

中科院大连化物所“优秀青年博士人才”申请表

姓名	鲁文静	性 别	女	出生年月	1991.03	
出生地	山东泰安	婚姻状况	未婚	政治面貌	中共党员	
毕业学校及专业	中国科学院大学/ 化学工程		学历/学位	研究生/工 学博士		
工作单位及职务	大连化学物理研究所/实习生					
联系方式						

学习及工作经历：

（从高中开始填起，内容包括时间、单位、学位、所学专业、从事专业、专业技术职务情况，时间段要连续，准确到月份，在职学习请注明）

一、学习经历

2007.08-2010.06 山东省新泰市第一中学

2010.09-2014.06 山东大学 工学学士 化学工程与工艺

2014.09-2019.01 中科院大连化学物理研究所 工学博士 化学工程

二、工作经历

2019.01-至今 中科院大连化学物理研究所 实习 液流电池

如内容较多，本栏目填不下时，可另纸接续（下同）。

主要学术成就、科技成果及创新点：

申请者在攻读博士学位期间，主要从事液流电池用多孔离子传导膜成膜机理及构效关系的研究。主要学术成就、科技成果及创新点如下：

离子传导膜是全钒液流电池（VFB）的关键材料之一，对 VFB 性能具有重要影响。目前 VFB 商用全氟磺酸离子交换膜选择性较低、价格昂贵，制约了 VFB 的产业化。多孔离子传导膜基于“孔径筛分效应”实现对离子的选择性筛分，摆脱了膜对离子交换基团的依赖，从根本上解决了膜稳定性差的问题。但是，多孔离子传导膜在液流电池中的很多关键科学问题仍然没有得到深入细致的研究，限制了膜的结构设计和优化。为解决以上问题，申请者在大连化物所读博期间开展了液流电池用多孔离子传导膜成膜机理及构效关系的研究。在阐明多孔离子传导膜在 VFB 中的成膜机理和构效关系的基础上，成功制备出具有可控形貌的高性能低成本多孔离子传导膜材料。

1、溶剂诱导过程对多孔离子传导膜结构与性能的影响

为深入研究溶剂诱导作用对多孔离子传导膜结构及性能的影响，明晰成膜过程。申请者以聚醚砜多孔膜为研究对象，对其进行溶剂处理，研究其结构与性能的变化规律。研究表明：溶剂处理过程中多孔离子传导膜受到溶胀力和内聚力的共同作用，溶胀力使膜的孔结构发生扩展，内聚力使膜的孔结构发生收缩。通过调控聚醚砜多孔膜所受到的作用力，可以制备出形貌和性能可控的聚醚砜多孔膜。所制备的膜组装的 VFB 单电池在 80 mA cm^{-2} 的充放电条件下，能量效率高达 90.19%，这是当时已知的最佳性能。研究结果发表于能源类权威杂志 **Energy & Environmental Science (IF=30.067)** 和膜材料权威杂志 **Journal of Membrane Science (IF=6.578)**。（*Energy & Environmental Science*, 9 (2016), 2319-2325，引用次数 36 次；*Journal of Membrane Science*, 2019, 577, 212-218）

在阐明以上成膜机理的基础上，选择高极性聚醚砜/磺化聚醚砜多孔膜为研究对象，利用溶剂与聚合物之间的相互作用，诱导高分子链段发生重排，实现亲水性基团的聚集，在膜内构建有序的疏/亲水相分离结构，形成高效的离子传输通道，保证膜的离子传导性、离子选择性和稳定性。所制备的膜组装的单电池在 80 mA cm^{-2} 的充放电条件下，能量效率高达 91.62%。研究结果发表于 **Advanced Functional Materials (IF=13.325)**。（*Advanced Functional Materials*, 27 (2017), 1604587，引用次数 13 次）

2、聚合物-溶剂相互作用调控多孔离子传导膜作用机理的研究

以聚苯并咪唑多孔膜为研究对象，选择不同溶剂对其进行处理。结合实验研究和理论计算，阐明聚合物-溶剂相互作用的作用机理。研究表明：聚合物-溶剂相互作用的形式会影响膜的离子传导能力；其强度会影响膜的收缩速度和程度。以此为基础，调节聚合物-溶剂相互作用的形式和强度，制备出高性能聚苯并咪唑多孔膜。所制备的膜组装的单电池在 200 mA cm^{-2} 的充放电条件下，能量效率高达 81.93%，表现出优异的性能。研究结果发

表在 **Energy Storage Materials** (CiteScore=13.31)。(Energy Storage Materials, 10 (2018), 40-47, 引用次数 12 次)

为进一步阐明溶剂对膜的相互作用机理,继续以聚苯并咪唑多孔膜为研究对象,改变溶剂处理过程参数,进一步研究了聚合物-溶剂相互作用与内聚力的作用机理。研究表明:聚合物-溶剂相互作用对膜的调控不受温度影响;溶剂处理时间和溶剂组成会影响聚合物-溶剂相互作用的强度。温度越高,内聚力对膜的影响越大,但内聚力不受溶剂处理时间和溶剂组成影响。以此为基础,通过调节溶剂处理过程参数,制备出高性能聚苯并咪唑多孔膜。所制备的膜组装的单电池在 160 mA cm^{-2} 的充放电条件下,能量效率高达 81.17%,表现出优异的性能。该结论对于实现多孔离子传导膜形貌和性能的可控性,指导高性能液流电池用多孔离子传导膜的结构设计和优化具有重要意义。研究结果发表于 **Journal of Materials Chemistry A** (IF=9.931)。(Journal of Materials Chemistry A, 2018, 6 (32), 15569-15576, 封面文章)

3、液流电池用新型离子传导膜材料的研发

基于多孔离子传导膜的成膜机理,利用五价钒离子 (VO_2^+) 处理法制备出具有“核-壳”结构的高性能聚偏氟乙烯-六氟丙烯/聚乙烯吡咯烷酮共混膜。研究表明,强氧化性 VO_2^+ 诱导膜表面和靠近表面区域中的聚乙烯吡咯烷酮溶解而成孔,构成膜的“壳”。“壳”的多孔结构阻止 VO_2^+ 离子攻击膜内部的离子交换基团,使离子交换膜内部的完整性得以保持,构成膜的“核”。研究表明:所制备的膜兼具多孔离子传导膜和离子交换膜的优点:“壳”的孔结构和“核”内的阴离子交换基团有利于膜内载流子的传导,使膜具有高离子传导率;孔结构的离子筛分作用和阴离子交换基团对荷正电离子的 Donnan 排斥效应可以有效阻止钒离子的交叉共混,使膜同时具有高离子选择性。所制备的膜组装的单电池在 160 mA cm^{-2} 的充放电条件下,EE 超过 80%,表现出优异的性能。研究结果发表在 **Energy Storage Materials**。(CiteScore=13.31)。(Energy Storage Materials, 2019, 17, 325-333)

因此,以 VFB 用多孔离子传导膜的成膜机理为理论指导,可以制备具有可控形貌的高性能多孔离子传导膜,并且通过结构设计和优化,可以设计制备出新型具有高离子选择性、高离子传导率的膜材料,促进 VFB 的实用化和产业化进程。

主要论著目录:

(1. 论文作者、题目、期刊名称、年份、卷期、页、总引次数、他引次数、期刊影响因子; 2. 著作: 著者、书名、出版社、年份)

目录列表最后请注明论文总引次数、他引次数、期刊影响因子的查询截止时间和查询数据库。

以第一作者身份发表论文 9 篇, 第一作者论文影响因子总和>110, CiteScore>26。

- [1] **Wenjing Lu**, Zhizhang Yuan, Yuyue Zhao, Hongzhang Zhang, Huamin Zhang*, Xianfeng Li*. Porous membranes in secondary battery technologies. **Chemical Society Reviews**, 46 (2017), 2199-2236. (期刊影响因子: **40.182**)
- [2] **Wenjing Lu**, Zhizhang Yuan, Yuyue Zhao, Xianfeng Li*, Huamin Zhang*, I Vankelecom. High-performance porous uncharged membranes for vanadium flow battery applications created by tuning cohesive and swelling forces. **Energy & Environmental Science**, 9 (2016), 2319-2325. (期刊影响因子: **30.067**)
- [3] **Wenjing Lu**, Zhizhang Yuan, Mingrun Li, Xianfeng Li*, Huamin Zhang*, I Vankelecom. Solvent-Induced Rearrangement of Ion-Transport Channels: A Way to Create Advanced Porous Membranes for Vanadium Flow Batteries. **Advanced Functional Materials**, 27 (2017), 1604587. (期刊影响因子: **13.325**)
- [4] **Wenjing Lu**, Dingqin Shi, Huamin Zhang, Xianfeng Li*. Highly Selective Core-shell Structural Membrane with Cage-shaped Pores for Flow Battery. **Energy Storage Materials**, 2019, 17, 325-333. (期刊 CiteScore: **13.31**)
- [5] **Wenjing Lu**, Zhizhang Yuan, Yuyue Zhao, Lin Qiao, Huamin Zhang, Xianfeng Li*. Advanced porous PBI membranes with tunable performance induced by the polymer-solvent interaction for flow battery application. **Energy Storage Materials**, 10 (2018), 40-47. (期刊 CiteScore: **13.31**)
- [6] **Wenjing Lu**, Lin Qiao, Qing Dai, Huamin Zhang*, Xianfeng Li*. Solvent Treatment: The Formation Mechanism of Advanced Porous Membranes for Flow Batteries. **Journal of Materials Chemistry A**, 2018, 6 (32), 15569-15576. (期刊影响因子: **9.931**)
- [7] **Wenjing Lu**, Congxin Xie, Huamin Zhang, Xianfeng Li*. Inhibition of Zinc Dendrite Growth in Zinc-Based Batteries. **ChemSusChem**, 11 (2018), 3996-4006. (期刊影响因子: **7.411**)
- [8] **Wenjing Lu**, Huamin Zhang, Xianfeng Li*. Membranes Fabricated by Solvent treatment for Flow Battery: Effects of initial structures and intrinsic properties. **Journal of Membrane Science**, 2019, 577, 212-218. (期刊影响因子: **6.578**)
- [9] **Wenjing Lu**, Xianfeng Li*, Huamin Zhang*. The next generation vanadium flow batteries with high power density-a perspective. **Physical Chemistry Chemical Physics**, 2018, 20 (1), 23-35. (期刊影响因子: **3.906**)

- [10] Yuyue Zhao, **Wenjing Lu**, Zhizhang Yuan, Lin Qiao, Xianfeng Li*, Huamin Zhang*. Advanced charged porous membranes with flexible internal crosslinking structures for vanadium flow batteries. **Journal of Materials Chemistry A**, 5 (2017), 6193-61995. (期刊影响因子: **9.931**)
- [11] Wanqiu Liu, **Wenjing Lu**, Huamin Zhang*, Xianfeng Li*. Aqueous Flow Batteries: Research and Development. **Chemistry-A European Journal**, 25 (2019), 1649-1664. (期刊影响因子: **5.160**)
- [12] Congxin Xie, Yun Liu, **Wenjing Lu**, Huamin Zhang, Xianfeng Li*. Highly stable zinc-iodine single flow batteries with super high energy density for stationary energy storage. **Energy & Environmental Science**, 2019, DOI: 10.1039/C8EE02825G. (期刊影响因子: **30.067**)
- [13] Lin Qiao, Huamin Zhang, **Wenjing Lu**, Chuanhai Xiao, Qiang Fu, Xianfeng Li*, I Vankelecom. Advanced Porous Membranes with Slit-like Selective Layer for Flow Battery. **Nano Energy**, 54 (2018), 73-81. (期刊影响因子: **13.120**)
- [14] Yuyue Zhao, Zhizhang Yuan, **Wenjing Lu**, Xianfeng Li*, Huamin. Zhang*. The porous membrane with tunable performance for vanadium flow battery: The effect of charge. **Journal of Power Sources**, 342 (2017), 327-334. (期刊影响因子: **6.945**)

论文总引次数: 132

他引次数: 107

期刊影响因子的查询截止时间: 2019年2月28日

查询数据库: Web of Science

主持(参与)科研项目及申请专利:

(项目来源、项目名称、经费、个人在其中的作用)

一、参与项目

- [1] 中国科学院前沿科学重点研究项目课题,“液流电池用多孔离子传导膜成膜机理、构效关系及离子传输机理的研究”(QYZDB-SSW-JSC032),经费 250 万,个人负责膜构效关系的研究。
- [2] 国家自然科学基金委辽宁省联合基金重点项目,“液流电池用多维纳米复合多孔离子传导膜的多尺度设计及性能研究”(U1808209),经费 250 万,个人负责多孔离子传导膜的性能研究。

二、申请专利

- [1] 李先锋, **鲁文静**, 张华民, 一种液流电池用聚合物多孔离子传导膜溶剂处理过程参数的筛选办法, 201811110104.2
- [2] 李先锋, 张华民, **鲁文静**, 袁治章, 赵于月, 乔琳, 一种溶剂处理过程中液流电池用聚合物多孔离子传导膜的溶剂筛选办法, 201710940848.6
- [3] 李先锋, 张华民, **鲁文静**, 袁治章, 赵于月, 一种液流电池用聚合物多孔离子传导膜的溶剂处理方法, 201610443530.2
- [4] 李先锋, 赵于月, 张华民, 袁治章, **鲁文静**, 乔琳, 一种液流电池用离子传导膜及其制备应用, 发明专利: 201710940705.5
- [5] 李先锋, 张华民, 袁治章, 赵于月, **鲁文静**, 一种分子筛复合多孔离子传导膜在锂硫电池中的应用, 发明专利: 201610490175.4
- [6] 李先锋, 张华民, 袁治章, 赵于月, **鲁文静**, 戴卿, 主链与离子交换基团分离的离子交换膜及其制备和应用, 发明专利, 201610493534.1

获科技奖情况：

（项目名称、奖项、获奖时间、本人在其中的作用及排名、获奖总人数）

获各类荣誉奖情况：

- [1] 2018.10 2018 年研究生国家奖学金
- [2] 2018.10 2018 年度卢嘉锡优秀研究生奖
- [3] 2018.09 2018 年度中国科学院大学宝钢优秀学生奖
- [4] 2018.07 2018 年首届“新能源之都”杯创新创业大赛大连赛区二等奖（团体奖）
- [5] 2018.07 中国科学院大学 2018 年唐立新奖学金
- [6] 2018.06 中国科学院大连化学物理研究所渤海化工研究生奖学金一等奖
- [7] 2018.06 中国科学院大学三好学生标兵
- [8] 2018.05 2018 年大连化物所优秀研究生
- [9] 2018.01 2018 第一届国际储能与创新联盟年会 Joule 墙报奖
- [10] 2017.09 中国科学院大学朱李月华优秀博士生奖
- [11] 2017.05 中国科学院大学优秀学生干部
- [12] 2016.11 第 18 届全国固态离子学学术会议暨国际电化学储能技术论坛优秀论文