

专利标题: 基于吩嗪衍生物的碱性电池



能源和环境

节能/发电/管理/储存 (电池)

市场机遇

由于化石燃料枯竭和环境问题, 开发安全、高性能和可持续的储能系统至关重要。虽然碱性水系电池具有本质安全性和高电压潜力, 但其广泛应用受到传统负极材料重大挑战的阻碍。金属负极, 如镉、锌和各种合金, 在碱性环境中存在严重缺陷, 包括毒性 (镉)、因腐蚀和钝化层形成导致的循环稳定性差 (锌)、成本高 (合金) 以及相对较低的名义电池电压。尽管有机电极材料具有低毒性、成本效益和结构多样性等优势, 是一种有前景的替代方案, 但迄今为止开发的大多数有机负极与锌等金属相比, 氧化还原电位过高 (太正)。这导致与常见正极配对时全电池电压和能量密度较低。因此, 迫切需要设计新型有机负极材料, 结合超低氧化还原电位、在碱性电解液中的高稳定性、优异的倍率性能和环境友好性, 以实现下一代高性能碱性电池。

技术方案

本专利通过发明一种利用特异性设计的吩嗪衍生物作为负极材料的新型碱性电池, 解决了上述挑战。核心创新在于通过战略性地接枝侧基取代基 (特别是羟基 (-OH) 和氨基 (-NH₂) 等给电子基团) 对吩嗪进行分子工程改造。本发明提供了一种通过苯衍生物 (例如苯醌) 和苯二胺衍生物之间简单、环保的缩合反应合成吩嗪衍生物 (例如吩嗪 (PZ)、2-羟基吩嗪 (PZ-OH)、1,2-二羟基吩嗪 (PZ-2OH)) 的方法。引入羟基作为电子给体, 降低了分子的电子亲和力和最低未占分子轨道 (LUMO) 能级。这种分子剪裁有效地降低了材料的氧化还原电位。例如, 放电电位从PZ的-0.78V (相对于标准氢电极) 显著降低到PZ-2OH的-1.07V, 达到了适用于高电压碱性电池的超低电位。此外, 羟基有助于与电解液中的水分子形成分子内和分子间氢键。这为质子 (H⁺, 被确定为主要电荷载体) 创造了快速的离子传输通道 (通过Grotthuss机制), 从而显著增强了氧化还原动力学, 降低了电荷转移阻抗, 并实现了优异的倍率性能。电池组装在负极和隔膜之间加入了氧化石墨烯 (GO) 薄膜以防止活性物质溶解。全电池 (通常将PZ-2OH负极与Ni(OH)₂正极在浓碱性电解液 (例如1M KOH + 0.1M LiOH) 中配对) 展示了该技术如何解决现有问题。

优势

- 超低氧化还原电位: 在吩嗪核心上接枝给电子基团 (如-OH) 显著降低了放电电位 (PZ-2OH可低至-1.07V vs. SHE), 从而实现更高的全电池电压。
- 卓越的循环稳定性: 有机负极材料在苛刻的碱性条件下表现出出色的稳定性, 全电池在超过9000次循环后仍能保持稳定性能, 容量衰减率极低 (约每循环0.075%)。
- 优异的倍率性能和功率密度: 羟基形成的氢键网络实现了快速的H⁺传输, 从而带来优异的倍率能力和高功率密度 (在10A g⁻¹下至少20 kW kg⁻¹)。

备注

IDF: 1458

IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

4

发明人

支春义教授

崔慧琳博士

朱加雄

查询: kto@cityu.edu.hk

Develop
Concept

Proof
Concept

Follow-on
Funding

Build Value

- 高能量密度：低电位、良好的比容量 ($\geq 170 \text{ mAh g}^{-1}$) 和高电压相结合，产生了高能量密度（例如，基于负极质量，PZ-2OH // Ni(OH)₂ 为 247 Wh kg^{-1} ）。
- 成本效益高且可扩展的合成：制备方法使用低成本原料、简单的缩合工艺和环境友好的溶剂（水/乙醇），有利于大规模生产。
- 环境友好与安全性：有机负极材料无毒，避免了金属负极固有的枝晶、钝化和腐蚀问题，提高了电池安全性。
- 结构可调性：通过改变侧基取代基的类型和数量，可以精确定制电化学性能（电位、动力学），提供巨大的设计灵活性。
- 广泛适用性：所开发的吩嗪衍生物在各种碱性电池系统中表现有效，包括镍基（例如 vs. Ni(OH)₂）和空气电池配置。

应用领域

- 用于可再生能源电网的大规模固定式储能系统。
- 用于便携式电子设备和可穿戴设备的高安全性储能装置。
- 需要安全、高功率密度电池的电动汽车动力源。
- 备用电源系统和不间断电源（UPS）。
- 对毒性（如Cd）或易燃性（如锂离子）有主要顾虑的特殊应用领域。

