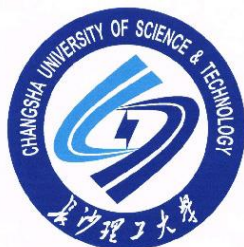


附件三、



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）：201518001004

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： 年 月 日

评阅编号（由组委会评阅前进行编号）：

附件四、

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研究

摘 要：

针对国家电网电容器投标报价策略问题，本文研究分析了标价的评分算法，建立了最优报价模型；在此基础上，利用历史投标数据建立了最优报价的预测模型，并给出了国家电网标价评分算法的改进建议。本文主要做了以下具体工作：

首先，本文对区间平均下浮双边曲线算法进行了分析，在假设已知参与投标竞争对手的平均报价的基础上，依据得分最大的原则建立方程，得出了最优报价公式，并分析了下浮系数和减分指数对报价的影响规律。

然后，对数据进行了分类提取处理，建立了各投标公司报价关于电容器类型数量之间的多元线性回归模型，运用偏最小二乘算法进行求解得到不同公司关于各类电容器的报价系数，分析研究发现了同一批次不同公司间报价系数的相关性。进一步站在合容电气公司的立场上，求取其他公司报价系数的均值，将其作为估计竞争对手平均报价的系数，求得最优报价并代入各批次进行检验，中标率有明显的提高。

之后，本文利用所建立的模型对 2014 年第四批指定各包的报价预测，通过对已知 5 批数据建立模型求得各批次中各类电容器的报价系数，基于灰色预测模型对其变化做出预测，得到 2014 年第四批的报价模型并利用最优报价公式求得预测报价。为检验预测模型的有效性，对前 5 批数据中最优报价与最高限制报价之比进行统计分析其占比分布规律，对预测报价进行合理性检验，对不合理的预测值根据统计规律进行修正。

最后，本文分析了现有招标模式的优缺点，提出了带模糊综合评价的平均权值再分配算法，对区间平均下浮双边曲线算法进行了改进，既保留了该算法反映市场规律的优点，又有效解决了现有算法存在的会使中庸者得利而优秀企业遭到排挤的缺陷。

关键词：最优报价，偏最小二乘算法，灰色预测，平均权值再分配

国家电网电容器投标报价策略研究

一、问题重述

1.1 问题背景

在现代商业采购中，招标投标运用得越来越广泛。如何构建并实施有效的投标报价策略、以此为依据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。

国家电网 2013 年至 2015 年每年举行 6 批电容器类货物的招标，每批又分若干包，不同包包含的电容器规格、数量不同。参加招标投标方每年基本固定，主要投标方有 17 家左右。

1.2 问题提出

国家电网在 2013 年-2014 年采用的是综合评标法进行招标。该评标办法中，技术、价格、商务占的比例分别为 30%、60%、10%，以总分 100 分计。假定各投标方在技术、商务方面实力基本相当，因此此问题中各投标方只需考虑通过合理的报价提高价格得分，只要价格得分第一就认为中标。各投标方具体得分大小采用区间平均下浮双边曲线算法。

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），同一投标方在不同批次中的报价也可能是不同的。此外，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。

试在所给资料基础上解决以下问题：

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。

二、问题分析

在工程项目的招标投标过程中，招标方一般会综合考虑投标方的技术、价格、商务能力等情况，决定最终中标公司。相对于较固定的技术和商务能力等，投标方的报价是一个较多变的因素，招标方可以通过合理报价提高得分，达到最终中标的目的。

本文针对国家电网招标投标过程中，投标方报价得分计算模型进行研究，分析不同影响因素下投标方的最优报价，建立对手报价预测模型，并利用历史数据得到预测数据，最终根据对投标方报价和中标率的分析，给出国家电网招商投

标方案的改革建议。

2.1 针对问题一

问题 1 要求全面分析国家电网采用的区间平均下浮双边曲线算法，特别是下浮系数和减分速率指数的调整对报价的影响，得到对投标方有价值的结论。

对投标方有价值的结论就是如何在保证得分最高的情况下尽可能提高报价。第一步，在充分理解了区间平均下浮双边曲线算法的基础上，我们用数学语言对该算法进行了描述。

第二步，为了得出既能保证得分最高又能尽可能提高报价的结论，我们应用博弈的思想从某一投标方的角度对算法进行了推演，得出了入围的报价范围和得分最高的最优报价公式，从而发现最优报价跟下浮比例之间的关系，对投标者提供参考。影响最优报价的另一个因素为其他各竞争对手的报价均值，因此，对该均值的预测对报价有至关重要的影响，这一问题留到第二问去解决。

最后，为了使投标方得分最高的条件下追求利润的最大化，从得分公式进行分析，通过得分曲线定性分析了减分速率指数对投标方报价的影响。

2.2 针对问题二

问题 2 要求站在合容电气公司的立场上，通过分析 2013 年第 5 批至 2014 年第 3 批共 5 批数据的，建立一个能提高中标率的报价模型。

问题 1 中我们已经解决了在预测出对手报价的前提下的最优报价模型。在这一问中，重点就是如何得到对手报价的预测值。首先，题目给出的历史数据量很大，我们需要对其进行预处理，保留有用信息，并进行归类统计。得出组成包的元器件的类别共 20 类（最高限价相同的元器件归为一类），主要投标方共 17 个。

然后，我们结合投标报价的实际情况，建立投标方报价与元器件类型及数目之间的多元线性回归模型。针对这一模型，我们采用偏最小二乘法进行求解，得到每个批次各投标方报价与每包包含的元器件种类的数量之间的关系，可用一个矩阵来表示，称其为系数矩阵。由于偏最小二乘法存在误差，因此用平均系数向量来代替系数矩阵对对手的平均值进行预测。

第三步，利用由五批历史数据求解得到五个平均报价系数向量，运用 GM(2, 1) 预测方法预测出下一批次各投标方的平均系数向量，进一步计算出下一批次不同包对手的平均报价预测。最终根据问题 1 中的最优报价模型，得到合容电气公司的最优报价。

最后，我们利用所建立的模型对合容电气公司前五批次的投标报价进行预测，对比了预测结果与实际结果，发现模型确实能提高中标率，验证了模型的有效性。

2.3 针对问题三

问题 3 要求根据问题 2 中的模型，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。

首先，我们依据前五批的平均系数向量，运用灰色预测的方法预测出本批次的平均系数向量。然后从 2014 年第 4 批数据中提取指定各包的器件种类与数量。然后利用第二问得到的计算公式计算出最优报价。最后，利用以往数据统计出的

最优报价与最高限定报价的比值分布对预测值进行合理性分析和修正。

2.4 针对问题四

问题 4 要求在分析国家电网招标投标方法的基础上，提出合理化的招标方法改革建议。

我们首先分析了目前招标方法存在的缺陷及其优点。针对其缺陷，我们提出了基于模糊综合评价的平均权值再分配算法，对现有算法进行了改进，使其既保留了能保留反映市场信息的优点，又克服了中庸者得利，优秀公司被排挤的缺陷。

三、符号说明

符号	名称与意义
A	全部有效投标报价算数平均值
b	投标方报价
A_l	$[0.08A, 1.15A]$ 区间内报价算数平均值
G	投标方得分
v	投标方成本
p	投标方利润
c_j	第 j 类电容器的数量
$v_{i,j}$	第 i 投标方第 j 类电容器的单个成本
vp^k	第 k 批的报价系数矩阵
b_{others}	其他投标方的报价平均值
Z	招标方的基准价
B	基准价

四、模型假设

对于研究的问题，本文做出了以下几点假设和限定：

1. 各个投标方之间是非合作的关系，即各投标方在投标之前不会互相交换决策信息，因此各个投标方之间的决策是独立的。

2. 对于同一批次的货物，各投标方同时采取行动递交投标书，或非同时采取行动但是后行动者不能获取先行动者的决策信息。这保证了投标的公平性。

3. 对于同一批次的货物，各投标方同时递交投标书，或者非同时递交投标

书,但后面的包投标时不能获取前面的包的中标情况。这保证了对于同批次货物,投标方对与后面的包的报价不会依据前面的包的中标情况进行调整。

4. 投标前,下浮比例与减分速率指数已知。

5. 各投标方均掌握了自 2013 年第五批货物至 2014 年第三批货物的投标报价与得分中标情况,并具备一定博弈知识。

五、问题 1：区间平均下浮双边曲线算法分析

问题 1 要求对国家电网采用的区间平均下浮双边曲线算法进行分析研究,得到对投标方有价值的结论。本文在分析区间平均下浮双边曲线算法的基础上,得到投标方得分最高的最优报价,并分析了下浮系数及减分速率的调整对报价的影响。

5.1 区间平均下浮双边曲线算法

在本题的投标过程中,根据各厂商提供的竞标报价,采用区间平均下浮双边曲线的算法,对各竞标厂商进行打分,得分最高者中标。下面对区间平均下浮双边曲线算法中的基本概念与计算过程进行简要介绍。

全部有效投标报价算数平均值 A ：设某包竞标时共有 p 个投标方参与并提供有效报价,报价分别为 $b_i (i=1,2,\dots,p)$,则全部有效投标报价算数平均值为

$$A = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p b_i \quad (2.1)$$

区间内标价算数平均值 A_1 ：根据全部有效报价的算数平均值 A 的 80%~115% 设定有效区间,假设参加报价的 p 个投标方中有 q 个投标方的报价落入这一有效区间,为了表示方便,设落入该有效区间的投标方为投标方 1,投标方 2,……,投标方 q ,则此有效区间内的算数平均值 A_1 为

$$A_1 = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q b_i \quad (2.2)$$

当 $p=q$ 时,即参加该次竞标报价的公司全部落入有效区间时, $A_1 = A$ 。

基准价 B ：基准价是在区间内标价算数平均值 A_1 的基础上,下浮一定比例得到的。设下浮比例系数为 a ,基准价计算公式为

$$B = (1-a) \times A_1 \quad (2.3)$$

在区间平均下浮双边曲线算法中,在基准价两侧采用指数曲线来计算价格得分。具体评分模型如下：

$$G = \begin{cases} 100 \left(\frac{B}{b} \right)^n & b \geq B \\ 100 \left(\frac{b}{B} \right)^m & b < B \end{cases} \quad (2.4)$$

其中, m, n 为减分速率指数。实际中, 一般取 $m < 1, n > 1$ 。图 5-1 为根据 2013 年第五批包 1 的价格得分曲线, 可以看出: 基准值处得分最高, 偏离基准值得分下降; 在基准值附近, 小于基准值的报价下降速率要低于大于基准值的报价下降速率。通过观察得分曲线, 可以得到投标方报价略小于基准值较保险, 略高于基准值风险相对较大, 但可以获得更高利润。

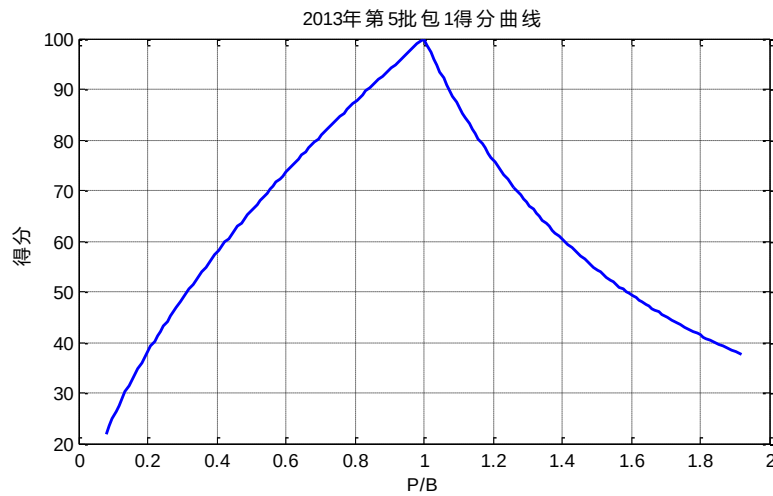


图 5-1 2013 年第五批包 1 的价格得分曲线

5.2 最优报价模型

为了对区间平均下浮双边曲线算法进行全面研究分析, 得到对投标方有价值的结论, 现考虑某一投标方 Y , 设其投标金额为 b_1 。在投标前假设已通过分析判断预测出其他竞争对手投标方是否投标以及投标金额, 设有 p 个投标方参与, 预测的投标金额分别为 $b_i (i = 2, 3, \dots, p)$, 则算数平均值 A 可表示为

$$A = \frac{\sum_{i=2}^p b_i + b_1}{p} \quad (2.5)$$

为了保证得分高, 投标方 Y 的投标金额 b_1 应落在有效区间 $[0.8A, 1.15A]$ 内, 即

$$0.8A \leq b_1 \leq 1.15A \quad (2.6)$$

代入式 (5.5), 有

$$\frac{0.8}{p-0.8} \sum_{i=2}^p b_i \leq b_1 \leq \frac{1.15}{p-1.15} \sum_{i=2}^p b_i \quad (2.7)$$

假设除了 γ 还有 $q-1$ 个投标方投标在有效区间内，不妨设投标金额分别为 $b_i (i=2,3,\dots,q)$ ，则算数平均数 A_1 可以表示为

$$A_1 = \frac{\sum_{i=2}^q b_i + b_1}{q} \quad (2.8)$$

除了落在有效区间，投标方 γ 的标价还应该接近基准价 B ，以获得最高的得分。^[4] 得分最高的情况为标价 b_1 正好等于基准价，此时为最优报价，即

$$b_1 = B = (1-a) \times A_1 = (1-a) \times \frac{\sum_{i=2}^q b_i + b_1}{q} \quad (2.9)$$

解得最优报价为

$$b_1 = \frac{(1-a)}{q-1+a} \sum_{i=2}^q b_i \quad (2.10)$$

可以看出下浮系数 a 越小，报价可越高，但报价不能超过式 (5.7) 表示的范围。所以可以在式 (5.10) 的基础上适当提高报价以获得更大利润。

5.3 减分速率对最优报价的影响

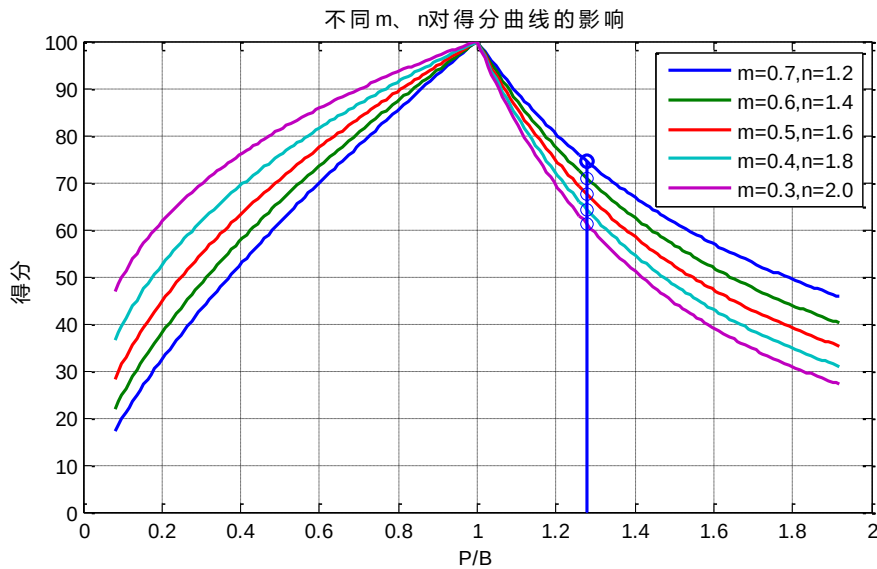


图 5-2 不同 m 、 n 对得分曲线的影响

由上图可以发现， n 越大，对应于同一个报价，其得分越低，此时，为了保证得分，投标者会降低报价。有利于招标者控制报价。反之，若 n 越小，在追求同一得分的条件下，报价的增加范围变大，有利于投标者进行高价投标。

如果减分速率指数 m 越大，对应于同一个报价，其得分越低，此时，为了保证得分，投标者会提高报价，这对招标者来说是不利的，因为投标者会偏向于报高价。反之，若 m 越小，在追求同一得分的条件下，报价的向下浮动范围变大，有利于形成低报价优势，对招标方有利。

六、问题 2：合容电气公司报价模型建立与分析

第二问要求我们负责合容电气公司的投标，在分析前五批数据的基础上建立报价模型，以提高中标率。根据第一问的分析，为了做出最优报价，需要预测其他公司的报价均值。为了预测报价均值，我们需要根据已有数据建立其他每个公司的报价模型。

6.1 数据处理

建立报价模型首先需要分析已有的历史投标中标数据。根据题目要求，我们对 2013 年第 5 批至 2014 年第 3 批共 5 批数据进行处理与分析。处理的具体步骤如下：

1. 根据题目要求，筛选各批次中 10kV 的包和框架式的电容器成套设备。
2. 根据这 5 批数据，提取并整合主要投标公司。首先统计所有参与过投标的公司及其投标次数，如图 6.1 所示。为了简化分析，我们认为每个公司参与投标的频率代表它参与下次投标的概率。在此基础上，我们忽略图 6.1 中的后三个公司，得到 17 家主要的投标公司。经统计，在 2013 年第 5 批至 2014 年第 3 批共 424 个标中，仅有 4 个标为主要投标方之外的公司投中，因此，可认为我们的主要投标方统计合理。

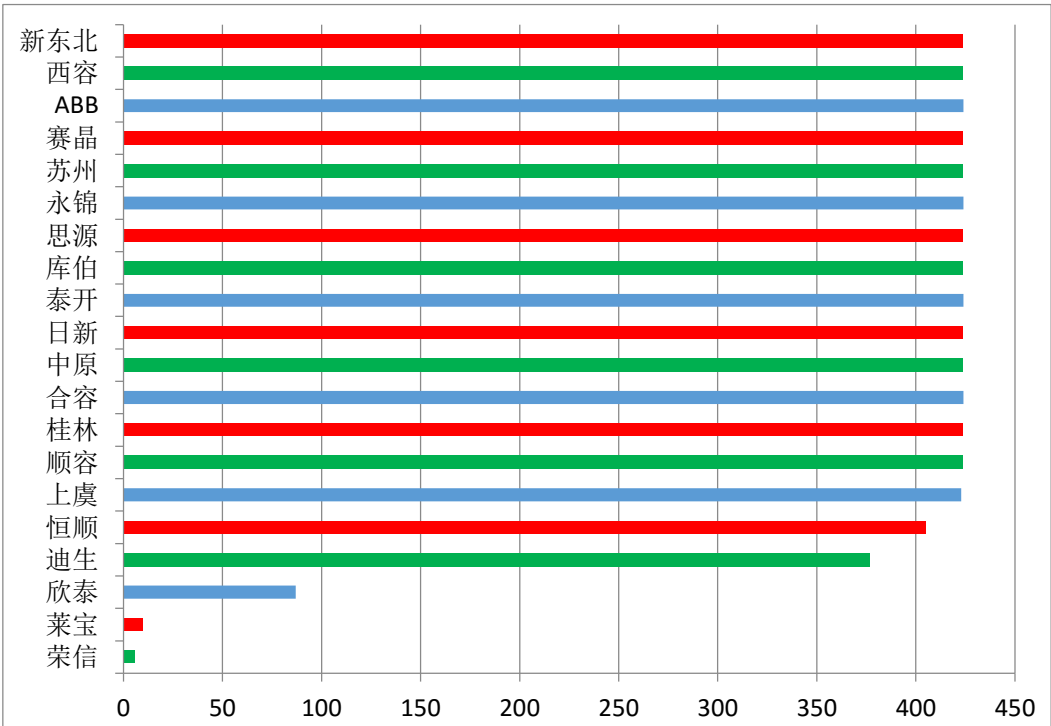


图 6.1 各公司投标次数统计图

3. 针对每一批次的每一个包，根据货物类型，在附件 3 中找到对应的最高限价，与数量相乘，得到每一个包的最高限价。

4. 对电容的最高限价进行分析，发现有价格相同的电容，为了简化模型，可认为是一类。最终得到有 20 种电容组合（具体分类参见附录 1）。
5. 针对每一批次，提取每一个包 17 个主要投标方的报价、排名、每个包的基准价、中标报价、电容器组合类型和数量。

6.2 基于偏最小二乘法和灰色预测法的手均预测模型

本文建立了基于偏最小二乘法和灰色预测法的手均预测模型，该模型大致分为三部分：第一部分，对手投标方的报价建立模型，利用历史数据，采用偏最小二乘法求解；第二部分，针对对手报价的均值，根据前几批次的数，采用灰色预测法预测下一批次的对手报价均值，最终计算得到我方最优报价；最后一部分，利用最优报价与最高限价之间的关系，对模型得到的报价进行检验，对不合理的预测值进行修正。

下面对预测模型的三个部分分别进行阐述。

6.2.1 对手报价模型建立与求解

投标公司的报价是投标方在估计己方成本，预测对手报价后作出的决策，一般由工程成本、利润和税金等组成^[1]。由于税金的计算方法复杂，且可以考虑在净利润中，所以可以认为投标公司的报价主要分为两部分：成本和利润。

投标公司的成本包含多种因素，最主要的是电容器件的生产成本，其余的还包括人工成本、交通成本等。为了简化模型，我们主要考虑器件的生产成本，其余成本可并入利润的部分进行考虑。因为投标方在每批次货物招标时，是同时递交各包的标价的，可认为对于同一批货物，同一投标公司报价时，生产成本之外的其余成本与利润是相对固定的，同种电容器件的单个生产成本也是相对固定的。因此，可以建立如下的对手报价模型：

$$b_i = v_i + p_i = \sum_{j=1}^{20} v_{i,j} c_j + p_i \quad (6.1)$$

其中， b_i 第 i 个投标方的报价， v_i 第 i 个投标方的总成本， p_i 为第 i 个投标方的利润； $v_{i,j}$ 表示第 i 个投标方 j 类电容器的单个生产成本， c_j 表示第 j 类电容器的数量。实际招标时，投标方互相不知道其他方的成本，只知道己方的成本，所以需要对对手的成本和利润进行估计。以每类电容器的数量作为自变量，报价为因变量，则可以发现上式即为一个多元一次线性模型。以此类推，每一个公司的报价均可表示为每类电容器数量的多元一次函数，从而得到了一个多对多线性回归模型：

$$\begin{cases} b_1 = \sum_{j=1}^{20} v_{1,j} c_j + p_1 \\ b_2 = \sum_{j=1}^{20} v_{2,j} c_j + p_2 \\ \dots \\ b_{17} = \sum_{j=1}^{20} v_{17,j} c_j + p_{17} \end{cases} \quad (6.2)$$

对上述回归方程模型的求解采用偏最小二乘法。偏最小二乘回归分析提供一种多对多线性回归建模的方法，特别当两组变量个数较多且都存在多重相关性，而观测数据的数量又较少时，用偏最小二乘回归建立的模型具有传统的经典回归分析等方法所没有的优点。^[5]

偏最小二乘法的思路是：首先在自变量集中提出第一成分 u_1 （ u_1 是 $c_1, c_2, \dots, c_{20}$ 的线性组合）；同时在因变量集中也提取出第一成分 v_1 （ v_1 是 $b_1, b_2, \dots, b_{17}$ 的线性组合），并要求 u_1 与 v_1 相关程度达到最大。然后建立因变量 $b_1, \dots, b_m$ 与 u_1 的回归，如果回归方程已达到满意的精度，则算法终止。否则继续第二对成分的提取，直到能达到满意的精度为止。若最终对自变量提取出 r 个成分 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_r$ ，偏最小二乘回归将通过建立 $b_1, \dots, b_m$ 与 $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_r$ 的回归式，然后再表示为 $b_1, \dots, b_m$ 与原自变量的回归方程式，即偏最小二乘回归方程式。

偏最小二乘回归所提取的成分较好地概括了自变量中的信息，有效地解决了自变量间多重相关性情况下的回归建模问题。^[6]

因为本次自变量和因变量的数目都比较多，因此 r 的取值为各批次出现过的系数的总个数，取值为 19 或 20。

通过一次运算可求出某一批次的报价系数矩阵

$$vp^k = \begin{bmatrix} vp_1 \\ vp_2 \\ \vdots \\ vp_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{1,1}, v_{1,2}, \dots, v_{1,20}, p_1 \\ v_{2,1}, v_{2,2}, \dots, v_{2,20}, p_2 \\ \vdots \\ v_{n,1}, v_{n,2}, \dots, v_{n,20}, p_n \end{bmatrix} \quad (6.3)$$

其中， vp^k 表示第 k 个批次的报价系数矩阵， vp_i 表示第 i 个投标方的报价系数向量。

6.2.2 对手报价均值灰色预测模型

得到每个对手的报价模型之后，我们要来预测对手报价的均值，预测均值有两种思路。一种是由 6.3 中得到的系数矩阵求出每一个公司的报价，再求平均值作为结果；另一种是先对系数矩阵进行求平均，即对每类电容器不同公司的报价系数先求出平均值，然后再用这一组系数来计算其他竞争对手的报价均值。由于偏最小二乘法计算的精度有限，总是会存在误差的，所以求解得到的系数矩阵也是存在误差的。因此，第二种预测的均值会比第一种预测的精度更高。通过我们对两种不同的方式进行验证，也得到了这一结论，因此，对手报价均值的预测模型为：

$$\bar{b} = \sum_{j=1}^{20} \bar{v}_j c_j + \bar{p} \quad (6.4)$$

$$\text{其中，} \bar{v}_j = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} v_{i,j}, \quad \bar{p} = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} p_i。$$

上述结论是基于已知某批次数据,通过偏最小二乘法估计得出了各个厂家的系数矩阵的基础之上的。在实际的预测模型中,这些数据我们事先是不知道的,需要根据历史上的 $\overline{v_j}$ 和 $\overline{p}$ 来预测下一批次的 $\overline{v_j}$ 和 $\overline{p}$ 的值。由于市场因素的影响,同一投标方在不同批次的报价中,同种电容器的生产成本也会出现波动。投标方需要在分析了对手历史报价的基础上,预测其生产成本与利润的变化,得到对手的报价预测值。

通过对五个批次的数据分别进行上述偏最小二乘法的系数向量求解,可得出五个报价系数矩阵。再通过求平均的方法得到每一批次的均值系数向量,可以发现五个向量对应各元素都是不相同的。如表 6.1 所示。

表 6.1 各批次系数平均值

	2013 年第 5 批	2013 年第 6 批	2014 年第 1 批	2014 年第 2 批	2014 年第 3 批
$\overline{v_1}$	8.73	9.21	10.25	0.00	11.02
$\overline{v_2}$	52.36	21.97	0.00	32.60	51.93
$\overline{v_3}$	6.82	7.07	7.30	4.98	9.34
$\overline{v_4}$	28.39	17.92	25.93	65.20	35.21
$\overline{v_5}$	7.91	4.50	5.01	5.00	7.27
$\overline{v_6}$	24.01	22.55	19.52	15.42	26.81
$\overline{v_7}$	6.66	4.71	5.82	3.46	4.06
$\overline{v_8}$	30.92	28.85	13.55	8.40	19.16
$\overline{v_9}$	5.98	9.81	5.55	3.66	5.09
$\overline{v_{10}}$	22.42	14.14	17.32	14.97	19.75
$\overline{v_{11}}$	-3.92	5.38	5.17	3.60	6.00
$\overline{v_{12}}$	9.09	0.31	11.85	12.95	14.29
$\overline{v_{13}}$	3.97	-0.13	3.90	4.07	4.38
$\overline{v_{14}}$	9.65	12.50	12.53	11.13	12.93
$\overline{v_{15}}$	4.81	3.67	4.64	3.28	4.79

$\bar{v}_{16}$	4.77	9.88	11.21	7.43	10.99
$\bar{v}_{17}$	2.49	1.79	3.21	2.85	3.38
$\bar{v}_{18}$	9.69	8.77	9.60	8.11	8.25
$\bar{v}_{19}$	2.53	3.20	3.54	2.22	2.80
$\bar{v}_{20}$	2.65	6.95	8.60	6.26	3.32
$\bar{p}$	21.31	29.75	4.29	25.84	-10.70

由上表可以看出，不同批次间市场因素对公司生产成本的影响。这说明，即便相同配置的包，在不同批次中，同一投标方的报价是可能不同的。为了建立报价模型，我们需要对对手的报价均值进行预测，从而需要预测下一批次各个系数的平均值。

问题转化为对任意 $\bar{v}_j$ ，我们已知其在历史上的数据，现在要预测下一批次的的数据。由于历史数据较少，我们采用针对原始数据量少的 GM(2, 1) 灰色模型预测法进行预测。

灰色预测的主要特点是模型使用的不是原始数据序列，而是生成的数据序列。其核心体系是灰色模型（Grey Model, GM），即对原始数据作累加生成（或其他方法生成）得到近似的指数规律在进行建模的方法。优点是不需要很多的数据，一般只需要 4 个数据，就能解决历史问题少，序列的完整性及可靠性低的问题；能利用微分方程来充分挖掘系统的本质，精度高；能将无规律的原始数据进行生成得到规律性较强的生成序列，运算简便，易于检验，不考虑分布规律，不考虑变化趋势。缺点只适用于中短期的预测。特别，GM(2, 1) 适用于非单调的]摆动发展序列[5]。在本文中，各系数矩阵相应元素的变化规律即为非单调的摆动发展序列，因此采用 GM(2, 1) 来预测其变化。

实际操作发现，不是所有组的数据用灰色预测都能达到好的效果，对于灰色预测误差大的组，我们采用去端点值求平均的办法得到其预测值。

得到第六批的报价系数向量 $\bar{v}$ 后，针对此次投标的包的器件类型与数量，预测此次投标其他公司的报价均值为

$$b_{others} = \sum_{j=1}^{20} \bar{v}_j c_j \quad (6.5)$$

然后根据

$$b_1 = \frac{16(1-a)}{16+a} b_{others} \quad (6.6)$$

得到合容电气公司的此次的预测最优报价。

6.2.3 报价预测值的检验

为了规避风险，在根据上述模型得到我方的报价预测值之后，宜对其进行检验，对于不合理的预测值进行修正。

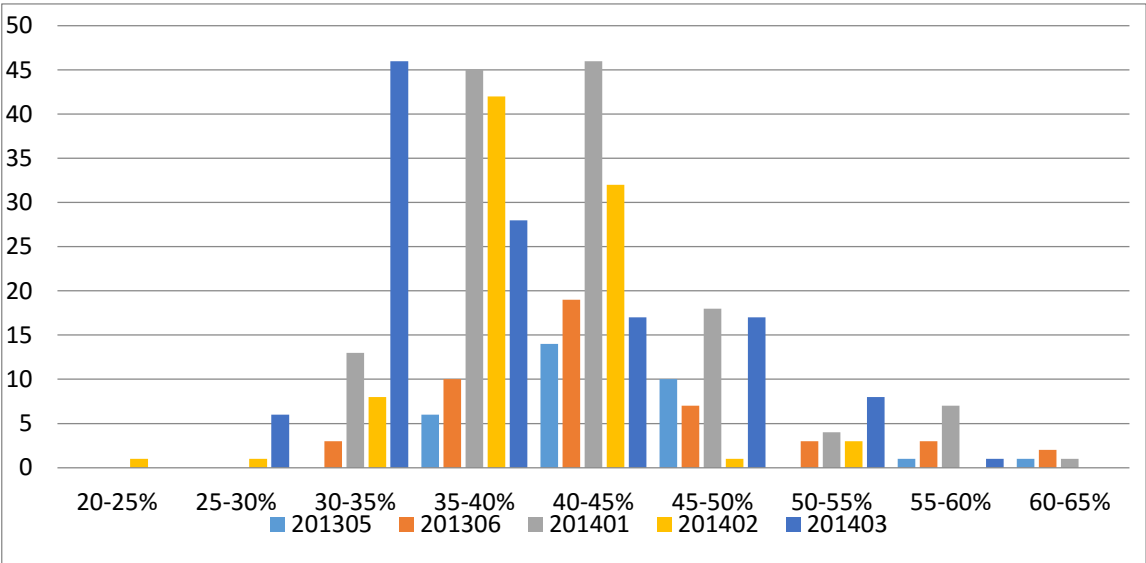


图 6.2 最优报价与最高限制报价比值的分布直方图

检验标准我们采用的是各个包的基准价与最高限制报价之比。虽然不同的包对应的基准价是不同的，但我们可以利用该包的最高限制报价，对不同的包进行归一化，对基准价与最高限价之比进行统计分析，得到五个批次下基准价与最高限价之比的频率分布直方图如图 6.2 所示。

由图中数据可以看出，最优报价与最高限制报价的比值一般分布在 0.3 到 0.5 之间。

因此，我们根据预测模型得到最优报价预测之后，计算最优报价与最高限定报价之比，若比值属于 0.3 到 0.5 的范围，则认为预测结果有效，反之，则需对模型进行修正，取该包的最高限价的 40%作为预测报价。

6.3 报价预测模型的检验

在建立了上述基于偏最小二乘法和灰色预测法的手均均值预测模型后，我们对合容电器公司前五个批次对进行报价预测。将模型得到的报价预测值与实际的报价值进行比较，比较两者的中标和得分情况。得到的结果如表 6.2 所示。

表 6.2 模型预测效果与实际结果对比

批次	201305	201306	201401	201402	201403
实际中标数	3	1	16	7	2
预测模型中标数	2	4	11	8	15
预测模型提高得分标数	17	27	70	46	81
总标数	32	47	134	88	123
占比	53.1%	57. 4%	52.2%	52.3%	65.9%

由上表可以看出，我们所建立的模型是能够有效提高合容公司的得分情况，总体来说提高了中标率。

七、问题 3：合容电气公司对 2014 年第 4 批部分包报价决策

问题 3 是在问题 2 建立的模型基础上，作为合容电气公司的投标负责人，对 2014 年第 4 批的部分包进行报价预测。

7.1 平均系数的预测结果

利用表 6.1 中前五批的平均系数通过灰色预测得到第六批的平均报价系数，结果如下表所示。

表 7.1 2014 年第 4 批平均报价系数

$\bar{v}_1$	$\bar{v}_2$	$\bar{v}_3$	$\bar{v}_4$	$\bar{v}_5$	$\bar{v}_6$	$\bar{v}_7$	$\bar{v}_8$
11.86	39.71	8.17	29.85	6.3	21.66	3.26	20.52
$\bar{v}_9$	$\bar{v}_{10}$	$\bar{v}_{11}$	$\bar{v}_{12}$	$\bar{v}_{13}$	$\bar{v}_{14}$	$\bar{v}_{15}$	$\bar{v}_{16}$
4.61	17.72	5.03	12.17	4.05	11.43	4.7	10.25
$\bar{v}_{17}$	$\bar{v}_{18}$	$\bar{v}_{19}$	$\bar{v}_{20}$	$\bar{p}$			
2.38	8.88	2.86	5.51	22.29			

7.2 最优报价的预测结果

从 2014 年第 4 批所有包的数据中提取出问题 3 中指定的包的数据：包 24，包 29，包 41，包 42，包 57，包 62，包 66，包 71，包 74，包 76，包 84，包 87。确定各包的 c_j 值，连同 7.1 中得到的 $\bar{v}_j$ 代入式 中算出 b_{others} ，进一步计算出最优报价。结果如表 7.2 所示，单位为万元。

表 7-2 最优报价预测结果

包 24	包 29	包 41	包 42	包 57	包 62
108.63	95.72	100.54	93.92	165.75	89.79
包 66	包 71	包 74	包 76	包 84	包 87
139.46	100.67	43.22	125.59	152.74	174.64

7.3 结果检验与评价

在结果检验部分，我们计算得到每个包的最高限价，然后计算预测的最优报价和最高限价的比。根据第二问中的分析，如果预测报价与最高限价比在 [0.3, 0.5] 的区间内，则认为预测是合理的，否则对其进行修正。结果如表 7-3 所示。

表 7-3 最优报价与最高限价之比

包号	预测报价（万元）	最高限价（万元）	占比
24	108.63	253	0.4294
29	95.72	208	0.4602
41	100.54	197	0.5104
42	93.92	222	0.4231
57	165.75	354	0.4682
62	89.79	183	0.4907
66	139.46	292	0.4776
71	100.67	210	0.4794
74	43.22	57	0.7583
76	125.59	283	0.4438
84	152.74	342	0.4466
87	174.64	416	0.4198

从表中数据可以看出，除了包 41 和包 74，其余包的最优报价与最高限价之比均落在 $[0.3, 0.5]$ 的区间内，可认为这些包的预测值是合理的。上述数据说明了第二问模型的合理性。包 41 和包 74 的最优报价与最高限价之比超出 $[0.3, 0.5]$ 的区间，需要对其进行修正。根据 6.3 中的修正方法，得到包 41 的修正后报价为 78.80 万元，包 74 的修正后报价为 22.8 万元。

八、问题 4：国家电网招投标方法改革建议

这种招标方法，标底由投标方提供的报价决定，反映了市场供求关系，但较少体现招标方的期望，标价可控性弱，容易导致标底失真，不利于竞争，容易产生恶性竞争。^[2]

投标人根据企业自身实际情况、管理水平和财务能力，测算出自己的生产成本，再适当考虑一定水平的利润，做出一个相对自身而言合理的报价。一般管理水平高，社会负担小，施工手段先进的企业是可以在一定范围内降低生产成本的。各个投标人的综合实力不同，报价亦不同。采用报价均值上下一定范围作为有效范围，容易使得报价低的投标方得分降低，失去中标机会。这种方法可能对综合实力高的企业并不一定有利。因为管理水平，技术水平高的企业报价就低，反之则高，一个优秀的企业反而不一定会中标，而中庸者却得了高分。

此外这种方法还极易诱发串通投标、共同围标的现象。有研究显示^[3]，在这样的评标条件下，投标企业只要有 50% 的围标率就基本可操作工程投标，围标企业如果达到 70%~80%，则中标的可能性几乎是肯定的。并且，上述情况的出现，围标企业无需与招标单位串通即可达到目的，加入两者串通配合，很容易控制招标局面。^[1]

针对目前算法存在的问题，提出的改进算法如下：

设有 n 个投标公司在进行投标。在知道投标公司的信息之后，招标方组织相关人员进行市场调研和民意调查。对投标方的诚信（有无围标、串标记录、中标项目完成质量情况）、综合实力、群众反馈等多个因素进行模糊综合决策。

第一步对投标公司进行打分排名，得到第 i 个公司的排名为 q_i 。

第二步设置各投标公式报价计算平均值时的权值 w_i 的计算公式如下：

$$w_i = \begin{cases} \frac{1}{n} \left(1 + \frac{1}{q_i + 1} \right) & q_i < \frac{n+1}{2} \\ \frac{1}{n} & q_i = \frac{n+1}{2} \\ \frac{1}{n} \left(1 - \frac{1}{n - q_i + 2} \right) & q_i > \frac{n+1}{2} \end{cases}, n \text{ 为奇数} \quad (8.1)$$

$$w_i = \begin{cases} \frac{1}{n} \left(1 + \frac{1}{q_i + 1} \right) & q_i < \frac{n+1}{2} \\ \frac{1}{n} \left(1 - \frac{1}{n - q_i + 2} \right) & q_i > \frac{n+1}{2} \end{cases}, n \text{ 为偶数} \quad (8.2)$$

通过上述权值重新分配，可以使得排名靠前的单位获得较高的权值，从而使得该单位的报价越接近平均值。排名靠后的单位权值将降低，使得权值按排名成线性下降趋势。以投标者个数为 5 为例，可得下表：

表 8-1 5 名投标者排名与权值

排名	1	2	3	4	5
权值	0.22	0.213	0.2	0.187	0.18

第三步，设各招标单位的报价为 x_i ，确定平均值的优化计算公式如下：

$$A = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (8.3)$$

第四步，确定基准价计算区间 $[0.8A, 1.15A]$ ，统计落在此区间内的投标单位个数 n_1 ，仍按照第一步确定的得分进行排名，各单位参与基准价的计算权值 w_i^1 重复第二步相关计算，进一步得出优化后的基准价为：

$$B = (1-a) \sum_{j=1}^{n_1} w_j^1 x_j \quad (8.4)$$

第五步，得分公式不变，确定各单位的得分。

通过分析以上步骤可以发现，改进后的模型有利于增加诚信好，综合实力强，报价偏低的公司的得分，同时降低了诚信度不高，故意抬价的公司的分数。改进后的模型保留了反映市场供求关系的优点，同时克服了优秀企业易被排挤的问题。由于考虑了诚信问题，还有利于减少串通投标和共同围标出现的几率。

九、模型评价，改进与推广

9.1 模型的优点

1. 本文提出的最优报价模型简洁，运算量少，适用于区间平均下浮双边曲线算法，体现了下浮系数对最优报价的影响，定性分析了减分速率指数的影响，在下浮系数和减分速率指数调整的情况下也可以做出最优报价预测。

2. 针对建立的对手多元线性回归模型，采用了偏最小二乘法进行求解。偏最小二乘法是多元线性回归、典型相关分析和主成分分析的有机结合，较传统的回归分析、主成分分析有优势，从而使得模型精度、稳定性和实用性都得到提高。

3. 采用了 GM(2,1)灰色模型进行数据预测，使得模型在对较少历史数据分析的基础上也可以做出较合理的预测。GM(2,1)灰色模型可以利用少量历史数据，适用与非单调的摆动发展序列。

4. 提出了带模糊综合评价的平均权值再分配算法，对现有算法进行了改进。提高了优秀企业的中标率。

9.2 模型的缺点

1. 在建立对手报价预测模型时，仅考虑了报价与元器件种类和数量的线性关系，忽略了不同包的其他特征，比如项目的地理位置、项目风险等。这些因素也会影响投标方报价。

2. 模型只考虑了 17 家主要投标公司，忽略了几家参与投标频数少的公司。事实上，这几家公司和其他未知的投标者也可能会参与投标，可能会导致我方最优报价模型偏离实际值。

3. 模型以提高中标率为目标，没有考虑公司利润的最大化问题。

9.3 模型的改进与推广

1. 对货物类型分析归类时选取了 20 组类型，利用偏最小二乘法对这 20 组数据做回归分析时，求解的部分系数随着批次变化波动较大，对模型的预测准确度造成了影响；可以将限价相近的货物做进一步合并以减少货物类型，提高预测模型的准确性。

2. 考虑未知投标者的影响，利用博弈和概率的思想，在这种情况下，调整最优报价策略。

3. 在提高公司中标率的同时提高公司的利润收入，建立综合模型。

十、参考文献

- [1] 雷碧涛. 基于博弈论的复合标底投标报价决策研究[D]. 长沙:长沙理工大学, 2008
- [2] 胡静. 基于博弈论的施工企业投标报价行为研究[D]. 杭州:浙江大学, 2003
- [3] 陈安勇. 最低价中标法探讨[D]. 成都:四川大学, 2005
- [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, 35(4): 505-509
- [5] 司守奎, 孙兆亮. 数学建模算法与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2015. 4. 402-407
- [6] 曾九孙等. 主成分回归和偏最小二乘法在高炉冶炼中的应用[J]. 浙江大学学报, 2009, 36(1): 33-35

附件 1：

国家电网 10kV 电容器序列编码

序列编码	规格型号	电容器组串联电抗器限价 (万元/台)		单台电容器容量	每组电容器组（不含电抗器）限价（万元/组）	总价 (万元/台)
1	10kV/10 Mvar	空心（1%、5%、12%）	5	单台 /417kvar	40	18.3
2	10kV/10 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	23	单台 /417kvar	40	63
3	10kV/8 Mvar	空心（1%、5%、12%）	5	单台 /334kvar	36	17
4	10kV/8 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	22	单台 /334kvar	36	58
5	10kV/6 Mvar	空心（1%、5%、12%）	4	单台 /334kvar	27	13
6	10kV/6 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	20	单台 /334kvar	27	47
7	10kV/5 Mvar	空心（1%、5%、12%）	4	单台 /417kvar	22	11.33
	10kV/5 Mvar	空心（1%、5%、12%）	4	单台 /334kvar	23	
8	10kV/5 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	20	单台 /417kvar	22	42
	10kV/5 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	20	单台 /334kvar	23	
9	10kV/4.8 Mvar	空心（1%、5%、12%）	4	单台 /200kvar	29	13.67
10	10kV/4.8 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	20	单台 /200kvar	29	49
11	10kV/4 Mvar	空心（1%、5%、12%）	4	单台 /334kvar	20	10.67
12	10kV/4 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	17	单台 /334kvar	20	37
13	10kV/3.6Mvar	空心（1%、5%、12%）	3	单台 /200kvar	19	9.33
14	10kV/3.6Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	12	单台 /200kvar	19	31
15	10kV/3 Mvar	空心（1%、5%、12%）	3	单台 /334kvar	15	8
16	10kV/3 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	10	单台 /334kvar	15	25
17	10kV/2 Mvar	空心（1%、5%、12%）	3	单台 /334kvar	12	7
	10kV/1.5 Mvar	空心（1%、5%、12%）	3	单台 /100kvar	12	
18	10kV/2 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	10	单台 /334kvar	12	22
19	10kV/1 Mvar	空心（1%、5%、12%）	3	单台 /334kvar	10	6.33
	10kV/0.6 Mvar	空心（1%、5%、12%）	3	单台 /100（200）kvar	10	
	10kV/0.3 Mvar	空心（5%）	3	单台 /100（200）kvar	10	
20	10kV/1 Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	10	单台 /334kvar	10	20
无	10kV/0.3Mvar	铁芯（1%、5%、12%）	8	单台 /100（200）kvar	10	无

注：1. 按照提示，只考虑 10kV 的电容器，将最高限价的相同的电容器组（含电抗器）分为一组进行序号编码（表中第七组两电容器组最高限价基本相同，视为一组）；

2. 按照铁芯形式 1:1 和空心形式 1:3 的比例，每台电抗器对应总价计算公式为：
铁芯形式总价 = 电容器组串联电抗器限价 + 每组电容器组（不含电抗器）限价，
空心形式总价 = 电容器组串联电抗器限价 + 每组电容器组（不含电抗器）限价/3；

3. 10kV/0.3Mvar 规格型号电容器组在所分析各包中未出现，不予以编码。

附件 2:

1. MATLAB 代码实现偏最小二乘算法

```
clear;clc;
batch = 201403
eval(['load("data_', num2str(batch), "');']);
eval(['data_Matrix = data_', num2str(batch), '']);
data_Matrix(isnan(data_Matrix)) = 0;
ab0 = data_Matrix(:, [3:22, 26:42]);
if batch == 201401
    ab0(:, 2) = [];
    n = 19;
else if batch == 201402
    ab0(:, 1) = [];
    n = 19;
else
    n = 20;
end
end
mu = mean(ab0);
sig = std(ab0);
rr = corrcoef(ab0);
ab = zscore(ab0);
a = ab(:, [1:n]);
b = ab(:, [n+1:end]);
[XL, YL, XS, YS, BETA, PCTVAR, MSE, status] = plsregress(a, b);
contr = cumsum(PCTVAR, 2);
xw = a\XS;
yw = b\YS;
ncomp = 19;
[XL2, YL2, XS2, YS2, BETA2, PCTVAR2, MSE2, status2] = plsregress(a, b, ncomp);
n = size(a, 2);
m = size(b, 2);
beta3(1, :) = mu(n+1:end) - mu(1:n)./sig(1:n)*BETA2([2:end], :).*sig(n+1:end);
beta3([2:n+1], :) = (1./sig(1:n)).*sig(n+1:end).*BETA2([2:end], :);
% bar(BETA2, 'k');
yhat = repmat(beta3(1, :), [size(a, 1), 1]) + ab0(:, [1:n])*beta3([2:end], :);
ymax = max([yhat; ab0(:, [n+1:end])]);
beta3(beta3==0) = nan;
if batch == 201401
```

```

        beta3 = [beta3(1:2,:);nan(1,17);beta3(3:end,:)];
        beta_201401 = beta3;
        save('beta_201401', 'beta_201401')
    else if batch == 201402
        beta3 = [beta3(1,:);nan(1,17);beta3(2:end,:)];
        beta_201402 = beta3;
        save('beta_201402', 'beta_201402')
    else
        eval(['beta_', num2str(batch), '= beta3;']);
        eval(['save("beta_', num2str(batch), '", "beta_', num2str(batch), '")']);
    end
end
end

```

2. MATLAB 代码实现灰色预测模型（函数）

```

function [p_2, p_3, p_4, p_5, p_6] = Gray_GM(x_5)
%% GM(2, 1)
x0 = x_5;
x0 = x0(~isnan(x0));
n = length(x0);
x1 = cumsum(x0);
a_x0 = diff(x0)';
z = 0.5*(x1(2:end) + x1(1:end-1))';
B = [-x0(2:end)', -z, ones(n-1,1)];
u = B\ a_x0;
syms x(t)
x = dsolve(diff(x,2) + u(1)*diff(x) + u(2)*x == u(3), x(0) == x1(1), x(n-1) == x1(n));
xt = vpa(x,6);
yuce = subs(x, t, 0:n);
yuce = double(yuce);
x0_hat = [yuce(1), diff(yuce)];
epsilon = x0 - x0_hat(1:n);
delta = abs(epsilon./x0);
delta = [delta, nan(1, length(x_5)-n)];
for i = 1:length(x_5)
    if isnan(x_5(i))
        x0_hat = [x0_hat(1:i-1), nan, x0_hat(i:end)];
    end
end
end
p_2 = x0_hat(2);
p_3 = x0_hat(3);

```

```

p_4 = x0_hat(4);
p_5 = x0_hat(5);
p_6 = x0_hat(6);
end

```

3. MATLAB 代码实现报价与最高限价占比统计

```

clear;clc;
load('data_all.mat');
data_Matrix = data_all;
data_17 = data_Matrix(:, 26:42);
place_17 = data_Matrix(:, 46:62);
first_17 = zeros(17, 1);
for i = 1:size(place_17, 1)
    place_Num = find(place_17(i, :) == 1);
    first_17(place_Num) = first_17(place_Num) + 1;
end
[rank_17, serial_17] = sort(first_17, 'ascend');
rank17 = [serial_17, rank_17];
data_all(:, 63) = data_all(:, 45)./data_all(:, 43);
data_all(:, 64:80) = data_all(:, 26:42)./repmat(data_all(:, 43), 1, 17);
% data_80 = data_all;
% save('data_80.mat', 'data_80');
data_20 = data_all(:, [1:2,63:80]);
range1 = [0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.65];
range2 = [0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.65 0.7 0.75 0.8 0.85 0.9 0.95 1 1.05 1.1];
table_Ratio1 = zeros(10, 6);
table_Ratio1(1, 2:6) = [201305 201306 201401 201402 201403];
table_Ratio1(2:10, 1) = [20025; 25030; 30035; 35040; 40045; 45050; 50055; 55060;60065];
table_Ratio2 = zeros(20, 86);
add_Array = repmat([1:17], 5, 1);
table_Ratio2(1, 2:86) = repmat([20130500 20130600 20140100 20140200 20140300], 1, 17)+add_Array(:)';
table_Ratio2(2:20, 1) = [15020:5005:105110];
for i = 1:size(data_all, 1)
    switch data_20(i, 1)
        case 201305
            j = 1;
        case 201306
            j = 2;
        case 201401

```



```

        j = 3;
    case 201402
        j = 4;
    case 201403
        j = 5;
    end
    switch length(range1(data_20(i, 3)>range1))
        case 1
            k = 1;
        case 2
            k = 2;
        case 3
            k = 3;
        case 4
            k = 4;
        case 5
            k = 5;
        case 6
            k = 6;
        case 7
            k = 7;
        case 8
            k = 8;
        case 9
            k = 9;
    end
    table_Ratio1(k+1, j+1) = table_Ratio1(k+1, j+1) + 1;
    for t = 4:20
        m = j + 5*(t-4);
        switch length(range2(data_20(i, t)>range2))
            case 1
                n = 1;
            case 2
                n = 2;
            case 3
                n = 3;
            case 4
                n = 4;
            case 5
                n = 5;

```

```

        case 6
            n = 6;
        case 7
            n = 7;
        case 8
            n = 8;
        case 9
            n = 9;
        case 10
            n = 10;
        case 11
            n = 11;
        case 12
            n = 12;
        case 13
            n = 13;
        case 14
            n = 14;
        case 15
            n = 15;
        case 16
            n = 16;
        case 17
            n = 17;
        case 18
            n = 18;
        case 19
            n = 19;
    end
    table_Ratio2(n+1, m+1) = table_Ratio2(n+1, m+1) + 1;
end
end
[table_Ratio1(11, 2), table_Ratio1(12, 2)] = normfit(data_20(1:32, 3));
[table_Ratio1(11, 3), table_Ratio1(12, 3)] = normfit(data_20(33:79, 3));
[table_Ratio1(11, 4), table_Ratio1(12, 4)] = normfit(data_20(80:213, 3));
[table_Ratio1(11, 5), table_Ratio1(12, 5)] = normfit(data_20(214:301, 3));
[table_Ratio1(11, 6), table_Ratio1(12, 6)] = normfit(data_20(302:424, 3));
for i = 1:17
    table_Ratio2(21, 5*i-3) = nanmean(data_20(1:32, 3+i));
    table_Ratio2(22, 5*i-3) = nanvar(data_20(1:32, 3+i));
end

```

```

    table_Ratio2(21, 5*i-2) = nanmean(data_20(33:79, 3+i));
    table_Ratio2(22, 5*i-2) = nanvar(data_20(33:79, 3+i));
    table_Ratio2(21, 5*i-1) = nanmean(data_20(80:213, 3+i));
    table_Ratio2(22, 5*i-1) = nanvar(data_20(80:213, 3+i));
    table_Ratio2(21, 5*i) = nanmean(data_20(214:301, 3+i));
    table_Ratio2(22, 5*i) = nanvar(data_20(214:301, 3+i));
    table_Ratio2(21, 5*i+1) = nanmean(data_20(302:424, 3+i));
    table_Ratio2(22, 5*i+1) = nanvar(data_20(302:424, 3+i));
end
[table_Ratio1(11, 7), table_Ratio1(13, 3), table_Ratio1(13, 4), table_Ratio1(13, 5), table_Ratio1(13, 6)]
= Gray_GM(table_Ratio1(11, 2:6));
for i = 1:17
    [table_Ratio2(23, 5*i+1), table_Ratio2(24, 5*i-2), table_Ratio2(24, 5*i-1), table_Ratio2(24, 5*i),
    table_Ratio2(24, 5*i+1)] = Gray_GM(table_Ratio2(21, 5*i-3:5*i+1));
end

```

4. MATLAB 代码实现模型检验测试

```

clc;clear;
load('data_201403');
load('beta_201403');
meanBeta_201403 = mean(beta_201403(:, [1:2,4:end]), 2);
num_Array = data_201403(:, [3:22]);
num_Array = [ones(size(num_Array, 1), 1), num_Array];
predict_201403 = repmat(meanBeta_201403, 1, 16);
predict_Price = num_Array*predict_201403;
mean_Price = mean(predict_Price, 2);
expect_Price = mean_Price*(1-0.1);
real_Price = data_201403(:, 28);
base_Price = data_201403(:, 44);
i_Num = 0;
i_Array = [];
num_First = 0;
array_First = [];
place_17 = data_201403(:, 46:62);
[value_First, place_First] = min(place_17, [], 2);
bid_First = length(place_First(place_First==3));
price_First = nan(length(place_First), 1);
for i = 1:length(place_First)
    price_First(i) = data_201403(i, 25+place_First(i));
end

```

```

for i = 1:size(data_201403, 1)
    if grade(expect_Price(i), base_Price(i), 0.3, 2)>grade(real_Price(i), base_Price(i), 0.3, 2)
        i_Num = i_Num + 1;
        i_Array = [i_Array; i];
    end
    if grade(expect_Price(i), base_Price(i), 0.3, 2)>grade(price_First(i), base_Price(i), 0.3, 2)
        num_First = num_First + 1;
        array_First = [array_First; i];
    end
end
compare_Price = [expect_Price(i_Array), base_Price(i_Array), real_Price(i_Array)];
compare_ToFirst = [data_201403(array_First, 2), real_Price(array_First), base_Price(array_First),
expect_Price(array_First), place_17(array_First, 3)];

```

注：MATLAB 代码具体可参见提交程序文件中'./matlab 程序/说明.txt'。