



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105552439 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201510956110. X

(22) 申请日 2015. 12. 16

(71) 申请人 东莞市杉杉电池材料有限公司

地址 523085 广东省东莞市南城区水濠澎洞
工业区五厂区东莞市杉杉电池材料有
限公司

(72) 发明人 周文超 朱学全 李志强

(74) 专利代理机构 东莞市华南专利商标事务所
有限公司 44215

代理人 刘克宽

(51) Int. Cl.

H01M 10/0567(2010. 01)

H01M 10/0569(2010. 01)

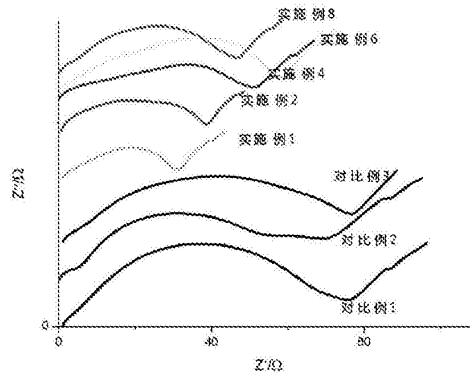
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种快速充电的锂离子电池电解液

(57) 摘要

本发明涉及锂离子电池技术领域,具体涉及一种快速充电的锂离子电池电解液,其由溶剂、锂盐及添加剂组成,所述溶剂中包括低沸点的线状碳酸酯和线状羧酸酯、氟苯以及氢氟醚中的两种以上的混合物;所述添加剂包括负极成膜的第一添加剂、改善电池循环性能的第二添加剂以及提高电池高温性能的第三添加剂。与现有技术相比,本发明的有机溶剂和三种添加剂的联合使用而产生协同作用,能够满足电压 4.35V、负极压实密度为 1.6g/cm³以上的高电位、高压实密度、2C 以上的快充体系电池的快速充电需求,同时兼具较好的循环性能和高低温性能。



CN 105552439 A

1. 一种快速充电的锂离子电池电解液, 由溶剂、锂盐及添加剂组成, 其特征在于: 所述溶剂中包括低沸点的线状碳酸酯和线状羧酸酯、氟苯以及氢氟醚中的两种以上的混合物; 所述添加剂包括负极成膜的第一添加剂、改善电池循环性能的第二添加剂以及提高电池高温性能第三添加剂。

2. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述溶剂占锂离子电池电解液总质量的70%-88%。

3. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述线状碳酸酯为碳酸二甲酯和/或碳酸甲乙酯;

所述线状羧酸酯为丙酸丙酯、丙酸乙酯、乙酸丙酯、丙酸丁酯、乙酸乙酯、丙酸异丙酯、丁酸乙酯、乙酸甲酯中的至少一种。

4. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述氢氟醚为氟甲基-1,1,1,3,3,3-六氟异丙基醚、1,1,2,2-四氟乙基乙基醚、2,6-二氟苯甲醚、1,1,1,3,3,3-六氟异丙基甲基醚、四氟甲基丁基醚、1,1,3,3,3-五氟-2-三氟甲基丙基甲基醚、1,1,2,2-四氟乙基-2,2,2-三氟乙基醚、1,2,2-四氟乙基-2,2,3,3-四氟丙基醚、1,1,2,2-四氟乙基-4-甲基苯基醚中的至少一种。

5. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.1%-20%。

6. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述第一添加剂为碳酸亚乙烯酯、氟代碳酸乙烯酯、1,3丙烷磺酸内酯中的至少一种, 所述第一添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.5%-10%。

7. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述第二添加剂为二氟草酸硼酸锂、双草酸硼酸锂、双氟磺酰亚胺锂、双三氟甲烷磺酰亚胺锂、硫酸乙烯酯、4-甲基硫酸乙烯酯、4-乙基硫酸乙烯酯、4-丙基硫酸乙烯酯中的至少一种, 所述第二添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.1%-5%。

8. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述第三添加剂为包括含有2个或3个腈基官能团的腈类化合物, 所述第三添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.5%-5%。

9. 根据权利要求8所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述腈类化合物为丁二腈、戊二腈、2-甲基戊二腈、己二腈、1,3,6-己烷三腈、庚二腈中至少一种。

10. 根据权利要求1所述的一种快速充电的锂离子电池电解液, 其特征在于: 所述锂盐占锂离子电池电解液总质量的8%-20%。

一种快速充电的锂离子电池电解液

技术领域

[0001] 本发明涉及锂离子电池技术领域,具体涉及一种快速充电的锂离子电池电解液。

背景技术

[0002] 锂离子电池由于工作电压高、能量密度高、循环寿命长、对环境友好等特点,广泛应用与3C数码产品、电动汽车、军事航天等领域。随着智能数码产品的普及,新能源汽车的应用越加广泛,人们对快速充电的需求更加迫切,缩短充电时间可以提高用户体验,快速充电技术是将来电芯发展重要方向。

[0003] 影响快速充电技术的发展是多方面的。从电芯本身来看,电池设计、正负极材料、电解液是影响电池快充技术的关键,其中快速充电的电解液对快充技术的影响尤为明显。电池在快速充电的过程中,锂离子快速从正极脱出进入电解液,然后穿过隔膜、进入负极进行嵌锂,大量锂离子进行快速迁移需要电解液具有较高的动力学性能,在传质过程中具有更小的传质阻力,因此需要电解液满足较好的浸润性、更低的黏度,更低的锂离子传输阻力。

[0004] 现有技术中,大多使用低沸点的有机溶剂来改善电解液的动力学性能,例如线状碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、乙酸乙酯,乙酸丙酯等有机溶剂具有较低的黏度,能为锂离子传输提供更适宜的通道,但这些溶剂的使用会造成电池高温性能受到挑战,同时羧酸酯类有机溶剂与电池负极石墨的兼容性较差会对电池循环性能造成恶化。

[0005] 因此,在当今追求高能量密度、高电压、负极高压实密度的需求下,开发与快充电解液相匹配的溶剂、添加剂组合是解决上述问题的关键,而且快速充电技术要求电解液具有较高的动力学性能,改善电池动力学和高温性能、循环性能是快充电解液的主要目标。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种快速充电的锂离子电池电解液,该电解液能够满足电压4.35V、负极压实密度为 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 以上的高电位、高压实密度、2C以上的快充体系电池的需求,同时兼具较好的循环性能和高低温性能。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 提供一种快速充电的锂离子电池电解液,由溶剂、锂盐及添加剂组成,所述非水性有机溶剂中包括低沸点的线状碳酸酯和线状羧酸酯、氟苯以及氢氟醚中的两种以上的混合物;所述添加剂包括负极成膜的第一添加剂、改善电池循环性能的第二添加剂以及提高电池高温性能的第三添加剂。

[0009] 优选的,所述溶剂占锂离子电池电解液总质量的70%~88%。

[0010] 优选的,所述线状碳酸酯为碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯;

[0011] 所述线状羧酸酯为丙酸丙酯、丙酸乙酯、乙酸丙酯、丙酸丁酯、乙酸乙酯、丙酸异丙酯、丁酸乙酯、乙酸甲酯中的至少一种。

[0012] 优选的,所述氢氟醚为氟甲基-1,1,1,3,3,3-六氟异丙基醚、1,1,2,2-四氟乙基乙

基醚、2,6-二氟苯甲醚、1,1,1,3,3,3-六氟异丙基甲基醚、四氟甲基丁基醚、1,1,3,3,3-五氟-2-三氟甲基丙基甲基醚、1,1,2,2-四氟乙基-2,2,2-三氟乙基醚、1,2,2-四氟乙基-2,2,3,3-四氟丙基醚、1,1,2,2-四氟乙基-4-甲基苯基醚中的至少一种。

[0013] 优选的,所述添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.1%-20%。

[0014] 优选的,所述第一添加剂为碳酸亚乙烯酯、氟代碳酸乙烯酯、1,3丙烷磺酸内酯中的至少一种,所述第一添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.5%-10%。

[0015] 优选的,所述第二添加剂为二氟草酸硼酸锂(DFOB)、双草酸硼酸锂(BOB)、双氟磺酰亚胺锂(FSI)、双三氟甲烷磺酰亚胺锂(TFSI)、硫酸乙烯酯(DTD)、4-甲基硫酸乙烯酯(4-methyl DTD)、4-乙基硫酸乙烯酯(4-ethyl DTD)酯、4-丙基硫酸乙烯酯(4-Propyl-DTD)中的至少一种,所述第二添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.1%-5%。

[0016] 优选的,所述第三添加剂为包括含有2个或3个腈基官能团的腈类化合物,腈类化合物能够消除低沸点化合物而带来的高温性能恶化,使得电解液整体具有较好的动力学性能所述第三添加剂占锂离子电池电解液总质量的0.5%-5%。

[0017] 优选的,所述腈类化合物为丁二腈、戊二腈、2-甲基戊二腈、己二腈、1,3,6-己烷三腈、庚二腈中至少一种。

[0018] 优选的,所述锂盐占锂离子电池电解液总质量的8%-20%。更优选的,为了提高快速充电的能力,对电解液的锂盐浓度适度提高,所述锂盐占锂离子电池电解液总质量的12%-18%。

[0019] 本发明的有益效果是:

[0020] 本发明的一种快速充电的锂离子电池电解液,一方面通过改变溶剂体系提升电池动力学性能,在溶剂体系中选择易扩散、浸润性好、黏度低、熔沸点较低的线状碳酸酯、线状羧酸酯,氟苯和氢氟醚作为溶剂;另一方面,采用阻抗较低的添加剂以改善电池成膜性能、循环性能和高温性能,而降低现有技术中高阻抗添加剂的使用,添加剂由负极成膜添加剂、改善电池循环性能的添加剂、提高电池高温性能的添加剂组成。与现有技术相比,本发明具有以下优点:一方面通过采用上述低沸点有机溶剂调整电解液体系的浸润效果和传质阻力,为锂离子的脱嵌锂过程提高良好的通道;另一方面,由于上述溶剂中引入的低沸点线状碳酸酯和羧酸酯,其会导致与石墨不相容、电池循环性能差、不耐高温的问题(即现有技术无法解决的问题),但本发明通过联合使用的三种添加剂,有效减少了高阻抗化合物的使用,其采用的改善电池循环性能的添加剂能够有效解决因引入低沸点的线状碳酸酯、羧酸酯类有机溶剂而产生的与石墨不相容的问题,同时本发明的腈类添加剂还能够消除上述低沸点有机溶剂所带来的高温性能恶化。因此,本发明采用的低沸点有机溶剂与三种添加剂的联合使用而产生协同作用,形成相匹配且具有良好动力学性能的电解液体系,从而能够满足电压4.35V、负极压实密度为 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 以上的高电位、高压实密度、2C以上的快充体系电池的快速充电需求,同时该电解液兼具较好的循环性能和高低温性能。

附图说明

[0021] 图1是对比例3和实施例3-8的电解液所制备的电池2C/1C循环性能测试图。

[0022] 图2是对比例1、2和实施例1、2、4、5的电解液所制备的电池3C/1C循环性能测试图。

[0023] 图3是对比例1、2、3和实施例1、2、5、6的电解液所制备的电池在45°C下1C/1C循环

性能测试图。

[0024] 图4是对比例1、2、3和实施例1、2、4、6、8的电解液在低温10℃下的交流阻抗图谱。

具体实施方式

[0025] 结合以下实施例及附图对本发明作进一步说明。

[0026] 对比例1

[0027] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯以25:75质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为1.0%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到对比例1的锂离子电池电解液。

[0028] 对比例2

[0029] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯以25:55:20质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为1.0%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到对比例1的锂离子电池电解液。

[0030] 对比例3

[0031] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯以25:55:20质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为1.0%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.5%的丁二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到对比例1的锂离子电池电解液。

[0032] 实施例1

[0033] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、乙酸乙酯以25:35:20:20质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%的二氟草酸硼酸锂,1.5%的丁二腈,再缓慢加入质量份数为13.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例1的锂离子电池电解液。

[0034] 实施例2

[0035] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、丙酸乙酯、氟苯以25:35:20:12:8质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%的二氟草酸硼酸锂,1.5%的丁二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例2的锂离子电池电解液。

[0036] 实施例3

[0037] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、丙酸乙酯、1,1,2,2-四氟乙基-2,2,3,3-四氟丙基醚以25:35:20:15:5质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%的二氟草酸硼酸锂,1.5%的丁二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例3的锂离子电池电解液。

[0038] 实施例4

[0039] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、乙酸乙酯以25:40:15:20质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%4-丙基硫酸乙烯酯,0.5%二氟草酸硼酸锂,1.5%的1,3,6己烷三腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例6的锂离子电池电解液。

[0040] 实施例5

[0041] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、丙酸乙酯、1,1,2,2-四氟乙基-2,2,3,3-四氟丙基醚以25:35:20:15:5质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%4-丙基硫酸乙烯酯,1.5%的丁二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例5的锂离子电池电解液。

[0042] 实施例6

[0043] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、乙酸乙酯、氟苯以25:30:15:25:5质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%4-丙基硫酸乙烯酯,0.5%二氟草酸硼酸锂,1.5%的丁二腈和1%的己二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例7的锂离子电池电解液。

[0044] 实施例7

[0045] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、丙酸乙酯、1,1,2,2-四氟乙基-2,2,3,3-四氟丙基醚以25:35:20:15:5质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%硫酸乙烯酯,1.5%的丁二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例4的锂离子电池电解液。

[0046] 实施例8

[0047] 在充满氩气的手套箱(水分<10ppm,氧分<1ppm)中,将碳酸乙烯酯、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、乙酸乙酯、氟苯以25:30:10:20:5质量比混合均匀,在混合溶液中加入质量份数为0.5%的碳酸亚乙烯酯,2%的1,3-丙烷磺酸内酯,5%的氟代碳酸乙烯酯,1.0%4-丙基硫酸乙烯酯,0.5%二氟草酸硼酸锂,1.5%的1,3,6己烷三腈和1%的己二腈,再缓慢加入质量份数为14.0%的LiPF₆,搅拌至其完全溶解,得到实施例8的锂离子电池电解液。

[0048] 将上述对比例1-3和实施例1-8制备的锂离子电池电解液,分别注入正极活性物为钴酸锂LiCoO₂,负极活性物为LA-1(压实密度为1.65g/cm³)的锂离子电池中,注液后的电池经封装、搁置、化成、老化、二次封装、分容等工步,得到待测试的锂离子电池。

[0049] 常温2C/1C循环实验:将电池以2.0C充电至4.35V限制电压后改为恒压充电,至充电电流≤截止电流,静置5min,然后1.0C放电至截止电压3.0V,静置5min,按上述工步进行充放电实验200周以上,结果如图1所示。

[0050] 常温3C/1C循环实验:将电池以3.0C充电至4.35V限制电压后改为恒压充电,至充电电流≤截止电流,静置5min,然后1.0C放电至截止电压3.0V,静置5min,按上述工步进行充放电实验200周以上,结果如图2所示。

[0051] 45°C-1C/1C循环实验:将电池放置在45°C恒温箱中,以1.0C充电至4.35V限制电压

后改为恒压充电,至充电电流 \leq 截止电流,静置5min,然后1.0C放电至截止电压3.0V,静置5min,按上述工步进行充放电实验300周以上,结果如图3所示。

[0052] 实施例1-8所使用的部分溶剂的熔沸点数据如表1所示:

[0053] 表1.实施例1-8所使用的溶剂的熔沸点数据

[0054]

溶剂	熔点/°C	沸点°C
碳酸二甲酯	4.6	90
碳酸甲乙酯	-55	108
乙酸乙酯	-84	77.1
丙酸乙酯	-73.8	99
丁酸丁酯	-98	121.6
氟苯	-42	85

[0055] 从表1中列举的实施例1-8中的部分溶剂的熔沸点数据,可以看出本发明所采用线性碳酸酯和羧酸酯溶剂的熔沸点均较低,为锂离子传输提供更适宜的通道,降低电池体系的阻抗。

[0056] 原理分析:

[0057] 图4是对比例1-3和实施例1、2、4、6、8的电解液在低温10°C下的交流阻抗图谱,从图4可以看出,对比例1至3中使用到的碳酸酯有机溶剂,以及常用碳酸亚乙烯酯添加剂,其阻抗较大,而本发明的实施例1至8中,在溶剂体系中用羧酸酯或氟苯化合物进行取代,并降低碳酸亚乙烯酯的使用量后,阻抗有了明显的减小。

[0058] 本发明通过对电池溶剂体系及添加剂组成进行系统调整,电解液的整体阻抗有一定的下降。锂离子在电池过程中的阻抗来源有三个组成部分:锂离子在电解液中的迁移阻抗,锂离子通过SEI膜的阻抗,以及锂离子通过正负极、隔膜等材料时的阻抗。通常锂离子通过SEI膜的阻抗是研究锂离子在电池体系传输过程中动力学性能的代表依据之一,从图4可以发现,交流阻抗曲线中对应的半圆可以表征锂离子在SEI膜的阻抗行为,其圆弧半径越大,动力学性能亦越差,半径越小电池的动力学性能越好。本发明所使用的羧酸酯、氟苯及氟代醚类具有这方面的性质,其一这些组分往往不参与到SEI膜的形成中,主要为锂离子的传输提供较好的通道。在使用本发明的羧酸酯、氟苯、氟代醚时SEI成膜添加剂对电池的性能尤其重要,一方面要保证快速充电的循环性能,另一方面不影响电池的其他性能。而对于上述羧酸酯、氟苯及氟代醚的选择,申请人认为末端为非甲基羧酸酯可以大量(占溶剂体系最大可达30%)使用,而氟苯与氟代醚化合物用量相对较低,更加利于本体系高电压、高压实条件下的快速充电,这与氟苯以及氟代醚的黏度有较大关系;另外,羧酸酯整体的沸点也更低,分子量更小,而氟苯或氟代醚中基团往往较大不利于电解液动力学性能的提升,氟苯和氟代醚作为辅助溶剂的加入可利用本发明综合性能的提升。

[0059] 在上述溶剂体系下,本发明借助某些特殊功能的成膜添加剂改善电池循环性能,弥补其余负极不相容的特点,对于改善电池循环性能的第二添加剂中的二氟草酸硼酸锂、硫酸乙烯酯(DTD)和取代硫酸乙烯酯具有最佳的循环稳定性,而对于快充体系高电压下高温性能的改善,本发明采用的提高电池高温性能的第三添加剂中的含有2个或3个腈基官能团的腈类化合物中,1,3,6-己烷三腈尤佳,这与腈类化合物对负极的相容性不佳有关,在使

用本发明的溶剂体系时高温性能往往受到挑战,高效的高温添加剂是最佳选择,而含有2个或3个腈基官能团的腈类化合物中如1,3,6-己烷三腈,含有三个腈基,单位体积类腈基的密度更高,与负极的相容性较佳,更容易形成对正极的保护,而其他二腈类化合物或单腈类化合物其高温改善效果相对略差,这是需要使用量更多的腈以弥补,然而腈类过度的加入对循环性能的影响是负面的,尤其是在快速充电的情况下这种现象更加明显,循环性能会因此而急速下降。

[0060] 结论:

[0061] 图1是对比例3和实施例3-8的电解液所制备的电池2C/1C循环性能测试图。从图1可以看出,起始阶段电池放电容量具有明显的下降,这是由于电池在快速充电过程中正极锂离子迁移至附近后,放电时一部分锂离子无法回到正极。对比例3的电解液循环至50周开始跳水,循环性能急速恶化,而采用本发明的电解液未出现跳水现象,并且在循环后期保持了较高的放电能力。

[0062] 图2是对比例1、2和实施例1、2、4、5的电解液所制备的电池3C/1C循环性能测试图。从图2可以看出,采用本发明的电解液能够满足3C/1C循环性能的要求,某些配方在循环至400周后,容量保持率仍可高达88%左右,显示了本发明的电解液具有较好的快速充电能力和循环性能。

[0063] 图3是对比例1、2、3和实施例1、2、5、6的电解液所制备的电池在45°C下1C/1C循环性能测试图。为进一步考察在高温下电池的循环性能,进行了45°C下、1C/1C循环性能测试,从图3可以看出,对比例1、2、3和实施例1、2、5、6的电解液均具备较好的循环性能,本发明虽然使用了一些低沸点的有机溶剂,但通过添加剂之间的协同作用,使得电池在高温条件下不产气,电解液同时具备了较好的高温循环性能,能满足较高温度范围的使用要求。

[0064] 综上,本发明采用的低沸点有机溶剂与三种添加剂的联合使用而产生协同作用,形成相匹配且具有良好动力学性能的电解液体系,能够满足电压4.35V、负极压实密度为1.6g/cm³以上的高电位、高压实密度、2C以上的快充体系电池的快速充电需求,同时该电解液还兼具较好的循环性能和高低温性能。

[0065] 最后应当说明的是,以上实施例仅用于说明本发明的技术方案而非对本发明保护范围的限制,尽管参照较佳实施例对本发明作了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的实质和范围。

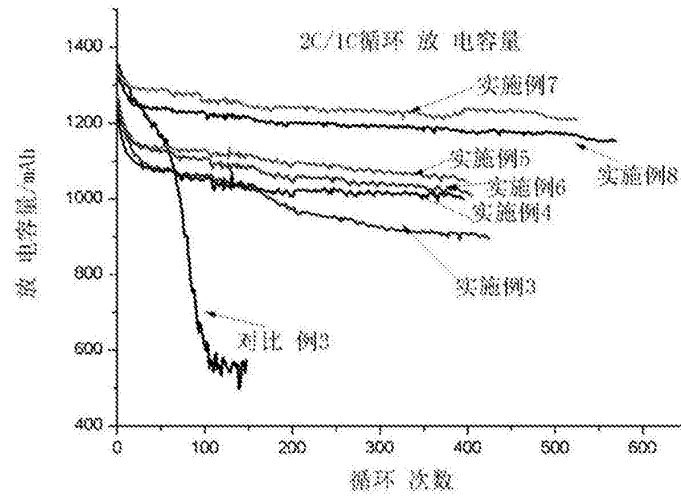


图1

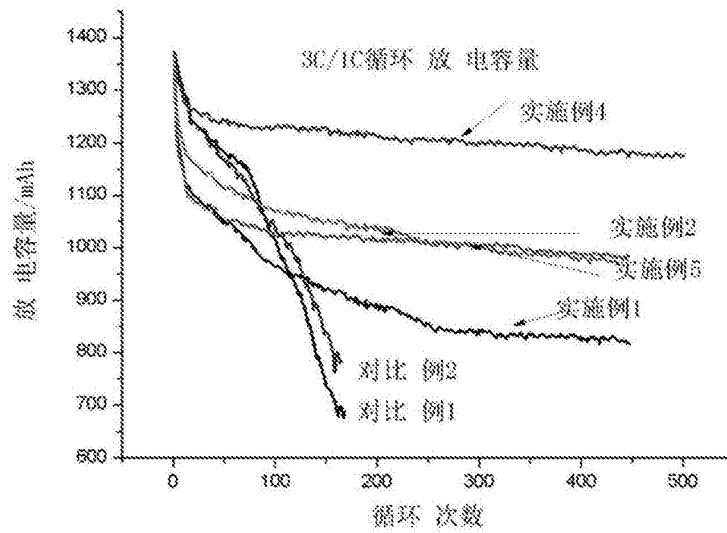


图2

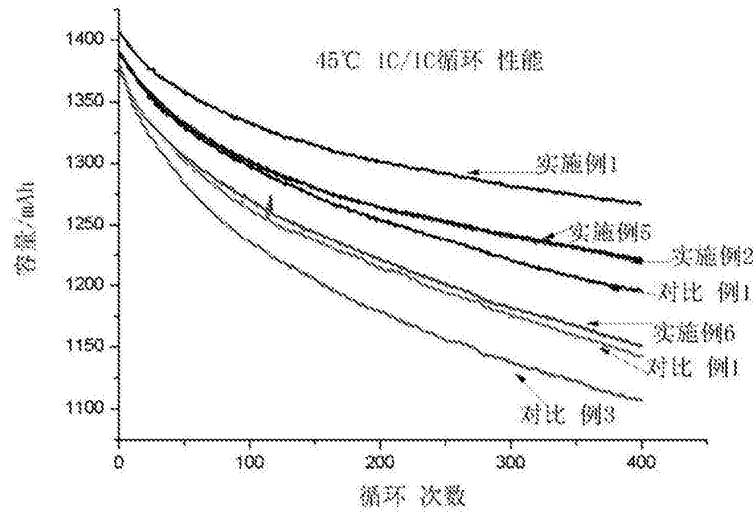


图3

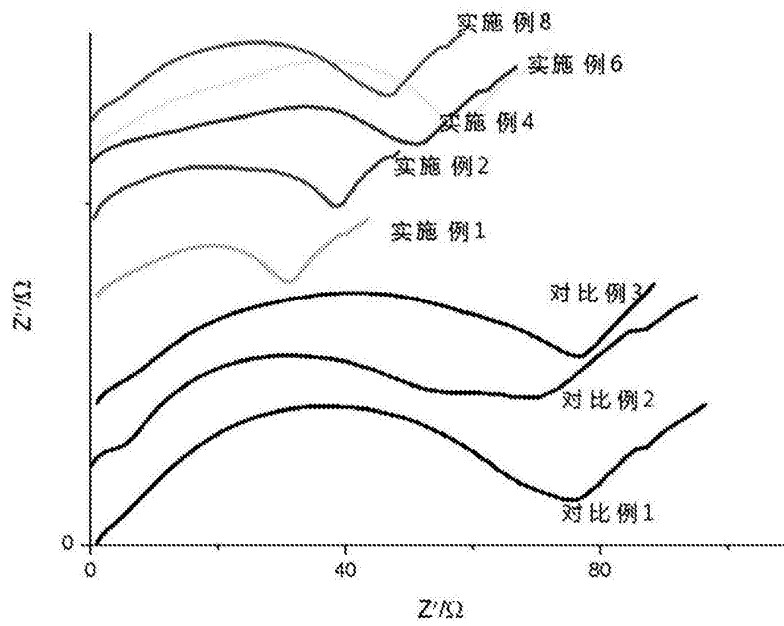


图4