

文章编号: 1001-3571 (2024) 05-0074-08

# 基于 Python 的重介分选模拟计算软件研究与应用

左 泉

(上海大屯能源股份有限公司选煤中心, 江苏徐州 221611)

**摘要:** 重介分选作为煤炭洗选加工的重要工艺环节, 其分选效率和精度直接影响到煤炭的利用价值和企业的经济效益。为解决炼焦煤选煤厂在生产过程中面临的多矿井原煤配选时煤质波动大和人工计算效率低下的问题, 提高产品质量和技术管理效率, 研究开发了一种基于 Python 的重介分选模拟计算软件。软件依托原煤采样与制备、浮沉试验方法以及重介分选的分配率计算构建理论框架, 运用分配曲线的正态分布模型对重介分选的产品结构数据进行模拟计算, 使用 SQLite3 数据库存储管理浮沉数据以实现数据多次调用与高效匹配。根据实际生产需求, 重介分选模拟计算软件主要包括浮沉数据管理模块、浮沉资料的灰分校正模块、重介分选配选模块和可选性曲线绘制模块, 具备包括数据输入、校正、配比计算、偏差设定、产品结构数据计算及可选性曲线绘制 6 个主要功能。应用表明: 重介分选模拟计算软件能迅速准确计算产品结构数据, 可在 20 min 内完成不同配比下数据的计算与产品结构分析, 不仅显著提高了计算工作的效率, 还能够有效快速指导原煤的配选方案、分选密度的确定以及洗选效果的综合评估。

**关键词:** 重介分选; 分配率; 可选性曲线; Python; SQLite3; 煤炭产品结构; 产品预测

中图分类号: TD942; TD948.9

文献标志码: B

## Research and application of Python-language-based heavy medium separation simulation calculation software

ZUO Quan

(Coal preparation Center, Shanghai Datun Energy Co. Ltd., Xuzhou 221611, China)

**Abstract:** Heavy medium separation is a key link of coal preparation and processing process. Its separation efficiency and sharpness have a direct bearing on utilization value of coal and economic performance of coal enterprise. The problems faced by some coking coal preparation plants are that the raw coal treated is mixed coal that comes from a multiple mines with wide fluctuation in washability, and low efficiency of manual calculation. For improving quality of coal separation operation and technical management efficiency, a Python language-based heavy-medium separation simulation calculation software is developed. The software works with the theoretical framework formed up by such aspects as raw coal sampling and preparation, float-and-sink testing and calculation of partition coefficients of heavy-medium separation. It can perform simulation calculation of indicators of separated products using normal distribution model of partition curve, as well as storage and management of float-and-sink analysis data via SQLite3 database, for realizing multiple invocation and high-efficiency matching of data. According to actual requirements of heavy-medium separation operations, the software consist chiefly of float-and-sink analysis data management module, float-and-sink data-based ash value correction module, raw coal feed mixing module, and washability curve plotting module, which can execute mainly six functions, such as inputting and correction of data, calculation of raw coal mixing ratios, setting limits of deviations,

收稿日期: 2024-08-24 责任编辑: 樊 阳 DOI: 10.16447/j.cnki.cpt.2024.05.012

作者简介: 左 泉 (1980—), 男, 江苏徐州人, 高级工程师, 从事选煤厂技术管理工作。E-mail: 13852220256@139.com, Tel: 13852220256。

引用格式: 左 泉. 基于 Python 的重介分选模拟计算软件研究与应用[J]. 选煤技术, 2024, 52(5): 74-81.

ZUO Quan. Research and application of Python-language-based heavy medium separation simulation calculation software[J]. Coal Preparation Technology, 2024, 52(5): 74-81.

calculation of indicators of products and plotting of washability curve. Practice shows with the use of the software, calculation and analysis of indicators of products obtained at different raw coal mixing ratios can be completed rapidly and accurately within 20 minutes. The use of the software can lead to noticeable improvement of efficiency of calculation work. It can also offer directions for making raw coal mixing scheme in a rapid and efficient manner, and provide the basis for determination of separation density and making comprehensive evaluation of heavy-medium separation performance.

**Keywords:** heavy medium separation; partition coefficient; washability curve; Python; SQLite3; coal product indicators; prediction of products

重介分选是炼焦煤选煤厂广泛应用的一种高效分选方法,它利用不同密度物料在重介质中的浮沉特性实现煤与矸石的分离。在选煤厂的生产管理中,重介分选作业的预测方法最为常用的是正态分布近似法<sup>[1]</sup>,该方法通过计算和查读分配指标表,得到相关的重介选预测数据,从而为生产管理提供科学依据。常用的分配曲线数学模型有反正切模型、复合双曲正切模型、复合正态模型、韦伯模型和“S”形曲线模型等<sup>[2]</sup>,这些模型各有特点,可以根据实际生产需求和生产条件进行选择,但这些数学模型主要用于分配曲线的描述或拟合,无法直接应用于分配率的计算<sup>[3]</sup>。

在选煤生产过程中普遍存在多矿井原煤配选导致的煤质波动问题,给炼焦煤选煤厂的生产带来了极大的不确定性,使得生产过程难以控制,产品质量波动较大,进而影响了企业的经济效益。在实际生产过程中,煤炭产品结构数据采取传统的人工计算方法往往需要大量的时间和人力,不仅效率低下,而且容易出错,对于生产现场需要提供快速、简便、动态地指导而言,都比较繁琐和低效。因此,研究开发专门的软件工具来快速预测重介分选密度和产品结构,对于解决炼焦煤选煤厂生产过程中多矿井原煤配选煤质变化大、人工计算效率低下等问题,提升炼焦煤选煤厂产品质量和技术管理效率,具有重要意义。

## 1 理论基础

### 1.1 原煤采样与制备及浮沉试验方法

根据《煤炭机械化采样》(GB/T 19494.1—2023, GB/T 19494.2—2023, GB/T 19494.3—2023)<sup>[4-6]</sup>、《商品煤样人工采取方法》(GB 475—2008)<sup>[7]</sup>、《煤样的制备方法》(GB 474—2008)<sup>[8]</sup>和《煤炭浮沉试验方法》(GB/T 478—2008)<sup>[9]</sup>等国家标准规定,制备出总原煤样,留取规定数量的煤样用于浮沉试验。试验后整理出煤样原煤灰分、原煤硫分

(可选项)、煤泥含量、煤泥灰分、煤泥硫分(可选项),并经系列各密度级(1.30, 1.40, 1.50, 1.60, 1.70, 1.80, 2.00 g/cm<sup>3</sup>等)试验得出各密度级的含量、灰分和硫分(可选项)数据。为了简化试验,<50 mm 粒级入选原煤不分级,按照《煤炭浮沉试验方法》(GB/T 478—2008)规定进行大浮沉试验,快速获取原煤浮沉试验数据,用于指导选煤生产。

### 1.2 重介分选分配率计算

在重选过程中,把原料中某个密度级进入到重产物中去数量占原料中该密度级的百分数称为该密度级在重产物中的分配率<sup>[10]</sup>。在重介分选预测中,由于正态分布积分模型的规范性,其用于生产预测具有极强的实用性<sup>[11]</sup>。

正态分布积分函数相关公式包括:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (1)$$

经过适当变换,由  $t = \sqrt{2}x$ ,  $e^{-\frac{t^2}{2}}$  可变换为  $e^{-x^2}$  的形式,将  $dt = \sqrt{2}dx$  代入式(1)可得:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-x^2} dx. \quad (2)$$

重介分选的近似公式为:

$$t = \frac{0.6745}{E} (\delta - \delta_p). \quad (3)$$

上述各式中: $t$ ,  $x$  为中间计算结果; $E$  为重介分选设备的可能偏差; $\delta$  为各密度级的平均密度, g/cm<sup>3</sup>;  $\delta_p$  为设定分选密度, g/cm<sup>3</sup>。

对式(2)中的  $e^{-x^2}$  进行直接计算比较困难,可对其按泰勒级数展开进行近似计算:

$$e^{-x^2} \approx 1 - x^2 + \frac{x^4}{2!} - \frac{x^6}{3!} + \frac{x^8}{4!} - \frac{x^{10}}{5!} + \frac{x^{12}}{6!} - \dots \quad (4)$$

因为正态分布函数  $-\infty$  到 0 的累积概率为 0.5,故分配率  $f(x)$  的计算公式为:

$$f(x) \approx 0.5 + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^x (1 - x^2 + \frac{x^4}{2!} - \frac{x^6}{3!} + \frac{x^8}{4!} - \frac{x^{10}}{5!} + \frac{x^{12}}{6!} - \dots) dx. \quad (5)$$

将各个密度级平均密度与设定分选密度代入式(3), 并经变换可计算出  $x$  值, 将  $x$  值代入式(5)中可近似求出重产物分配率, 结合各密度级浮沉数据可计算出轻产物和重产物的百分比, 综合计算后, 可得出某煤炭产品的数质量。

### 1.3 原煤可选性曲线

根据原煤浮沉试验结果绘制出的一组曲线, 称为可选性曲线, 能反映该原煤所有密度级或任一密度物的质量分布情况。应用较多的是 H-R 曲线, 包括灰分特性曲线 ( $\lambda$  曲线)、浮物曲线 ( $\beta$  曲线)、沉物曲线 ( $\theta$  曲线)、密度曲线 ( $\delta$  曲线)、密度  $\pm 0.1$  曲线 ( $\varepsilon$  曲线) 5 条曲线<sup>[12]</sup>。对于软件模拟计算的煤炭产品结构数据, 可结合原煤可选性曲线进行分析, 手动进一步修正分选参数, 优化重介分选模拟计算结果。

## 2 软件开发

### 2.1 开发语言与工具选择

选择 Python 作为软件的开发语言, Python 简单易学, 且具备跨平台、可移植、可扩展、交互式、解释型、面向对象等多重特性<sup>[13]</sup>。开发工具选择

Visual Studio Code (简称 VS Code)<sup>[14]</sup>, 作为微软推出的一款轻量级代码编辑器, 该编辑器不仅免费、开源而且具备强大的功能集, 能够支持主流程序语言的语法高亮、智能代码补全、自定义快捷键以及括号匹配等功能; 此外, VS Code 支持插件扩展, 可在多种操作系统平台 (包括 Windows, macOS 和 Linux) 上流畅运行。

### 2.2 数据库选择

数据库选用 SQLite, 该系统属于轻型的关系型数据库管理系统<sup>[15]</sup>, 内嵌于一个体积较小的 C 语言库之中, 其运行不依赖于独立的服务器进程, 使用和管理相对简单方便。Python 中内置了 SQLite3, 无需额外安装模块即可直接使用, 开发者可以直接在程序中写入、创建数据表语句, 动态创建数据库。

### 2.3 主要功能模块实现

根据需求, 软件需要实现的主要功能如下: 一是输入浮沉数据, 并保存到数据库; 二是选择多组不同矿井或工作面浮沉数据并进行浮沉数据校正; 三是设定已经选择工作面的配选比例, 综合计算形成浮沉数据表; 四是设定重介分选设备一段可能偏差, 二段可能偏差, 一、二段 (或主、再选) 分选密度; 五是计算出煤炭产品的产率、灰分、硫分等产品结构数据; 六是选择绘制可选性曲线, 进行对比分析。根据上述主要功能, 重介分选模拟计算软件工作流程如图 1 所示。

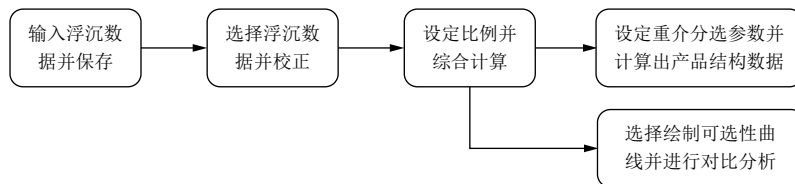


图 1 重介分选模拟计算软件工作流程

Fig. 1 Flowchart of working process of the software for simulation calculation of H.M. separation

#### 2.3.1 浮沉数据管理模块

鉴于重介分选模拟计算软件的功能需求, 浮沉数据管理模块需具备对浮沉数据的增加、删除、修改及查询功能。图 2 为浮沉数据输入界面。如图 2 所示, 为确保软件操作的便捷性, 数据输入功能被设计为支持在输入界面直接录入或编辑数据, 同时兼容从 WPS 表格或 Excel 表格中直接复制数据。此外, 软件设计了独立的查询界面, 便于检索历史原煤浮沉数据, 并支持对其进行修改、删除、复制等操作。软件采用 Pyperclip 库实现剪贴板功能的复制与粘贴, 该库为跨平台第三方库, 能够实现在不同操作系统间程序数据的复制与粘贴, 提供了便捷的数据交换手段, 从而提高了软件的操作效率。

#### 2.3.2 浮沉资料的灰分校正模块

浮沉资料的灰分校正主要通过对原煤煤样扣除煤泥后的灰分数据与浮沉综合灰分进行比较<sup>[16]</sup>。该校正过程主要采用三种方法: 第一种方法, 当原煤煤样扣除煤泥后的灰分数据与浮沉综合灰分的差值较小, 即其绝对值小于 0.2% 时, 通过将综合浮沉数据各密度级的灰分与灰分差值相加或相减, 以获得校正后的浮沉灰分数据; 第二种方法, 校正过程中保持灰分数据为扣除煤泥后的数值, 特别是在浮沉试验数据中最大密度级达到或超过 1.80 g/cm<sup>3</sup> 的情况下, 调整各密度级的质量百分比, 具体为密度大于 1.8 g/cm<sup>3</sup> 的质量百分比增加  $x$ , 相应地密度小于 1.8 g/cm<sup>3</sup> 的质量百分比减少  $x$ , 确保总质量百分

比维持在 100%；第三种方法，考虑到矿井短期内工作面相对固定，受地质条件变化因素影响，矸石混入原煤量会出现变化，原煤灰分可能发生显著变

化，为了准确测算生产数据，依据实际生产中原煤煤样的灰分，利用已有的工作面原煤浮沉数据，并结合前述的第二种方法进行数据校正。



图 2 浮沉数据输入界面

Fig. 2 Float-and-sink data input interface

### 2.3.3 重介分选配选模块

Tkinter 是 Python 的一个标准图形用户界面 (GUI) 开发模块，无需安装即可使用，可快速创建 GUI 应用程序。重介分选模拟计算软件通过窗体选择需要模拟配选预测的原煤浮沉数据，运用鼠标双击自动完成灰分校正，并导入右侧配选设置框内，人工设置配选模拟的各工作面比例数据，结合配选比例，计算出综合浮沉数据。软件还使用了 Python 的 Math 和 re 模块，Math 模块提供了许多对浮点数的

数学运算功能；re 模块提供正则表达式匹配和替换的方法和语法。

重介分选模拟计算软件根据炼焦煤选煤厂常用的三产品重介质旋流器进行设计，需要人工设置的参数有重介质旋流器一段可能偏差、二段可能偏差，重介质旋流器一段分选密度、二段分选密度，浮选精煤灰分，浮选尾煤灰分，以及次生煤泥量等。参数设置后即可进行模拟计算，生产模拟计算界面如图 3 所示。

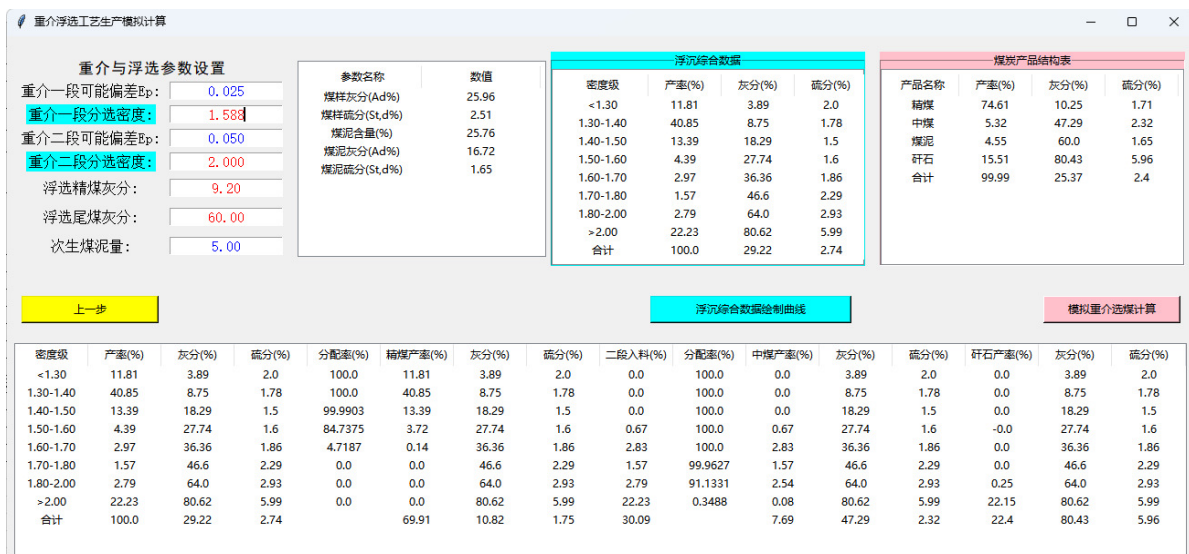


图 3 生产模拟计算界面

Fig. 3 H.M. separation process simulation calculation interface

2.3.4 可选性曲线绘制模块

可选性曲线绘制利用浮沉试验数据，并结合 Pandas, NumPy, Scipy, Matplotlib 等第三方库<sup>[17]</sup>进行绘图，绘制的可选性曲线如图 4 所示。该模块可针对单个浮沉资料进行可选性曲线绘制，也可以进行多组浮沉数据的综合计算，根据综合浮沉数据绘制可选性曲线，用于分析单选与配选原煤可选性，辅助人工分析寻找较优的配选方案。软件还可以根据多组浮沉数据同时绘制可选性曲线并进行对比分析，多组可选性曲线对比如图 5 所示。

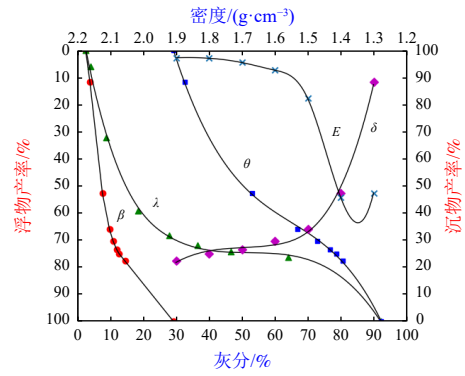


图 4 可选性曲线

Fig. 4 Washability curve

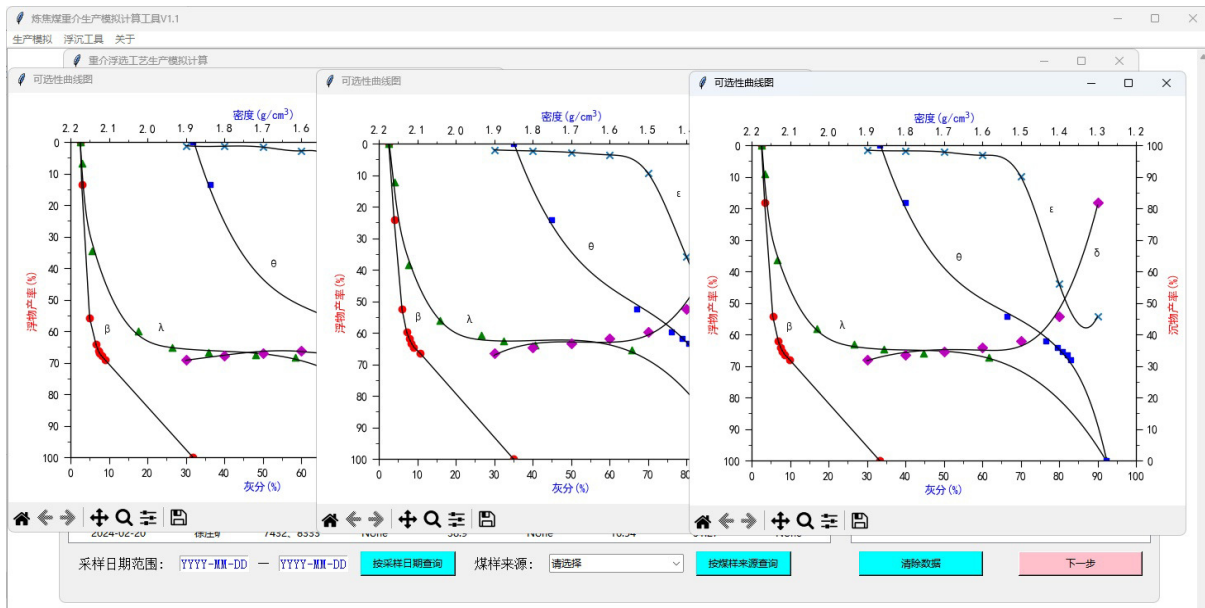


图 5 多组可选性曲线对比

Fig. 5 Comparison of washability curves plotted based on multiple groups of float-and-sink data

3 软件使用效果

3.1 焦煤原煤应用分析

山西省河东煤田离柳矿区（以下简称离柳矿区）焦煤的精煤产品灰分为 10.5%，硫分为 1.5%~

2.0%；原煤煤样试验数据为原煤灰分 25.96%，硫分 2.51%，煤泥含量 25.76%，煤泥灰分 16.72%，煤泥硫分 1.65%。通过浮沉试验得出的浮沉数据见表 1。

表 1 离柳矿区原煤 >0.5 mm 粒级浮沉试验数据

Table 1 Float-and-sink analysis data of > 0.5 mm raw coal obtained at Liliu Mining Area

密度级/(g·cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	浮物累计		沉物累计		δ±0.1 含量	
			产率	灰分	产率	灰分	密度级/(g·cm <sup>-3</sup> )	产率
<1.30	11.81	3.89	11.81	3.89	100.00	29.22	1.3	52.66
1.30~1.40	40.85	8.75	52.66	7.66	88.19	32.61	1.4	54.24
1.40~1.50	13.39	18.29	66.05	9.82	47.34	53.2	1.5	17.78
1.50~1.60	4.39	27.74	70.44	10.93	33.95	66.97	1.6	7.36
1.60~1.70	2.97	36.36	73.41	11.96	29.56	72.80	1.7	4.54
1.70~1.80	1.57	46.60	74.98	12.69	26.59	76.87	1.8	2.96
1.80~2.00	2.79	64.00	77.77	14.53	25.02	78.77	1.9	2.79
>2.00	22.23	80.62	100.00	29.22	22.23	80.62		
合计	100.00	29.22						

以无压三产品重介质旋流器洗选生产 A-L11 等级炼焦精煤产品<sup>[18]</sup>为例，灰分取 10.25%，考虑原煤煤泥含量较高，旋流器一段可能偏差设为 0.025 g/cm<sup>3</sup>、二段可能偏差设为 0.050 g/cm<sup>3</sup>，浮选精煤灰分设为 9.20%，煤泥灰分设为 60.00%，次生煤泥量设为 5%。经重介分选模拟计算软件模拟计算，离柳矿区焦煤煤炭产品结构测算表见表 2。由表 2 可知，当无压三产品重介质旋流器分选密度为 1.588 g/cm<sup>3</sup> 时，可生产出精煤灰分为 10.25%、硫分为 1.71% 的精煤产品，与产品结构数据基本对应。

### 3.2 1/3 焦煤原煤配选应用分析

大屯矿区煤种为 1/3 焦煤，大屯选煤厂位于江苏省沛县境内，为矿区型选煤厂，可对矿区内原煤进行配选，生产低硫炼焦精煤产品。将该矿区的煤

样 1 与煤样 2 按 55 : 45 进行配选模拟计算。煤样 1 的原煤煤样数据为：原煤灰分 31.67%，煤泥含量 13.83%，煤泥灰分 31.00%，浮沉数据见表 3。煤样 2 的原煤煤样数据为：原煤灰分 32.35%，煤泥含量 23.08%，煤泥灰分 23.23%，浮沉数据见表 4。综合两煤样得到的浮沉数据见表 5。

表 2 离柳矿区焦煤煤炭产品结构测算表  
Table 2 Predicted indicators of coking coal products of H.M. cyclone at Liliu Mining Area %

产品名称	产率	灰分	硫分
精煤	74.61	10.25	1.71
中煤	5.32	47.29	2.32
煤泥	4.55	60.00	1.65
矸石	15.52	80.43	5.96
合计	100.00	25.38	2.40

表 3 煤样 1 原煤浮沉试验数据  
Table 3 Float-and-sink analysis data of sample 1 %

密度级/(g·cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	浮物累计		沉物累计		δ±0.1 含量	
			产率	灰分	产率	灰分	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	产率
<1.30	13.44	2.92	13.44	2.92	100.00	31.84	1.3	55.82
1.30~1.40	42.38	5.63	55.82	4.98	86.56	36.33	1.4	50.79
1.40~1.50	8.41	17.71	64.23	6.64	44.18	65.77	1.5	10.38
1.50~1.60	1.97	26.52	66.20	7.24	35.77	77.07	1.6	2.85
1.60~1.70	0.88	36.00	67.08	7.61	33.80	80.02	1.7	1.65
1.70~1.80	0.77	48.13	67.85	8.07	32.92	81.19	1.8	1.35
1.80~2.00	1.17	58.54	69.02	8.93	32.15	81.98	1.9	1.17
>2.00	30.98	82.87	100.00	31.84	30.98	82.87		
合计	100.00	31.84						

表 4 煤样 2 原煤浮沉试验数据  
Table 4 Float-and-sink analysis data of sample 2 %

密度级/(g·cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	浮物累计		沉物累计		δ±0.1 含量	
			产率	灰分	产率	灰分	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	产率
<1.30	24.14	3.99	24.14	3.99	100.00	35.02	1.3	52.52
1.30~1.40	28.38	7.79	52.52	6.04	75.86	44.89	1.4	35.54
1.40~1.50	7.16	15.95	59.68	7.23	47.48	67.06	1.5	9.28
1.50~1.60	2.12	26.71	61.8	7.90	40.32	76.14	1.6	3.58
1.60~1.70	1.46	32.58	63.26	8.47	38.2	78.88	1.7	2.78
1.70~1.80	1.32	40.7	64.58	9.13	36.74	80.72	1.8	2.34
1.80~2.00	2.03	65.71	66.61	10.85	35.42	82.21	1.9	2.03
>2.00	33.39	83.22	100.00	35.02	33.39	83.22		
合计	100.00	35.02						

表 5 煤样 1 和煤样 2 综合原煤浮沉试验数据综合

Table 5 Composite float-and-sink analysis data of coal samples 1 and 2

%

密度级/ (g · cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	浮物累计		沉物累计		δ±0.1 含量	
			产率	灰分	产率	灰分	密度级/ (g · cm <sup>-3</sup> )	产率
<1.30	18.26	3.40	18.26	3.40	100.00	33.30	1.3	54.34
1.30 ~ 1.40	36.08	6.60	54.34	5.52	81.74	39.98	1.4	43.93
1.40 ~ 1.50	7.85	16.92	62.19	6.96	45.66	66.35	1.5	9.89
1.50 ~ 1.60	2.04	26.61	64.23	7.59	37.81	76.62	1.6	3.18
1.60 ~ 1.70	1.14	34.46	65.37	8.06	35.77	79.47	1.7	2.16
1.70 ~ 1.80	1.02	44.79	66.39	8.62	34.63	80.95	1.8	1.79
1.80 ~ 2.00	1.55	61.77	67.94	9.83	33.61	82.05	1.9	1.55
>2.00	32.06	83.03	100.00	33.30	32.06	83.03		
合计	100.00	33.30						

以无压三产品重介质旋流器分选生产 A-L6 等级炼焦精煤产品<sup>[18]</sup>为例,取产品灰分为 7.75%,考虑原煤煤泥含量适中因素,旋流器一段可能偏差设为 0.022 g/cm<sup>3</sup>、二段可能偏差设为 0.035 g/cm<sup>3</sup>,浮选精煤灰分设为 8.85%,煤泥灰分设为 63.00%,次

生煤泥量设为 5%,各参数设置如图 6 所示。经软件模拟计算,煤样 1 和煤样 2 原煤配选煤炭产品结构预测见表 6。由表 6 可知,无压三产品重介质旋流器分选密度为 1.568 g/cm<sup>3</sup>时,可生产出综合精煤灰分为 7.75% 的精煤产品。



图 6 煤样 1 和煤样 2 原煤配选模拟计算界面

Fig. 6 Simulation calculation interface for setting parameters for cleaning mixed raw coal of sample 1 and 2

表 6 煤样 1 和煤样 2 原煤配选煤炭产品结构预测表

Table 6 Predicted indicators of products obtained through cleaning of mixed raw coal of sample 1 and 2

产品名称	产率/%	灰分/%
精煤	64.09	7.75
中煤	3.27	45.55
煤泥	7.92	63.00
矸石	24.72	83.00
合计	100.00	31.96

上述产品结构预测,若采用传统手工方式计算,工作量需要几个工作日才能完成;使用软件模拟计算则可在 20 min 内完成多种比例的配选数据计

算及产品结构预测,显著提高了计算效率。与选煤厂实际生产数据进行对比分析,运用重介分选模拟计算软件模拟可定量分析洗选生产过程,进而优化煤炭产品的分选效果。此外,该方法还能进行洗选经济性的预先分析,为选煤生产效益的最大化提供支持。

#### 4 结语

基于 Python 语言开发的重介分选模拟计算软件,依托原煤采样与制备、浮沉试验方法以及重介分选的分配率计算构建理论框架,运用分配曲线的正态分布模型,对重介分选的产品结构数据进行模

拟计算, 确保了对分选过程的精确模拟, 所得模拟数据的准确度较高, 且软件配备了用户友好的操作界面, 便于应用与操作。重介分选模拟计算软件结合原煤浮沉数据, 采用 SQLite3 关系型数据库进行浮沉数据的存储管理, 确保了数据在一次性录入后可多次调用。该软件设计灵活, 能够高效地完成多个矿井不同工作面浮沉数据的快速匹配与综合计算任务。重介分选模拟计算软件能迅速准确计算重介分选密度、产品组成、产率、灰分及硫分等数据, 同时具备绘制可选性曲线并进行对比分析的功能, 进而能够有效指导原煤的配选方案、分选密度的确定以及洗选效果的综合评估。软件能够在 20 min 内完成不同配比的数据计算与产品结构分析, 显著提高工作效率。

#### 参考文献:

- [1] 匡亚莉. 选煤工艺设计与管理(设计篇)[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2012: 102-105.
- [2] 孙娜, 王宏, 郭德. 重力选煤中分配曲线预测模型及应用[J]. 煤炭工程, 2017, 49(3): 63-66.
- [3] 郭德, 张秀梅, 杨权成. 重选作业分配率计算公式的建立及应用[J]. 煤炭学报, 2016, 41(12): 3122-3127.
- [4] 全国煤炭标准化技术委员会. 煤炭机械化采样 第 1 部分: 采样方法: GB/T 19494.1—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [5] 全国煤炭标准化技术委员会. 煤炭机械化采样 第 2 部分: 煤样的制备: GB/T 19494.2—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [6] 全国煤炭标准化技术委员会. 煤炭机械化采样 第 3 部分: 精密度测定和偏倚试验: GB/T 19494.3—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [7] 全国煤炭标准化技术委员会. 商品煤样人工采取方法: GB 475—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [8] 全国煤炭标准化技术委员会. 煤样的制备方法: GB 474—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [9] 全国煤炭标准化技术委员会. 煤炭浮沉试验方法: GB/T 478—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 谢广元, 张明旭. 选矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2010: 297-299.
- [11] 黄军辉. 重选产品预测过程中分配率的计算机算法[J]. 选煤技术, 1990(5): 14-18.
- [12] 谢广元. 选矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001: 281-287.
- [13] 知乎. Python 简介及发展历史 [Z/OL]. (2020-08-06)[2024-08-24]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/169624095>.
- [14] 百度百科. Visual Studio Code 软件开发者工具 [Z/OL]. (2024-01-15)[2024-08-24]. <https://baike.baidu.com/item/visual%20studio%20code>.
- [15] 百度百科. SQLite 轻型数据库 [Z/OL]. (2024-01-22)[2024-08-24]. <https://baike.baidu.com/item/SQLite>.
- [16] 刘顺, 赵承年, 路迈西. 选煤厂设计[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1987: 48-52.
- [17] 吴翠平, 李齐轩, 王忠仟, 等. 利用 Python 软件绘制原煤可选性曲线的研究[J]. 选煤技术, 2023, 51(1): 79-83.
- [18] 全国煤炭标准化技术委员会. 煤炭产品品种和等级划分: GB/T 17608—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.