的浇筑形式的主材标准用量相同。

生产成本。指企业为生产产品和提供劳务而发生的各项费用，包括非主材成本、辅助材料成本、外协加工费用、外购件处理费用等。其中，非主材包括螺旋筋、架立圈、钢板圈、法兰盘(含钢板圈)、抱箍等；辅助材料包括焊条、塑料扣、皂化油、棉绳、焊丝、电阻焊片、钢膜螺栓、脱模剂、劳保用品、设备配件等；外协加工费用涵盖设备维修、加工费、法兰螺栓、余浆处理；外购件处理费用涵盖水费、电力、蒸汽。

经营成本。根据企业财务报表，经营成本主要涉及人工费用、设备折旧、运输费用、管理费用、财务费用、研究费用、销售费用、所得税和税金及附加、利润等。

2.2. 设置成本计算公式

根据锥形水泥杆的成本构成及内在关系，运用线性回归计算公式将其进一步固化，形成科学高效、可量化的基本模型公式，其公式(1)如下所示：

$$\text{单根合理价} = \text{常数} + K_1 \times \text{主材成本} + K_2 \times \text{生产成本} + K_3 \times \text{经营成本} \tag{1}$$

其中，K_1 为主材成本总价系数，K_2 为生产成本总价系数，K_3 为经营成本总价系数。主材成本的计算公式(2)如下所示：

$$\text{主材成本} = \sum\left\{\text{混凝土成本} + \text{螺纹钢成本}\right\} \tag{2}$$

根据技术规范书设计图纸，本文涉及的锥形水泥杆型号都采用混凝土 C50、螺纹钢 HB400 Φ14 两种规格，两者具体标准用量如下所示。

a) 混凝土 C50 成本计算

混凝土成本的计算公式(3)如下所示：

$$\text{混凝土成本} = \sum\left\{\text{混凝土用量} \times \text{混凝土年均单价}\right\} \tag{3}$$

其中，混凝土年均单价参阅全国企业采购交易寻源询价系统，近一年年混凝土 C50 单价为 435.63 元。

混凝土用量的计算公式(4)如下所示：

$$\text{混凝土用量} = \text{混凝土比重密度} \times \text{混凝土容积} \tag{4}$$

其中，混凝土比重密度为 2.4~2.6 t/m^3，通常取值 2.5 t/m^3。

混凝土容积的计算公式(5)如下所示：

$$\text{混凝土容积} = \text{壁厚} \times \text{杆长} \times \pi \times (\text{梢径} - \text{壁厚} + 2/3 \times \text{杆长}) \times 10^{-4} \tag{5}$$

b) 螺纹钢 HB400 Φ14 成本计算

螺纹钢成本的计算公式(6)如下所示：

$$\text{螺纹钢成本} = \sum\left\{\text{螺纹钢用量} \times \text{螺纹钢年均单价}\right\} \tag{6}$$

其中，螺纹钢年均单价参阅全国企业采购交易寻源询价系统，近一年螺纹钢 HRB400 Φ14 单价为 3954.35 元。

螺纹钢用量的计算公式(7)如下所示：

$$\text{螺纹钢用量} = \text{杆长} \times \text{梢径} \times (\text{杆长}/75 + \text{稍径}) \times \text{钢筋比重系数} \tag{7}$$

其中，钢筋比重系取值三级钢筋国家标准(GB 1499.2-2007)。

生产成本的计算公式(8)如下所示：

$$\text{生产成本} = \sum\left\{\text{主材成本} \times K_4\right\} \tag{8}$$

其中，K_4 为生产成本系数，数值根据规格型号而定。

经营成本的计算公式(9)如下所示：

$$\text{经营成本} = \sum\left\{\text{主材成本} \times K_5\right\} \tag{9}$$

其中，K_5 为经营成本系数，数值根据规格型号而定。

2.3. 关键系数设置说明

针对计算公式列出的系数与锥形水泥杆的制造厂家加强沟通，了解目前计算系数的依据，取值由各厂家根据自身经营现状进行确定。具体见表 1 和表 2。

Table 1. Setting of K_1, K_2 and K_3 coefficients
表 1. K_1、K_2、K_3 系数设置

代号	系数名称	系数值
K_1	主材成本总价系数	7×10^{-6}
K_2	生产成本总价系数	1.4×10^{-5}
K_3	经营成本总价系数	3.35

Table 2. Setting of K_4 and K_5 coefficients
表 2. K_4、K_5 系数设置

锥形水泥杆型号	生产成本系数 K_4	经营成本系数 K_5
部分预应力，法兰组装杆，12 m，350 mm，T	0.67	1.55
部分预应力，法兰组装杆，15 m，350 mm，T	0.76	1.75
部分预应力，法兰组装杆，18 m，270 mm，O	0.79	1.82
部分预应力，整根杆，12 m，430 mm，U2	0.51	1.18
非预应力，法兰组装杆，11 m，270 mm，S	1.20	2.76
非预应力，法兰组装杆，12 m，190 mm，M	0.70	1.15
非预应力，法兰组装杆，12 m，230 mm，N	0.46	1.07
非预应力，法兰组装杆，15 m，190 mm，M	0.60	1.15
非预应力，法兰组装杆，15 m，230 mm，N	0.63	1.03
非预应力，法兰组装杆，18 m，190 mm，M	0.52	1.10
非预应力，法兰组装杆，18 m，230 mm，N	0.52	1.01
非预应力，法兰组装杆，9 m，270 mm，O	1.51	3.48
非预应力，整根杆，10 m，190 mm，I	0.29	0.76
非预应力，整根杆，11 m，190 mm，I	0.45	1.04
非预应力，整根杆，12 m，190 mm，M	0.26	0.97
非预应力，整根杆，12 m，230 mm，N	0.24	0.79
非预应力，整根杆，13 m，190 mm，M	0.53	1.23
非预应力，整根杆，15 m，190 mm，M	0.26	1.01
非预应力，整根杆，15 m，230 mm，N	0.23	0.86

2.4. 模型应用方法

依据上述研究，完成了锥形水泥杆的成本构成计算方法，通过明晰单根锥形水泥杆的成本构成计算工作方法及程序，借助软件技术将数据采集清单与成本计算功能结合，提升成本构成计算效能。锥形水泥杆的成本构成计算工作共收集 20 种规格型号数据进行试算分析，并提出模型优化提升建议以及采购同质化策略。

3. 运用成本分析方法

本文选取锥形水泥杆为配网物资研究对象，借鉴目前成熟度较高的计算工作经验，结合锥形水泥杆的成本构成计算模型设计，选择适用于锥形水泥杆的成本构成计算的方法及应用路径，为后续成本构成试算工作提供方法理论支撑。具体如下：

成本拆解法。成本拆解是将一定期间内所发生的全部成本，按其同产销量的依存关系划分为直接支出、制造费用和间接成本的过程，将成本同产销量之间的关系定量化，以便满足对企业未来生产经营活动进行规划和控制的信息需要[6]。

多元线性回归模型。研究一个因变量、与两个或两个以上自变量的回归称为多元线性回归，是反映一种现象或事物的数量多种现象或事物的数量的变动而相应地变动的规律，建立多个变量之间线性或非线性数学模型数量关系式的统计方法[7]。

方差膨胀因子。方差膨胀因子是一种用于评估自变量之间共线性程度的统计指标。它通过计算每个自变量的方差膨胀因子，来衡量该自变量与其他自变量的线性相关性[8]。

皮尔逊相关函数。在统计学中，皮尔逊相关函数是最常见的一种相关性度量方法，表示用于度量两个变量 X 和 Y 之间的相关(线性相关)，其值介于−1 与 1 之间。在自然科学领域中，该系数广泛用于度量两个变量之间的相关程度，它是由卡尔·皮尔逊从弗朗西斯·高尔顿在 19 世纪 80 年代提出的一个相似却又稍有不同的想法演变而来的，也称作“皮尔森相关系数 r”[9]。

比较分析法。比较分析法是通过实际数与基数的对比来提示实际数与基数之间的差异，借以了解经济活动的成绩和问题的一种分析方法。在科学探究活动中，常常用到对比分析法，这种分析法与等效替代法相似[10]。

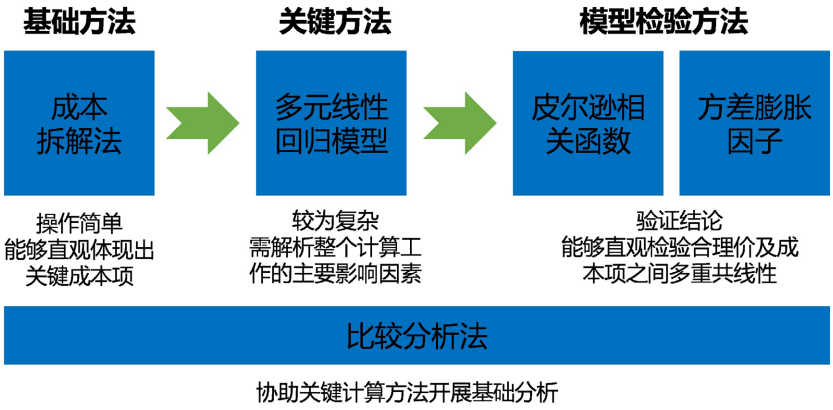

Figure 1. Combination of cost calculation method for tapered cement pole
图 1. 锥形水泥杆成本计算方法组合

如图 1 所示，本文参考成本拆解法、多元线性回归模型等计算方法理论获取成本，成本拆解法、多元线性回归模型都是广泛使用的计算方法，成本拆解法计算方法操作简单，能够直观体现出关键成本项，可作为成本测算的基础方法[11]；多元线性回归模型相对前者方法较为复杂，需解析整个计算工作的主要影响因素，势必作为本文的关键计算方法，开展成本构成的主要计算工作[12] [13]。为保障多元线性回归模型结论的可行性，本文采用方差膨胀因子、皮尔逊相关函数等检验方法理论验证结论，能够直观检验合理价及成本项之间多重共线性[14]。此外，比较分析法较为简单，可以作为辅助型分析方法，协助关键计算方法开展基础分析[15]。

由此可见，综合应用各方法，选择基于目标导向的适合的成本计算方法，一方面确保各类型物料价格成本构成排摸的准确性，另一方面，有助于识别研究的锥形水泥杆的成本波动的关键影响因素，从而提高物资招标采购参考价格的精准性，为采购策略决策优化提供支撑。

4. 试算与预测分析

4.1. 试算依据

本次锥形水泥杆成本构成计算工作由上海公司物资部统一下发相关试点规格型号的制造厂商进行成本数据收集和填报。计算工作针对 20 种水泥杆型号的成本构成相关数据进行收集，共收集到 20 份水泥杆数据样本。

4.2. 试算流程

本次锥形水泥杆的成本构成计算工作旨在为电网企业强化锥形水泥杆采购中标价管理能力，提升采购策略规范应用成效提供有效路径。首先，通过成本拆解法、测算各品类锥形水泥杆的成本构成，包括主材成本、生产成本以及经营成本；接着，采用多元线性回归模型的数据预测能力，构建总体合理价与成本构成之间的关联公式，并获悉单根锥形水泥杆的合理价；然后，针对合理价格影响较大的主材成本，开展其标准用量和年均单价分析，为精益化采购策略提供数据支撑；最后，总结锥形水泥杆的成本构成项试算分析的成果，提出有利于锥形水泥杆压降成本的应用建议举措，以及有助于锥形水泥杆的成本构成计算模型及计算方法提升的优化建议，进而为推动物资专业实现水泥杆采购中标价管理提供试算基础，也为其它电网物资开展成本构成计算工作提供示范。

4.3. 预测合理价

为探索各型号单根锥形水泥杆合理价与成本构成项的内在线性规律。本文以为主材成本、生产成本、经营成本、三类构成项作为基本变量，采用多元线性回归模型的数据预测能力，预估各型号单根水泥杆合理价的成本空间，并与实际中标均价进行对比，为促进水泥杆成本趋同合理化提供了技术途径，从而提升配网物资价格决策能力。

Table 3. Calculation of multiple linear regression model
表 3. 多元线性回归模型计算

	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	0.008862015	0.000358984	24.68636624	3.64501E−14	0.008101002	0.009623027
原料模型成本(元)	2.60E−06	1.69635E−07	15.33120963	5.50432E−11	2.2411E−06	2.96032E−06
生产模型成本(元)	1.11091E−05	1.34807E-06	8.240725471	3.76685E−07	8.25128E−06	1.39668E−05
经营模型成本(元)	3.353849366	5.92487E−07	5660630.473	7.5896E−100	3.35384811	3.353850622

如表 3 所示，锥形水泥杆以主材成本、生产成本、经营成本的成本数据作为基本变量，并将实际中标均价作为目标变量，通过多元线性回归模型分析(置信度 95%)，可知基本变量的系数和显著程度(绿色区域)较为优秀，线性拟合优度值为 1 (值越接近 1，代表拟合效果越接近实际)，经汇总计算结果获得基本变量与目标变量的线性公式：

$$Y = -0.0089 + 2.6 \times 10^{-6} \times X1 + 1.11 \times 10^{-5} \times X2 + 3.35 \times X3$$

其中，Xi 代表主材成本、生产成本、经营成本；Y 代表单根水泥杆的预测合理价。

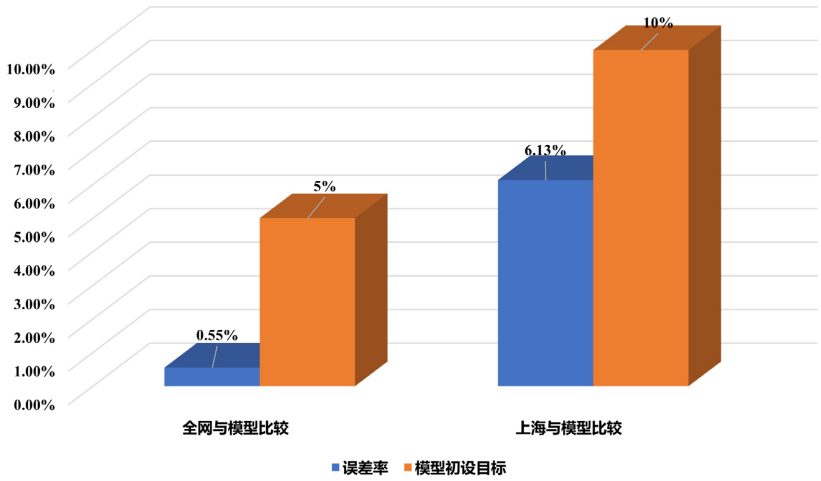

Figure 2. Comparison between reasonable price and bid price
图 2. 合理价与中标价对比

将锥形水泥杆的主材成本、生产成本、经营成本代入线性公式的运算，从而获得单根水泥杆的预测合理价，并与实际中标均价进行对比来确定价差区间。如图 2 所示，从整体视角分析，全网中标均价相较于模型合理均价，平均误差率为 0.55%；上海中标均价相较于模型合理均价，平均误差率为 6.13%。

由此可见，锥形水泥杆的模型合理均价与全网、上海中标均价误差率分别小于 5%、10%，完全符合模型初设目标。为保障水泥杆合理价的操作实用性，本文应采用方差膨胀因子、皮尔逊相关函数进行模型检验，验证模型及结论的可靠度。

4.4. 验证合理价

基于合理价结论，本文借助方差膨胀因子、皮尔逊相关函数，验证主材成本、生产成本、经营成本与合理价的强关联性。通过变量选择与建模，确定方差膨胀因子、皮尔逊相关函数的基本要素，为开展验证工作做好铺垫。

1) 皮尔逊相关性检验

皮尔逊相关函数是最常见的一种相关性度量方法，该方法广泛用于度量两个变量之间的相关程度，能够便于解释、比较对于线性关系较好的变量，并且计算结果准确性较高。

通过皮尔逊相关函数开展各变量检验，发现合理价与主材价格、生产成本、经营成本的相关性都超过了 0.7，本文可以认为合理价与三个自变量的相关性非常强，符合强相关性。由此可见，合理价与主材价格、生产成本、经营成本之间具有强关联性，证明运用多元回归模型，利用上述三项主要成本来估计锥形水泥杆的合理价可靠性强，由此考虑合理价与实际中标价格数据进行比较。

2) 方差膨胀因子检验

方差膨胀因子是一种常用的多重共线性度量方法，通过计算每个自变量的方差膨胀因子来评估自变量之间的共线性程度。它可以帮助我们判断模型的稳定性和预测精度，并指导变量选择和模型优化。

经过分析发现在多重共线性检验中，主材价格，生产成本，经营成本的方差膨胀因子分别为 83.793、16.611、149.183，均超过 10，因此可以认为各因子之间存在严重的共线性问题，即各因子之间存在线性相关性。

4.5. 试算分析小结

综上所述，本文已确定以下重要成果：一是各型号单根锥形水泥杆的合理价清晰显示了部分预应力

相较于非预应力的合理价均值要高出 4.2 倍，直观反映出锥形水泥杆采购的价位差异，为后续开展更为精准的各规格型号锥形水泥杆样本深入研究，提供了指引方向以及数据支撑；二是通过皮尔逊相关函数、方差膨胀因子的检验，明确了各型号单根锥形水泥杆的合理价与主材成本、生产成本以及经营成本存在非常强的关联性；三是按照一般生产制造行业规律，主材成本是各型号单根锥形水泥杆中成本最大的构成项，为明晰影响主材成本的关键因素，挖掘主材成本波动的根因；四是以技术规范书设计图纸为依据，通过成本拆解法分析，可知主材成本由混凝土 C50、螺纹钢 HRB400 Φ14 两种原材料组成，两者成本各占主材成本的 50%左右，明显是主材成本最为关键的构成项。

基于上述研究成果，本文形成科学合理的锥形水泥杆成本计算与分析的技术路径，为实现精益化采购管理、推动供应链上下游降本节资提供研究支撑，也为其它配网物资提供科学有效的成本计算分析示范样板。

5. 应用建议举措

本文可应用锥形水泥杆的成本分析结论，建立限价确认流程方案。一是提议应用模型方案及分析结论，形成锥形水泥杆的最高限价确定方式；二是提议编制上海公司锥形水泥杆的最高限价汇报文件，报上海公司招投标负责部门审批；三是提议招标方案讨论期与当期最高限价生成同步，并将当期最高限价报送招投标负责部门审批；四是提议上海公司通过模型应用，实现与外部原材料价格联动，在成本合理价保留利润基础上设置限价，有效控制采购成本，保障水泥杆品质保持较高水平，以合理的价格采购到优质产品。

6. 总结

本文运用单根锥形水泥杆的成本计算模型，选择试点水泥杆品类的供应商采集主材成本、生产成本、经营成本等各项数据，运用回归模型计算出锥形水泥杆的合理价，借助皮尔逊相关函数、方差膨胀因子用以验证模型可靠性，并穿插比较分析法，针对合理价影响最大的主材成本进行深入分析，锁定混凝土、螺纹钢为主材成本的关键构成项。本文应用模型结论，提出适用于物资专业采购管理、策略优化的建议举措，进而达到提高水泥杆采购质效管理的总体目标。

参考文献

[1] 孔源. 企业财务成本核算精细化路径思考[J]. 管理学家, 2023(11): 13-15.

[2] 江书军, 邓茹. 高校整体成本核算体系构建及运行机制设计——基于绩效管理需求导向视角[J]. 财会通讯, 2023(20): 167-171.

[3] 李智青. 建筑工程造价控制中施工项目成本核算的对策研究[J]. 工程建设与设计, 2023(22): 224-226.

[4] 尼燕, 廖钧, 肖谦, 等. 参数分配法 DIP 成本核算在公立医院精益运营管理中的应用探索[J]. 中国卫生经济, 2023, 42(10): 60-64.

[5] 刘静. 企业成本核算问题分析及对策探讨[J]. 中国集体经济, 2023(25): 52-55.

[6] 张春亮, 陈铭. 基于拆解难度和模糊聚类的泛化报废汽车拆解成本预测[J]. 中国机械工程, 2019, 30(7): 840-845.

[7] 赵伟凯, 杨兰军, 戴琳, 等. 偏正态条件下多元线性回归模型的统计推断及其应用[J]. 应用数学, 2024, 37(2): 519-529.

[8] 李璐, 郑亚先, 陈长升, 吴亭苇, 袁堃, 耿建, 程海花, 薛必克, 张凯锋. 风电的波动成本计算及应用研究[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(19): 5155-5163.

[9] 赵金利, 宿洪智, 李鹏, 于浩, 焦冰琦. 基于灵敏度分析的微电网互动运行成本计算方法[J]. 电力自动化设备, 2016, 36(6): 208-214.

[10] 杨洋, 陈进杰, 郑钰馨, 陈龙. 城市轨道交通运营成本计算方法研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2017, 30(3): 93-98.

[11] 李林, 周大为. 面向电力市场竞价的燃煤电厂实时发电成本计算模型[J]. 湖北电力, 2017, 41(12): 37-44.

[12] 余景选. 中美产品成本计算分步法的比较[J]. 会计之友, 2017(4): 27-29.

[13] 孟遂民, 刘闯, 卢银均, 陈思凡, 杨鸽子, 向乃瑞. 输电网规划全寿命周期综合成本计算研究[J]. 三峡大学学报: 自然科学版, 2017, 39(5): 84-89.

[14] 江勇. 成本计算方法在制造业的结合运用研究[J]. 现代商业, 2017(19): 161-162.

[15] 张永兰. 基于医疗改革下的基层医疗卫生院成本核算管理探讨[J]. 中国集体经济, 2017, 29(10): 24-25.