

安全工程专业学位论文

浮选旋流分选机理研究

Study on the Cyclonic Separation Mechanism of Flotation

作 者：\* \*

导 师：\*\*\*教授

中国矿业大学

年 月

**学位论文使用授权声明**

本人完全了解中国矿业大学有关保留、使用学位论文的规定，同意本人所撰写的学位论文的使用授权按照学校的管理规定处理：

作为申请学位的条件之一，学位论文著作权拥有者须授权所在学校拥有学位论文的部分使用权，即：①学校档案馆和图书馆有权保留学位论文的纸质版和电子版，可以使用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编学位论文；②为教学和科研目的，学校档案馆和图书馆可以将公开的学位论文作为资料在档案馆、图书馆等场所或在校园网上供校内师生阅读、浏览。另外，根据有关法规，同意中国国家图书馆保存研究生学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本授权书）。

作者签名： 导师签名：

年 月 日 年 月 日

|  |
| --- |
| 中图分类号 学校代码 10290  UDC 密 级 公开  中国矿业大学  \*\*专业学位论文  浮选旋流分选机理研究  Study on the Cyclonic Separation Mechanism of Flotation  作 者 孔睿 导 师 魏明尧  申请学位 工程硕士专业学位 培养单位 安全工程学院  学科专业 安全工程 研究方向 \*\*\*\*\*  答辩委员会主席 评 阅 人  二○二四年六月 |

**致谢**

感谢ХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХ

感谢ХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХ

**摘 要**

旋流－静态微泡浮选是一种具有我国自主知识产权的新型柱式分选方法与设备。特有的旋流场结构以及在煤炭分选方面的成功应用，为浮选柱技术在我国矿物分选方面的拓展奠定了良好的基础。

ХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХХ

**关键词：**浮选；旋流；分选机理；浮选动力学；矿物分选

**Abstract**

标题：Arial 小二号加粗居中，单倍行距，段前6磅，段后6磅；首字母大写

内容：Times New Roman 小四号，行距固定值20磅；“Keywords”加粗

Young college students are the hope of our country and nation. The historical experience shows that the value education problem for the younger generation cannot be neglected at any time and in any environment. Only through the strengthening of core socialist value belief of the youth, especially young college students, the great mission of achievement of great rejuvenation of the Chinese nation will have reliable backup forces.

Cyclonic static micro-bubble flotation is a new column separation method and device with China self-owned intellectual property. The successful application of this equipment in coal preparation along with its special cyclonic field structure has laid a solid base for the further application of column flotation in mineral processing.

**Keywords:** flotation; cyclonic separation; separation mechanism; flotation kinetics; mineral separation

目 录

[1 绪论 3](#_Toc156402035)

[1.1 研究背景和意义 3](#_Toc156402036)

[1.2 研究现状 3](#_Toc156402037)

[1.2.1 油型气成因研究现状 3](#_Toc156402038)

[1.2.2 油型气防治技术研究现状 3](#_Toc156402039)

[1.2.3 直流电法应用研究现状 3](#_Toc156402040)

[1.3 存在的问题及不足 3](#_Toc156402041)

[1.4 主要研究内容和技术路线 3](#_Toc156402042)

[1.4.1 主要研究内容 3](#_Toc156402043)

[1.4.2 研究技术路线 3](#_Toc156402044)

[2 油型气运移及涌出规律研究 4](#_Toc156402045)

[3 油型气涌出危险性评价体系构建 5](#_Toc156402046)

[4 基于直流电法油型气危险性评价现场应用 6](#_Toc156402047)

[5 全文总结、创新点及展望 7](#_Toc156402048)

[**参考文献** 10](#_Toc156402049)

[**附录1** 12](#_Toc156402050)

目 录

[**摘要 I**](#_Toc8375_WPSOffice_Level1)

**目录 V**

**图清单 VII**

**表清单 VII**

**变量注释表 VII**

[**1 绪论** **1**](#_Toc8375_WPSOffice_Level1)

1.1 概述………………………………………………………………………………1

**2 浮选柱实验研究…………………………………………………………………7**

2.1 浮选柱研究现状…………………………………………………………………7

……………

**3 浮选柱的旋流场结构……………………………………………………………21**

3.1 浮选柱分选机理………………………………………………………………21

3.2 浮选柱选流场…………………………………………………………………25

……………

**6 浮选动力学…………………………………………………………………… 71**

6.1 柱体背压的影响………………………………………………………………71

6.2 循环矿浆压力的影响…………………………………………………………72

6.3 循环矿浆量的影响……………………………………………………………76

……………

**7 结论……………………………………………………………………………107**

**参考文献…………………………………………………………………………111**

**作者简历…………………………………………………………………………117**

**论文原创性声明…………………………………………………………………121**

**学位论文数据集………………………………………………………………… 123**

**图清单**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 图序号 | 图名称 | 页码 |
| 图1-1 | pH值对黄铜矿上浮率的影响关系曲线 | 5 |
| Figure 1-1 | Influence of pH for chalcopyrite float ratio | 5 |
| 图1-2 | 不同捕收剂的用量对黄铜矿上浮率的影响关系曲线 | 7 |
| Figure 1-2 | Influence of different collector amount for chalcopyrite float ratio | 7 |
| 图1-3 | 实验室试验拟合代码输入界面 | 9 |
| Figure 1-3 | Input interface of laboratory test fitting code |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**表清单**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表序号 | 表名称 | 页码 |
| 表1-1 | 快浮装置工业运行状况表 | 16 |
| Table 1-1 | Industrial operation of fast flotation equipment | 16 |
| 表1-2 | 快浮装置主要技术参数 | 17 |
| Table 1-2 | Main technical parameter of fast flotation equipment | 17 |
| 表1-3 | 筛板充填与填料充填的比较 | 17 |
| Table 1-3 | Comparison between sieve plate packing and filler packing | 17 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**变量注释表**

|  |  |
| --- | --- |
| V1 | 反应器入口速度（m/s） |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1 绪论

1 Introduction

1.1 研究背景和意义

（The Research Background and Significance）

……

……

……

1.2 研究现状

（The Research Background and Significance）

1.2.1 油型气成因研究现状

1.2.2 油型气防治技术研究现状

1.2.3 直流电法应用研究现状

1.3 存在的问题及不足

（Problems and Deficiencies）

1.4 主要研究内容和技术路线

（Main Research Contents and Thought）

1.4.1 主要研究内容

（1）根据黄陵二号煤矿掘进巷道底板实际地质条件，运用COMSOL多物理场仿真软件建立油型气运移及涌出的物理模型，研究不同构造情况下油型气运移及涌出的关键特征和演变规律

（2）研究现场底板岩体受压过程中视电阻率变化情况，分析不同围压条件下视电阻率演变特征，揭示岩体地址参数的电法响应机理。

（3）以底板岩体受压过程中的电性参数响应为基础，利用直流电法对掘进工作面巷道底板构造异常情况进行探测，提出以底板岩层电性参数为主，其他油型气涌出影响因素为辅的油型气涌出危险性定量评价指标与方法，并通过现场钻探结果比对验证。

1.4.2 研究技术路线

本文技术路线如图3-1所示.



图3-1 研究技术路线图

Figure 1-2 Research technical route

流场模拟及分选机理研究。

表1-1 表名

Table 1-1 Title

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标题，mm | 占比，％ | 标题，％ | 占比，％ | 标题，％ |
| ＞0.5 | 3.80 | 7.38 | 3.80 | 7.38 |
| 0.5～0.25 | 4.55 | 4.56 | 8.35 | 5.84 |
| 0.25～0.125 | 3.32 | 5.47 | 11.67 | 5.74 |
| 0.125～0.074 | 4.74 | 3.63 | 16.41 | 5.13 |
| 0.074～0.045 | 10.72 | 3.11 | 27.13 | 4.33 |
| ＜0.045 | 72.87 | 4.64 | 100.00 | 4.56 |
| 合计 | 100.00 | 4.56 | － | － |

……

……

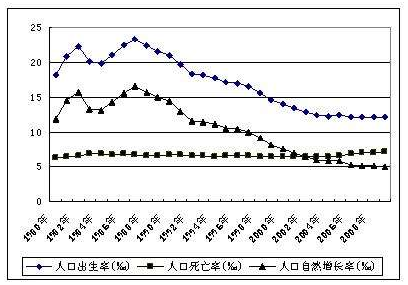


图1-1 图名

Figure 1-1 Title

描述旋流－静态微泡浮选柱的旋流场结构[[1]](#footnote-1)，分析旋流场特征及其影响；借助流体力学软件对柱体的内部流场进行模拟并分析其流场速度分布规律，研究循环矿浆量及给矿量等因素对流场的影响；[[2]](#footnote-2)通过对旋流场内的颗粒受力分析，建立基于旋流的颗粒动力学方程；系统揭示旋流分选作用，并进行相关动力学分析…

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2 油型气运移及涌出规律研究

2 The Rules of Oil-type Gas Migration and Emission

3 油型气涌出危险性评价体系构建

3 Construction of Oil-Type Gas Emission Hazard Evaluation System

4 基于直流电法油型气危险性评价现场应用

4 Field Application of Oil-Type Gas Hazard Assessment by DC Method

5 全文总结、创新点及展望

5 Summaries，Innovations and Prospects

本文从自然因素、外部环境和内部结构等方面，详细分析了影响我国煤炭供给和需求的因素，探索煤炭供需与其影响因素的规律，构建了我国煤炭供需预测预警指标体系，对我国煤炭供需进行预测预警。

我国的煤炭供给受许多因素度影响，而且随着时间的推移，出现新的特点。

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

目前，我国的铁路运输压力又所缓解，但铁路运输还是制约着我国的煤炭供给。我国煤炭资源区域分异现象与经济区域分异性相悖，由此造成了“西煤东调”和“北煤南运”的运输格局，这种能源中心与经济中心的差异性，形成了大量的煤炭运输需求以及非常集中的煤炭流量，但因资金的缺口及体制的原因，铁路运输现在将来一段时期都制约着我国的煤炭供给。

**参考文献**

标题：黑体小二号加粗居中，单倍行距，段前6磅，段后0磅；大纲1级

[1] 北京市政协民族和宗教委员会，北京联合大学民族与宗教研究所．历代王朝与民族宗教[M]．北京：民族出版社，2012：112．

[2] 曹凌．中国佛教疑伪经综录[M]．上海：上海古籍出版社，2011：19．

[3] 储大同．恶性肿瘤个体化治疗靶向药物的临床表现[J/OL]．中华肿瘤杂志，2010，32(10)：721-724 [2014-06- 25]．http://vip.calis.edu.cn/asp/Detailasp．

[4] 丁文详．数字革命与竞争国际化[N]．中国青年报，2000-11-20(15)．

[5] 冯友兰．冯友兰自选集[M]．2版．北京：北京大学出版社，2008：第1版自序．

[6] 关立哲，韩纪富，张晨珏．科技期刊编辑审读中要注重比较思维的科学运用[J]．编辑学报，2014，26(2)：144-146．

[7] 哈里森，沃尔徳伦．经济数学与金融数学[M]．谢远涛，译．北京：中国人民大学出版社，2012：235-236．

[8] 钱学森．创建系统学[M]．太原：山西科学技术出版社，2001：序2-3．

[9] 萧饪．电子资源出版业信息化迈入快车道[EB/OL]．(2001-12 -19) [2002 -04 -15]． http:// www.ereader.com/news/20011219/200112190019.html.

[10] 杨保军．新闻道德论[D/OL]．北京：中国人民大学出版社，2010[2012-11 -01]．http://apabi.lib.pku.edu.cn/usp/pku/pub.mvc?pid=book.Detail&metaid=m.20101104-BPO -889T023&cult=CN．

[11] 袁训来，陈哲，肖书海，等．蓝田生物群：一个认识多细胞生物起源和早期演化的新窗口[J]．科学通报，2012，55(34)：3219．

中文均采用宋体，英文和阿拉伯数字均采用Times New Roman，五号，两端对齐，悬挂缩进1.5字符，段前段后0磅，行距固定值20磅

大纲级别为正文文本，参考文献标注采用顺序编码制，文献编号用阿拉伯数字置于方括号“[ ]”中，编号后空1个半角字符。

博士生参考文献不少于80篇(其中外文参考文献不得少于20篇)。

硕士生参考文献不少于50篇(其中外文参考文献不得少于10篇)。

[12] 杨康．基于瘤胃发酵参数支撑低DCAD防治羊低血钙的研究[D]．贵阳：贵州大学，2019．

[13] 中国图书馆学会．图书馆学通讯[J]. 1957(1)-1990(4)．北京：北京图书馆，1957-1990．

[14] 中国职工教育研究会．职工教育研究论文集[G]．北京：人民教育出版社，1985．

[15] 张田勤．罪犯DNA库与生命论理学计划[N]．大众科技报，2000-11-12(7)．

[16] 中国第一历史档案馆，辽宁省档案馆．中国明朝档案总汇[A]．桂林：广西师范大学出版社，2001．

[17] 赵学功．当代美国外交[M/OL]．北京：社会科学文献出版社，2001[2014-06 -11]．http://www.cadal.zju.edu.cn/book/trySinglePage/33023884/l．

[18] 中国社会科学院台湾史研究中心．台湾光复六十五周年暨抗战史实学术研讨会论文集[C]．北京：九州出版社，2012．

[19] CALKIN D, AGER A, THOMPSON M. A comparative risk assessment framework for wildland fire management : the 2010 cohesive strategy science report: RMRS-GTR-262[R]. [S.L. : s.n. ], 2011: 8-9.

[20] U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Guidelines for han­dling excavated acid-producing material: PB 91T94001[R]. Springfield: U.S. Department of Commerce National Information Service, 1990.

[21] World Health Organization. Factors regulating the immune response: report of WHO Sci­entific Group[R]. Geneva: WHO, 1970.

**附录1**

供需预警程序

Imports System.Math

Imports System.Drawing

Public Class Form1

Private Sub Form1\_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load

With Grid1

.Cols = 9

.Rows = 40

**作者简历**

中文：黑体小二号加粗居中，单倍行距，段前6磅，段后0磅

一、基本情况

姓名：\*\* 性别：男 民族：汉 出生年月：1976-07-23 籍贯：江苏省东台市

1995-09—1999-07 中国矿业大学化工学院学士；

1999-09—2002-06 中国矿业大学化工学院攻读硕士学位

……

二、学术论文

1. \*\*. 煤泥脱硫技术现状[J].煤泥脱硫技术，2004（1）：53-55.

2. \*\*. 黄铁矿显微赋存特征对浮选脱硫的影响[J].煤技术，2005 (5）：6-7.

……

三、获奖情况

1. \*\*. 旋流-静态微泡柱分离方法研究与旋流-静态微泡浮选床研制. 中国机械工业科技进步奖二等奖；

……

四、研究项目

1. 废弃煤泥的洁净加工与利用.国家重点技术创新项目, 编号：国经贸技术（1999）598号,参加人员；

……

**学位论文原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的学位论文《 》，是本人在导师指导下，在中国矿业大学攻读学位期间进行的研究工作所取得的成果。据我所知，除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

中文：黑体小二号加粗居中，单倍行距，段前6磅，段后0磅

学位论文作者签名：

年 月 日

此页可下载

签名需手写

**学位论文数据集**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **关键词\*** | **密级\*** | | | | **中图分类号\*** | | | **UDC**  中文：黑体小二号加粗居中，单倍行距，段前6磅，段后6磅 | | | | **论文资助** |
|  |  | | | |  | | |  | | | |  |
| **学位授予单位名称\*** | | **学位授予单位代码\*** | | | | | **学位类别\*** | | | **学位级别\*** | | |
| 中国矿业大学 | | 10290 | | | | |  | | |  | | |
| **论文题名\*** | | | | | | **并列题名** | | | | | **论文语种\*** | |
|  | | | | | | 英文题目 | | | | | 中文 | |
| **作者姓名\*** | |  | | | | | **学号\*** | | |  | | |
| **培养单位名称\*** | | **培养单位代码\*** | | | | | **培养单位地址** | | | **邮编** | | |
| 中国矿业大学 | | 10290 | | | | | 江苏省徐州市 | | | 221116 | | |
| **学科专业\*** | | **研究方向\*** | | | | | **学制\*** | | | **学位授予年\*** | | |
|  | |  | | | | |  | | |  | | |
| **论文提交日期\*** | | | | |  | | | | | | | |
| **导师姓名\*** | |  | | | | | **职称\*** | | |  | | |
| **评阅人** | | | | **答辩委员会主席\*** | | | | **答辩委员会成员** | | | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | |
| **电子版论文提交格式 文本（ ） 图像（ ） 视频（ ） 音频（ ） 多媒体（ ）**  **其他（ ）**  **推荐格式：application/msword; application/pdf** | | | | | | | | | | | | |
| **电子版论文出版（发布）者** | | | **电子版论文出版（发布）地** | | | | | | **权限声明** | | | |
|  | | |  | | | | | |  | | | |
| **论文总页数\*** | | | |  | | | | | | | | |
| **注：共33项，其中带\*为必填数据，共22项。** | | | | | | | | | | | | |

1. 当论文中的字、词或短语等，需要进一步加以说明，而又没有具有的文献来源时，用注释。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 当论文中的字、词或短语等，需要进一步加以说明，而又没有具有的文献来源时，用注释。 [↑](#footnote-ref-2)