[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201602261

www.whxb.pku.edu.cn

安全电池：内置热响应高分子开关材料

刘楠

(北京师范大学化学学院, 北京 100088)

安全电池长期以来备受关注。人们在追求高质量、经久耐用电池的同时, 也希望能够提升电池的安全系数, 对高温、漏电等进行快速响应。主要的方法有: 在电池中增加分隔膜、热挡板或利用非易燃的固态电解质^{1,2}。这些或者对电池性能产生极大的影响, 或者电池受损不能可逆控制电池的安全运行。

斯坦福大学鲍哲南教授和崔屹教授课题组最近开发出一种新型热响应高分子复合材料³, 它用于锂离子电池集流体时, 可以智能的控制电池的工作温度, 并且不影响电池的充放电性能, 使得电池更安全可靠。此研究成果发表在最近的 *Nature Energy* 杂志上。

这种快速热响应的高分子材料(简称 TRPS)主要由两部分组成: 导电的填充物和热膨胀系数高的高分子基体。室温下 TRPS 的电导率可以高达 $50 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$, 将它用于电池的集流体时, 当温度升高, 高分子基体膨胀, 导电填充物彼此分离, 超过一定程度时, 电阻会骤然升高, 电池自动断电; 低于一定温度时, TRPS 可以再次恢复高电导率, 电池性能不受影响。

这种 TRPS 之所以可以用于实现安全电池, 主要受益于导电填充物的设计。它是纳米尺寸的“锯齿片”堆垛成的金属镍颗粒, 这一表面结构提供了许多局域电场, 构成了量子隧道效应, 使得很小含量的填充物即可得到高导电率的复合高分

子材料。另外, 金属镍颗粒在有机溶剂中超声分散时, 通过碱的辅助, 有机溶剂分解, 吸附在镍的外表面, 经过热处理后形成很薄(约 10 nm)的致密惰性的石墨层, 有效的阻止了电池反应中镍的阳极氧化。

这种 TRPS 用于安全电池, 相对于其他方法来监测控制电池的安全运行, 最显著的优势就是快速响应、无损恢复。具体来说就是, 内置的 TRPS 在电池到达某一临界温度是, 电阻会跃迁至原来的 10^7-10^8 倍, 使得电池停止工作; 当它降回到临界温度以下时, 会恢复原来的电导, 电池继续工作。转变温度可以由填充物和高分子基体的比例、种类进行精细调控。正是由于 TRPS 的电阻在不同温度下迅速可逆的变化, 由它控制的电池也可以迅速开关, 并且性能恒定。TRPS 的这一巧妙应用, 第一次实现了快速响应、断电后可无损恢复运行的电池, 拓宽了安全电池的控制方法。

References

- (1) Balakrishnan, P. G.; Ramesh, R.; Kumar, T. P. *J. Power Sources* **2006**, *155*, 401. doi: 10.1016/j.jpowsour.2005.12.002
- (2) Zhang, S. S. *J. Power Sources* **2007**, *164*, 351. doi: 10.1016/j.jpowsour.2006.10.065
- (3) Chen, Z.; Hsu, P. C.; Lopez, J.; Li, Y.; To, J. W. F.; Liu, N.; Wang, C.; Andrews, S. C.; Liu, J.; Cui, Y.; Bao, Z. *Nature Energy* **2016**, Article number: 15009. doi:10.1038/nenergy.2015.9