

减少了对强酸、强碱等化学试剂的依赖,降低了环境污染。而且 CO<sub>2</sub> 来源广泛、价格低廉,浸取过程无需高温高压,能耗和成本较低。此外,CO<sub>2</sub> 浸取对锂的选择性较高,可以减少其他金属杂质(如铁、铝)的浸出,简化后续提纯工艺,直接得到碳酸锂等产品。Xu 等利用 CO<sub>2</sub> 溶液提取 LiFePO<sub>4</sub> 中锂元素,随着 CO<sub>2</sub> 压力的提高,溶液 pH 值下降,最终 pH 值维持在 4.3-4.8 之间,能够实现对锂离子的选择性提取。实验结果表明,在加压 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浸出体系中,96.6% 的锂被提取出来,0.22% 和 0.17% 铁和磷进入到液相中,说明该浸取法可以选择性的回收 Li 资源<sup>[7]</sup>。

## 6 磷酸铁锂正极材料再合成

废旧锂电池正极材料再合成是其资源化回收的最终目的,从而实现锂电池材料从制造、使用到退役、回收和再生为锂电池的全组分闭路循环,这对锂电池的可持续发展有着重要意义。正极材料主要由前驱体经过高温煅烧得到,工业上废旧锂电池经过湿法冶金后,其中各组分(Li、Fe、Ni、Co 等)被浸出到浸出液中,随后通过除杂、萃取等方式得到相对应的高纯度金属盐作为前驱体合成的原料<sup>[8]</sup>。同时前驱体晶体结构、颗粒大小和表面性质对得到的正极材料电化学性能有着重要的影响,而前驱体的性质主要由合成方式决定<sup>[9]</sup>。

### 6.1 共沉淀法

共沉淀法是目前前驱体材料的主流制备方法。通过将相应可溶性金属盐混合溶液与沉淀剂(如氨水或氢氧化钠)反应,生成氢氧化物沉淀。该方法可以精确控制各组分的含量,实现组分的充分混合,并通过调整溶液浓度、pH 值、反应温度、搅拌转速等参数优化前驱体的形貌和粒径。但这一合成过程对反应条件要求很高,工艺较为复杂。

### 6.2 溶胶-凝胶法

溶胶-凝胶法就是在液相下将前驱体制备原料均匀混合,并进行水解、缩合化学反应,在溶液中形成稳定的透明溶胶体系,经陈化胶粒间缓慢聚合,形成三维网络结构的凝胶。凝胶经过干燥、烧结固化制备出分子乃至具有纳米亚结构的前驱体材料。但凝胶干燥收缩大、合成周期长、反应条件苛刻,工业化生产难度较大。

### 6.3 水热法

水热法可以通过调整反应温度、反应时间和液体组成获得不同晶型的前驱体。通过调节温度、压力、反应时间和前驱体浓度等参数,可精确控制产物的形貌(如球形、纳米片等)和粒径分布。但水热法合成不能直接得到具有正极材料相同晶体结构(如层状结构、橄榄石结构)的产物,且存在反应时间长、生产效率受限,废水处理困难等问题。

### 6.4 其他方法

超声辅助烧结法利用超声处理手段,使前驱体溶液在烧结过程中形成细致均匀的三维孔道结构,从而有效提高材料的压实密度与电化学性能。机械化学法则借助机械力作用

破碎颗粒,增大反应物之间的接触面积,进而促进化学反应的进行。

然而,这些能够获得优良电化学性能的前驱体合成方法,通常依赖于严格的物料配比、精密的反应设备以及复杂的工艺流程,不仅增加了实际工业化应用的实施难度,也显著提高了合成成本。此外,所合成的前驱体与目标正极材料在晶体结构方面仍存在较大差异,需要借助高温条件完成晶体结构的转变,进一步增加了生产过程中的能耗需求。

## 7 总结

目前,现行的废锂电池的锂资源化回收技术均存在一定的不足。在进行资源化回收前,需要进行预处理,以减少后续回收工艺固废的处理量。针对锂离子提取工艺,高温煅烧法能耗大,回收的产品纯度不高,酸浸法存在废酸液及大量的废盐问题,同时选择性差导致产物混杂,正极材料结构在浸出过程中遭到破坏,其他金属离子被浸出后后续萃取分离工艺繁琐,且锂的回收率偏低。CO<sub>2</sub> 水溶液浸取法对废旧锂电池中锂有较好的选择性,并生成碳酸锂(Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)产物,不产生酸性废水和废盐,具有较好的产业放大前景。此外,对于实现工业化生产,工艺流程、投资成本、安全环保等问题都是需要去考虑的。

## 参考文献

- [1] 李万里, 欧玉静. 废旧磷酸铁锂电池正极材料回收工艺与技术的研究进展[J]. 电池工业, 2023, 27(1): 37-42.
- [2] 祝宏帅, 张欢, 袁中直, 陈超, 薛银银, 刘金成. 废磷酸铁锂全组分资源化及杂质定向控制[J]. 高校化学工程学报. 2021, 35 (02): 380-388.
- [3] 田雨扬. 磷酸铁锂正极材料失效分析及固相修复工艺研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2023.
- [4] 王子璇, 李俊成, 李金东, 易娟, 石霖, 吴旭. 废磷酸铁锂正极材料资源化回收工艺[J]. 储能科学与技术, 2021, 11(1): 45-52.
- [5] Beilei Zhang, Xin Qu, Xiang Chen, Dongxu Liu, Zhuqing Zhao, Hongwei Xie, Dihua Wang, Huayi Yin. A sodium salt-assisted roasting approach followed by leaching for recovering spent LiFePO<sub>4</sub> batteries[J]. Journal of Hazardous Materials, 2022, 424: 127586.
- [6] 官姝丽. 废弃锂离子电池中金属的资源化回收技术研究[D]. 青岛科技大学, 2024.
- [7] Chunliu Xu, Xin Hu, Yang Yang, Zelang Jian, Wen Chen, Liangrong Yang, Chao Yang, Huizhou Liu, Junmei Zhao, Hongbin Cao, Yong Sheng Hu. Integrated process of CO<sub>2</sub> sequestration and recycling spent LiFePO<sub>4</sub> batteries[J]. Energy Storage Materials, 2023, 60: 102819.
- [8] 张佳悦, 李发闯, 贾兴龙, 范云锋, 栗梦豪. 磷酸铁锂的浸出行为和再生研究[J]. 河南科技. 2025, 52(11): 86-89.
- [9] 鲍彦如. 废磷酸铁锂电池正极优先提锂及再利用研究[D]. 西安建筑科技大学, 2024.

# The influence of land reclamation on Marine ecological environment and the countermeasures of ecological protection are discussed

Jian Hu

China Power Construction Group East China Survey and Design Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311100, China

## Abstract

Reclamation projects, while essential for modern coastal development, have caused significant impacts on marine ecosystems. This study investigates the effects of reclamation on biodiversity, water quality, seabed morphology, and potential threats to fisheries resources. Using comparative analysis, we examine ecological changes before and after reclamation, with regional variations identified through field surveys and satellite data collection. The findings reveal that reclamation disrupts seabed structures and alters hydrodynamic patterns, leading to habitat loss and reduced species diversity. To address these issues, the paper proposes ecological conservation strategies including rigorous environmental impact assessments, establishment of marine protected areas, and restoration of damaged ecosystems. These measures aim to balance economic development with environmental protection, providing actionable guidance for sustainable marine management.

## Keywords

reclamation project; Marine ecological impact; Ecological protection strategy

## 探讨填海工程对海洋生态环境的影响及生态保护对策

胡剑

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 中国·浙江 杭州 311100

## 摘要

填海工程是现代化海岸区域发展的常用手段,但其对海洋生态环境造成了一定的影响。本文研究了填海工程对海洋生物多样性、水质和海底地形的影响,以及其后续对渔业资源的潜在威胁。研究采用对比分析法,观察填海前后的生态环境变化,并通过实地调查和卫星数据收集,分析不同区域的影响差异。研究结果显示,填海活动破坏了海床结构,改变了水流动力学,导致了海洋生物栖息地的丧失和物种多样性的下降。鉴于此,本文提出了几项生态保护对策,包括实施严格的环境影响评估、建立海洋保护区和恢复受损的生态系统。通过这些措施,可以在促进经济发展的同时,有效减少填海工程对海洋环境的负面影响,为可持续海洋环境管理提供参考。

## 关键词

填海工程; 海洋生态影响; 生态保护对策

## 1 引言

伴随全球化与城市化提速,填海工程成为海岸区域发展的关键举措。该工程通过向海中投土石扩大陆地面积,满足商业、居住及工业等用地需求。然而,这种改变自然景观的行为,对海洋生态系统产生长远影响,不仅导致生物栖息地丧失,还可能改变水质与海底地形,危害海洋生物多样性和渔业资源。目前,虽已有相关研究和实践,但面对填海工程生态影响的广度与复杂性,知识和对策仍显不足。研究采用对比分析,结合实地考察与卫星数据,探究不同区域受影

响差异,并提出生态保护办法,如认真开展环境影响评价、建立海洋保护区、修复受损生态系统,以实现经济发展与海洋环境保护的协调统一。

## 2 填海工程概述

### 2.1 定义与目的

填海工程是一种运用人工方法改造海洋环境,借助填补海域的方式来建设陆地面积的特殊工程项目<sup>[1]</sup>。这种工程的核心目标是处理沿海地区土地资源短缺的紧急需求,协助城市规模持续扩展,支撑工业领域的稳定发展,同时加速基础设施的筹划和建设,比如建设大型港口和修建广阔的道路。全球人口数量始终在迅猛增加,沿海地区慢慢变成经济发展的重要区域,但可用的土地资源却看似极其匮乏,因此

【作者简介】胡剑(1984-),男,中国江苏宝应人,硕士,高级工程师,从事环境影响评价研究。

填海工程变成解决土地问题的重要手段。这种工程的主要目的是高效提升可以利用的土地面积,细致优化海岸线的整体形状,竭力防止海水对海岸的持久侵蚀,同时打造出崭新的商业区域和安逸的居住区域。在开展填海工程项目时,必须深入关注对自然环境带来的各种影响,认真维护海洋生物的生存家园,努力保证在促进经济繁荣和城市现代化建设的同时,绝不破坏海洋生态系统的正常运行状态和整体平衡的自然环境<sup>[2]</sup>。

## 2.2 发展历程与现状

填海工程属于一种大规模的土地开发方式,发展历史能够追溯几千年前的久远时期。早期的填海活动主要集中在河口地带,其目的在于解决农业生产和港口建造之所需的土地资源。20世纪中期,技术的明显提升让深水区域的填海工作变为现实,很多国家加入大型填海项目,提升城市容纳更大人口的能力。这一时期的典型例子包括香港赤鱘角机场的填海工程和日本关西国际机场的填海项目。填海工程得到运用城市规模的扩展、港口设施的建设,还有工业产业园区的开发。随着围垦规模的持续扩展,其生态环境同样在退化<sup>[3]</sup>。目前,国内外围垦已出现大规模、高科技的发展态势,而我国在这方面的政策滞后问题却引起了人们的广泛关注。

## 2.3 主要技术与方法

陆域工程使用土石材料进行填充,扩展土地面积,增加可利用的空间。土方填筑从别处挖掘海砂或岩土材料,构建坚固的地基,为工程提供稳固支撑。水陆交界区域的处理工作安装防波堤和护岸设施,增强工程的长期稳定性,延长使用年限。各种技术的选择根据不同地区的实际情况进行调整,需深入研究地质条件、水文环境和生态影响因素,确保工程坚固耐用,降低对自然环境的负面冲击,维护生态系统的稳定,保障环境安全。

# 3 填海工程对海洋生态环境的影响

## 3.1 影响海洋生物多样性

填海工程对海洋生物多样性的影响备受关注。该工程大规模挖掘海床、倾倒泥沙,严重破坏海洋生物栖息地,海底地形显著改变,许多依赖特定环境的生物难以适应新状况,生物种类锐减,部分甚至灭绝。填海时,泥沙散布使悬浮颗粒物增多,阻碍海水光线穿透,影响海底植物光合作用,降低浮游植物增殖速度,冲击海洋食物链结构稳定。此外,部分填海工程阻断海洋生物迁徙通道,限制群体间基因交流,削弱生态系统自我修复能力。生物多样性下降不仅破坏生态稳定,还减少海洋资源储备与环境平衡功能,给长期生态治理带来重大难题<sup>[4]</sup>。

## 3.2 影响水质与海底地形

填海工程对水质和海底地形的影响显著且复杂。作业时,大量泥沙和填充材料倒入海域,破坏海水清澈度与化学成分,增加漂浮颗粒含量,引发海水营养过剩。同时,改变

海底地形结构,使海床更平坦,影响海水流动规律与速度,甚至限制或改变部分区域潮汐循环。这种地形改变降低海洋自我清洁能力,导致污染物堆积,难以通过自然循环清除,危害周边海洋生物与环境。这些环境变化对沿海生态系统整体健康影响深远,修复受损区域面临严重挑战,需付出巨大努力恢复平衡。

## 3.3 对渔业资源的潜在威胁

填海工程对渔业资源构成潜在威胁。其改变了海洋自然状态,破坏鱼类等海洋生物的生存环境,导致生物数量减少。施工产生的悬浮物和脏物污染海水,妨碍生物正常生长与繁育。海底形状改变和水流方向调整影响鱼类觅食与游动路径,干扰渔民捕鱼生产。海洋生物种类减少,食物链稳定状态遭破坏,给当地渔业经济带来巨大损害。这种威胁不易察觉,但长期累积下来,会对渔业资源的可持续利用造成严重影响,需高度重视并采取有效措施加以应对。

# 4 填海工程影响的区域差异

## 4.1 地理位置差异影响

接近海岸的区域基础生产能力高、生物种类多,填海工程会严重破坏其生态平衡,使生物生存环境遭灾,物种数量锐减。即便在远离海岸的深水区域,生物种类相对较少,填海工程也会改变水流方式和泥沙堆积规律,破坏当地生态平衡。不同纬度海域因水温、盐度、洋流环境有别,填海工程造成的影响差异显著。热带海域的珊瑚礁系统极为脆弱,易受冲击;寒冷海域因低温,生态恢复困难且缓慢。鉴于地理位置存在这些差异,设计生态保护措施十分必要。必须结合实际情况,制定出具体、有针对性的方案,如此才能确保生态保护措施有效落实,达到预期的保护效果,维护海洋生态的稳定与健康。

## 4.2 深浅水区域的影响比较

深浅水区域对填海工程反应有别。邻近海岸的浅水区域是海洋生物聚集地,填海工程会改变其原生环境,如水流速度、水温、光线强度等,严重损害生物多样性与生态平衡,且因生物数量多,损害极为明显。而远离海岸的深水区域生态环境复杂,填海工程会改变海底泥沙结构与水的层次分布,引发水流变化,影响远处生态平衡,其损害范围更广、持续时间更久。看清深浅水区域生态差异,对合理规划填海工程方案、实施环保措施至关重要。需重视二者不同特点,科学安排项目,最大程度降低对海洋环境的破坏。

## 4.3 不同经济背景下的影响差异

经济背景的差异会改变填海工程对自然环境造成的损害大小<sup>[5]</sup>。收入水平低的地区因为技术和资金条件不够充足,很难落实有效的生态保护方法,使得环境损害问题变得相当糟糕。收入水平高的地区可以投入更多资源来进行细致的环境评估和生态修复任务,但因为开发活动的规模和强度非常大,还是会自然对环境形成相当大的威胁。