

锂离子电池隔膜现状及发展趋势

李浩 石海斌 苗青

多氟多阳福新材料有限公司 河南 焦作 454150

摘要：锂离子电池隔膜是锂离子电池中的关键组件之一，其性能和制造工艺对电池的性能和安全性具有重要影响。本文介绍了锂离子电池隔膜的现状和发展趋势，重点探讨了锂离子电池隔膜的制造工艺、性能参数、现存问题及解决方案。通过对这些问题的深入分析和讨论，我们可以更好地了解锂离子电池隔膜的发展状况，并为未来的研究和应用提供参考和指导。

关键词：锂离子电池；隔膜；现状；发展趋势

引言：随着电动汽车、移动设备等领域的快速发展，锂离子电池的需求不断增加。锂离子电池隔膜作为锂离子电池的关键组件之一，对电池的性能和安全性具有重要影响。本文将介绍锂离子电池隔膜的制造工艺、性能参数、现存问题及解决方案，并探讨其发展趋势。

1 锂离子电池的重要性

锂离子电池（LIB）的重要性无法被忽视。它们已经深深地改变了我们的生活方式，并在许多领域中，从消费电子到电动汽车，都扮演着关键的角色。以下是对锂离子电池重要性的详细讨论。首先，锂离子电池为现代电子产品提供了强大的动力。从智能手机、笔记本电脑，到平板电视和各种可穿戴设备，锂离子电池都为这些设备的便携性和长寿命提供了保障。它们的能量密度高，充电效率高，自放电率低，使得电子产品能够拥有更长的使用寿命和更为便捷的充电方式。其次，锂离子电池在电动汽车领域的应用更是推动了绿色出行的发展。电动汽车的广泛应用有助于减少化石燃料的依赖，从而减少环境污染。而锂离子电池的高能量密度、长寿命以及充电快速的特性，使得电动汽车能够拥有更长的续航里程和更快的充电速度，极大地提高了电动汽车的实用性和便利性。此外，随着可再生能源的快速发展，锂离子电池在能源储存和智能电网领域的应用也越来越广泛。白天和晚上的电价差使得储能系统能够有效降低电网负荷，提高电力系统的稳定性。而锂离子电池的特性使其成为这种大规模储能的理想选择。最后，随着科技的不断进步，锂离子电池的应用领域还在不断扩展。例如，它们在航空航天、海底探测、深海装备等领域的应用都展现出了巨大的潜力。

2 锂离子电池隔膜的制造工艺

2.1 锂离子电池隔膜的主要材料

锂离子电池隔膜的主要材料是聚烯烃（Polyolefin）。

聚烯烃是一种热塑性塑料，具有优良的化学稳定性、耐高温性、低密度和低成本等优点。这些特性使得聚烯烃成为锂离子电池隔膜的理想材料。聚烯烃隔膜在锂离子电池中起到关键的作用。它们将正极和负极隔开，防止短路，同时允许锂离子的自由传输。这使得电池能够在充放电过程中保持稳定的性能。聚烯烃隔膜通常是通过双向拉伸工艺制造的。这种制造工艺包括三个主要步骤：挤出、双向拉伸和热定型。通过这些步骤，聚烯烃隔膜能够形成具有微孔结构的薄膜，这些微孔能够允许锂离子的传输，同时防止电子的直接接触。聚烯烃隔膜的另一个重要特性是它们的化学稳定性。在锂离子电池的工作电压下，聚烯烃隔膜不会发生任何化学反应，这使得电池具有优良的稳定性和长寿命。此外，聚烯烃隔膜的机械强度也较高，能够承受电池在工作过程中的压力和温度变化。然而，虽然聚烯烃隔膜具有许多优点，但它们也存在一些缺点。例如，聚烯烃隔膜的孔径和孔隙率分布难以控制，这可能会影响锂离子的传输效率和电池的性能。此外，聚烯烃隔膜的生产成本相对较高，这可能会限制它们在一些应用领域的使用^[1]。

2.2 锂离子电池隔膜的制造过程

锂离子电池隔膜的制造过程是一个复杂且精密的过程，涉及到多个步骤和关键参数。以下是对锂离子电池隔膜制造过程的详细讨论。首先，制造锂离子电池隔膜需要使用聚烯烃树脂作为原料。这些树脂通常来自于石油或天然气等化石燃料。在制造过程中，树脂首先被熔融并形成薄膜。这个薄膜然后被进一步处理以形成具有微孔结构的隔膜。在形成薄膜之后，制造过程的下一步是拉伸。这个步骤通常涉及到将薄膜在两个方向上拉伸，以使其形成具有定向微孔结构的隔膜。这个过程需要在精确控制的环境条件下进行，以确保隔膜的微孔结构和机械强度达到最佳。在拉伸之后，隔膜需要进行热

处理。这个步骤主要是为了稳定隔膜的结构和提高其机械强度。热处理的温度和时间需要精确控制,以确保隔膜的物理和化学特性达到最佳。最后,经过热处理后的隔膜需要进行分切和包装。这个步骤主要是为了将隔膜按照所需的大小和形状进行切割,并将其包装起来以备使用。在分切和包装过程中,需要注意保持隔膜的清洁和避免其受到机械损伤。

2.3 不同制造工艺的优缺点比较

锂离子电池隔膜的制造工艺主要有干法、湿法和热法三种,各种工艺都有其独特的优缺点。(1)干法制造工艺具有高生产效率和低成本的优势,适合大规模生产。其生产的隔膜具有较高的机械强度和化学稳定性,因此广泛应用于商业化的锂离子电池中。然而,干法工艺的缺点在于其过程中使用的聚烯烃树脂通常需要经过高温和高压力的加工处理,可能会导致树脂的老化和性质的改变,从而影响隔膜的性能。此外,干法工艺生产的隔膜的孔径和孔隙率分布难以控制,可能影响锂离子的传输效率和电池的性能。并且,干法工艺需要使用大量的溶剂和化学试剂,可能会产生环境污染和生产成本的增加。(2)湿法制造工艺是一种较新的工艺,其生产的隔膜具有较低的孔隙率和较高的孔径分布一致性,有助于提高锂离子的传输效率和电池的性能。此外,湿法工艺使用的溶剂和化学试剂较少,对环境的影响较小。然而,湿法工艺的生产效率较低,成本较高,不适合大规模生产。并且,湿法工艺过程中使用的聚烯烃树脂通常需要经过高温和高压力的加工处理,可能会导致树脂的老化和性质的改变。此外,湿法工艺的孔径和孔隙率分布虽然较为一致,但仍然存在一定的分布不均的现象。(3)热法制造工艺是一种新颖的工艺,其生产的隔膜具有较高的孔径和孔隙率分布的一致性,有助于提高锂离子的传输效率和电池的性能。此外,热法工艺使用的聚烯烃树脂不需要经过高温和高压力的加工处理,不会导致树脂的老化和性质的改变^[2]。然而,热法工艺需要使用高温和高压力的条件,可能会导致生产成本的增加。

3 锂离子电池隔膜的性能参数

3.1 孔径和孔隙率

孔径和孔隙率是锂离子电池隔膜的重要性能参数,它们直接影响着电池的离子传输性能和电化学性能。孔径是指隔膜中孔洞的直径,而孔隙率是指隔膜中孔洞所占的体积比例。这些孔洞是锂离子通过隔膜进行传输的主要通道。孔径的大小会影响锂离子的传输速度和电池的倍率性能,而孔隙率则影响锂离子的传输效率和电池的容量。在锂离子电池中,隔膜的孔径和孔隙率需要精

确控制,以确保锂离子能够高效地传输,同时保持电池的安全性。孔径和孔隙率的控制可以通过改变聚烯烃树脂的分子结构、加工条件和热处理等方式来实现。一般来说,较小的孔径可以提供更高的离子阻隔能力,但也会降低锂离子的传输效率。因此,需要在保证安全性的前提下,通过优化制造工艺和选择合适的树脂材料来控制孔径和孔隙率的大小,以达到最佳的离子传输性能和电化学性能。在锂离子电池中,正负极之间需要保持一定的距离以确保电池的安全性。隔膜的孔径和孔隙率决定了正负极之间的距离,从而影响电池的容量和寿命。因此,在制造锂离子电池时,需要根据电池的设计要求和性能要求来选择具有适当孔径和孔隙率的隔膜。

3.2 机械强度和热稳定性

锂离子电池隔膜的机械强度和热稳定性是评估其性能的重要参数。这些性能参数对于电池的安全性、稳定性和循环寿命具有至关重要的影响。机械强度是衡量隔膜在承受外部压力和冲击时能否保持稳定性的关键参数。锂离子电池在充放电过程中会经历压力和温度的变化,因此隔膜必须具有一定的机械强度以防止在电池内部发生短路或变形。隔膜的机械强度通常通过拉伸试验、压缩试验和撕裂试验等方法进行评估。热稳定性是评估隔膜在高温条件下能否保持稳定性的另一个重要参数。锂离子电池在充放电过程中会产生大量的热量,因此隔膜必须具有足够的热稳定性以防止在高温条件下发生分解或变形。隔膜的热稳定性通常通过热重分析(TGA)、差热分析(DSC)和热机械分析(TMA)等方法进行评估。

3.3 电化学性能

电化学性能是锂离子电池隔膜的重要性能参数之一,它直接关系到电池的充放电性能和循环寿命。锂离子电池隔膜的电化学性能主要包括以下几个方面:(1)离子电导率:离子电导率是衡量隔膜对锂离子传输能力的关键参数。高离子电导率可以促进锂离子的快速传输,从而提高电池的充放电速度和效率。离子电导率通常通过测试隔膜的离子电导率和内阻来评估。(2)电子绝缘性:锂离子电池隔膜需要具有优良的电子绝缘性能,以防止电子在正负极之间直接传递,从而避免电池内部短路。电子绝缘性通常通过测试隔膜的电阻和绝缘能力来评估。(3)化学稳定性:锂离子电池隔膜需要与电池中的电解液和其他材料兼容,并且在电池的工作电压范围内不发生化学反应,以保持电池的稳定性和安全性。化学稳定性通常通过测试隔膜在不同环境条件下的化学性能来评估。(4)界面稳定性:锂离子电池隔膜需

要与正负极材料保持稳定的界面接触，以确保电池的充放电性能和循环寿命。界面稳定性通常通过测试电池在不同充放电状态下的界面阻抗和电容来评估。

4 锂离子电池隔膜的现存问题及解决方案

4.1 现有问题：如安全性、一致性、耐久性等

锂离子电池隔膜的现存问题主要包括安全性、一致性和耐久性等方面。这些问题的存在限制了锂离子电池隔膜的性能和广泛应用。

首先，安全性是锂离子电池隔膜最重要的性能之一。锂离子电池在充放电过程中会产生大量的热量和电流，如果隔膜存在缺陷或质量问题，可能会导致电池内部短路或热失控，从而引发安全问题。其次，一致性是锂离子电池隔膜另一个重要的性能参数。一致性包括孔径和孔隙率的均匀性和一致性、厚度的均匀性和一致性等方面^[3]。如果隔膜的一致性不好，会导致电池的性能不稳定，影响电池的循环寿命和倍率性能。最后，耐久性是锂离子电池隔膜另一个重要的性能参数。耐久性包括隔膜在反复充放电过程中的稳定性和耐高温、耐低温等环境条件下的稳定性。如果隔膜的耐久性不好，会导致电池的性能下降和容量损失，从而影响电池的使用寿命。

4.2 解决方案：研究和新的制造工艺、优化材料选择、改进电池管理等

为了解决锂离子电池隔膜现存的问题，可以从以下几个方面进行研究和解决：

(1) 研究和新的制造工艺：不断探索和研发新的制造工艺，以提高锂离子电池隔膜的性能和生产效率。例如，可以采用先进的纳米技术、薄膜制造技术等，制造出更薄、更均匀、更高性能的隔膜。同时，通过优化生产工艺，可以降低生产成本，提高产量，缩短交货时间，以满足市场需求。(2) 优化材料选择：选择适合锂离子电池隔膜的高性能材料，如具有高离子电导

率、优良的化学稳定性和界面稳定性的聚烯烃树脂等。通过优化材料配方和比例，可以提高隔膜的性能和稳定性，同时降低成本。(3) 改进电池管理：通过改进电池管理系统，可以更好地控制电池的充放电过程，避免过充、过放和短路等问题，提高电池的安全性和稳定性。同时，通过实时监测电池的状态和性能参数，可以及时发现和解决电池存在的问题，延长电池的使用寿命。(4) 加强质量检测和控制在：加强锂离子电池隔膜的质量检测和控制，确保产品的安全性和一致性。采用先进的检测设备和检测技术，对隔膜的各项性能参数进行全面检测和分析，及时发现和解决潜在的问题和缺陷。(5) 推动绿色制造和可持续发展：采用环保材料和设备，减少废弃物和污染物的排放。同时，加强资源的回收和再利用，降低资源浪费和环境污染。通过推动绿色制造和可持续发展，可以降低生产成本，提高企业的竞争力。

结语

本文介绍了锂离子电池隔膜的制造工艺、性能参数、现存问题及解决方案，并探讨了其发展趋势。通过对这些问题的深入分析和讨论，我们可以更好地了解锂离子电池隔膜的发展状况，并为未来的研究和应用提供参考和指导。随着技术的不断进步和应用需求的不断增加，锂离子电池隔膜的性能将不断提高，制造工艺将不断优化，未来的发展趋势将更加注重环保、高效、智能化等方面的发展。

参考文献

- [1]张新星.锂离子电池隔膜现状及发展趋势[J].电池工业,2021,26(1):59-64.
- [2]王洪.锂离子电池隔膜材料的研究进展[J].材料导报,2020,34(11):110-116.
- [3]刘志超.锂离子电池隔膜材料的制备及性能研究[J].材料科学与工程学报,2022,30(1):59-64.