

## 一、项目名称

原位包覆与晶面调控提升正极材料的界面稳定性及离子扩散速率

## 二、提名单位（专家）意见

我单位认真评阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合四川省科学技术奖励工作办公室填写要求。

三元正极材料是目前锂离子电池的关键材料，但其自身存在的首次不可逆容量损失较大、倍率性能较差等缺陷阻碍了它性能的进一步发挥，而影响材料性能的机理以及材料的构效关系都有待深入研究。团队以三元正极材料作为研究对象，创新性地提出采用前驱体预包覆、一次高温合成纳米级  $\text{LiTiO}_2$  掺杂性梯度包覆的正极材料，研究了改善正极材料结构稳定性，减少副反应的机理；同时发现，通过制备一维棒状结构和可控制备晶面取向的正极材料均可有效缩短锂离子和电子的迁移路径，大幅提高材料的性能。研究成果为构建长循环性能、高倍率性能及热稳定性能的正极材料提供了新的理论依据、开拓了新的材料制备途径。

该项目分别从掺杂、包覆、形貌控制、晶面取向等方面研究了材料结构与材料电化学性能的关系，特别是掺杂性梯度包覆方面取得重要进展，共发表 SCI 论文 40 余篇，授权发明专利 2 项，所取得研究成果得到了国际学术界的高度重视，论文自发表以来多次被 NATURE REVIEWS MATERIALS、ADVANCED ENERGY MATERIALS 等文章引用。其中 8 篇代表性论文共被 SCI 他引 406 次，2 篇 ESI1% 高被引论文，单篇最高被引 115 次。

提名该项目申请省科技进步奖。

## 三、项目简介

本项目属于新能源材料以及纳米材料研究领域。

作为一种高效、清洁的储能装置，锂离子二次电池在新能源汽车和数码等领域发挥着不可或缺的作用。镍钴锰酸锂三元正极材料是目前正极材料的主流，其不仅可以通过镍钴锰三种元素在材料结构中的协同作用同时满足材料对高能量密度、高安全性以及循环稳定性的要求，还可以灵活地调整镍钴锰三种元素比例以满足不同的市场需求。然而，其材料本身存在的首次不可逆容量损失较大、倍率性能较差等缺陷阻碍了它性能的进一步发挥，而影响材料性能的机理以及材料的构效关系也都有待深入研究。团队以三元正极材料作为研究对象，利用前驱体包覆、一次高温即可合成嵌锂化合物纳米级  $\text{LiTiO}_2$  掺杂性的梯度包覆的正极材料，研究了改善正极材料结构稳定性，减少副反应的机理；同时发现，通过制备新型一维棒状结构和通过控制晶化法制备晶面取向的正极材料均可有效缩短锂离子和电子的迁移路径，大幅提高材料的性能。研究成果为构建长循环性能、高倍率性能及热稳定性能的三元正极材料提供了新的理论依据、开拓了新的材料制备途径。

主要科学发现如下：

1. 获得了掺杂性梯度包覆的三元正极材料，研究了其改善材料结构与性能的机理。首次制备了锐钛矿型  $\text{TiO}_2$  包覆的三元正极材料，研究发现此包覆层一方面能抑制电极材料与电解液之间的反应，从而降低电荷转移阻抗；另一方面是在正极材料表面引入键能较强的  $\text{Ti-O}$  键，降低了材料的表面活性，从而减少氧气释放量，因此大大提高了三元正极材料的循环性能、倍率性能和热稳定性能。在此基础上发展了利用水解金属醇盐的方法，一步合成嵌锂化合物纳米级层状  $\text{LiTiO}_2$  渗透性掺杂包覆的三元正极材料，并揭示了改性历程、改性机理以及方法的优越性，为材料的开发及应用提供思路；并在此基础上合成  $\text{LiZrO}_2$  渗透性掺杂包覆三元正极材料，进一步克服了  $\text{LiTiO}_2$  导电性差的问题，不仅有利于提高材料的循环稳定性，还提高了材料的能量密度。

2. 发现一维棒状结构和晶面取向对材料结构和性能的重要影响规律。制备了一维棒状结构正极材料。相对于传统的二次微米级球型正极材料，这种密实连续的棒状结构不仅可有效缩短锂离子和电子的迁移路径，还可以减少电极材料微裂隙的存在，减少 SEI 膜的形成，降低电池的内阻和极化；此外，稳定的棒状结构还可以赋予电极材料更好的结构稳定性和适应电极内部应力变化的能力，保证结构的完整性。发展了控制晶化法制备前驱体的新工艺，合成一种亚微米级的多切面的  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  正极材料，通过控制晶面生长取向，稳定材料结构，改善了材料的电化学性能，进一步证实了晶面取向对电极材料的重要性。

3. 系统研究了煅烧气氛中富氧对三元正极材料电化学性能的结构机理的影响机理。煅烧气氛中氧浓度增加，有利于层状结构正极材料的形成，结晶度变好，所形成的三元材料具有更规则的层状结构，结构中“阳离子混排”程度得到有效抑制。

本项目在三元正极材料的可控合成、包覆及掺杂等方面研究取得重要进展，共发表 SCI 论文 40 余篇，授权 10 发明专利 2 项，其中 8 篇代表性论文共被 SCI 他引 406 次，2 篇 ESI1% 高被引论文，单篇最高被引 115 次。

## 四、客观评价

于 2014 年在 JOURNAL OF POWER SOURCES 期刊上发表的《An approach to application for  $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$  cathode material at high cutoff voltage by  $\text{TiO}_2$  coating》文章中首次制备了锐钛矿型  $\text{TiO}_2$  包覆的  $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$  正极材料，研究发现， $\text{TiO}_2$  包覆层一方面能抑制电极材料与电解液之间的反应，从而降低电荷转移阻抗，同时也能减少因正极材料的分解而产生的热量；另一方面，通过在正极材料表面引入键能较强的  $\text{Ti-O}$  键，降低了材料的表面活性，从而减少氧气释放量，因此大大地提高了三元正极材料的循环性能、倍率性能以及热稳定性能。世界著名科学家，韩国首尔国立大学 Choi, Jang Wook 教授在 NATURE REVIEWS

MATERIALS 期刊上发表的《Promise and reality of post-lithium-ion batteries with high energy densities》文章中提到用锐钛型  $\text{TiO}_2$  对材料表面进行包覆等措施,可以有效地解决材料的失效机制,从而提高电极材料的电化学性能。此外,韩国蔚山国家科学技术研究院的著名能源材料科学家 Cho, Jaephil 等人在 ADVANCED ENERGY MATERIALS 期刊上发表的《Self-Induced Concentration Gradient in Nickel-Rich Cathodes by Sacrificial Polymeric Bead Clusters for High-Energy Lithium-Ion Batteries》文章中也引用该篇代表性论文,并肯定了采用金属氧化物对电极材料表面进行包覆修饰,可以达到大幅度提高电性能的目的。

于 2014 年在 JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 期刊上发表的《Infiltrative coating of  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$  microspheres with layer-structured  $\text{LiTiO}_2$ : towards superior cycling performances for Li-ion batteries》文章中通过水解金属醇盐的方法,一步合成嵌锂化合物纳米级层状  $\text{LiTiO}_2$  渗透性掺杂包覆的三元正极材料,并揭示了改性历程、改性机理以及方法的优越性,为材料的开发及应用提供思路。该篇代表性论文北京大学潘峰教授等人发表在 NANO LETTERS 期刊上的《Aligned  $\text{Li}^+$  Tunnels in Core Shell  $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z)\text{O}_2 @ \text{LiFePO}_4$  Enhances Its High Voltage Cycling Stability as Li-ion Battery Cathode》文章所引用,并借鉴该方法制备出的 NMC 表面包覆  $\text{LiFePO}_4$  纳米颗粒的材料,在材料特定区域的透射图中可以看到 NMC 的原始结构上包覆了一层  $\text{LiFePO}_4$  颗粒,通过截面的高分辨率透射电镜图可以观察到在粒子的界面处形成了一系列相互连接  $\text{Li}^+$  的传输通道,这有利于提高电极材料的电化学性能。

于 2014 年在 JOURNAL OF POWER SOURCES 期刊上发表的文章《Cerium fluoride coated layered oxide  $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$  as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries》首次将  $\text{CeF}_3$  用作富锂层状正极材料的表面包覆材料,并使  $\text{CeF}_3$  包覆层的厚度控制在纳米尺度。具有高离子电导性、耐 HF 侵蚀的  $\text{CeF}_3$  作为用作富锂正极材料  $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.54}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$  的表面包覆材料具有重要的研究意义。该篇代表性论文被包括明斯特大学的 Stefano Passerini 教授等人发表在 ADVANCED ENERGY MATERIALS 期刊上的《Lithium- and Manganese-Rich Oxide Cathode Materials for High-Energy Lithium Ion Batteries》文章以及浙江大学涂江平教授等人发表在 JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 期刊上的《A peanut-like hierarchical micro/nano- $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.54}\text{Ni}_{0.18}\text{Co}_{0.08}\text{O}_2$  cathode material for lithium-ion batteries with enhanced electrochemical performance》文章在内的多篇 SCI 文章所引用,引文中指出了采用表面包覆改性的方式可以通过避免正极材料与电解液的直接接触,从而减少充电壁垒以及抑制 SEI 膜厚度的增加,进而提高材料的电化学性能。

于 2015 年在 JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 期刊上发表的《Facile synthesis of one-dimensional  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$  microrods as advanced cathode materials for lithium ion batteries》文章中制备出一维棒状结构  $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$  正极材料。相对于传统的二次微米级球型正极材料，这种密实连续的棒状结构不仅可有效缩短锂离子和电子的迁移路径，还可以减少电极材料微裂隙的存在，减少 SEI 膜的形成，降低电池的内阻和极化；此外，稳定的棒状结构还可以赋予电极材料更好的结构稳定性和适应电极内部应力变化的能力，保证结构的完整性。同时发展了控制晶化法制备前驱体的新工艺，合成一种亚微米级的多切面的  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  材料，通过控制晶面生长取向，稳定材料结构，改善了材料的电化学性能，进一步证实了晶面取向对电极材料的重要性。该篇代表性论文被南开大学陈军院士等人在 JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 期刊上发表的《Stable layered Ni-rich  $\text{LiNi}_{0.9}\text{Co}_{0.07}\text{Al}_{0.03}\text{O}_2$  microspheres assembled with nanoparticles as high-performance cathode materials for lithium-ion batteries》文章所引用，引文中提及层状的  $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Al}_y\text{O}_2$  (LNCA,  $1-x-y>0.5$ ) 材料以其诱人的容量 ( $>200 \text{ mA h g}^{-1}$ )、合理的循环性能、低廉的原材料成本等特点在各种正极材料中显得较为突出；同时也被天津科技大学光电材料与器件重点实验室的相关研究人员在 JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 期刊上的文章《A new synthesis strategy towards enhancing the structure and cycle stabilities of the  $\text{LiNi}_{0.80}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$  cathode material》引文中提及了  $\text{LiNi}_{0.80}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$  正极材料通常采用氢氧化物共沉淀法制备，共沉淀法是制备锂离子电池正极材料的一种重要方法，因为它适用于商业规模的应用，而且由于具有良好的流动性，可以制备出高密度的球形颗粒。

## 五、代表性论文专著目录

不超过 8 篇代表性论文、专著								
号	论文、专著名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码年(卷):页码	发表年月	通讯作者/第一作者(中文名)	SCI 他引次数	他引总次数	是否国内完成
1	Infiltrative coating of $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ microspheres with layer-structured $\text{LiTiO}_2$ :	9.931	2014(2):19983-19987	2014	张云、吴昊/王宗毅	38	38	是

	towards superior cycling performances for Li-ion batteries JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A Wang, ZY (Wang, Zongyi); Huang, SS (Huang, Sisi); Chen, BJ (Chen, Baojun); Wu H (Wu, Hao); Zhang, Y (Zhang, Yun)							
2	Facile synthesis of one-dimensional $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ microrods as advanced cathode materials for lithium ion batteries JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A Wu, NT (Wu, Naiteng); Wu H (Wu, Hao); Yuan, W (Yuan, Wei); Liu SJ (Liu, Shengjie); Liao JY (Liao, Jinyu); Zhang, Y (Zhang, Yun)	9.931	2015(3):13648-13652	2015	张云、吴昊/毋乃腾	47	47	是
3	Facile pH-mediated synthesis of morphology-tunable $\text{MnCO}_3$ and their transformation to truncated octahedral spinel $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ cathode materials for superior lithium storage JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A <a href="#">Huang, SS</a> (Huang, Sisi); <a href="#">Wu, H</a> (Wu, Hao); <a href="#">Chen, PH</a> (Chen, Penghui); <a href="#">Guo, Y</a> (Guo, Yi); <a href="#">Nie, B</a> (Nie, Bo); <a href="#">Chen, BJ</a> (Chen, Baojun); <a href="#">Liu, H</a> (Liu, Heng); <a href="#">Zhang, Y</a> (Zhang, Yun)	9.931	2015(3):3633-3640	2015	张云、吴昊/黄丝丝	29	30	是
4	An approach to application for $\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2$ cathode material at high cutoff voltage by $\text{TiO}_2$ coating JOURNAL OF POWER SOURCES Chen, YP (Chen, Yanping); Zhang, Y (Zhang, Yun); Chen, BJ (Chen, Baojun); Wang ZY (Wang, Zongyi); Lu, C (Lu, Chao)	6.945	2014(256):20-27	2014.06	张云/陈燕平	110	115	是
5	Cerium fluoride coated layered oxide $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.54}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$ as	6.945	2014(267):682-691	2014.12	张云、吴昊/卢超	86	94	是

	<p>cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries</p> <p>JOURNAL OF POWER SOURCES</p> <p>Lu, C (Lu, Chao); Wu H (Wu, Hao); Zhang, Y (Zhang, Yun); Liu H (Liu, Heng); Chen BJ (Chen, Baojun); Wu, NT (Wu, Naiteng); Wang, S (Wang, Sen)</p>							
6	<p>Fabrication of Li<sup>+</sup>-Conductive Li<sub>2</sub>ZrO<sub>3</sub>-Based Shell Encapsulated LiNi<sub>0.5</sub>Co<sub>0.2</sub>Mn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub> Microspheres as High-Rate and Long-Life Cathode Materials for Li-Ion Batteries</p> <p>CHEMELECTROCHEM</p> <p>Wu, H (Wu, Hao); Wang, ZY (Wang, Zongyi); Liu, SJ (Liu, Shengjie); Zhang, L (Zhang, Li) ; Zhang, Y (Zhang, Yun)</p>	4.446	2015(2):1921-1928	2015.12	张云/吴昊	15	17	是
7	<p>Improve the structure and electrochemical performance of LiNi<sub>0.6</sub>Co<sub>0.2</sub>Mn<sub>0.2</sub>O<sub>2</sub> cathode material by nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ultrasonic coating</p> <p>JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS</p> <p><a href="#">Chen, YP</a>(Chen, Yanping) ; <a href="#">Zhang, Y</a>(Zhang, Yun); <a href="#">Wang, F</a> (Wang, Fu); <a href="#">Wang, ZY</a> (Wang, Zongyi); <a href="#">Zhang, Q</a> (Zhang, Qiang)</p>	3.779	2014(611):135-141	2014.10	张云/陈燕平	41	42	是
8	<p>The structural mechanism of the improved electrochemical performances resulted from sintering atmosphere for LiNi<sub>0.5</sub>Co<sub>0.2</sub>Mn<sub>0.3</sub>O<sub>2</sub> cathode material</p> <p>JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS</p> <p>Wang, F (Wang, Fu); Zhang, Y (Zhang, Yun); Zou, JZ (Zou, Jizhou); Liu WJ (Liu, Wenjing); Chen, YP (Chen, Yanping)</p>	3.779	2013(558):172-178	2013.05	张云/王辅	22	23	是

## 六、主要完成人情况

姓名	张云	排名	1	技术职称	教授
工作单位	四川大学	完成单位	四川大学	曾或科技奖励	否
<p><b>对本项目贡献：</b>项目负责人，总体学术思想的提出者，重要科学发现一、二和三的核心贡献者，参与本项目工作量占本人总工作量的80%，提出该项目的总体方案、规划和主要学术思想。提出利用前驱体包覆、一次高温即可合成嵌锂化合物纳米级LiTiO<sub>2</sub>掺杂性的梯度包覆的正极材料，研究了改善正极材料结构稳定性，减少副反应的机理；同时发现，通过制备新型一维棒状结构和通过控制晶化法制备晶面取向的正极材料均可有效缩短锂离子和电子的迁移路径，大幅提高材料的性能。是代表性论文1-8和20多篇论文的核心通讯作者和专利的第一发明人。</p>					

姓名	吴昊	排名	2	技术职称	教授
工作单位	四川大学	完成单位	四川大学	曾或科技奖励	否
<p><b>对本项目贡献：</b>重要科学发现一和二的主要贡献者，参与本项目工作量占本人总工作量的80%，参与该项目的总体方案、规划和主要学术思想。参与提出制备新型一维棒状结构和通过控制晶化法制备晶面取向的正极材料均可有效缩短锂离子和电子的迁移路径，大幅提高材料的性能。是代表性论文1, 2, 3, 5的共同通讯作者。</p>					

姓名	刘恒	排名	3	技术职称	教授
工作单位	四川大学	完成单位	四川大学	曾或科技奖励	否
<p><b>对本项目贡献：</b>重要科学发现一和三的主要贡献者，参与本项目工作量占本人总工作量的80%，参与该项目的部分方案、规划和部分学术思想。参与提出掺杂包覆对材料结构和性能的改变规律，参与了材料包覆改性的机理研究工作。主要贡献体现在代表性论文3, 4的主要作者。</p>					

姓名	陈宝军	排名	4	技术职称	副教授
工作单位	四川大学	完成单位	四川大学	曾或科技奖励	否

**对本项目贡献:** 重要科学发现一、二和三的主要贡献者, 参与本项目工作量占本人总工作量的80%, 参与了材料掺杂和材料包覆后晶体结构的分析, 以及晶体结构对材料性能影响的规律的研究。主要贡献体现在代表性论文1, 3, 4, 5, 6, 7的主要作者。

## 七、完成人合作关系说明

序号	合作方式	合作者 (本项目排名)	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合作	张云/项目排名第一 吴昊/项目排名第二	2014-03-01至 2015-12-31	<p>Infiltrative coating of <math>\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2</math> microspheres with layer-structured <math>\text{LiTiO}_2</math>: towards superior cycling performances for Li-ion batteries</p> <p>Facile synthesis of one-dimensional <math>\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2</math> microrods as advanced cathode materials for lithium ion batteries</p> <p>Facile pH-mediated synthesis of morphology-tunable <math>\text{MnCO}_3</math> and their transformation to truncated octahedral spinel <math>\text{LiMn}_2\text{O}_4</math> cathode materials for superior lithium storage</p> <p>Cerium fluoride coated layered oxide <math>\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2</math> as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries</p> <p>Infiltrative coating of <math>\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2</math> microspheres with layer-structured <math>\text{LiTiO}_2</math>: towards superior cycling performances for Li-ion batteries</p>	代表性论文 1, 2,3,4,6	
,2	论文合作	张云/项目排名第一	2011-03-01至	Facile pH-mediated synthesis of morphology-tunable $\text{MnCO}_3$ and their transformation to truncated	代表性论文 3,4	



		刘恒/项目排名第三	2015-12-31	<p>octahedral spinel <math>\text{LiMn}_2\text{O}_4</math> cathode materials for superior lithium storage</p> <p>Cerium fluoride coated layered oxide <math>\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2</math> as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries</p> <p>Cerium fluoride coated layered oxide <math>\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2</math> as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries</p>		
3	论文合作	张云/项目排名第一 刘恒/项目排名第三		<p>Infiltrative coating of <math>\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2</math> microspheres with layer-structured <math>\text{LiTiO}_2</math>: towards superior cycling performances for Li-ion batteries</p> <p>Facile pH-mediated synthesis of morphology-tunable <math>\text{MnCO}_3</math> and their transformation to truncated octahedral spinel <math>\text{LiMn}_2\text{O}_4</math> cathode materials for superior lithium storage</p> <p>Cerium fluoride coated layered oxide <math>\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2</math> as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries</p> <p>An approach to application for <math>\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2</math> cathode material at high cutoff voltage by <math>\text{TiO}_2</math> coating</p> <p>Infiltrative coating of <math>\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2</math> microspheres with layer-structured <math>\text{LiTiO}_2</math>: towards superior cycling performances for Li-ion batteries</p> <p>Infiltrative coating of <math>\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2</math> microspheres with layer-structured <math>\text{LiTiO}_2</math>: towards superior cycling</p>	代表性论文 1, 3,4,5 , 6, ,7	

				performances for Li-ion batteries Cerium fluoride coated layered oxide $\text{Li}_{1.2}\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.13}\text{Co}_{0.13}\text{O}_2$ as cathode materials with improved electrochemical performance for lithium ion batteries		
--	--	--	--	---	--	--