

优化调合规则系数 提高调合规则的准确性

侯军芳, 陈云峰

(兰州石化公司油品储运厂, 甘肃 兰州 730060)

摘要:兰州石化油品储运厂以前采用的调合系数为实验室模拟数据, 和实际生产中遇到的情况存在偏离。采用非线性拟合和多元回归的方法, 对调合系数进行了重新拟合, 新拟合的调合系数与实际情况符合较好, 调合规则的精度也得到提高。

关键词:调合规则; 系数; 最小二乘法; 多元回归

中图分类号: TE967

调合后油品的不同特性与调合组分间存在着线性或非线性关系, 油品的组成十分复杂, 因此一般在调合中大多属于非线性调合。利用组分的物理性质参数预测调合产品的物理性质参数的公式称为调合规则^[1]。调合规则在汽油管道优化调合过程中起着重要的作用, 不但确定调合配方需要以其为指导, 调合生产过程优化、产品质量实时控制等先进技术的实施更需要以它为基础。因而, 在调合规则中采用的调合系数的准确性对结果就显得尤为重要; 以兰州石化公司油品调合为例, 对调合系数进行重新拟合并在生产中应用, 与实际情况符合较好, 调合规则的精度也得到提高。

1 Ethyl 调合规则及原有调合系数存在的缺陷

1.1 Ethyl 调合规则简述

现阶段国际上通用的调合规则计算公式有3个, 兰州石化公司选择的是 Ethyl 公司的 RT-205 规则。Ethyl 规则是将调合过程中所表现出来的非线性特性用各组分的敏感度 Sensitivity (RON 与 MON 之差), 烯烃含量和芳烃含量组成一个函数表达式出来, 从而预测成品油的研究法辛烷值和马达法辛烷值^[2-5]。

调合规则中成品油的研究法辛烷值预测方程如下:

$$\hat{y}_{RS} = \bar{r}_i + a_1(\bar{r}_S - \bar{r} \bar{s})_i + a_2(\bar{O}^2 - \bar{O}^2)_i + a_3(\bar{A}^2 - \bar{A}^2)_i \quad (1)$$

\bar{r}_i 是对所有组分油 i 的研究法辛烷值计算得到的平均辛烷值, 而 a_1, a_2 及 a_3 是待定系数。方程中 $(\bar{r}_S - \bar{r} \bar{s})$ 项是研究法辛烷值与敏感度之间的协方差估计, $(\bar{O}^2 - \bar{O}^2)$ 项是各组分烯烃含量方差的估

计, 而 $(\bar{A}^2 - \bar{A}^2)$ 项是各组分芳烃含量方差的估计。

成品油的马达法辛烷值预测方程如下:

$$\hat{y}_{MS} = \bar{m}_i + c_1(\bar{m}_S - \bar{m} \bar{s})_i + c_2(\bar{O}^2 - \bar{O}^2)_i + c_3\left(\frac{\bar{A}^2 - \bar{A}^2}{100}\right)_i \quad (2)$$

Ethyl 规则可以方便的拓展到汽油调合的其他特性参数预测上, 如苯含量等, 只要在后面再根据需要增加一个参数即可, 非常简便^[6]。最主要的是, Ethyl 规则使用的 6 个系数可以根据历史调合情况实现在线估计, 所以, 模型具有一定的自适应性使模型的准确度不随时间的推移而降低, 特别适应于在线优化控制。

由于各大炼厂的组分油品质量差异很大, Ethyl 规则中的 6 个系数就必须由各炼厂根据各自的组分油质量来确定。而调合规则的精度也是通过不断调整调合规则系数来体现的^[7-8]。

1.2 原有调合规则存在的缺点

原有调合规则系数的确定, 是根据以往罐式调合的传统配方和历史调合数据设计了试验方案, 分析不同时期采集的油样品, 采用多元回归方法拟合出来的^[7]。由于是在离线状态下拟合得到, 且不同时期汽油组分质量差异较大, 原有调合规则系数已不能满足在线优化调合正常使用的需要^[9]。为提高调合规则的精度, 使系统确定的调合配方更准确, 调合生产过程优化、产品质量实时控制等先进技术实施得更好。根据实际调合情况重新确定调合规则系数显得尤为必要。

2 调合规则系数的确定过程

2.1 基本方法

为了预测调合规则系数, 我们必须知道研究法

辛烷值和马达法辛烷值预测方程中各个组分的某些基本的特征指标。为了描述清楚,我们在下式中先用 i 表示第 i 个汽油调合组分油的特征指标以及各特征指标的大致范围。

x_i = 汽油调合中某组分油所占的调合比例体积的百分数 ($0 \leq x_i \leq 100\%$);

r_i = 汽油调合中某组分油的研究法辛烷值 ($50 \leq r_i \leq 150$);

m_i = 汽油调合中某组分油的马达法辛烷值 ($50 \leq m_i \leq 150$);

S_i = 汽油调合中某组分油敏感度, $S_i = r_i - m_i$ ($0 \leq S_i \leq 60$);

O_i = 汽油调合中某组分油的 i 的烯烃含量 ($0 \leq O_i \leq 100\%$ 体积百分数);

A_i = 汽油调合中某组分油的 i 的芳烃含量 ($0 \leq A_i \leq 100\%$ 体积百分数)。

可以由上述特征指标计算出每一种关于各个组分油的体积平均以及某些特征指标间交叉乘积的平均。这些平均是:

$$\bar{r} = \sum r_i x_i, \bar{m} = \sum m_i x_i, \bar{S} = \sum S_i x_i$$

$$\bar{O} = \sum O_i x_i, \bar{A} = \sum A_i x_i, \bar{rS} = \sum r_i S_i x_i \quad (3)$$

$$\overline{ms} = \sum m_i S_i x_i, \overline{O^2} = \sum O_i^2 x_i, \overline{A^2} = \sum A_i^2 x_i$$

这里所有的求和都是对组分 $i = 1, 2, \dots, q$ 计算的。

式(3)中的这些平均就构成了调合规则中成品油的研究法辛烷值预测方程中的各项

$$\hat{y}_{RS} = \bar{r}_i + a_1 (\bar{rS} - \bar{r} \bar{S})_i + a_2 (\overline{O^2} - \bar{O}^2)_i + a_3 (\overline{A^2} - \bar{A}^2)_i$$

类似的,式(3)中的这些平均也构成了调合规则中成品油的马达法辛烷值预测方程中的各项

$$\hat{y}_{MS} = \bar{m}_i + c_1 (\overline{ms} - \bar{m} \bar{S})_i + c_2 (\overline{O^2} - \bar{O}^2)_i$$

$$+ c_3 \left(\frac{\overline{A^2} - \bar{A}^2}{100} \right)_i^2$$

上式中, a_1, a_2 及 a_3 与 c_1, c_2 及 c_3 都是需要重新确定的系数。

确定研究法辛烷值预测方程的系数 a_1, a_2 及 a_3 用下式:

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = (R'R)^{-1} R'(y_R - \bar{r})$$

来估算,其中

$$R = [(\bar{rS} - \bar{r} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)]$$

$$R' = [(\bar{rS} - \bar{r} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)']$$

$$RR' = [(\bar{rS} - \bar{r} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)] [(\bar{rS} - \bar{r} \bar{S}),$$

$$(\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)']$$

同样,计算马达法辛烷值预测方程(2)的系数 c_1, c_2 及 c_3 用下式

$$\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = (M'M)^{-1} M'(y_M - \bar{m})$$

计算,其中:

$$M = [(\overline{ms} - \bar{m} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)^2/100^2]$$

$$M' = [(\overline{ms} - \bar{m} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)^2/100^2]'$$

$$MM' = [(\overline{ms} - \bar{m} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)^2/100^2]$$

$$[(\overline{ms} - \bar{m} \bar{S}), (\overline{O^2} - \bar{O}^2), (\overline{A^2} - \bar{A}^2)^2/100^2]'$$

以上就是调合规则系数确定的整个过程。

2.2 数据采集和处理

为了验证和校正分析仪模型的准确性问题,对催化汽油、生成油、异辛烷、非芳烃和直汽等6种组分以及90*、93*、97*3种成品油进行采样分析,累计分析油样达200多个。通过在线分析仪获取每个油样的RON、MON、烯烃含量、芳烃含量和苯含量,同时又通过实验室分析得到了RON、MON、烯烃含量、芳烃含量和苯含量等指标值的实验室分析值,利用这些动态数据,用最小二乘法和多元回归,对调合规则的系数重新进行回归计算,从而确定了新的调合规则,通过与以前离线状态下所建立的调合规则进行比较,看哪一个较准确更适合兰州石化公司油品储运厂的实际生产情况。

调合规则系数的数据处理通过软件实现。

3 应用情况分析

3.1 不同期调合规则下所得 RON 与 MON 预测值与实验室分析值间的误差趋势

以在线系统投用以来90*汽油部分调合数据为例,用原有、现有调合规则预测的辛烷值与实验室分析值误差比较来验证原有、现有调合规则调合规则的精度。

不同期调合规则下所得 RON 与 MON 预测值与实验室分析值间的误差趋势如图1.2所示。

由趋势图中可看出,两个时期的误差趋势大体相同,但现有调合规则下所得 RON、MON 误差明显小于原有调合规则下所得 RON、MON 误差,RON 误差越接近0值,说明 RON、MON 预测值与实验室分析值吻合性越好,很明显现有调合规则下的误差值更接近0值,可见现有调合规则下预测值与实验室分析值吻合性更好,即现有调合规则比原有调合规则更精确。

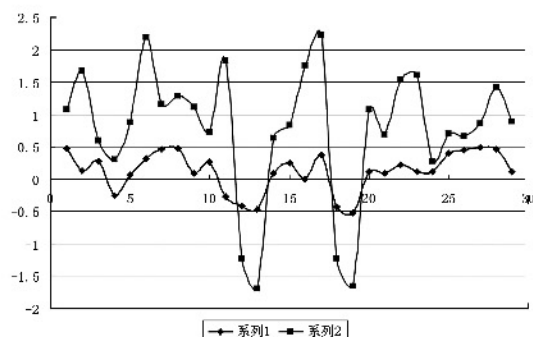


图1 原有调合规则所得 RON 误差
与现有调合规则所得 RON 误差比较
系列1:现有调合规则所得 RON 误差;
系列2:原有调合规则所得 RON 误差。

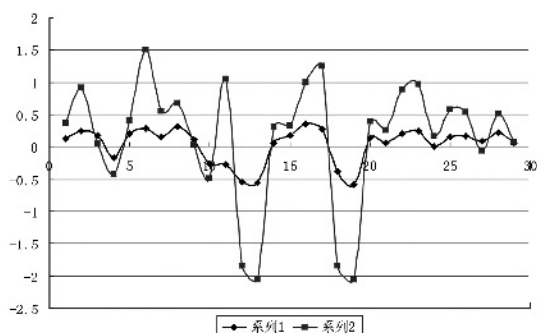


图2 原有调合规则下所得 MON 误差
与现有调合规则下所得 MON 误差比较
系列1:原有调合规则下所得 MON 误差;
系列2:现有调合规则下所得 MON 误差。

3.2 在线调合罐平均值与实验室分析值偏差统计

对原有和现有调合规则下在线调合使用过程中,不同期调合的油品的罐平均值与实验室分析值的偏差在0.3范围内的罐次进行统计,从而验证原有、现有调合规则对调合结果的影响。统计结果见表1。

表1 罐平均值与实验室分析值间的偏差统计

牌号	原有调合规则下		现有调合规则下	
	RON 偏差	MON 偏差	RON 偏差	MON 偏差
	小于等于 ± 0.3 (%)	小于等于 ± 0.3 (%)	小于等于 ± 0.3 (%)	小于等于 ± 0.3 (%)
90 [#]	45	37	55	45
93 [#]	56	44	63	63

注:在现有调合规则投用后,97[#]现有调合的罐次很少,统计结果没有意义,没有列出。

4 结论

新建调合规则投用后,在线系统运行状况良好,通过调合规则预测值与实验室分析值的比较,可看出现有调合规则更精确,从而使调合结果更理想。随着实际调合数据的不断增多,调合规则还要根据具体生产情况人为的不断地调整,使调合规则更加精确,为本公司带来更多的经济效益。

参考文献:

- [1] 李祖奎. 油品调合优化与控制研究[D]. 中国科学技术大学, 2005.
- [2] 蔡智. 油品调和与技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2006.
- [3] 王伟, 李泽飞, 黄燕. 基于油品性质的汽油调和辛烷值模

表1。

由表1中罐平均值与实验室分析值间的偏差统计结果可看出,误差范围在0.3以内的罐次现有调合规则下多于在原有调合规则下的,即现有调合规则下在线调合系统的调合结果更理想。

型的选取[J]. 石油学报:石油加工, 2006, 22(6): 39-44.

- [4] 高步良. 高辛烷值汽油组分生产技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2006.
- [5] 孙根旺, 赵小强. 汽油在线优化调和模型及其应用[J]. 石油炼制与化工, 1999, 30(11): 33-36.
- [6] 迟天运. 汽油调和非线性模型求解及在线调和的研究[D]. 大连理工大学, 2007.
- [7] 薄胜杰. 大庆炼化公司汽油辛烷值优化调和与生产[D]. 大庆石油学院, 2008.
- [8] A Singh, JF Forbes, PJ Vermeer, et al. Model-based real-time optimization of automotive gasoline blending operations[J]. Journal of Process Control, 2000, 10(1): 43-58.
- [9] 吕斌, 罗娟丽, 刘焕东. 汽油在线调和系统在调和装置中的应用[J]. 甘肃科技, 2009, 25(9): 33-35.