

附件 2

2025 年黑龙江工程师学院 工程师职称资格申报书

高 校：哈尔滨工程大学

所在学院：材料科学与化学工程学院

专业类别：材料与化工

黑龙江工程师学院制

2025 年 5 月

填 写 说 明

一、本表仅为黑龙江工程师学院工程师职称资格申报使用，须如实填写；

二、申报书中填写内容原则上不得涉密，如存在涉密技术或数据，须做脱密处理，所在单位须严格审核；

三、申报书涉及签名均须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名；

四、申报书中用宋体小四号字撰写，可另附页或增加页数，A4 纸双面打印。

黑龙江工程师学院工程师职称资格申报书

申报人基本信息			
姓 名	丁悦	联系电话	15651810557
出生年月	1996. 10. 12	政治面貌	群众
身份证号	652327199610123527	学 号	S322107056
高 校	哈尔滨工程大学	所在学院	材料科学与化学工程学院
所属专项	龙江专项	专业类别	材料与化工
联合培养信息			
联合培养（入企实践） 单位名称	黑龙江哈船碳材料科技有限公司		
入企实践时间	2023 年 5 月至 2025 年 5 月（共 24 个月）		
校内导师	殷金玲	职务/职称	副教授
企业导师	吕国良	职务/职称	高级工程师
项目名称	煤炭作为直接碳燃料电池燃料电氧化性能的研究		
项目来源	☐ 校企联合攻关项目 ☐ 企业揭榜挂帅项目 ☐ 企业自研项目 ☐ 企业导师自研项目 ☒ 其他鸡西市自然科学基金项目		

课程学习情况						
课程学习平均成绩		按课程学分核算的平均成绩：83.53 分				
业绩代表成果（至少选填一项）						
校企合作项目	名称	合同金额	排名	是否通过验收 /校企双导师认可		
重点重大项目	名称	合同金额	排名	应用成果		
	煤炭作为直接碳燃料电池燃料电氧化性能的研究	40 万	3	本项目将完成以煤炭作为直接碳燃料电池燃料电氧化性能的研究,采用对煤炭的预处理来提高碳电氧化活性,通过熔融碳酸盐的改性,降低反应温度的同时进一步提高以煤炭为燃料的直接碳燃料电池的性能。		
科技成果设计、应用与转化	名称	类型 (产品或样机设计、科技成果应用转化推广和解决行(企)业技术难题等)		应用成果		
				简述取得的经济效益和社会效益(100 字之内)		
理论创新	名称	类别 (包括论文、专利、软件著作权、著作、标准、规范等)	发表时间/ 专利授权时间	刊物名称/专利 授权号	排名	
	The role of coal components and modifications on direct carbon fuel cells	论文	2025.4	The International Society for Optical Engineering	1	
获奖	名称	级别 (包括国家级、省部级)	类别 (包括科学技术类、工程类、涉及(勘察)类、工程咨询类等)	获奖时间	排名	

工程实践总结

一、问题来源与研究现状

全球能源结构长期以来以化石燃料为核心。由于我国的能源结构呈现出“富煤、贫油、少气”的特点，煤炭在我国能源供应中占据了主导地位，我国的电力工业也主要依赖煤炭作为燃料。然而，燃煤发电的效率并不高，存在诸多问题。煤炭燃烧不仅导致大量能源浪费，还进一步加剧了环境问题的严重性。因此，开发高效、清洁、低排放的煤炭转化利用技术显得尤为重要。作为一种新兴的能源转换技术，直接碳燃料电池（Direct Carbon Fuel Cell, DCFC）凭借其高效、环保以及燃料多样性等优势，吸引了众多关注。该技术不仅能够有效提升能源利用效率，还能大幅减少污染物排放，为应对能源危机和环境污染问题提供了一种创新的解决思路。

而其中提高碳电氧化活性是改善 DCFC 性能的根本。这是因为，碳电氧化活性的提高，一是可降低 DCFC 阳极反应的极化过电位，提高 DCFC 的电压效率。二是可提高电池反应速率，即电池的输出电流密度，进而提高 DCFC 的功率密度。三是可降低 DCFC 的工作温度，从而降低对电池材料的苛刻要求和制造成本。

基于这一认识，我们课题组之前开展了提高碳在熔融碳酸盐中电氧化活性的研究，发现对活性炭进行酸或碱（HNO₃、HCl、HF、NaOH）处理后，其在熔融碳酸盐中起始氧化电位显著负移，氧化电流显著提高。酸碱处理一方面可通过脱灰造孔，增大碳的表面积和形成高活性反应中心；另一方面，可在碳表面生成含氧官能团，影响其界面电荷分布状况，促进氧负离子吸附。Dicks 等也开展了类似的工作，用碳酸盐电解质对活性炭进行预浸润，来显著提高其电氧化活性。这是因为碳在熔盐中电氧化反应发生在固/液界面区，与界面双电层（O²⁻在 C 表面吸附）的形成密切相关，有效双电层的形成取决于熔盐对碳的润湿情况；碳酸盐预浸润可使熔盐电解质充分进入碳微孔内，从而充分利用活性炭微孔中氧化活性更高的反应位。Irvine 等则在活性炭表面沉积上金属 Ni（30~50%）后，DCFC 的开路电压和电流密度都有明显提高。主要是因为 Ni 加速了 Boudouard 反应，促进了 CO 的生成，从而提高了碳反应速率。

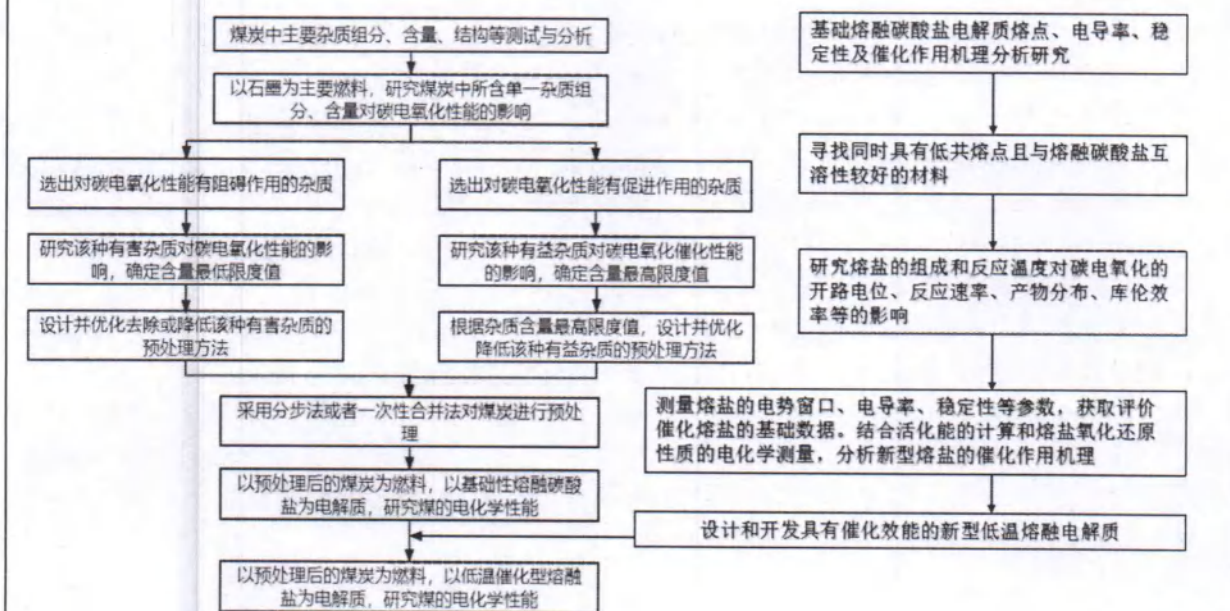
本课题组早期通过在熔融碳酸盐电解质中或石墨等碳材料中添加过渡金属氧化物提高碳燃料反应活性来改善 DCFC 的性能，这些工作取得了有意义的结果。但从实际应用的角度出发，煤炭是一种相对廉价的碳燃料，如果能将其直接作为直接碳燃料电池中，不仅可以解决燃煤发电效率受卡诺循环限制而造成的效率低和环境污染的问题，还可以加速直接碳燃料电池的实用化进程。

二、解决的关键问题（字数 300 字左右）

(1) 金属氧化物可显著降低碳氧化反应的活化能，这意味着碳氧化反应的温度可以降低，温度的降低有利于提高碳的利用率和降低电池材料成本。而熔融 $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-K}_2\text{CO}_3$ 的熔点较高（ $\sim 500^\circ\text{C}$ ），且金属氧化物在其中的溶解度较低，限制了金属氧化物作用的发挥和反应温度的降低。因此研发具有低共熔点的且能对碳电氧化活性有一定提高作用的熔融碳酸盐对于将煤炭应用于直接碳燃料电池中具有重要的意义。但是反应温度的降低，势必导致电池性能的下降。如何克服这一对矛盾是个难题，寻找同时具有低共熔点且与熔融碳酸盐互溶性较好的材料是关键。

(2) 不同于液体和气体燃料的电氧化反应的研究，固体碳燃料电氧化反应的研究比较困难，因为，一方面固体碳向集流体的传输不易控制，另一方面，未与集流体接触的碳会发生化学反应，这就导致难以获得准确可靠的动力学数据，从而在很大程度上制约了碳电氧化的基础研究。并且煤炭中的杂质也会对燃料的导电性等不利，因此需要经过对煤炭中含有的主要杂质对碳电氧化活性的影响的研究，确定好具有催化性能的杂质成分和具有降低碳电氧化活性的杂质成分中，采用合适的预处理方法除掉或者降低不利于碳电氧化活性的有害杂质，更好的发挥煤炭在直接碳燃料电池中的电氧化性能。

三、策略分析及工作量描述



(1) 研究了鸡西煤中无机矿物组分对直接碳燃料电池中碳的电氧化过程的影响。将 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 、 CaO 、 CaCO_3 、 TiO_2 、 Fe_2O_3 和 FeS_2 与石墨粉末混合作为 DCFC 的燃料，通过测试不同混合燃料的起始氧化电位、I-V-P 曲线和恒电压极化曲线等电化学性能。考察无机矿物组分对石墨电氧化过程的催化作用，考察掺杂后熔融碳酸盐直接碳燃料电池和熔融碳酸盐-固体氧化物混合直接碳燃料电池的电化学性能及稳定性。

(2) 使用 HNO_3 、 HCl 、醋酸、 NaOH 和 NaOH-HCl-HNO_3 对煤进行改性。探讨不同的改性方法对煤特性产生的影响。通过各种表征手段对改性煤的组成、形貌结构、比表面积、热稳定性以及表面官能团进行分析。通过测试不同改性煤的开路电压、I-V-P 曲线、电化学阻抗谱和恒电压放电曲线等电化学性能。研究各种改性处理对熔融碳酸盐直接碳燃料电池和熔融碳酸盐-固体氧化物混合直接碳燃料电池的煤炭电化学特性的影响。

(3) 构筑低温催化熔盐电解质，研究 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 对石墨阳极电化学氧化的催化性能。 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 是一种低共熔点(熔点为 352°C)的混合物，将其加入到传统的二元 $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-K}_2\text{CO}_3$ 熔盐体系中作为熔融碳酸盐直接碳燃料电池和熔融碳酸盐-固体氧化物混合直接碳燃料电池的电解质。和传统二元 Li-K 电解质进行对比，测试 I-V-P 曲线、电化学阻抗谱和恒电压放电曲线等电化学性能。研究熔盐的组成和反应温度对碳电氧化的开路电位、反应速率、产物分布、库伦效率等的影响；同时测量熔盐的电势窗口、电导率、稳定性等参数，获取评价催化熔盐的基础数据。进一步结合活化能的计算和熔盐氧化还原性质的电化学测量，分析 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 对碳电化学氧化性能的影响，阐述 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 的催化机理。

四、实践成果

该成果围绕鸡西原煤在直接碳燃料电池(DCFC)中的应用展开,通过深入研究和系统优化,取得了一系列具有创新性和实用价值的成果,为鸡西原煤的高效利用和清洁能源发电提供了新的思路和方法。该成果研究了鸡西煤中多种无机矿物组分对石墨电氧化过程的影响。该成果还采用 HNO₃、HCl、乙酸、NaOH 和 NaOH-HCl-HNO₃等方法对鸡西煤进行改性,改性处理能够显著改善煤的特性,提高其在 DCFC 中的电化学性能,验证了改性煤直接作为燃料负载到 DCFC 阳极中的可行性和潜力。随后,该成果中又构筑了 Li₂CO₃-K₂CO₃-Cs₂MoO₄-V₂O₅ 催化熔盐电解质,能够有效提高碳的电化学氧化性能,具有良好的催化效果。该成果通过优化鸡西原煤的特性和使用低温催化熔盐电解质,显著提高了 DCFC 的能量转换效率,减少了能源浪费。该技术不仅适用于鸡西原煤,还可以推广到其他类型的煤炭,具有广泛的燃料选择范围。通过改性和优化,提高了煤炭的利用效率,降低了生产成本,具有较好的经济效益。未来,可以进一步优化改性工艺和熔盐电解质的配方,提高 DCFC 的性能和稳定性,推动该技术的工业化应用。

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: 丁晓
日期: 2025.5.12

校内导师意见

同意

导师签字: 殷金玲
日期: 2025.5.12

企业导师意见

同意

导师签字: 吕月良
日期: 2025.5.11

校企评价结果

(由学生就读高校的学籍所在学院以及参与专业实践的企业,联合对申报学生专业实践成绩、业绩代表成果进行评价认定)

学生专业实践考核成绩: 95 分

☒优秀 ☐良好 ☐一般 ☐及格 ☐不及格

学生满足的业绩代表成果情况:

☒研究生课程学习平均成绩 80 分及以上
☐校企合作项目 ☒重点重大项目 ☐科技成果设计、应用与转化
☒理论创新 ☐获奖

所在学院公章:
副院长(签字): 董世红

学生入企期间开展的专业实践情况:

☒学生实践信息属实 ☒学生实践内容符合校企实践计划要求
☒学生取得的业绩代表成果与专业实践内容相关

实践部门公章:
负责人(签字): 李亚静

专业评议组组长评议意见

(专业评议组组长汇总本组组员评审情况,形成对该学生的评议意见,并在评审委员会会议中进行口头汇报)

评议结果:

☐ 推荐

☐ 需答辩

☐ 不推荐

组长签字:

日 期:

黑龙江工程师学院意见

单位公章:

日 期:

黑龙江省人力资源和社会保障厅意见

单位公章:

日 期:

附件 3

佐证材料清单

姓名	丁悦	所在高校	哈尔滨工程大学
所属专项	龙江专项	专业类别	材料与化工
材 料 目 录			
序号	材料名称 (按照审批表填写顺序装订)		份数 (份)
1	课程成绩单(含课程学习情况证明)		5
2	校企合作项目材料		
3	重点重大项目		5
4	科技成果设计、应用与转化		
5	理论创新		5
6	省级及以上获奖		

注:相应申报材料按照顺序统一装订,此清单粘贴在档案袋上。

申报人签字: 丁悦 提交时间: 2023.5.12



哈尔滨工程大学研究生成绩证明

学 号:	S322107056	姓 名:	丁悦
性 别:	女	入学年月:	2022.09
专 业:	材料与化工		
学位层次:	硕士	学习形式:	全日制

序号	开课学年/学期	课程编号	课程名称	课程类别	学分	学时	成绩	备注
1	2023春季	202011012701	材料与化工领域新技术科技讲座	专业必修课	1.0	16	中等	
2	2023春季	202032012001	工程伦理	公共必修课	1.0	18	93	
3	2023春季	202032013002	自然辩证法概论	公共必修课	1.0	18	84	
4	2023春季	202032020013	不朽的艺术:走进大师与经典	选修课	2.0	35	优秀	
5	2022秋季	201911010302	海洋先进材料	专业必修课	3.0	56	85	
6	2022秋季	201911010305	现代电化学	专业必修课	2.0	32	91	
7	2022秋季	201911010709	电化学研究方法	专业必修课	2.0	36	88	
8	2022秋季	202011011110	超级电容器进展	选修课	1.0	18	95	
9	2022秋季	202011011111	新型燃料电池	选修课	1.5	24	88	
10	2022秋季	202011012101	材料与化工现代研究方法	专业必修课	3.0	48	66	
11	2022秋季	202011012106	材料与化工安全工程	专业必修课	2.0	32	90	
12	2022秋季	202011013104	电池材料与技术	选修课	2.0	32	76	
13	2022秋季	202011020001	论文写作指导	专业必修课	1.0	16	良好	
14	2022秋季	202032013001	中国特色社会主义理论与实践研究	公共必修课	2.0	36	83	
15	2022秋季	202032013003	第一外国语(英语)	公共必修课	3.0	60	78	
16	2024春季	202011012599	专业实践	专业实践	6.0	0	合格	
17	2023秋季	202011020593	文献综述与开题报告	文献综述与开题	2.0	0	优秀	
18	2024秋季	202011020591	学术活动	学术活动	1.0	0	优秀	
19	2024秋季	202011020594	中期检查	中期检查	1.0	0	优秀	

总学分:37.5



百分制和五分制对应关系: 优秀=90-100; 良好=80-89; 中等=70-79; 及格=60-69; 不及格=0-59。

课程学习情况证明

学籍所在学院(公章):

2024年5月12日

专业课程信息					
(前沿理论课程、实践类课程、案例课程、学科交叉课程中至少必修1门)					
课程类型	课程名称	课程性质 (必修/选修)	学分	成绩	是否 校企共建
前沿理论 课程	材料与化工现代研究方法	必修	3	66	
	材料与化工领域新技术科技讲座	必修	1	75	
实践类 课程	材料与化工安全工程	必修	2	90	
案例课程	现代电化学	必修	2	91	是
学科交叉 课程	海洋先进材料	必修	3	85	
能力素养类课程信息					
(工程伦理、研究方法类、标准与知识产权类必修, 工程管理类、职业素养类选修)					
课程名称		课程性质 (必修/选修)	学分	成绩	
工程伦理		必修	1	93	
电化学研究方法		必修	2	88	
超级电容器进展		选修	1	95	
新型燃料电池		选修	1.5	88	
研究生课程学习平均成绩					
按课程学分核算的平均成绩: 83.53 分			专业排名/专业总人数: 53/71		

附件 4

业绩代表成果评议证明/鉴定模板

企业名称：黑龙江哈船碳材料科技有限公司

2025 年 5 月 9 日

学生姓名	丁悦	身份证号	652327199610123527
所在高校	哈尔滨工程大学	专业类别	材料与化工
成果名称	煤炭作为直接碳燃料电池 燃料电氧化性能的研究	应用领域	燃料电池
成果类型	☒ 市（地）、厅（局）级以上重点项目 ☐ 对行业发展有重大促进作用的重点项目 ☐ 具有创新性或实用性的科学建议 ☐ 企业自主研发设计产品或样机 ☐ 科技成果应用转化推广		
成果属性	原始性创新	所处阶段	成熟应用
学生解决工程实际问题所承担的主要任务			
1、针对鸡西原煤燃料中典型的无机组分对碳电氧化的影响机理未知的情况，对鸡西原煤的成分及物相结构进行分析，将原煤中八种不同的典型无机矿物组分与石墨粉末混合，分别在熔融碳酸盐直接碳燃料电池和熔融碳酸盐-固体氧化物混合直接碳燃料电池充当阳极燃料。通过测试不同混合燃料的起始氧化电位、I-V-P 曲线和恒电压极化曲线等电化学性能，结合放电后燃料电池阳极残留物的表征分析，探讨了鸡西原煤中的无机矿物组分添加对碳电氧化过程的影响。分析煤中典型无机矿物组分对碳电氧化反应的影响。 2、结合鸡西煤中灰分不利于直接碳燃料电池长期稳定性这一问题，分别使用单一溶液 HNO₃、HCl、乙酸、NaOH 和 NaOH-HCl-HNO₃三级处理对煤进行改性。测试了不同改性处理对 DCFC 中煤炭的起始氧化电位、I-V-P 曲线和恒电压极化曲线等电化学性能的影响。 3、针对煤燃料在 DCFC 中综合输出效率不高的情况，设计优化了 Li₂CO₃-K₂CO₃-Cs₂MoO₄-V₂O₅ 催化熔盐体系。新型电解质具有低熔点和良好的碳电氧化催化活性，使直接碳燃料电池在较低的工作温度下实现了优秀的输出性能。			

成果评价

(从质量、成本、效率等考虑,主要围绕成果的创新性、实用性,对科技进步、行业发展的促进作用以及取得的经济效益和社会效益等方面进行评价。)

该成果围绕鸡西原煤在直接碳燃料电池(DCFC)中的应用展开,通过深入研究和系统优化,取得了一系列具有创新性和实用价值的成果,为鸡西原煤的高效利用和清洁能源发电提供了新的思路和方法。该成果研究了鸡西煤中多种无机矿物组分(如 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 、 CaO 、 CaCO_3 、 TiO_2 、 Fe_2O_3 和 FeS_2) 对石墨电氧化过程的影响。该成果还采用 HNO_3 、 HCl 、乙酸、 NaOH 和 NaOH-HCl-HNO_3 等方法对鸡西煤进行改性,通过各种表征手段分析改性煤的组成、形貌结构、比表面积、热稳定性和表面官能团。研究发现,改性处理能够显著改善煤的特性,提高其在 DCFC 中的电化学性能,验证了改性煤直接作为燃料负载到 DCFC 阳极中的可行性和潜力。随后,该成果中又构筑了 $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-K}_2\text{CO}_3\text{-Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 催化熔盐电解质,研究了其对石墨阳极电化学氧化的催化性能。 $\text{Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 是一种低共熔点(熔点为 352°C) 的混合物,将其加入到传统的 $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-K}_2\text{CO}_3$ 熔盐体系中,显著降低了操作温度。与传统二元 Li-K 电解质相比,测试结果表明, $\text{Cs}_2\text{MoO}_4\text{-V}_2\text{O}_5$ 能够有效提高碳的电化学氧化性能,具有良好的催化效果。该成果通过优化鸡西原煤的特性和使用低温催化熔盐电解质,显著提高了 DCFC 的能量转换效率,减少了能源浪费。与传统燃煤发电相比,DCFC 排放的废气少,且为纯度很高的 CO_2 , 容易实现 CO_2 的分离回收利用,减少了环境污染。该技术不仅适用于鸡西原煤,还可以推广到其他类型的煤炭和生物质燃料,具有广泛的燃料选择范围。通过改性和优化,提高了煤炭的利用效率,降低了生产成本,具有较好的经济效益。该成果在鸡西原煤的改性和 DCFC 应用方面取得了显著进展,为煤炭的高效清洁利用提供了新的技术路径。未来,可以进一步优化改性工艺和熔盐电解质的配方,提高 DCFC 的性能和稳定性,推动该技术的工业化应用。

项目负责人签字: 徐金玲

企业公章:

日期: 2025.5.11



Paper

25 April 2025

The role of coal components and modifications on direct carbon fuel cells

Yue Ding, Jinteng Yin, Xuan Zhang, Xianchao Wang, Jing Zhao, Qing Wen, Jiaxin Yao, Guiling Wang

[Author Affiliations](#)

Proceedings Volume 13633, Fifth International Conference on Material Science and Technology (ICMST 2025), 13633OR (2025) <https://doi.org/10.1117/12.3067313>

Event: 5th International Conference on Material Science and Technology (ICMST25), 2025, Macao, China

ARTICLE

CITED BY

Abstract

Direct carbon fuel cells are a type of high-temperature fuel cells with great potential. Compared to traditional coal-fired power stations, they offer higher efficiency and lower emissions, enabling the efficient and clean use of coal. The modification of coal with acetic acid, HCl, and NaOH improves the output performance of coal in a molten carbonate direct carbon fuel cell. The electrochemical performance of modified coal is related to its chemical composition, the concentration of oxygen-containing surface functional groups, and ash components. Electrochemical performance tests were conducted using SG, SG-Al₂Si₂O₇(OH)₃, SG-CaCO₃, and SG-FeS₂ as anode fuels for molten carbonate direct carbon fuel cells and hybrid direct carbon fuel cells. Al₂Si₂O₇(OH)₃ had no significant effect on the power density of DCFC. Both CaCO₃ and FeS₂ could enhance the polarization performance of the battery but would affect the current density during battery discharge.

(2025) Published by SPIE. Downloading of the abstract is permitted for personal use only.

Citation

[Download Citation](#)

Yue Ding, Jinteng Yin, Xuan Zhang, Xianchao Wang, Jing Zhao, Qing Wen, Jiaxin Yao, and Guiling Wang "The role of coal components and modifications on direct carbon fuel cells", Proc. SPIE 13633, Fifth International Conference on Material Science and Technology (ICMST 2025), 13633OR (25 April 2025); <https://doi.org/10.1117/12.3067313>

Home

Proceedings

Volume 13633

Article

PROCEEDINGS

6 PAGES

DOWNLOAD PAPER

SAVE TO MY LIBRARY

GET CITATION

Advertisement

A Tougher Compact Hexapod
Fast delivery
Many models in stock

Advertisement

SPIE OPTICS+ PHOTONICS
Join your colleagues at the leading multidisciplinary optical sciences and technology meeting
3-7 August 2025
Register now

RIGHTS & PERMISSIONS

Get copyright permission

KEYWORDS

Carbon

Aluminum

Silicon

Iron

Anodes

Batteries

Graphite

Show All Keywords

RELATED CONTENT

Study on the process of separating electrolyte from aluminum electrolytic...

Proceedings of SPIE (December 09 2021)

Dynamic research and analysis of battery charge and discharge in...

Proceedings of SPIE (April 25 2022)

Comparison of visible spectra of the accelerating gap of a...

Proceedings of SPIE (December 02 2021)

Research status of comprehensive utilization of iron from red mud

Proceedings of SPIE (April 25 2023)

Graphite-metal rechargeable battery

Proceedings of SPIE (August 27 2020)

Neutron techniques of on line analysis in the Australian mineral...

Proceedings of SPIE (March 03 1995)

Laser diagnostics for research in coal combustion

Proceedings of SPIE (October 01 1990)

☒ Subscribe to Digital Library

☐ Receive Epubs Email Alert

Site Map

[Home](#)

Conference Papers

Conference Presentations

Journals

eBooks

About

Subscriptions

Information for Authors

[Proceedings Authors](#)

Journal Authors

eBook Authors

Information for Reviewers

[Reviewer Guidelines](#)

Reviewer Training Program

Information for Librarians

[Resources](#)

Subscriptions

Contact & Support

[TECHNICAL SUPPORT](#)

support@spie.org

CUSTOMER SERVICE

+1 301 495 3200

[Hours:](#)

8:00 am to 5:00 pm PST

[Help Center](#) | [Contact Us](#)

Connect

SPIE

[SPIE](#) [Privacy Policy](#) | [Terms of Use](#)

© 2025 SPIE

The role of coal components and modifications on direct carbon fuel cells

Yue Ding^{a,b}, Jinling Yin^{a,b*}, Xuan Zhang^c, Xianchao Wang^{c*}, Jing Zhao^{a,b}, Qing Wen^{a,b}, Jiaxin Yao^{a,b}, Guiling Wang^{a,b*}

^aKey Laboratory of Superlight Materials and Surface Technology of Ministry of Education, College of Materials Science and Chemical Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China; ^bHeilongjiang Hachuan Carbon Materials Technology Co., Ltd., Jixi 158100, China; ^cCNBM Graphite New Material Co., Ltd., Beijing 100089, China

ABSTRACT

Direct carbon fuel cells are a type of high-temperature fuel cells with great potential. Compared to traditional coal-fired power stations, they offer higher efficiency and lower emissions, enabling the efficient and clean use of coal. The modification of coal with acetic acid, HCl, and NaOH improves the output performance of coal in a molten carbonate direct carbon fuel cell. The electrochemical performance of modified coal is related to its chemical composition, the concentration of oxygen-containing surface functional groups, and ash components. Electrochemical performance tests were conducted using SG, SG-Al₂Si₂O₅(OH)₄, SG-CaCO₃, and SG-FeS₂ as anode fuels for molten carbonate direct carbon fuel cells and hybrid direct carbon fuel cells. Al₂Si₂O₅(OH)₄ had no significant effect on the power density of DCFC. Both CaCO₃ and FeS₂ could enhance the polarization performance of the battery but would affect the current density during battery discharge.

Keywords: Direct carbon fuel cell, coal modification, spherical graphite, carbon electro-oxidation

1. INTRODUCTION

Environmental pollution and energy challenges have increased the importance of enhancing the efficiency of traditional fossil fuel use and decreasing pollutant emissions [1]. Direct carbon fuel cells (DCFCs) are energy conversion devices characterized by high efficiency, low pollution, and simple structure [2]. Coal is a widely used fuel because of its abundant reserves and mature mining. Thus, it can serve as an anode fuel for DCFCs. However, the low carbon and high ash content of coal can lead to unstable combustion platforms [3], abbreviated combustion periods, and inefficient fuel utilization within cells [4]. Therefore, it is imperative to scrutinize the effects of inorganic minerals on cell efficiency and preprocess the fuel accordingly.

Rady [5] examined the electrochemical characteristics of raw and acid-treated coals (HNO₃ and HF). This study hypothesized that coal minerals, including Fe, Ca, and Mg, enhance the C-CO₂ gasification reaction. Concurrently, the presence of Si, Mg, and Fe increased the ohmic resistance of the cell. Dudek et al. [6] compared the electrochemical characteristics of raw coal with a 3% ash content and HNO₃ pickled coal. The ash in raw coal is dominated by dolomite. Ash can be effectively removed using HNO₃ pickling. The discharge stability of the pickled coal was better during approximately 100 h of discharging. Chien et al. [7] modified bituminous coal by demineralizing acid solutions (HCl and HF). The open-circuit voltage was unchanged compared with that of the original coal, but the maximum power density and discharge time of the battery were significantly improved.

For the commercial deployment of coal-fueled DCFCs, it is essential to identify the specific coal components that significantly influence their electrochemical performance. Furthermore, it is critical to determine the optimal level of coal treatment to maximize the DCFC performance. In this study, two DCFC systems were used: a molten carbonate direct carbon fuel cell (MC-DCFC) and a hybrid direct carbon fuel cell (HDCFC). Comprehensive electrochemical performance evaluations were conducted on the MC-DCFC system employing various modified coal types as fuel sources. This study investigates the impact of various modification treatments on the electrochemical characteristics of coal. Spherical graphite served as the base material and conventional ash fractions from coal were used as the fuel. Electrochemical performance

*yinjinling@hrbeu.edu.cn; wangxianchao@cnbm.com.cn; wangguiling@hrbeu.edu.cn