

# Journal of Electrochemistry

---

Volume 21  
Issue 3 *Special Issue of Chemical Power  
Source and Its Materials (II)*

---

2015-06-28

## Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries

Zong-rang ZHANG

*Department of Chemistry, Shanghai Normal University, Shanghai 200234;*, zrzhang@shnu.edu.cn

---

### Recommended Citation

Zong-rang ZHANG. Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries[J]. *Journal of Electrochemistry*, 2015, 21(3): 299-301.

DOI: 10.61558/2993-074X.2277

Available at: <https://jelectrochem.xmu.edu.cn/journal/vol21/iss3/11>

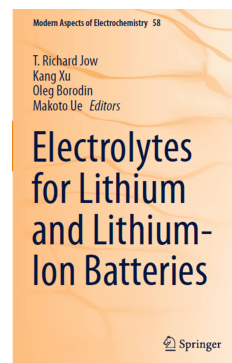
This Book Review is brought to you for free and open access by Journal of Electrochemistry. It has been accepted for inclusion in Journal of Electrochemistry by an authorized editor of Journal of Electrochemistry.

## 《锂电池和锂离子电池中的电解质》

章宗穰

(上海师范大学化学系, 上海 200234)

2014 年秋, Springer 出版社刊印了《Modern Aspects of Electrochemistry》系列丛书的第 58 卷, 书名为《Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries》(锂电池和锂离子电池中的电解质). 该书由美国陆军研究实验室(U.S. Army Research Laboratory)的三位科学家 T. Richard Jow、Kang Xu、Oleg Borodin 及日本三菱化学株式会社(Mitsubishi Chemical Corporation)的 Makoto Ue 共同担任本卷编辑. 知名电化学家 J. O' M. Bockris 和 B. E. Conway 在上世纪 50 年代初共同主编了《Modern Aspects of Electrochemistry》的第一卷, 并由美国学术出版社(Academic Press)于 1954 年出版. 2006 年之后, Bockris 和 Conway 二位先驱因年事已高而不再参与丛书编辑工作. 目前的丛书主编为 R. E. White 和 C. G. Vayenas. 《锂电池和锂离子电池中的电解质》一书对锂电池和锂离子电池中所使用电解质的种类、特性及所涉及的研究方法和理论问题进行了详尽的讨论, 不仅引述了相关领域的近几年重要文献, 还对此进行了有独特见地的评述, 颇有参考价值. 近年来所出版的与锂电池及锂离子电池相关的中英文书籍种类繁多, 但专门论述电池中所用电解质的书籍却极为少见. 特此向本刊读者推荐和作一简略评介.



本书的书名为《Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries》, 由 Springer 出版社于 2014 年出版. 国际标准书号为 ISBN 978-1-4939-0301-6 (印刷版), ISBN 978-1-4939-0302-3 (电子版). 本书已列入 Springer 出版社的电子数据库, 读者可通过该数据库查阅本书.

书籍的目录部分列出了各章的篇名和详子目录, 快速浏览书籍目录即可对各章节的梗概有所了解.

- Chap. 1 Nonaqueous Electrolytes: Advances in Lithium Salts
- Chap. 2 Nonaqueous Electrolytes with Advances in Solvents
- Chap. 3 Nonaqueous Electrolytes with Advances in Additives
- Chap. 4 Recent Advances in Ionic Liquids for Lithium Secondary Batteries
- Chap. 5 Interphases Between Electrolytes and Anodes in Li-Ion Battery
- Chap. 6 On the Surface Chemistry of Cathode Materials
- Chap. 7 Tools and Methodologies for the Characterization of Electrode-Electrolyte Interfaces
- Chap. 8 Molecular Modeling of Electrolytes
- Chap. 9 Prediction of Electrolyte and Additive Electrochemical Stabilities
- Chap. 10 Aprotic Electrolytes in Li-Air Batteries

锂电池的研究始于上世纪六、七十年代, 并于七十年代初实现了一次电池的商品化. 日本 Sony 公司开发的锂离子二次电池也于 1991 年推向市场, 被用作摄像机的电源. 目前, 性能优良的可充电锂离子电池已被广泛地用于计算机及各类移动设备. 进一步开发适用于不同领域(例如, 混合动力汽车、通讯设备以及航空器的备用电源等)的新型高性能锂离子电池, 以满足日益增长的各种设备的电源需求, 更是颇受关注的研究课题. 电解质是锂离子电池的关键构成部分. 寻求具有更佳性能的电解质, 了解电极与电解质界面的电化学反应, 乃是进一步提高电池各项性能的关键所在. 本书从实践和理论的多重视角论述了高性能电解质探寻、合成及其性能研究和表征, 讨论了近年来的进展和可能的未来研究方向. 也列入了电极-电解质界面研究的工具和方法学讨论以及借助于量子化学方法来探索新型电解质的分子设计方法专门

章节. 从所涉及内容的广度和深度以及论述的视角来看, 均有其独到之处. 各章文末所附的参考文献总数近 2000 篇, 更是值得参阅的本领域文献资源.

本书的十个章节可分为三部分. 第一章至第四章从材料化学的角度论述了各类电解质的化学组成、合成方法及其在锂离子电池中的应用. 第一章的篇名是“Nonaqueous Electrolytes: Advances in Lithium Salts”. 本章对用于锂电池及锂离子电池的各类非水电解质进行了详尽的评述. 讨论了已开发的各种锂盐的性能及其在电池中的应用, 并将其与目前较成熟地用于锂离子电池的  $\text{LiPF}_6$  进行比较. 对所提及的各种锂盐在非水溶剂中的理化性质和电化学行为作了综合评价. 已开发的某些锂盐也有可能用作  $\text{LiPF}_6$  的添加剂或替代物. 在本文之后所附的参考文献多达 732 篇, 几乎涵盖了本领域的绝大多数重要文献. 第二章的篇名是“Nonaqueous Electrolytes with Advances in Solvents”. 作者从合成方法、理化性质及电池性能等方面对将含有硫、氟、硼和磷等杂原子的不同种类非水溶剂用于锂离子电池的现状与进展进行了有独特见解的评述. 第三章的篇名是“Nonaqueous Electrolytes with Advances in Additives”. 近 15 年来, 用作锂离子电池中电解质的添加剂开发取得了重大进展, 在很大程度上提高了电池性能. 本章对此作了详细评述. 文中按添加剂的不同功能和时间顺序列出了分别用于改进电池电化学性能和安全性的近 170 多种添加剂的结构式和相关文献, 其中约半数添加剂由本章作者所在的日本宇部兴产株式会社(UBE Industries, Ltd.) 开发. 作者也在文末对如何避免添加剂的副作用提出了看法. 所附参考文献中包含了 120 余项各国专利, 极有实用参考价值. 第四章的篇名是“Recent Advances in Ionic Liquids for Lithium Secondary Batteries”. 近十年来, 与离子液体在锂离子电池中的应用相关的研究报道日渐增多. 多数研究工作关注其在提高电池安全性(特别是减少意外引燃事故的发生)方面的特殊作用. 但常见的离子液体似乎并未显示出显著有效性. 文中对近年来出现的含有其它阴离子的新型离子液体及其在锂离子电池中的应用作了简要评述.

本书的第二部分着重对锂离子电池中电极/电解质界面的电化学行为以及界面的表征方法进行评述. 第五章的篇名是“Interphases Between Electrolytes and Anodes in Li-Ion Battery”, 由华南师范大学李伟善教授和同事们合作撰写. 锂离子电池的电化学特性在很大程度上取决于电极/电解质相界面的结构及其电化学行为. 本章首先对 2005 年之前所提出的锂离子电池的电极界面结构理论进行了回顾, 在此基础上着重评述了这一领域的新进展, 特别关注石墨电极/电解质相界面的形成过程、化学组成及其电化学行为. 第六章的篇名是“On the Surface Chemistry of Cathode Materials”. 锂离子电池中常用的阴极材料包括过渡金属氧化物或硫化物、锂化的过渡金属氧化物以及锂化金属磷酸盐的橄榄石型化合物等. 此类阴极材料大多有极好的表面化学性能, 并对电池的电化学性能有很大影响. 电池的电化学行为受控于阴极表面膜的形成、钝化现象以及锂离子穿越电极界面的过程. 本章从表面化学原理及实验技术出发对锂离子电池阴极界面过程及其控制进行了较详尽的评述. 第七章的篇名是“Tools and Methodologies for the Characterization of Electrode-Electrolyte Interfaces”, 通过某些实例评述了相关的实验仪器和实验技术, 以及由此得到的信息. 本书的前六章涉及多年来所积累的有关锂电池和锂离子电池中电极与电解质之间相互作用的实验现象和理论探讨. 离开了相关实验技术和仪器的发展, 这一切都无法实现. 作者在文中评述了诸如阻抗谱、石英晶体微天平、振动光谱、电子显微镜、光电子能谱及其它基于 X 射线的测定技术、核磁共振谱及显微探针等技术在锂离子电池基础研究中的应用现状和进展. 第八章的篇名是“Molecular Modeling of Electrolytes”, 对应用分子模拟方法于锂离子电池中电解质的电化学行为研究的晚近进展进行了评述. 近年来, 分子模拟方法在了解电解质的电化学行为和界面传输过程方面取得了极有意义的进展. 本章的第一部分对如何应用量子化学方法进行电解质的氧化稳定性及氧化诱导分解反应的研究进行了评述. 第二部分则着重于如何应用分子动力学模拟及密度泛函方法于液体电解质或固体电解质界面模型化合物结构及迁移行为的预测; 以及电解质中锂离子去溶剂化过程的自由能变化和荷电电极/电解质界面行为的预测.

第九章和第十章的篇名分别为“Prediction of Electrolyte and Additive Electrochemical Stabilities”和“Aprotic Electrolytes in Li-Air Batteries”. 文中回顾了应用密度泛函方法对电解质和添加剂的电化学稳定性进行预测的进展及现状. 上世纪九十年代初期, 计算化学得到了迅速发展. 在同一时期, 锂离子二次电

池的研发和商品化也有了长足进展. 但二者的发展在当时似乎并无关联. 其后, 新型计算机和计算方法都有了新的突破, 才得以将其应用于电池材料及其电化学反应的解释和预测, 终于取得了令人感兴趣的进展和结果. 并在新型锂离子电池(例如锂-空气电池等)的研究开发工作中得到了应用.

综观全书, 可以得出“电解质是锂离子电池的关键部件”这一结论. 现今用于商品锂离子电池的性能优越的电解质是多年研究开发的成果, 在实现锂离子电池性能的突破性进展中起到了关键作用. 混合电动汽车电源和通讯及现代航空器备用电源等新型电源的需求是电源化学所面临的巨大挑战. 用于不同设备的锂离子电池不仅要具有尽可能高的输出电压及高容量和高能量密度, 也必须具有良好的充放电性能、储藏寿命以及安全特性. 电池中所使用的电解质也必须在高低温极端条件下都能显示良好的离子传导性能和化学稳定性, 且与各种电极材料也有良好兼容性. 考虑到高能量密度的要求, 新型锂离子电池常使用各类新开发的高电位或高容量阴极材料以及与之匹配的不同阳极材料, 因而也需在对电池电化学反应和界面特性深入理解的基础上探寻与之相适应的新型电解质. 为此, 需要探索从事合成化学、分析化学、计算化学的科学家们相互合作的有效途径, 以推进新型高能量密度锂离子电池的研究开发工作. 本书各个章节的详尽评述和所附的大量近期参考文献为各位研究人员和技术人员提供了有关锂离子电池中电解质的有价值建议和资讯.

附: Springer 出版社对本书的介绍

- The only up-to-date book that focuses on electrolytes for lithium and lithium-ion batteries
- Discusses methods of characterization electrolyte-electrode interphasial chemistry, and the use of computational chemistry
- Provides a comprehensive review of recent advances covering all aspects of the electrolytes

**Electrolytes for Lithium and Lithium-ion Batteries** provides a comprehensive overview of the scientific understanding and technological development of electrolyte materials in the last several years. This book covers key electrolytes such as  $\text{LiPF}_6$  salt in mixed-carbonate solvents with additives for the state-of-the-art Li-ion batteries as well as new electrolyte materials developed recently that lay the foundation for future advances. This book also reviews the characterization of electrolyte materials for their transport properties, structures, phase relationships, stabilities, and impurities. The book discusses in-depth the electrode-electrolyte interactions and interphasial chemistries that are key for the successful use of the electrolyte in practical devices. The Quantum Mechanical and Molecular Dynamical calculations that has proved to be so powerful in understanding and predicting behavior and properties of materials is also reviewed in this book. *Electrolytes for Lithium and Lithium-ion Batteries* is ideal for electrochemists, engineers, researchers interested in energy science and technology, material scientists, and physicists working on energy.

### Book Review

## "Electrolytes for Lithium and Lithium-Ion Batteries"

ZHANG Zong-rang

*(Department of Chemistry, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)*

This is an up-to-date book published by Springer last year and focuses on the field of the electrolytes for lithium and lithium-ion batteries. A brief introduction and review of this book are given in this paper. The main contents of this book are introduced briefly in the order of ten different chapters along with a short review of recent progress in those fields.