

中国科学院大连化学物理研究所

优秀博士后支持计划申请表

申 请 人: 方芳

研 究 组: DNL1700 组

学科专业: 物理化学

合作导师: 李先锋

填表日期: 2025 年 7 月 24 日

中国科学院大连化学物理研究所制

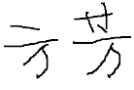
姓 名		方 芳		性 别		女	
				民 族		汉	
学历/学位		博士		授予博士学位时间		2025 年 3 月	
博士毕业院校		帝国理工学院		专 业		化学	
(拟)进站时间		2025 年 4 月		进站性质		☒ 统招统分 ☐ 在职人员	
学习经历从本科起	起止年月		所在单位/专业			所获学位	
	2013. 09-2017. 06		山东大学/制药工程			学士	
	2017. 09-2020. 06		清华大学/药学			硕士	
	2020. 10-2025. 03		帝国理工学院/化学			博士	
工作经历	起止年月		所在单位			职务	
	2025. 04-至今		大连化学物理研究所			博士后	
博士学	博士论文题目		Probing The Electron Transfer Chemistry at Interfaces with Molecular Wires				

位 论 文 摘 要	(限 800 字) Electron transfer (ET) is a fundamental process in chemistry, electrochemistry, and biological systems. It governs the behaviour of various reactions, influencing redox properties, energy conversion, and biological functions. Understanding the mechanisms behind electron transfer is essential for advancing fields such as catalysis, energy storage, and medical biochemistry. Here, surface anchorage in combination with electrochemistry and spectroelectrochemistry is used as a strategy to understand the electron transfer chemistry in small molecules important for energy applications and of fundamental relevance to biological reactions. Indium Tin Oxide (ITO) was selected as the main electrode material for its adjustable enhanced surface area (IO-mesoITO) and compatibility with various systems. A series of highly conjugated molecular wires (oligo(phenylene-ethynylene) (OPE)-type) were synthesized and functionalized onto IO-mesoITO electrode surfaces. Cyclic voltammetry was used to study the thermodynamic and kinetic characteristics of molecular wires on the ITO surface. We demonstrate that the electrode's characteristics induce a change in the ET mechanism from tunnelling to hopping by reducing the energy gap between the electron donor and acceptor. When used as hole-selective contacts in tin perovskite solar cells, these anchored molecular wires achieved a solar-to-electrical conversion efficiency nearing 10% and greater stability under ambient conditions. Further, the electronic structure of molecular wire with ferrocene was interrogated using several spectroscopies including electron paramagnetic resonance, Mössbauer spectroscopy and Superconducting quantum interference device. The mimics of essential biological cofactors, Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD ⁺) and flavine adenine dinucleotide (FAD), were covalently anchored to ITO electrodes. Highly reversible and stable electrochemical regeneration of NADH and FADH ₂ was achieved with a clear two electron transfer process observed by cyclic voltammetry. Operando Raman and infrared spectroelectrochemistry were utilized to capture and provide structural information on intermediates in the NAD ⁺ /NADH redox process, leading to understanding of the stepwise electron and proton transfer steps.																																		
	1、主持或参与项目情况： <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">序号</th> <th style="width: 35%;">项目名称</th> <th style="width: 20%;">项目来源</th> <th style="width: 15%;">项目金额</th> <th style="width: 20%;">起止年度</th> <th style="width: 15%;">角色</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> 2、代表性论文（5 篇以内） 注：“作者排序”中，如为通讯作者请填写“C”。 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">序号</th> <th style="width: 30%;">论文题目</th> <th style="width: 15%;">期刊名</th> <th style="width: 10%;">影响因子</th> <th style="width: 30%;">发表年度/卷期/页码</th> <th style="width: 10%;">排序</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色													序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序					
序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色																														
序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序																														

入 站 前 期 及 入 站 后 科 研 情 况 简 介	1	Conjugated molecular wires on indium-tin oxide: investigation of the electron transfer mechanism and application in tin perovskite solar cells	Nature Chemistry	24.4	二审小修	1
	2	Gram-scale Total Synthesis of Teixobactin Promoting Binding Mode Study and Discovery of More Potent Antibiotics	Nature Communications	16.1	2019;10(1):3268	共 一 第 二 位
	3	Discovery, Optimization, and Target Identification of Novel Potent Broad-Spectrum Antiviral Inhibitors	Journal of Medicinal Chemistry	7.3	2019; 62 (8); 4056-4073	6
	其他论文发表情况					
	3、专利情况：					
	序 号	专利名称	授权/申请	授权/申 请号	起始日期	排 序
	4、获奖情况：					
	序 号	奖励名称	奖励等级	授奖单位	奖励年度	排 序
	1	史蒂文森奖学金	国际级	帝 国 理 工	2023	1
	2	IC-CSC 合作奖学金	国际级	国 家 留 学 基 金 委 - 帝 国 理 工	2020	1
	3	国家奖学金	国家级	教 育 部	2019	1
	4	国家励志奖学金	国家级	教 育 部	2015/2016	1

	5	山东大学一等奖学金	校级	山 东 大学	2015/2016	1
	6	山东大学二等奖学金	校级	山 东 大学	2014	1
	博士后研究题目：面向水系流动电池的人工氧化还原级联反应设计及其原位光谱电化学机理研究					

博士 后 工 作 的 研 究 计 划	(简述研究计划的可行性、先进性和创新性,理论和现实意义) 在“双碳”战略驱动下,构建以可再生能源为主体的新型电力系统已成为国家能源转型的重要方向。然而,风能与太阳能等可再生资源普遍存在间歇性与波动性强的固有特征,亟需发展高安全性、长寿命、规模可调的储能技术以实现能源的稳定输出与高效利用。液流电池(Redox Flow Battery, RFB)凭借其功率与容量解耦、循环寿命长、电解液可重复使用及本征安全性高等优势,成为实现长时储能、平抑电网波动、提高可再生能源消纳能力的理想技术路径。 当前,液流电池正面临多项关键科学挑战,严重制约了其性能提升与广泛应用(CCS Chemistry 2022, 4, 2874–2887): (1) 现有电池中开发的氧化还原活性有机分子(ROMs)在循环过程中易发生化学或电化学降解,影响循环稳定性; (2) 有机氧化还原物种普遍存在溶解度较低的问题,尤其在水系体系中,导致其能量密度显著低于传统钒氧化还原流动电池; (3) 部分有机氧化还原对的电子转移动力学较为缓慢,需施加较高过电位或引入催化剂以提升反应效率。因此,亟需发展新颖的分子设计策略,以突破当前材料体系的局限。 在自然系统中,线粒体电子传递链通过精妙的氧化还原级联反应,实现电子传输与能量转化的高效耦合(Nat Commun 2023, 14, 5207),其中 NADH:泛醌氧化还原酶(呼吸链复合体 I)作为关键入口,能够在微秒至毫秒时间尺度内完成 NADH 向 FMN、铁硫簇(Fe-S clusters)再至泛醌(Q)的逐级电子转移过程。这一复杂而高效的电子传递路径为构建高性能人工氧化还原体系提供了重要启发。 本研究拟从线粒体呼吸链中汲取灵感,设计并构建仿生电子级联路径,将具有电子穿梭功能的辅因子引入有机氧化还原流动电池体系,并结合原位光谱电化学手段开展机制解析,旨在实现电池体系的高稳定性、高反应动力学与高能量密度的协同优化。 本研究的可行性体现在以下方面: (1) 所设计的氧化还原对基于天然辅酶结构类似物进行改造,具备明确的分子可设计性和结构可调性,并且本人已在博士阶段研究中验证其具有良好的水溶性、可逆性及较高的电子转移能力。通过合理设计官能团修饰及电子调控策略,可实现体系内多电子精准传递,为高能量密度储能反应提供理论与结构保障; (2) 本人博士阶段已熟练掌握表界面电化学动力学的测试方法,表界面分子修饰异相催化协同调控策略,通过调控有机分子能级与电极界面能级的匹配度,实现高效率、低过电位的电子转移过程,从而显著改善反应动力学与循环稳定性。该策略已在模型体系中获得正向验证,具备拓展至液流电池系统的良好基础; (3) 本研究依托李先锋团队在有机液流分子设计,电化学储能及机理分析(如原位谱学、DFT 模拟)等方面的综合优势,已具备开展系统性实验与性能评估的能力。现有测试平台完备,涵盖液流电池测试系统,原位表征设备,可确保研究工作的高效推进与关键数据的获取 本研究的创新性在于所采用的氧化还原对基于辅酶结构类似物构建,模拟自然体系中高效、可调控的电子转移路径。通过引入异相与均相催化协同作用,该体系成功实现了多电子转移(六电子)过程,有效提升了反应能量密度,并显著优化了电子传递动力学,避免因单步传递过多电子而引发的高过电位问题。此外,体系所用分子具备良好的水溶性、可生物降解性与低毒性,为构建绿色、可持续发展的水系液流电池体系提供了全新路径。 本研究有望在以下方面实现关键突破: (1) 通过仿生电子级联策略显著提升液流电池的能量密度与电化学稳定性; (2) 建立低成本、环境友好的储能材料体系; (3) 推动人工氧化还原网络在长时储能领域的拓展与应用。项目成果将为实现“碳达峰、碳中和”目标提供高效、安全、可持续的新型储能技术支持。
--	--

本人承诺	本人承诺：申请表所填内容均真实可靠。对因虚报、伪造等行为引起的后果及法律责任均由本人承担。 本人签字：  2025 年 7 月 24 日
------	---