

2016 湖南省研究生数学建模竞赛参赛承诺书

我们仔细阅读了湖南省研究生数学建模竞赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们授权湖南省研究生数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

我们参赛选择的题号是（从组委会提供的试题中选择一项填写）：

我们的参赛报名号为（如果组委会设置报名号的话）：

所属学校（请填写完整的全名）：

参赛队员（打印并签名）：1.

2.

3.

指导教师或指导教师组负责人(打印并签名)：

日期： 年 月 日

评阅编号（由组委会评阅前进行编号）：

2016 湖南省研究生数学建模竞赛

编号专用页

评阅编号（由组委会评阅前进行编号）：

评阅记录（可供评阅时使用）：

[illegible]

湖南省第二届研究生数学建模竞赛

题目 国家电网电容器投标报价策略

摘要：

本文为得出国家电网电容器投标报价策略，基于题目所给数据信息，通过分析区间平均下浮双边曲线算法中下浮指数 a 和减分速率指数 m, n 对调整报价的影响，建立了投标报价模型，利用 14 年第三批的数据对所建模型准确度进行验证，结果显示使用本模型后，中标率获得 21.81% 的显著提升。并完成了对 14 年第四批指定 10kv 包的报价工作，同时结合对模型的分析与深入研究，给出关于国家电网招投标方法改革的合理化建议。

对于问题一，通过对区间平均下浮双边曲线算法的研究，得出报价与基准价越接近则报价得分越高的规律特征，进一步采用控制变量法，着重分析下浮系数和减分速率指数的调整对报价的影响，得出结论：当 m, n 值取定时，随着 a 值增大，基准价格逐渐减小；报价越接近基准价格，公司得分越高；当 a 取定时，随着 m, n 值的增加，报价与基准价的差值越小，则得分改变越小。因此对投标方的建议为，若下浮比例 a 增大，则需适当降低报价，使报价结果尽可能接近基准价格，以取得较高得分。同理，取定 a 值时，当 m, n 增大，若公司报价则越接近基准价格，则报价得分下降越慢。

对于问题二，针对建立提高中标率报价模型问题，通过对区间平均下浮双边曲线算法的理论研究，并对历史数据中多批包最高限价与基准价进行函数拟合分析，分别建立两种报价模型。基于平均下浮双边曲线算法的最优投标报价中标率较高，但存在较大风险。基于最高限价与基准价建立的比值拟合模型具有稳定性高，且模型简单易于求解。模型通过对 14 年第三批 10kv 数据包的 55 个包的测试结果表明，基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均最优报价模型相比原报价的中标率提升 21.81%，基于最高限价与基准价的比例值拟合模型报价相比原报价中标率提升 16.36%。同时比例值拟合模型的报价得分排名在前三名的比例为 56.36%，高于等权平均最优报价模型的 36.36%。而等权平均最优报价模型具有更高的稳定性，且更易操作。

对于问题三，针对求解 14 年第四批指定包的具体报价问题，分别采用等权平均最优报价模型和比例值拟合模型对包 24,29,41,42,57,62,66,71,74,76,84,87 进行报价，结果分别是：93.06, 63.31, 63.51, 81.76, 107.01, 62.30, 103.03, 65.34, 15.63, 107.42, 119.14, 144.16, 和 91.08, 74.88, 70.92, 80.64, 127.44, 65.88, 105.12, 75.6, 20.52, 101.88, 124.56, 151.2，报价单位均为万元。由于不同投标商对模型的中标率和稳定性的需求不同，故可选择不同模型以预测报价结果。

对于问题四，针对向国家电网提供招标方法改革建议的合理化问题，分别从招标过程，对质量保证采取相应的措施和区间平均下浮双曲线算法自身特性等发面提出相应的建议。

本文针对不同公司对中标率和稳定度考虑的差异性，提出了基于区间平均下

浮双曲线算法的等权平均最优报价模型和基于最高限价与基准价的比例值拟合模型，将该模型应用到 14 年第三批的数据报价预测中，结果表明上述模型更能满足不同招标商的要求。

关键词：控制变量法，等权平均，拟合，中标率，稳定性

1. 问题的重述

1.1 问题的背景

招投标在现代商业采购行为中运用得越来越广泛。随着社会发展，它所面对的经济对象也不断地大型化、复杂化，多批次化。如何运用有效的投标报价策略、并制定出既有合理利润又有竞争优势的报价，关系着投标企业的经济效益乃至企业的生死存亡。

1.2 问题的提出

国家电网在 2013 年-2014 年采用综合评标法对 6 批电容类货物进行招标。假定各公司在技术、商务方面实力相当，因此公司只需考虑通过合理的报价提高价格得分。招标中采用区间平均下浮双边曲线算法计算各投标公司的得分。在实际投标中，竞争对手的投标策略随着市场环境和自身条件的变化而变化，即使对同一个包，同一公司在不同批次中的报价也可能是不同的。同时价格下浮比例以及减分速率指数对报价也会产生一定的影响。因此需要采用合适的报价模型以提高公司中标率。

1.3 待解决问题

结合区间平均下浮双边曲线算法与附件信息，建立模型，解决如下问题：

1、对区间平均下浮双边曲线算法作全面研究分析，给出对投标方有价值的研究结论。特别，下浮系数及减分速率指数的调整对报价有何影响？

2、请在对 2013 年第 5 批至 2014 年第 3 批共 5 批数据进行分析的基础上，建立合容电器公司的报价模型以提高中标率。

3、结合问题 2 的模型，给出合容电气公司对 2014 年第 4 批以下指定各包的具体报价：包 24，包 29，包 41，包 42，包 57，包 62，包 66，包 71，包 74，包 76，包 84，包 87。

4、结合分析研究的结果，给出关于国家电网招投标方法改革的合理化建议。

2. 问题分析

2.1 基本概念

本文对将用到的概念做简要说明：

- (1) 价格下浮比例：价格下降的比例系数，直接影响基准价格。原价为 M 元，若下浮比例为 s ，则此时的价格为 $M(1-s)$ 元。
- (2) 减分速率指数：影响投标得分的指数。
- (3) 基准价格：与投标报价做参照的基准，直接影响投标得分。
- (4) 中标率：该批次所有数据包中得分排名第一的频数占总次数的比值。
- (5) 最高限价：此价格为国家电网可接受的电容器的最高价格。

2.2 对问题 1 的分析

问题 1 要求对区间平均下浮双边曲线算法作全面分析，并给出对投标方有价值的研究结论，着重分析下浮系数及减分速率指数的调整对报价的影响。本文分析考虑两种不同情况，情况一为全部投标报价均在或者均不在投标报价算数平均值的 80%~115% 区间内；情况二表示部分投标报价在有效投标报价算数平均值的 80%~115% 区间内；分别采用仿真方法分析两种情况下不同的下浮比例，以及减分速率指数改变时的影响。

2.3 对问题 2 的分析

问题 2 要求通过历史数据建立报价模型以提高公司的中标率。此模型可以理解为预测模型，预测模型常采用马尔科夫链，灰色预测和回归分析等方法实现。好的报价模型，需满足精度和稳健度等较高等条件，本文在综合考虑以上模型结构是所适用的范围后，提出较合适的报价模型，以提高中标率。

2.4 对问题 3 的分析

问题 3 要求根据第 2 问所建立的模型，对合容公司 2014 年第 4 批的部分数据包进行报价预测。应先提取需要预测的包内所有电容器的种类和数量，对应可计算出国家电网能接受的最高价格，再根据第 2 问建立的报价模型预测出所需数据包的报价。

2.5 对问题 4 的分析

问题 4 要求在分析研究的基础上给出国家电网招标方法改革的合理化建议，可以从招标过程的公平性，招标结果的质量保证，招标的可靠性等多方面的分析作答。通过深入分析区间平均下浮双边曲线算法，并结合本文建模过程所积累经验，对国家电网提出合理化建议。

3. 模型假设

- 1、假设提供的每批包数据均真实可靠。
- 2、假设每家公司的投标报价策略保持不变。

4. 符号说明

符号	符号说明
c_{ij}	第 i 批第 j 包的参与投标公司数
$x_{j,k}^i$	第 i 批第 j 包第 k 个投标公司报价
a_{ij}	第 i 批第 j 包的下浮比例
B_{ij}	第 i 批第 j 包的报价基准价
P_{ij}	需预测公司的第 i 批第 j 包的最优报价
$\bar{x}_{j,else}^i$	第 i 批第 j 包的非预测公司报价的均值
q	总共的 10kv 电容器的种类
$v_{j,k}^i$	第 i 批第 j 包中含有第 k 类电容器的数量
e_i	第 i 批中共含有的数据包
t_k^i	第 k 类电容器在第 i 批中的报价
b_j^i	第 i 批第 j 包中落在基准区间的报价的均值
t^i	第 i 批数据中所有电容器的价格
U_j^i	第 i 批第 j 包的价格上限
R_j^i	第 i 批第 j 包的基准价格与价格上限的比值
S_k	时间 k 的平滑值

5. 问题 1 模型的求解

问题一要求对算法中的参数对报价及得分的影响,可以采用控制变量的方法只改变一个参数分析相应的关注量的影响,最后根据分析的结果对投标商如何报价给出一定的建议。

5.1 区间平均下浮双边曲线算法

a 为下浮比例, m, n 为减分速率指数。

Step1: 计算基准价的区间,取全部有效投标报价算数平均值 A 的 80%~115% 作为基准价的区间。

Step2: 计算基准价,若全部有效报价均在或者均不在基准价区间,基准价为 $B = A \times (1 - a)$; 若部分有效报价在基准价区间内,取在基准价区间内的报价的算数平均值 A_1 , 则基准价为 $B = A_1 \times (1 - a)$;

Step3: 计算价格得分,若投标价格 P 大于等于基准价 B , 则投标价格得分 $S = (B/P)^n \times 100 \times 60\%$; 若投标价格小于基准价 B , 则投标价格得分 $S = (P/B)^m \times 100 \times 60\%$ 。

通过使用控制单一变量分析的方法,当减分速率指数 m 和 n 取定时,只改变参数 a ,随着 a 值增大,基准价逐渐降低,从而投标人的价格逐渐接近基准价格,相应的得分增高。同理,可取定下浮系数 a ,分析 m 和 n 的影响,得到对投标方有价值的研究结论。

5.2 matlab 仿真不同参数变化的影响

为分析区间平均下浮双边曲线算法中不同参数的调整对报价的影响,本文分别取 2013 年第六批框架式电容器组成套装置的包 26 的投标报价(报价均在基准区间内)和包 4 的投标报价(报价部分在基准区间内)的数据进行分析,数据在显示时精确到小数点后两位。

图 5-1 和 5-2 分别显示的是包 26 和包 4 的投标报价情况。

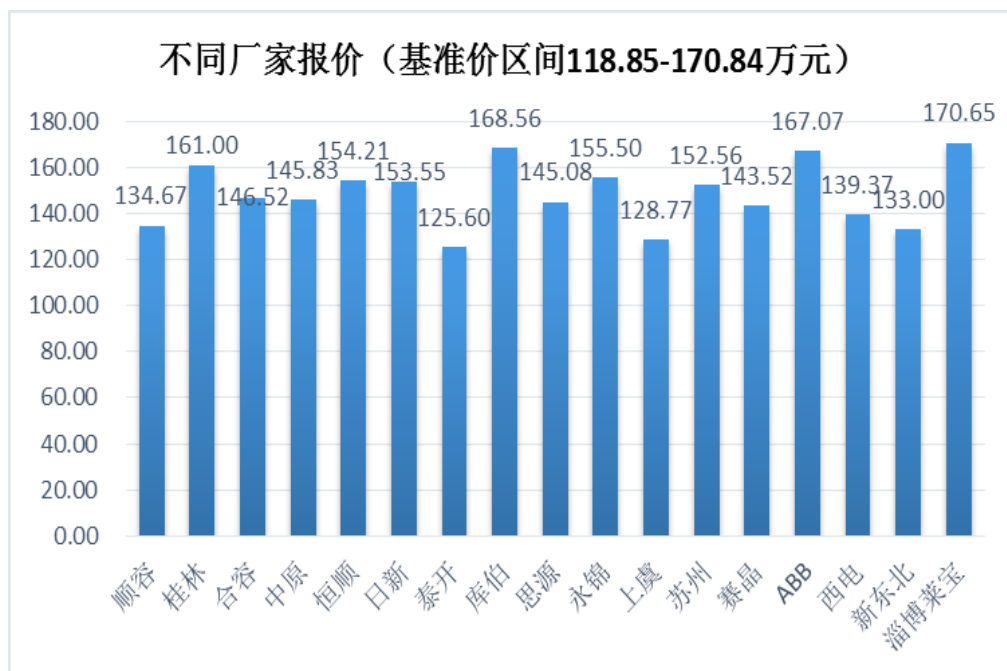


图 5-1 包 26 数据柱状图

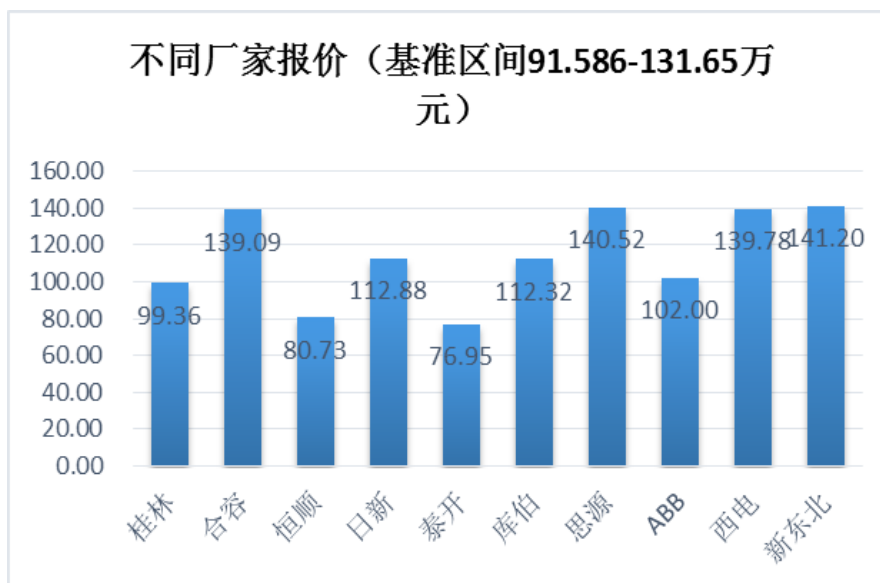


图 5-2 包 4 数据的柱状图

5.2.1 改变下浮比例对得分的影响

a) 投标报价全部在或全部不在基准价区间内

当 $m=0.6$, $n=1.5$ 时, 公司报价不改变, 随着下浮比例改变, 导致基准价也逐渐改变, 导致所有公司的报价得分均发生变化。具体情况如图 5-3 所示:

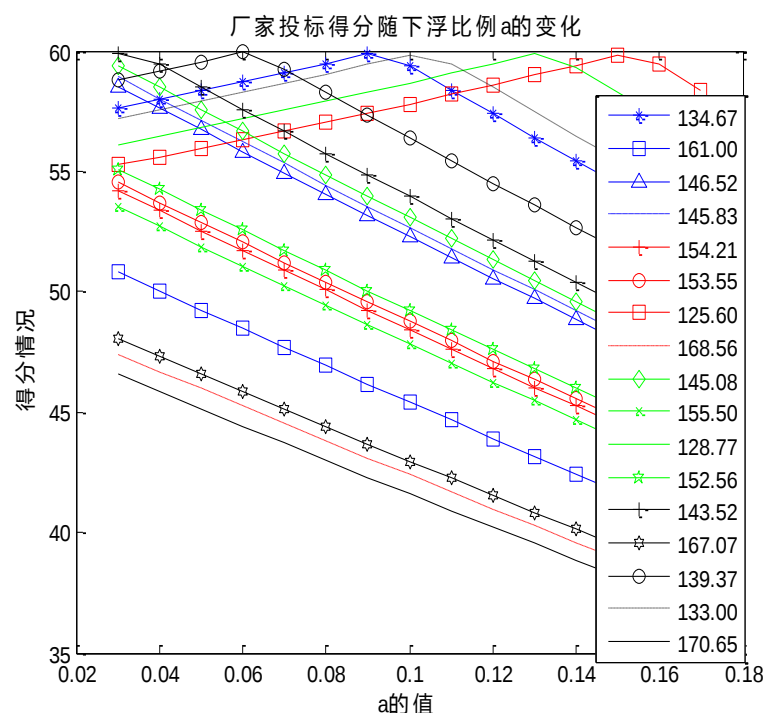


图 5-3 公司投标得分随下浮比例 a 的变化

从 5-1 中发现有 6 条曲线均出现接近满分 60 分的情况, 在此状态得分排名最高。分别对应的报价、下浮系数 a 和基准价格的值见表 5-1。

表 5-1 公司报价与 a 的值以及基准价的值统计

公司报价/万元	143.52	139.37	134.67	133.00	128.77	125.60
a 的取值	0.03	0.06	0.09	0.1	0.13	0.15
基准价格/万元	144.10	139.64	135.19	133.70	129.24	126.27

观察表 5-1, a 的值越大, 基准价格越低, 同时公司报价越接近基准价格, 得分越高, 越接近最高排名。

得分排名第一则认为投标成功, 统计改变 a 值 (为方便表示只统计部分 a 的值) 时报价得分排名前三的公司表示在表 5-2 中。

表 5-2 改变 a 时投标前三的公司

排名	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17
1	13	15	15	1	16	11	7	7
2	9	13	1	16	11	7	11	11
3	4	1	16	11	1	16	16	16

观察表 5-2 发现, 当 a 改变时, 对报价排名影响很大。每次调整 a 时, 各公司的报价排名均受影响。

b) 投标报价部分在基准区间内

此时 $m=0.6$, $n=1.5$ 。公司报价不改变, 下浮比例改变, 对应的基准价也会改变。所有公司的得分都会改变。具体情况如图 5-4 所示:

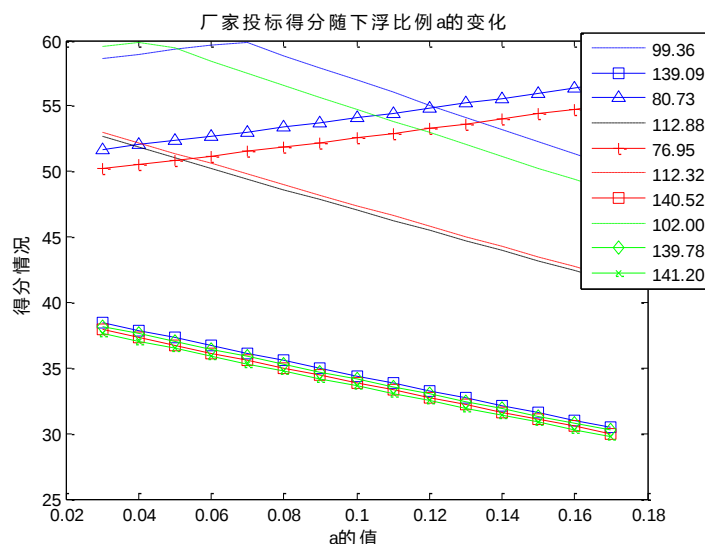


图 5-4 公司投标得分随下浮比例 a 的变化

观察图 5-4, 随着 a 的增加有四组招标价格的得分存在上升趋势, 对应的招标价格为: 102.00 万元, 99.36 万元, 80.73 万元, 76.95 万元。对应 a 的增加基准价格小于 103.44 万元, 得分上升的数据对应的均是招标价格低于基准价格的数据。此时也是招标价格越接近基准价格它的得分越高。

统计改变 a 值 (为方便表示只统计部分 a 的值) 时报价得分前三的公司表示在表 5-3 中。

表 5-3 改变 a 时报价排名前三的公司

排名	0.03	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17
1	8	8	1	1	1	3	3	3
2	1	1	8	8	3	1	5	5
3	6	3	3	3	8	6	1	1

观察表 5-3 发现当 a 改变时, 对报价排名影响很大。表中加黄色背景的是在

基准价区间外的报价数据，分析发现当报价不在基准价区间内的报价数据且其值较低时，如果下浮比例增加就会出现非基准价区间的数据投标排名第一，即为中标。

5.2.2 改变减分速率指数 n 对得分的影响

a) 投标报价全部在或全部不在基准价区间内

此时 $m=0.6$, $a=5\%$ 。公司报价不改变，下浮比例不改变，对应的基准价也不会改变。 n 作用在公司报价大于等于基准价的情况，改变 n 对公司报价小于基准价的情况没有影响，此情况下公司对得分不会改变。所以只分析公司报价大于等于基准价的数据情况。

不同公司报价的得分随着 n 改变而变化的图如图 5-5 所示：

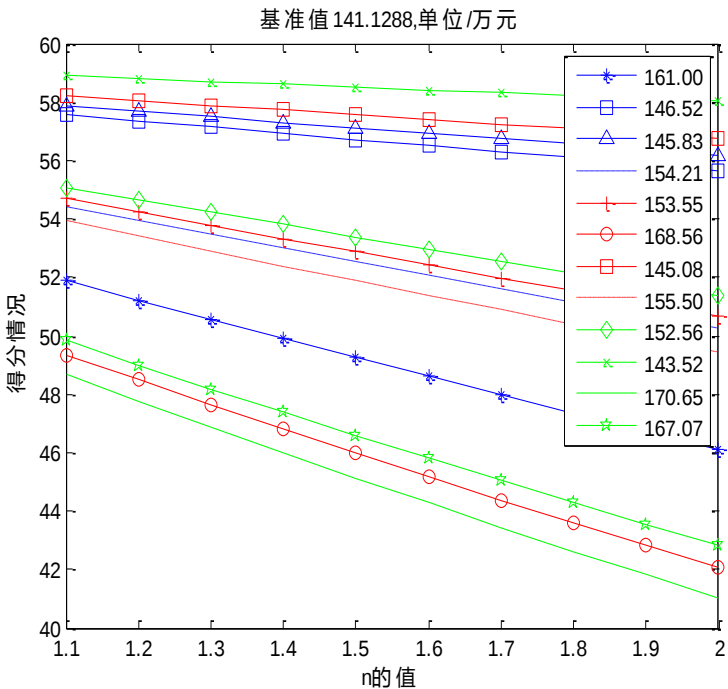


图 5-5 不同公司报价得分随着 n 改变的变化图

从 5-5 的图中可以看出报价价格与基准价格之间差距越大，随着 n 的增大，它的得分下降越快。对于比较接近基准价格的报价，增大 n 时，它的得分也在下降，但是下降比较缓慢。

将竞标公司按表 5-2 中横坐标顺序依次标记为 1, 2...17, 统计改变 n 值时报价得分前三的公司表示在表 5-4 中。

表 5-4 改变 n 时投标排名前三的公司

排名	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	13	13	13	13

观察表 5-4 发现当 n 改变时，对报价排名影响不大，从表中可以看出前三名和第一名的公司均没有改变。

b) 投标报价部分在基准区间内

此时 $m=0.6$, $a=5\%$ 。公司报价大于等于基准价时它的得分受到 n 的影响，为了更好分析排名，将所有数据画在图 5-6 中。

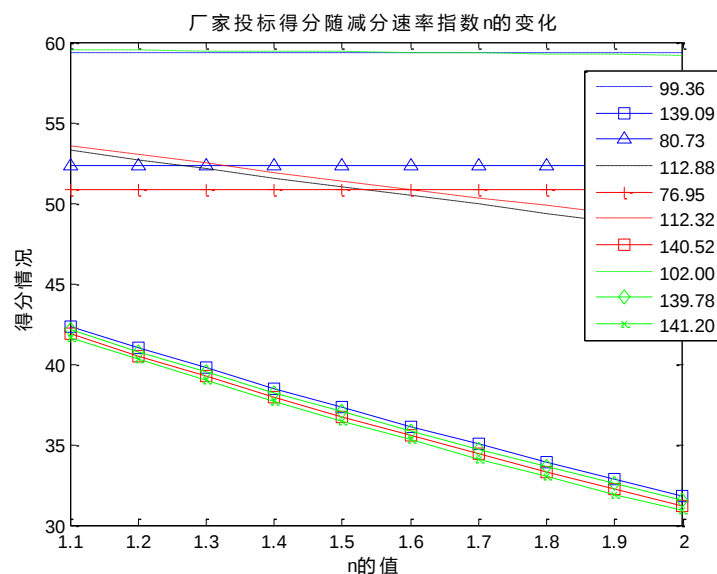


图 5-6 不同公司报价得分随着 n 改变的变化图

图 5-6 中虚线部分为基准价区间内的招标报价数据，其余为区间外的数据，从图中可以看出，招标第一的数据全部在 99.36 万元和 102.00 万元内，招标第三的数据随着 n 值得增大会出现在非基准价区间内。

5.2.3 改变减分速率指数 m 对得分的影响

a) 投标报价全部在或者全部不在基准价区间内

此时 $n=1.5$ ， $a=5\%$ 。公司报价不改变，下浮比例不改变，对应的基准价也不会改变。 m 作用在公司报价小于基准价的情况。所以只分析公司报价大于等于基准价的数据情况。

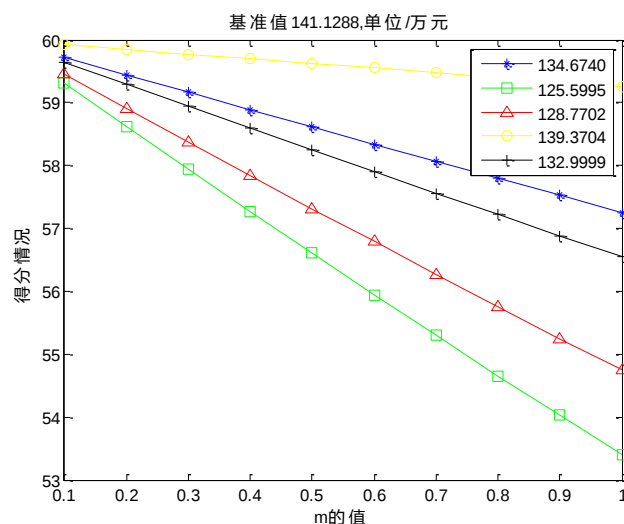


图 5-7 不同公司报价得分随着 m 改变的变化图

从 5-7 的图中可以看出报价价格与基准价格之间差距越大，随着 m 的增大，它的得分下降越快。对于比较接近基准价格的报价价格，增大 n 时，它的得分也在下降，但是下降比较缓慢。与 n 的变化情况一致

统计改变 m 值时报价得分排名前三的公司表示在表 5-5 中。

表 5-5 改变 m 时投标排名前三的公司

排名	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
第一名	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
第二名	1	1	1	1	1	13	13	13	13	13
第三名	16	16	16	16	13	1	1	1	9	9

观察表 5-5 发现当 m 改变时，对报价排名影响不是很大，从表中可以看出报价得分第一名的公司没有改变。

b) 投标报价部分在基准价区间内

此时 $n=1.5$, $a=5\%$ 。为了分析排名，统计所有公司报价得分随 m 变化的情况如图 5-8 所示。

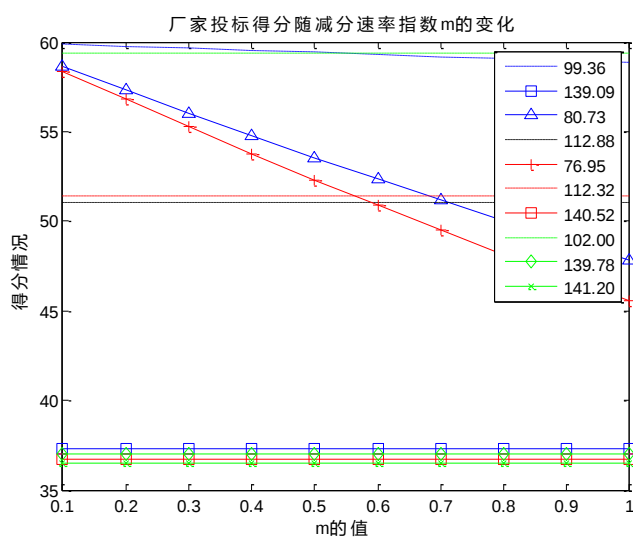


图 5-8 不同公司报价得分随着 m 改变的变化图

从图 5-8 可以看出，公司报价得分第一的在 99.36 万元和 102 万元的投标公司之间波动。 m 值小于 0.7 情况下，投标得分第三的公司价格为 80.73 万元，大于等于 0.7 时，为投标价格 112.32 万元的公司。

5.2.4 总结

下浮系数 a 值的大小直接影响基准价格，基准价格决定用户的得分，直接影响用户排名及是否中标。减分速率指数 m , n 的值对基准价格无影响，但是会影响用户的得分。

- 随着 a 值增大，基准价格逐渐减小。 a 值对招标排名影响很大；
- 公司投标报价越接近基准价格，得分越高；
- 公司报价与基准差值越大，随着 m , n 值增加，对应所影响的公司报价得分下降越快。反之，公司报价与基准差值越小，得分下降越慢，招标排名结果影响比较小；
- 当部分报价落在基准区间时，基准价格越低，得分第一的数据落在基准区间外的可能性越大。

5.3 对投标方的建议

- 若下浮比例 a 增加，则需降低报价，使报价结果尽可能接近基准价格，以取得较高的报价得分。反之当 a 值减小时，公司可以适当提高报价使之更接近基准价格；
- 当 m , n 增大时，公司报价越接近基准价格，得分下降越慢。

6. 问题 2 模型的建立与求解

本文通过对区间平均下浮双边曲线算法的理论分析和历史数据每包最高限价与基准价之间的关系，分别建立和两种模型。基于平均下浮双边曲线算法的最优投标模型报价具有中标率高，但是存在一定风险。基于最高限价与基准价建立的模型具有稳定性高，模型简单易求解。两种模型分别可以满足不同公司的需求。

6.1 基于区间平均下浮双曲线算法的最优报价模型

6.1.1 模型的建立

设第 i 批中第 j 个包的货物共有 c_{ij} 个公司参加投标报价，它对应的下浮比例为 a_{ij} ，设需要投标的 A 公司原报价 $x_{j,c_{ij}}^i$ ，其余 $c_{ij}-1$ 个公司报价分别为 $x_{j,1}^i, x_{j,2}^i, \dots, x_{j,c_{ij}-1}^i$ ，根据货物清单和报价得分以及需要考虑的 10kv 的包和框架式的数据得到表。从表 6-1 发现投标公司以大于 73% 的概率落在基准价区间，因此本文考虑全部报价均落在基准价区间的情况。则可以计算出基准价 B_{ij} 为

$$B_{ij} = (1-a_{ij}) \frac{1}{c_{ij}} \sum_{k=1}^{c_{ij}} x_{j,k}^i = (1-a_{ij}) \bar{x}_j^i \quad (6-1)$$

表 6-1 参投公司数与落在基准区间的公司数统计表

批次	参评公司数	落在基准区间公司数	比例
201305	598	556	92.97659
201306	783	683	87.22861
201401	2257	1865	82.63181
201402	1560	1379	88.39744
201403	2128	1554	73.02632

从第 1 问的分析中得到，为了使 A 公司的报价得分最高， A 公司的最优报价 P_{ij} 应等于基准价^[4]。即：

$$B_{ij} = P_{ij} \quad (6-2)$$

基准区间内的报价数据的算数平均值为：

$$A1 = (\sum_{k=1}^{c_{ij}-1} x_{j,k}^i + P_{ij}) / c_{ij} \quad (6-3)$$

则基准价为：

$$B_{ij} = (1-a_{ij}) A1 = (1-a_{ij}) (\sum_{k=1}^{c_{ij}-1} x_{j,k}^i + P_{ij}) / c_{ij} \quad (6-4)$$

联立公式 6-2 和 6-4 可以得到：

$$P_{ij} = \frac{(1-a_{ij})(c_{ij}-1)\bar{x}_{j,else}^i}{(c_{ij}-1)+a_{ij}} \quad (6-5)$$

$\bar{x}_{j,else}^i$ 为第 i 批数据的第 j 个包的非 A 公司的报价数据的均值，实际中观察货物清单不同批次的相同数据包发现它们需求的货物类型和数量都不相同，代表

不同批次的相同数据包并没有对比参考意义。每一个 10kv 的各包均由 10kv 电压中不同类型的电容器组成，电容器类型不会改变，通过不同批次不同 10kv 电容器的单价，可以预测出未来批次的电容器单价，从而计算出第 $i+1$ 批次的第 j 个包的非 A 公司的报价数据的均值 $\bar{x}_{j,else}^{i+1}$ ，进而计算出 $i+1$ 批次的 j 个包的最优报价 $P_{i+1,j}$ 。

设共有 q 类 10kv 电容器，第 i 批第 j 包中含有第 k 类电容器的数量为 $v_{j,k}^i$ ，设第 i 批中共含有 e_i 个数据包。第 k 类电容器在第 i 批中的报价为 t_k^i ，对应第 j 个包的落在基准区间的有效报价的算数平均值为 b_j^i ，则可得到方程组为：

$$\begin{cases} v_{1,1}^i t_1^i + v_{1,2}^i t_2^i + \cdots + v_{1,q}^i t_q^i = b_1^i \\ v_{2,1}^i t_1^i + v_{2,2}^i t_2^i + \cdots + v_{2,q}^i t_q^i = b_2^i \\ \vdots \\ v_{e_i,1}^i t_1^i + v_{e_i,2}^i t_2^i + \cdots + v_{e_i,q}^i t_q^i = b_{e_i}^i \end{cases} \quad (6-6)$$

计算此方程组可以得到，第 i 批数据中所有电容器的价格 $t^i = (t_1^i, t_2^i, \dots, t_q^i)$ ，通过计算历史数据中电容器价格可以预测出第 $i+1$ 批数据中电容器的价格。

预测第 $i+1$ 批电容器平均报价，可以根据对历史数据的等权利用和考虑最近时间数据的更大影响的非等权预测。分别如下：

(1) 均值模型

将求出的历史各类样品的单价等权平均，及现在的样品单价等于历史逼近单价的平均值。该方法的优点是可以全面考虑历史数据的参考信息。

$$x_t = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^{t-1} x_i \quad (6-7)$$

但是缺点是没有考虑到不同时刻的历史数据对当前时刻数据的影响差异，一般较远的历史数据影响较小，应当给予较小的权数。

(2) 基于一次指数平滑^[1]的变加权模型

基于上面的考虑，使用基于一次指数平滑的变加权方法对不同时间的样品单价赋不同的权值。

一次指数平滑预测法是以 $\alpha(1-\alpha)^i$ 为权数 ($0 < \alpha < 1, i=0,1,2,3,\dots$) 对时间序列 $\{x_t\}$ 进行加权平均的预测方法， x_t 的权数为 α ， x_{t-1} 的权数为 $\alpha(1-\alpha)$ ， x_{t-2} 的权数为 $\alpha(1-\alpha)^2$ ，依次类推得： $S_t = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1}$

其中 S_t 为时间 t 的平滑值， x_t 为时间 t 的实际值， S_{t-1} 为时间 $t-1$ 的平滑值， α 为平滑系数，取值在 0 到 1 之间。

初始值的确定：文中取前两个数的平均值作为初始值。

基本的公式为：

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1} = \alpha x_t + (1-\alpha)\alpha x_{t-1} + (1-\alpha)^2 S_{t-2} \\ &= \alpha \sum_{k=0}^{t-1} (1-\alpha)^k x_{t-k} + (1-\alpha)^t S_0 = \alpha \sum_{k=0}^{t-1} (1-\alpha)^k x_{t-k} + (1-\alpha)^t \frac{x_1 + x_2}{2} \end{aligned} \quad (6-8)$$

6.1.2 模型的求解

Step1: 数据预处理

将国家电网电容器规定的最高价格中 10kv 的电容参数及其上限价格提取出来，10kv 的电容器共 38 类，表 6-2 仅列出了其中的 20 类电容器及其价格。详细

数据见附录【1】。

表 6-2 10kv 的电容器最高上限单价（部分）

电容器指标	序号	单价/万元	电容器指标	序号	单价/万元
10kV/10Mvar/空心	1	5	10kV/5Mvar/417kvar	11	22
10kV/10Mvar/417kvar	2	40	10kV/5Mvar/铁心	12	20
10kV/10Mvar/铁芯	3	23	10kV/5Mvar/334kvar	13	23
10kV/8Mvar/空心	4	5	10kV/4.8Mvar/200kvar	14	29
10kV/8Mvar/334kvar	5	36	10kV/4Mvar/334kvar	15	20
10kV/8Mvar/铁心	6	22	10kV/4.8Mvar/空心	16	4
10kV/6Mvar/空心	7	4	10kV/3.6Mvar/200kvar	17	19
10kV/6Mvar/334kvar	8	27	10kV/4.8Mvar/铁心	18	20
10kV/6Mvar/铁心	9	20	10kV/3Mvar/334kvar	19	15
10kV/5Mvar/空心	10	4	10kV/4Mvar/空心	20	4

各批次只需要考虑 10kv 的各包，货物发货清单各批次只含 10kv 的包的统计情况如表 6-3 所示，其中 2013 年第 5 批简记为 201305，以此类推，并将包号 67,68,69,70 可以简记为 67-70。详情见附录【2】

表 6-3 所有批次的可用的包及其数量统计

批次	符合题中条件的数据包号	总数
201305	24-34, 36, 37, 41-47, 52, 53, 56-68	35
201306	24-71	48
201401	47-163, 165-181	134
201402	43, 45-50, 53, 54, 56, 58, 59, 61, 63, 64, 67-70, 72, 74, 76, 77, 79, 81-84, 86, 91, 94, 96, 98, 101-103, 105-109, 112, 114, 115, 117, 121, 122, 124-126, 128, 131-145, 146, 147, 150-168, 171, 174-177, 179-181	91
201403	25-148	124
201404	24, 29, 41, 42, 57, 62, 66, 71, 74, 76, 84, 87	12

从表 6-3 中可以发现，对应各批中只含有 10kv 的数据包分别为 35,48,134,91,124，以及需要在 2014 年第 4 批预测的 12 个数据包。

表 6-4 前三批的第 52 包中的电容器类型

电容器类型	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	24	25	26	27	28	31
201305	0	3	2	3	1	2	0	0	2	3	9	0	0	0	27	0
201306	2	2	0	4	0	0	0	4	0	4	0	7	0	12	0	21
201401	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0

在表 6-4 中，通过对比需求清单发现，前三批的第 52 包中所需电容器的规格和数量都不一致（有背景颜色的是非零的电容器类型的数量），所以不同批次的相同的数据包之间无对比参考意义。

以 2013 年第 5 批数据为例，分析可用包的参与招标公司数量以及招标价格落在基准区间的公司数量的图如图 6-1 所示，从图中可以观察到每包参与投标报价的公司数量基本稳定在 17 家左右。价格不在基准区间公司数基本上都小于等于 1 家，除了第 32 包数据，报价不在基准区间的有 10 个数据包。其余的均比较

小。

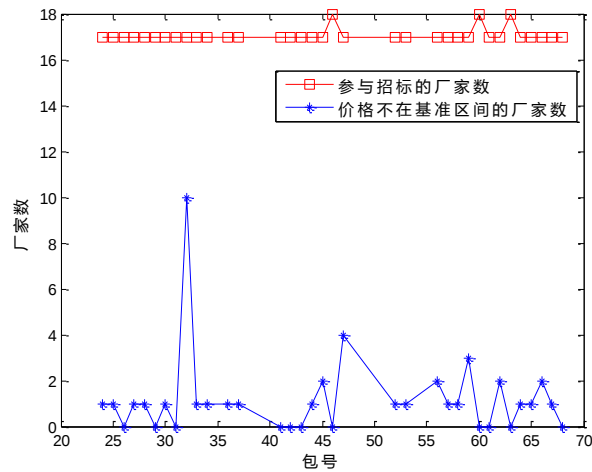


图 6-1 不同包的竞标公司情况

通过统计报价得分清单中所有包的所有招标公司，可以得到表 6-5。

表 6-5 投标公司数与包数量的统计表

参与投标公司数	15	16	17	18	总计
包的数量	2	61	322	47	432
所占总包百分比	0.46%	14.12%	74.54%	10.88%	100%

从表 6-5 中我们可以看出报价公司数量在 16,17 和 18 的占总的比例为 99.54%，本文取报价公司为 17，即 $c_{ij}=17$ 。

Step2: 模型参数求解

从需求清单中提取出每批数据的每类电容器的数量系数矩阵和相应投标得分落在基准区间内的报价的平均值数据。假设该批数据中 38 类电容器的平均价格按顺序可以排位 $y_1^i, y_2^i, \dots, y_{38}^i$ ，每个包的价格取落在基准区间内的报价数据的算数平均值分别为 $r_1^i, r_2^i, \dots, r_{e_i}^i$ 。以 2013 年第 6 批数据为例列出方程组如下所示，此时 $i=2$ ，报价数据的算数平均值如公式 6-9 所示，详细数据见附录【3】

$$\begin{cases} r_1^2 = 142.4335 \\ r_2^2 = 148.5566 \\ r_3^2 = 315.0662 \\ \vdots \\ r_{38}^2 = 226.074 \\ r_{39}^2 = 119.9338 \end{cases} \quad (6-9)$$

方程可以简写为 $Ay=r$ ，其中 A 为系数矩阵， $y=y_1^i, y_2^i, \dots, y_{38}^i$ ， $r=r_1^i, r_2^i, \dots, r_{e_i}^i$ 。

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{14}^2 + 2y_{15}^2 + 3y_{16}^2 + 4y_{17}^2 + y_{19}^2 + 6y_{20}^2 + 4y_{21}^2 + 12y_{24}^2 + y_{28}^2 + 3y_{29}^2 + 2y_{30}^2 = r_1^2 \\ 2y_{14}^2 + 6y_{16}^2 + 3y_{17}^2 + y_{19}^2 + 4y_{21}^2 + 6y_{24}^2 + y_{25}^2 + y_{26}^2 + 3y_{27}^2 + 12y_{29}^2 + 3y_{32}^2 + 6y_{34}^2 + 2y_{35}^2 = r_2^2 \\ 8y_8^2 + 8y_9^2 + 8y_{19}^2 + 8y_{28}^2 = r_3^2 \\ 4y_5^2 + 4y_6^2 + 3y_7^2 + y_8^2 + 4y_{14}^2 + y_{15}^2 + 3y_{16}^2 + 4y_{17}^2 + 3y_{18}^2 + 3y_{20}^2 + 3y_{24}^2 + y_{25}^2 + 3y_{26}^2 + 3y_{32}^2 = r_4^2 \\ 8y_5^2 + 8y_6^2 + 4y_8^2 + 4y_9^2 + y_{14}^2 + 3y_{16}^2 = r_5^2 \\ \vdots \\ 24y_4^2 + 8y_5^2 + 8y_{14}^2 + 6y_{17}^2 + 8y_{18}^2 + 6y_{26}^2 = r_{33}^2 \\ 4y_{14}^2 + 4y_{15}^2 + 8y_{17}^2 + 4y_{18}^2 + 12y_{20}^2 + 8y_{26}^2 = r_{34}^2 \\ 8y_{14}^2 + 8y_{17}^2 + 8y_{18}^2 + 8y_{26}^2 = r_{35}^2 \\ y_{12}^2 + y_{13}^2 + 7y_{14}^2 + 2y_{15}^2 + 7y_{17}^2 + 7y_{18}^2 + 2y_{19}^2 + 2y_{22}^2 + 7y_{26}^2 + 2y_{28}^2 = r_{36}^2 \\ 6y_{14}^2 + 6y_{17}^2 + 6y_{18}^2 + 2y_{25}^2 + 6y_{26}^2 + 2y_{33}^2 = r_{37}^2 \\ 9y_{14}^2 + 3y_{16}^2 + 5y_{17}^2 + 8y_{18}^2 + 3y_{24}^2 + 4y_{26}^2 = r_{38}^2 \\ 18y_7^2 + 6y_8^2 + 26y_{25}^2 + 6y_{32}^2 = r_{39}^2 \end{array} \right.$$

对于 $Ax=b, A \in R^{m \times n}, x \in R^{n \times 1}, b \in R^{m \times 1}, m > n$ 的方程, 此时方程是超定方程, 若 $rank(A)=n$, 方程有唯一解, 若 $rank(A) < n$, 则此方程的求解变为优化问题, 需采用非负线性最小二乘的方法求未知数组 $y_1^i, y_2^i, \dots, y_{38}^i$ 的解。约束条件为 6-10 和 6-11。

$$\min \quad \frac{1}{2} \|Ay - r\|_2^2 \quad (6-10)$$

$$y \geq 0 \quad (6-11)$$

计算得到 2013 年第 6 批数据的对应电容器的每类平均单价为公式 6-12, 考虑参数太多只表示 3 个, 因为可能每批次中包含的 10kv 电容器的种类小于总数 38 类, 所以会出现求解参数 $y_{38}^2 = 0$ 的结果, 详细结果见表 6-6:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1^2 = 1.373721 \\ y_2^2 = 25.86583 \\ \vdots \\ y_{38}^2 = 0 \end{array} \right. \quad (6-12)$$

在 2013 年第六批中, 不存在第 23 类, 31 类, 36 类, 37 类, 38 类电容器, 此类电容器的数量值为 0, 对应的解为 0。观察表 6-6 除了此类电容器的平均报价为 0 外, 第 3,5,8,11,15,18,23,24,25,27,31,35,36,37,38 类电容器的平均报价为 0。此单价求解是通过该批中的所有包的总价反推每类商品的单价, 平均单价为 0 的电容器, 表示此类电容器对该批次的需求贡献比较小, 公司主要盈利在单价比较高, 贡献比较大类的电容器。

表 6-6 13 年第 6 批数据包中每类电容器的平均报价

参数序号	在 201306 批中的解	参数序号	在 201306 批中的解
1	1.37372132	20	6.621672
2	25.86583361	21	1.77355
3	0	22	3.02603
4	7.453931221	23	0
5	0	24	0
6	21.77116119	25	0
7	5.202212868	26	2.990616
8	0	27	0
9	24.43098848	28	1.050839648
10	6.079208994	29	1.933638998
11	0	30	8.960999286
12	24.04076745	31	0
13	10.01638926	32	2.870793644
14	15.75776272	33	16.8806168186
15	0	34	4.408039524
16	1.846571636	35	0
17	9.207392103	36	0
18	0	37	0
19	12.70849917	38	0

采用 6.1.1 节中的模型预测第 $i+1$ 批电容器平均报价：

A (1)：均值模型

例如采用前四批数据预报第五数据中的 15 类样品的单价时，采用等权平均的方法即为： $x_t^{15} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 x_{t-i}^{15} = \frac{1}{4}(9.456+0+5.976+14.239) = 7.418$ 。其余不做赘述。

A (2)：基于一次指数平滑^[5]的变加权模型

平滑常数的选择：平滑常数决定了对“预测值与实际结果之间差异”的响应速度。平滑常数越接近于 1，远期实际值对本期平滑值的影响程度的下降越迅速；平滑常数越接近于 0，远期实际值对本期平滑值的影响程度的下降越缓慢。当序列呈稳定水平趋势时， α 应取较小值，如 0.1 ~ 0.3；当序列波动较大，长期趋势变化的幅度较大时， α 应取中间值，如 0.3~0.5；当序列具有明显的上升或下降趋势时， α 应取较大值，如 0.6~0.9；基于对解得的历史数据分析，我们的权值为选为 0.5。即在预报检测 14 年第四批的时候，13 年第五批至 14 年第二批的样品价格分别为 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{5}{32}, \frac{3}{32}$ 。

6.2 基于最高限价与基准价的比例值拟合模型

6.2.1 模型的建立

从另外的角度考虑，观察每批数据中的各包的价格上限与基准价格之间，发现它们存在一定的比例关系，价格上限可以由系数矩阵 A 乘以每类电容器的最高限价得到，基准价格可以由报价得分的文件中提取。将前四批的包的基准价与价格之间的比例分布表示如下图 6-2 所示，只画出前四批次的比值分布情况，详细数据见附录【4】。

图 6-2 分别对应 13 年第 5 批, 13 年第 6 批, 14 年第一批, 14 年第二批的基准价格与价格上限的比值分布情况。13 年第 5 批的比值最小值为 0.351, 最大值为 0.619。13 年第 6 批的比值最小值为 0.331, 最大值为 0.520。14 年第一批的比值最小值为 0.310, 最大值为 0.480。14 年第二批的比值最小值为 0.314, 最大值为 0.450。它们的分布区间越来越集中, 集中分布在 0.4 左右。 U_j^i 为第 i 批第 j 包的价格上限, R_j^i 为第 i 批第 j 包的基准价格与价格上限的比值:

$$R_j^i = \frac{B_j^i}{U_j^i} \quad (6-13)$$

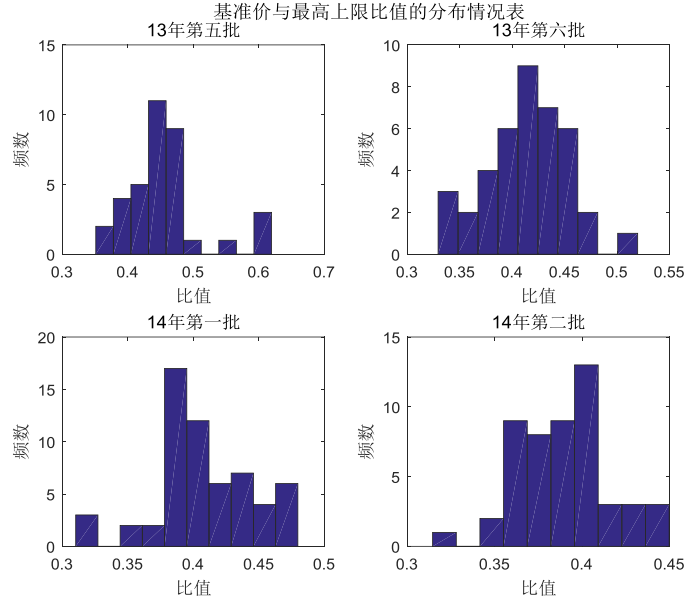


图 6-2 基准价与最高上限比值得分布情况

从公式 6-13 中可以看出, $B_j^i = R_j^i U_j^i$, 可以根据预测的比值, 计算出基准价格, 公司报价越接近基准价格, 报价得分越高。

基于前面对基准价与限价的比例分析, 随着 a 值得增加, 基准价会降低, 分子变小, 则比例会逐渐变小。利用已知的 a 值的信息和对 13 年第五批至 14 年第三批的基准价和限价分别做函数拟合的结果, 估计 14 年第四批的基准价格。

6.2.2 模型的求解

比例值拟合模型

以 13 年第 5 批为例, 一次, 二次, 三次拟合方程分别为公式 6-14, 6-15, 6-16 所示, 从公式中可以看出拟合曲线二次, 三次时它的非一次项系数已经非常小, 所以本文选择一次拟合曲线。拟合曲线以及残差图如图 6-3 所示。

$$y = 0.43279 \times x + 8.52 \quad (6-14)$$

$$y = 3.1754 \times 10^{-19} \times x^2 + 0.43279 \times x + 8.52 \quad (6-15)$$

$$y = -7.8721 \times 10^{-21} \times x^3 + 1.0796 \times 10^{-17} \times x^2 + 0.43279 \times x + 8.52 \quad (6-16)$$

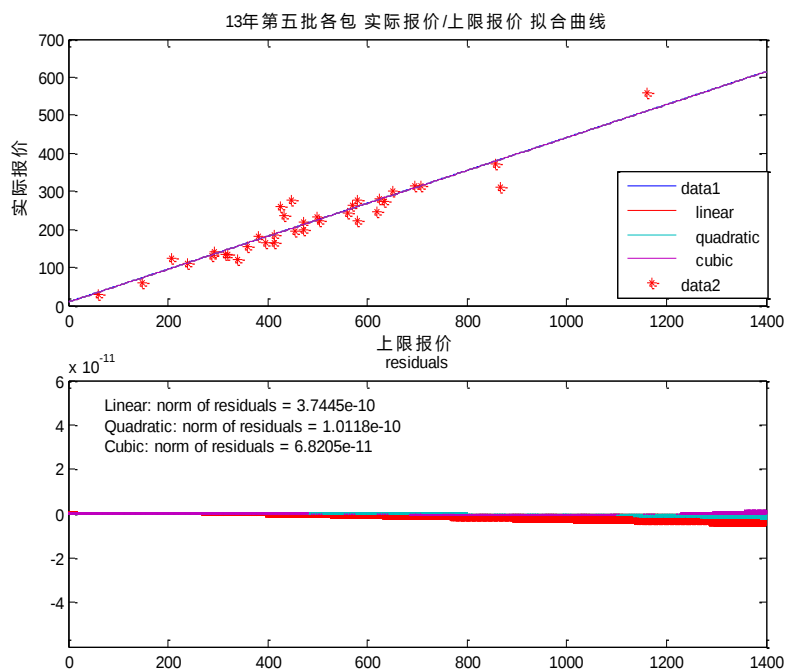


图 6-3 拟合曲线和最大残差图

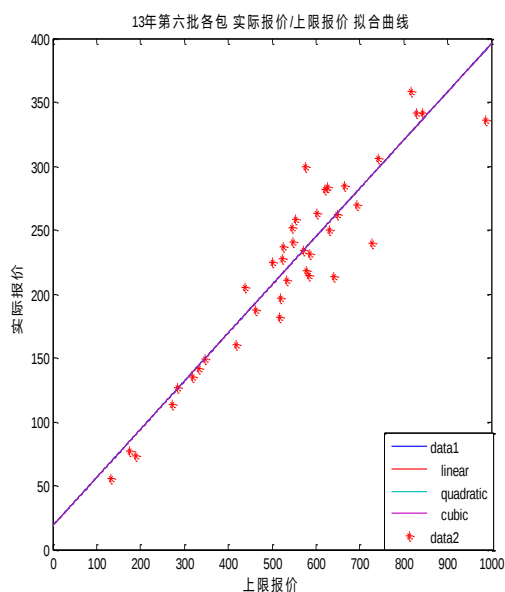
从图 6-3 中可以看出数据基本上都分布在拟合的曲线附近，它的最大残差为 3.9879×10^{-11} ，已非常小，认为拟合效果很好。

其余各批的拟合结果如图 6-4 所示，每批都采用一次，二次，三次拟合，其中每批拟合的曲线方程分别为公式 6-17, 6-18, 6-19: 对应的残差分别为 $1.25e-11$, $7.98e-12$, $3.41e-11$

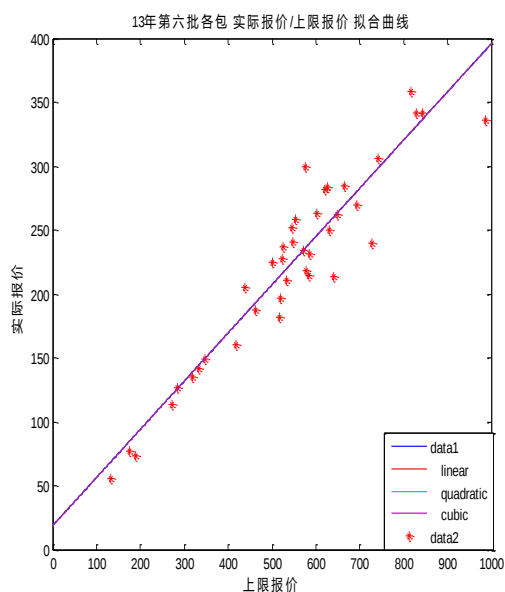
$$y = 0.37715 \times x + 18.549 \quad (6-17)$$

$$y = 0.45652 \times x - 9.3996 \quad (6-18)$$

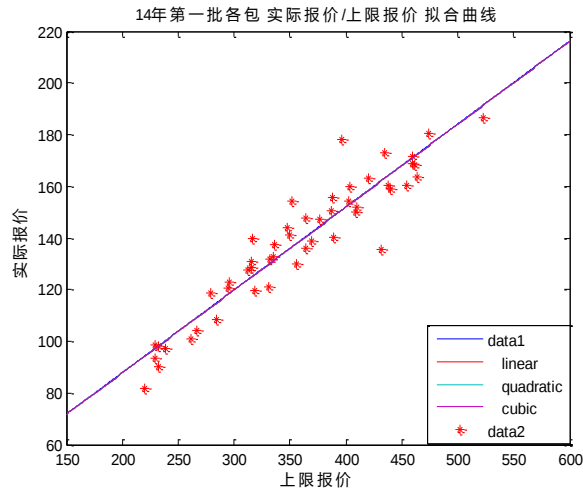
$$y = 0.32093 \times x + 23.544 \quad (6-19)$$



a) 201306 批



b) 201401 批



c) 201402 批

图 6-4 不同批次最高限价与基准价的拟合曲线

6.3 两类模型的综合对比

采用前四组数据来预测 201403 批的报价情况，原报价与基于区间下浮双曲线算法的最优报价模型的预测结果如下表（只选取部分数据，其余见附录【5】，源程序见附录【6】）。

表 6-7 201403 预测报价结果（部分图）

原报价				基于区间平均下浮双曲线算法的最优报价模型					
包号	报价	得分	排名	(1) 报价	得分	排名	(2) 报价	得分	排名
25	88.10	53.55	5	81.60	59.73	1	81.82	59.78	1
26	89.46	52.55	7	91.43	50.46	8	88.37	53.77	6
28	89.39	52.38	7	94.46	47.23	9	93.48	48.16	8
29	130.08	40.67	14	105.32	59.92	1	104.84	59.84	2
31	141.10	48.03	9	124.86	58.81	1	115.13	58.62	2
33	152.69	42.15	13	85.71	53.28	5	62.40	48.44	8
34	141.10	48.30	8	124.86	59.88	2	115.13	58.32	3
35	141.10	47.60	9	124.86	59.91	1	115.13	58.45	4
37	82.84	55.60	4	84.47	53.60	5	80.55	58.61	3
38	80.73	50.29	7	87.48	43.30	13	80.78	50.23	7
39	149.50	39.80	13	110.33	58.57	5	92.64	55.39	6
40	94.77	53.39	7	98.82	49.37	7	96.32	51.79	7
44	70.76	52.42	6	59.88	58.63	1	64.10	59.77	1
46	83.42	55.99	4	80.42	59.99	2	78.91	59.68	2
48	93.37	46.31	11	84.63	59.96	1	87.98	56.03	3
49	97.19	46.18	9	96.39	46.89	9	95.83	47.41	9
51	119.68	48.09	9	123.51	45.34	10	122.49	46.05	9
52	165.91	39.91	12	125.08	58.90	4	125.80	59.00	4
55	109.76	36.46	15	81.57	59.50	2	84.34	59.57	1

表 6-7 中，加黄色背景的为排名第一中标情况。本批次选取的 55 个包详细数据见附录【7】。

采用最高限价与基准价比值拟合模型的预测报价结果分析如下表 6-8 所示：

表 6-8 基于最高限价与基准价比值拟合的预测报价结果

比值 R_j^i	0.4	0.38	0.36	0.34	0.32	0.3
排名第一比例	1.82%	5.45%	5.45%	16.36%	12.73%	7.27%
排名前二比例	7.27%	12.73%	29.09%	36.36%	30.91%	20.00%
排名前三比例	12.73%	20.00%	41.82%	56.36%	49.09%	50.91%
排名前四比例	21.82%	29.09%	56.36%	70.91%	74.55%	70.91%
排名前五比例	25.45%	38.18%	67.27%	80.00%	89.09%	89.09%

因为相对于前四批数据，第五批数据的下浮系数调整为 10%，所以只能估计出比值所在范围约 0.3-0.4 之间，通过数据实际计算如表 6-8 所示，可以得到当比值为 0.34 时，命中率为 16.36%，排名前五的比例为 80%，模型报价比较稳定，对于第六批，它的下浮系数与第五批一致，所以此系数可以用在第六批报价预测中。

全部的统计情况如表 6-9 所示，原报价情况是统计报价得分数据表得到的结果，A 模型代表基于区间平均下浮双曲线算法的最优报价模型，B 模型代表最高限价与基准价比值拟合的模型：

表 6-9 原报价与模型一预测报价数据统计

原报价			A 模型				B 模型	
排名	频数	比例	(1)模型报价		(2)模型报价		频数	比例
排名第一	0	0	12	21.81%	6	9.09%	9	16.36%
排名前二	1	1.82%	17	30.91%	12	20%	20	36.36%
排名前三	2	3.64%	20	36.36%	17	34.54%	31	56.36%
排名前四	5	9.09%	26	47.27%	29	49.09%	39	70.91%
排名前五	9	16.36%	31	56.36%	35	61.81%	44	80.00%

从表 6-9 中可以得出，原来报价中标率为 0，基于区间平均下浮双曲线算法的最优报价模型中的等权平均模型报价中标率为 21.81%，基于一次指数平滑的变加权模型报价中标率为 9.09%，基于最高限价与基准价的比例值拟合模型报价中标率为 16.36%。相比原报价都有所提高。基于一次指数平滑的变加权模型报价的中标率提高最大。相比于排名前五的报价所占比例，基于最高限价与基准价的比例值拟合模型报价排名前五所占比例为 80%，稳定性很高。

从中标率高的角度出发，最好的是基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型报价。从稳定度高的角度出发，最好的是最高限价与基准价比值拟合的模型。可以根据不同公司的需求选择不同的报价模型，若公司需求中标率高，不考虑风险大小，可以选择基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型报价，此模型相对比较复杂，运算量比较大。若公司比较保守，需求有一定中标率但是更稳定的投标结果，则可以最高限价与基准价比值拟合的模型，此模型比较简单，运算量较小。

7. 问题 3 模型的建立与求解

通过问题 2 的模型分析与求解得到，从中标率高的角度出发，最好的是基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型报价。从稳定度高的角度出发，最好的是最高限价与基准价比值拟合的模型。

14 年第四批中需要求的包中它们所公共含有的电容器的种类以及对应的每类的等权平均的价格如下表 7-1 所示。即为基于区间平均下浮双曲线算法的等权

平均模型的参数。最高限价与基准价比值拟合的模型的比值为 0.34。

所以分别采用两种报价模型对 14 年第四批的包 24,包 29,包 41,包 42,包 57,包 62,包 66,包 71,包 74,包 76,包 84,包 87。价格单位：万元。求解过程与问题 2 一样，不在此赘述。

表 7-1 基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型的参数

电容器种类	每类的等权平均价格	电容器种类	每类的等权平均价格
4	5.280747	19	9.368364
5	4.762926	21	3.394434
7	1.085911	22	2.564042
8	13.45878	24	1.008933
9	6.518619	25	4.433373
10	4.205388	26	6.396701
12	10.12988	27	1.088858
13	5.235553	28	4.19527
14	10.4078	29	1.436198
15	7.897813	32	1.536472
16	2.782175	33	6.420961
17	7.690794	34	1.147983
18	5.72849	35	2

表 7-2 14 年第 4 批数据包的最优报价结果

包号	等权平均模型	最高价与基准价 比值拟合模型	上限价格
24	91.73	86.02	253
29	74.18	70.72	208
41	76.58	66.98	197
42	99.88	76.16	224
57	137.21	120.36	354
62	74.89	62.22	183
66	108.17	99.28	292
71	81.31	71.4	210
74	24.26	19.38	57
76	113.06	96.22	283
84	122.21	117.64	346
87	140.93	142.8	420

8. 问题 4 的解答

许多电力物资特别是在 10kV 及以下电压等级领域^[2]，投标竞争异常激烈，供远大于求，一定程度上形成买方市场。即便采用综合评估法的电力设备，在完全满足招标要求的同等技术条件下，价格是最重要因素。但个别企业靠虚假资质、虚假证明等骗取中标，或者为中标不惜低于成本报价，中标后偷工减料以次充好；还有投机取巧，采用不平衡报价，投标人对权重大的就低报价，权重小而实际

用量并不少的规格故意抬高价格。针对以上问题,建议加强供应商管建立投标人信用档案库,把不诚信投标人列入黑名单;加大设备监造力度,严把出厂、到货检测关;提高招标文件编制水平,完善合同条款,杜绝疏漏。

从招标过程考虑,电网建设项目招标工作必须严格遵循以下原则^[3]:①要使投标者机会均等、公平竞争。②既要维护招标人的利益,也要维护投标人的利益。③按科学的招标程序招标,用科学的方法评标。④经济合同的主要条款必须与表述规定的条件相符合。⑤严格保守机密。⑥招标程序严格按科学、可行的招标程序开展招标工作。

国家电网在 2013 年-2014 年采用综合评标方法进行招标,综合评价法不仅综合考虑了各项评标因素,能够全面评估投标人的综合实力,而且权重了体现各招标人的侧重点,可以客观反映招标文件的要求;另外,综合评价法既有定性分析,又有定量打分,兼顾了价格、技术等各方面的因素^[6~7]。但是也存在一些难以量化的评标因素,不易反映出投标人的实际情况;其次,各评标因素权重的确定缺乏科学性^[5];

通过分析区间平均下浮双边曲线得分算法后,对国家电网招标提出如下两点改革意见:

- 1) 由第 1 问的分析知道,报价得分与基准价的关系非常密切,基准价与下浮比例关系非常密切,往往改变一点 a 的值,对排名的影响就非常大。在分析问题一时,如果是部分数据在基准区间内,此时会存在第一名中标的结果落在基准区间外的情况。因为此时 a 的值比较大,下浮比例调整比较高,导致基准价格被压的很低。使得原来在区间外的低于区间最小值的数据反而得分更高,存在很大的中标可能性。考虑引入基准价区间是为了尽可能避免部分公司过高抬高价格,或者是恶性压制价格,使得产品或服务无法保证。但是此算法会存在因为 a 下浮比例比较高,使得区间外的低报价中标,存在非常大的质量保证问题。可考虑做这样的修正:
 - a) 下浮系数 a 的上限值随着落在基准区间内的报价数据量的增加而增加。下浮系数 a 的值不能超过上限。
 - b) 将低于基准区间的报价,得分记为 60 分。(满分 100 分,不考虑系数比例 60%)。
- 2) 基准价格与有效报价的算数平均值有很大的关系,有效报价的算数平均值与基准价的浮动区间存在着系数关系,对于每批次中不同的包(包含不同的需求类型,不同的数量)对应价格上限区别很大,需求包价格上限为参考分析浮动区间的影响,基准区间长度要适当,过大会失去合理性,过小,会导致进去有效圈内的几率比较小,需要综合分析,一般情况浮动上下限应同工程造价成反比,程投资越大,有效标价浮动系数应相对减小^[5],把有效标价缩小到一定控制范围,投标企业进入有效标价的机率就会越小。如果上下浮动率过大,所有投标企业就全会进入,那就失去了竞争意义。从表 8-1 中我们也可以看出同样的问题。

表 8-1 不同包的价格上限与浮动情况

包序号	58	55	51	48	60	30	44	49
上限价格/万元	100	267	399	463	587	693	742	843
浮动 0.2/万元	20	53.4	79.8	92.6	117.4	138.6	148.4	168.6

从表中可以看出当上限价格不同数据包之间差距很大时,浮动 0.2 的价格也会差异很大。

9. 模型的评价推广及总结

9.1 模型的评价与推广

9.1.1 模型的评价

1、优点：

- 1) 采用两类方法分别对报价进行预测，采用中标率和稳定性对模型进行评估。
- 2) 对中标率和稳定度不同需求的公司提出不同的预测模型。
- 3) 详细分析区间平均下浮双边曲线算法的参数影响，并依据此对电网招标方法提出了一定的建议；

2、缺点：

- 1) 历史数据非常少，造成模型精准率不高，若增加历史数据会在原来基础上进一步提高一次指数平滑的变加权模型的中标率。

9.1.2 模型的推广

进一步研究可以结合数据包限价与预测模型，以提高模型的精确率。本文检验发现在解每批电容器的平均报价时，不剔除该批次中不含有的电容器种类和剔除时得到的解不一致，可能会对中标率产生一定的影响，后续工作可以对此进行更进一步的分析。

9.2 总结

9.2.1 问题 1 总结

- i. 随着 a 值增大，基准价格逐渐减小。 a 值对招标排名影响很大；
- ii. 公司投标报价越接近基准价格，得分越高；
- iii. 公司报价与基准差值越大，随着 m , n 值增加，对应所影响的公司报价得分下降越快。反之，公司报价与基准差值越小，得分下降越慢，招标排名结果影响比较小；
- iv. 当部分报价落在基准区间时，基准价格越低，得分第一的数据落在基准区间外的可能性越大。

对投标方的建议：

- i. 若下浮比例 a 增加，则需降低报价，使报价结果尽可能接近基准价格，以取得较高的报价得分。反之当 a 值减小时，公司可以适当提高报价使之更接近基准价格；
- ii. 当 m , n 增大时，公司报价越接近基准价格，得分下降越慢。

9.2.2 问题 2 总结

通过提取的第五批中 55 个数据包，基于区间平均下浮双曲线算法的最优报价模型中的等权平均模型报价中标率相比原报价中标率提升 21.81%，基于一次指数平滑的变加权模型报价中标率提升 9.09%，基于最高限价与基准价的比例值拟合模型报价中标率提升 16.36%。基于一次指数平滑的变加权模型报价的中标率提高最大。相比于排名前五的报价所占比例，基于最高限价与基准价的比例值拟合模型报价排名前五所占比例为 80%，稳定性很高。

从中标率高的角度出发，最好的是基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型报价。从稳定度高的角度出发，最好的是最高限价与基准价比值拟合的模型。可以根据不同公司的需求选择不同的报价模型，若公司需求中标率高，不考虑风险大小，可以选择基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型报价，此模型相对比较复杂，运算量比较大。若公司比较保守，需求有一定中标率但是更稳定的

投标结果,则可以最高限价与基准价比值拟合的模型,此模型比较简单,运算量较小。

9.2.3 问题 3 总结

从中标率高的角度出发,最好的是基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型报价。从稳定度高的角度出发,最好的是最高限价与基准价比值拟合的模型。基于区间平均下浮双曲线算法的等权平均模型对 14 年第四批的包 24,包 29,包 41,包 42,包 57,包 62,包 66,包 71,包 74,包 76,包 84,包 87 的报价估计分别是: 91.73 万元, 74.18 万元, 76.58 万元, 99.88 万元, 137.21 万元, 74.89 万元, 108.17 万元, 81.31 万元, 24.26 万元, 113.06 万元, 122.21 万元, 140.93 万元。最高限价与基准价比值拟合的模型对 14 年第四批的包 24,包 29,包 41,包 42,包 57,包 62,包 66,包 71,包 74,包 76,包 84,包 87 的报价估计分别是: 86.02 万元, 70.72 万元, 66.98 万元, 76.16 万元, 120.36 万元, 62.22 万元, 99.28 万元, 71.4 万元, 19.38 万元, 96.22 万元, 117.64 万元, 142.8 万元。

9.2.4 问题 4 总结

本文分别从招标过程,对质量保证采取的措施,区间平均下浮双曲线算法三个角度给国家电网提出相应的建议,具体建议见问题 4 的解答。

参考文献

- [1] 吴孟达,成礼智. 数学建模教程[M]. 长沙: 高等教育出版社, 2011
- [2] 林景. 浅析电力物资招标的特点和存在问题[J]. 现代商业,2009,29:65.
- [3] 于波. 我国电网建设业主项目管理研究[D].大连理工大学,2002.
- [4] 冯卫兵. 非合作模式下动态下浮比例连续批次投标报价模型[J]. 西安科技大学学报,2015,04:505-510.
- [5] 李慧刚,王立研. 平滑指数法在河堤建设工程中对市场价格进行合理预测的应用[J]. 统计与管理,2013,06:120-121.
- [6] 李潇. 基于支持向量回归的电力采购评标方法研究[D].天津大学,2010.
- [7] 何灵,赵建娜. 基于综合评估法的电网企业物资招标评标方法研究[J]. 华北电力大学学报(社会科学版),2012,04:36-39.

附录

附录【1】10kv 的电容器的种类及其价格和标号：

电容器指标	对应序号	单价/万元
10kV/10 Mvar/空心（1%、5%、12%）	1	5
10kV/10 Mvar/单台/417kvar	2	40
10kV/10 Mvar/铁芯（1%、5%、12%）	3	23
10kV/8 Mvar/空心（1%、5%、12%）	4	5
10kV/8Mvar/单台/334kvar	5	36
10kV/8 Mvar/铁心（1%、5%、12%）	6	22
10kV/6 Mvar/空心（1%、5%、12%）	7	4
10kV/6Mvar/单台/334kvar	8	27
10kV/6Mvar/铁心（1%、5%、12%）	9	20
10kV/5 Mvar/空心（1%、5%、12%）	10	4
10kV/5Mvar/单台/417kvar	11	22
10kV/5Mvar/铁心（1%、5%、12%）	12	20
10kV/5Mvar/单台/334kvar	13	23
10kV/4.8Mvar/单台/200kvar	14	29
10kV/4Mvar/单台/334kvar	15	20
10kV/4.8Mvar/空心（1%、5%、12%）	16	4
10kV/3.6Mvar/单台/200kvar	17	19
10kV/4.8Mvar/铁心（1%、5%、12%）	18	20
10kV/3Mvar/单台/334kvar	19	15
10kV/4Mvar/空心（1%、5%、12%）	20	4
10kV/2Mvar/单台/334kvar	21	12
10kV/4Mvar/铁心（1%、5%、12%）	22	17
10kV/1.5Mvar/单台/100kvar	23	12
10kV/3.6Mvar/空心（1%、5%、12%）	24	3
10kV/1Mvar/单台/334kvar	25	10
10kV/3.6Mvar/铁心（1%、5%、12%）	26	12
10kV/3Mvar/空心（1%、5%、12%）	27	3
10kV/3Mvar/铁心（1%、5%、12%）	28	10
10kV/2Mvar/空心（1%、5%、12%）	29	3
10kV/2Mvar/铁心（1%、5%、12%）	30	10
10kV/1.5Mvar/空心（1%、5%、12%）	31	3
10kV/1Mvar/空心（1%、5%、12%）	32	3
10kV/1Mvar/铁心（1%、5%、12%）	33	10
10kV/0.6Mvar/空心（1%、5%、12%）	34	3
10kV/0.6Mvar/100（200）kvar	35	10
10kV/0.3Mvar/空心（5%）	36	3
10kV/0.3Mvar/单台 /100（200）kvar	37	10
10kV/0.3Mvar/铁心（1%、5%、12%）	38	8

附录【2】报价得分数据表

2013 05	24-34, 36-37, 41-47, 5 2-53, 56-68	35	24-34, 36-37, 41 -47, 52-53, 56-6 8	35
2013 06	24-34, 36-37, 41-47, 5 2-53, 56-69	36	24-34, 36-37, 41 -47, 52-53, 56-6 9	36
2013 07	24-34, 36-37, 41-47, 5 2-53, 56-70	37	24-34, 36-37, 41 -47, 52-53, 56-7 0	37
2014 02	43, 45-50, 53-54, 56, 5 8-59, 61, 63-64, 67-70 , 72, 74, 76-77, 79, 81-84, 86, 91, 94, 9 6, 98, 101-103, 105-10 9, 112, 114-115, 117, 121-122, 124-126, 128 , 131-145, 146-147, 15 0-168, 171, 174-177, 1 79, 180-181	91	43, 45, 47, 49, 53-54, 58-59, 61, 63-64, 74, 76-77, 79, 82-84, 94, 98, 109, 114-115, 117, 121, 124-126, 128, 131-134, 136, 138, 142, 144, 146-147, 153, 157-160, 163, 168, 171, 174-176	50
2014 03	25-148	124	25-26, 28-29, 31, 33-35, 37-40, 44, 46, 48-49, 51-52, 55, 57, 59, 63-64, 69, 76-77, 85, 87-88, 95, 101-102, 107, 112-113, 115-120, 123-124, 126, 128-131, 134-136, 140, 143-144, 146	55

2014 04	24, 29, 41, 42, 57, 62, 6 6, 71, 74, 76, 84, 87	12		
------------	--	----	--	--

附录【3】报价数据的算数平均值

142.4335
148.5566
315.0662
263.3436
284.2893
229.2825
377.7293
271.5242
191.0676
222.0632
77.13889
215.5866
277.1162
249.2837
239.4417
236.4573
322.1532
299.4106
359.3222
275.9932
197.0011
359.9265
252.9461
81.56127
265.3016
298.8142
168.4927
156.9119
243.737
296.5836
58.70919
133.0437
353.8566
246.1521
224.9025
251.9943
206.9591

226.074
119.9338

附录【4】基准价与价格之间的比例分布

0.451179	0.424175	0.470967	0.38962
0.420866	0.422541	0.457277	0.430935
0.461847	0.51964	0.439342	0.407163
0.480486	0.396476	0.426624	0.38748
0.546631	0.389718	0.433347	0.370837
0.619152	0.376848	0.386015	0.415084
0.42881	0.439758	0.42606	0.406239
0.601823	0.466452	0.433036	0.36048
0.606777	0.351091	0.344928	0.382135
0.444762	0.395797	0.442425	0.365415
0.463206	0.385694	0.38533	0.374188
0.384584	0.467596	0.40577	0.403752
0.350946	0.436584	0.396051	0.423159
0.449446	0.451085	0.470088	0.3891
0.465086	0.434102	0.435059	0.397665
0.462617	0.449269	0.386859	0.373588
0.434771	0.41246	0.468274	0.395958
0.425898	0.428374	0.402922	0.361494
0.463228	0.412266	0.393066	0.363952
0.474622	0.403996	0.43617	0.367676
0.399645	0.404214	0.386221	0.39651
0.428131	0.405611	0.310152	0.353093
0.435564	0.438501	0.398954	0.388735
0.450273	0.442761	0.387689	0.390023
0.433485	0.461605	0.402518	0.356988
0.396217	0.452749	0.428158	0.367282
0.438348	0.382938	0.39916	0.4084
0.444403	0.429586	0.388894	0.366567
0.41488	0.394464	0.396952	0.390369
0.486757	0.454443	0.418627	0.375454
0.395704	0.422528	0.347662	0.384269
0.478805	0.44504	0.391165	0.41434
0.357728	0.340937	0.414136	0.41493
0.43352	0.408819	0.385145	0.449801
0.465702	0.33384	0.388989	0.407743
	0.329291	0.37962	0.408323
	0.378098	0.388395	0.425819
	0.367129	0.367445	0.376631

	0.418887	0.380842	0.401579
		0.399136	0.408462
		0.453166	0.397557
		0.39633	0.40576
		0.415813	0.376199
		0.455359	0.364648
		0.401142	0.437924
		0.384102	0.441904
		0.393073	0.352166
		0.317923	0.380406
		0.363546	0.314441
		0.320716	0.370284
		0.39571	
		0.447531	
		0.479654	
		0.472247	
		0.428878	
		0.38937	
		0.39101	
		0.475102	

附录【5】两类预测方法预测 201403 批的报价情况表

25	88.1	53.55	5	25	81.60147	59.73005	1	25	81.82254	59.77568	1
26	89.46	52.55	7	26	91.42644	50.4552	8	26	88.36823	53.77174	6
28	89.39	52.38	7	28	94.45567	47.22989	9	28	93.47575	48.1619	8
29	130.08	40.67	14	29	105.3239	59.92139	1	29	104.8356	59.8423	2
31	141.1	48.03	9	31	124.8612	58.80837	1	31	115.1292	58.61949	2
33	152.69	42.15	13	33	85.71003	53.27566	5	33	62.39544	48.43566	8
34	141.1	48.3	8	34	124.8612	59.88204	2	34	115.1292	58.31866	3
35	141.1	47.6	9	35	124.8612	59.90849	1	35	115.1292	58.45455	4
37	82.84	55.6	4	37	84.46863	53.60387	5	37	80.54553	58.60566	3
38	80.73	50.29	7	38	87.48213	43.29699	13	38	80.78124	50.23002	7
39	149.5	39.8	13	39	110.3311	58.57121	5	39	92.6442	55.39321	6
40	94.77	53.39	7	40	98.82332	49.36649	7	40	96.32419	51.78765	7
44	70.76	52.42	6	44	59.87912	58.62709	1	44	64.10393	59.77276	1
46	83.42	55.99	4	46	80.42373	59.98813	2	46	78.90662	59.67896	2
48	93.37	46.31	11	48	84.63219	59.95815	1	48	87.97587	56.03236	3
49	97.1919	46.18	9	49	96.39197	46.89303	9	49	95.82927	47.40776	9
51	119.6793	48.09	9	51	123.512	45.33827	10	51	122.4924	46.04688	9
52	165.906	39.91	12	52	125.0767	58.90217	4	52	125.8006	58.99881	4
55	109.76	36.46	15	55	81.56837	59.50071	2	55	84.34494	59.56546	1

57	104.3991	52.74	6	57	109.7771	48.01355	9	57	110.6368	47.31995	9
59	112.5774	40.78	13	59	115.3813	38.96429	15	59	105.8145	45.75819	11
63	104.2236	58.69	3	63	104.9869	57.88645	3	63	105.1763	57.69003	3
64	112.4487	55.54	4	64	115.0202	53.22613	5	64	112.9418	55.08405	5
69	113.9346	55.17	6	69	113.9308	55.17002	6	69	112.5151	56.47914	4
76	100.98	50.01	8	76	114.6459	39.49307	14	76	96.99635	53.92393	5
77	73.23	50.88	6	77	71.83467	52.74734	4	77	65.76218	59.66824	1
85	119.34	52.64	6	85	117.7275	53.99668	4	85	116.1932	55.34072	4
87	135.25	36.73	15	87	98.84259	59.58881	2	87	100.1903	59.81604	1
88	135.25	36.73	15	88	164.6579	24.288	17	88	149.9836	29.27317	17
95	140.82	47.66	8	95	132.7299	53.22861	5	95	131.3053	54.31553	4
101	165.51	40.52	12	101	154.7448	45.91672	9	##	139.7654	55.54152	6
102	89.66	50.27	7	102	102.3185	39.32034	13	##	85.43295	53.4833	5
107	92.78	56.67	5	107	85.80989	59.19261	3	##	79.93948	57.78652	5
112	69.92	52.23	8	112	64.29436	59.82686	1	##	63.66231	59.65961	2
113	119.01	48.13	10	113	116.2197	49.23176	9	##	113.0352	51.85606	8
115	137.24	50.4	9	115	145.1666	45.39161	11	##	139.6362	48.80081	10
116	121.15	51.33	7	116	101.6421	58.44213	1	##	91.73847	56.47463	4
117	125.12	48.5	9	117	89.3168	56.2185	3	##	80.00157	54.39123	6
118	112.27	50.85	7	118	101.189	59.7275	2	##	91.3132	57.78456	4
119	112.27	50.85	7	119	89.3168	57.40262	4	##	80.00157	55.53686	5
120	112.27	51.52	7	120	89.3168	57.28259	4	##	80.00157	55.42073	4
123	140.28	49.58	9	123	111.646	57.90589	1	##	100.002	56.02377	4
124	113.49	47.66	9	124	87.12102	57.38365	6	##	96.88233	59.40506	2
126	128.04	48.85	6	126	133.6638	45.07067	11	##	125.4344	50.77041	6
128	88.01	54.22	6	128	90.21507	51.76801	7	##	84.41571	58.63526	3
129	112.57	54.38	5	129	139.2637	36.53615	15	##	140.597	35.89599	16
130	102.7	47.77	9	130	124.3544	32.53922	15	##	119.4106	36.11062	15
131	98.61	54.41	5	131	137.7935	28.0816	17	##	126.3337	33.40727	15
134	102	52.54	8	134	94.31763	59.86195	1	##	99.26749	55.30749	4
135	99.22	51.54	7	135	68.1008	54.79679	6	##	83.7176	58.51237	1
136	84.59	51.64	6	136	84.33623	51.93548	6	##	80.19614	55.82715	4
140	106.15	58.97	2	140	104.7249	59.92708	1	##	93.2185	57.74279	2
143	113.49	47.12	9	143	89.3168	57.92019	1	##	80.00157	56.03761	4
144	130.67	53.5	6	144	104.1059	57.17614	4	##	89.45493	54.63281	5
146	124.66	52.32	7	146	131.4164	47.38927	10	##	126.0877	51.21552	7

附录【6】预测 201403 批的报价分数和排名程序代码；

%*****%

% clc;

% clear;

```

% A=ones(127,6);
%
% % AN=25:148;
% % AN=25:26;
% % AN(3)=28;
% AN=xlsread('I:\Workspace\matlab\建模省赛\盼盼提取合容 144 的 excel 信息
\app\ceshibao1403.xlsx');
% % A(126)=152;
% % A(127)=153;
% AN=AN';
% num=xlsread('I:\Workspace\matlab\建模省赛\盼盼提取合容 144 的 excel 信息
\app\num1403.xlsx');
% tep=xlsread('I:\Workspace\matlab\建模省赛\盼盼提取合容 144 的 excel 信息
\app\ts1403_new.xlsx');
% ine=ones(1,124)*3;
% ine(39:44)=4;
% ine(93-24)=1;
% ine(121-24)=1;
% jj=124:148;
% jj=jj-24;
% ine(jj)=1;
% num=num';
% for i=1:length(AN)
%     y=0;
%     index=sprintf('I:-Workspace-matlab-建模省赛-盼盼提取合容 144 的 excel 信息
-app-价格具体得分-国网 2014 年第三批价格得分情况-包%d.xlsx',AN(i));
%     for tihu=1:length(index)
%         if(index(tihu)=='-')
%             index(tihu)='\'';
%         end
%     end
%     scoreflie=xlsread(index);
%     x=zeros(1,num(AN(i)-24));
%     for kk=1:num(AN(i)-24)
%         x(kk)=scoreflie(kk,1);
%     end
%     a(i)=0.1;
%     x(AN(i)-24)
% x(ine(AN(i)-24))=tep(i,2);
% ine(i)=ine(AN(i)-24);
% AT=ine(AN(i)-24);
% A(i)=mean(x);
% index1=1;
% for mm=1:num(AN(i)-24)

```

```

%         if x(mm)>=A(i)*0.8 && x(mm)<=A(i)*1.15
%             y(index1)=x(mm);
%             index1=index1+1;
%         end
%     end
%     if y==0
%         A1(i)=A(i);
%     else
%         A1(i)=mean(y(1:index1-1));
%     end
%     B(i)=A1(i)*(1-a(i));
%     score=zeros(1,num(AN(i)-24));
%     for nn=1:num(AN(i)-24)
%         if(x(nn)<B(i)) score(nn)=(x(nn)/B(i))^(0.3))*60;
%         else score(nn)=(B(i)/x(nn))^(2))*60;
%     end
% end
% % ine=ones(1,124)*3;
% % ine(39:44)=4;
% % ine(93-24)=1;
% % ine(121-24)=1;
% % jj=124:148;
% % jj=jj-24;
% % ine(jj)=1;
% [paixu,ind]=sort(-score);
% youxiao(i,1)=x(AT);
% youxiao(i,2)=score(AT);
% [t,temp]=find(paixu==score(AT));
% % temp=-x(ine(i));
% youxiao(i,3)=temp(1);
% end
%
% % xlswrite('C:\Users\彬\Desktop\141.xlsx',A);
%
%
%
%*****%

```

附录【7】

0	0	0	0	0	0	0	0	3	
0	0	0	1	1	0	0	0	0	
0	0	12	4	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	6	0	2	0	
0	0	0	7	7	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	
12	4	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	2	
0	0	0	0	0	0	4	4	0	
0	0	0	0	0	0	4	4	0	