

锌空气液流电池放电过程模拟

俞文涛¹, 谈鹏^{1,*}

1. 工程科学学院热科学和能源工程系, 中国科学技术大学, 合肥, 安徽, 中国

简介: 锌空气液流电池以其高能量密度、低廉的价格以及良好的安全性和稳定性引起了广泛的关注。然而, 对于锌空气液流电池内部机理研究的缺乏限制了锌空气液流电池的进一步发展。这项工作通过COMSOL软件建立了一个锌空气液流电池的三维模型, 用于刻画锌空气液流电池的放电过程和解析流动电解液对于电池放电性能提升的机理。为锌空气液流电池的电池结构设计和优化提供参考。

计算方法: 采用了二次电流分布, 模型使用了电化学模块, 化学物质传递以及CFD模块。使用电化学模块中的二次电流分布耦合化学物质传递中的稀物质传递和浓物质传递来刻画电池的电化学反应和物质传递的过程。因在化学物质传递中存在对流传项, 因此, 使用CFD模块中的层流和达西定律分别计算电解质和多孔介质中气体的速度场。为了简化计算我们做出如下假设:

1. 电池是在等温环境中运行的。
2. 忽略过程中电极几何结构形变。
3. 忽略电解液体积以及质量的变化。

模型的几何结构如图二所示, 主要包括锌电极, 多孔空气电极以及电解液腔。在计算流动电解液时, 增加了电解液的进口和出口。锌电极在模型中用一个电极表面代替, 空气电极包括两个部分, 其中一部分是与电解液接触的催化反应层, 是三相反应的发生场所, 另外一部分是多孔气体扩散层与空气相接触。

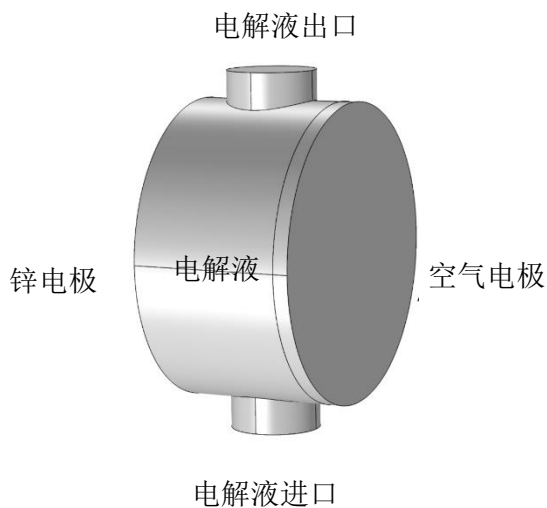


图 1. 模型几何结构

结果:

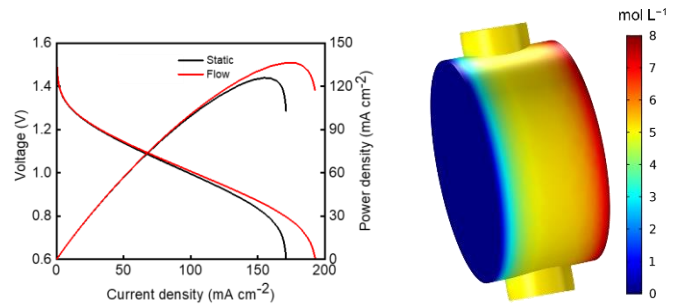


图 2. 极化曲线与功率密度曲线。图 3. 氢氧根离子浓度整体分布。

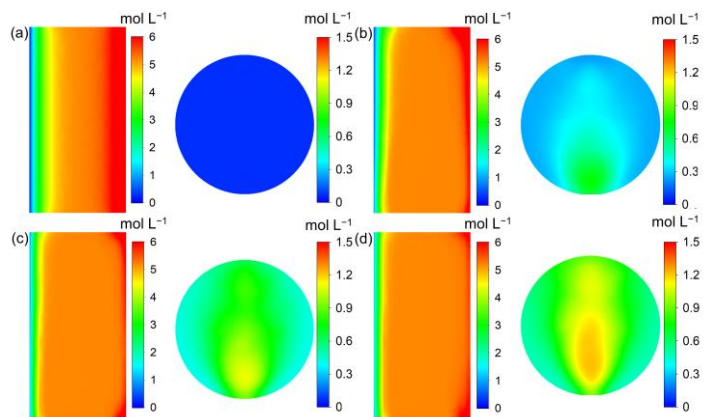


图 4. 锌电极与空气电极剖面(左)和锌电极表面(右)不同流速下氢氧根离子浓度分布云图。(a) 0 mL min⁻¹; (b) 1 mL min⁻¹; (c) 3 mL min⁻¹; (d) 5 mL min⁻¹。

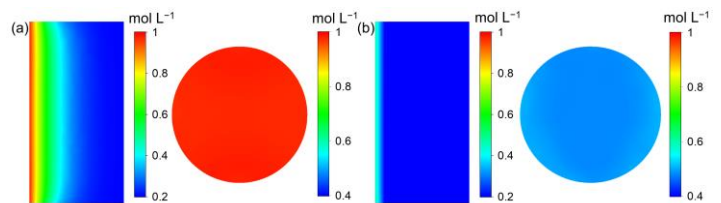


图 5. 锌电极与空气电极剖面(左)和锌电极表面(右)静态和流动条件下锌酸盐离子浓度分布云图。(a) 0 mL min⁻¹; (b) 5 mL min⁻¹。

结论: 通过建立的三维模型, 解析了锌空气液流电池的放电过程, 结论如下:

1. 流动电解液可以有效的提升电池的放电性能。
 2. 提升的功率密度主要来源于强化的氢氧根离子传输。
 3. 流动的电液可以改善锌电极表面锌酸盐离子的传输来抑制钝化从而提高电池的放电容量。
- 这项工作可以为后续的锌空气液流电池的发展提供参考。