

同行专家业内评价意见书编号: 20240858128

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）  
同行专家业内评价意见书

姓名: \_\_\_\_\_ 王琼浩

学号: \_\_\_\_\_ 22160391

申报工程师职称专业类别（领域）: \_\_\_\_\_ 能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2024年03月20日

## 一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

### 1. 本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况

(1) 首先对于垃圾焚烧飞灰从来源到后续处置、资源化利用的理论知识和研究现状有了一个比较明确的了解，基本明确目前的飞灰处置、资源化的途径和研究方向：处置方式主要有熔融和烧结处置、水热处置、热等离子体处置、水洗和酸洗等，资源化利用方式有建材化利用，重金属回收，制备沸石，制备纳米碳酸钙等。

(2) 对于要通过飞灰制备的层状双金属氢氧化物材料的基本特征、合成方法、应用等有了较为全面的了解：层状双金属氢氧化物是一类具有二维层状结构的物质，具有高比表面积、催化能力、阴离子交换能力、吸附性、碱性、热稳定性以及层间空间的可调性和灵活性等物化性质。主要的合成方法有共沉淀法、水热合成法、离子交换法、原位生长合成、煅烧还原法（结构重建）等，主要的应用方式有催化，催化剂载体，碳捕集，作为有机或无机物质的吸附剂，阻燃剂，热稳定剂等。

(3) 掌握基本检测表征手段 XRD、XRF、XPS、FT-IR、SEM、BET、TG、ICP-OES/MS、IC等的检测方法、检测原理、分析处理数据方法。

(4) 掌握数据分析、Origin

绘图、实验基本操作规范、可行性分析、环境评价等方面的知识。

### 2. 工程实践经历

本研究以飞灰无害化、资源化处理为目标，以垃圾焚烧飞灰为对象，围绕飞灰中氯盐、二噁英、重金属等有害组分逐步开展脱毒处置研究：

(1) 对于飞灰酸洗工艺，首先探究酸洗参数：液固比、时间对于脱氯、重金属、钙元素效果的影响，优化酸洗工艺参数：在保证能够提取钙元素的前提下，综合考虑后续制备用碱量，酸洗后灰渣成分等多方面因素进行优化；

(2) 研究不同制备条件对所得产品的结晶度，粒径，微观结构，成分等方面的影响，开展垃圾焚烧飞灰制备层状双金属氢氧化物的技术开发，综合考虑成本以及对于环境的影响，确定一个较为合适的制备条件；

(3) 制备前后浸出液的元素变化，确定重金属的迁移变化，评估对于环境的影响；

(4) 研究层状双金属氢氧化物重金属吸附应用技术，包括吸附影响因素分析，并通过吸附动力学、吸附等温线和多种表征手段进行吸附机理的探究；

(5) 通过不同手段对制得的层状双金属氢氧化物进行改性，主要通过插层改性，通过阴离子插层，探究阴离子插层对 LDHs 特性影响，并研究阴离子插层对 LDHs 重金属吸附效果的影响。

### 3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例

随着我国城市经济迅速发展以及人们对于环境保护的意识不断提升，城市生活垃圾的产量以及焚烧处置的比重不断增加，伴随着的是生活垃圾焚烧飞灰的产量也在增加，这也导致飞灰的处置以及资源化成为关键性问题。目前垃圾焚烧飞灰的主要处置方法以填埋和水泥窑协同处置为主，但随着政府政策的不断推进，需要提升对飞灰的处置及资源化能力，传统的手段由于环境风险以及处置量等问题已经不能满足要求，需要研究出更多垃圾焚烧飞灰高附加值低成本绿色资源化技术。

针对以上问题，提出了利用垃圾焚烧飞灰制备层状双金属氢氧化物的研究方案，具体的研究内容如下所示：

(1) 研究城市生活垃圾飞灰的基本物化特性粒径分布、比表面积、基本化学成分组成、重金属含量和浸出特性；

(2) 开展垃圾焚烧飞灰制备层状双金属氢氧化物的技术开发，确定不同制备条件对所得产品



的物化特性影响:

(3) 研究制备前后浸出液的元素变化, 确定重金属的迁移变化, 评估对于环境的影响;

(4) 开展飞灰制备所得层状双金属氢氧化物在重金属吸附方面的应用研究, 包括其吸附动力学、吸附等温线、吸附条件影响以及吸附机理等方面的探究。

(5) 通过不同手段对制得的层状双金属氢氧化物进行改性, 实现从工艺到产品的整体优化。最终成效可概括为以下几个方面:

(1) 对于飞灰酸洗工艺, 首先探究酸洗参数: 液固比、时间对于脱氯、重金属、钙元素效果的影响, 在保证能够提取钙元素的前提下, 综合考虑后续制备用碱量, 酸洗后灰渣成分等多方面因素后基本掌握了酸洗的因素影响规律并确定酸洗条件;

(2) 掌握了不同制备条件对所得产品的结晶度, 粒径, 微观结构, 成分等方面的影响规律, 并得到了垃圾焚烧飞灰制备层状双金属氢氧化物的技术路线, 确定了较为合适的制备条件;

(3) 通过制备前后浸出液的元素变化的研究, 确定重金属的迁移变化规律, 发现在制备和应用过程中不存在明显的重金属脱出现象, 即不会产生二次污染;

(4) 通过对吸附影响因素分析, 并通过吸附动力学、吸附等温线和多种表征手段分析了层状双金属氢氧化物的基本吸附机理, 确定了同构替换, 表面沉淀, 表面络合的基本吸附机理;

(5) 通过不同手段对制得的层状双金属氢氧化物进行改性, 了解了阴离子插层对 LDHs 特性影响, 并实现阴离子插层对 LDHs

重金属吸附效果提升, 并能够减少制备过程中重金属脱出的风险。

最终通过以上研究, 公开了两篇专利。

解决企业工程实际问题等取得的经济和社会效益: 结合目前的固废制备层状双金属氢氧化物的研究进展以及飞灰预处理常用的酸洗工艺, 创新性地提出了利用飞灰制备层状双金属氢氧化物的技术路线, 为飞灰资源化利用提供了新的方向, 也为后续企业实际应用提供了理论基础。

(二) 取得的业绩 (代表作) 【限填3项, 须提交证明原件 (包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等) 供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利 (含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申 请时间等	刊物名称 /专利授权 或申请号等	本人 排名/ 总人 数	备注
Synthesis of layered double hydroxides from municipal solid waste incineration fly ash for heavy metal adsorption	TOP期刊	2023年12月16日	Science of the Total Environment	1/7	
一种基于垃圾焚烧飞灰的两性离子吸附剂及制备方法和应用	发明专利申请	2023年11月01日	申请号: 2023114445955	2/5	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况

课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩：86 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间：1.1 年(要求1年及以上) 考核成绩：88 分(要求80分及以上)

本人承诺

个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！


申报人签名：王莉洁



22160391



## 二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	<p>非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 优秀    <input type="checkbox"/> 良好    <input type="checkbox"/> 合格    <input type="checkbox"/> 不合格</p> <p>德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  年 月 日</p>
申报材料 审核公示	<p>根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下：</p> <p><input type="checkbox"/> 通过    <input type="checkbox"/> 不通过（具体原因： _____ )</p> <p>工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： _____ 年 月 日</p>

## 浙江大学研究生院

## 攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22160391	姓名: 王琼浩	性别: 男	学院: 工程师学院	专业: 能源动力	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 24.0学分		已获得: 27.0学分		入学年月: 2021-09	毕业年月: 2024-03						
学位证书号: 1033532024602251			毕业证书号: 103351202402600477								
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2021-2022学年秋季学期	数值计算方法		2.0	89	专业选修课	2021-2022学年春季学期	现代分析测试实验		2.0	93	专业选修课
2021-2022学年秋季学期	智能装备创新设计前沿		2.0	89	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	低污染燃烧理论与技术		2.0	89	专业选修课	2021-2022学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	中国特色社会主义理论与实践研究		2.0	86	公共学位课	2021-2022学年春季学期	智能装备与创新设计实践		4.0	95	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	研究生论文写作指导		1.0	81	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	智能装备创新设计案例分析		2.0	85	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	高等传热学		2.0	80	专业选修课	2021-2022学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	82	公共学位课
2021-2022学年春季学期	人工智能制造技术		2.0	95	专业选修课	2021-2022学年春季学期	工程伦理		2.0	84	公共学位课

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。

2. 备注中“\*”表示重修课程。

学院成绩校印章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2024-04-02



# Synthesis of layered double hydroxides from municipal solid waste incineration fly ash for heavy metal adsorption

Qionghao Wang<sup>a</sup>, Yaqi Peng<sup>a,\*</sup>, Min Chen<sup>b</sup>, Mengxia Xu<sup>c,d</sup>, Jiamin Ding<sup>b</sup>, Qi Yao<sup>a</sup>, Shengyong Lu<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Institute for Thermal Power Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

<sup>b</sup> Taizhou Institute of Zhejiang University, Zhejiang University, Taizhou 318000, China

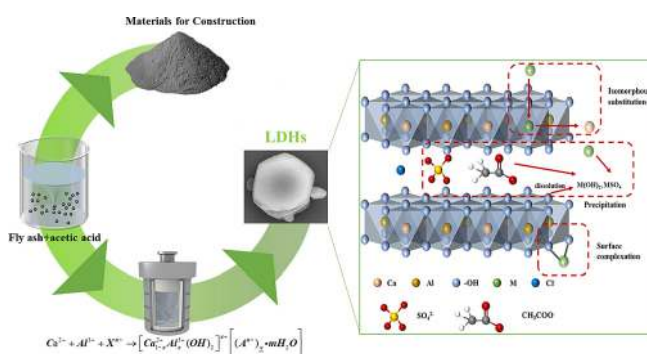
<sup>c</sup> Department of Chemical and Environmental Engineering, and New Materials Institute, University of Nottingham Ningbo China, Ningbo 315100, China

<sup>d</sup> Key Laboratory of Carbonaceous Waste Processing and Process Intensification of Zhejiang Province, University of Nottingham Ningbo China, Ningbo 315100, China

## HIGHLIGHTS

- LDHs were successfully synthesized employing MSWI FA as a precursor.
- MSWI FA derived LDHs exhibited excellent adsorption capacity for Cd<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> in wastewater.
- The LDHs synthesis and heavy metal adsorption process are environmentally friendly.
- Adsorption mechanisms of heavy metals by LDHs were isomorphous substitution, surface complexation, and precipitation.

## GRAPHICAL ABSTRACT



## ARTICLE INFO

Editor: Daniel CW Tsang

### Keywords:

LDHs  
MSWI fly ash  
Adsorption  
Heavy metals

## ABSTRACT

The process of urbanization has resulted in a continuous growth of the production of municipal solid waste, consequently leading to the increase of municipal solid waste incineration fly ash (MSWI FA) over time. This has prompted the need for effective disposal and value-added utilization strategies for MSWI FA. In this study, a hydrothermal method was employed to synthesize Ca—Al layered double hydroxides (LDHs) using MSWI FA as the raw material. The main objective was to investigate how different synthesis parameters affect the crystallinity of the layered bimetallic hydroxides. Subsequently, the synthesized LDHs were characterized using various techniques such as BET, SEM, XRD, FT-IR, and XPS. The results revealed the presence of calcium and aluminum cations in the interlayer region of the synthesized material, with chloride ions, sulfate ions, and acetate ions being the predominant anions. Moreover, the formation of LDHs presents an effective approach for the self-purification of leachates derived from MSWI FA. The LDHs exhibited excellent adsorption capacity for Cd<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> in wastewater, with maximum values of 730 mg·g<sup>-1</sup> and 446 mg·g<sup>-1</sup>, respectively. The adsorption mechanisms involved isomorphous substitution, complexation, as well as the precipitation of hydroxides or interlayer anions. This method presents a novel approach for effectively utilizing MSWI FA to produce environmentally friendly value-added adsorbents.

\* Corresponding author.

E-mail address: [pengyaqi@zju.edu.cn](mailto:pengyaqi@zju.edu.cn) (Y. Peng).

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169482>

Received 30 October 2023; Received in revised form 9 December 2023; Accepted 16 December 2023

Available online 21 December 2023

0048-9697/© 2023 Elsevier B.V. All rights reserved.





312001

浙江省杭州市文三路 478 号华星时代广场 A 座 1601-1 室 杭州信与  
义专利代理有限公司  
马育妙(0571-88495718)

发文日:

2023 年 11 月 02 日



申请号: 202311444595.5

发文序号: 2023110200573610

### 专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2023114445955

申请日: 2023 年 11 月 01 日

申请人: 浙江大学

发明人: 陆胜勇, 王琼浩, 彭亚旗, 姚琪, 丁佳敏

发明创造名称: 一种基于垃圾焚烧飞灰的两性离子吸附剂及制备方法和应用  
经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1 份 1 页, 权利要求项数: 8 项

说明书 1 份 8 页

说明书附图 1 份 1 页

说明书摘要 1 份 1 页

专利代理委托书 1 份 2 页

发明专利请求书 1 份 5 页

实质审查请求书 文件份数: 1 份

申请方案卷号: XYY202311566

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 陈英云

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部

