

# 锂离子电池功能电解液研究进展

张建腾 李仁浩 李 福

多氟多阳福新材料有限公司 河南 焦作 454150

**摘要:** 锂离子电池 (LIB) 已成为现代社会最重要的能源储存和传输工具之一。它们广泛应用于便携式电子设备, 如手机、笔记本电脑和电动汽车等。LIB的性能主要由其阳极和阴极材料决定, 但电解液的作用也不容忽视。电解液是LIB中离子传输的主要介质, 对电池的电化学性能和安全性具有重要影响。本文将详细讨论锂离子电池功能电解液的最新研究进展。

**关键词:** 锂离子电池; 功能电解液; 研究进展

引言: 锂离子电池 (LIBs) 作为现代电子设备的主要能源来源, 对其性能的要求在不断提高。电解液作为LIBs中的关键组成部分, 直接影响电池的电化学性能。因此, 对功能电解液的研究对于提高LIBs的性能至关重要。本文旨在综述锂离子电池功能电解液的研究进展, 介绍新型电解液的特性和应用潜力, 并探讨未来的研究方向。

## 1 锂离子电池功能电解液的基本特性

锂离子电池作为现代储能技术的重要组成部分, 其性能和特性在很大程度上决定了电池的性能和使用寿命。其中, 功能电解液作为锂离子电池中传输锂离子的媒介, 其特性和质量对电池的性能具有至关重要的影响。首先, 功能电解液应具备高离子电导率。在锂离子电池中, 离子电导率决定了锂离子在电解液中传输的效率。高离子电导率可以减少内阻, 提高电池的充放电效率, 从而提高电池的能量密度和功率密度。此外, 良好的离子电导率还可以提高电池的循环寿命和倍率性能。其次, 功能电解液应具有良好的化学稳定性。在电池工作电压范围内, 电解液应保持稳定, 不发生分解或腐蚀。这不仅可以保证电池的安全性, 还可以提高电池的循环寿命。同时, 功能电解液还需要与正负极材料具有良好的相容性, 以避免电极与电解质之间的不良反应。此外, 功能电解液还需要具备较低的界面电阻。界面电阻是指电极与电解质之间的接触电阻。较低的界面电阻可以减少电极与电解质之间的接触电阻, 从而提高电池的充放电效率<sup>[1]</sup>。同时, 功能电解液还需要与电极材料具有良好的浸润性, 以减少界面电阻。除了以上几个方面, 功能电解液还需要具备优秀的热稳定性和抗氧化性。在高温和氧化环境下, 电解液应保持稳定, 不发生分解或氧化。这不仅可以保证电池的安全性, 还可以提高电池的循环寿命和储存寿命。同时, 功能电解液还需要对环境对人类无害, 以确保可持续性和环保。

## 2 电解液的组成和作用

电解液是LIB的核心组成部分, 它由有机溶剂、锂盐和其他添加剂组成。有机溶剂为锂离子提供了一个稳定的传输环境, 同时锂盐则提供了可迁移的锂离子。添加剂则可以改善电解液的电化学性能或提高电池的安全性。有机溶剂的选择对于电解液的性能至关重要。常用的有机溶剂包括碳酸乙烯酯 (EC)、碳酸丙烯酯 (PC)、碳酸二甲酯 (DMC) 等。这些溶剂的介电常数和熔点等性质对电解液的离子导电性和稳定性有重要影响。锂盐是电解液中的主要成分, 它提供了可以自由迁移的锂离子。常用的锂盐包括LiPF<sub>6</sub>、LiBF<sub>4</sub>和LiClO<sub>4</sub>等。这些锂盐的稳定性和熔点对电解液的性能和安全性有重要影响。添加剂是电解液中用来改善电池性能的成分。它们可以包括能提高离子导电性的添加剂, 如LiBOB、LiODFB等; 能提高电池安全性的添加剂, 如阻燃剂、成膜添加剂等; 以及能改善电池容量的添加剂, 如氟代碳酸乙烯酯 (FEC) 等。

## 3 电解液影响成品电池性能的因素

电解液在锂离子电池中扮演着重要的角色, 它不仅决定了电池的离子导电性和充放电效率, 还对电池的安全性和稳定性产生影响。因此, 电解液是影响成品电池性能的关键因素之一。首先, 电解液的离子导电性对电池性能有着重要影响。离子导电性是指电解液中离子移动容易程度。在锂离子电池中, 离子导电性决定了锂离子在正负极之间的迁移速度, 进而影响到电池的充放电效率。一般来说, 高离子导电性的电解液可以提供更高的锂离子迁移速度, 从而提高电池的充放电效率。因此, 科研人员一直在开发新型添加剂和锂盐, 以提高电解液的离子导电性。其次, 电解液的稳定性也对电池性能产生影响。电解液在充放电过程中可能会发生分解反应, 产生气体或者沉淀物<sup>[2]</sup>。这些分解产物会堵塞电极孔

隙,导致电池内阻增加,充放电效率下降。此外,电解液的分解还会导致电池内部温度升高,可能引发安全问题。此外,电解液的电化学窗口是指电解液能够稳定存在的电压范围。在充放电过程中,电解液需要在正负极之间迁移,因此需要一个宽广的电化学窗口以保证电池的安全运行。一般来说,高电化学窗口的电解液可以提供更高的电池工作电压,从而提高电池的能量密度。最后,电解液的浸润性和界面性质也会对电池性能产生影响。电解液需要能够充分浸润电极材料和隔膜等组件,以确保锂离子的正常迁移和分布。同时,电解液与电极材料和隔膜之间的界面性质也会影响到电池的充放电效率和循环寿命。因此,选择合适的电解液配方和添加剂,以改善电解液的浸润性和界面性质,也是提高电池性能的重要手段之一。

#### 4 锂离子电池新型电解液

近年来,随着对LIBs性能要求的不断提高,研究者们一直在寻找新型的功能电解液,以提高LIBs的能量密度、循环寿命和安全性。首先,碳酸酯基电解液是锂离子电池中最常用的电解液。它们具有高离子导电性、宽电化学窗口和良好的化学稳定性。然而,它们的低闪点和易燃性限制了其应用。为了解决这个问题,研究者们开发了新型的碳酸酯基电解液,如氟代碳酸酯基电解液,它们具有更高的闪点和更佳的阻燃性能。这些改进的碳酸酯基电解液能够提高LIBs的安全性和稳定性。其次,砜基电解液是一种新型的电解液,具有高的离子导电性和宽的电化学窗口。与传统的有机溶剂相比,砜基电解液具有低蒸气压、高热稳定性和良好的化学稳定性。这使得它们成为适用于高温LIBs的理想选择。在高温环境下,砜基电解液能够保持稳定的性能,从而提高LIBs的循环寿命和安全性。此外,离子液体是具有高的离子导电性和宽的电化学窗口。与传统的有机溶剂相比,离子液体具有低蒸气压、高热稳定性和良好的化学稳定性。它们的应用为LIBs提供了一种可行的解决方案,尤其是在高温和高电压的应用场景中<sup>[3]</sup>。然而,离子液体的成本较高,这在一定程度上限制了其在商业化LIBs中的应用。最后,氟化电解液具有高的离子导电性、宽的电化学窗口和良好的化学稳定性。更重要的是,它们与某些正负极材料有很好的相容性,可以显著提高LIBs的性能。氟化电解液能够提高LIBs的能量密度和循环寿命,并且在使用过程中表现出良好的安全性和稳定性。然而,它们的高成本也限制了其应用。

#### 5 功能电解液的研究进展

随着电动汽车、便携式电子设备等领域的快速发展,

LIB的性能要求也越来越高。因此,对功能电解液的研究也在不断深入。近年来,功能电解液的研究主要集中在提高离子导电性、提高安全性和提高能量密度等方面。

##### 5.1 提高离子导电性

锂离子电池,以其卓越的能量密度和寿命,已成为现代社会中不可或缺的能源储存工具。无论是手机、笔记本电脑,还是电动汽车和储能系统,锂离子电池都发挥着关键作用。而在这其中,电解液作为锂离子电池的核心组件之一,其性能直接影响到电池的离子导电性、充放电效率和安全性。电解液,由电解质盐、有机溶剂和添加剂组成,是锂离子在正负极之间迁移的媒介。电解液的离子导电性决定了锂离子在电池内部的移动速度,对电池的充放电效率有着重要影响。因此,提高电解液的离子导电性是研究者们关注的焦点。近年来,科研人员发现,通过添加某些特定添加剂,可以显著提高电解液的离子导电性。例如,LiBOB(双草酸硼酸锂)和LiODFB(双氟磺酰亚胺锂)等添加剂可以与电解液中的溶剂分子相互作用,降低溶剂的粘度,从而增加锂离子的移动速度。这些添加剂不仅可以提高离子导电性,还可以提高电池的循环寿命和稳定性<sup>[4]</sup>。除了添加剂的研究,新型锂盐也在提高电解液离子导电性方面表现出巨大的潜力。例如,LiTFSI(双氟磺酰亚胺锂)是一种具有高离子电导率和优良稳定性的新型锂盐。这种锂盐在电解液中可以提供更多的锂离子,从而提高电池的充放电效率。同时,其优良的稳定性也使得电池在高温或长时间充放电过程中保持稳定。除了提高离子导电性,新型锂盐和添加剂还可以改善电池的其他性能。例如,某些添加剂可以改善电极材料的性能,提高电池的能量密度和循环寿命。而新型锂盐则可以降低电池的内阻,提高电池的倍率性能,使得电池在快速充放电的情况下仍能保持良好的性能。

##### 5.2 提高安全性

锂离子电池(LIB)因其高能量密度和长寿命而在各种应用中受到广泛关注。然而,随着其应用范围的扩大,安全性问题也日益凸显。这不仅关系到电池自身的性能,更直接关系到使用者的安全。因此,提高锂离子电池的安全性成为了当前研究的重点。功能电解液,作为LIB的核心组成之一,对于电池的性能和安全性具有举足轻重的作用。近年来,科研人员针对如何提高电解液的安全性进行了大量的研究。阻燃添加剂是一种关键的解决策略。在异常情况下,如电池过充或短路,阻燃添加剂可以使电解液的燃烧受到抑制,从而显著提高电池的安全性。科研人员正在探索各种具有高效阻燃性能的

添加剂,如有机磷化合物、含氟化合物等。除了阻燃添加剂,成膜添加剂也是另一研究方向。这种添加剂可以在电极表面形成一层保护膜,有效防止电极发生短路或过度腐蚀<sup>[5]</sup>。这种保护膜的形不仅可以防止电化学反应的异常进行,而且可以防止电解液的进一步分解和副反应的发生。在众多成膜添加剂中,研究最为广泛的是氟代碳酸乙烯酯(FEC)。FEC可以在电池充电过程中在电极表面形成一层稳定的氟化物薄膜,显著提高了电池的安全性和稳定性。此外,新型的离子液体电解液也备受关注。离子液体具有高离子导电性、低蒸气压、良好的化学稳定性和热稳定性等优点,可以有效地提高电池的安全性和性能。尽管其成本相对较高,但随着科研的深入,相信这一问题会得到解决。

### 5.3 提高能量密度

锂离子电池(LIB)在过去的几十年中已经成为了便携式电子设备和电动车辆等领域的首选能源存储解决方案。然而,随着这些设备的普及,对LIB的能量密度提出了更高的要求。能量密度是衡量电池储存电量的能力,是决定电池性能的重要指标。因此,提高LIB的能量密度对于满足未来设备的能源需求至关重要。功能电解液在提高LIB能量密度方面具有重要地位。电解液是LIB中的关键组成部分,它承担着离子传输、电极材料保护以及提高电极浸润性的作用。近年来,科研人员已经发现通过优化电解液的成分和性质,可以有效提高LIB的能量密度。一种有效的策略是使用高电压正极材料。通过提高正极材料的电压,可以增加电池的电压平台,进而提高电池的能量密度。然而,高电压正极材料往往面临着氧化稳定性差、结构不稳定等问题。功能电解液在此方面具有重要作用,它可以为正极材料提供良好的离子传输环境,

同时保护正极材料免受氧化侵蚀。新型有机溶剂和锂盐也是提高能量密度的重要研究方向。传统的碳酸酯类有机溶剂已经不能满足LIB未来发展的需求。因此,科研人员正在积极研发新型的有机溶剂,如氟代碳酸乙烯酯(FEC)。FEC具有高闪点、低蒸气压、良好的离子导电性和化学稳定性等优点,可以显著提高电池的容量和能量密度。此外,新型锂盐如LiTFSI等也被广泛研究,它们具有高离子电导率、低挥发性和良好的化学稳定性等优点,可以提高电池的能量密度并降低电池的内阻。

### 结语

通过对锂离子电池功能电解液的深入研究,我们可以更好地理解电解液在提高电池性能方面的重要作用。尽管现有的电解液材料在一定程度上满足了LIBs的性能需求,但仍然存在许多挑战和问题需要解决。未来研究应聚焦于开发低成本、高性能的新型功能电解液,并进一步探究其物理化学性质和与正负极材料的相互作用机制,以便更好地理解其性能和应用潜力。

### 参考文献

- [1]张金龙.锂离子电池高电压正极材料体系的研究进展[J].电源技术,2021,45(3):17-23.
- [2]刘心宇.离子液体在锂离子电池中的应用研究进展[J].电源技术,2021,45(1):19-24.
- [3]马英杰.锂离子电池功能电解液的研究进展[J].化学进展,2021,33(1):19-26.
- [4]杨帆.基于绿色化学的锂离子电池功能电解液研究进展[J].化学进展,2021,33(3):47-53.
- [5]王春梅.高电压锂离子电池功能电解液的研究进展[J].化学进展,2021,33(5):99-107.