

(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
2023 年 2 月 2 日 (02.02.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/005302 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 30/27 (2020.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/089540
- (22) 国际申请日: 2022 年 4 月 27 日 (27.04.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110860387.8 2021年7月26日 (26.07.2021) CN
- (71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号张会岩, Jiangsu 210096 (CN)。
- (72) 发明人: 张会岩 (ZHANG, Huiyan); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, 东南大学能源与

环境学院张会岩, Jiangsu 210096 (CN)。 查振婷 (ZHA, Zhenting); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, 东南大学能源与环境学院张会岩, Jiangsu 210096 (CN)。 葛泽峰 (GE, Zefeng); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, 东南大学能源与环境学院张会岩, Jiangsu 210096 (CN)。 马宇娜 (MA, Yuna); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, 东南大学能源与环境学院张会岩, Jiangsu 210096 (CN)。

- (74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国江苏省南京市雨花台区南京大数据产业基地8栋407杨艳, Jiangsu 210012 (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,

(54) Title: METHOD FOR PREDICTING BIOMASS COKE GASIFICATION REACTION CHARACTERISTICS

(54) 发明名称: 一种生物质焦气化反应特性的预测方法

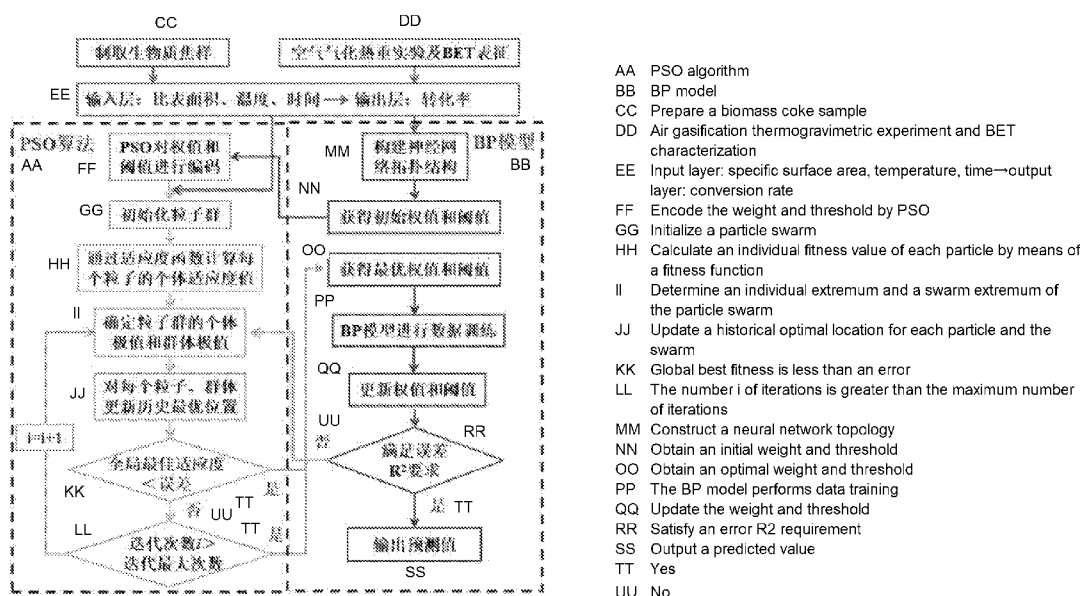


图 1

(57) Abstract: The present invention provides a method for predicting biomass coke gasification reaction characteristics, comprising the following steps: step 10), collecting training data of a biomass coke gasification reaction; step 20), establishing a BP neural network model comprising an input layer, a hidden layer, and an output layer, input parameters of the BP neural network model being a coking temperature, a specific surface area of a coke sample, and a gasification time, and an output parameter being a coke conversion rate; step 30), training the BP neural network model by using the training data, and optimizing the BP neural network model by using a particle swarm optimization algorithm, so as to obtain a BP neural network model having high prediction precision; and step 40), predicting the coke conversion rate of the biomass coke gasification reaction by using the BP neural network model having high prediction precision.

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, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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:

一 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

According to the method for predicting biomass coke gasification reaction characteristics of the present invention, an air gasification reaction process of biomass coke can be simulated in a high coincidence degree, such that the biomass coke gasification reaction characteristics can be accurately predicted.

(57) 摘要: 本发明提供一种生物质焦气化反应特性的预测方法, 包括以下步骤: 步骤10)采集生物质焦气化反应的训练数据; 步骤20)建立包含输入层、隐含层和输出层的BP神经网络模型, 所述BP神经网络模型的输入参数为制焦温度、焦样比表面积和气化时间, 输出参数为焦转化率; 步骤30)采用训练数据训练所述BP神经网络模型, 并采用粒子群优化算法优化BP神经网络模型, 得到高预测精度的BP神经网络模型; 步骤40)利用高预测精度的BP神经网络模型, 预测得到生物质焦气化反应的焦转化率。本发明生物质焦气化反应特性的预测方法, 能够对生物质焦空气气化反应过程进行高吻合度模拟, 可准确预测生物质焦气化反应特性。

一种生物质焦气化反应特性的预测方法

技术领域

本发明属于生物质气化利用技术领域，具体涉及一种生物质焦气化反应特性的预测方法。

背景技术

电力是我国能源系统实现碳中和的关键，而生物质能源技术在电力行业的利用对于推动实现碳中和具有重要意义。生物质气化技术是一种有前途的利用技术，不仅实现了生物质的高效清洁，还可以制备高品质的合成气。然而生物质的气化过程十分复杂，大体分为热解、挥发分气化和焦炭气化 3 个阶段。焦的气化属于气固异相反应，其反应速率远低于热解和挥发分气化，从而导致生物质气化反应速率主要由焦的反应活性控制，而焦的活性主要由温度、时间以及焦的孔隙结构决定。

生物质具有高灰分和高碱金属含量的特点，然而碱金属会对生物质热解气化过程具有一定的催化作用，从而影响其反应速率。因此，很难用固定的数学模型去预测其气化反应特性。人工神经网络模型完全不用考虑碱金属对生物质气化特性的影响，只要有足够多的生物质气化数据，建立一个用于预测生物质气化反应性的模型是完全可行。

目前已有一定的研究是利用 BP 神经网络模型预测生物质热解过程，但关于生物质焦气化反应性的预测很少，且 BP 神经网络具有收敛速度慢，易陷入局部极小等缺点，导致预测与实测数据有一定的误差。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是：提供一种生物质焦气化反应特性的预测方法，能够对生物质焦空气气化反应过程进行高吻合度模拟，可准确预测生物质焦气化反应特性。

为解决上述技术问题，本发明提供一种生物质焦气化反应特性的预测方法，包括以下步骤：

步骤 10) 采集生物质焦气化反应的训练数据；

步骤 20) 建立包含输入层、隐含层和输出层的 BP 神经网络模型，所述 BP 神经网络模型的输入参数为制焦温度、焦样比表面积和气化时间，输出参数为焦转化率；

步骤 30) 采用训练数据训练所述 BP 神经网络模型，并采用粒子群优化算法优化 BP 神经网络模型，得到高预测精度的 BP 神经网络模型；

步骤 40) 利用高预测精度的 BP 神经网络模型，预测得到生物质焦气化反应的焦转化率。

作为本发明实施例的进一步改进，所述步骤 30) 具体包括：

步骤 31) 获取 BP 神经网络模型的初始权值和初始阈值；

步骤 32) 初始化粒子群，每个粒子包含了 BP 神经网络模型的权值和阈值，并给予随机的初始位置和初始速度；

步骤 33) 将训练数据中的条件数据输入到 BP 神经网络模型中，得到预测数据；

步骤 34) 计算预测数据与训练数据中的输出数据之间的误差，利用式 (1) 计算得到粒子的个体适应度值：

$$F = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^m (Y_{pk} - O_{pk})^2 \quad \text{式 (1)}$$

式中, F 表示个体适应度值, Y_{pk} 表示期望输出值, O_{pk} 表示输出值, k 表示系数, m 表示输出层节点数;

步骤 35) 确定粒子群的个体极值和群体极值, 利用式 (2) 更新每个粒子的速度, 利用式 (3) 更新每个粒子的位置:

$$V_{id}^{k+1} = wV_{id}^k + c_1r_1(P_{id}^k - X_{id}^k) + c_2r_2(P_{gd}^k - X_{id}^k) \quad \text{式 (2)}$$

$$X_{id}^{k+1} = X_{id}^k + V_{id}^{k+1} \quad \text{式 (3)}$$

式中, V_{id}^{k+1} 表示第 i 个粒子在 $k+1$ 次迭代中的速度, V_{id}^k 表示第 i 个粒子在 k 次迭代中的速度, w 表示惯性权重, c_1 表示第一学习因子, c_2 表示第二学习因子, r_1 和 r_2 均表示 0 到 1 之间的随机数, X_{id}^{k+1} 表示第 i 个粒子在 $k+1$ 次迭代中的位置, X_{id}^k 表示第 i 个粒子在 k 次迭代中的位置, P_{id}^k 表示个体极值, P_{gd}^k 表示全体极值;

步骤 36) 若满足结束条件, 则输出权值和阈值, 执行步骤 37); 否则继续执行步骤 35), 在每一次迭代中, 粒子跟踪个体极值和群体极值来实现自主更新;

步骤 37) 将步骤 36) 输出的权值和阈值更新到 BP 神经网络模型中, 将训练数据中的条件数据输入到更新后的 BP 神经网络模型中, 得到预测数据; 如果满足要求, 则更新后的 BP 神经网络模型为合格的 BP 神经网络模型; 否则执行步骤 34)。

作为本发明实施例的进一步改进, 所述满足要求具体为:

利用式 (4) 计算得到拟合度:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad \text{式 (4)}$$

式中, $\bar{y}_i$ 表示预测值, y_i 表示实测值, R^2 表示拟合度;

如果拟合度大于 0.99, 则满足要求。

作为本发明实施例的进一步改进,所述步骤10)具体包括:

步骤101)选用均质的生物质为试验样品,干燥及筛分预处理后,在管式炉不同制焦温度下进行热解气化试验,记录不同制焦温度下的气化时间;

步骤102)对得到的不同温度下试验样品的热失重曲线进行处理,并对数据进行反应动力学参数计算,获得不同制焦温度下的焦转化率;

步骤103)对不同温度下的焦样的孔隙结构进行比表面积测试实验,得到了不同制焦温度下的焦比表面积;

步骤104)利用焦的孔道结构分布来体现其气化特性的分布规律,将多个气化试验得到的制焦温度、焦比表面积和气化时间构成训练数据的条件数据,多个气化试验得到的焦转化率构成训练数据的输出数据。

作为本发明实施例的进一步改进,所述步骤10)还包括:

步骤105)利用式(5)对训练数据进行归一化处理:

$$P = \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad \text{式(5)}$$

式中, P_i 表示原训练数据, P 表示归一化处理后的训练数据, $P_{\min}$ 表示预设最小值, $P_{\max}$ 表示预设最大值。

作为本发明实施例的进一步改进,所述BP神经网络模型中,输入层和隐含层之间的传递函数为tansig函数 $f_1(x) = \tan \operatorname{sig}(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$, 隐含层和输出层之间的传递函数为purelin型 $f_2(x) = x$ 函数。

作为本发明实施例的进一步改进,所述步骤20)还包括:

根据输入参数的数量和输出参数的数量,利用式(6)计算得到隐含层的层数:

$$m = \sqrt{n + l} + a \quad \text{式(6)}$$

式中， m 表示隐含层的层数， n 表示输入参数的数量， l 表示输出参数的数量， a 表示一个从1到10的常数。

与现有技术相比，本发明的技术方案具有以下有益效果：本发明实施例提供的生物质焦气化反应特性的预测方法，通过BP神经网络对生物质焦气化反应的训练数据进行训练，并利用粒子群优化算法PSO优化BP神经网络模型，更新BP神经网络模型的最优权值和阈值，从而减小BP神经网络模型的预测误差，加强预测精度，使预测生物质焦气化活性更准确。

附图说明

图1为本发明实施例的生物质焦气化反应特性的预测方法的流程图；

图2为本发明实例1中糠醛渣在不同制焦温度下等温气化特性规律图；

图3为本发明实例1中糠醛渣焦比表面积、孔容随温度的变化规律图；

图4为本发明实例1中糠醛渣焦转化率实测值与预测值对比图；

图5为本发明实例1中预测值与实测值的回归线图。

具体实施方式

下面对本发明的技术方案进行详细的说明。

本发明实施例提供一种生物质焦气化反应特性的预测方法，如图1所示，包括以下步骤：

步骤10) 采集生物质焦气化反应的训练数据。

步骤20) 建立包含输入层、隐含层和输出层的BP神经网络模型，所述BP神经网络模型的输入参数为制焦温度、焦样比表面积和气化时间，输出参数为焦转化率。

步骤 30) 采用训练数据训练所述 BP 神经网络模型, 并采用粒子群优化算法优化 BP 神经网络模型, 得到高预测精度的 BP 神经网络模型。

步骤 40) 利用高预测精度的 BP 神经网络模型, 预测得到生物质焦气化反应的焦转化率。

本发明实施例的生物质焦气化反应特性的预测方法, 通过 BP 神经网络对生物质焦气化反应的训练数据进行训练, 并利用粒子群优化算法 PSO 优化 BP 神经网络模型, 更新 BP 神经网络模型的最优权值和阈值, 从而减小 BP 神经网络模型的预测误差, 加强预测精度, 使预测生物质焦气化活性更准确。

优选的, 如图 1 所示, 所述步骤 30) 具体包括:

步骤 31) 获取 BP 神经网络模型的初始权值和初始阈值。

步骤 32) 初始化粒子群, 每个粒子包含了 BP 神经网络模型的权值和阈值, 并给予随机的初始位置和初始速度。

步骤 33) 将训练数据中的条件数据输入到 BP 神经网络模型中, 得到预测数据。

步骤 34) 计算预测数据与训练数据中的输出数据之间的误差, 利用式 (1) 计算得到粒子的个体适应度值:

$$F = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^m (Y_{pk} - O_{pk})^2 \quad \text{式 (1)}$$

式中, F 表示个体适应度值, Y_{pk} 表示期望输出值, O_{pk} 表示输出值, k 表示系数, m 表示输出层节点数。

步骤 35) 每个粒子在解空间中迭代搜索, 通过不断调整自己的位置来搜索新解, 从而确定粒子群的个体极值和群体极值, 利用式 (2) 更新每个粒子的速度, 利用式 (3) 更新每个粒子的位置:

$$V_{id}^{k+1} = wV_{id}^k + c_1r_1(P_{id}^k - X_{id}^k) + c_2r_2(P_{gd}^k - X_{id}^k) \quad \text{式 (2)}$$

$$X_{id}^{k+1} = X_{id}^k + V_{id}^{k+1} \quad \text{式 (3)}$$

式中, V_{id}^{k+1} 表示第 i 个粒子在 $k+1$ 次迭代中的速度, V_{id}^k 表示第 i 个粒子在 k 次迭代中的速度, w 表示惯性权重, c_1 表示第一学习因子, c_2 表示第二学习因子, r_1 和 r_2 均表示 0 到 1 之间的随机数, X_{id}^{k+1} 表示第 i 个粒子在 $k+1$ 次迭代中的位置, X_{id}^k 表示第 i 个粒子在 k 次迭代中的位置, P_{id}^k 表示个体极值, P_{gd}^k 表示全体极值。

步骤 36) 若满足结束条件, 则输出权值和阈值, 执行步骤 37); 否则继续执行步骤 35)。每执行一次步骤 35), 即完成一次迭代, 在每一次迭代中, 粒子跟踪个体极值和群体极值来实现自主更新。

其中, 结束条件为全局最佳适应度小于误差或迭代次数达到预设最大迭代数。

步骤 37) 将步骤 36) 输出的权值和阈值更新到 BP 神经网络模型中, 将训练数据中的条件数据输入到更新后的 BP 神经网络模型中, 得到预测数据。如果满足要求, 则更新后的 BP 神经网络模型为合格的 BP 神经网络模型; 否则执行步骤 34)。

本发明实施例方法利用 SPO 算法更新 BP 神经网络模型的权值和阈值, 提高了 BP 神经网络收敛速度, 克服了易陷入局部极小等缺点。

优选的, 所述满足要求具体为:

利用式 (4) 计算得到拟合度:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad \text{式 (4)}$$

式中, $\bar{y}_i$ 表示预测值, y_i 表示实测值, R^2 表示拟合度。

如果拟合度大于 0.99, 则满足要求。

优选的, 所述步骤 10) 具体包括:

步骤 101) 选用均质的生物质为试验样品, 干燥及筛分预处理后, 在管式炉不同制焦温度下进行热解气化试验, 记录不同制焦温度下的气化时间。

步骤 102) 对得到的不同温度下试验样品的热失重曲线进行处理, 并对数据进行反应动力学参数计算, 获得不同制焦温度下的焦转化率。

步骤 103) 对不同温度下的焦样的孔隙结构进行比表面积测试 (BET) 实验, 得到了不同制焦温度下的焦比表面积。

步骤 104) 利用焦的孔道结构分布来体现其气化特性的分布规律, 将多个气化试验得到的制焦温度、焦比表面积和气化时间设定为训练数据的条件数据, 多个气化试验得到的焦转化率设定为训练数据的输出数据。

进一步, 所述步骤 10) 还包括:

步骤 105) 利用式 (5) 对训练数据进行归一化处理:

$$P = \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad \text{式 (5)}$$

式中, P_i 表示原训练数据, P 表示归一化处理后的训练数据, $P_{\min}$ 表示预设最小值, $P_{\max}$ 表示预设最大值。

本发明实施例将训练数据进行归一化处理后再用于训练神经网络模型, 可避免因输入输出数据数量级差别较大, 减小预测结果的误差。

优选的, 所述 BP 神经网络模型中, 输入层和隐含层之间的传递函数为 tansig

函数 $f_1(x) = \tan sig(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$, 隐含层和输出层之间的传递函数为 purelin 型 $f_2(x) = x$

函数, BP 神经网络模型的训练函数为 trainlm 函数。

优选的, 所述步骤 20) 还包括:

根据输入参数的数量和输出参数的数量，利用式（6）计算得到隐含层的层数：

$$m = \sqrt{n+l} + a \quad \text{式（6）}$$

式中， m 表示隐含层的层数， n 表示输入参数的数量， l 表示输出参数的数量， a 表示一个从1到10的常数。

下面提供一个具体实例，来验证本发明实施例的性能。

实例 1

步骤 1、在管式炉中制取不同制焦温度下的糠醛渣焦，并进行等温气化热重实验及 BET 表征，采集训练数据。

选用均质、粒径范围为 40-60 目的糠醛渣代表生物质，对其进行干燥、筛分预处理后，分别在 800°C、850°C、900°C 下管式炉中热解制备糠醛渣焦样（C800°C、C850°C、C900°C），并配置 10% O₂+90% N₂ 的气瓶用于热重实验。

为了保证热重实验测量准确性，对 C800°C、C850°C、C900°C 样品质量每次取 8mg 左右，氮气流量为 25m L/min。

采用 30K/min 升温速率在气体 1（99.999% N₂）氛围下升到 900°C，停留 10 分钟后切换成气体 2（10% O₂+90% N₂）在 900°C 恒温 30 分钟进行空气气化实验。

对得到的 C800°C、C850°C、C900°C 热失重曲线进行处理，并对数据进行反应动力学参数计算，如图 2 所示，发现了随着制焦温度的升高，焦完全气化的时间逐渐提前，C900°C 的气化结束时间约为 C800°C 的 2 倍。

对 C800°C、C850°C、C900°C 颗粒孔隙结构的变化进行 BET 实验，得到了糠醛渣焦颗粒比表面积随制焦温度变化的规律，如图 3 所示，气化温度的提升增大了比表面积及孔容，使得焦的孔隙结构更发达、气化反应速率更越快。

步骤 2）采用训练数据训练 BP 神经网络模型，并采用 PSO 算法优化 BP 神经网络模型，得到 PSO-BP 模型。

步骤3)将制焦温度、焦样比表面积和气化时间输入 PSO-BP 模型中进行预测,得到预测的焦转化率。

将 PSO-BP 模型拟合的预测数据与输出数据对比,结果如图 4 所示,相关系数 R^2 达到了 0.9981,如图 5 所示,验证了本发明方法中 PSO-BP 模型的准确性,为生物质焦气化过程中反应特性的研究提供了可靠的方法。

以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和优点。本领域的技术人员应该了解,本发明不受上述具体实施例的限制,上述具体实施例和说明书中的描述只是为了进一步说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护的范围由权利要求书及其等效物界定。

权利要求书

1、一种生物质焦气化反应特性的预测方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 10) 采集生物质焦气化反应的训练数据；

步骤 20) 建立包含输入层、隐含层和输出层的 BP 神经网络模型，所述 BP 神经网络模型的输入参数为制焦温度、焦样比表面积和气化时间，输出参数为焦转化率；

步骤 30) 采用训练数据训练所述 BP 神经网络模型，并采用粒子群优化算法优化 BP 神经网络模型，得到高预测精度的 BP 神经网络模型；

步骤 40) 利用高预测精度的 BP 神经网络模型，预测得到生物质焦气化反应的焦转化率。

2、根据权利要求 1 所述的生物质焦气化反应特性的预测方法，其特征在于，所述步骤 30) 具体包括：

步骤 31) 获取 BP 神经网络模型的初始权值和初始阈值；

步骤 32) 初始化粒子群，每个粒子包含了 BP 神经网络模型的权值和阈值，并赋予随机的初始位置和初始速度；

步骤 33) 将训练数据中的条件数据输入到 BP 神经网络模型中，得到预测数据；

步骤 34) 计算预测数据与训练数据中的输出数据之间的误差，利用式 (1) 计算得到粒子的个体适应度值：

$$F = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^m (Y_{pk} - O_{pk})^2 \quad \text{式 (1)}$$

式中， F 表示个体适应度值， Y_{pk} 表示期望输出值， O_{pk} 表示输出值， k 表示系数， m 表示输出层节点数；

步骤 35) 确定粒子群的个体极值和群体极值，利用式 (2) 更新每个粒子的速度，利用式 (3) 更新每个粒子的位置：

$$V_{id}^{k+1} = wV_{id}^k + c_1r_1(P_{id}^k - X_{id}^k) + c_2r_2(P_{gd}^k - X_{id}^k) \quad \text{式 (2)}$$

$$X_{id}^{k+1} = X_{id}^k + V_{id}^{k+1} \quad \text{式 (3)}$$

式中, V_{id}^{k+1} 表示第 i 个粒子在 $k+1$ 次迭代中的速度, V_{id}^k 表示第 i 个粒子在 k 次迭代中的速度, w 表示惯性权重, c_1 表示第一学习因子, c_2 表示第二学习因子, r_1 和 r_2 均表示 0 到 1 之间的随机数, X_{id}^{k+1} 表示第 i 个粒子在 $k+1$ 次迭代中的位置, X_{id}^k 表示第 i 个粒子在 k 次迭代中的位置, P_{id}^k 表示个体极值, P_{gd}^k 表示全体极值;

步骤 36) 若满足结束条件, 则输出权值和阈值, 执行步骤 37); 否则继续执行步骤 35), 在每一次迭代中, 粒子跟踪个体极值和群体极值来实现自主更新;

步骤 37) 将步骤 36) 输出的权值和阈值更新到 BP 神经网络模型中, 将训练数据中的条件数据输入到更新后的 BP 神经网络模型中, 得到预测数据; 如果满足要求, 则更新后的 BP 神经网络模型为合格的 BP 神经网络模型; 否则执行步骤 34)。

3、根据权利要求 2 所述的生物质焦气化反应特性的预测方法, 其特征在于, 所述满足要求具体为:

利用式 (4) 计算得到拟合度:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i^2} \quad \text{式 (4)}$$

式中, $\bar{y}_i$ 表示预测值, y_i 表示实测值, R^2 表示拟合度;

如果拟合度大于 0.99, 则满足要求。

4、根据权利要求 1 所述的生物质焦气化反应特性的预测方法, 其特征在于, 所述步骤 10) 具体包括:

步骤 101) 选用均质的生物质为试验样品, 干燥及筛分预处理后, 在管式炉不同制焦温度下进行热解气化试验, 记录不同制焦温度下的气化时间;

步骤 102) 对得到的不同温度下试验样品的热失重曲线进行处理, 并对数据进行反应动力学参数计算, 获得不同制焦温度下的焦转化率;

步骤 103) 对不同温度下的焦样的孔隙结构进行比表面积测试实验, 得到了不同制焦温度下的焦比表面积;

步骤 104) 利用焦的孔道结构分布来体现其气化特性的分布规律, 将多个气化试验得到的制焦温度、焦比表面积和气化时间构成训练数据的条件数据, 多个气化试验得到的焦转化率构成训练数据的输出数据。

5、根据权利要求 4 所述的生物质焦气化反应特性的预测方法, 其特征在于, 所述步骤 10) 还包括:

步骤 105) 利用式 (5) 对训练数据进行归一化处理:

$$P = \frac{P_1 - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad \text{式 (5)}$$

式中, P_1 表示原训练数据, P 表示归一化处理后的训练数据, $P_{\min}$ 表示预设最小值, $P_{\max}$ 表示预设最大值。

6、根据权利要求 1 所述的生物质焦气化反应特性的预测方法, 其特征在于, 所述 BP 神经网络模型中, 输入层和隐含层之间的传递函数为 tansig 函数

$f_1(x) = \tan sig(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$, 隐含层和输出层之间的传递函数为 purelin 型 $f_2(x) = x$ 函数。

7、根据权利要求 1 所述的生物质焦气化反应特性的预测方法, 其特征在于, 所述步骤 20) 还包括:

根据输入参数的数量和输出参数的数量, 利用式 (6) 计算得到隐含层的层数:

$$m = \sqrt{n+l} + a \quad \text{式 (6)}$$

式中， m 表示隐含层的层数， n 表示输入参数的数量， l 表示输出参数的数量， a 表示一个从1到10的常数。

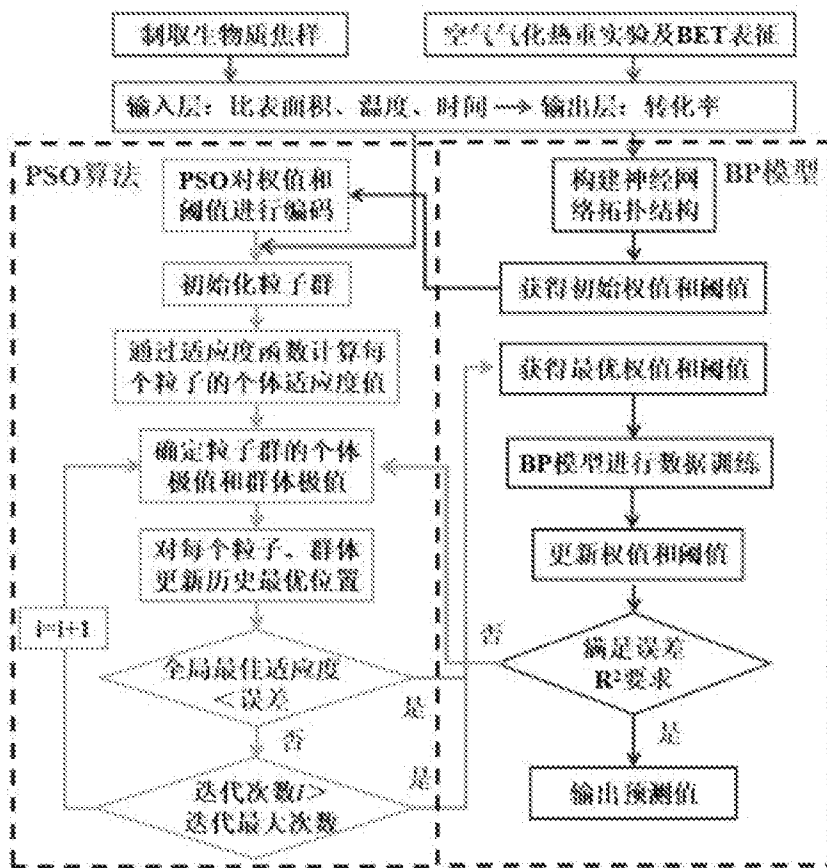


图 1

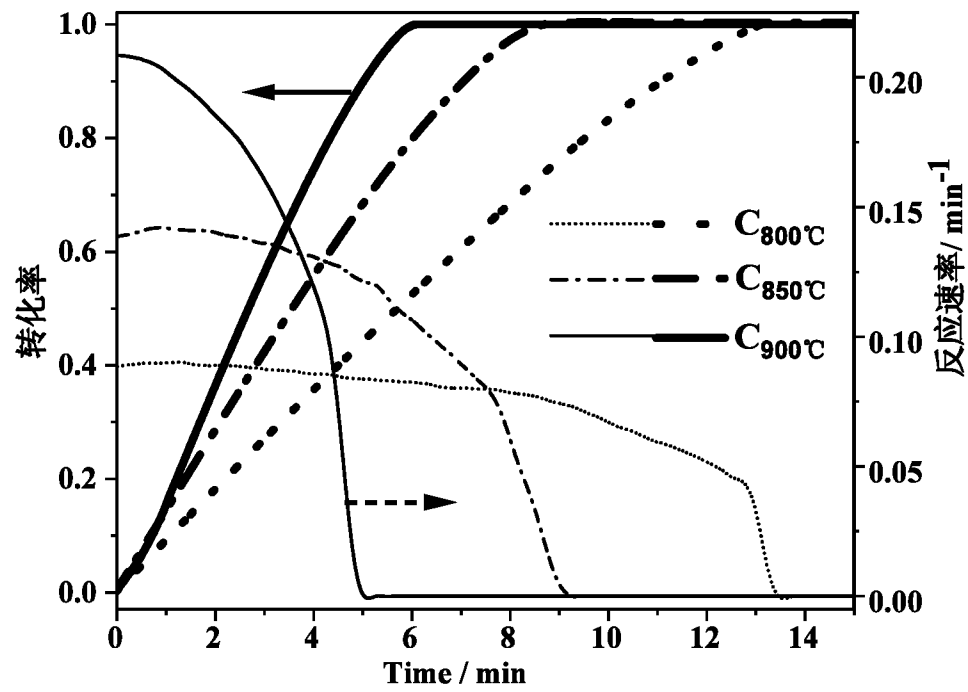


图 2

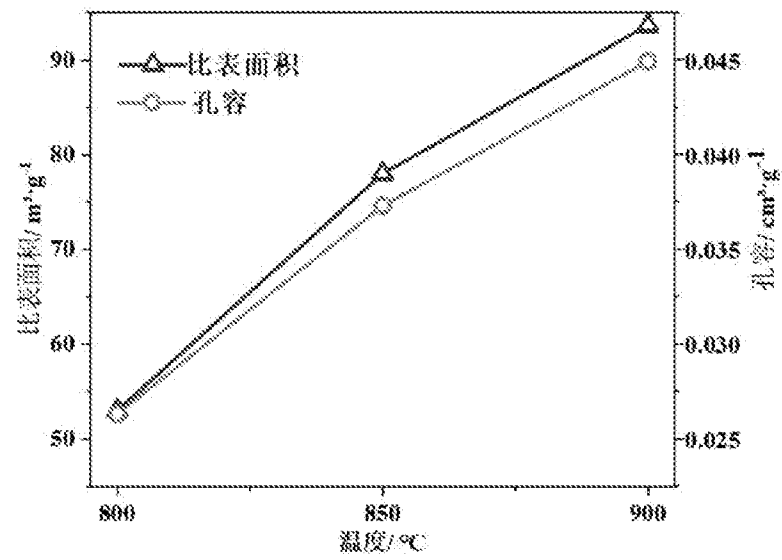


图 3

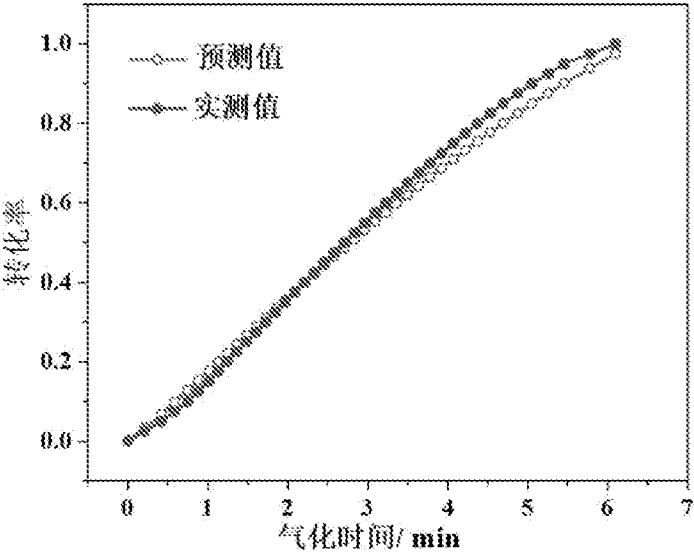


图 4

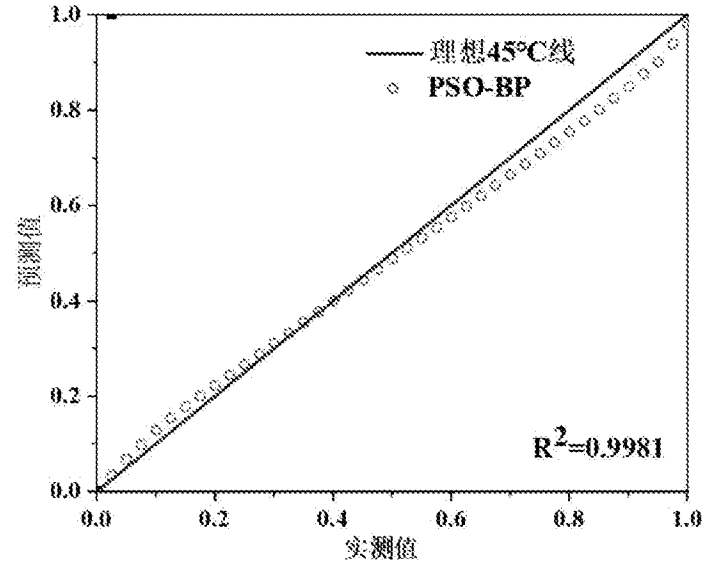


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/089540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/27(2020.01)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)

G06F, G06N

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)

DWPI, CNABS, WPABS, CNTXT, ENTXT, ENTXTC, CJFD, CNKI: 气化, 焦气化, 焦炭气化, 神经网络, 模型, 温度, 表面积, 时间, 转化率, 预测, 精度, 优化, 粒子群, 粒子, 极值, gasification, coke gasification, neural network, model, temperature, surface area, time, conversion, convert, prediction, precision, optimization, particle swarm, particles, extrema

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113657591 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 16 November 2021 (2021-11-16) claims 1-7	1-7
A	CN 111950854 A (BAOTOU IRON&STEEL (GROUP) CO., LTD.; DALIAN SMART OCEAN SOFTWARE CO., LTD.) 17 November 2020 (2020-11-17) entire document	1-7
A	CN 112926767 A (TIANJIN UNIVERSITY) 08 June 2021 (2021-06-08) entire document	1-7
A	WO 2017209548 A1 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION et al.) 07 December 2017 (2017-12-07) entire document	1-7



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

07 July 2022

Date of mailing of the international search report

15 July 2022

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/CN2022/089540

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113657591	A	16 November 2021	None			
CN	111950854	A	17 November 2020	None			
CN	112926767	A	08 June 2021	None			
WO	2017209548	A1	07 December 2017	EP	3467724	A1	10 April 2019
				US	2017351948	A1	07 December 2017
				KR	20170136357	A	11 December 2017
				EP	3467724	A4	10 July 2019
				US	11250308	B2	15 February 2022
				KR	101899101	B1	14 September 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/089540

A. 主题的分类 G06F 30/27 (2020.01) 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) G06F, G06N 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)) DWPI, CNABS, WPABS, CNTXT, ENTXT, ENTXTC, CJFD, CNKI: 气化、焦气化、焦炭气化、神经网络、模型、温度、表面积、时间、转化率、预测、精度、优化、粒子群、粒子、极值、gasification, coke gasification, neural network, model, temperature, surface area, time, conversion, convert, prediction, precision, optimization, particle swarm, particles, extrema																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113657591 A (东南大学) 2021年11月16日 (2021 - 11 - 16) 权利要求1-7</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111950854 A (包头钢铁集团有限责任公司 大连智慧海洋软件有限公司) 2020年11月17日 (2020 - 11 - 17) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112926767 A (天津大学) 2021年6月8日 (2021 - 06 - 08) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017209548 A1 (SEOUL NAT UNIV R&DB FOUNDATION等) 2017年12月7日 (2017 - 12 - 07) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 113657591 A (东南大学) 2021年11月16日 (2021 - 11 - 16) 权利要求1-7	1-7	A	CN 111950854 A (包头钢铁集团有限责任公司 大连智慧海洋软件有限公司) 2020年11月17日 (2020 - 11 - 17) 全文	1-7	A	CN 112926767 A (天津大学) 2021年6月8日 (2021 - 06 - 08) 全文	1-7	A	WO 2017209548 A1 (SEOUL NAT UNIV R&DB FOUNDATION等) 2017年12月7日 (2017 - 12 - 07) 全文	1-7
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
PX	CN 113657591 A (东南大学) 2021年11月16日 (2021 - 11 - 16) 权利要求1-7	1-7															
A	CN 111950854 A (包头钢铁集团有限责任公司 大连智慧海洋软件有限公司) 2020年11月17日 (2020 - 11 - 17) 全文	1-7															
A	CN 112926767 A (天津大学) 2021年6月8日 (2021 - 06 - 08) 全文	1-7															
A	WO 2017209548 A1 (SEOUL NAT UNIV R&DB FOUNDATION等) 2017年12月7日 (2017 - 12 - 07) 全文	1-7															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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													
* 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 2022年7月7日		国际检索报告邮寄日期 2022年7月15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		受权官员 田竞 电话号码 86-10-62411749															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/089540

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	113657591	A	2021年11月16日	无			
CN	111950854	A	2020年11月17日	无			
CN	112926767	A	2021年6月8日	无			
WO	2017209548	A1	2017年12月7日	EP	3467724	A1	2019年4月10日
				US	2017351948	A1	2017年12月7日
				KR	20170136357	A	2017年12月11日
				EP	3467724	A4	2019年7月10日
				US	11250308	B2	2022年2月15日
				KR	101899101	B1	2018年9月14日