



新闻动态

科技新闻

通知公告

支部活动

学习园地

信息公开

科技新闻

当前位置: 首页 | 新闻动态 | 科技新闻

中国科大在新型离子分离膜精密构筑方面取得新进展

来源: 科研部 发布时间: 2022-05-25 浏览次数: 72

近日, 中国科学技术大学徐铜文教授团队在新型多孔材料分离膜精密构筑方面取得突破性进展, 报道了一种具有多层次通道结构的孔有机笼 (POC) 离子分离膜。该膜表现出优异的一价阳离子渗透性和一/二价离子选择性, 研究成果以题为“Highly Ion-Permselective Porous Organic Cage Membranes with Hierarchical Channels”发表在国际著名期刊Journal of the American Chemical Society上 (J. Am. Chem. Soc. 2022. DOI: 10.1021/jacs.2c00318)。这是该课题组近期提出“离子精馏”单元操作 (AIChE Journal, 2022, 68, e17710.) 后, 在1-多价离子分离方面的又一重要成果。

离子选择性分离作为膜分离技术的重要应用领域, 涉及资源回收再利用、能源转换与存储等重要化工过程, 在盐湖提锂、盐水精制 (氯碱工业)、高盐废水资源化、液流电池和盐差能发电等领域均有涉及。面向“双碳”的国家战略目标, 针对节能减排和传统产业转型升级等国家重大需求, 离子分离技术的进步对于化学工业生产的可持续发展具有重要意义。

为了深入研究离子在限域孔道内的传质行为及分离机理, 团队前期提出以具有规则孔道结构、骨架结构参数明确的多孔连续框架材料为模型, 在埃米精度下实现离子传输通道的精确定制和孔道性质精密调控, 达到了高效、精准的离子分离效果; 量化通道关键结构参数, 初步揭示了埃米尺度下离子限域传质机制 (J. Membr. Sci., 2020, 615, 118608; Adv. Mater., 2021, 33, 2104404.)。

为进一步提升离子渗透选择性, 团队通过界面生长策略首次构筑了自具离散框架结构的POC (CC3) 离子分离膜, 研究离子在多层次通道中的传递行为与分离特性。CC3是一种具有亚纳米级窗口和纳米级空腔的离散分子, 通过窗口对窗口排列, 形成由POC内腔和POC间外腔组成的连续通道。CC3亚纳米窗口可筛分一/二价离子, 纳米空腔为一价离子提供快速传递途径, 自具离散框架结构的离子通道可降低离子与框架壁面碰撞消耗的能量, 促进离子渗透选择性的提升。因此, CC3膜表现出很高的一价阳离子渗透速率 ($1.0 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) 和极低的二价阳离子透过率, 实现了高的离子选择性, 比如 $\text{K}^+/\text{Mg}^{2+}$ 的选择性~1031, $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ 的选择性~659, $\text{Li}^+/\text{Mg}^{2+}$ 的选择性~283 (图1)。通过分子动力学模拟计算了离子在通道中迁移的自由能面, 揭示了离子在离散CC3框架通道中的传输路径 (图2a)。离子在CC3通道中由一个外腔传递到另一个外腔过程, 以不同的水合状态通过CC3的窗口从外腔向内腔迁移, 传递的能垒顺序为: $\text{K}^+ < \text{Na}^+ < \text{Li}^+ \ll \text{Mg}^{2+}$ (图2b)。这项工作揭示了离子在POC离散框架通道中的传递特性, 为开发高离子渗透选择性分离膜提供了理论指导。

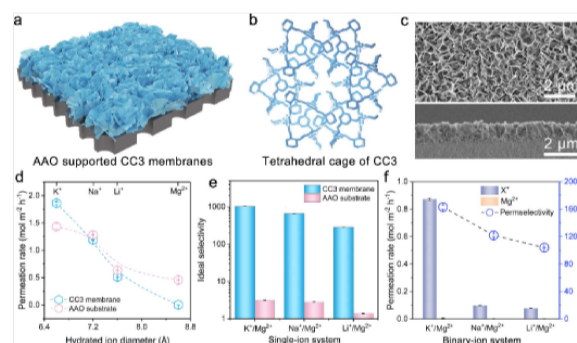


图1 CC3膜的一/二价离子分离性能

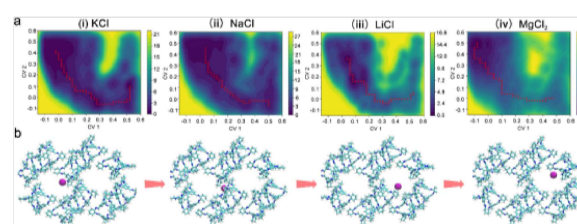


图2 离子在CC3通道中的传递轨迹

中国科学技术大学徐婷婷博士, 安徽大学伍斌副教授和侯林道博士为该文章的共同第一作者, 李兴亚副研究员、葛亮副研究员和徐铜文教授为共同通讯作者。该研究工作得到国家重点研发计划项目、国家自然科学基金等专项经费的资助。

文章链接: <https://doi.org/10.1021/jacs.2c00318>

(化学与材料科学学院、科研部)

