[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201607211

www.whxb.pku.edu.cn

高性能水系混合离子电池：不断超越的工作电压

刘鸣华

(国家纳米科学中心, 北京 100190)

采用有机电解质的锂离子电池具有3 V以上的宽电化学窗口, 因而比水系离子电池具有更高的能量密度。然而, 有机电解质易燃、有毒, 如果使用不恰当, 会带来严重的安全及环境问题, 制约了锂离子电池在规模储能中的应用。研究者们一直在试图用水系电解质代替有机电解质。相对而言, 水系电解质环境友好和安全, 且其离子电导率比有机电解质高两个数量级, 有望实现电池的高功率, 还避免了有机电解质所需的严格制造条件, 大大降低了生产成本。因此, 水系离子电池在电网级别的大规模储能领域中具有重要应用前景。然而, 水系离子电池的工作电压相对较低(一般低于1.5 V), 因而能量密度难于提高, 制约了水系离子电池的发展。发展新概念和新理论构建高电压水系离子电池是非常有必要的。

近期中国科学院宁波材料技术与工程研究所刘兆平、陈亮等发现一种新型高电压水系混合离子电池正极材料普鲁士蓝化合物InHCF, 并与磷酸钛钠 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ 负极配对构建出工作电压达1.6 V、能量密度为 $56 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、功率密度超 $2700 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的水系电池, 相关研究成果发表在*Nature Communications*上¹。

该课题组长期致力于水系离子电池的研究。2013年他们提出了“M⁺/N⁺混合离子”的新概念,

构建了工作电压为1 V水系锂钠混合离子电池 $\text{TiP}_2\text{O}_7/\text{Na}_{0.44}\text{MnO}_2$ 。随后, 他们利用普鲁士蓝化合物 $\text{Ni}_1\text{Zn}_1\text{HCF}$ 为正极, 焦磷酸钛 TiP_2O_7 和磷酸钛钠 $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ 为负极, 混合碱金属离子水溶液为电解质, 构建了工作电压超1.2 V的水系混合离子电池³。如今他们进一步突破, 实现了1.6 V的水系混合离子电池¹。研究表明在这一新型电池中, 开放框架结构InHCF的离子共嵌性是实现电池工作的基础。此外, 他们发现对于锂/钠离子, 水分子可提高其嵌/脱电位并降低其嵌脱反应的动力学; 对于钾离子, 水分子则不参加嵌脱反应。值得一提的是, 以往关于离子嵌脱反应的研究主要集中在单一离子本身, 溶剂分子作用往往被忽略, 而该项研究表明溶剂分子如水分子极有可能参与离子嵌脱反应, 为理解离子嵌入型化合物提供了新思维。

References

- (1) Chen, L.; Shao, H. Z.; Zhou, X. F.; Liu, G. Q.; Jiang, J.; Liu, Z. *P. Nat. Commun.* **2016**, 7, 11982. doi: 10.1038/ncomms11982
- (2) Chen, L.; Gu, Q. W.; Zhou, X. F.; Lee, S. X.; Xia, Y. G.; Liu, Z. *P. Sci. Rep.* **2013**, 3, 1946. doi: 10.1038/srep01946
- (3) Chen, L.; Zhang, L. Y.; Zhou, X. F.; Liu, Z. P. *ChemSusChem* **2014**, 7 (8), 2295. doi: 10.1002/cssc.201402084