

4 珠三角鱼塘底泥重金属迁移规律

4.1 迁移路径分析

珠三角鱼塘底泥重金属主要通过三条路径迁移,形成“底泥-上覆水-水生生物”的迁移链条:

底泥-上覆水迁移:底泥中的可交换态与 reducible 态重金属,在环境因子驱动下向上覆水释放。夏季高温导致底泥有机质分解加快,pH 值下降,Cd、Zn 等重金属离子化程度提升,通过扩散作用进入上覆水,佛山南海夏季底泥-上覆水界面 Cd 扩散通量达 $0.08\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,是春季的 2.5 倍;此外,鱼塘换水、机械增氧等养殖操作扰动底泥,导致颗粒态重金属再悬浮,随水流扩散至上覆水,如增氧机运行时,底泥 Zn 的悬浮释放量较静态时增加 40%^[3]。

上覆水-水生生物迁移:上覆水中的溶解态重金属被水生生物吸收,通过体表渗透或摄食进入体内。草鱼对 Cd 的富集系数最高,肌肉中 Cd 含量达 $0.05\text{-}0.08\text{mg}/\text{kg}$,虽未超出《食品安全国家标准食品中污染物限量》限值,但已存在潜在风险;Cu、Zn 因是生物必需微量元素,草鱼会通过主动吸收富集,肌肉中含量分别为 $1.2\text{-}1.8\text{mg}/\text{kg}$ 、 $25\text{-}35\text{mg}/\text{kg}$,Zn 含量接近限值。

底泥-底栖生物迁移:底栖生物通过摄食底泥颗粒物,直接富集其中的重金属,再通过食物链传递给鱼类与鸟类。研究发现,珠三角鱼塘底栖螺类体内 Cd 含量达 $0.3\text{-}0.5\text{mg}/\text{kg}$,是草鱼的 6-8 倍,成为重金属迁移的“中间载体”,加剧食物链污染风险。

4.2 影响迁移的关键环境因子

pH 值:pH 值是调控底泥重金属迁移的核心因子。珠三角鱼塘底泥 pH 值多为 5.5-7.5,呈弱酸性至中性,当 pH 值降低时,底泥胶体表面负电荷减少,并对重金属离子的吸附能力下降,Cd、Zn 等易解吸释放至上覆水。实验表明,pH 值从 7.5 降至 5.5 时,底泥 Cd 的释放量增加 60%,Zn 释放量增加 45%;而 pH 值升高,可促进重金属形成氢氧化物沉淀,减少迁移。

氧化还原电位:氧化还原电位反映底泥的氧化还原环境,珠三角鱼塘底泥氧化还原电位值为 $-100\text{-}200\text{mV}$,夏季因有机质厌氧分解,氧化还原电位值降至 $-50\text{-}100\text{mV}$,呈强还原态。此时,底泥中铁锰氧化物被还原溶解,与之结合的 Pb、Cu 释放;同时,硫酸盐还原菌活动旺盛,生成硫化物,与 Cd、Zn 形成硫化物沉淀,暂时抑制其迁移。氧化还原电位值从 200mV 降至 -100mV 时,底泥 Pb 释放量增加 35%,但 Cd 释放量先增后减,当氧化还原电位为 -50mV 时达峰值。

有机质含量:珠三角鱼塘底泥有机质含量为 $20\text{-}45\text{g}/\text{kg}$,较高的有机质可通过络合作用固定重金属,减少迁移;但在厌氧条件下,有机质被微生物分解为小分子有机酸,降低 pH 值,此时重金属释放量更大。此外,有机质分解产生的溶解性有机碳,可与重金属形成络合物,增强其在底泥-

上覆水间的迁移能力。当底泥有机质含量从 $20\text{g}/\text{kg}$ 增至 $45\text{g}/\text{kg}$ 时,Cd 的络合态占比从 15% 升至 30%,扩散通量增加 25%。

5 珠三角鱼塘底泥重金属污染防控建议

基于重金属迁移规律与污染特征,从“源头管控-过程阻断-末端修复”三方面提出防控建议:

一是从源头控制污染输入。规范养殖投入品的使用,推广符合标准的低重金属含量环保饲料,控制含 Pb、Cd 的渔药的使用;加强周边污染源管控,在鱼塘周边设置生态缓冲带/隔离带,拦截农田面源污染物;严格监管工业废水排放,禁止未达标废水进入养殖水域,从源头减少重金属输入;二是过程阻断迁移路径。定期监测鱼塘底泥 pH 值与氧化还原电位,通过施加生石灰将 pH 值调节至 7.0-7.5,抑制重金属释放;合理控制养殖密度,减少残饵与粪便产生,降低底泥有机质厌氧分解风险;可考虑采用底泥曝气技术,提高底泥氧化还原电位值,减少铁锰氧化物还原导致的 Pb、Cu 释放;三是末端修复污染底泥。对重金属超标严重的鱼塘,采用生物修复技术,种植水生植物,其根系可吸收底泥中的重金属,富集系数达 10-20;投放功能微生物,通过吸附、转化作用降低重金属生物可利用态占比;对污染特别严重的底泥,采用异位修复,清淤后进行固化稳定处理,防止二次污染。四是运营过程改善上覆水质量,通过养殖鱼塘升级改造与尾水治理手段,改善或维护鱼塘水质。

6 结论

本研究通过对珠三角典型鱼塘的系统分析,明确底泥中 Cd、Pb、Cu、Zn 四种重金属的污染特征与迁移规律:空间上,工业密集区以 Cd、Pb 污染为主,农业区以 Cu、Zn 污染为主;季节上,夏季重金属含量与迁移活性最高;形态上,Cd 的生物可利用态占比最高,迁移风险最大。其迁移路径主要为“底泥-上覆水-水生生物”,pH 值、氧化还原电位、有机质含量是影响迁移的关键因子,弱酸性、强还原环境会显著促进重金属释放。未来需进一步扩大研究范围,关注其他重金属或新型重金属的污染迁移,结合遥感监测、数值模拟等技术,构建更精准的重金属迁移预测模型;同时推动防控技术落地,通过政策引导与技术推广,实现珠三角鱼塘养殖环境的绿色修复与可持续发展,保障水产品安全与生态环境健康。

参考文献

- [1] 严桦,徐颂军,刘晓伟,等.南方河网地区鱼塘与河涌底泥重金属污染现状调查与评价[J].广东农业科学,2018,45(3):134-141.
- [2] 段磊.珠三角典型鱼塘养殖区碘化物的污染特征及土壤有效碘吸附规律研究[D].长江大学,2023.
- [3] 闭贤凤.佛山市某区鱼塘中重金属污染调查及生态风险评价[J].皮革制作与环保科技,2021,2(21):61-63.

Research on the model of green finance supporting the implementation of the dual carbon strategy

Yue Wang

CTI Certification Co.,Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518101, China

Abstract

As global climate change becomes increasingly severe, the dual-carbon strategy has emerged as an important policy measure to address climate change and has become a global consensus among countries. Green finance, as a vital tool for supporting the implementation of the dual-carbon strategy, plays a key role in promoting the development of green industries, improving energy efficiency, and driving low-carbon technological innovation. This paper primarily explores the models through which green finance supports the implementation of the dual-carbon strategy, analyzing its specific applications and advantages in advancing the transition to a low-carbon economy. However, the development of green finance still faces many challenges, such as incomplete policies, inadequate market mechanisms, and insufficient transparency. The aim is to provide feasible financial support pathways for the successful implementation of the dual-carbon strategy.

Keywords

Green finance; Dual-carbon strategy; Low-carbon economy; Green bonds; Financial innovation

绿色金融支持“双碳”战略实施的模式研究

王悦

华测认证有限公司, 中国·广东 深圳 518101

摘要

随着全球气候变化日益严重,“双碳”战略作为应对气候变化的重要政策措施,已经成为全球各国的共识。绿色金融作为支持“双碳”战略实施的重要手段,通过促进绿色产业发展、提高能源使用效率、推动低碳技术创新等途径,发挥着关键作用。本文主要探讨了绿色金融支持“双碳”战略实施的模式,分析了绿色金融在推动低碳经济转型中的具体应用及其优势。然而,绿色金融的发展仍面临诸多挑战,如政策不完善、市场机制不健全、信息透明度不足等问题,以期为“双碳”战略的顺利实施提供可行的金融支持路径。

关键词

绿色金融; “双碳”战略; 低碳经济; 绿色债券; 金融创新

1 引言

随着全球气候变化加剧,应对气候变化已成为各国政府和企业的共同责任。中国作为全球最大的碳排放国,提出了“碳达峰”和“碳中和”目标,并将其纳入国家发展战略。为了实现这些目标,绿色金融作为推动低碳转型的重要工具,发挥着越来越关键的作用。绿色金融不仅为绿色项目提供融资支持,还通过市场机制引导资本流向低碳产业,促进可持续经济发展。“双碳”战略的成功实施,离不开绿色金融的有效支持。因此,研究绿色金融如何支持“双碳”战略的实施,探讨绿色金融在推动低碳经济转型中的作用,具有重要的理论和实践意义。

2 绿色金融在“双碳”战略中的角色与意义

2.1 绿色金融的概念与发展背景

绿色金融是指支持可持续发展的金融活动,它通过为绿色项目提供资金支持,促进经济活动的低碳转型。随着全球气候变化问题的日益严重,绿色金融应运而生,成为推动绿色发展的重要工具。绿色金融的核心在于将环保理念与金融市场紧密结合,通过资金流向低碳经济和环保产业,引导资源的有效配置。近年来,随着各国政府对气候变化问题的重视,绿色金融在全球范围内得到快速发展。中国自提出碳达峰、碳中和目标后,绿色金融被赋予了更重要的使命。政策引导、绿色金融产品创新以及社会责任投资理念的普及,使得绿色金融在推动绿色转型中逐渐成为主流力量。绿色金融的蓬勃发展,为实现经济高质量发展与环境保护之间的平衡提供了切实的路径^[1]。

【作者简介】王悦(1988-),女,中国内蒙古呼和浩特人,硕士,工程师,从事“双碳”环保、生态环境研究。

2.2 绿色金融在“双碳”战略中的重要作用

绿色金融在“双碳”战略中的作用不可忽视。“双碳”战略的目标是通过减少碳排放，实现碳达峰和碳中和。绿色金融通过提供专项资金支持、创新绿色金融产品，推动低碳技术和绿色产业的发展，从而为“双碳”目标的实现提供金融支撑。此外，绿色金融还通过资本市场对低碳项目的投资，引导社会资本流向绿色产业，助力经济结构优化。随着“双碳”目标的逐步推进，绿色金融将进一步深化在能源、交通、建筑等领域的影响，推动资源的高效利用和低碳经济的转型。由此可见，绿色金融在实现“双碳”战略目标中扮演了至关重要的角色。

3 “双碳”战略的目标与实施路径

3.1 “双碳”战略的核心目标

“双碳”战略的核心目标是通过减少二氧化碳排放，推动经济向低碳、绿色、可持续的方向发展，实现碳达峰和碳中和。碳达峰指的是在一定时期内，二氧化碳排放达到峰值并开始下降；碳中和则是指通过减少碳排放和增加碳吸收，使得二氧化碳的排放量与吸收量达到平衡。实现这一目标，不仅需要技术创新、产业升级，还需要全社会的共同努力。“双碳”战略的核心目标与全球气候变化问题密切相关，也是实现可持续发展目标的重要组成部分。通过减少温室气体排放，推动能源转型，优化资源配置，“双碳”战略旨在构建绿色低碳的经济发展新模式，为全球气候治理作出贡献。

3.2 “双碳”战略的实施框架与政策支持

“双碳”战略的实施框架包括政策引导、技术创新和产业转型等多个方面。政府在“双碳”战略实施过程中发挥着至关重要的作用，通过出台一系列政策和措施，为实现“双碳”目标提供保障。政策支持方面，政府鼓励企业和金融机构通过绿色金融工具参与低碳项目的投资与融资，推动绿色产业的发展。同时，政府通过补贴、税收优惠等方式，支持新能源和绿色技术的研发与推广。在技术创新方面，推动清洁能源技术、节能减排技术和碳捕集利用技术的发展，是实现“双碳”目标的关键。产业转型方面，传统高碳产业需要进行结构调整和技术改造，推动绿色产业的发展，以减少碳排放。通过政策、技术和产业的综合协调，“双碳”战略的实施框架逐步建立，为碳达峰、碳中和目标的实现奠定了基础。

4 绿色金融支持“双碳”战略的主要模式

4.1 绿色债券与绿色投资资金的支持模式

绿色债券和绿色投资资金是绿色金融中重要的支持工具。绿色债券是指专门用于资助环境友好型项目的债务融资工具。通过发行绿色债券，企业可以为低碳项目提供资金支持，投资者也能够通过投资这些债券获得可持续的回报。绿色债券的发行不仅为绿色项目提供了融资渠道，还能够吸引

资本市场的关注，推动低碳经济的发展。绿色投资基金则是将资金集中投资于符合环保和可持续发展标准的企业或项目。这些基金主要用于推动绿色技术的研发和绿色产业的发展，通过资金的引导和配置，促进低碳经济的转型与升级。绿色债券和绿色投资资金的支持模式，推动了低碳项目的融资与投资，成为绿色金融体系中的重要组成部分。

4.2 绿色信贷与绿色保险的融资模式

绿色信贷是指金融机构为支持环保和绿色项目提供的低息贷款或其他优惠贷款方式。绿色信贷有助于降低企业实施低碳技术和绿色项目的融资成本，推动绿色产业的迅速发展。绿色信贷不仅支持企业的绿色转型，还能够鼓励社会资本流向低碳项目。在绿色信贷的支持下，许多绿色项目得以顺利开展，进一步推动了低碳经济的建设。绿色保险则是针对环保和绿色项目提供的保险产品。通过绿色保险，企业可以降低在开展绿色项目过程中的风险，保障项目的顺利进行。绿色保险不仅有助于降低绿色项目的风险，还能为金融机构提供新的业务模式。绿色信贷和绿色保险的融资模式，为绿色经济提供了资金保障和风险管理机制^[2]。

4.3 绿色金融市场的激励与风险管理机制

绿色金融市场的激励机制主要包括政策支持、市场准入和税收优惠等措施。政府通过出台相关政策，鼓励绿色金融产品的创新与发展，为投资者和企业提供资金支持和政策激励。此外，政府还通过设立绿色金融基金、提供税收优惠等方式，进一步激励绿色投资的进行。在风险管理方面，绿色金融市场需要建立完善的风险评估和管理机制。金融机构应加强对绿色项目的评估，确保资金流向真正的绿色项目。风险管理机制还包括对投资项目的环境影响评估，以及对项目实施过程中的风险监控和管理。通过激励机制和风险管理，绿色金融市场能够有效支持低碳项目的发展，推动“双碳”战略的实施。

5 绿色金融推动“双碳”战略实施的关键路径

5.1 绿色金融政策与法规的优化

绿色金融政策与法规的优化是推动“双碳”战略实施的关键路径之一。中国自提出碳达峰和碳中和目标以来，绿色金融政策的制定和优化取得了一定的进展。2020年发布的《绿色金融政策框架》明确了绿色金融的定义、目标和实施方向，政府通过财政补贴、税收优惠等方式激励企业和金融机构参与绿色项目。然而，绿色金融政策仍存在诸多不足。例如，政策体系不够完善，绿色金融标准尚未统一，导致绿色项目在获得金融支持时面临一定的难度。2024年，我国绿色金融市场规模达到一定规模，但与发达国家相比，仍存在较大的差距。因此，进一步完善绿色金融政策，明确绿色项目的定义和分类标准，完善金融支持措施，能够有效推动低碳项目的融资，并为“双碳”战略的实施提供坚实的政策保障^[3]。