

材料科学进展课程教学改革探索与实践

罗文斌 晁自胜 范金成

(长沙理工大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要 材料科学进展是长沙理工大学材料学院为本科生开设的一门理论课, 主要介绍高分子、金属、无机非金属等材料的研究、设计和开发, 器件加工以及表征技术的科学进展和发展趋势。针对该课程特色和教学中存在的问题, 我们进行了教学改革探索与实践。在教学实践中, 采用“线上线下、课内课外”相结合的多元化讲座式教学模式, 注重课程的“创新性、高阶性、挑战度”; 注重夯实学生专业基础理论知识、拓宽学生视野、提高学生的综合素养、培养科学精神、促进学生的长远学习与发展。

关键词 材料科学进展; 讲座式教学; 教学改革; 综合素养; 科学精神

EXPLORATION AND PRACTICE OF TEACHING REFORM OF “PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE”

LUO Wenbin CHAO Zisheng FAN Jincheng

(School of Materials Science and Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114)

Abstract Progress in Materials Science is a theoretical course offered by the School of Materials Science and Engineering at Changsha University of Science and Technology for undergraduates. It mainly introduces the research, design and development of materials such as polymers, metals, and inorganic nonmetals, as well as the scientific progress and development trends in device processing and characterization technologies. In response to the characteristics of the course and the existing problems in teaching, the practice and exploration of teaching reform are carried out. In the teaching practice, a diversified lecture-style teaching mode combining “online and offline, in and out of class” is adopted, focusing on the “innovation, high-order, and challenge” of the course as well as consolidating students’ professional basic theoretical knowledge, broadening students’ horizons, improving students’ comprehensive quality, cultivating scientific spirit, and promoting students’ long-term learning and development.

Key words progress in materials science; lecture-style teaching; teaching reform; comprehensive quality; scientific spirit

材料科学是一个跨学科领域, 涉及对物质特性的理解和应用, 涵盖物质的物理和化学性质、工

程应用和工业制造过程^[1]。现代社会越来越依赖先进材料, 例如, 用于新能源汽车上的高性能电池

收稿日期: 2024-03-08

基金项目: 湖南省普通本科高校教学改革研究项目(202401000644); 湖南省教育厅优秀青年基金(18B163); 长沙市自然科学基金(kq2202195)。

通信作者: 罗文斌, 长沙理工大学材料科学与工程学院副教授, wenbin.luo@hotmail.com。

引文格式: 罗文斌, 晁自胜, 范金成. 材料科学进展课程教学改革探索与实践[J]. 物理与工程, 2024, 34(6): 106-111.

Cite this article: LUO W B, CHAO Z S, FAN J C. Exploration and practice of teaching reform of “Progress in Materials Science”[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(6): 106-111. (in Chinese)

材料、用于更耐用的喷气发动机的高级合金以及用于替代人体关节的生物材料等。材料科学家研究材料的结构、材料的特性、加工方法及其在应用中性能之间的联系,开发新材料并设计先进的制造工艺。材料科学对于纳米技术、量子计算、储能和核能以及骨替代材料和药物输送等医疗技术的发展至关重要^[2]。材料科学进展是长沙理工大学材料学院为本科生开设的一门理论课,是引导学生步入材料世界的入门课,该课程涵盖了高分子、金属、无机非金属材料的设计、研究开发、制备与加工、组织结构与性能等前沿知识,使学生了解新型能源材料、化工新材料、先进陶瓷材料、先进电子材料、先进材料制备技术、纳米材料科学、航空航天新材料、先进复合材料等领域的最新进展;对夯实学生专业基础理论知识、拓宽学生视野、提高学生专业素养、培养科学精神和启发科研思路起着至关重要的作用,对后续各专业课程也起着铺垫、过渡和衔接作用。希望通过该课程培养学生的科研素养和工匠精神,强化学生的社会责任和工程伦理意识,激发学生的家国情怀和使命担当,为实现中华民族伟大复兴而努力奋斗^[3-4]。

1 课程特色和存在的问题

首先,这类“进展、前沿”类课程没有固定和合适的教材,应该向学生讲授什么内容,这是值得思考的问题。其次,该课程是一种对学科课程更细致的划分,内容涵盖了材料科学进展的方方面面,知识点多,内容繁杂、各部分内容相对独立,偏重实践和学科最前沿的知识,往往也和教师个人的研究内容相关,要发掘授课教师在其研究领域的科研优势应用于教学中。由谁来讲,才能更好激发学生的兴趣,提高教学有效性。再次,当今科技飞速发展,新材料、新技术和新工艺层出不穷,学科交叉、学科渗透已成普遍现象,课程内容具有很大的动态性、前沿性和创新性。如何讲,才能更好地体现课程特色。最后是学时有限,根据材料专业培养计划要求,材料科学进展课程为 32 学时,而要系统全面地对各种材料的研究进展和前沿问题进行讲解和阐述,这些学时是远远不够的。此外,这类课程重视基础知识与前沿进展结合、理论

与实践结合,如何平衡基础知识和前沿内容,如何应对专业知识储备尚显不足的学生,如何将有效课程教学和专业实践结合起来,培养和提高学生的创新思维 and 创新能力,这些都是值得我们深思的问题。

2 材料科学进展课程教学改革

针对上述材料科学进展课程特色和存在的问题,我们主要从教学内容、教学方法、考核方式、实践教育及师资建设等几个方面对其进行综合性改革,全方位提升教学质量。

2.1 教学内容改革

传统的材料专业课程教学,通常由一位主讲教师根据选定的教材,按照既定的教学大纲和教案从头到尾以“灌输式”讲授法进行。这种教学方式显然不适合材料科学进展这门课程。由于材料学科细分领域和研究方向很多,从事相关研究的大多数博士、教授等专业人员,往往也只是涉及某一个细分领域或者研究方向,甚至长期专注于某个细分领域中的具体问题。因此,长沙理工大学材料学院改变传统的教学方式,对材料科学进展课程采用“专题讲座式”教学模式。根据学院办学特色、课程培养目标以及授课教师的专业研究背景,在内容设计方面进行了大刀阔斧的改革,将专业知识与授课教师的科研方向紧密结合,使课程内容集专业性、前沿性、创新性、趣味性于一体。该课程共计 32 学时,涉及了锂离子电池、燃料电池和太阳能电池等 16 个互不相同的专题,如表 1 所示。

表 1 材料科学进展讲座式教学授课内容

序号	讲座专题	序号	讲座专题
1	锂离子电池	9	纳米材料与器件
2	燃料电池	10	化工新材料
3	太阳能电池	11	生态环境材料
4	超级电容器	12	智能材料
5	液流电池	13	航空航天材料
6	先进陶瓷材料	14	先进金属材料
7	先进电子材料	15	先进复合材料
8	功能高分子材料	16	先进制造技术

表中只列出每个讲座大概的主题,具体内容
由授课教师自主拟定,这种模式有效地将教师
的教学与科研紧密结合。每个讲座专题由长期从事
该领域科学研究工作的学术带头人、知名专家担
任主讲教师。由于讲授的内容和自己的科研密切
相关,授课教师会时刻关注最新的科研成果、不断
追踪学术前沿和热点问题。教师具有所授课程内
容的丰富科研和实践经验,一旦进入课堂,他们的
科研思维和经验自然会结合到课堂教学之中。笔
者主要负责锂离子电池专题,除了向学生讲授有
关锂离子电池的基础理论和最新研究进展,还向
学生介绍新型的储能体系,例如钠离子电池、铝离
子电池等;另外注重科教互融,及时将课题组最新
科研成果转化为授课内容,给学生提供最新、最前
沿的学科知识^[5-32]。教师不仅要传授已有的知
识,还要研究发展知识、生产新知识,鼓励学生独
立思考,培养他们的思辨性思维和创造性思维。
要更好地满足学生的知识需求,同时也要不断更
新和拓展他们的知识面,引导学生进行知识探索
和创新。

2.2 教学方法改革

2.2.1 混合教学模式

孟子曰:君子之所以教者五:有如时雨化之
者,有成德者,有达财者,有答问者,有私淑艾者。
此五者,君子之所以教也。由于材料科学进展课
时有限以及在课堂上又要兼顾基础知识和前沿问
题,因此我们采用“线上线下、课内课外”相结合的
混合教学模式。讲座前,每个专题的主讲教师要
将讲座内容、所应具备的基础知识、学习任务等提
前发布到网络教学平台供学生在线学习,教师通
过平台跟踪和管理线上学习情况,同时开展在线
指导,为学生提供一定预习空间,注重学生自主探
索、自主学习能力的培养。在课堂上,主讲教师花
更多时间讲述前沿知识、学科热点和自己丰富的
科研经验,注重与学生之间的交流,提出一些发散
性思维的问题,并将发现问题、分析问题、解决问
题的方法传授给学生,使学生的创新意识得到充
分激发,创新能力得到培养。要想保持课程的前
沿性,最根本的做法就是教会学生获得知识的方
法和能力。课后,每位主讲教师根据所授专题会
组织线上或线下的 Seminar,这个 Seminar 主要是

学生之间互动,让学生更好地理解和运用知识,在
引导学生自主建构知识的过程中,提高对所学知
识的掌握程度。Seminar 上每一个同学都可以自
由发言,对于课前预习时和课堂上碰到的问题进
行提问,也可以将自己的一些思路 and 想法与老师
和学生一起分享,老师也可以将科研中遇到的难
题与学生进行探讨。可以说,Seminar 更为随意、
自由,学生可以畅所欲言,同学之间思想的火花碰
撞,在你来我往的交互中产生头脑风暴。

材料科学进展课程还充分利用学院学科优
势,在课外时间邀请海内外著名专家学者做客讲
堂,营造学术氛围,开阔学生视野。每次讲座的内
容与主讲人科研工作紧密相连,主讲人将所知所
悟毫无保留地传授给学生,犹如春风化雨,润物无
声。同时,学生通过与这些专家近距离的面对面
地交流互动,让他们感受到科研不再遥不可及,而
是可以参与其中的探索过程。例如,学院于 2019
年邀请了钱逸泰院士作题为“全印刷有机/高分子
光电材料与器件的进展与展望”学术报告。钱院
士从新型超导材料的探索,再到纳米材料、介稳相
材料的合成,深入浅出、幽默风趣的讲解激起了现
场师生的热烈反响,为学生带来了新的科研理念。

2.2.2 情景体验和实践教育

学生要“博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃
行之”。引导学生将所学知识应用到实践中,帮助
他们了解知识的实际应用价值。通过组织实践活
动、实验和案例分析等方式来实现,帮助学生更好
地了解知识的应用场景和实践意义。开展实验室
和新材料公司的参观活动,加强学生实践能力的
培养。对讲座专题感兴趣的同学,任课教师还会
组织学生们参观相应科研团队的实验室。实验室
相关负责人员会详细介绍材料的制备、性能的检
测和评价、主要仪器设备,并向学生们展示科研团
队相关科研成果,成果转化及社会服务等情况,使
同学们对该研究方向和科研成果有了清晰的认
识。对于学有余力,能够较好地完成自己学习任
务的学生,课余时间还可以进课题组参与教师的
课题进行科研训练。通常课题组每周都会召开学
术研讨会议,了解各个课题的实验进程,探讨解决
方法,并拟定之后的实验目标。参与组会的过程,
有助于激发学生对学术科研产生兴趣,让学生在

科研思路、科研素质和创新能力方面有了很大的提升。

另外任课教师还会组织学生参观长沙本土的新材料企业,企业通常会安排业务技术突出、专业知识丰富的研发工程师为学生们讲解新材料的生产技术、研究现状、应用及发展前景。因此现场参观学生的感受更直观,也更容易理解书本知识,学到了很多平时在课堂上无法展示的实际操作知识,开阔了视野,也为下一步系统学习专业知识增强了实践感知、提高了认知度。

2.3 考核方式

传统的材料专业课对学生的考核通常是通过期末闭卷考试来实现的,过多注重学生对既定的知识内容和题目的掌握,而对学生的动手能力和创新能力的综合考查则被忽略掉了。材料科学进展课程依据知识内容的动态性、前沿性、创新性和实践性等特点,以考查学生对材料研究、设计和开发等前沿知识的理解,启发学生科研兴趣、培养实践能力和科学精神。探索和构建一套全面、科学的考核体系,有利于客观公正地反映教师教学和学生学习的效果,以不断促进深化教学内容和改革教学方法。逐步引导学生从以知识学习为主向知识、能力、素质并重的方向转变,增强学生自主学习能力、沟通能力、获取信息的能力、批判性思维、分析及解决问题的能力等,充分调动学生学习的积极性、主动性和创造性,引导学生深思考、善提问、勤实践。我们运用“教学全过程考核法”,运用包括课前预习、课堂表现、专题报告、课后Seminar表现、课外实践、课程论文等多个考核维度,坚持能力考核与日常考核并重,运用多样化的考核手段,对学生进行教学全过程的考核。根据学生的学习效果,适时调整考核重点,最终形成科学、全面、客观的学习效果考核标准,精心设计包括考核指标、分值比例等各个考核维度的考核标准。

3 师资建设

所谓大学之大,非有大楼之谓也,乃有大师之谓也。教师要自觉追求教育家精神,包括心有大我、至诚报国的理想信念,言为士则、行为世范的

道德情操,启智润心、因材施教的育人智慧,勤学笃行、求是创新的躬耕态度,乐教爱生、甘于奉献的仁爱之心,胸怀天下、以文化人的弘道追求。将教育家精神培育涵养有机地融入教师培养、发展的全过程和各环节,让教师队伍中涌现出更多的名家大师,充分发挥他们的示范引领和辐射带动作用。扎实的知识功底、过硬的教学能力、勤勉的教学态度、科学的教学方法是教师的基本素质,其中知识是根本基础。水之积也不厚,则其负大舟也无力。知识储备不足、视野不够,教学中必然捉襟见肘,更谈不上游刃有余。实施专题讲座教学模式对任课教师提出了更高的要求。如果教师没有对讲授内容进行过探索和深入研究,没有融入自己的思想和思考,只是照本宣科,缺乏与学生深层次的互动交流,缺乏学术引导价值,这样的课学生是不会产生兴趣的。因此,教师要知识广博,理论功底深厚,并善于吸收新知识、新观念,还保有终身学习的理念,要始终站在知识发展前沿,刻苦钻研、严谨笃学、潜心治学,完善知识体系,优化知识结构,不断充实、拓展、提高自己。每次授课前教师都要准备充分,对授课的层次、专题内容的内涵和外延、案例选择和讲授时机都要进行精心的构思和设计。对讲课内容和案例及时进行动态更新,使讲课内容与与时俱进,在教学过程中及时融入学科发展的前沿动态和最新科研成果,并转化为教学内容,保证案例的趣味性和时效性。要不断提高教学水平和技能,有较高的组织能力和应变能力,这样才能吸引学生,引领学生在自主探索中成长。

“教学之法,本于人性,磨揉迁革,使趋于善”。为了引导青年教师潜心教书、静心育人,帮助和指导青年教师夯实教学基本功,不断提升专业素养与能力,更新教学理念,研究教学规律,创新教学方法,提升教学水平,全面展现青年教师教学风采,学院每年都会举办教师教学竞赛。比赛过程中,评委和观摩教师对参赛选手的教学设计、教学内容、教学组织、教学语言与教态、教学特色、教学方法与手段、教学水平与效果、教学反思和课程思政融入等方面进行认真的讨论,并给予青年教师们中肯的建议和指导,帮助他们进一步提高教学水平。比赛结束后,评委们结合自身长期教学工

作经历和经验进行全面、客观、专业的综合评定,其中优秀者则被推荐参加学校和湖南省的教学比赛,对比赛表现优异的教师进行奖励并计入年终绩效考核。秉持“以赛促教”的原则,以比赛的形式更能激发青年教师提升教学技能的主动性和积极性,促进其业务能力的提升。

4 取得成果

材料科学进展这门课程的教学改革拓宽了学生知识面和视野,培养了学生科学精神和启发科研思路,提高了学生的综合素养和专业兴趣。本科生进入实验室参加科研活动人数逐年提升,创新能力显著增强,学术成果明显增加,在科技创新和创业实践以及学科竞赛中屡获佳绩。近三年来,长沙理工大学材料学院本科生共发表SCI论文三十余篇,其中以第一作者发表SCI论文十余篇。2023年获第六届全国大学生冶金科技竞赛国家级特等奖、一等奖、二等奖各一项,获得第十五届“挑战杯”湖南省大学生课外学术科技作品竞赛省级三等奖。

5 结语

高等教育承担的是对知识的责任,包括知识的传承、知识的创新和知识的应用等。在材料科学进展课程中实施“线上线下、课内课外”相结合的多元化讲座式教学模式,是一种以教师为主导、学生为主体的开放式教学方式。这种模式以主讲教师广博的知识和丰富的科研经验为基础,教师可以将自己亲身经历的的实际课题项目中的常见问题,以及国际上最新的研究动向和科学技术成果等内容融入到讲座环节,从而使专题讲座比传统的课程教学更具专业深度和知识广度。从课程内容的前沿性、课堂教学的启发性、课外实践的学术熏陶等方面创新,注重学生终身学习能力、实践能力和创新能力的培养。课程是人才培养的核心要素,是人才培养体系中的最基本单元,是影响学生发展最直接的中介和变量。我们要充分发挥课程在人才培养中的核心作用,通过加强课程建设,进一步深化教学改革,推进教育创新,变革教学方式和评价方式,持续开展对材料专业课程的研究工作,促进高等教育健康发展,提高人才培养水平。

以人格魅力引导学生心灵,以学术造诣开启学生的智慧之门,躬耕三尺讲台,守望桃李花开。

参 考 文 献

- [1] 罗文斌,晁自胜,范金成. 面向培养拔尖创新人才的材料专业核心课程群建设[J]. 高分子通报, 2022, 7: 85-88.
LUO W B, CHAO Z S, FAN J C. Group curriculum construction of materials science and engineering based on cultivating students' innovation ability[J]. Polym Bull, 2022, 7: 111-115. (in Chinese)
- [2] 罗文斌,晁自胜,范金成. 新工科背景下《材料现代研究方法与技术》课程体系建设实践与探索[J]. 高分子通报, 2022, 8: 111-115.
LUO W B, CHAO Z S, FAN J C. Practice and exploration of the construction of the course system of "Modern Research Methods and Testing Technology of Materials" under the background of emerging engineering education [J]. Polym Bull, 2022, 8: 111-115. (in Chinese)
- [3] 罗文斌,陈曙光,晁自胜,等. 清洁生产导论课程思政[J]. 中国冶金教育, 2021, 1: 92-94.
LUO W B, Chen S G, CHAO Z S, et al. Ideological and political education of "Introduction of Cleaner Production"[J]. China Metallurgical Education, 2021, 1: 92-94. (in Chinese)
- [4] 罗文斌,晁自胜,范金成. 科教融合理念下储能高分子材料教学探索与实践[J]. 应用化学, 2024, 41(10): 1519-1524.
LUO W B, CHAO Z S, FAN J C. Exploration and practice of energy storage polymer materials teaching under the concept of integrating science and education[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2024, 41(10): 1519-1524. (in Chinese)
- [5] LI J, LUO W B, YUAN X Y, et al. Core-shell Cu_7S_4 @PDA nanoboxes as a novel cathode for aluminum batteries [J]. Journal of Energy Storage 2024, 102: 114252.
- [6] LUO W B, ZHANG Z, YU Y, et al. ZCNC beaded heterostructure toward high-performance aluminum batteries[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2024, 16: 44947-44956.
- [7] LI J, LUO W B, OU J F, et al. Synthesis of Sb_2Se_3 @PPy nanorod composite as cathode material for aluminum batteries[J]. Applied Surface Science, 2024, 665: 160324.
- [8] ZHANG Z, LUO W B, LIU Y H, et al. Three dimensional CuCo_2S_4 @CNT as cathode for sustainable aluminum batteries[J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2024, 961: 118234.
- [9] ZHANG Z, LUO W B, LIU Y H, et al. Cubic-like SnO_2 /ZnS hollow heterojunction encapsulated in carbon nanoshell as cathode for advanced aluminum batteries[J]. Energy & Fuels, 2024, 38: 1515-1524.
- [10] OU J F, LUO W B, LI J, et al. Sandwich-like CuS @GO as a

- cathode for advanced aluminum batteries[J]. *Energy & Fuels*, 2024, 38: 6438-6445.
- [11] LUO W B, LIU Y H, LI F H, et al. Low-Dimensional and high-crystallinity carbonyl cathodes prepared by physical vapor deposition for green aluminum organic batteries [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2023, 15: 37433-37441.
- [12] LUO W B, LIU Y H, ZHANG Z, et al. Rational molecular design strategy of a carbonyl cathode for better aluminum organic batteries[J]. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2023, 11: 11406-11414.
- [13] LI J, LUO W B, ZHANG Z, et al. ZnSe/SnSe₂ hollow microcubes as cathode for high performance aluminum ion batteries[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2023, 639: 124-132.
- [14] LIU Y H, LUO W B, LU S X, et al. Novel carbonyl cathode for green and sustainable aluminum organic batteries [J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2022, 14: 53702-53711.
- [15] LU S X, LU T D, LUO W B, et al. Stable WS₂/WO₃ composites as high-performance cathode for rechargeable aluminum-ion batteries[J]. *Energy & Fuels*, 2022, 36(14): 7890-7897.
- [16] LU S X, LUO W B, CHAO Z S, et al. New type of SnSe/CoSe@C anode for lithium-ion batteries, *Energy & Fuels* 2022, 36, 2260-2267.
- [17] LU S X, LUO W B, CHAO Z S, et al. A novel honeycomb-like WS₂-x/CoS@C composite as anode for lithium ion batteries[J]. *Journal of Materials Science*, 2022, 57: 5118-5129.
- [18] TAN B, LU T D, LUO W B, et al. A novel MoS₂/MXene composite cathode for aluminum-ion batteries, *Energy & Fuels*, 2021, 35(15): 12666-12670.
- [19] LUO W B, CHAO Z S, LU S X, et al. Effect of thin film to boost the electrochemical properties of LiMn_{1.5}Ni_{0.5}O₄ [J]. *Energy & Fuels*, 2021, 35(18): 15166-15171.
- [20] TAN B, HAN S H, LUO W B, et al. Synthesis of RGO-supported layered MoS₂ with enhanced electrochemical performance for aluminum ion batteries[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2020, 841: 1-8.
- [21] LUO W B, ZHENG B. Improved electrochemical performance of LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode material by double-layer coating with graphene oxide and V₂O₅ for lithium-ion batteries[J]. *Applied Surface Science*, 2017, 404: 310-317.
- [22] LUO W B, ZHENG B, HE J. Enhanced electrochemical performance of LiNi_{0.5}Co_{0.2}Mn_{0.3}O₂ cathode material after surface modification with graphene oxide[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2017, 705: 405-412.
- [23] LUO W B, HUANG Z, ZHENG B, et al. Reactions of Li[Co_{1-x}Al_x]O₂ cathode materials with non-aqueous solvents at elevated temperatures[J]. *Thermochimica Acta*, 2015, 604: 16-23.
- [24] LUO W B. Effect of morphology on the physical and electrochemical properties of the high-voltage spinel cathode LiMn_{1.5}Ni_{0.5}O₄ [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2015, 636: 24-28.
- [25] LUO W B, ZHOU F, ZHAO X M, et al. Synthesis, characterization and thermal stability of LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3-x}Mg_xO₂, LiNi_{1/3-x}Mn_{1/3}Co_{1/3}Mg_xO₂ and LiNi_{1/3}Mn_{1/3-x}Co_{1/3}Mg_xO₂ [J]. *Chemistry of Materials*, 2010, 22(3): 1164-1172.
- [26] LUO W B, DAHN J R. Synthesis, characterization and thermal stability of Li[Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3-x}(MnMg)_{x/2}]O₂ [J]. *Chemistry of Materials*, 2010, 22(17): 5065-5073.
- [27] LUO W B, DAHN J R. Preparation of Co_{1-x}Al_x(OH)₂(NO₃)_z layered double hydroxides and Li[Co_{1-x}Al_x]O₂ [J]. *Chemistry of Materials*, 2009, 21(1): 56-62.
- [28] LUO W B, DAHN J R. Comparative study of Li[Co_{1-x}Al_x]O₂ prepared by solid state and coprecipitation methods[J]. *Electrochimica Acta*, 2009, 54(20): 4655-4661.
- [29] LUO W B, LI X H, DAHN J R. Synthesis and Characterization of Mg Substituted LiCoO₂ [J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2010, 157(7): A782-A790.
- [30] LUO W B, DAHN J R. Can Zr be substituted for Co in Co_{1-x}Zr_x(OH)₂ and LiCo_{1-x}Zr_xO₂? [J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2011, 158(2): A110-A114.
- [31] LUO W B, DAHN J R. The impact of Zr substitution on the thermal stability of LiNi_{1/3}Mn_{1/3-x}Co_{1/3}Zr_xO₂ [J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2011, 158(4): A428-A433.
- [32] LUO W B, LI X H, DAHN J R. Synthesis, Characterization and Thermal Stability of LiCo_{1-x}[MnMg]_{x/2}O₂ [J]. *Journal of the Electrochemical Society*, 2010, 157(9): A993-A1001.