

# 新型生物炭材料在土壤改良和固碳中的应用前景

纪燕纷

山东城控检测技术有限公司 山东 济南 250000

**摘要：**新型生物炭材料在土壤改良和固碳中展现出广阔的应用前景。通过高温热裂解技术制备的生物炭，具有多孔结构和高比表面积，能有效改善土壤物理和化学性质，提升土壤肥力。同时，生物炭的长期稳定性使其在固碳减排方面发挥重要作用，有助于减缓全球气候变化。未来，随着制备技术的优化、市场推广的加强及政策支持的完善，新型生物炭材料有望在农业可持续发展和生态环境保护中发挥更大作用。

**关键词：**新型生物炭材料；土壤改良；固碳；应用前景

**引言：**随着全球对土壤健康和环境保护的日益重视，新型生物炭材料作为一种创新的土壤改良剂和固碳手段，正逐渐成为研究热点。生物炭由有机废弃物高温裂解而成，具有独特的物理化学性质，能够有效提升土壤肥力、改善土壤结构，并长期固定碳元素，减少温室气体排放。本文旨在探讨新型生物炭材料在土壤改良和固碳中的应用潜力，以期为农业可持续发展和环境保护提供新思路。

## 1 新型生物炭材料的制备与特性

### 1.1 制备工艺

(1) 生物质原料的选择与处理。新型生物炭材料的制备首先依赖于生物质原料的选择。生物质原料来源广泛，包括森林残渣、农业残渣、城市固体废物、能源作物以及动物粪便等。这些原料在处理前需经过适当的预处理，如去除杂质、干燥等，以提高热解效率并确保生物炭的质量。(2) 高温热裂解与气化技术。高温热裂解与气化技术是制备生物炭的核心步骤。生物质原料在无氧或限氧条件下，通过高温（通常在300°C至1000°C之间）裂解，形成生物炭、生物油和气体产物。气化法则在更高温度和压力下，使生物质与气化剂反应，生成可燃气体和生物炭。热解法中，慢速热解和快速热解是两种常用的技术，慢速热解产生的生物炭产量较高，而快速热解则更适用于生物油的生产。(3) 制备过程中的关键参数控制。在生物炭的制备过程中，关键参数如炭化温度、炭化速率、炭化压力、停留时间等，均对生物炭的性质有重要影响。通过精确控制这些参数，可以调控生物炭的孔隙结构、比表面积及元素组成，从而优化其性能。

### 1.2 材料特性

(1) 物理特性。新型生物炭材料具有多孔结构，包括微孔、介孔和大孔，比表面积通常在50-3000m<sup>2</sup>/g之

间，且密度较低。这些特性使得生物炭具有优异的吸附能力和良好的机械强度。(2) 化学特性。生物炭富含碳元素，通常碳含量在60%-90%之间，同时含有氧、氮、氢等元素。其表面富含羟基、羧基等官能团，具有较高的稳定性和化学惰性。这些官能团不仅影响生物炭的吸附性能，还决定了其离子交换能力。(3) 生物炭的吸附性能与离子交换能力。生物炭具有优异的吸附性能，可以吸附重金属离子、有机污染物等，广泛应用于环保领域。同时，其离子交换能力随热解温度的变化而呈现先增强后减弱的趋势，这一特性使得生物炭在水体净化、土壤改良等方面具有广阔的应用前景。

## 2 新型生物炭材料在土壤改良中的应用前景

### 2.1 改善土壤物理性质

(1) 提高土壤持水性与透气性。生物炭的多孔结构能够像海绵一样吸收并储存水分，同时其内部连通的大孔和中孔结构有助于土壤气体的流通，从而提高了土壤的持水性和透气性。这一特性在干旱和半干旱地区尤为重要，能够有效缓解土壤水分的快速蒸发，延长土壤水分的有效利用时间，为植物根系提供更加稳定的水分环境。此外，良好的透气性有助于土壤微生物的呼吸作用，促进有机质的分解和养分的释放。(2) 增强土壤团聚体与结构稳定性。生物炭表面的官能团和电荷特性能够吸附土壤中的胶体颗粒，促进土壤团聚体的形成。团聚体是土壤结构的基本单元，对土壤的稳定性和肥力具有重要影响。生物炭的加入能够增加土壤团聚体的数量和稳定性，减少土壤侵蚀，提高土壤的保水保肥能力。同时，生物炭的高稳定性有助于长期维持土壤结构的稳定，减少因耕作等人为活动导致的土壤退化<sup>[1]</sup>。

### 2.2 提升土壤化学性质

(1) 增加土壤养分含量。生物炭在热解过程中保留了生物质中的部分矿质元素，如磷、钾、钙、镁等，这

些元素在生物炭中以稳定形态存在，易于被植物吸收利用。此外，生物炭的孔隙结构和表面官能团能够吸附和固定土壤中的养分，减少养分的流失，提高土壤的肥力水平。（2）调节土壤酸碱度，改良酸性土壤。生物炭的pH值通常呈碱性，这对于改良酸性土壤具有重要意义。酸性土壤中的铝、锰等有毒金属元素活性较高，对植物生长不利。生物炭的加入能够中和土壤酸性，降低这些有毒金属元素的活性，为植物生长创造更加适宜的环境。同时，生物炭的碱性特性还能够促进土壤中磷等养分的释放，提高养分的有效性。（3）提高土壤阳离子交换量（CEC）。生物炭表面的负电荷能够吸附土壤中的阳离子，如钙、镁、钾等，从而提高土壤的阳离子交换量。CEC是衡量土壤肥力的重要指标之一，它决定了土壤对养分的保持能力和植物对养分的吸收能力。生物炭的加入能够显著提高土壤的CEC，增强土壤对养分的吸附和释放能力，为植物生长提供充足的养分来源。

### 2.3 促进土壤微生物活动

（1）为土壤微生物提供良好栖息环境。生物炭的多孔结构和丰富的官能团为土壤微生物提供了适宜的栖息环境和营养来源。微生物可以在生物炭的孔隙中繁殖和生长，形成稳定的微生物群落。这些微生物群落能够参与有机质的分解、养分的转化等生物地球化学过程，促进土壤的肥力和植物生长<sup>[2]</sup>。（2）增强土壤微生物的多样性和活性。生物炭的加入能够刺激土壤微生物的多样性和活性。不同种类的微生物对生物炭的响应不同，有些微生物能够利用生物炭中的有机质作为碳源和能源进行生长繁殖，而有些微生物则能够利用生物炭的孔隙结构和表面官能团进行附着和定殖。这些微生物的活动能够加速有机质的分解和养分的释放，提高土壤的肥力和植物生长速度。

### 2.4 提高作物产量与品质

（1）生物炭对作物生长发育的积极影响。生物炭的加入能够显著改善土壤环境，为作物生长提供适宜的水分、养分和微生物群落。这些条件的改善能够促进作物的根系发育、养分吸收和光合作用等生理过程，从而提高作物的生长速度和生物量积累。此外，生物炭还能够提高作物的抗逆性，如抗旱、抗病、抗寒等能力，增强作物的适应性和产量稳定性<sup>[3]</sup>。（2）减少化肥使用，降低农业碳排放。生物炭的养分固定和释放特性能够减少化肥的使用量，降低农业生产的碳排放。化肥的过量使用不仅会导致土壤退化和环境污染，还会增加农业生产成本。而生物炭的加入能够显著提高土壤的肥力水平，减少化肥的使用量，从而降低农业生产对环境的负面影响。

响。同时，生物炭作为一种可持续的碳汇材料，其长期储存在土壤中还能够减少大气中的二氧化碳浓度，为应对全球气候变化做出贡献。

## 3 新型生物炭材料在固碳中的应用前景

### 3.1 生物炭的固碳机制

（1）生物炭在土壤中的稳定性与长期固碳效果。生物炭是通过高温热解生物质（如农林废弃物、畜禽粪便等）得到的含碳量很高的固体物质，基本属于纯碳。其独特的化学结构和高度芳香化的碳形态使得生物炭在土壤中具有很高的稳定性，不易被微生物分解，从而实现了长期的碳封存。研究表明，生物炭在土壤中的封存时间可长达数百年甚至上千年，为减缓全球气候变化提供了有效手段。（2）生物炭对土壤碳库的贡献。生物炭对土壤碳库的贡献主要体现在其微孔结构和高比表面积上。这些特性使得生物炭能够吸附并持留大量的碳元素，减少碳的流失。同时，生物炭的添加还能改善土壤结构，增加土壤团聚体的稳定性，提高土壤的通气性和保水能力，为土壤微生物提供适宜的生存环境。这些变化促进了土壤微生物的活动和多样性，进一步增强了土壤的固碳能力。

### 3.2 生物炭在碳减排中的作用

（1）减少温室气体排放，如二氧化碳。生物炭的施用可以显著减少温室气体的排放。一方面，生物炭的多孔结构和吸附性能使其能够吸附并固定土壤中的温室气体，如二氧化碳和甲烷等。另一方面，生物炭的添加还能促进土壤微生物的活动，加速有机物质的分解，从而降低温室气体的产生和排放。此外，生物炭还可以作为肥料或土壤改良剂使用，提高作物的产量和品质，从而减少因农业生产活动产生的碳排放。（2）作为碳汇介质在碳交易体系中的应用潜力。生物炭作为一种有效的碳汇介质，在碳交易体系中具有巨大的应用潜力。通过将生物炭施用于土壤，并将其固碳效果进行科学计量和认证，生物炭便可以转化为可交易的碳汇产品。在碳市场上，这些碳汇产品可以像其他商品一样进行买卖交易，为农业生产者提供额外的收入来源。同时，这也激励了更多人参与到农业减排固碳的行动中来，推动了农业可持续发展和生态环境保护<sup>[4]</sup>。

### 3.3 案例分析

#### 3.3.1 国内外生物炭固碳应用的成功案例

在国内外，生物炭固碳应用已取得诸多成功案例。例如，在江苏省南京市高淳区，通过与生态环境部南京环境科学研究所、南京农业大学等单位的合作，向有机水稻田投放了生物质炭。观测数据显示，施用生物质炭

后，稻田的土壤固碳量显著增加，温室气体排放总量大幅降低。这一成功案例不仅验证了生物炭在固碳减排中的有效性，还为其他地区的农业减排提供了宝贵经验。在国际上，澳大利亚新南威尔士大学开展的一项国际研究发现，生物炭不仅减少了现代农业的碳足迹，还有助于在土壤中构建高达20%（平均3.8%）的有机碳，并将土壤一氧化二氮排放减少12%-50%。这些研究成果进一步证实了生物炭在固碳减排中的重要作用。

### 3.3.2 生物炭在农业减排中的实际效果评估

生物炭在农业减排中的实际效果评估表明，其不仅显著提高了作物的产量和质量，还降低了化肥和农药的使用量，减少了农业对环境的污染。同时，生物炭的施用还改善了土壤结构，提高了土壤的肥力和生态功能。这些变化共同推动了农业减排固碳的进程，为农业可持续发展和生态环境保护做出了积极贡献。

## 4 新型生物炭材料应用面临的挑战与对策

### 4.1 制备成本与技术瓶颈

(1) 降低生物炭生产成本的方法。生物炭的制备成本是其广泛应用的一大障碍。为降低生产成本，可采取以下策略：首先，优化原料选择，利用农业废弃物、林业剩余物等低成本、易获取的资源作为生物炭的原料。其次，提高生产效率，通过规模化生产、自动化控制等手段降低单位产品的能耗和人力成本。此外，还可以探索生物炭的副产物利用，如将其热解过程中产生的气体和液体转化为有价值的能源或化学品，从而提高整体经济效益。(2) 技术创新与工艺优化策略。技术创新与工艺优化是突破生物炭制备技术瓶颈的关键。一方面，应加大研发投入，开发高效、低耗、环保的生物炭制备技术，如微波热解、催化热解等新型工艺。另一方面，优化现有工艺，提高生物炭的产率和品质，如通过调整热解温度、时间等参数，获得具有特定性质和功能的生物炭产品。

### 4.2 市场推广与政策支持

(1) 加强生物炭的市场宣传与推广。目前，生物炭在市场上的认知度和接受度仍有待提高。因此，应加强生物炭的市场宣传与推广，提高公众对其环保价值和农业应用效果的认识。通过举办展览、研讨会等活动，展示生物炭的优异性能和成功案例，吸引更多企业和农户

关注和使用生物炭。(2) 政府政策与激励机制的完善。政府应出台相关政策，鼓励生物炭的研发、生产和应用。例如，提供税收优惠、资金补贴等激励措施，降低企业生产成本，提高其市场竞争力。同时，建立生物炭产品质量标准和认证体系，保障消费者权益，推动生物炭产业的健康发展。

### 4.3 环境影响评估

(1) 生物炭制备与应用过程中的环境影响。生物炭的制备与应用过程中可能产生一定的环境影响，如能源消耗、废弃物排放等。因此，应全面评估生物炭产业的环境效益和潜在风险。通过生命周期评价等方法，量化生物炭制备和应用过程中的资源消耗和污染物排放，为制定环境保护措施提供依据。(2) 制定相应的环境保护措施。针对生物炭制备与应用过程中的环境影响，应制定相应的环境保护措施。首先，优化生产工艺，减少能源消耗和废弃物排放。其次，加强原料预处理和废弃物管理，确保生物炭产业的可持续发展。此外，建立生物炭应用效果监测体系，定期评估其对土壤、水体等环境的影响，及时调整和优化应用策略。

### 结束语

综上所述，新型生物炭材料在土壤改良与固碳领域展现出巨大潜力和广阔前景。其不仅能够显著改善土壤结构，提升土壤肥力，还能有效固定碳元素，对抗全球气候变化。尽管在实际应用中仍面临一定挑战，但随着制备技术的不断创新、成本的有效降低以及政策支持的加强，新型生物炭材料必将在推动农业绿色发展、实现碳中和目标中发挥不可替代的作用。未来，我们期待看到更多关于生物炭的研究与应用成果。

### 参考文献

- [1]龙云.不同生物炭对赣南稀土尾矿地土壤有机碳矿化特性的影响[J].江西农业学报,2023,(11):128-129.
- [2]曾旭冬.生物炭对不同贫瘠土壤改良的研究进展[J].广州化工,2023,(03):24-25.
- [3]王旭东.污泥生物炭在土壤改良中的应用研究[J].中国农业科技导报,2023,(06):65-66.
- [4]赵卓然.生物质炭在土壤改良中的应用研究[J].土壤学报,2023,(15):156-157.