



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）：A

我们的参赛报名号为（如果组委会设置报名号的话）：201518001009

所属学校（请填写完整的全名）：国防科学技术大学

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：2016年4月19日

评阅编号（由组委会评阅前进行编号）：

题目 投标报价策略和招标方法优化模型

摘要:

本文针对国家电网电容器投标报价策略问题,分析了投标企业报价分布规律、区间平均下浮双边曲线算法,给出对投标方有价值的研究结论;同时利用聚类分析、主成分分析和逐步回归分析建立了合容电气公司的优化报价模型,提高中标率;给出了第四批次中指定包的报价;最后提出了具有随机特色的国家电网招投标方法改革方案。

针对问题 1,本文首先分析得出投标企业报价服从正态分布,根据各企业报价的均值、方差与有效价格区间的大小关系得到各企业报价均值 A 和有效报价均值 $A1$ 的函数关系,并发现一般情况下 $A \approx A1$ 。在此基础上得到对投标方有价值的研究结论,1) $Z3$) 当 a 和 n 确定时,如 $P < 1-a$, 当 m 增大时,需提高报价,如 $P > 1-a$, 此时得分与 m 无关,且降低报价可提高得分。

针对问题 2,本文对附件的数据进行了整理分析,得到电容、电抗及其系统的限价与规格大小成正相关关系,同时发现电抗的型号只电抗本身的限价;系统的总限价主要和规格型号大小相关。针对总容量、单组容量、地域等影响因素进行聚类分析归为“单组容量因素”、“组数”、“空心占比”、“地域”4 类。而后,利用主成分分析得到这 4 类因素对于报价的贡献率。总的报价模型可以概括为“总价=单价×组数”的基本模型,而其中单价又受到单组容量的成本影响和组数的边界效应影响,同时配套空心电容组数的比例越高,单价越低,最后采用逐步回归分析进行了平均报价及方差预测,该回归公式对各公司平均报价的估计误差小于 10%,并基于此得到最优报价模型,数据验证显示对于合容电气公司而言,第五批次中标次数由 4 次提到 16 次,优化模型中标率达 35%,表明使用该模型可以将中标率提高 2~3 倍。

针对问题 3,结合第二问得到第四批次指定包报价,包 24、包 29、包 41、包 42、包 57、包 62、包 66、包 71、包 74、包 76、包 84 和包 87 的报价估计为 84.58、75.27、72.50、82.99、118.74、66.34、101.67、83.73、21.56、101.60、121.85、146.23 万元。

问题 4 中,本节针对国家电网招投标方法改革共提出两种方案,方案 1: 区间平均下浮双边曲线法-摇珠法,即利用摇珠的随机性确定下浮率,结合区间平均下浮双边曲线法,其优势为能有效避免串标行为的发生,但存在着招标价格不易控制的缺点,多用于中小项目的招标;方案 2: 评价随机法,即采用区间平均下浮双边曲线法确定价格评分前三的初步中标企业,再随机确定最后的中标企业,其优势为既能稳定控制招标价格,能避免串标、贿标和垄断的出现,同时突出有竞争力的投标企业,使其较多次数的中标,还能照顾弱势企业,使得中标企业分布均匀,适用范围广。

关键字: 投标招标 最优报价 聚类分析 主成分分析 逐步回归

1 问题的重述

1.1 问题的背景

招标投标是现代经济社会的重要活动。招投标所面对的经济对象不断地复杂化，招投标行为多批次化，投标决策不再是价格越低就越容易获胜。制定有效的投标策略可以使企业顺利经营同时对于招标决策而言，如何采用恰当评标方法来公平公正选择有竞争力的企业，降低造价且提高质量，努力避免招标投标活动操作人员和监督人员的舞弊现象，也是招标企业需要慎重考虑的问题。

1.2 问题的提出

实际投标中，由于竞争对手的投标策略是随着市场环境及自身条件的变化而变化的，因此就是对同一个包（货物类型以及对应数量完全相同），同一厂家在不同批次中的报价也可能是不同的。还需要注意价格下浮比例（或称下浮系数）以及减分速率指数对报价也会产生一定的影响。因此，研究招标投标过程中各个因素之间的相互联系有助于投标企业构建并实施有效的投标报价策略和有助于招标企业评价选择合适的企业，求得质量和效益。

1.3 待解决问题

根据国家电网 2013 年至 2015 年每年举行 6 批电容器类货物的招标数据，建立模型解决一下问题：

1. 试对国家电网采用的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. 假设你负责合容电气公司的投标，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，建立该公司的报价模型以提高中标率。
3. 根据你所建立的模型，给出合容电气对 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. 请在分析研究的基础上给出关于国家电网招投标方法改革的合理化建议。

2 模型假设与符号说明

2.1 模型假设

(1) 同一批次中的同一包，各个企业的报价服从介于 0 和最高限价之间的正态分布。

(2) 同一地区（如东北、华北等如此分类）之间的经济发展水平相近，企业生产运输成本接近。

2.2 符号说明

表 2.1 符号说明

项目	B 基准价	有效平均报价	平均报价	下浮系数
符号	B	A_1	$A a$	a
项目	减分速率系数	单组报价均值	报价均值	报价方差
符号	$m、n$	μ_s	μ	σ^2
项目	单组容量	报价	空心占比	下区间系数
符号	C_{ave}	P	ρ	$f1$
项目	下区间系数			
符号	$f2$			

3 问题分析

3.1 问题初步分析

针对问题 1，问题中直接给出了区间平均下浮双边曲线算法的计算公式，显然各企业的得分与其报价以及 $a、m、n$ 的取值相关，已知有效投标报价算术平均值 $A1$ 时，可以直接计算分析得到各因素对企业得分的影响。各因素与但是由于 $[0.8A, 1.15A]$ 区间的限制作用，并非全部有效投标报价算术平均值就一定等于有效投标报价算术平均值 $A1$ ，为了进一步分析 $A1$ 和 A 的关系，需要对报价的算术平均值和方差进行估计。

针对问题 2，基于问题 1 的结论，只要企业报价接近有效报价的的算术平均值 $A1$ ，就可以在排名中靠前。并且 A 和 $A1$ 有一定的函数关系。由此，只要对每一包的各企业报价平均值 A 进行精准预测，就可以高效地对合容电气公司的报价进行决策并提高中标率。但是，各企业报价平均值与诸多因素相关，如包容量、电容类型等，因此还需在统计数据的基础上进行相关关系的分析，并且基于逐步回归法等回归方法建立较为精确的拟合。

针对问题 3，可以直接利用问题 2 建立的报价模型对 2014 第 4 批次的几个包的报价平均值进行估算，并给出合容电气公司的相应报价。

针对问题 4，从招标企业的角度来看，招标改革应使招标具有竞争的激烈性、信息的公开性、价格的合理性、过程的公正性等基础上，选择最具有竞争力的企业的同时防止串标和垄断，改革的方向也应该是改进评标方法和区间平均下浮双边曲线法，从数据分析的角度改变招标结果，使得招标过程更加合理。

3.2 数据规范与处理

对于问题 2，需要进行大量的数据处理，由于附件给出的数据表格格式并不统一，需要对表格中的一些描述进行统一：

1) 企业名称的统一

题目中提到一般为 17 家企业，但是统计表中出现的不同企业名称有 28 家如表 3.1，其中标黄色部分有些是同一家企业的不同称号。

表 3.1 货物清单中出现的企业名称表

顺容	桂林	合容	豫电中原	恒顺
日新	泰开	库伯	思源	永锦
上虞	苏州	赛晶	ABB	西电
新东北	淄博莱宝	欣泰	迪生	荣信
豫电	中原	淄博	莱宝	西安 ABB
桂容	库柏	苏容	广州顺荣	

所以根据互联网资料，对属于同一家企业的不同名称进行合并。合并的企业如下：1) 桂林/桂容合并为“桂林”，2) 苏州/苏容合并为“苏州”，3) 淄博莱宝/淄博/莱宝合并为“淄博莱宝”，4) 中原/豫电/豫电中原合并为“豫电中原”，5) ABB/西安 ABB 合并为“西安 ABB”，6) 库伯/库柏合并为“库伯”，7) “顺容”和“广州顺容”。

除此之外，还有少数企业只参与了极少部分的投标如：第二批中，库伯未参与其中任意一包的投标；荣信和欣泰只参与了少数包的投标，所以一般只有 17 家企业参与投标，符合题目设定。在处理时可以适当忽略这些公司的报价和得分。

2) 电抗电容型号的规范

对于发货清单中的电抗而言，表中出现的其单台容量的规格有 200、300、334、600、1002、2004、3006、3600、4008、4800、5004、5010、6012、8016 等取值。但是其中有的取值对应的是同一规格型号，所以按照最高限价表的规范，将发货清单中的电抗电容规格归纳为表 3.2 中的规格。

表 3.2 发货清单中电容电抗规格型号规范

编号	1	2	3	4	5	6
规格型号 kvar	300	600	1000	2000	3000	3600
编号	7	8	9	10	11	12
规格型号 kvar	4000	4800	5000	6000	8000	100000

3) 地域的统一

一般而言，因为物价和运输成本，地域对产品的价格当然会有一定影响，但是发货清单表中，有诸多地名包括省份和城市。地名太多无法分析共性，所以把地域按照第二批清单中地域的划分分为华东，华北，西北，华中，东北五个地域，在表中分别按 1,2,3,4,5 编号进行区分。在聚类分析中，以该地区的单位容量均价代表地域因素进行区分。

4 模型的建立与求解

4.1 问题 1 的建模与求解

4.1.1 区间平均下浮双边曲线算法

将计算基准价的区间设定为 $[0.8A, 1.15A]$ ，以此范围内的有效报价计算算数平均值 A_1 ，则基准价 B 为：

$$B = (1-a)A_1 \quad (4-1)$$

假设所关注投标人的报价为 P ，则其得分计算方法为

$$Grade = \begin{cases} \left(\frac{B}{P}\right)^n \times 100 \times \gamma, & B \leq P \\ \left(\frac{P}{B}\right)^m \times 100 \times \gamma, & B \geq P \end{cases} \quad (m < 1, n > 1) \quad (4-2)$$

从公式(4-2)可以看出，当且仅当 $B=P$ 时， $Grade$ 取得最大值 100γ 。

4.1.2 投标报价统计分析

在投标人没有串标的行业规定前提下，不同投标人的报价认为是相互独立的，那么不同投标人的报价可以认为服从正态分布^[1]，即报价 $X \sim N(A, \sigma^2)$ 。假设若干家投标企业的报价平均值即为所满足正态分布的均值，以此探索区间平均下浮双边曲线算法下 A_1 、 A 和 3σ 之间的相互关系，有以下分类：

(1) $0.2P/A \leq 3\sigma$

此时的报价分布情况以及与上下区间的关系如图 4.1 所示。此时，有部分企业的报价会超过有效区间上限和下限，有效报价的算术平均值可以用 $[0.8P/A, 1.15P/A]$ 区间上的报价期望求解。计算公式为：

$$A_1/A = E(P_1/A) = \int_{0.8}^{1.15} (P_1/A) g(P_1/A) d(P_1/A) \quad (4-3)$$

其中 $g(x)$ 在有效区间的概率密度函数，该函数应该满足如下要求：

$$\begin{cases} \int_{0.8}^{1.15} g(x) dx = 1 \\ \int_{0.8}^{0.8} g(x) dx = 0 \end{cases} \quad (x \in (0.8, 1.15)) \quad (4-4)$$

基于概率密度的定义可以定义 $g(x)$ 如下：

$$g(x) = \frac{f(x)}{\int_{0.8}^{1.15} f(x) dx} \quad (4-5)$$

其中， $f(x)$ 为正态分布概率密度函数

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, x \in (-\infty, +\infty) \quad (4-6)$$

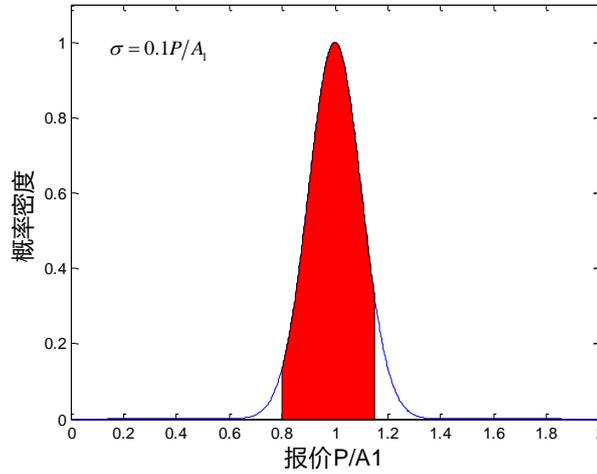


图 4.1 $0.2P/A \leq 3\sigma$ 时的报价概率分布情况

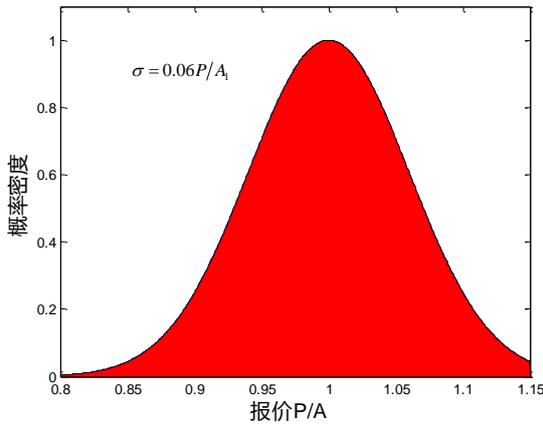


图 4.2 $0.15P/A \leq 3\sigma \leq 0.2P/A$ 时的报价概率分布情况

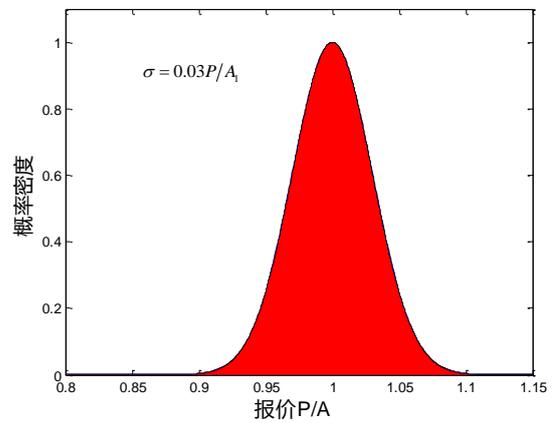


图 4.3 $3\sigma \leq 0.15P/A$ 时的报价概率分布情况

(2) $0.15P/A \leq 3\sigma \leq 0.2P/A$

此时的报价分布情况以及与上下区间的关系如图 4.2 所示。此时，有部分企业的报价会落在有效区间外，更大的概率是超出区间上界，有效报价的算术平均值可以仍然可用 $[0.8P/A, 1.15P/A]$ 区间上的报价期望求解。计算公式为：

$$\begin{aligned}
A_1/A &= E(P_1/A) \\
&= \int_{0.8}^{1.15} (P_1/A) \frac{f(x)}{\int_{0.8}^{1.15} f(x)dx} d(P_1/A) \\
&\approx \int_{-\infty}^{1.15} (P_1/A) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left(e^{-\frac{((P_1/A)-1)^2}{2\sigma^2}} \right) d(P_1/A)
\end{aligned} \tag{4-7}$$

(3) $3\sigma \leq 0.15P/A$

此时的报价分布情况以及与上下区间的关系如图 4.3 所示。此时，只有极少部分企业的报价落在有效区间外，有效报价的算术平均值可以仍然可用 $[-\infty, +\infty]$ 区间上的报价期望求解。计算公式为：

$$\begin{aligned}
A_1/A &= E(P_1/A) \\
&= \int_{0.8}^{1.15} (P_1/A) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left(e^{-\frac{((P_1/A)-1)^2}{2\sigma^2}} \right) d(P_1/A) \\
&\approx 1
\end{aligned} \tag{4-8}$$

(4) 计算验证

为了验证上述 A_1/A 与 σ 的关系，可以利用报价数据进行验证，选取 2014 年第 1 批的报价，统计出每个包的均值、方差、有效报价均值，利用均值和方差求得的估计有效报价均值与实际有效报价均值的对比如表 4.1 所示。

从表 4.1，基于 2014 年第 1 批的报价均值和方法对基准价的估计误差不超过 3%，达到了较为精确的估计效果。

综上所述，通过以上三种情况的分析及公式，可以在已知一次报价的均值和方差的基础上求解出有效报价平均值 A_1 和所有报价平均值 A 的大小关系。这为进一步求解报价模型提供了便利。

表 4.1 2014 年第 1 批的基准价估计

各参数包号	所有报价均值 (万元)	方差 (万元)	有效报价 均值 (万元)	有效报价均 值估计 (万 元)	绝对误差 (万元)	相对误 差
47	98.12	8.03	93.01	92.49	0.52	0.56%
48	70.47	20.31	70.65	69.09	1.56	2.21%
49	108.46	42.92	103.60	101.16	2.44	2.35%
50	422.27	115.30	425.27	416.03	9.24	2.17%
51	88.67	33.20	95.73	93.53	2.20	2.29%
52	74.73	28.07	80.61	78.76	1.85	2.30%
53	114.45	31.36	115.11	112.60	2.50	2.17%
54	147.37	39.29	149.32	146.10	3.21	2.15%
55	139.19	37.85	139.44	136.41	3.03	2.17%
56	162.02	60.55	176.81	172.76	4.05	2.29%
57	126.77	49.23	136.63	133.48	3.16	2.31%
58	62.92	23.63	67.79	66.23	1.56	2.30%
59	142.93	71.59	157.45	153.70	3.75	2.38%
60	166.24	62.56	177.29	173.21	4.08	2.30%

4.1.2 投标得分与 a, m, n 的关系分析

基于 4.1.1 分析结论，假设实际过程中的不同投标人的报价均为有效报价。即所有投标者的报价均值与有效报价均值满足

$$A=A_1 \quad (4-9)$$

假设关注投标者报价为 P ，则

$$P \in [0.8A_1, 1.15A_1] \quad (4-10)$$

基准价

$$B=(1-a)A_1 \quad (4-11)$$

为便于表述，将 B, P 用 A_1 无量纲化，表达符号不变，则有

$$P \in [0.8, 1.15] \quad B=1-a \quad (4-12)$$

考虑下浮比例 a ，关注投标人报价 P ，以及两个减分速率指数 m 和 n 四个影响因素，则投保得分可由这四个因素唯一确定。采用控制变量的方式对投标人的得分进行分析。

四个参数的变化范围如下表所示。考虑到特别个体的存在，P 的取值范围在区间[0.8,1.15]基础上，进行了适当扩充。a、m、n 取值区间为综合相关文献^[2]及已有数据得到。

表 4.2 参数变化范围

变量	P	a	m	n
变化范围	[0.7,1.3]	[0.02,0.15]	[0.1,0.8]	[1,2.4]

(1) m、n 确定

此时考虑因素 P 和 a 对得分的影响，而 m、n 的值不会对得分的单调性产生影响。图 1 为 m、n 给定条件下，得分随个体报价及下浮比例的变化曲线。

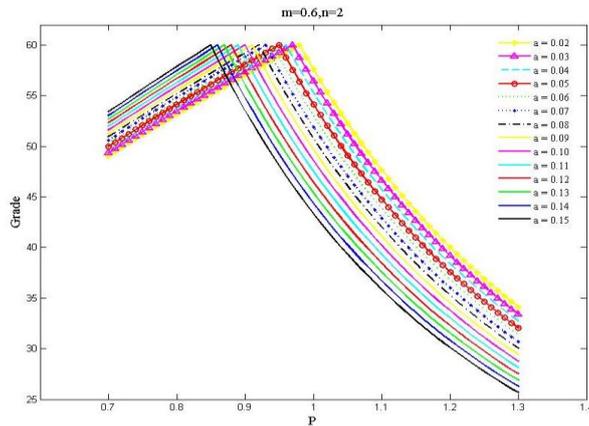


图 4.4 Grade - P, a 关系曲线

结合曲线与区间平均下浮双边曲线计算模型，可知，报价比率 P =基准价比率 $1-a$ 的点为得分曲线的拐点。当 $P=1-a$ ，得分最高，同时 a 一定时，且 $P < 1-a$ ，得分递增， $P > 1-a$ 时得分递减。在某一个 $a=a_0$ 下，如果给出的报价 P_0 并没有获得最高得分，即 $P_0 \neq 1-a_0$ ，当 a 增大时，为获得最高得分，如果 $P_0 < 1-a_0$ ，则需要适当提高报价，当 $P_0 > 1-a_0$ ，则需要适当降低报价。当 $P_0 = 1-a_0$ 时，为保持最高得分，需要同变化量的降低报价。

(2) P、n 确定

此时考虑 a 和 m 对得分的影响。n 的取值不会影响分数曲线的单调性，而 P 的取值则会影响 a 和 m 对得分的作用规律。

记基准价

$$B \in [1-a_{\max}, 1-a_{\min}] \quad (4-13)$$

而得分曲线拐点为 $P=B$ ，从而有：

1) 当 $P \geq 1-a_{\min} \geq B$ 时，得分与 m 无关，而随 a 单调递减。

相应的得分变化曲线下图：

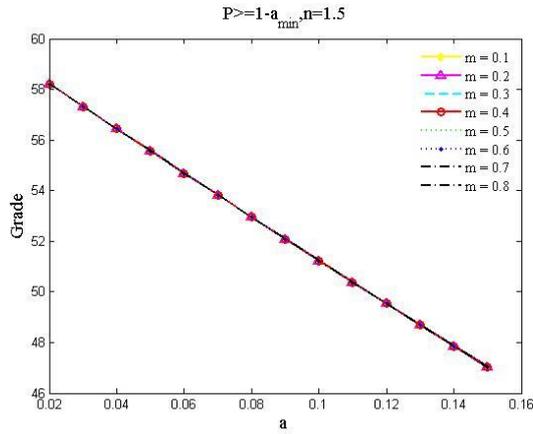


图 4.5 $Grade-a, m$ 变化曲线 1

2) 当 $1 - a_{max} < P < 1 - a_{min}$ 时, 得分曲线如下图 4.6:

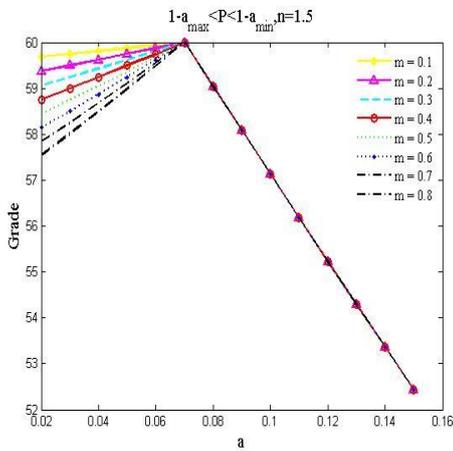


图 4.6 $Grade-a, m$ 变化曲线 2

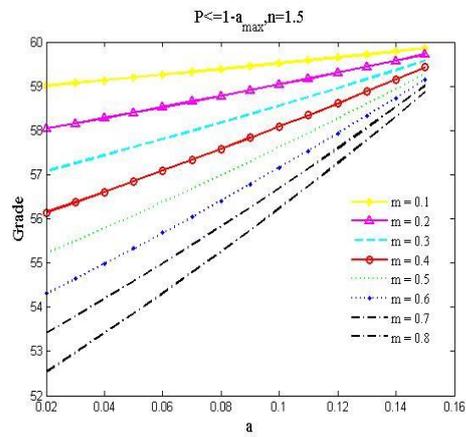


图 4.7 $Grade-a, m$ 变化曲线 3

当 $P \leq 1 - a$ 时, 得分随 m 增大而减小, 而随 a 递增, 当 $P > 1 - a$, 得分不受 m 影响, 而随 a 递减。

3) 当 $P \leq 1 - a_{max} \leq B$, 此时得分与 m 和 a 始终相关, 随 m 递减, 随 a 递增。相应的得分曲线如图 4.7。

综上所述, 当 $a \leq 1 - P$ 时, 得分随 m 递减, 而随 a 递增, 当 $a > 1 - P$, 得分不受 m 影响, 随 a 递减。

(3) P 、 m 确定

与 P 与 n 确定的情况类似。以下给出各种情况下的得分曲线。

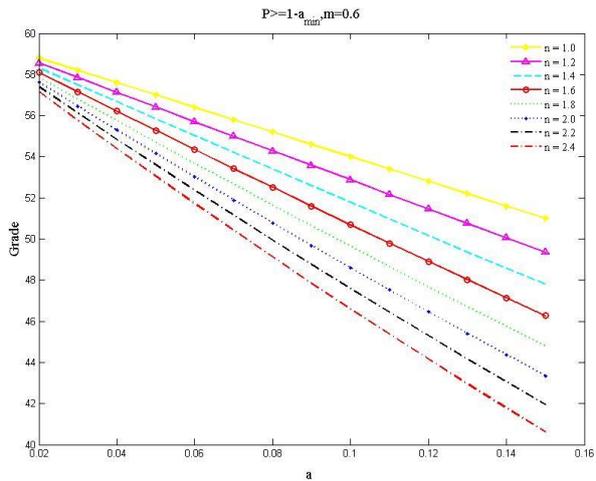


图 4.8 $Grade - a, n$ 变化曲线 1

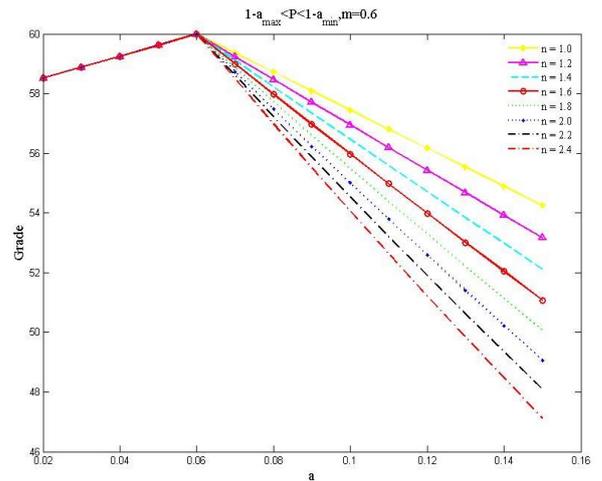


图 4.8 $Grade - a, n$ 变化曲线 1

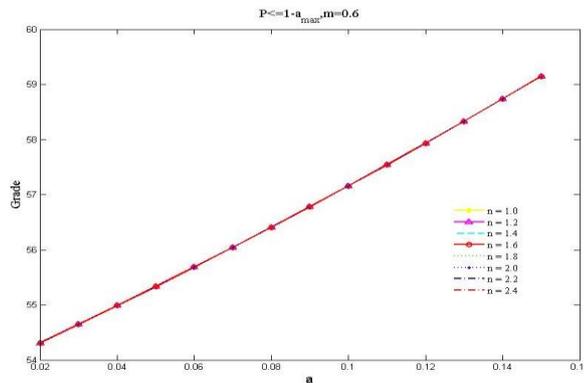


图 4.9 $Grade - a, n$ 变化曲线 2

(4) m, a 确定

此时得分随 P 和 n 的变化受 P 和 B 的大小关系影响。

当 $1 - a = B > P$ 时, n 取值不影响得分, 得分随 a 递增; 当 $1 - a = B < P$ 时, 得分随 n 和 a 递减。变化曲线如下图 4.10。

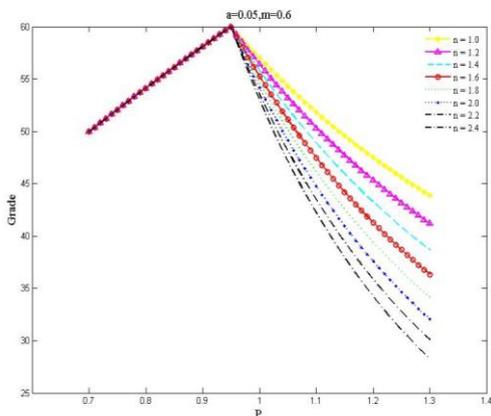


图 4.10 $Grade - P, n$ 变化曲线

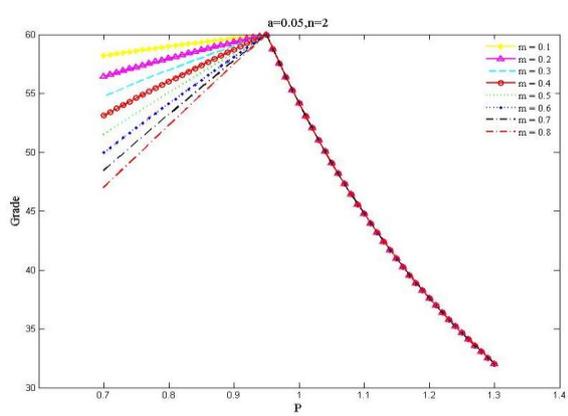


图 4.11 $Grade - P, m$ 变化曲线

(5) n , a 确定

与 4 相似, 如图 4.11 所示, 给出得分曲线, 从图中可以发现拐点仍为 $B=P$ 点。

4.1.4 结论

(1) A_1/A 与 σ 的关系

根据 P/A 与 σ 大小的三种情况, 基准价与所有报价的平均值的比值 A_1/A 有三种近似的计算方法。基于 A_1/A 期望的计算方法对基准价有较好地估计效果。

(2) m 、 n 、 a 对得分的影响

1) 减分速率指数 m 、 n 对得分随 a 变化的单调性无影响, 影响得分变化速率, 取值越大, 得分变化率越大。

2) 最高得分极值点在 $P=1-a$ 处取得, 与 m 、 n 无关。

3) 当 m 和 n 确定时, 某一个 $a=a_0$ 下, 如果给出的报价 P_0 并没有获得最高得分, 即 $P_0 \neq 1-a_0$, 为获得最高得分, 当 a 增大时, 如果 $P_0 < 1-a_0$, 则需要适当提高报价, 当 $P_0 > 1-a_0$, 则需要适当降低报价。当 $P_0 = 1-a_0$ 时, 为保持最高得分, 需要降低同变化量的报价;

4) 当 a 和 m 确定时, 如 $P < 1-a$, 得分与 n 无关, 且提高报价可提高得分, 如 $P > 1-a$, 当 n 增大时, 需降低报价。

5) 当 a 和 n 确定时, 如 $P < 1-a$, 当 m 增大时, 需提高报价, 如 $P > 1-a$, 此时得分与 m 无关, 且降低报价可提高得分。

4.2 问题 2 的建模与求解

4.2.1 模型建立

问题2要求建立合容电气公司的投标报价模型并提高中标率, 从第一问的结论可知, 某一公司的报价越接近基准价, 得分就越高。所以解决问题二的思路就应该使合容公司的报价尽量接近每一包招标的基准价。从而进一步将问题转化为准确预测各公司报价的均值或者说准确预测每一次报价的基准价, 而各公司报价的均值报价由几个方面因素, 一是成本因素, 这是由电容组的类型、规模型号以及数量以及地域因素决定的; 二是最高限价因素, 最高限价对各公司报价的最大值的限制。需要一一做出分析, 将平均报价归纳为几个因素的函数即

$\mu = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ (N 为影响因素个数)。

总报价一般的一般计算公式为:

$$\mu = \mu_s \times N_c \quad (4-14)$$

其中 μ 为单包报价均值 (简称报价均值), μ_s 为单组电容器平均报价, N_c 为电容组数。但是在具体的报价中, 单组电容器平均报价又和具体的招标包的容量、总数而影响。第二问的建模详细描述出报价受各变量的影响关系。

4.2.2 最高限价分析

最高限价并非实际的价格，但是限价间接反映了产品的成本和不同产品之间的价格关系。对附件3“国家电网电容器规定的最高限价”表格综合分析，筛选出其中10kv级别的系统对应的数据，可以得到图（4.12）~（4.14）。

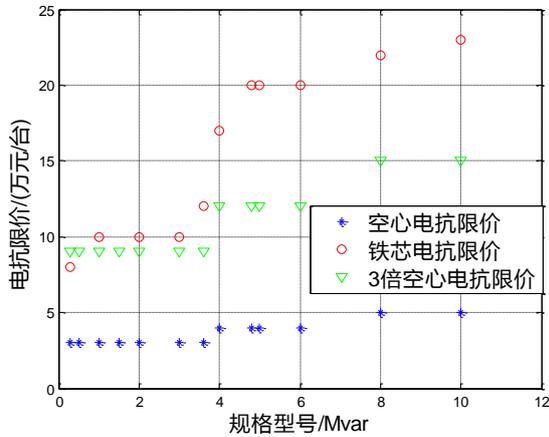


图4.12 电抗的最高限价

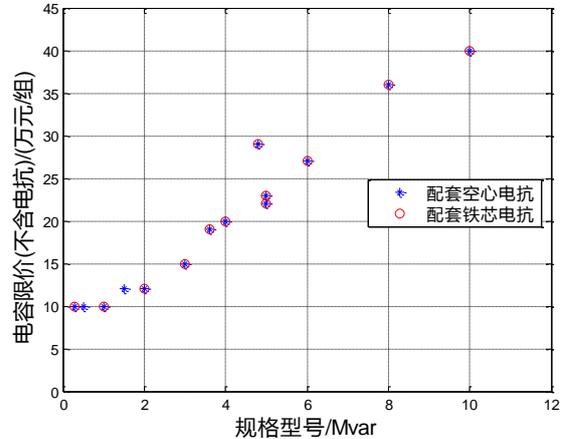


图4.13 电容最高限价

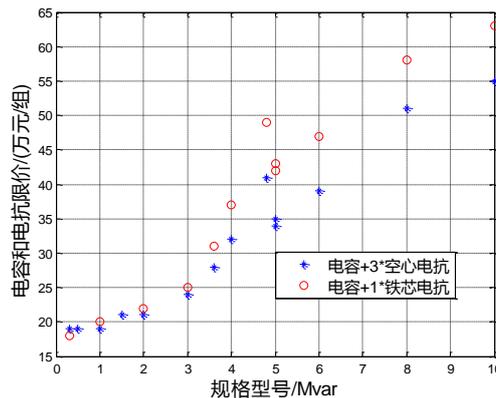


图4.14 一组电容+电抗的总价限价

图（4.12）描述了不同类型的电抗单台限价与规格型号之间的关系，从图（4.12）可以看出空心电抗和铁芯电抗的最高限价几乎都是与规格型号的大小成正比，规格型号对应的无功功率单位越高，单台限价就越高，但是铁芯电抗与规格型号的线性关系更为明显，空心电抗的最高限价均处于5万及5万元以下的区间，受规格型号影响不明显。同时可以看出，除了规格型号为0.3Mvar的电抗，其他的铁芯电抗限价均高于3倍的空心电抗限价。

从图（4.13）可以看出电容的最高限价与规格型号的大小成正相关的线性关系；从配套相同规格型号的铁芯电抗和空心电抗的电容单组限价来看，电容的价格与配套电抗的类型（空心/铁芯）无关，仅与电抗的规格型号相关。

图（4.14）描述了一组电容+电抗的总价限价，一组系统可以是一组空心电容加三台电抗，也可以是一组铁芯电容加一台电抗。从图（4.14）可以看出：使用铁芯电容配套系统限价略高于空心电容配套系统限价。

基于上述分析，得到以下结论：

1. 电容、电抗以及电容与电抗组成的系统的总限价都与规格型号成正相关

关系。

2.电抗的型号不影响与之配套的电容限价，但是直接影响电抗本身的限价。铁芯电抗的限价与规格型号大小成明显正比关系，而且一般大于3倍的空心电抗限价。

3.套系统的总限价主要和规格型号大小相关，但是铁心电容配套系统限价要高于空心电容配套系统限价。

4.根据限价关系可以求出对应具体包数的最高限价；以上限价关系对实际投标的报价有类似的影响。

4.2.3 报价的影响因素分析

根据数据最为全面的2014年第二批货物清单，可以较为全面地整理出影响企业报价的因素：省份及区域、电容器组的数量、总容量和平均单组容量、每一包中空心电容数占总组数的比例。另一方面，从第二批各包各企业价格及具体得分数据可以整理出对应每一包各企业的报价、平均报价及方差、基准价、以及得分排名。对应两组数据，可以分析出对各企业报价及方差的主要因素或者说各因素对企业报价的影响。

以2014年第二批为例，将上述因素和每次投标的均价方差、基准价列在一个表中,如表4.3。

表4.3 各因素与基准价、均价列表（部分）

地域	包数	每包容量	电容组数	平均单组容量	空心电容组占总组数比	真实均值	统计均值（未剔除区间外价格）	方差	单组均价
1	43	30642	7	4377	1.00	90.39	89.86	23.21	12.84
1	45	26052	10	2605	0.90	98.68	100.38	28.19	10.04
1	46	51252	16	3203	1.00	178.77	178.63	48.71	11.16
1	47	28440	8	3555	1.00	93.24	92.70	23.95	11.59
1	48	30420	10	3042	1.00	111.82	111.44	30.33	11.14
1	49	24816	9	2757	0.56	101.13	102.57	27.94	11.40
...				...					
1	64	53874	12	4490	0.33	171.75	170.75	44.54	14.23
3	67	17034	10	1703	0.60	83.02	86.67	29.22	8.67
3	68	34230	12	2853	1.00	129.78	135.10	39.51	11.26
3	69	29058	10	2906	1.00	104.00	110.05	32.12	11.00
3	70	28056	11	2551	0.82	111.34	116.13	34.54	10.56

表4.3中单组均价是报价均值除以组数得到的每组电容的单价，表中的地域、组数等可视为变量，基准价、均价、单组均价和方差可视为因变量，由表4.3形式的表格可以探究变量和因变量之间的关系。

1) 影响因素聚类分析

影响报价的因素有很多，但是，很多因素之间是相互关联的，比如就电容器组数和总容量，电容器组数和配套电抗器的数量，所以还需要对列表中的种

种因素作聚类分析。

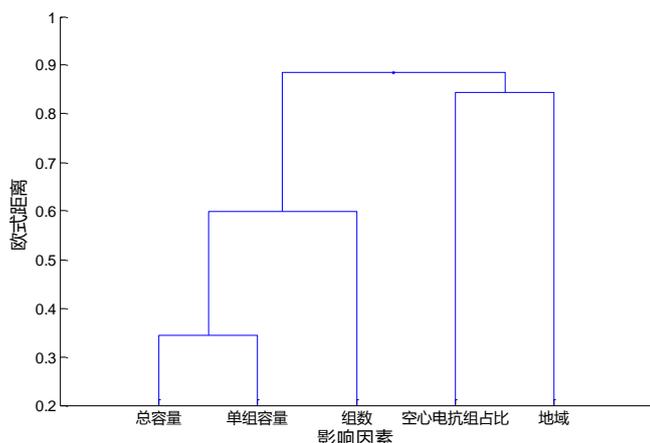


图4.15 报价均值各影响因素聚类分析图

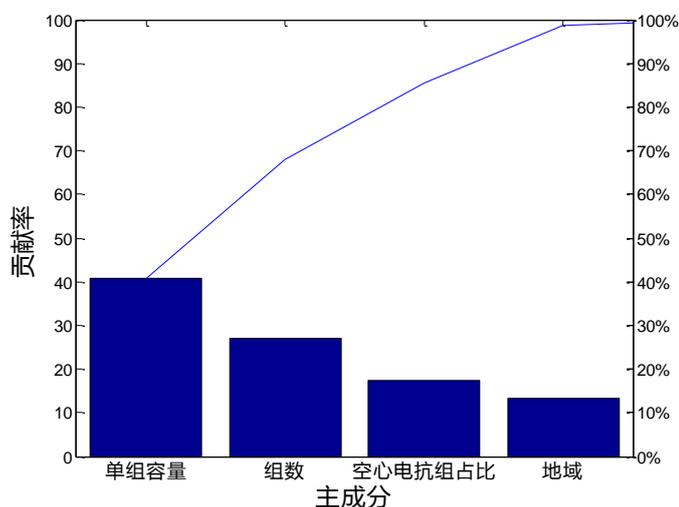


图4.16 报价均值各影响因素主成分分析图

从聚类分析图可以看出，总容量和平均单组容量相关性较强，可以融合为一个因素“单组容量因素”，而后的各项欧式距离较远，所以分为“单组容量因素”、“组数”、“空心电抗组占比”（空心电抗组/所有电抗组数，以下简称“空心占比”）、“地域”4个主成分进行分析。由后续的主成分贡献率计算可知，前3个因素几乎占到了影响平均报价总因素的90%，建模时忽略地域因素的影响，仅考虑前三项因素影响。

由上述主成分分析的结果可知，报价可以表示为“单组容量因素”、“组数”、“空心占比”、“地域”的一个函数，下面分析各变量对报价的影响来确定函数形式。

2) 组数的影响

根据一般总价计算公式 $P_{total} = P_{ave} \times n$ ，可以看出需求的电容组数对报价有直接的倍数影响。同样利用2014第二批的统计数据，可以得到图4.17，由图4.17可知，各企业报价的均值与组数成正比，但是对于不同的单组容量，报价的截距有所不同。

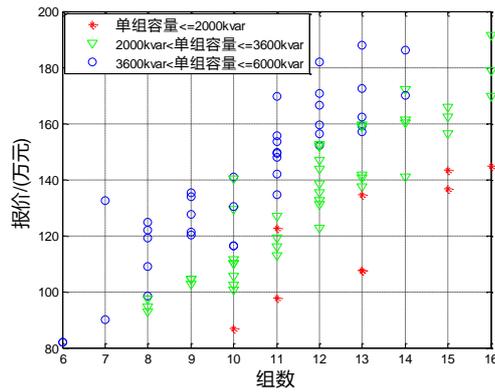


图4.17 组数与总报价的关系

3) 单组容量的影响

单组容量指的是总的容量除以总组数得到的每一套电容的容量，因为一般在同一个包中，某一容量的电容器占到大多数，所以平均单组容量也接近于该特定型号的容量，从最高限价可以看出，电容容量的大小直接影响了其价格。所以单组容量能以此影响单价，并由此影响总报价。从图4.18可以看出，总报价随单组容量的上升拥有上升的趋势，但是现行关系不明显。从图4.19可以看出，单组容量对报价的方差几乎没有影响。但是单组电容容量的大小直接影响了其单价，这在后续对单价的分析中会有体现。

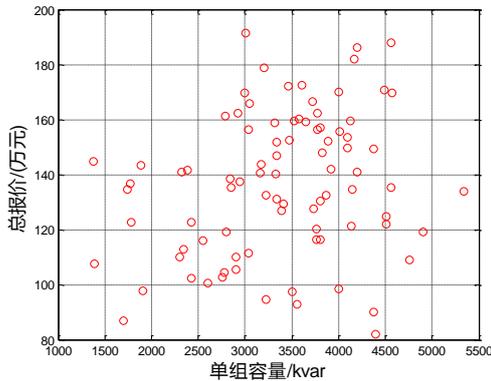


图4.18 单组容量与总报价的关系

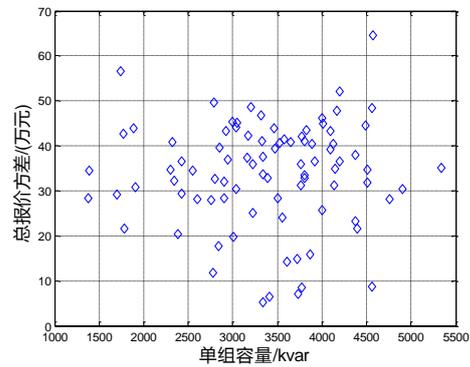


图4.19 单组容量与总报价方差的关系

系

4) 配套电抗型号的影响

从最高限价的分析可以看出，电容组是铁芯还是空心对价格有一定影响，因为一般情况下，配套一个铁芯电抗的电容组比配套三个空心电抗的电容组还要贵。所以在这里引入空心电容组占总组数的占比来描述每一包中电容型号的区别。空心电容组占比等于使用空心电容组数占总电容组数的比例。

4.2.4 报价均值及方差的预测模型

(1) 报价均值预测模型

综合2.3节对各企业平均报价影响因素的分析，提出如下的报价均值预测模型：

$$\mu = f(C_{ave}, N_c, \rho) \quad (4-15)$$

其中，模型预报因子为单组电容量 C_{ave} 、电容组数 N_c 和空心占比 ρ 。

基于式(4-14)，只要得出单组报价均值模型就可以得到总报价均值模型。报价均值与组数的线性关系显而易见，但组数起始也会对单组报价造成一定影响，这正是经济学上所说的边际效益。根据上述分析结果，考虑影响因素单组电容量、电容组数和空心占比，建立单组报价均值模型

$$\mu_s = f(C_{ave}, N_c, \rho) \quad (4-16)$$

下面给出 μ_s 分别与 C_{ave} 、 N_c 和 ρ 的关系图像。

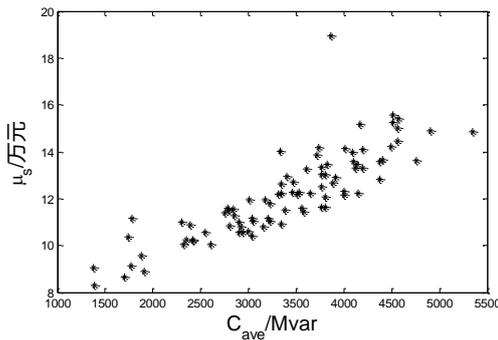


图 4.20 单组均价-单组容量

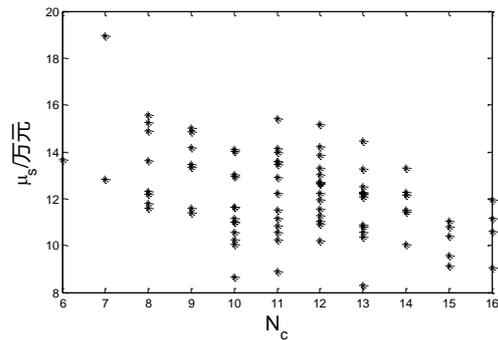


图 4.21 单组均价-电容组数

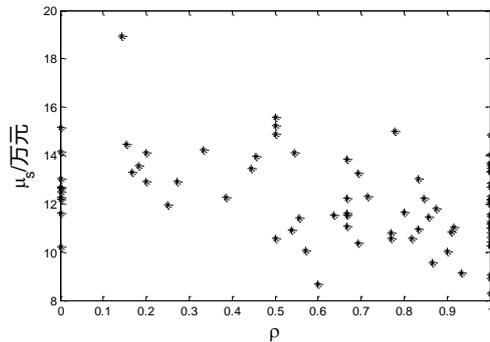


图 4.22 单组均价-空心占比

由图可见，在 N_c 、 ρ 不定的情况下，除个别奇异点外， μ_s 随 C_{ave} 仍然表现出较强的线性关系，而随 N_c 和 ρ 的变化则并没有表现出明显的线性特性。同时在模型候选项中考虑三者的相互耦合效应，提出的模型候选项包括 μ_{s0} 、 C_{ave} 、 N_c 、 N_c^2 、 N_c^3 、 ρ 、 ρ^2 、 ρ^3 、 $C_{ave} \cdot N_c$ 、 $C_{ave} \cdot \rho$ 、 $N_c \cdot \rho$ 和 $C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho$ 共 12 项。其中零次项 μ_{s0} 仅因模型拟合需要，并无实际意义。

建模过程中将原始数据分为 A、B 两组，A 组用于模型拟合，B 组用于模型检验。对 A 组数据采用逐步回归法进行逐步回归分析，在 0.05 的显著性水平下，共进行三次筛选，筛选过程均方根误差变化如下图所示

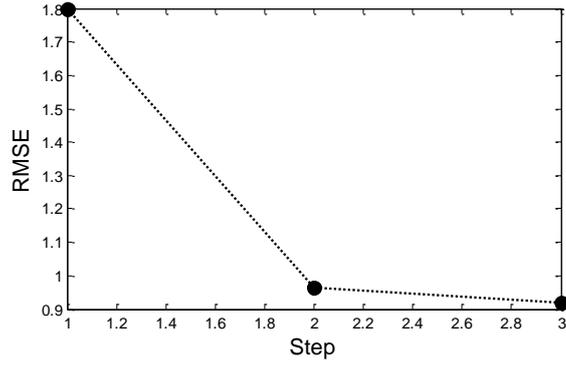


图 4.23 单组均价筛选均方根误差

最终筛选结果剔除了耦合项，仅保留了 μ_{s0} 、 C_{ave} 的线性项及耦合项

$C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho$ 。回归系数如表所示

表 4.4 单组报价模型回归系数

模型项	μ_{s0}	C_{ave}	$C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho$
回归系数	6.3843	0.0018570	-2.0895e-5

至此建立了 μ_s 的数学模型

$$\mu_s = 6.3843 + 0.0018570C_{ave} - 2.0895 \times 10^{-5} C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho \quad (4-17)$$

模型表明单组报价均值随单组平均容量先行增加，当另外两个因素确定时，分别随电容组数和空心占比均的增大而减小，与理性认识相符。

利用模型输入 B 组数据进行 μ_s 预测，预测误差如下图所示。

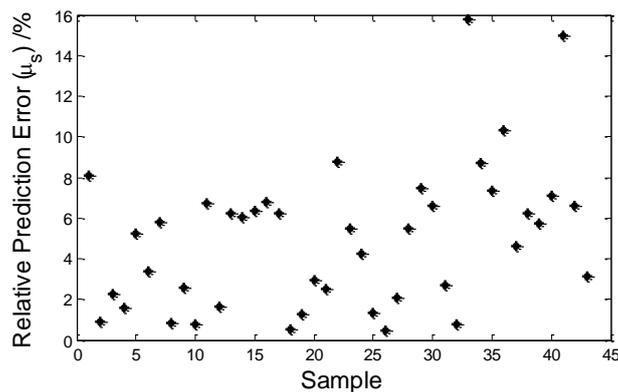


图 4.24 单组均价估计相对误差

由图表明模型预测相对误差基本在 8% 以内，模型预测精度较高。表明单组电容器标价均值主要受单组容量，及单组容量、组数和空心占比的耦合影响。

在模型 4-17 的基础上，最终建立的报价均值预测模型为

$$\mu = N_c \left(6.3843 + 0.0018570C_{ave} - 2.0895 \times 10^{-5} C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho \right) \quad (4-18)$$

对 B 组数据的预报误差如下图所示

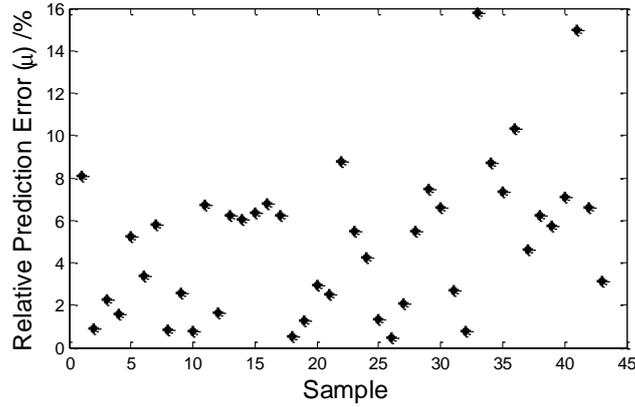


图 4.25 均价估计相对误差

可知报价均值预报相对误差也基本在 8% 以内。

(2) 报价方差预测模型

报价方差的影响因素考虑电容器组数、单组容量、空心占比。下面给出 σ 分别随 C_{ave} 、 N_c 和 ρ 的关系图像。

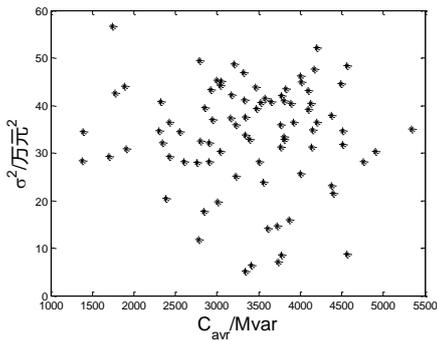


图 4.26 估计方差-单组容量

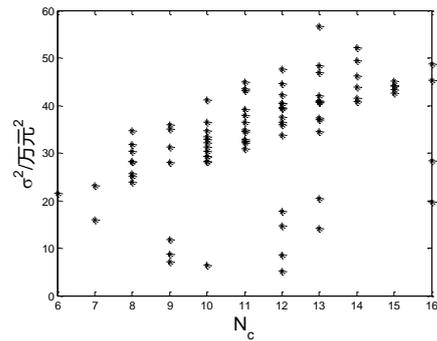


图 4.27 估计方差-电容组数

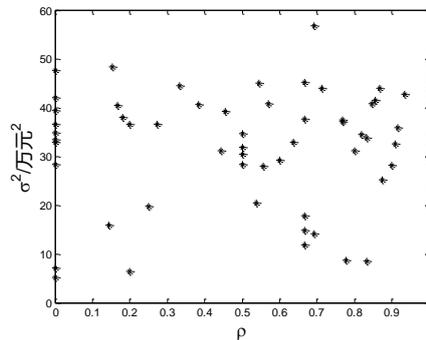


图 4.28 估计方差-空心占比

由图像并不能直观得出三个影响因素对方差单一的影响形式。影响以下模型候选项主要考虑所有元素非线性项及耦合项。采用的模型候选项包括 σ_0 、 C_{ave} 、

N_c 、 ρ 、 C_{ave}^2 、 N_c^2 、 ρ^2 、 $C_{ave} \cdot N_c$ 、 $C_{ave} \cdot \rho$ 、 $N_c \cdot \rho$ 、 C_{ave}^3 、 N_c^3 、 ρ^3 、 $C_{ave}^2 \cdot N_c$ 、

$C_{ave} \cdot N_c^2$ 、 $C_{ave}^2 \cdot \rho$ 、 $C_{ave} \cdot \rho^2$ 、 $N_c^2 \cdot \rho$ 、 $N_c \cdot \rho^2$ 、 $C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho$ 共 20 项。采用逐步回归法对候选项进行筛选，在 0.05 的显著性水平下，共进行四次筛选，筛选过程均方根误差变化如下图所示

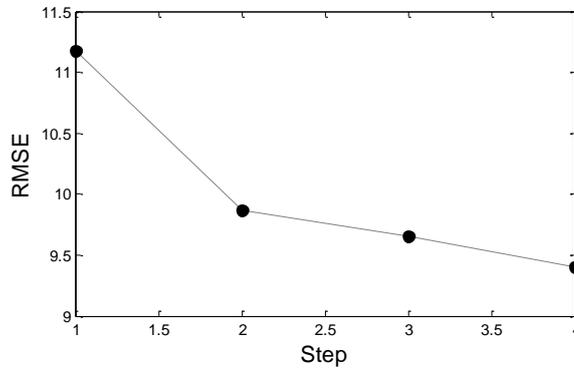


图 4.29 方差筛选均方根

最终保留项为 σ_0 、 N_c 、 ρ^3 和 $C_{ave}^2 \cdot N_c$ ，回归系数如下表

表 4.5 方差模型回归系数

模型项	σ_0	N_c	ρ^3	$C_{ave}^2 \cdot N_c$
回归系数	-0.44092	2.1379	5.9156	5.0592e-8

平均报价方差估计模型为

$$\sigma = -0.44092 + 2.1379N_c + 5.9156\rho^3 + 5.0592 \times 10^{-8} C_{ave}^2 \cdot N_c \quad (4-19)$$

利用模型输入 B 组数据进行 σ 预测，预测误差如下图所示。

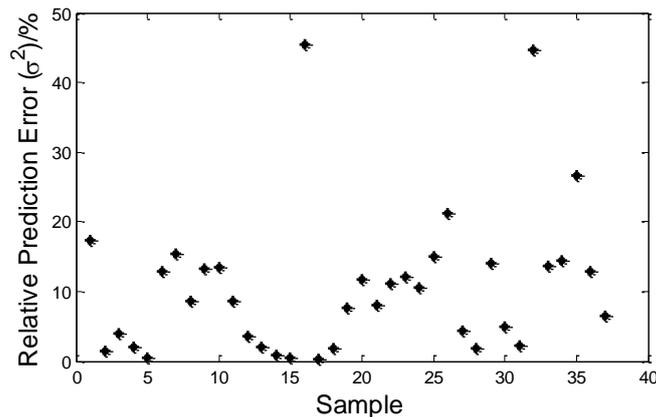


图 4.30 方差估计相对误差

由图可知，平均报价方差估计误差基本在 20% 以内，且变化幅度较大，最大相对误差接近 50%，估计精度远低于单组电容平均报价。

原因在于报价均值主要由产品属性及市场水平等客观因素决定，报价方差存在更多的投标者主观因素，没有在模型中体现，在实际方差估计时要根据各投标竞争者实际情况加以权衡考虑，当竞争者市场地位等主观条件相当时，应考虑降低方差估计值。

(3) 最优报价模型

根据以上分析及建模结果，可知当投标报价为基准价时，得分最高，也即中标率最高。

根据报价均值的估计结果，根据式可得到有效平均报价，进而得到最优报价模型为

$$P = N_c (1-a) \left(6.3843 + 0.0018570 C_{ave} - 2.0895 \times 10^{-5} C_{ave} \cdot N_c \cdot \rho \right) \cdot \int_{-\infty}^{1.15} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left(e^{-\frac{((R/A)-1)^2}{2\sigma^2}} \right) d(P/A) \quad (4-19)$$

基于最有报价模型重新计算第三批和第五批次合容公司报价，优化后中标次数和原始中标数据如图(4.31)~(4.34)所示，其中编号 19 对应合容公司中标次数，从图中我们可以看到第三批中标次数由 3 次提高到 8 次，第五批次中标次数由 4 次提到 16 次，中标率达 35%，结果表明采用最优报价模型进行报价其中标次数提高了 2~3 倍。

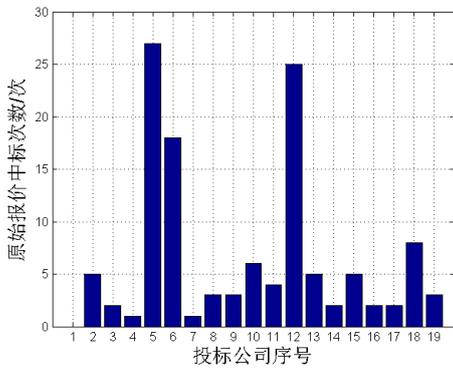


图 4.31 第三批原始中标次数

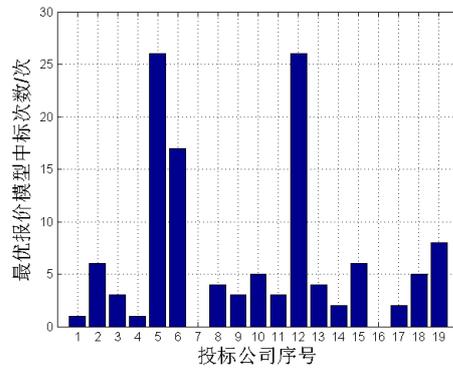


图 4.32 第三批优化中标次数

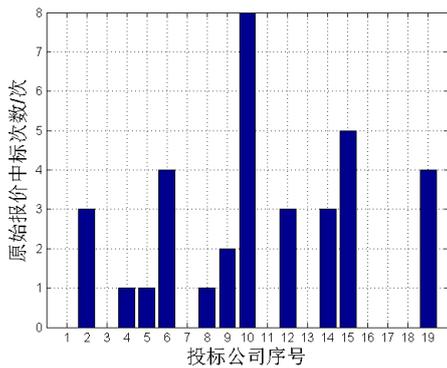


图 4.33 第五批次原始中标次数

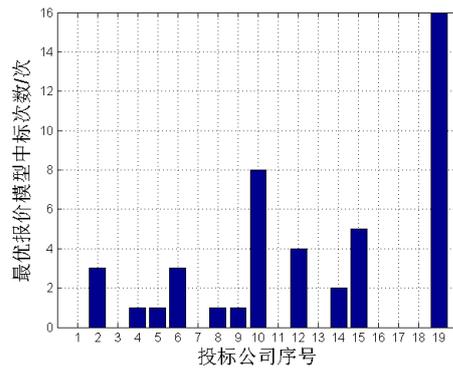


图 4.34 第五批次优化中标次数

4.3 问题 3 的建模与求解

基于以上建立的报价均值估计模型计算给出合容电气对 2014 年第 4 批包 24, 包 29, 包 41, 包 42, 包,57, 包 62, 包 66, 包 71, 包 74, 包 76, 包 84, 包 87 的报价均值估计如表 4.6 所示。

表 4.6 2014 年第 4 批报价估计

包号	所有报价均值估计(万元)	报价方差估计(万元)	有效报价平均值估计(万元)	基准价估计(万元)	该模型报价(万元)
24	95.88	20.41	93.98	84.58	84.58
29	85.42	20.54	83.64	75.27	75.27
41	82.39	24.56	80.56	72.50	72.50
42	94.26	25.61	92.21	82.99	82.99
57	134.64	29.47	131.93	118.74	118.74
62	75.41	23.89	73.71	66.34	66.34
66	115.51	32.83	112.97	101.67	101.67
71	95.16	28.68	93.04	83.73	83.73
74	24.54	12.04	23.95	21.56	21.56
76	115.18	24.55	112.89	101.60	101.60
84	138.12	29.03	135.39	121.85	121.85
87	165.75	34.93	162.47	146.23	146.23

4.4 问题 4 的建模与求解

招标投标是一种具有自身特色的市场交易方式，具有竞争的激烈性、信息的公开性、价格的合理性、过程的公正性等特点，能够发挥能优化社会资源配置、合理确定工程价格、促进企业平等竞争、防止和杜绝腐败行为、提高工程质量的积极作用。因而关于国家电网招投标方法改革的建议也应从这些方面进行考虑。

4.4.1 区间平均下浮双边曲线法-摇珠法

对于招标企业而言，定标价格始终是最为重要也最为关心的，而投标企业则会在中标的前体下尽可能提高投标报价，因而价格是矛盾与相互博弈的结果。招标企业采用区间平均下浮双边曲线算法，其中包含下浮系数 (a)、减分速率系数 (m 、 n) 和区间系数 (上区间系数 $f_1 = 1.15$ 、下区间系数 $f_2 = 0.8$)，现从参数变化对于价格的影响来判断国家电网招标改革方案的优劣。第 3 批次招标中， $a = 0.1$ ， $m = 0.3$ ， $n = 2$ ，考虑到 10kV 包数较多和系数差异，现特选择第 3 批次招标进行分析，始终只改变其中一个参数，重新计算全部有效投标报价算术平均值 A 、有效投标报价算术平均值 A_1 、基准价 B 重新评分后，得到其与第三批次 10kV 各包中标平均价格之间的相互关系，如图 4-1 至图 4-4。

从图中可以发现 a 对于中标企业的平均报价影响较大，随着 a 值的增加，中标企业的平均报价逐渐下降，因为下浮速率增加降低基准价，改变中标企业从而改变中标企业的平均报价；而减分速率系数的影响则较小，这是因为只有当两家投标企业评标总价 P /基准价 B 很接近时， m 、 n 对于评分的影响才会凸显出来；区间系数的影响也有限，根据第一问中概率分布分析，投标企业的报价服从正态分布，大部分报价都能落在均值的有效区间内，因而改变有效区间对于均值以及基准价的影响也显得有限。

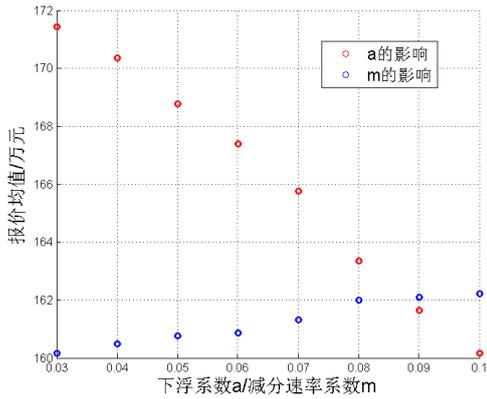


图 4.35 下浮系数/减分速率系数对价格的影响

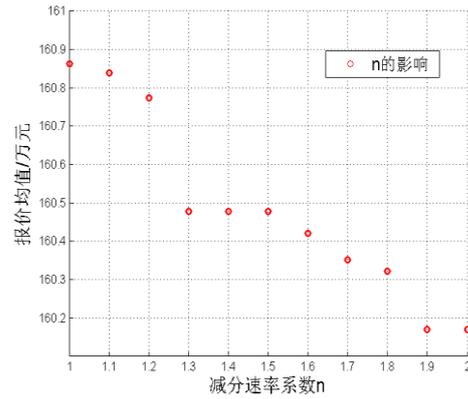


图 4.36 减分速率系数对价格的影响

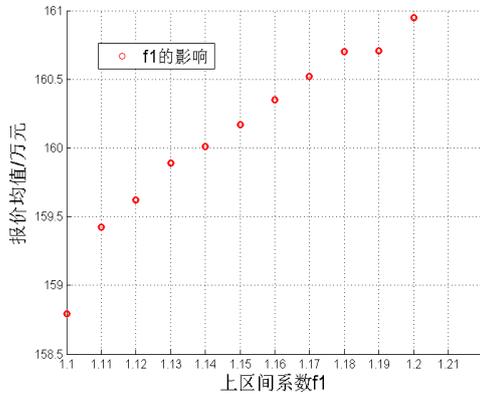


图 4.37 上区间系数对价格的影响

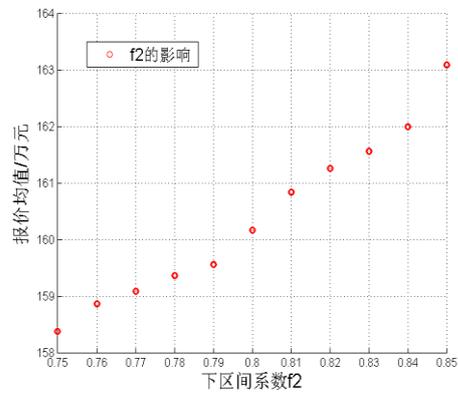


图 4.38 下区间系数对价格的影响

由此，我们可以发现下浮速率是招标人控制招标价格最直接有效的手段，一般而言，下浮速率确定了，中标企业的报价也基本上确定。但一味增加下浮速率 a 从而降低中标企业报价的方法并不可取，这会导致投标企业无利可图，降低企业投标积极性，甚至产生流标现象，合理设定下浮速率对于招标企业来说就显得尤为重要。

在下浮速率提前确定的前提下，投标企业就能根据以往的数据进行分析，并联合若干家企业进行串标，例如企业 W 的报价为 P_i ，联合四家企业报价为 P_{i-2} ， P_{i-1} ， P_{i+1} ， P_{i+2} ，从而使得若干家企业的报价顺序为

$$\dots < P_{i-2} < \dots < P_{i-1} < \dots < P_i < \dots < P_{i+1} < \dots < P_{i+2} < \dots \quad (4-20)$$

则企业 W 则置于联合企业的保护下，甚至出现

$$\dots < P_{i-2} < P_{i-1} < P_i < P_{i+1} < P_{i+2} < \dots \quad (4-21)$$

使得 a_i 更接近基准价，此时容易出现企业 W 一家独大的现象，有违与招标的公平公正性。

此时可以以摇珠法结合区间平均下浮双边曲线法，具体方案如下：招标现场分别制作代表下浮率 3%-10% 的摇珠，随机摇取其中三个取其平均值作为下浮系数，再进行区间平均下浮双边曲线法，计算价格评分从而确定中标企业，如式 (4.22) 所示。此法使得 P_i 接近基准价的随机性增加，能有效避免串标的发生。

$$a_1, a_2, \dots, a_s \xrightarrow{\text{随机摇选}} a = \frac{a_i + a_j + a_k}{3}$$

$$A = \frac{\sum_1^n P_i}{n} \rightarrow \dots < P_j < \dots < P_i < \dots < P_k < \dots \rightarrow A_1 = \frac{\sum_k^j P_i}{k-j} \rightarrow B = A_1 \cdot (1-a)$$

$$(P_j, P_k) \subset (f_2 \cdot A, f_1 \cdot A)$$

$$Grade_i = \begin{cases} 100(\frac{B}{P_i})^n P_i > B \\ 100(\frac{P_i}{B})^m & B > P_i \end{cases} \rightarrow \max(Grade_i) \text{ 中标} \quad (4-22)$$

4.4.2 评价随机法

根据之前的分析，每家投标企业因有利可图都会想方设法地去中标，而一些大型企业以其强大的实力能多次中标，中小企业则难以持续有效的经营，进一步大型企业则可以以分包的形式拉拢中小企业进行串标投标，从而达到垄断市场的目的，以至最后提高产品服务价格获取超额利润；同时一家企业多次中标，也容易引起腐败问题，从而导致招标方利益受损^[3-4]。

以国网 2014 年第二批电容器招标中 10kV 为例，以固定的 17 家投标企业为主，剔除偶尔参加投标活动的 2 家企业的影响，重新计算价格评分，取价格评分最高的企业为中标企业，统计投标企业的中标次数，如下图 4-1 所示，从图中我们可以发现在近百次投标活动中，有两家企业中标次数明显超过其他企业，分别为企业 13 和企业 16，同时有两家企业从未中标，分别为企业 5 和企业 17，这表明中标企业分布不均，容易造成不公平的市场环境，打击某些投标企业的积极性，不利于市场竞争。

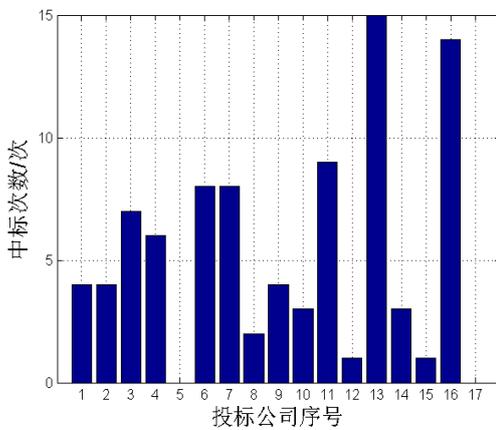


图 4.39 价格评分最高的企业中标统计图

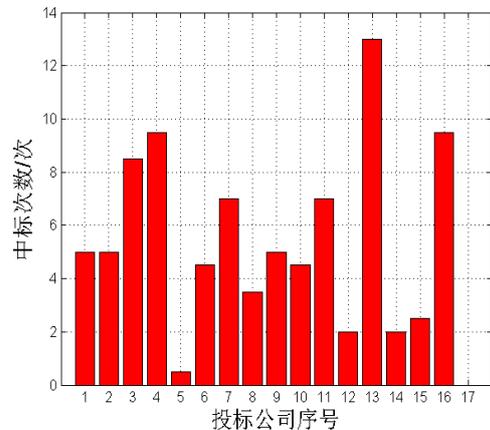


图 4.40 价格评分前二的企业中标统计图

为了防止类似现象经常出现，现考虑取价格评分前二的企业为中标企业，价格评分前二意味着彼此的投标价格相近，可以随机选择其中一家为中标企业，也就是评分前二的企业各有 50% 概率中标，统计时求中标期望，以此方法重新统计中标企业，如图 4-2 所示。从图中我们可以发现中标次数较多的企业分布较为平均，多家企业的中标次数均超过 8 次，同时从未中标的企业仅为一家，说明更多的企业有机会中标，提高其参与投标的热情。以此方案进行分析，分别考虑取价格评分前三、前四的企业为中标企业，统计结果如图 4.41、图 4.42 所示。

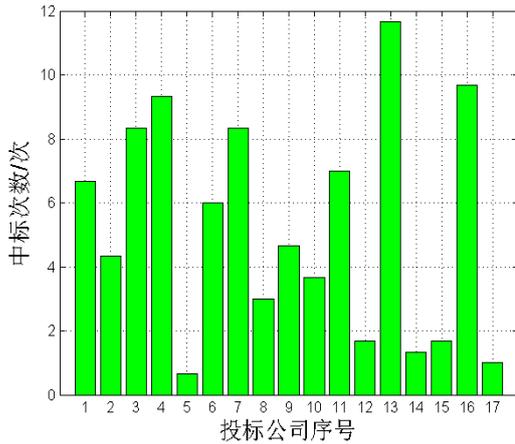


图 4.41 价格评分前三的企业中标统计图

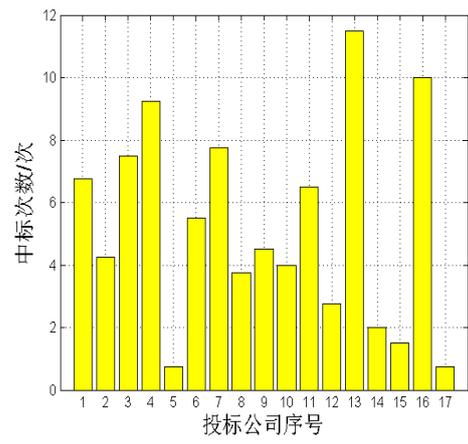


图 4.42 价格评分前四的企业中标统计图

从图中我们可以发现参与投标的 17 家企业都有成功中标的可能性，中标次数分布也更加均匀，这说明取价格评分排名前若干名为初步中标企业，再随机抽取唯一中标企业的方法能使更多企业中标，达到促进企业平等竞争的目的，促使企业不断加大研究生产力度，提高企业竞争力。同时也应注意到企业 13 和企业 16 的中标次数在四幅图中都位于前三名，说明这种方法并不会像表面上认为的那样损害有实力企业的利益，也有助于招标企业能够选择到真正具有竞争力的企业并且防止垄断和腐败的发生。

我们从统计分析的角度进一步分析此类方法中企业中标次数分布规律，判断分布是否均匀。方差分析或者标准差分析是此类问题通用的分析方法，现分别统计取第一至前五方案中企业中标次数的标准差如图 4.43 所示，从图中我们可以发现随着所选取价格评分排名名次的增加，中标次数的标准差随之下降，这也就从数据统计分析的角度证明了此方案能够有效防止中标企业过度集中，防止垄断和腐败的发生，损害招标人的利益，同时促使更多企业参与到建设活动中来，而不仅仅只是参与招标投标活动，提高企业的积极性。

另一方面，招标企业在进行招标活动中不仅仅考虑公平公正的问题，更多的还是考虑自身的利益，而招标报价则是招标企业重点考虑的因素，现考虑此方对于中招标价格的影响，如图 4.44 所示，从图中我们可以清楚的发现，无论是选择价格评分前几名作为初步中标对象，中标价格有时高、有时低，但价格变化小于 1%，在可接受的范围之内。可能在一次招标活动中，初步中标对象的价格稍高，但多次招标活动统计平均后则使得招标价格随之趋于稳定，此方案能够帮助招标企业更好掌握市场价格变化，准确把握市场脉搏。由上述分析可知，在投标企业较多的情况下，具体选择价格评分排名前几的企业为初步中标企业对于价格的影响因素不大，根据惯例，一般是三到四家企业进入最后的竞争。

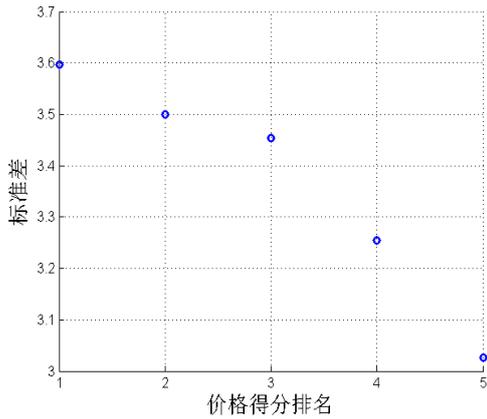


图 4.43 价格评分前若干名中标次数标准差图

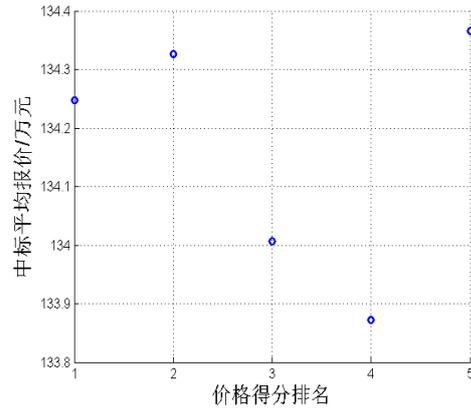


图 4.44 价格评分前若干名中标平均报价图

现对于其他各批次招标数据进行验证, 由于各批次招标中下浮系数和减分速率系数各不相同, 在每批次数据分别进行验证时, 采用其规定的系数, 而对全部数据进行统一验证时, 以包数目为基准进行加权平均, 得到 $a = 0.057593$, $m =$

0.5166 , $n = 1.6390$ 。在不同批次中, 最具有竞争力的企业也不尽相同, 例如第三批中企业九则一直保持优势, 在此由于篇幅限制, 不同批次初步中标企业分布不一列出, 仅给出全部批次汇总的中标企业分布, 如下图 4.45 至图 4.48 所示。从图中我们可以看出优势企业优势明显, 中标次数分布逐渐均匀。

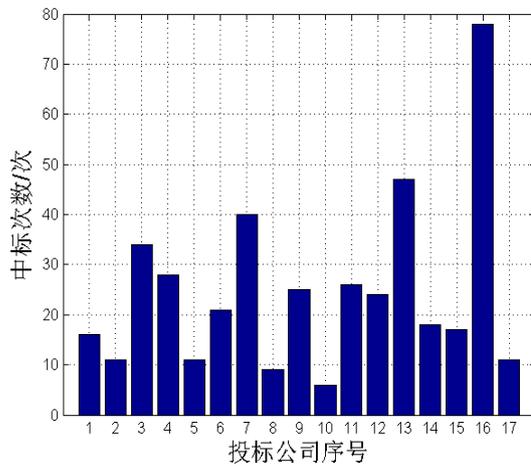


图 4.45 全部批次价格评分最高的企业中标统计图

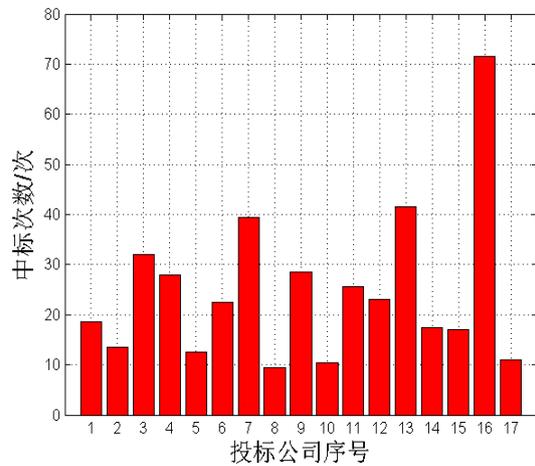


图 4.46 全部批次价格评分前二的企业中标统计图

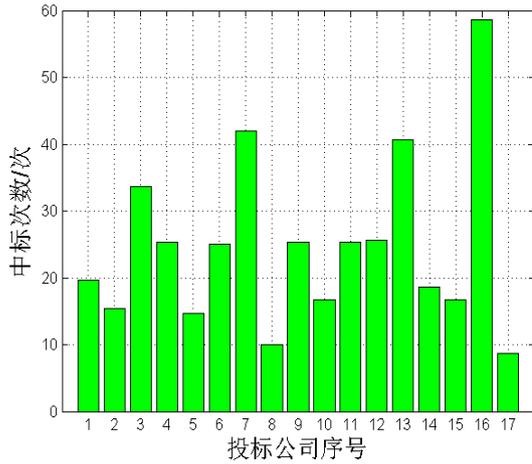


图 4.47 全部批次价格评分最高的企业中中标统计图

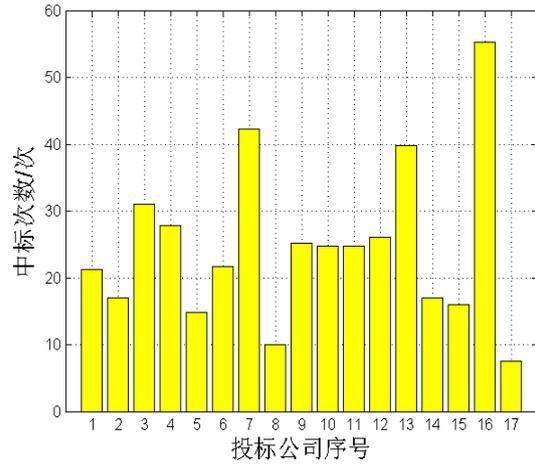


图 4.48 全部批次价格评分前二的企业中中标统计图

此外,各批次及汇总批次的标准差和中标平均价格随初步中标企业数目变化的关系如图 4.49 和图 4.50 所示,从图中我们可以发现随着初步中标企业数增加,标准差随之下降,说明中标次数分布逐渐均匀,符合方案预期,也证明了此方案具有普适性。同时从图 4.50 中可以发现中标平均报价基本保持一致,甚至略有降低,符合招标企业的预期及要求。

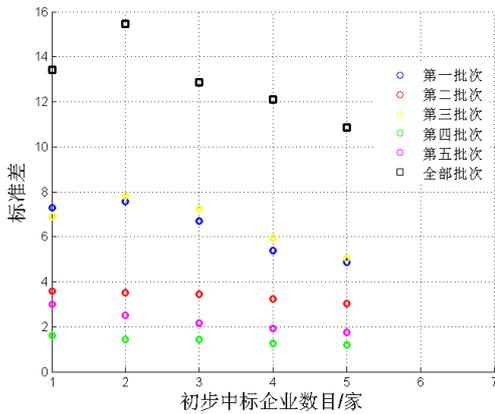


图 4.49

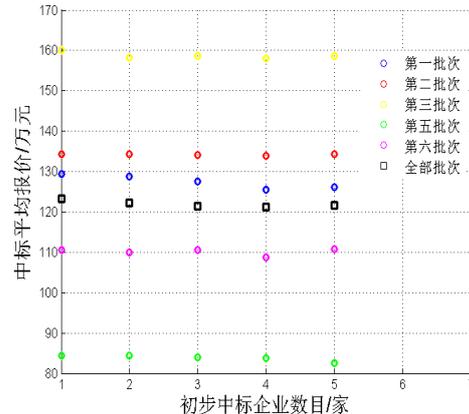


图 4.50

综上所述,现确定对于国家电网招投标方法改革方案为在只考虑价格因素时,利用区间平均下浮双边曲线算法对投标企业进行价格评分排名,选取评分排名前三的企业出初步中标企业,在初步中标对象中随机选择一家为唯一中标企业,如式(4.4)所示。此方案能在保证中标平均价格稳定的情况下使更多投标企业中标,同时能突出有竞争力的投标企业,随机选择唯一中标企业能有效防止垄断、串标和腐败行为。

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \rightarrow \dots < P_j < \dots < P_i < \dots < P_k < \dots \rightarrow A_1 = \frac{\sum_{k=j}^i P_i}{k-j} \rightarrow B = A_1 \cdot (1-a)$$

$$(P_j, P_k) \subset (f_2 \cdot A, f_1 \cdot A)$$

$$Grade_i = \begin{cases} 100(\frac{B}{P_i})^n P_i > B \\ 100(\frac{P_i}{B})^m & B > P_i \end{cases} \rightarrow \dots < Grade_n < Grade_i < Grade_j < Grade_k$$

$$\xrightarrow{\text{随机抽取}} (Grade_i, Grade_j, Grade_k) \rightarrow Grade_n \text{ 中标} \quad (4-22)$$

4.4.3 总结

本节针对国家电网招投标方法改革共提出两种方案，方案 1：区间平均下浮双边曲线法-摇珠法，即利用摇珠的随机性确定下浮率，结合区间平均下浮双边曲线法，其优势为能有效避免串标行为的发生，但存在着招标价格不易控制的缺点，多用于中小项目的招标；方案 2：评价随机法，即采用区间平均下浮双边曲线法确定价格评分前三的初步中标企业，再随机确定最后的中标企业，其优势为既能稳定控制招标价格，能避免串标、贿标和垄断的出现，同时突出有竞争力的投标企业，使其较多的中标，还能照顾弱势企业，使得中标企业分布均匀，适用范围广。

5 总结

本文研究了国家电网电容器投标报价策略问题，分析了投标企业报价分布规律、区间平均下浮双边曲线算法，给出对投标方有价值的研究结论；建立了合容电气公司的优化报价模型，该模型可以有效提高中标率；基于该模型给出了第四批次中指定包的报价；最后提出了具有随机特色的国家电网招投标方法改革方案。

针对问题 1，基于投标企业报价服从正态分布，根据各企业报价的均值、方差与有效价格区间的大小关系分为三种情况讨论，推导得出各企业报价均值 A 和有效报价均值 $A1$ 的函数关系，并发现一般情况下 $A \approx A1$ 。在此基础上分别改变 a, m, n 分析各因子对得分的影响，得到对投标方有价值的研究结论，1) 当 m, n, a 确定时，报价 $P=(1-a) A1$ 可以获得最高分，所以报价应当尽量接近 $(1-a) A1$ ；2) 当 a 和 m 确定时，如 $P < 1-a$ ，得分与 n 无关，且提高报价可提高得分，如 $P > 1-a$ ，当 n 增大时，需降低报价。3) 当 a 和 n 确定时，如 $P < 1-a$ ，当 m 增大时，需提高报价，如 $P > 1-a$ ，此时得分与 m 无关，且降低报价可提高得分。

针对问题 2，本文对附件的数据进行了整理分析，得到电容、电抗及其系统的限价与规格大小成正相关关系，同时发现电抗的型号只电抗本身的限价；系统的总限价主要和规格型号大小相关。针对总容量、单组容量、地域等影响因素进行聚类分析归为“单组容量因素”、“组数”、“空心占比”、“地域”4 类。总的报价模型可以概括为“总价=单价×组数”的基本模型，而其中单价又受到单组容量的成本影响和组数的边界效应影响，同时配套空心电容组数的比例越高，单价越低，这里体现了铁芯空心电容组的差别，最后采用逐步回归分析进行了平均报价及方差预测，得到最优报价模型，针对合容公司而言，数据验证显示该方法将该公司中标率提高 2-3 倍。

针对问题 3，结合第二问得到第四批次指定包预测价格，包 24、包 29、包 41、包 42、包 57、包 62、包 66、包 71、包 74、包 76、包 84 和包 87 的报价估计为 84.58、75.27、72.50、82.99、118.74、66.34、101.67、83.73、21.56、101.60、121.85、146.23 万元。

问题 4 中，本节针对国家电网招投标方法改革共提出两种方案，方案 1：区间平均下浮双边曲线法-摇珠法，即利用摇珠的随机性确定下浮率，结合区间平均下浮双边曲线法，其优势为能有效避免串标行为的发生，但存在着招标价格不易控制的缺点，多用于中小项目的招标；方案 2：评价随机法，即采用区间平均

下浮双边曲线法确定价格评分前三的初步中标企业,再随机确定最后的中标企业,其优势为既能稳定控制招标价格,能避免串标、贿标和垄断的出现,同时突出有竞争力的投标企业,使其较多的中标,还能照顾弱势企业,使得中标企业分布均匀,适用范围广。

6 参考文献

- [1] 吴孟达,成礼智,数学建模教材,长沙:高等教育出版社,2011。
- [2] 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,西安科技大学学报,2015.35(4),505-510。
- [3] 刘燕,工程招投标与合同管理,北京:人民交通出版社,2007。
- [4] 刘海桑,政府采购、工程招标、投标与评标 1200 问,北京:机械工业出版社,2012

7 附录

程序 1: 对各包各公司报价进行读取和处理

```
clear
clc
%price6=zeros(100,17);
name2=cell(200,20);
Stand=cell(200,20);
RANK=cell(200,20);
Stand(1,:)={'顺容','桂林','合容','豫电中原','恒顺','日新','泰开','库伯','思源','永
锦',...
            '上虞','苏州','赛晶','ABB','西电','新东北','淄博莱宝','欣泰','迪生
','荣信'};%20 个
for i=47:181%100
% for i=164:181%100
    num=num2str(i);
    mix=strcat('包',num)
    [num,txt,row]=xlsread(mix);
    NN=length(num(:,1));
    name2(i,1:NN)=txt(2:end,1)';
    if isempty(num)
        price2(i,1:NN)=zeros(1,NN);
    else
        price2(i,1:NN)=num(1:end,1)';

    end
    if length(num(1,:))<8
        rank(i,1:NN)=zeros(1,NN);
    else
        rank(i,1:NN)=num(1:end,8)';
    end

    if isfinite(num(8,5))
```

```

        price_ave2(i,1)=num(8,5);
    else if isfinite(num(7,5))
        price_ave2(i,1)=num(7,5);
    else if isfinite(num(9,5))
        price_ave2(i,1)=num(9,5);%基准价
    end
end
end

end

for i=47:181%100
    for j=1:20
        %为了求解方差和均值，先对无意义量和无限量进行剔除

        if strcmp(name2{i,j},'顺容')%'顺容'1
            Stand{i,1}=price2(i,j);
            RANK{i,1}=rank(i,j);
        end

        if strcmp(name2{i,j},'桂林')|| strcmp(name2{i,j},'桂容')%'桂林'2
            Stand{i,2}=price2(i,j);
            RANK{i,2}=rank(i,j);
        end

        if strcmp(name2{i,j},'合容')%'合容'3
            Stand{i,3}=price2(i,j);
            RANK{i,3}=rank(i,j);
        end

        if strcmp(name2{i,j},'中原')||strcmp(name2{i,j},'豫电
    )||strcmp(name2{i,j},'豫电中原')%'中原'4
            Stand{i,4}=price2(i,j);
            RANK{i,4}=rank(i,j);
        end
    end
end

```

```
if strcmp(name2{i,j},'恒顺')%'恒顺'5
    Stand{i,5}=price2(i,j);
    RANK{i,5}=rank(i,j);
end
```

```
if strcmp(name2{i,j},'日新')%'日新'6
    Stand{i,6}=price2(i,j);
    RANK{i,6}=rank(i,j);
end
```

```
if strcmp(name2{i,j},'泰开')%'泰开'7
    Stand{i,7}=price2(i,j);
    RANK{i,7}=rank(i,j);
end
```

```
if strcmp(name2{i,j},'库伯')||strcmp(name2{i,j},'库柏')%'库伯'8
    Stand{i,8}=price2(i,j);
    RANK{i,8}=rank(i,j);
end
```

```
if strcmp(name2{i,j},'思源')%'思源'9
    Stand{i,9}=price2(i,j);
    RANK{i,9}=rank(i,j);
end
```

```
if strcmp(name2{i,j},'永锦')%'永锦'10
    Stand{i,10}=price2(i,j);
    RANK{i,10}=rank(i,j);
end
```

```
if strcmp(name2{i,j},'上虞')%'上虞'11
    Stand{i,11}=price2(i,j);
    RANK{i,11}=rank(i,j);
end
```

```

if strcmp(name2{i,j},'苏州')||strcmp(name2{i,j},'苏容')%'苏州'12
    Stand{i,12}=price2(i,j);
    RANK{i,12}=rank(i,j);
end

if strcmp(name2{i,j},'赛晶')%'赛晶'13
    Stand{i,13}=price2(i,j);
    RANK{i,13}=rank(i,j);
end

if strcmp(name2{i,j},'ABB')||strcmp(name2{i,j},'西安
ABB')%'ABB'14
    Stand{i,14}=price2(i,j);
    RANK{i,14}=rank(i,j);
end

if strcmp(name2{i,j},'西电')%'西电'15
    Stand{i,15}=price2(i,j);
    RANK{i,15}=rank(i,j);
end

if strcmp(name2{i,j},'新东北')%'新东北'16
    Stand{i,16}=price2(i,j);
    RANK{i,16}=rank(i,j);
end

if strcmp(name2{i,j},'淄博莱宝')||strcmp(name2{i,j},'淄博
')||strcmp(name2{i,j},'莱宝')%'淄博莱宝'17
    Stand{i,17}=price2(i,j);
    RANK{i,17}=rank(i,j);
end

if strcmp(name2{i,j},'欣泰')%'欣泰'18
    Stand{i,18}=price2(i,j);

```

```

        RANK{i,18}=rank(i,j);
    end

    if strcmp(name2{i,j},'迪生')%"欣泰'18
        Stand{i,19}=price2(i,j);
        RANK{i,19}=rank(i,j);
    end

    if strcmp(name2{i,j},'荣信')%"欣泰'18
        Stand{i,20}=price2(i,j);
        RANK{i,20}=rank(i,j);
    end
end

end
for i=47:181%100
    count=1;

    for j=1:19

        if isfinite(price2(i,j))&&(~isempty(price2(i,j)))
            PRI(i,count)=price2(i,j);%
            count=count+1;
        end
    end

    [muhat(i,1),sigmahat(i,1)]= normfit(PRI(i,1:end));% 计算均值方
差
    [h(i,1),sig(i,1)]= ttest(PRI(i,1:end),muhat(i));% 正态分布检验
h=0, 确认为正态分布
End
程序 2: 对各发货清单 xls 文件进行读取
clear
clc
%price6=zeros(100,17);

```

```

%本程序仅仅进行数据处理
Stand=cell(2000,7);
detailFe=cell(2000,9);
detailEm=cell(2000,9);
Stand(1,:)={'包数','省份','每包容量','电容数量','平均单台容量','配铁芯电抗的
电容数','配空心电抗的电容数'};

```

```

[num,txt,raw]=xlsread('2014 年第一批');
name=zeros(length(txt(:,1))-1,1);
%type=unique(num(:,9));%不同功率规格
%读包号，并替换为数字
for i=3:(length(txt(:,1))-1)
    % for j=43:181
    % cum=num2str(j);
    % mix=strcat('包',cum);
    % if strcmp(txt{i,1},mix)
    %     name(i,1)=str2num(cum);
    % end
% end
c=regexp(txt{i,1},'包','split');
name(i,1)=str2num(c{1,2});
end
Baohao=unique(name(:,1));%不同功率规格
%对大表没有，小表有的数据进行剔除，保留两个表都有的包号
%[num2,txt2,raw2]=xlsread('2014 年第一批','包容量');

```

save prep

程序 3：对各发货清单容量、组数等进行统计处理

clear

load prep

```

co=0;
ino=1;
N=length(Baohao(:,1))-1;
co=0;

```

```

ino=1;
local=zeros(N,1);
zunum=zeros(N,1);
aveRL=zeros(N,1);
numFe=zeros(N,1);
numEm=zeros(N,1);
for i=2:length(txt(:,1))-1
    if name(i)~=name(i-1)
        co=co+1;
        location{co,1}=txt{i,2};
    end
    if i>2
        if isfinite(raw{i,11})%&&(~isempty(raw{i,11}))
            totalRL(co,1)=raw{i,11};
        end
        if strcmp(raw{i,7},'组')
            zunum(co,1)=zunum(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if (~isempty(strfind(raw{i,5},'空心')))
            numEm(co,1)=numEm(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if (~isempty(strfind(raw{i,5},'铁芯')))
            numFe(co,1)=numFe(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
    end
end

end
%对铁芯、空心下的功率进行进一步分类
co=0;
NNN=length(Baohao(:,1))-1;
for i=2:length(txt(:,1))-1

    if name(i)~=name(i-1)
        co=co+1;
    end
end

```

```

%算总容量
%-----%
if strcmp(raw{i,7},'组')&&(co>=1)

    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'8000k')))
        n8000(co,1)=n8000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'6000k')))
        n6000(co,1)=n6000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'5000k')))
        n5000(co,1)=n5000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'4800k')))
        n4800(co,1)=n4800(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'4000k')))
        n4000(co,1)=n4000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'3600k')))
        n3600(co,1)=n3600(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'3000k')))
        n3000(co,1)=n3000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'2000k')))
        n2000(co,1)=n2000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if (~isempty(strfind(raw{i,5},'1000k')))
        n1000(co,1)=n1000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if
        (~isempty(strfind(raw{i,5},'600k')))&&( isempty(strfind(raw{i,5},'3600k')))
        n600(co,1)=n600(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end

```

```

end
if
( ~isempty(strfind(raw{i,5},' ) ,300k'))||( ~isempty(strfind(raw{i,5},' ) ,334k'))
    n300(co,1)=n300(co,1)+str2double(raw{i,8});
end

nn(co,1:11)=[n300(co,1),n600(co,1),n1000(co,1),n2000(co,1),n3000(co,1),n3600(co,1
),...
n4000(co,1),n4800(co,1),n5000(co,1),n6000(co,1),n8000(co,1)]';
end
%-----%

if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'铁芯'))&&(co>=1)
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'8000k')))
        numFe8000(co,1)=numFe8000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'6000k')))
        numFe6000(co,1)=numFe6000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'5000k')))
        numFe5000(co,1)=numFe5000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'4800k')))
        numFe4800(co,1)=numFe4800(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'4000k')))
        numFe4000(co,1)=numFe4000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'3600k')))
        numFe3600(co,1)=numFe3600(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'3000k')))
        numFe3000(co,1)=numFe3000(co,1)+str2double(raw{i,8});
    end
end

```

```

if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'2000k'))
    numFe2000(co,1)=numFe2000(co,1)+str2double(raw{i,8});
end
if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'1000k'))
    numFe1000(co,1)=numFe1000(co,1)+str2double(raw{i,8});
end
if
( ~isempty(strfind(raw{i,5},'600k'))&&( isempty(strfind(raw{i,5},'3600k'))))
    numFe600(co,1)=numFe600(co,1)+str2double(raw{i,8});
end
if
( ~isempty(strfind(raw{i,5},'300k'))|| ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'334k'))))
    numFe300(co,1)=numFe300(co,1)+str2double(raw{i,8});
end
end
if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'空心'))&&(co>=1)
    if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'8000k'))
numEm8000(co,1)=numEm8000(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'6000k'))
numEm6000(co,1)=numEm6000(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'5000k'))
numEm5000(co,1)=numEm5000(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'4800k'))
numEm4800(co,1)=numEm4800(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'4000k'))
numEm4000(co,1)=numEm4000(co,1)+str2double(raw{i,8});

```

```

        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'3600k')))

numEm3600(co,1)=numEm3600(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'3000k')))

numEm3000(co,1)=numEm3000(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'2000k')))

numEm2000(co,1)=numEm2000(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if ( ~isempty(strfind(raw{i,5},'1000k')))

numEm1000(co,1)=numEm1000(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if
( ~isempty(strfind(raw{i,5},'600k')))&&( isempty(strfind(raw{i,5},'3600k')))
            numEm600(co,1)=numEm600(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end
        if
( ~isempty(strfind(raw{i,5},'300kvar'))||( ~isempty(strfind(raw{i,5},'334k')))
            numEm300(co,1)=numEm300(co,1)+str2double(raw{i,8});
        end

        end

        %对地域进行分类编号
        if co>=1
            if ( ~isempty(strfind(raw{i,2},'安徽'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'
福建'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'江苏')))...
                ||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'江西
            ))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'上海'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'浙江'))

```

```

        local(co,1)=1;%华东
    end

        if ( ~isempty(strfind(raw{i,2},'北京'))|| ~isempty(strfind(raw{i,2},'
冀北'))|| ~isempty(strfind(raw{i,2},'河北'))...
            ||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'山东
'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'山西'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'天津'))
                local(co,1)=2;%华北
            end

                if ( ~isempty(strfind(raw{i,2},'宁夏'))|| ~isempty(strfind(raw{i,2},'
甘肃'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'青海')))...
                    ||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'新疆
'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'陕西'))
                        local(co,1)=3;%西北
                    end

                        if ( ~isempty(strfind(raw{i,2},'河南'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'
湖南'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'湖北')))...
                            ||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'重庆
'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'四川'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'西藏'))
                                local(co,1)=4;%西北
                            end

                                if ( ~isempty(strfind(raw{i,2},'内蒙'))||( ~isempty(strfind(raw{i,2},'
辽宁'))

                                    local(co,1)=5;%华北
                                end

                                    end

                                end

                                for j=1:NNN
totalRL(j,1)=300*n300(j,1)+600*n600(j,1)+1000*n1000(j,1)+2000*n2000(j,1)+3000

```

```

*n3000(j,1)+3600*n3600(j,1)+4000*n4000(j,1)+4800*n4800(j,1)+5000*n5000(j,1)
)++6000*n6000(j,1)+8000*n8000(j,1);
    aveRL(j,1)=totalRL(j,1)/zunum(j,1);
    avePriPz(j,1)=0;% 10 列为报价均值,该式子求解单组报价
    avrPriPr(j,1)=0;% 10 列为报价均值, 该式子求解单位容量报价
    Embili(j,1)=(numEm(j,1)/3)/zunum(j,1);% 空心的比例
end
blk(1:NNN,1)=Baohao(2:N+1,1);% 包号
blk(1:NNN,2)=totalRL(:,1);% 总容量
blk(1:NNN,3)=zunum(:,1);% 组数
blk(1:NNN,4)=aveRL(:,1);% 单组容量
blk(1:NNN,5)=numFe(:,1);% 铁芯数
blk(1:NNN,6)=numEm(:,1);% 空心数
blk(1:NNN,7)=avePriPz(:,1);% 为报价均值,该式子求解单组报价
blk(1:NNN,8)=avrPriPr(:,1);% 1 为报价均值, 该式子求解单位容量报价
blk(1:NNN,9)=local(:,1);% 地域编号 10 为基准价 11 为均价 12 为方差
blk(1:NNN,32)=Embili(:,1);% 空心占比

    for i=1:NNN
        for j=1:length(num2(:,1))
            if num2(j,1)==blk(i,1)
                blk(i,10:(length(num2(1,:))+9-
1))=num2(j,2:length(num2(1,:)));
            end
        end
    end
    for j=1:length(blk(:,1))
        avePriPz(j,1)=blk(j,11)/blk(j,3);% 10 列为报价均值,该式子求解单
组报价
    end
    blk(1:NNN,7)=avePriPz(:,1);% 为报价均值,该式子求解单组报价

    conum=find(blk(:,2)==0);
    blk(conum,:)=[];
    save tempdata

```

中标率程序:

```
clear;
load tt.txt
mm=2;
nn=0.3;
sum1(122)=0;
length(122)=0;
sum2(122)=0;
length2(122)=0;
aa=0.1;
for i=1:122
    for j=15:33
        if tt(i,j)>0;
            sum1(i)=sum1(i)+tt(i,j);
            length(i)=length(i)+1;
        else
            sum1(i)=sum1(i);
            length(i)=length(i);
        end
    end
    ave(i)=sum1(i)./length(i);
end

for i=1:122
    ave_max(i)=ave(i)*1.15;
    ave_min(i)=ave(i)*0.8;
end

for i=1:122
    for j=15:33
        if tt(i,j)<=ave_max(i)&&tt(i,j)>=ave_min(i)
            sum2(i)=sum2(i)+tt(i,j);
            length2(i)=length2(i)+1;
        else
```

```

        sum2(i)=sum2(i);
        length2(i)=length2(i);
    end
end
ave2(i)=sum2(i)./length2(i);
end
for i=1:122;
    ave3(i)=ave2(i)*(1-aa);
end

for i=1:122
    for j=15:1:33
        B(i,j)=tt(i,j)/ave3(i);
        if B(i,j)>=1;
            C(i,j)=1/B(i,j);
            G(i,j)=(C(i,j))^mm*60;
        else
            G(i,j)=B(i,j)^nn*60;
        end
    end

    end
end
for i=1:122
    [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
    P_J1(i)=tt(i,n(i))
end
P1=sum(P_J1)/90;
N=n(15:33);

for i=15:33
    num(i)=sum((n==i));
end
N=num(15:33);%%% 第一次中签次数

for i=1:122

```

```

        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        G(i,n(i))=0
    end
    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        P_J2(i)=tt(i,n(i));
    end
    P2=sum(P_J2)/90;
    NN=n(15:33);
    for i=15:33
        num(i)=sum((n==i));
    end
    NN=num(15:33);%%%%%第二名中签次数

    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        G(i,n(i))=0
    end
    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        P_J3(i)=tt(i,n(i))
    end
    P3=sum(P_J3)/90;
    NNN=n(15:33);
    for i=15:33
        num(i)=sum((n==i));
    end
    NNN=num(15:33);%%%%%第三名中签次数

    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        G(i,n(i))=0
    end
    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));

```

```

        P_J4(i)=tt(i,n(i))
    end
    P4=sum(P_J4)/90;
    NNNN=n(15:33);
    for i=15:33
        num(i)=sum((n==i));
    end
    NNNN=num(15:33);%%%% 第四名中签次数

    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        G(i,n(i))=0
    end
    for i=1:122
        [m(i),n(i)]=max(G(i,:));
        P_J5(i)=tt(i,n(i))
    end
    P5=sum(P_J5)/90;
    NNNNN=n(15:33);
    for i=15:33
        num(i)=sum((n==i));
    end
    NNNNN=num(15:33);%%%% 第 5 名中签次数

    NB1=NN+N+NNN;
    NB2=NB1+NNNN;
    NB3=NB2+NNNNN;

    figure(1);
    % N=sort(N);
    bar(N);
    xlabel('投标公司序号','fontsize',16)
    set(gca,'xtick',1:19);
    ylabel('最优报价模型中标次数/次','fontsize',16)

```

```

grid on
% NN=sort(NN);
figure(2)
bar((NN+N)/2,'r');
xlabel('投标公司序号','fontsize',16)
set(gca,'xtick',1:19);
ylabel('中标次数/次','fontsize',16)
grid on
% NB=sort(NB);
figure(3)
bar(NB1/3,'g')
set(gca,'xtick',1:18);
xlabel('投标公司序号','fontsize',16)
ylabel('中标次数/次','fontsize',16)
grid on
figure(4)
bar(NB2/4,'y')
xlabel('投标公司序号','fontsize',16)
set(gca,'xtick',1:18);
ylabel('中标次数/次','fontsize',16)
grid on

std1=std(NN);
std2=std((N+NN)/2);
std3=std(NB1/3);
std4=std(NB2/4);
std5=std((NB3/5));

figure(5)
STD=[std1 std2 std3 std4 std5]
mn=1:5
scatter(mn,STD,'linewidth',2);
grid on
set(gca,'xtick',1:5);
xlabel('初步中标企业数目/家','fontsize',16)

```

```

ylabel('标准差','fontsize',16)
figure(6)
P_J=[P1 P2 P3 P4 P5];
scatter(mn,P_J,'linewidth',2);
grid on
set(gca,'xtick',1:5);
xlabel('初步中标企业数目/家','fontsize',16);
ylabel('中标平均报价/万元','fontsize',16);

```

下滑双边曲线算法

```

function [ DF ] = XFSBQX( x,a,m,n,gama)
nn = max(size(x));
A = mean(x);
Amin = 0.8*A;
Amax = 1.15*A;
k = 1;
for i = 1:nn
    if x(i) >= Amin && x(i) <= Amax
        i;
        xu(k) = x(i);
        k = k+1;
    end
end
A1 = mean(xu);

B = A1*(1-a);
for i = 1:nn
    if x(i) >= B
        DF(i) = gama*100*(B/x(i))^n;
    else
        DF(i) = gama*100*(x(i)/B)^m;
    end
end
end

```

end

单组报价模型逐步回归分析

```
X = xlsread('±¼ÛÄ£ÐÍÀ¼Æ','È«ÒªËØ');
Nc = X(:,2);
C = X(:,3);
rho = X(:,4);
XX = [Nc C C.^2 C.^3 rho rho.^2 rho.^3 Nc.*C Nc.*rho C.*rho Nc.*C.*rho];
Y = X(:,8);

stepwise(XX,Y)
```

报价方差模型回归分析

```
X = xlsread('±¼ÛÄ£ÐÍÀ¼Æ','È«ÒªËØ');

% Öð½»Ø¹é.
Nc = X(:,2);
C = X(:,3);
rho = X(:,4);

Nc2 = Nc.^2;
C2 = C.^2;
rho2 = rho.^2;
NcC = Nc.*C;
Ncrho = Nc.*rho;
Crho = C.*rho;

Nc3 = Nc.^3;
C3 = C.^3;
rho3 = rho.^3;
Nc2C = Nc.*Nc.*C;
NcC2 = Nc.*C.*C;
```

```
Nc2rho = Nc.*Nc.*rho;
```

```
Ncrho2 = Nc.*rho.*rho;
```

```
C2rho = C.*C.*rho;
```

```
Crho2 = C.*rho.*rho;
```

```
NcCrho = Nc.*C.*rho;
```

```
XX = [Nc C rho Nc2 C2 rho2 NcC Ncrho Crho Nc3 C3 rho3 Nc2C NcC2 Nc2rho  
Ncrho2 C2rho Crho2 NcCrho];
```

```
Y = X(:,7);
```

```
stepwise(XX,Y)
```