

煤基材料在电池电极材料中的应用现状及市场分析

宗志斌（华阳新材料科技集团有限公司，山西 太原 030000）

摘要：随着碳达峰、碳中和成为全球共识，电化学储能技术和相关产业得到了飞速发展，与此同时电极材料的需求也与日俱增。煤炭因具有碳含量高、储量丰富和价格低廉等特点成为最有潜力的电极材料前驱体。因此，本文总结了煤基碳材料在锂离子电池和钠离子电池中应用的研究进展，并对市场需求进行了分析，探讨了其面临的挑战和机遇。本综述旨在为煤基碳电极材料的发展及应用提供理论指导，并为推动其市场应用给予借鉴。

关键词：煤基材料；电极材料；锂电池；钠电池；市场潜力

1 引言

随着全球能源紧缺和环境污染问题日趋严峻，优化能源结构和推动可再生能源技术的发展已成为世界各国能源变革的重要途径。然而，可再生能源存在的间歇性和不可预测性等问题限制了其大规模应用^[1]。锂离子电池和钠离子电池能够灵活地储存和释放可再生能源产生的电力，可以有效地解决可再生能源波动性和间歇性引发的问题，确保可再生能源的高效利用^[2]。其中，电极材料作为锂离子电池的关键材料之一，对锂离子电池的容量、充放电性能、循环寿命和安全性能有重要的影响^[3,4]。

其中，碳材料（如天然石墨、软碳和硬碳等）因其优异的导电性和电化学稳定性在众多锂离子电池电极材料中脱颖而出。煤炭作为一种储量丰富、价格低

廉的化石能源，应用于碳电极材料具有诸多优势。

本文主要介绍了煤基材料在电池电极材料中的应用概况，并分析了煤基材料的市场需求，进而阐明煤基材料所面临的挑战和潜在机遇。

2 煤基材料在电池电极材料中的应用现状

2.1 煤基材料在锂离子电池中的应用

在过去的几十年里，锂离子电池（LIB）因其高能量密度和长寿命而受到广泛关注。LIB中的传统阳极材料主要是碳材料和硅材料，煤基材料因具有良好的导电性和结构稳定性而被广泛研究。煤基材料作为锂离子电池电极材料具有诸多优势，比如煤基材料来源广泛、成本低廉，导电性良好，结构稳定性等。

Qiu等^[5]将煤沥青（CTP）引入到聚丙烯腈中合成碳纳米纤维（CNFs）。CTP衍生的碳团簇有助于加

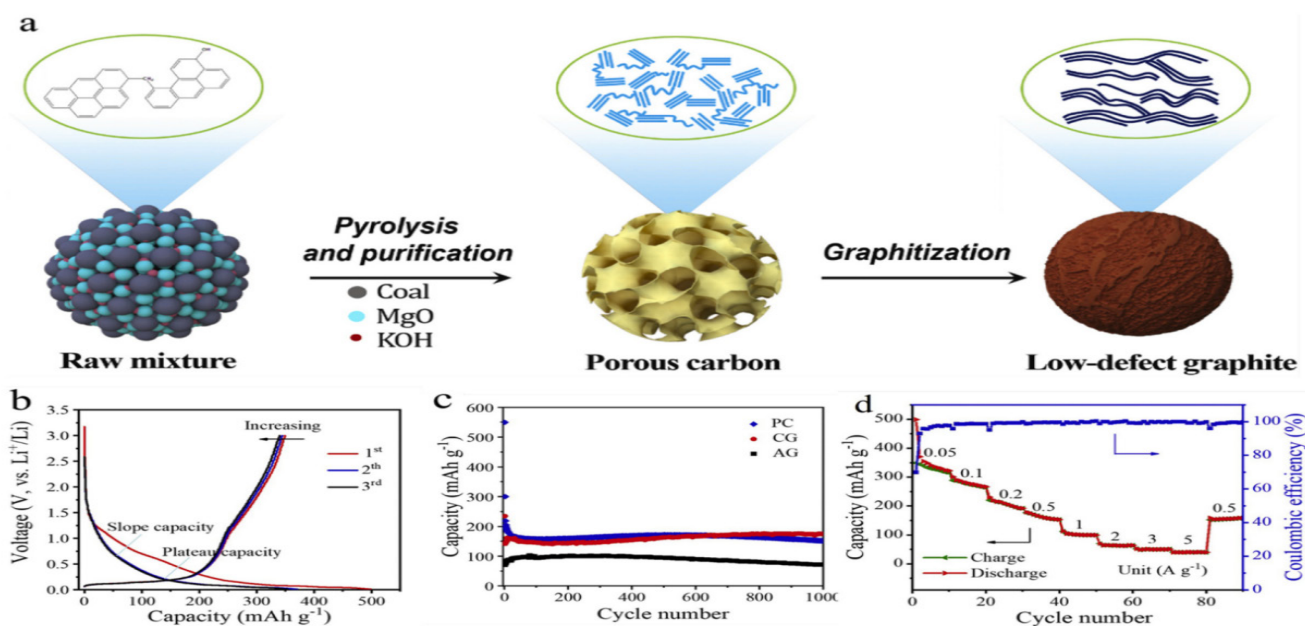


图1 无孔碳合成示意图

速电子传输和固体 Li^+ 扩散。在 1000 次循环后, 复合 CNF 在 $1 \text{ A} \cdot \text{g}^{-1}$ 下的容量保持率为 99.7%。作为 LIB 阳极的石墨材料在 0.1°C 下的最大可逆容量为 $310.3 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, 在 5°C 下的良好倍率性能为 $143.9 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 。Jia 等^[6]报道了一种由煤基多孔碳石墨化制成的新型非纳米孔碳(图 1), 并将其用于 LIB 的阳极材料。石墨化处理去除了纳米孔并产生了高石墨化, 同时保留了一定程度的微孔。该材料显示出 $347 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 的高可逆容量, 还具有良好的倍率性能和高循环稳定性。这些结果表明, 这些策略对于从煤炭和煤炭衍生物中生产用于 LIB 的优质碳阳极材料是普遍可行的。

2.2 煤基材料在钠离子电池中的应用

与 LIB 相比, 钠离子电池(SIB)是一种理想的替代储能装置, 因为其成本低, 钠含量丰富。无定形碳具有乱层结构和适当的孔隙率, 有利于钠离子的快速扩散和可逆储存^[7]。Cao 等人^[8]使用 CaCO_3 作为模板合成了中间相沥青衍生的介孔碳材料, 用于 SIB 阳极时, 在 $30 \text{ mA} \cdot \text{g}^{-1}$ 下的容量为 $331 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, 3000 次循环后仍具有良好的电池性能。Zhuang 等人^[9]从无烟煤中制备了煤基无定形碳, 在 80 次循环后, 在 $50 \text{ mA} \cdot \text{g}^{-1}$ 下的可逆容量为 $138 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, 在 1000 次循环后在 $500 \text{ mA} \cdot \text{g}^{-1}$ 下的容量为 $93 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 。He 等人^[10]通过两步热处理合成了一系列 S 掺杂的沥青基碳材料, 在 800°C 下制备的样品在 $0.1 \text{ A} \cdot \text{g}^{-1}$ 时的可逆容量为 $482.8 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, 在 $5 \text{ A} \cdot \text{g}^{-1}$ 时的容量为 $155 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 。良好的钠储存性能归因于高硫含量、大层间距和合适的孔结构。

2.3 煤基材料作为电池电极材料的优势

与其他常见的负极材料(如石墨、硅、锂合金等)相比, 煤基材料具有一些独特的优势。

首先, 煤基材料因碳含量较高, 可提供更多储能空间, 具有较高的理论比容量和能量密度。

其次, 煤基材料具有较好的循环稳定性和长寿命。煤基材料的结构稳定性较高, 能够抵抗电池循环过程中的体积膨胀和收缩, 从而延长电池的使用寿命。

再次, 相对于其他负极材料来说, 煤基材料具有较好的充放电速率。煤基材料的导电性能较好, 能够快速传递电荷, 从而提高电池的充放电速率。

最后, 煤基材料具有较低的成本和较好的可持续性。煤基材料可以通过煤炭资源进行制备, 而煤炭资源广泛且廉价, 因此煤基材料的制备成本相对较低。此外, 煤基材料的可持续性较好, 可以有效利用煤炭

资源, 减少对其他有限资源的依赖。

3 煤基材料作为电池电极材料的市场分析

3.1 市场需求分析

煤炭是全球最重要的能源之一, 尤其在发展中国家和新兴经济体中, 煤炭仍然是主要的能源来源。因此, 煤基材料作为煤炭的加工产品, 其需求与能源需求密切相关。此外, 随着全球环保意识的增强, 减少对传统能源的依赖和减少碳排放成为了各国政府的重要目标。煤基材料作为一种可再生能源材料, 具有较低的碳排放和环境污染, 因此受到了环保要求的推动。

除此之外, 工业需求也是评估市场潜力的重要因素。煤基材料在工业生产中具有广泛的应用, 如煤基化学品、煤基液体燃料、煤基煤化气等。随着工业化进程的加快和工业生产规模的扩大, 市场对煤基材料的需求也在增加。因此, 市场对煤基材料的需求趋势是增长的, 主要受到能源需求、环保要求、工业需求和技术进步等因素的驱动。

3.2 煤基材料与传统及新兴负极材料的竞争关系

煤基材料是一种新兴的负极材料, 与传统的负极材料相比具有一些优势和竞争力。首先, 煤基材料具有丰富的资源。煤炭作为一种广泛存在的化石燃料, 资源丰富, 价格相对较低, 可以大规模生产煤基材料, 降低生产成本。

其次, 煤基材料具有较高的比能量和较长的循环寿命。煤基材料的比能量较高, 可以提供更高的能量密度, 使电池具有更长的续航能力。同时, 煤基材料具有较长的循环寿命, 可以更好地满足电池的使用需求。此外, 煤基材料还具有较好的安全性能。然而, 煤基材料在市场竞争中仍面临一些挑战, 比如煤基材料的生产工艺和供应链体系不够成熟。

此外, 新兴的负极材料如硅基材料具有更高的比能量和更长的循环寿命, 具有更大的市场潜力。而且, 煤基材料可能会产生二氧化碳和其他污染物, 对环境造成一定的影响。在环保意识日益提高的背景下, 煤基材料将面临一些限制和挑战。因此, 煤基材料作为一种新兴的负极材料, 在市场竞争中具有一定的优势和竞争力。然而, 它仍面临着传统负极材料和新兴负极材料的竞争, 需要进一步提高性能和解决环境问题, 才能更好地应用于电池领域。

3.3 煤基材料在电池负极材料市场中面临的挑战和潜在机遇

煤基材料在市场中既面临着巨大的挑战, 同时也

存在很多潜在机遇。其面临的挑战在于环保压力、替代能源的竞争和价格波动三个方面。

首先,煤基材料的生产和使用过程中会产生大量的二氧化碳和其他污染物,对环境造成负面影响。随着环保意识的提高和环境法规的加强,煤基材料面临着越来越大的环保压力。

其次,随着可再生能源的发展和成本的降低,替代能源如太阳能和风能等逐渐取代了煤炭作为能源的地位。这导致了煤炭需求的下降,对煤基材料市场造成了挑战。此外,煤炭市场价格波动较大,这对煤基材料的生产和销售带来了不确定性。价格波动可能导致生产成本的增加或销售价格的下降,对企业的盈利能力产生负面影响。

随着技术创新和发展,煤基材料在市场中也面临着前所未有的潜在机遇。

首先,新兴市场对煤基材料有巨大需求。一些新兴市场如印度和中国等仍然依赖煤炭作为主要能源来源。这些市场对煤基材料的需求仍然较大,为企业提供了发展机会。

其次,随着技术的不断进步,煤基材料的生产过程可以更加高效和环保。

新的技术创新可以降低生产成本,提高产品质量,增强企业的竞争力。最后,煤基材料具有多种特性,如高强度、耐火性和导电性等,可以在多个领域得到应用。例如,煤基材料可以用于建筑材料、电池材料和化工原料等领域,为企业开拓新的市场提供了机会。

4 结论与展望

在“双碳”背景下,以资源丰富、价格低廉的煤炭制备煤基碳材料可实现煤炭的高附加值利用。本文综述了煤基材料在锂离子电池和钠离子电池电极材料中的应用,煤基碳材料作为电池电极材料具有重要的研究意义和广阔的发展前景。此外,分析了煤基材料作为电池电极材料的市场潜力,以及面临的挑战和潜在机遇。

煤基材料应用于锂离子电池电极材料时展现出许多优势,但仍然存在一些不足,比如煤基材料容量衰减引起的循环稳定性问题、煤基材料制备工艺有待优化等,这些问题导致煤基材料在市场面临着环保压力和替代能源竞争等挑战。

因此,为了提高煤基材料在电池电极材料中的应用前景,煤基材料未来的发展方向主要是结构调控、煤基材料与其他材料的复合以及煤基材料的纳米化。

企业则应通过提高技术水平、降低生产成本和开拓新的应用领域等方式应对市场挑战,并利用机遇实现可持续发展。

参考文献:

- [1] 邹才能,赵群,张国生,等. 能源革命:从化石能源到新能源[J]. 天然气工业,2016,36(1):1-10.
- [2] 张宝锋,童博,冯仰敏,等. 电化学储能在新能源发电侧的应用分析[J]. 热力发电,2020,49(8):13-18.
- [3] Cheng H, Shapter J G, Li Y Y, et al. Recent progress of advanced anode materials of lithium-ion batteries[J]. Journal of Energy Chemistry,2021(57):451-468.
- [4] 沈紫烨,王利娟. 高比容量 $\text{Li}_2\text{ZnTi}_3\text{O}_8@\text{C-N}$ 负极材料储锂性能研究[J]. 石油化工高等学校学报,2022,35(3):1-9.
- [5] C. Liu, N. Xiao, Y. Wang, H. Li, G. Wang, Q. Dong, J. Bai, J. Xiao, J. Qiu, Carbon clusters decorated hard carbon nanofibers as high-rate anode material for lithium-ion batteries, Fuel Process. Technol. 180 (2018) 173-179.
- [6] L. Han, X. Zhu, F. Yang, Q. Liu, X. Jia, Eco-conversion of coal into a nonporous graphite for high-performance anodes of lithium-ion batteries, Powder Technol. 382 (2021) 40-47.
- [7] 郭永强,李晨,黄鲜安,等. 钠离子电池用负极材料煤沥青基硬炭制备[J]. 炭素技术,2021,40(2):36-41.
- [8] B. Cao, H. Liu, B. Xu, Y. Lei, X. Chen, H. Song, Mesoporous soft carbon as an anode material for sodium ion batteries with superior rate and cycling performance, J. Mater. Chem. A 4,2016: 6472-6478.
- [9] Z. Zhuang, Y. Cui, H. Zhu, Y. Shi, Q. Zhuang, Coal-based amorphous carbon as economical anode material for sodium-ion battery, J. Electrochem. Soc. 165 (2018) A2225-A2232.
- [10] L. He, Y.-R. Sun, C.-L. Wang, H.-Y. Guo, Y.-Q. Guo, C. Li, Y. Zhou, High performance sulphur-doped pitch-based carbon materials as anode materials for sodium-ion batteries, New Carbon Mater. 35 (2020) 420-427.

作者简介:

宗志斌(1995.03-)男,汉族,山西朔州人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:煤基负极材料。