

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书

申 请 人: 艾李申

研 究 组: DNL17 组

学科专业: 化学工程与技术

合作导师: 李先锋

填表日期: 2025 年 12 月 01 日

中国科学院大连化学物理研究所制

姓 名		艾李申	性 别		男		
出生日期			民 族		汉		
学历/学位		研究生/ 博士	授予博士学位时间		2024 年 12 月 24 日		
博士毕业院校		大连理工 大学	(拟) 进站时间		2024 年 07 月 24 日		
E-Mail			联系电话				
研究领域		电化学储能：液流电池、钠离子电池、锂离子电池等					
学习 经历 从本 科起	起止年月	所在单位/专业			所获学位		
	2010. 9-2014. 6	辽宁师范大学/化学（师范）			理学学士		
	2014. 9-2017. 6	辽宁师范大学/无机化学			理学硕士		
	2020. 9-2024. 12	大连理工大学/材料与化工			工学博士		
工作 经历	起止年月	所在单位			职务		
	2017. 6-2020. 6	大连扬澳科技发展有限公司			研发工程师		
	2025. 7 至今	中科院大连化学物理研究所			博士后		
进站 前期 及入 站后 科研 情况 简介	1、主持或参与项目情况：						
	序号	项目名称	项目来源	项目金 额	起止年度	角色	进站前/ 进站后
	1	原子级分散金属活性位点的精准构筑及其在全钒液流电池电极材料中的应用	长时规模储能重点实验室面上项目	20 万	2025.07-2027.07	主持	进站后
	2	基于曲面狭缝毛细效应的碳纳米环状材料创制及其性能	国家自然科学基金面上项目	59 万	2022.01-2026.12	参与	进站前
	3	煤沥青基新结构多孔碳材料的创制及结构与性能研究方法研究	国家基金委-新疆联合基金重点项目	261 万	2021.01-2025.12	参与	进站前
	2、代表性论文（10 篇以内）						
	注：第一作者或共同一作第一，“作者排序”中，如为通讯作者请填写“C”。						
	序号	论文题目	期刊名	影响因 子	发表年度/ 卷期/页码	排序	进站前/ 进站后

	1	An Oriented Diffusion Strategy to Configure Ultrahigh-Density Metal Single Atoms for High-Capacity Sodium Storage	Advanced Materials	26.8	2024/36/2412592	第一作者	入站前
	2	Curved-Slit Effect Induced Nucleation for g-C ₃ N ₄ Nanorings with Double Concaves and Enhanced Photocatalysis	Advanced Functional Materials	19.0	2025/35/2506395	第一作者	入站前
	3	Selective Deposition and Confined Pyrolysis towards Carbon Nanorings for Highly Surface-Dominated Sodium Storage	Energy Storage Materials	20.2	2024/70/103506	第一作者	入站前
	4	Stress-relieved Hollow Porous Carbon Nanoring Structures Anchored with ZnCo ₂ O ₄ Nanoparticles towards Super Stable Lithium Storage	Chemical Engineering Journal	13.2	2024/499/155903	第一作者	入站前
	其他论文发表情况						
	1	Insight into the configuration of hard-soft carbon composites for high performance sodium-ion batteries	Electrochimica Acta	5.6	2024/499/144707	第三作者	入站前
	2	Multifunctional Janus Separator Engineering for Modulating Zinc Oriented Aspectant Growth and Iodine Conversion Kinetics toward Advanced Zinc-Iodine Batteries	Advanced Functional Materials	19.0	2024/35/2423115	第七作者	入站前

	3	CoSe Nanoparticle Embedded B. N-Codoped Carbon Nanotube Array as a Dual-Functional Host for a High-Performance Li-S Full Battery	ACS Nano	16.1	2022/16/17008-17020	第六作者	入站前
	4	Carbon Nanosheets Grown with N-Doped Carbon Nanotubes and Decorated with NiS ₂ Nanoparticles for High-Performance Supercapacitors	ACS Applied Energy Materials	5.6	2024/7/5839-5847	第三作者	入站前
	5	High Nitrogen-Doped Carbon Nanorings Derived from Coal Tar Pitch with Surfactant-Mediated Self-Assembly Strategy for Enhanced Zinc-Ion Storage	ACS Applied Materials & Interfaces	8.2	2025/17/44585-44595	第四作者	入站前
	6	Co ₄ N embedded nitrogen doped carbon with 2D/3D hybrid structure as sulfur host for room-temperature sodium-sulfur batteries	Electrochimica Acta	5.6	2023/451/142288	第四作者	入站前
	7	Novel hollow carbon nanorings with biconcave structure for advanced potassium ion batteries	Chemical Communications	4.2	2025/61/13904-13907	第五作者	入站前
	3、专利情况:						
入站前期及入站后	序号	专利名称	授权/申请	授权/申请号	起始日期	排序	入站前/入站后
	1	一种氮掺杂中空碳纳米环负载金属单原子材料、制备方法及其应用	授权	CN116377473B	2023.11.07	第一	入站前
	2	基于 ZnCo ₂ O ₄ /中空碳纳米环制备钠离子电池负极材料的方法及应用	授权	CN115036502B	2024.05.07	第一	入站前

科研 情况 简介	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	入站前/ 入站后
	1	大连市优秀毕业生	市级	大连市教育 局	2014	1	入站前
	2	大连市三好学生	市级	大连市教育 局	2012	1	入站前
	3	学生干部标兵	校级	校学生会组 织部	2012	1	入站前
	4	优秀学生干部	校级	辽宁师范大 学	2012	1	入站前
	5	创业计划大赛一等奖	校级	共青团辽宁 师范大学委 员会	2016	2	入站前
	6	学生工作奖学金	校级	辽宁师范大 学	2011	1	入站前
	7	研究生学业奖学金	校级	辽宁师范大 学	2016	1	入站前
	8	研究生学业奖学金	校级	辽宁师范大 学	2017	1	入站前
	9	文体活动奖学金	校级	辽宁师范大 学	2012	1	入站前
	10	优秀团员	校级	共青团辽宁 师范大学委 员会	2011	1	入站前
博士后研究题目: 全钒液流电池反应机理探究及轴向配位金属单原子电极材料开发							

博士 后工 作研 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”战略向纵深推进时代背景下，风电、光伏等间歇性新能源装机容量激增，长时储能技术已成为保障新型电力系统稳定运行的关键支撑 (Advanced Materials, 2025, 37(10): 2413653)。全钒液流电池 (VFB) 凭借其本质安全特性、容量与功率解耦设计等独特优势，在大规模、长时程储能场景中展现出不可替代的技术竞争力，已成为电网级储能领域的核心技术选择 (Journal of the American Chemical Society, 2025, 147 (5): 4578-4586)。目前，该技术已进入商业化应用期，国内已建成 100 MW/400 MWh 级大型示范电站，多个吉瓦时 (GWh) 级标杆项目正处于加速推进阶段，产业化落地态势明确。 尽管 VFB 技术路线已得到行业广泛认可，但产业化进程仍受限于两大核心瓶颈：一是反应机理认知不充分，钒离子在电解液中的配位环境演变、电化学反应路径及去溶剂化过程等关键科学问题尚未完全阐明 (Angewandte Chemie, 2025, 137 (9): e202420794)，导致电极材料设计缺乏精准的理论指导，长期制约着电池性能的突破性提升；二是电极材料性能难以兼顾，当前主流碳基负极材料 (碳毡、石墨毡) 存在催化活性不足、传质传荷效率低下等问题，无法同步满足高功率密度与长循环稳定性的产业化需求 (ACS Energy Letter, 2024, 9, 3456-3473)。因此，亟需通过高端表征技术揭示反应本质，并借助材料体系创新突破现有性能瓶颈。 本研究针对上述核心问题，构建“机理揭示-材料创新-性能验证”的系统性研究框架：首先，整合同步辐射、电化学原位衰减全反射红外光谱、原位拉曼光谱、质谱等多维度原位/非原位表征技术，结合电化学动力学测试与密度泛函理论计算，从原子层面精准解析正负极钒离子对 ($\text{VO}^{2+}/\text{VO}_2^{+}$、$\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}$) 的去溶剂化行为、配位结构演变规律及电荷转移机制；其次，基于机理认知，创新提出将高密度非贵金属单原子材料应用于 VFB 负极，通过引入轴向配位原子 (如 N、O、S) 调控金属活性位点的电子结构与配位环境，优化钒离子吸附能垒与反应路径，构建兼具高催化活性、快速传质效率与长循环稳定性的新型催化体系；最后，通过系统的电池性能测试与长循环验证，实现材料结构与电池性能的精准匹配。 本研究的可行性得到多维度保障：(1) 技术基础成熟，同步辐射光谱等高端表征手段已在锂硫电池、燃料电池等体系中实现成功应用，能够有效捕获活性位点价态变化、配位结构演变等关键信息，为 VFB 反应机理研究提供可靠技术支撑；(2) 研究经验丰富，本人博士阶段已系统掌握电化学动力学测试、原位表征技术操作及高密度金属单原子材料的制备与配位调控方法，具备开展跨学科研究的综合能力；(3) 平台支撑完备，依托李先锋团队在 VFB 储能领域的长期技术积累与行业影响力，已建成涵盖液流电池单电池/堆测试系统、多维度原位表征设备的一体化研究平台，可实现从材料制备、机理分析到性能评估验证，确保研究工作高效推进。 本研究的先进性和创新性突出体现在两个维度：一是科学创新，首次通过多手段原位表征与理论计算的深度融合，系统性揭示钒离子电化学反应的微观机理，建立配位环境-电子转移-催化性能的构效关系，为电催化材料的精准设计提供全新理论范式；二是技术创新，突破传统碳基材料的性能局限，开发高密度非贵金属单原子修饰电极，实现电池功率密度与循环稳定性的协同提升，为全钒液流电池的成本下降与产业化推广提供关键技术支撑。 本研究的实施有望取得双重突破：在科学层面，阐明金属/非金属—钒离子协同催化的核心机制，建立基于电子转移调控的催化活性与选择性优化理论，填补 VFB 反应机理研究的空白；在应用层面，突破现有电极材料的性能瓶颈，显著提升 VFB 的能量效率与循环寿命，推动其在新能源电站配套储能、电网调峰等场景的规模化应用，为新型电力系统建设与“双碳”目标实现提供核心技术保障。
--------------------------------------	--

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： 艾李申 2025年12月 / 日
----------	---