

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 10 月 8 日 (08.10.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/199666 A1

(51) 国际专利分类号:
G05B 13/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/126971

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 20 日 (20.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910250851.4 2019 年 3 月 29 日 (29.03.2019) CN

(71) 申请人: 华东理工大学(EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国上海市梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。

(72) 发明人: 钱锋(QIAN, Feng); 中国上海市梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 钟伟民(ZHONG, Weimin); 中国上海市梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 杜文莉(DU, Wenli); 中国上海市梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。 何

仁初(HE, Renchu); 中国上海市梅陇路 130 号, Shanghai 200237 (CN)。

(74) 代理人: 上海专利商标事务所有限公司(SHANGHAI PATENT & TRADEMARK LAW OFFICE, LLC); 中国上海市桂平路 435 号, Shanghai 200233 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) Title: BLENDING EFFECT PARAMETER CALCULATION METHOD FOR CRUDE OIL BLENDING

(54) 发明名称: 一种原油调合的调合效应参数的计算方法

(57) Abstract: A blending effect parameter calculation method for crude oil blending. The method comprises the steps: first, performing operating parameter initialization; next, configuring an operating cycle and target function weighting; then, according to the operating cycle, acquiring a component oil characteristic, a blending formula and a characteristic of crude oil obtained by blending at a blending head; finally, using an adaptive differential evolution smart optimization algorithm to solve a blending effect parameter model.

(57) 摘要: 一种原油调合的调合效应参数的计算方法。所述方法包括步骤: 首先, 进行运行参数初始化; 其次, 设置运行周期以及目标函数权重; 再次, 根据运行周期获取组分油属性、调合配方以及调合头处调合所得原油属性; 和最后, 利用自适应差分进化智能优化算法对调合效应参数模型进行求解。

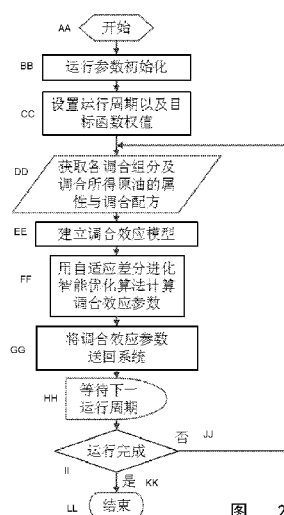


图 2

AA Start
BB Operating parameter initialization
CC Configure operating cycle and target function weighting
DD Acquire characteristics of each blending component and crude oil obtained by blending, and blending formula
EE Construct blending effect model
FF Use adaptive differential evolution smart optimization algorithm to calculate blending effect parameter
GG Return blending effect parameter to system
HH Wait for next operating cycle
II Is an operation complete?
JJ No
KK Yes
LL End

NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种原油调合的调合效应参数的计算方法

技术领域

5 本发明涉及炼油企业原油加工领域，尤其涉及原油调合的调合效应参数智能计算方法。

背景技术

在原油调合过程中，各组分油对最终调合所得原油的属性的贡献度，除去线性部分以外，往往表现出额外的正效应或者负效应。因此在现场调合的过程中，
10 技术人员经常会根据调合经验定性的估计各组分油的正负效应，用以指导配方的计算。调合效应模型的提出正是将这种定性的经验化的调合效应定量化，如采用最小二乘法进行计算求解调合效应参数，这种方法添加调合效应参数等于 0 的等式约束，虽然便于求解，但与实际意义不符。

因此，本领域迫切需要提供一种智能优化算法，以便找到问题的全局最优解。
15

发明内容

本发明旨在建立调合效应数学模型。

本发明的另一个目的是通过建立调合效应数学模型，再以调合参数预测的目标函数将对调合效应参数的求解转化为一个优化问题。
20

在本发明的第一方面，提供一种关于原油调合的调合效应参数数学模型的建立，包括步骤：

(a) 采用式 (1) 对各组分油的属性进行补偿：

$$Qx(O_{j,i}) = O_{j,i} + pb_{j,i} \quad (1)$$

25 其中，

$i(i=1,2,\dots,n)$ 为各组分油编号；

$j(j=1,2,\dots,n)$ 为油品的需要进行非线性补偿的属性；

$pb_{j,i}$ 表示组分油各属性的调合效应参数；

$O_{j,i}$ 为第 i 种组分油的近红外分析仪在线测量的属性；

30 $Qx(O_{j,i})$ 表示调合效应补偿函数；

(b) 采用式 (2) 得到调合头处调合所得原油属性的预测值：

$$P_j = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot Qx(O_{j,i})) \quad (2)$$

其中,

r_i 表示第 i 种组分油的配方;

P_j 表示调合头处调合所得原油属性预测值;

5 (c) 求解式 (6) 的目标函数得到调合效应参数:

$$\text{Min} \left[w_p \sum_{i=1}^m (Y_j^i - \sum_{k=1}^n r_{i,k} pb_{j,k})^2 + w_s \sum_{k=1}^n pb_{j,k}^2 \right] \quad (6)$$

其中,

w_p 表示求解精度权值;

w_s 表示求解稳定性权值;

10

$$Y = R_{m,n} \cdot PB, \quad PB = [pb_{j,1} \quad pb_{j,2} \quad \cdots \quad pb_{j,n}]^T \quad (4)$$

且

$$Y = \begin{bmatrix} Y_j^1 \\ Y_j^2 \\ \vdots \\ Y_j^l \\ \vdots \\ Y_j^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_j^1 \\ P_j^2 \\ \vdots \\ P_j^l \\ \vdots \\ P_j^m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & r_{l,i} & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_{j,1} \\ O_{j,2} \\ \vdots \\ O_{j,i} \\ \vdots \\ O_{j,n} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} P_j^1 \\ P_j^2 \\ \vdots \\ P_j^i \\ \vdots \\ P_j^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & r_{l,i} & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} pb_{j,1} \\ pb_{j,2} \\ \vdots \\ pb_{j,i} \\ \vdots \\ pb_{j,n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & r_{l,i} & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_{j,1} \\ O_{j,2} \\ \vdots \\ O_{j,i} \\ \vdots \\ O_{j,n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

15

P_j^i 表示第 i 组历史调合数据中调合头处调合所得原油的属性值;

$[r_{m,1} \quad r_{m,2} \quad \cdots \quad r_{m,n}]$ 表示有 n 个组分油参与调合的一个历史调合配方;

m 表示 m 组调合配方。

在本发明的第二方面, 提供一种原油调合的调合效应参数计算方法, 所述方法包

20 括以下步骤:

首先, 进行运行参数初始化;

其次, 设置运行周期以及目标函数权重;

再次,根据运行周期获取组分油属性、调合配方以及调合头处调合所得原油属性;
和

最后,利用自适应差分进化智能优化算法对如上所述的本发明提供的调合效应参数模型进行求解。

5 在另一优选例中,所述运行参数包括参与调合的组分油品及相应调合头编号。

在另一优选例中,所述目标函数包括求解精度、求解稳定性。

在另一优选例中,该方法适用于所有原油属性,包括密度、硫含量、酸值、石脑油收率以及氮含量等。

在另一优选例中,所述自适应差分进化(Adaptive Differential Evolution, 简称
10 JADE,)智能优化算法包括步骤:

(1) 初始化种群 P , 种群大小为 NP ;

(2) 初始化 $\mu_{CR}=0.5, \mu_F=0.5, A=\Phi$;

(3) 循环开始, 当算法终止条件尚未满足时, 进行:

(i) 设置 $S_F=\Phi, S_{CR}=\Phi$;

15 (ii) 针对种群 P 中的每一个个体 x_i , 生成对应的比例因子 $F_i=randc_i(\mu_F, 0.1)$ 和交叉概率 $CR_i=randn_i(\mu_{CR}, 0.1)$;

(iii) 从适应度值前 $100p\%$ 的个体中随机挑选一个个体, 记为 $x_{p,best}$, 从种群 P 中选择个体 $x_{r1}, x_{r1} \neq x_i$, 从种群 $P \cup A$ 中选择个体 $x_{r2}, x_{r2} \neq x_{r1} \neq x_i$;

(iv) 生成变异向量 $v_i = x_i + F_i \cdot (x_{p,best} - x_i) + F_i \cdot (x_{r1} - x_{r2})$;

20 (v) 生成试验向量 u_i ;

(vi) 比较 x_i 和 u_i 的适应度函数值, 若 x_i 优于 u_i , 则 x_i 进入下一代种群; 若 u_i 优于 x_i , 则 u_i 替换 x_i 进入下一代种群, 并将 x_i 放入 A 中, F_i 放入 S_F 中, CR_i 放入 S_{CR} 中;

(vii) 在每一代更新结束后, 随机移除 A 中的个体, 使得 $|A| \leq NP$;

25 (viii) 更新 μ_F 和 μ_{CR} : $\mu_F = (1-c) \cdot \mu_F + c \cdot mean_L(S_F)$,

$\mu_{CR} = (1-c) \cdot \mu_{CR} + c \cdot mean_A(S_{CR})$;

(4) 算法停止, 得到最终种群 NP , 种群中适应度值最优的个体即为优化问题的解;

其中,

30 $randci$ 表示正态分布;

$randci$ 表示柯西分布;

$mean_A$ 表示普通的算术平均;

$mean_L$ 表示普通的 *Lehmer* 平均;

S_F 与 S_{CR} 分别用于储存成功产生相比于父代 x_i 更优秀试验向量 u_i 的 F_i 与 CR_i 。

在另一优选例中, 采用式(7)得到普通的 *Lehmer* 平均:

$$5 \quad mean_L(S_F) = \frac{\sum_{F \in S_F} F^2}{\sum_{F \in S_F} F} \quad (7);$$

采用式(8)得到试验向量:

$$u_{j,i,g} = \begin{cases} v_{j,i,g}, & \text{if } (rand(0,1) \leq CR_i \text{ 或 } j = j_{rank}) \\ x_{j,i,g}, & \text{其他情况} \end{cases} \quad (8)$$

其中,

$u_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体的试验向量 u_i 的第 j 个分量;

10 $v_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体的变异向量 v_i 的第 j 个分量;

$x_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体 x_i 的第 j 个分量;

j_{rank} 表示保证变异信息的引入而随机选定的一个 j 。

在本发明的第三方面, 提供一种原油调合方法, 所述方法包括步骤: 将通过
15 如上所述的本发明提供的方法得到的调合效应参数送入调合控制系统执行; 可用于对某一配方下的调合属性进行预测, 指导生产配方的制定。

在本发明的第四方面, 提供一种计算机可读存储介质, 其上存有计算机程序, 该程序被处理器执行时能用于实施如上所述的本发明提供的方法中的任意一种或
20 多种计算方法。

在本发明的第五方面, 提供一种计算机设备, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 所述计算机程序执行如上所述的本发明提供的方法中所述的计算。
25

据此, 本发明提供了一种智能优化算法, 以便找到问题的全局最优解。

附图说明

图 1 是调合效应参数智能计算系统 (利用智能计算方法计算调合效应参数的

系统) 结构图。

图 2 是调合效应参数智能计算方法流程图。

图 3 是自适应差分进化智能优化算法流程图。

5 具体实施方式

发明人经过广泛而深入的研究, 针对原油调合过程中各组分油对最终调合所得原油的属性的贡献度除去线性部分以外表现出的额外的正效应或者负效应, 且效应参数需要动态更新和修正的特点, 提供一种原油调合的调合效应参数智能计算方法。

10 本发明提供的计算方法的目标是将调合过程中的依靠经验的定性的调合正负效应以定量方式表现出来, 建立调合效应数学模型, 在线读取组分油属性、调合配方以及调合头处调合所得原油属性, 利用自适应差分进化智能优化算法动态地计算调合效应参数, 再将所得调合效应参数送往系统, 指导调合过程的控制、预测与优化。在此基础上, 完成了本发明。

15 具体地, 本发明通过建立调合效应数学模型, 再以调合参数预测的调合头处原油与实际值误差最小与求得的调和效应参数结果稳定作为目标把对调合效应参数的求解转化为一个优化问题。

本发明根据调合过程的特点建立调合效应数学模型如下:

20 假设有 n 个组分油参与调合, 其调合后的属性可以按照以下方式预测。首先, 对各组分油的属性进行补偿:

$$Qx(O_{j,i}) = O_{j,i} + pb_{j,i} \quad (1)$$

25 其中, $i(i=1,2,\dots,n)$ 为各组分油编号; $j(j=1,2,\dots,n)$ 对应收率、酸值、硫含量、密度、氮含量等) 为油品的需要进行非线性补偿的属性; $pb_{j,i}$ 表示组分油各属性的调合效应参数; $O_{j,i}$ 为第 i 种组分油的近红外分析仪在线测量的属性; $Qx(O_{j,i})$ 表示调合效应补偿函数。

其次, 对补偿后的各组分油的属性进行线性叠加, 以得到调合头处调合所得原油属性的预测值, 如:

$$P_j = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot Qx(O_{j,i})) \quad (2)$$

30 其中, r_i 表示第 i 种组分油的配方; P_j 表示调合头处调合所得原油属性预测值。

在上述的模型中, 仅有调合效应 $pb_{j,i}$ 为待定参数, 参数数量由参与调合的组分油个数及属性数量决定 (其数量为组分数与属性数量的乘积)。根据调合的历史数据可以通过线性回归的方法求得调合效应参数。假设共有 m 组历史调合数据, 包括 m 组调合配方, m 组组分油与调合头处调合所得原油的各属性测量值, 则根

5 据公式(1), (2)可得:

$$\begin{bmatrix} P_j^1 \\ P_j^2 \\ \vdots \\ P_j^i \\ \vdots \\ P_j^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} pb_{j,1} \\ pb_{j,2} \\ \vdots \\ pb_{j,i} \\ \vdots \\ pb_{j,n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_{j,1} \\ O_{j,2} \\ \vdots \\ O_{j,i} \\ \vdots \\ O_{j,n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

P_j^i 表示第 i 组历史调合数据中调合头处调合所得原油的属性值; $[r_{m,1} \ r_{m,2} \ \dots \ r_{m,n}]$ 表示有 n 个组分油参与调合的一个历史调合配方。

若将公式(3)中的配方矩阵记为 $R_{m,n}$, 公式(3)可转换为线性回归形式

$$10 \quad R_{m,n} \cdot PB = Y, \text{ 其中 } PB = [pb_{j,1} \ pb_{j,2} \ \cdots \ pb_{j,n}]^T \quad (4)$$

且

$$Y = \begin{bmatrix} Y_j^1 \\ Y_j^2 \\ \vdots \\ Y_j^i \\ \vdots \\ Y_j^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_j^1 \\ P_j^2 \\ \vdots \\ P_j^i \\ \vdots \\ P_j^m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_{j,1} \\ O_{j,2} \\ \vdots \\ O_{j,i} \\ \vdots \\ O_{j,n} \end{bmatrix} \quad (5)$$

因此调合效应参数的求解即为求解以下目标函数的最优解, 并考虑到解的稳定性, 有如下目标函数:

$$15 \quad \text{Min} \left[w_p \sum_{i=1}^m (Y_j^i - \sum_{k=1}^n r_{i,k} pb_{j,k})^2 + w_s \sum_{k=1}^n pb_{j,k}^2 \right] \quad (6)$$

其中, w_p 表示求解精度权值; w_s 表示求解稳定性权值。

最后, 利用自适应差分进化智能优化算法对调合效应模型进行求解, 得出调合效应参数。

20 本发明提供的原油调合的调合效应参数计算方法包括以下步骤:

第一步, 进行运行参数初始化;

第二步, 设置运行周期以及目标函数权值;

第三步, 根据运行周期, 获取组分油属性、调合配方以及调合头处调合所得原

油属性；

第四步，利用自适应差分进化智能优化算法对调合效应模型进行求解，得出调合效应参数；

第五步，将调合效应参数送入调合控制系统，用于控制或优化。

5 在本发明的一种实施方式中，上述第一步中选定参与调合的组分油品以及相应调合头编号。

在本发明的一个实施例中，选择至少两个组分油。

在本发明的一种实施方式中，上述第二步可设置的运行周期不少于组分数 $\times$ 数据采样时间，其实际运行周期根据生产配方制定的需要而定，优选 3-6 分钟。

10 本发明上述第二步中的目标函数可以是求解精度、求解稳定性等；优选求解精度和求解稳定性。

本发明上述方法适用于所有原油属性，包括但不限于，密度、硫含量、酸值、石脑油收率、氮含量等。

15 本发明上述第四步将上述各步获得的数据按照本发明提供的公式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)和(6)建立调合效应模型后，采用自适应差分进化智能优化算法对调合效应模型进行求解，得出调合效应参数。包括以下步骤：

(1) 初始化种群 P ，种群大小为 NP ；

(2) 初始化 $\mu_{CR}=0.5$, $\mu_F=0.5$, $A=\Phi$ ；

(3) 循环开始，当算法终止条件尚未满足时，进行：

20 (i) 设置 $S_F=\Phi$, $S_{CR}=\Phi$ ；

(ii) 针对种群 P 中的每一个个体 x_i ，生成对应的比例因子 $F_i=randc_i(\mu_F, 0.1)$ 和交叉概率 $CR_i=randn_i(\mu_{CR}, 0.1)$ ；

(iii) 从适应度值前 $100p\%$ 的个体中随机挑选一个个体，记为 $x_{p,best}$ ，从种群 P 中选择个体 x_{r1} , $x_{r1} \neq x_i$ ，从种群 $P \cup A$ 中选择个体 x_{r2} , $x_{r2} \neq x_{r1} \neq x_i$ ；

25 (iv) 生成变异向量 $v_i=x_i+F_i \cdot (x_{p,best}-x_i)+F_i \cdot (x_{r1}-x_{r2})$ ；

(v) 生成试验向量 u_i ；

(vi) 比较 x_i 和 u_i 的适应度函数值，若 x_i 优于 u_i ，则 x_i 进入下一代种群；若 u_i 优于 x_i ，则 u_i 替换 x_i 进入下一代种群，并将 x_i 放入 A 中， F_i 放入 S_F 中， CR_i 放入 S_{CR} 中；

30 (vii) 在每一代更新结束后，随机移除 A 中的个体，使得 $|A| \leq NP$ ；

(viii) 更新 μ_F 和 μ_{CR} : $\mu_F=(1-c) \cdot \mu_F+c \cdot \text{mean}_L(S_F)$,

$$\mu_{CR} = (1-c) \cdot \mu_{CR} + c \cdot \text{mean}_A(S_{CR})$$

(4) 算法停止, 得到最终种群 NP , 种群中适应度值最优的个体即为优化问题的解。

其中, randci 表示正态分布; randci 表示柯西分布; mean_A 表示普通的算术平均; mean_L 表示普通的 *Lehmer* 平均, 如下式(7)所示:

$$\text{mean}_L(S_F) = \frac{\sum_{F \in S_F} F^2}{\sum_{F \in S_F} F} \quad (7)$$

S_F 与 S_{CR} 分别用于储存成功产生相比于父代 x_i 更优秀试验向量 u_i 的 F_i 与 CR_i 。产生试验向量的方法如以下式(8)所示:

$$u_{j,i,g} = \begin{cases} v_{j,i,g}, & \text{if } (\text{rand}(0,1) \leq CR_i \text{ 或 } j = j_{\text{rank}}) \\ x_{j,i,g}, & \text{其他情况} \end{cases} \quad (8)$$

其中, $u_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体的试验向量 u_i 的第 j 个分量; $v_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体的变异向量 v_i 的第 j 个分量; $x_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体 x_i 的第 j 个分量; j_{rank} 表示保证变异信息的引入而随机选定的一个 j 。

在本发明的一种实施方式中, 上述第五步的控制或优化包括判断运行是否完成, 若完成, 则止于此; 若未完成, 则等待一个优化周期, 返回第三步。

本发明提到的上述特征, 或实施例提到的特征可以任意组合。本案说明书所揭示的所有特征可与任何组合物形式并用, 说明书中所揭示的各个特征, 可以任何可提供相同、均等或相似目的的替代性特征取代。因此除有特别说明, 所揭示的特征仅为均等或相似特征的一般性例子。

本发明的主要优点在于:

1、本发明提出了一种原油调合的调合效应参数智能计算方法, 在调合过程中按一定运行周期计算调合效应参数, 将调合过程中的依靠经验的定性的调合正负效应以定量方式表现出来, 并实现了效应参数的动态更新和修正, 从而更好指导调合过程的控制、预测与优化。

2、本发明采用智能算法将效应参数求解目标分解 (例如但不限于精度和稳定性两大目标), 并根据实际应用对象或不同工况需求设定权值进行目标权重的调节, 考虑其非线性因素, 采用自适应差分进化智能优化算法对其进行求解, 确保了在线应用时有解, 满足在线更新的需要。

下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。应理解，这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。下列实施例中未注明具体条件的实验方法，通常按照常规条件或按照制造厂商所建议的条件。除非另外说明，否则所有的百分数、比率、比例、或份数按重量计。除非另行定义，文中所使用的所有专业与科学用语与本领域熟练人员所熟悉的意义相同。此外，任何与所记载内容相似或均等的方法及材料皆可应用于本发明方法中。文中所述的较佳实施方法与材料仅作示范之用。

下面以本发明在某原油调合过程的实际实施情况并结合一具体算例，给出详细的计算过程与操作流程。本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。实施例所涉及的软件结构如图 1 所示，首先从 DCS 系统中取出数据，进而建立调合效应模型，通过调用自适应差分进化智能优化算法进行计算，将结果送回系统用于控制、预测与优化。本实施例以硫含量为例，但保护范围不限于硫含量。

根据图 2 所示，一种原油调合的调合效应参数智能计算方法步骤如下：

步骤一：运行参数初始化。

选定参与调合的组分油品为 1#、2#、3#及 4#，并选择相应调合头编号。

步骤二：设置运行周期以及目标函数权值。

设置运行周期为 5min, 设定求解精度权值 0.7，求解稳定性权值 0.3。

步骤三：按运行周期获取组分油属性、调合配方以及调合头处调合所得原油属性。

取出四种油分的硫含量测量数据，1#组分油硫含量 1.68%，2#组分油硫含量 2.36%，3#组分油硫含量 1.79%，4#组分油硫含量 2.22%。取出的 7 次调合的配方与调合头混合所得原油的硫含量如下表 1：

表 1

1#组分油配方	2#组分油配方	3#组分油配方	4#组分油配方	混合所得原油的硫含量%
0.15	0.15	0.07	0.63	2.17
0.11	0.20	0.04	0.65	2.20

0.16	0.25	0.04	0.55	2.21
0.13	0.20	0.02	0.65	2.20
0.20	0.20	0.08	0.52	2.17
0.20	0.30	0.00	0.50	2.23
0.18	0.08	0.11	0.63	2.12

步骤四：建立调合效应数学模型。

通过以上数据按照本发明所涉及公式(1)-(6)，建立调合效应模型。

步骤五：计算调合效应参数。

调用自适应差分进化智能优化算法程序进行求解，算法流程图如图 3 所示。

- 5 求得 1#组分油调合效应参数 0.0260%，2#组分油调合效应参数 0.0348%，3#组分油调合效应参数 0.0032%，4#组分油调合效应参数 0.0495%。

步骤六：将调合效应参数送入系统。

步骤七：查看运行是否结束，若未结束，则等待一个运行周期再返回步骤三。

- 10 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并非用以限定本发明的实质技术内容范围，本发明的实质技术内容是广义地定义于申请的权利要求范围中，任何他人完成的技术实体或方法，若是与申请的权利要求范围所定义的完全相同，也或是一种等效的变更，均将被视为涵盖于该权利要求范围之内。

权 利 要 求

1. 一种关于原油调合的调合效应参数数学模型的建立, 其特征在于, 包括步骤:

(a) 采用式 (1) 对各组分油的属性进行补偿:

$$Qx(O_{j,i}) = O_{j,i} + pb_{j,i} \quad (1)$$

5 其中,

$i(i=1,2,\dots,n)$ 为各组分油编号;

$j(j=1,2,\dots,n)$ 为油品的需要进行非线性补偿的属性;

$pb_{j,i}$ 表示组分油各属性的调合效应参数;

$O_{j,i}$ 为第 i 种组分油的近红外分析仪在线测量的属性;

10 $Qx(O_{j,i})$ 表示调合效应补偿函数;

(b) 采用式 (2) 得到调合头处调合所得原油属性的预测值:

$$P_j = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot Qx(O_{j,i})) \quad (2)$$

其中,

r_i 表示第 i 种组分油的配方;

15 P_j 表示调合头处调合所得原油属性预测值;

(c) 求解式 (6) 的目标函数得到调合效应参数:

$$\text{Min} \left[w_p \sum_{i=1}^m (Y_j^i - \sum_{k=1}^n r_{i,k} pb_{j,k})^2 + w_s \sum_{k=1}^n pb_{j,k}^2 \right] \quad (6)$$

其中,

w_p 表示求解精度权值;

20 w_s 表示求解稳定性权值;

$$Y = R_{m,n} \cdot PB,$$

$$PB = [pb_{j,1} \quad pb_{j,2} \quad \cdots \quad pb_{j,n}]^T \quad (4)$$

且

$$Y = \begin{bmatrix} Y_j^1 \\ Y_j^2 \\ \vdots \\ Y_j^l \\ \vdots \\ Y_j^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_j^1 \\ P_j^2 \\ \vdots \\ P_j^l \\ \vdots \\ P_j^m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & r_{l,i} & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_{j,1} \\ O_{j,2} \\ \vdots \\ O_{j,i} \\ \vdots \\ O_{j,n} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} P_j^1 \\ P_j^2 \\ \vdots \\ P_j^i \\ \vdots \\ P_j^m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} pb_{j,1} \\ pb_{j,2} \\ \vdots \\ pb_{j,i} \\ \vdots \\ pb_{j,n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} O_{j,1} \\ O_{j,2} \\ \vdots \\ O_{j,i} \\ \vdots \\ O_{j,n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

P_j^i 表示第 i 组历史调合数据中调合头处调合所得原油的属性值；

$[r_{m,1} \ r_{m,2} \ \dots \ r_{m,n}]$ 表示有 n 个组分油参与调合的一个历史调合配方；

m 表示 m 组调合配方。

5

2. 一种原油调合的调合效应参数计算方法，其特征在于，所述方法包括以下步骤：

首先，进行运行参数初始化；

其次，设置运行周期以及目标函数权重；

10 再次，根据运行周期获取组分油属性、调合配方以及调合头处调合所得原油属性；
和

最后，利用自适应差分进化智能优化算法对权利要求 1 所述的调合效应参数模型进行求解。

15 3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述运行参数包括参与调合的组分油品及相应调合头编号。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述目标函数包括求解精度、求解稳定性。

20

5. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，该方法适用于所有原油属性，包括密度、硫含量、酸值、石脑油收率以及氮含量等。

25 6. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述自适应差分进化（Adaptive Differential Evolution，简称 JADE，）智能优化算法包括步骤：

（1）初始化种群 P ，种群大小为 NP ；

（2）初始化 $\mu_{CR}=0.5, \mu_F=0.5, A=\Phi$ ；

(3) 循环开始, 当算法终止条件尚未满足时, 进行:

(i) 设置 $S_F = \Phi$, $S_{CR} = \Phi$;

(ii) 针对种群 P 中的每一个个体 x_i , 生成对应的比例因子 $F_i = randc_i(\mu_F, 0.1)$ 和交叉概率 $CR_i = randn_i(\mu_{CR}, 0.1)$;

5 (iii) 从适应度值前 $100p\%$ 的个体中随机挑选一个个体, 记为 $x_{p,best}$, 从种群 P 中选择个体 x_{r1} , $x_{r1} \neq x_i$, 从种群 $P \cup A$ 中选择个体 x_{r2} , $x_{r2} \neq x_{r1} \neq x_i$;

(iv) 生成变异向量 $v_i = x_i + F_i \cdot (x_{p,best} - x_i) + F_i \cdot (x_{r1} - x_{r2})$;

(v) 生成试验向量 u_i ;

10 (vi) 比较 x_i 和 u_i 的适应度函数值, 若 x_i 优于 u_i , 则 x_i 进入下一代种群; 若 u_i 优于 x_i , 则 u_i 替换 x_i 进入下一代种群, 并将 x_i 放入 A 中, F_i 放入 S_F 中, CR_i 放入 S_{CR} 中;

(vii) 在每一代更新结束后, 随机移除 A 中的个体, 使得 $|A| \leq NP$;

(viii) 更新 μ_F 和 μ_{CR} : $\mu_F = (1-c) \cdot \mu_F + c \cdot mean_L(S_F)$,

$\mu_{CR} = (1-c) \cdot \mu_{CR} + c \cdot mean_A(S_{CR})$;

15 (4) 算法停止, 得到最终种群 NP , 种群中适应度值最优的个体即为优化问题的解;

其中,

$randc_i$ 表示正态分布;

$randn_i$ 表示柯西分布;

20 $mean_A$ 表示普通的算术平均;

$mean_L$ 表示普通的 *Lehmer* 平均;

S_F 与 S_{CR} 分别用于储存成功产生相比于父代 x_i 更优秀试验向量 u_i 的 F_i 与 CR_i 。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 采用式(7)得到普通的 *Lehmer* 平均:

$$25 \quad mean_L(S_F) = \frac{\sum_{F \in S_F} F^2}{\sum_{F \in S_F} F} \quad (7);$$

采用式(8)得到试验向量:

$$u_{j,i,g} = \begin{cases} v_{j,i,g}, & \text{if } (rand(0,1) \leq CR_i \text{ 或 } j = j_{rank}) \\ x_{j,i,g}, & \text{其他情况} \end{cases} \quad (8)$$

其中,

$u_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体的试验向量 u_i 的第 j 个分量;

$v_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体的变异向量 v_i 的第 j 个分量;

$x_{j,i,g}$ 表示第 g 代第 i 个个体 x_i 的第 j 个分量;

j_{rank} 表示保证变异信息的引入而随机选定的一个 j 。

5 8. 一种原油调合方法, 其特征在于, 所述方法包括步骤: 将通过如权利要求
2-7 任一项所述的方法得到的调合效应参数送入调合控制系统执行; 可用于对某一
配方下的调合属性进行预测, 指导生产配方的制定。

9. 一种计算机可读存储介质, 其上存有计算机程序, 该程序被处理器执行时
10 能用于实施如权利要求 1-7 中任一项所述的方法中的任意一种或多种计算方法。

10. 一种计算机设备, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器
上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序执行如权利要求 1-7 中任一
项所述的方法中所述的计算。

15

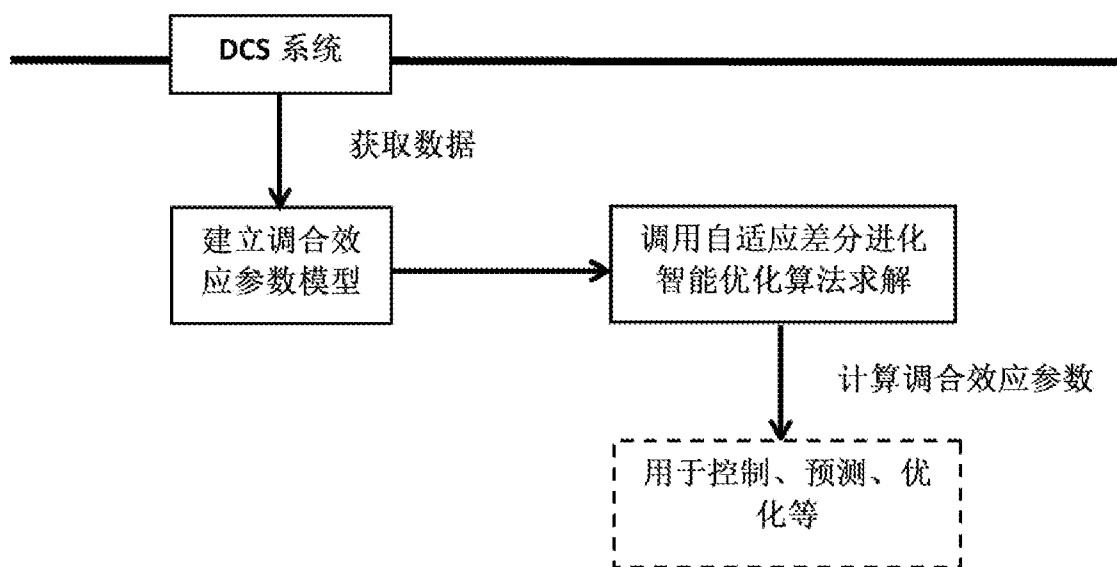


图 1

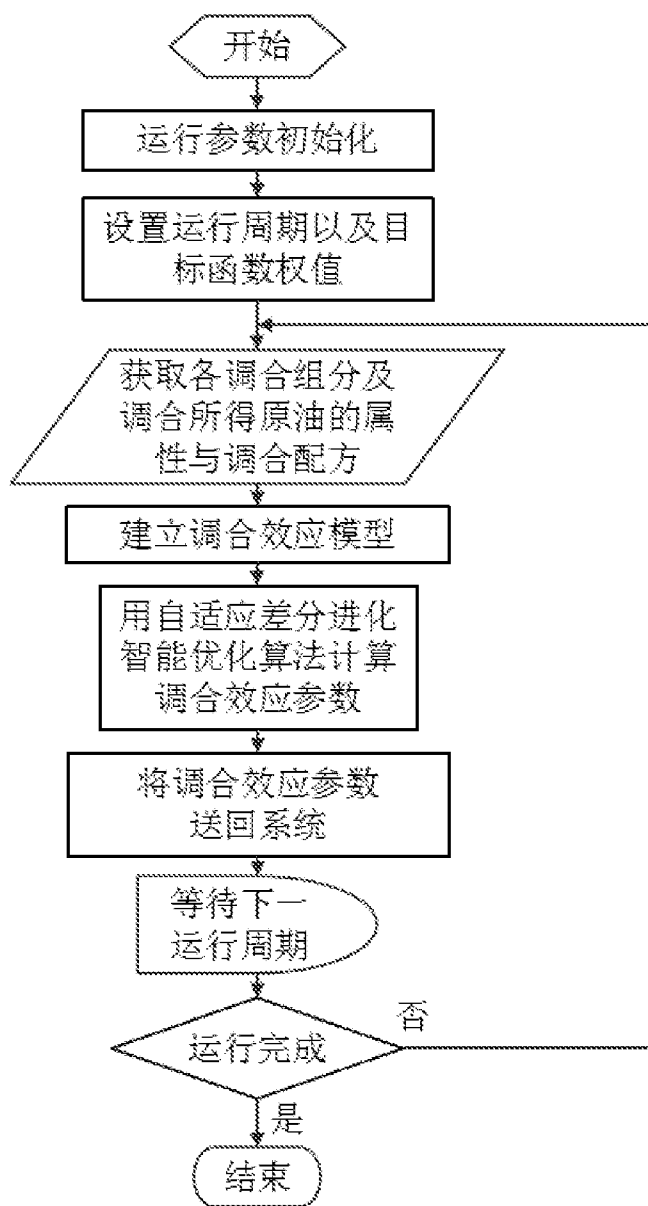


图 2

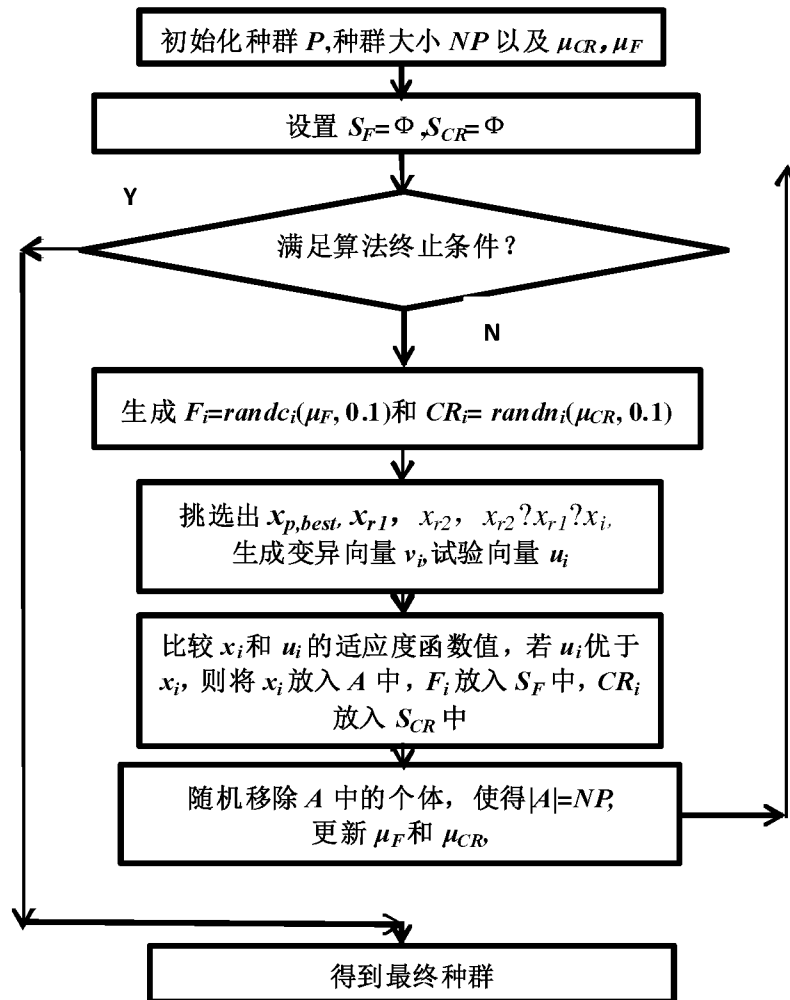


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/126971

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 13/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B; G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, IEEE, CNKI: 原油, 汽油, 调和, 调合, 补偿, 参数, 优化, 周期, 权重, 函数, 线性, gasoline, petrol, optimum, performance, blend, properties, balance, circle, index, material, compensation, weight, line, parameter

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109994160 A (EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 09 July 2019 (2019-07-09) claims 1-10	1-10
A	CN 108333943 A (EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 27 July 2018 (2018-07-27) description, paragraphs 0045-0100	1-10
A	CN 108733009 A (EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 02 November 2018 (2018-11-02) entire document	1-10
A	CN 103365208 A (NANJING RICHISLAND INFORMATION ENGINEERING CO., LTD.) 23 October 2013 (2013-10-23) entire document	1-10
A	WO 2015106372 A1 (EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 23 July 2015 (2015-07-23) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 February 2020

Date of mailing of the international search report

26 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/126971

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109994160	A	09 July 2019	None	
CN	108333943	A	27 July 2018	None	
CN	108733009	A	02 November 2018	None	
CN	103365208	A	23 October 2013	None	
WO	2015106372	A1	23 July 2015	CN 103745115 A	23 April 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/126971

A. 主题的分类

G05B 13/04(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G05B; G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, WPI, EPDOC, IEEE, CNKI: 原油, 汽油, 调和, 调合, 补偿, 参数, 优化, 周期, 权重, 函数, 线性, gasoline, petrol, optimum, performance, blend, properties, balance, circle, index, material, compensation, weight, line, parameter

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109994160 A (华东理工大学) 2019年 7月 9日 (2019 - 07 - 09) 权利要求1-10	1-10
A	CN 108333943 A (华东理工大学) 2018年 7月 27日 (2018 - 07 - 27) 说明书第0045-0100段	1-10
A	CN 108733009 A (华东理工大学) 2018年 11月 2日 (2018 - 11 - 02) 全文	1-10
A	CN 103365208 A (南京富岛信息工程有限公司) 2013年 10月 23日 (2013 - 10 - 23) 全文	1-10
A	WO 2015106372 A1 (华东理工大学 等) 2015年 7月 23日 (2015 - 07 - 23) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 2月 17日

国际检索报告邮寄日期

2020年 2月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

王芳

电话号码 86-(10)-53961369

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/126971

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109994160	A	2019年 7月 9日	无			
CN	108333943	A	2018年 7月 27日	无			
CN	108733009	A	2018年 11月 2日	无			
CN	103365208	A	2013年 10月 23日	无			
WO	2015106372	A1	2015年 7月 23日	CN	103745115	A	2014年 4月 23日