

# 钠离子电池硬碳负极材料的市场应用前景展望

袁博 郭进 郭恬 杨宁 杨林

(鄂尔多斯市碳中研究院, 内蒙古 鄂尔多斯 017010)

**摘要:** 钠离子电池作为新兴的电池技术, 近年来受到了广泛关注。其中, 硬碳负极材料以其高比容量、结构稳定、循环性能好等优势, 在钠离子电池领域展现出巨大的应用潜力。本论文将对钠离子电池硬碳负极材料的市场应用前景进行展望, 以为相关研究和产业发展提供参考。

**关键词:** 钠离子电池; 硬碳负极材料; 市场应用前景

## 0 引言

锂地球资源为 0.0065%, 钠为 2.75%, 是锂资源的 440 倍。锂资源的稀缺性和分布不均对锂离子电池的长期发展构成了显著挑战。根据美国地质调查局 (USGS) 2022 年的数据, 全球锂储量约为 2100 万吨, 其中智利拥有近一半的储量, 紧随其后的是澳大利亚、阿根廷和中国。2022 年全球锂产量约为 10 万吨, 澳大利亚是最大的生产国。随着电动汽车和储能市场的快速增长, 全球对锂的需求预计将从 2020 年的约 32 万吨激增至 2025 年的约 100 万吨。面对此挑战, 钠离子电池因其原料钠资源丰富、成本低廉而备受关注。然而, 钠离子电池在能量密度和循环寿命方面仍需改进, 以满足市场需求。在我国《“十四五”能源领域科技创新规划》、欧盟《2030 电池创新路线图》以及美国能源部《储能大挑战路线图》等文件中都将钠离子电池研究列为重点支持对象。电极材料是决定电池性能和成本的关键, 硬碳是目前公认的最具规模化应用潜力的钠离子电池负极材料。

## 1 钠离子电池硬碳负极材料的性能优势

### 1.1 高比容量性能

硬碳材料作为钠离子电池的负极, 其最突出的优势在于高倍率及低温条件下的高比容量性能。硬碳是非晶态的碳材料, 与石墨相比, 其内部结构更为杂乱无章, 这种无序的结构为钠离子提供了更多的嵌入和脱嵌位点。在充放电过程中, 硬碳能够通过其微孔和介孔结构存储大量的钠离子, 从而展现出高于传统石墨材料的可逆容量。实验研究表明, 硬碳材料理论比容量通常在 250 至 400mAh/g 之间, 传统石墨材料理论比容量为 372mAh/g, 在实际应用中, 一般可以达到 300 至 360mAh/g。但是在高倍率充放电条件下硬碳材料表现较好, 能保持较好的比容量, 尤其是在低温条

件下表现优异。因此, 硬碳材料有助于提升钠离子电池的整体能量密度, 使其在需要高能量存储的应用场合中具有更大的潜力。

### 1.2 循环稳定性

除了高比容量外, 硬碳材料的循环稳定性是其在钠离子电池中的又一个重要优势。由于硬碳的非晶结构, 它在反复的充放电过程中能够保持较好的结构完整性, 这是因为它的层间距较大, 钠离子在嵌入和脱出时引起的体积膨胀较小, 从而减少了结构的破坏。相比之下, 传统的石墨负极在循环过程中容易发生剥落和粉碎, 导致电池性能快速衰减。硬碳材料的循环寿命通常可达数千次, 且容量保持率较高, 这使得其在长寿命能源存储领域有着不可忽视的应用前景。

### 1.3 制备工艺与环境友好性

硬碳材料的制备工艺相对简单且环境友好, 这也是其在钠离子电池领域中受到青睐的原因之一。硬碳可通过多种前驱体, 如生物质材料、聚合物以及一些含碳有机物等, 经过适当的热处理过程得到。以上前驱体广泛存在于自然界或工业副产品中, 来源丰富且成本较低。热处理过程通常在无氧或低氧环境下进行, 减少了有害气体的排放。此外, 硬碳材料的合成过程不需要复杂的设备和严格的条件, 有利于降低生产成本并实现规模化生产。因此, 从经济和环保的角度来看, 硬碳负极材料对于推动钠离子电池的商业化进程具有重要意义。

## 2 钠离子电池硬碳负极材料的市场应用现状

### 2.1 市场应用概览

钠离子电池硬碳负极材料目前正处于市场应用的初期阶段。由于钠离子电池相较于锂离子电池拥有原材料丰富、低温性能优异、安全性高、成本较低等潜在优势, 近年来受到了研究者和产业界的广泛关注。

硬碳材料作为钠离子电池的关键组成部分，其市场应用主要集中在小型电子产品、储能系统以及电动车辆等领域。虽然目前市场份额较小，且面临诸多竞争，如锂离子电池等已成熟的技术，但硬碳材料的特有优势使其在特定领域已经开始得到实际应用，并展现出一定的市场潜力。随着技术的不断进步和生产成本的降低，预计未来硬碳负极材料在钠离子电池市场中将占据更重要的地位。

## 2.2 应用领域分析

硬碳负极材料在不同应用领域的市场表现各有特点。在小型电子产品领域，由于硬碳的高比容量和良好的循环稳定性，它可以为设备提供更长的使用时间，这对于便携式电子设备尤其重要。然而，这一市场领域的应用还相对较少，主要受限于钠离子电池整体的商业化进程。在大型储能系统方面，硬碳负极材料因其成本效益和环境友好性，正在成为替代传统石墨材料的有力竞争者。尤其是在电网调节、可再生能源储存等场景中，硬碳的应用前景被看好。至于电动车辆领域，尽管当前硬碳负极材料的使用并不广泛，但随着电动汽车对高性能、低成本电池需求的增长，硬碳材料有望在未来发挥更大的作用。

## 2.3 面临的挑战与展望

尽管硬碳负极材料在钠离子电池领域具有诸多优势，但其市场应用仍面临着一些挑战。首先是提升硬碳材料的能量密度和电导率，这需要通过改进材料结构和合成方法来实现。其次，钠离子电池的整体性能不仅取决于负极材料，还需要匹配高效的正极和电解质等其他组件，因此整体电池设计的优化同样重要。另外，市场对于新材料的接受程度和切换成本也是影响硬碳材料市场推广的因素之一。展望未来，随着相关研发成果的不断涌现和生产工艺的优化，硬碳负极材料的市场应用预计将逐渐扩大。特别是在寻求替代能源和绿色可持续发展的背景下，硬碳负极材料的市场前景值得期待。

## 3 钠离子电池硬碳负极材料的市场应用前景展望

### 3.1 储能领域

硬碳材料由于其优越的性能特点，如结构多样、价格低廉、导电性良好等，在储能领域的应用具有明显的优势。随着可再生能源的快速发展，对于稳定电网和峰谷调节的需求日益增长，钠离子电池因其成本优势和良好的性能，有望成为重要的补充储能技术之一。

钠离子电池硬碳负极材料在储能领域具有巨大的

应用潜力。随着风能、太阳能等可再生能源的大规模并网，电网的稳定性和能源调配能力面临巨大挑战。钠离子电池以其固有的安全性、丰富的原材料及成本优势，成为解决这一问题的重要技术之一。硬碳负极材料具备较高的能量密度和良好的循环稳定性，能够适应多变的充电和放电条件，非常适合用于构建高效率的储能系统。以上特点使得硬碳材料在风能、太阳能储存及其它需要大规模储能解决方案的场景中，具有不可忽视的应用价值。根据预测，到2027年，我国钠离子电池需求将达到82.8GWh，从2023年到2027年的复合增长率(CAGR)高达80.9%。相应地，硬碳材料作为钠离子电池的首选负极材料，其市场需求也将呈上升态势，预计到2027年硬碳材料市场需求将达到107,649.4吨，复合增长率为74.6%。

硬碳负极材料被认为是支持钠电快充过放的理想选择。与石墨相比，硬碳不仅有着更好的储钠能力，而且其无定形碳的结构使得可逆容量和循环性能较好。目前，已有多家企业实现了硬碳的量产，预计未来几年内将有更多的负极材料厂商实现硬碳材料的量产目标。

### 3.1.1 钠离子电池在智能电网中的应用前景

智能电网技术作为新一代电力系统的关键组成部分，旨在提高能源效率、优化资源配置并确保电力供应的稳定性和可靠性。钠离子电池，凭借其低成本和良好的安全性能，成为实现智能电网高效能量管理的潜在选择之一。在智能电网中，电池储能系统可以在需求低谷期储存过剩的电能，并在高峰期释放这些能量以满足消费需求，从而实现负荷平衡和峰谷差的优化。此外，钠离子电池能够在无信号或弱信号区域提供稳定的电力支持，增强电网的韧性。随着分布式发电如太阳能和风能的快速发展，钠离子电池提供的季节性储能解决方案也显得尤为重要，这有助于解决可再生能源间歇性和不稳定性问题。

### 3.1.2 钠离子电池在分布式能源系统中的潜在作用

分布式能源系统通过在消费地点或其附近生成能源，以减少能源传输损失，并提高系统的灵活性和可靠性。这种系统通常包括太阳能光伏板、风力发电机和小型水力发电设施等。钠离子电池可以作为这些系统中关键的储能组件，将间歇性能源转换为稳定、可靠的电力来源。与锂资源相比，钠资源的丰富性和低成本使得钠离子电池特别适用于规模化部署在分布式能源系统中。硬碳负极材料的应用进一步提升了钠离

子电池的比能量和循环寿命,使其能够更有效地应对分布式能源系统中的储能需求。因此,随着技术的成熟,钠离子电池可能成为未来分布式能源系统的重要组成部分。

### 3.2 电动交通领域

在电动两轮车领域,钠离子电池已经开始得到应用,并预计到2025年将在A00级乘用车中大量投入。这得益于钠离子电池的安全性、经济性和适应性,使其在低成本电动车市场中具有较强的竞争力。电动交通领域正经历前所未有的增长,特别是在全球范围内推动低碳经济的进程中,电动车(EV)和电动两轮车成为了替代传统燃油车辆的重要选择。然而,这一领域的迅速扩张同时带来了高性能电池的巨大需求。目前,锂离子电池是市场上主流的选择,但受限于锂资源的供应限制和成本问题,业界一直在寻找可行的替代方案。钠离子电池因其原材料丰富、成本低以及良好的安全性特点,成为了极具潜力的备选技术。在实现低成本和高能效的电动交通工具普及方面,尤其是在低速电动车和电动两轮车市场中,钠离子电池有望发挥关键作用。

硬碳负极材料由于其高比容量和出色的循环稳定性,为提升钠离子电池的性能提供了重要支撑。以上材料能够提供更大的储钠空间,从而带来更高的能量密度,使钠离子电池在一次充电后可以驱动更远的距离。此外,硬碳的多孔结构有助于维持电池的稳定性,即使在连续的充放电过程中也能保持较低的性能衰减。这对于需要频繁充放电的电动交通工具而言,无疑增加了钠离子电池在实际应用中的吸引力。因此,硬碳负极材料的进一步开发和优化对于提高钠离子电池在电动交通领域中的竞争力至关重要。

展望未来,随着钠离子电池技术的不断成熟和硬碳负极材料生产工艺的进步,预计以上电池将在电动交通领域扮演更加重要的角色。针对硬碳材料的研发努力可能会集中在提高其比能量、降低成本以及改善其在各种温度和电流条件下的性能。同时,电动交通领域的快速发展也推动了对电池寿命、充电速度和安全性要求的提高,这为钠离子电池的技术革新和产品优化提供了动力。结合智能管理系统等配套技术的发展,钠离子电池将更好地满足多样化的使用需求,加速电动交通工具的普及。尽管面临诸多挑战,钠离子电池与硬碳负极材料的结合无疑为构建可持续的电动交通未来提供了一条可行路径。

### 3.3 硬碳负极材料的市场应用前景

随着钠离子电池在不同领域应用潜力的逐步显现,硬碳负极材料作为提升电池性能的关键因素,其市场需求预计将迎来显著增长。硬碳材料的高比容量和优异的循环稳定性为钠离子电池提供了更长的使用寿命和更高的能量密度,这是其他类型负极材料难以比拟的。除了在储能和电动交通领域外,其在智能电网和分布式能源系统中的应用扩展将进一步推动硬碳负极材料的研究和开发。尤其是在追求高性能、低成本储能解决方案的背景下,硬碳负极材料的市场前景看好,不仅可能促进现有产品的改进,还可能激发全新材料的开发。综合来看,硬碳负极材料将在可持续能源技术的发展中扮演关键角色,助力钠离子电池在未来能源布局中发挥更加重要的作用。

## 4 结论

钠离子电池硬碳负极材料以其独特的性能优势,在储能和电动交通等领域展现出巨大的应用潜力。随着技术的不断进步和市场的不断拓展,硬碳负极材料的市场应用前景将更加广阔。在日后的实践应用环节,需要进一步加强硬碳负极材料的研发和生产,提高材料的性能稳定性和降低成本,推动钠离子电池的商业化进程。

### 参考文献:

- [1] 胡梦菲,黄丽萍,李贺,张国军,吴厚政. 锂/钠离子电池硬碳负极材料的研究进展 [J]. 无机材料学报, 2024,39(01):32-44.
- [2] 吴希,孙博,刘银东,齐传磊,陈凯毅,王路海,许崇,李永峰. 钠离子电池沥青基碳负极材料制备技术研究进展 [J]. 化工学报, 2022(11):15-17.
- [3] 宗世荣,王玲,姚秋月,延卫. 碳材料在储钠器件负极中的研究进展 [J]. 化工进展, 2022(03):1-2.
- [4] 黄晓伟,温裕丰. 钠离子电池用硬碳负极材料研究进展 [J]. 当代化工研究, 2023(21):7-9.
- [5] 谢浩杰,郑冬芳,罗霞,李嘉旭. 钠离子电池关键材料研究进展 [J]. 浙江化工, 2023,54(12):8-14.
- [6] 肖业鹏,梁南铁,王德贵,任璐诗,杨冠华. 硬碳负极材料储钠性能的提升策略 [J]. 广东石油化工学院学报, 2024,34(01):33-39.

### 作者简介:

袁博(1989-),男,汉族,山西忻州人,硕士,化工工程师,从事煤化工及煤基固废领域绿色低碳技术研究与应用。