

超微孔离子膜

(技术发明奖)

(推荐专家：徐南平，孙立成，高从堦，王焕庭，王海辉)

1、推荐意见

(1) 徐南平，苏州国家实验室：

我和徐铜文教授相识多年，他作为骨干成员，先后参加了我主持的两期973项目。他是国内离子膜领域代表性人物，开发的离子膜产品已广泛应用于化工、冶金等领域，实现了离子膜的进口替代。此外，离子膜为新能源技术的关键材料，对其电导、稳定性等性能提出了更高的要求。该项目提出了具有超微孔的新一代离子膜，发现了离子传导限域效应，突破了现有离子膜的性能极限，解决了有机液流电池快充技术难题，实现了高性能离子膜规模化制备。项目促进了高端离子膜国产化，且膜材料开发思路和原理具有普适意义，为服务我国“双碳”目标提供关键材料和技术。

鉴于项目取得的成果，推荐徐铜文团队申报中国科学院杰出科技成就奖——技术发明奖。

(2) 孙立成，西湖大学：

我和徐铜文教授因碱性离子膜研究兴趣结缘，了解到他长期主攻能源过程专用膜。例如，该项目面向有机液流电池规模储能技术，从离子膜研究范式变革出发，发展新一代超微孔离子膜，提出了限域通道内“离子配位”机制，实现了膜内离子近似无摩擦传递，突破了有机液流

电池快充瓶颈，建成了年产 20 万平米膜产线，推动了有机液流储能电池首次从实验室走向工业应用。项目开发的电堆系统应用于宿迁璟泰 200 kW/1200 kWh 等示范项目，经济和社会效益显著。该项目为新一代离子膜创制提供了范例，有望助力能源及环境相关电膜技术的发展，服务我国“双碳”目标。

我推荐“超微孔离子膜”为中国科学院杰出科技成就奖（技术发明奖）候选者。

（3）高从堦，浙江工业大学：

我和徐铜文教授认识多年，他是中国电驱动膜专委会负责人，他近 30 年致力离子膜创制和应用攻关，取得系列重要研究成果，对中国打破国外相关技术封锁起到关键作用。离子膜是新能源技术的关键材料，其不断革新可促进新能源技术的更新迭代，为实现国家“双碳”目标提供技术支撑。该项目首创了新一代超微孔离子膜，首次实现了近无摩擦离子传导，形成了高端离子膜规模制备技术，推动了我国电驱动膜及相关技术的发展。项目发明已实现转化，建成了年产 20 万平米膜产线，加速了高端离子膜国产化进程，推动了有机液流储能电池首次从实验室走向工业应用。

我推荐“超微孔离子膜”为中国科学院杰出科技成就奖（技术发明奖）候选者。

（4）王焕庭，莫纳什大学：

徐铜文教授是国际上享有盛誉的知名膜专家，是膜领域顶尖期刊 J Membrane Sci 编辑；我们开展过密切的跨国合作研究。本项目首创了超微孔离子膜，提出了超微孔限域下的“离子配位”机制，首次实现了近无摩擦离子传导，解决了长期困扰膜领域传导性/选择性相互制约难

题，突破了有机液流电池快充技术瓶颈，实现了高性能有机液流电池专用膜规模制备，推动了有机液流储能电池首次从实验室走向工业应用。该项目开创了新的特色研究方向，研究成果发表在 Nature 等期刊，为国际膜领域重大进展，获得了国际同行的广泛关注、认可，被 Science 等推介报道。

我推荐“超微孔离子膜”为中国科学院杰出科技成就奖（技术发明奖）候选者。

（5）王海辉，清华大学：

作为膜领域多年的研究同行，我对徐铜文教授的研究十分了解，他是中国电膜研究的领军科学家，近 30 年取得了系列有影响力的基础理论研究和产业化成果。该项目聚焦高端离子膜国产化，创制了超微孔离子膜，发现了膜内离子传输的限域效应，首次实现了膜内近似无摩擦离子传递，突破了传统膜选择性/传导性相互制约关系，攻克了有机液流电池快充技术难题，推动了国际首个兆瓦级有机液流电池落地。相关成果受到了国内外的广泛关注，被 Science、央视新闻等推介报道。项目发明为有机液流电池等新能源技术的商业化提供关键材料支撑，助力实现国家“双碳”目标。

鉴于项目取得的成果，推荐徐铜文团队申报中国科学院杰出科技成就奖——技术发明奖。

2、主要发明专利列表

[1]微孔框架聚合物及其制备方法、微孔框架聚合物膜及在快充液流电池中的应用，发明人：徐铜文；杨正金；左培培，授权号：ZL202210467679.X，授权日期：2024.2.9

[2]自具微孔离聚物及其制备方法、自具微孔离聚物膜及应用，发明人：

徐铜文;杨正金;左培培, 授权号: ZL201911018677.7, 授权日期: 2022.9.6

[3]一种聚电解质材料、其制备方法与聚电解质膜, 发明人: 徐铜文;葛晓琳;吴亮;宋晚杰;葛亮;杨正金;汪耀明, 授权号: ZL202111079824.9, 授权日期: 2022.10.28

[4]一种聚电解质材料、其制备方法和碱性聚电解质膜, 发明人: 徐铜文;葛晓琳;吴亮;宋晚杰;葛亮;杨正金;汪耀明, 授权号: ZL202110142248.1, 授权日期: 2023.10.20

[5]一种无醚共轭芳香主链的自交联阴离子交换膜及其制备方法, 发明人: 徐铜文;葛晓琳;张帆;张扬;吴亮;孙立轩;魏成鹏, 授权号: ZL202210628838.X, 授权日期: 2023.6.16

[6]水系有机液流电池, 发明人: 杨正金;徐铜文;陈倩如, 授权号: ZL202110575679.7, 授权日期: 2022.12.30

3、其他知识产权和标准等列表

[1] Peipei Zuo[#], Chunchun Ye[#], Zhongren Jiao[#], Jian Luo, Junkai Fang, Ulrich S. Schubert, Neil B. McKeown, T. Leo Liu*, Zhengjin Yang*, Tongwen Xu*. Near-frictionless ion transport within triazine framework membranes, *Nature*, 2023, 617, 299–305.

[2] Peipei Zuo, Yuanyuan Li, Anqi Wang, Rui Tan, Yahua Liu, Xian Liang, Fangmeng Sheng, Gonggen Tang, Liang Ge, Liang Wu, Qilei Song*, Neil B. McKeown*, Zhengjin Yang*, Tongwen Xu*. Sulfonated microporous polymer membranes with fast and selective ion transport for electrochemical energy conversion and storage, *Angew Chem Int Ed*, 2020, 59, 9564-9573.

- [3] Huaqing Zhang, Wei Xu, Wanjie Song, Kang Peng, Lixuan Sun, Cui Yang, Xin Zhang, Hongjun Zhang, Bangjiao Ye, Xian Liang, Zhengjin Yang, Liang Wu, Xiaolin Ge*, Tongwen Xu*. High-performance spiro-branched polymeric membranes for sustainability applications, *Nat Sustain*, 2024, 7, 910-919.
- [4] Wanjie Song[#], Kang Peng[#], Wei Xu, Xiang Liu, Huaqing Zhang, Xian Liang, Bangjiao Ye, Hongjun Zhang, Zhengjin Yang, Liang Wu*, Xiaolin Ge*, Tongwen Xu*. Upscaled production of an ultramicroporous anion-exchange membrane enables long-term operation in electrochemical energy devices, *Nat Commun*, 2023, 14: 2732.
- [5] Kang Peng, Chao Zhang, Junkai Fang, Hongyun Cai, Rene Ling, Yunxin Ma, Gonggen Tang. Peipei Zuo*, Zhengjin Yang*, Tongwen Xu*. Constructing microporous ion exchange membranes via simple hypercrosslinking for pH-neutral aqueous organic redox flow batteries, *Angew Chem Int Ed*, 2024, 63, e202407372.

4、成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献
1	徐铜文	中国科学技术大学	项目技术总负责人、第一完成人。制定总体技术路线和研究方案，创造性提出了超微孔离子膜的概念，开发了离子膜生产工艺，鉴定成果“水系有机液流电池关键材料及装备”的第一完成人。
2	杨正金	中国科学技术大学	项目主要完成人，鉴定成果“水系有机液流电池关键材料及装备”的第二完成人。发明了限域效应离子膜，创制多种水系有机液流电池专

			用离子膜；发展了超微孔框架离子膜，提出了微孔通道内离子配位机制。
3	左培培	中国科学技术大学	项目主要完成人，发明了一种有机溶胶凝胶离子膜制备方法，提出以框架型拓扑结构构筑超微孔框架离子膜；提出在聚合物链中引入刚性链单元，阻碍链的紧密堆积，构筑<1nm 的离子传输通道，发明了自具微孔离子膜。
4	葛晓琳	中国科学技术大学	鉴定成果“水系有机液流电池关键材料及装备”的主要完成人，基于刚性扭曲结构的单体耦合含N杂环的功能基团，发明了一种高稳定性、高传导性的超微孔离子膜。