

AI+生物技术，如何让“生物制氢”从经验试错走向精准设计？

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42748.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

AI+生物技术，如何让“生物制氢”从经验试错走向精准设计？。中国科学院天津工业生物技术研究所任南琪大师工作室黄聪副研究员与东莞理工学院刘倩副研究员合作在中国工程院院刊Engineering发表题为AI- and Biotechnology-Driven Digital Design of Biohydrogen-Producing Microbiota（人工智能与生物技术驱动的产氢微生物群落数字化设计）的论文。该文聚焦传统生物制氢过程中微生物群落高度异质、产氢效率不足以及规模化调控困难等关键问题，提出了人工智能（AI）与生物技术（BT）融合驱动的生物群落数字化设计新范式，为推动生物制氢由经验优化向精准设计转变提供了新思路。

氢能是重工业、远距离交通和化工等难电气化领域的重要脱碳路径。生物制氢可在温和条件下将秸秆等有机废弃物转化为氢气，兼具低碳、资源化与环境友好优势。其中，暗发酵无需额外光能或电能，具备连续运行潜力。但现实挑战依然突出：底物预处理成本高、碳阻遏、菌群稳定性不足、挥发性脂肪酸积累、气液传质受限等问题，使实际产氢率通常仅达到理论值的40%—60%。

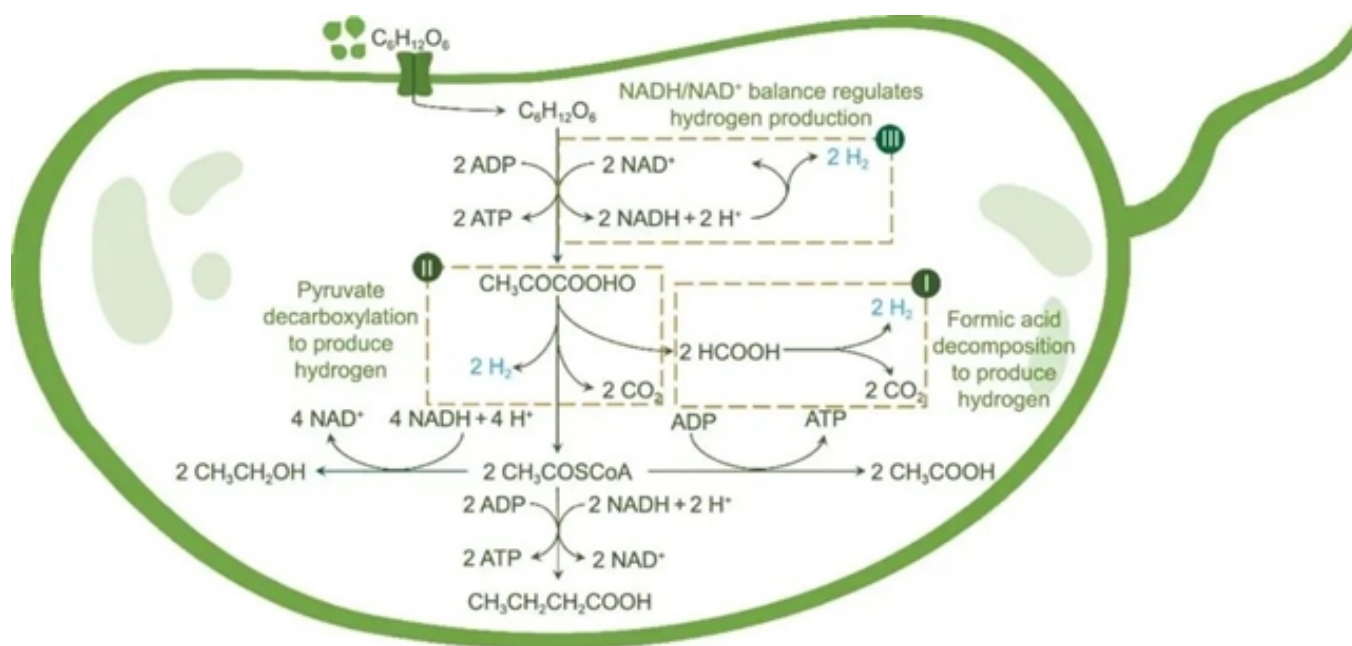


图1.暗发酵产氢主要代谢途径

AI与BT的融合，为生物制氢由经验优化迈向数字化、可预测设计提供了重要突破。AI可结合机器学习、基因组尺度代谢模型、多组学数据及非线性降维方法，解析微生物群落中代谢网络、能量分配、基因调控和种间互作的复杂关系；扩散模型等方法还能模拟单细胞代谢噪声并预测高阶网络效应。BT则通过高通量筛选、定向代谢网络重构、合成微生物群落构建及培养环境调控，减少对基因编辑的依赖，构建稳定、高效的产氢菌群。文章提出数字细胞-数字微生物群落-数字系统的研究范式：以多组学、热力学与酶学约束建立细胞模型，再结合人工智能预测和实验反馈优化群落组成及反应过程。目标是设计仅含2-5种微生物、氢产率超过理论值60%的简化菌群。

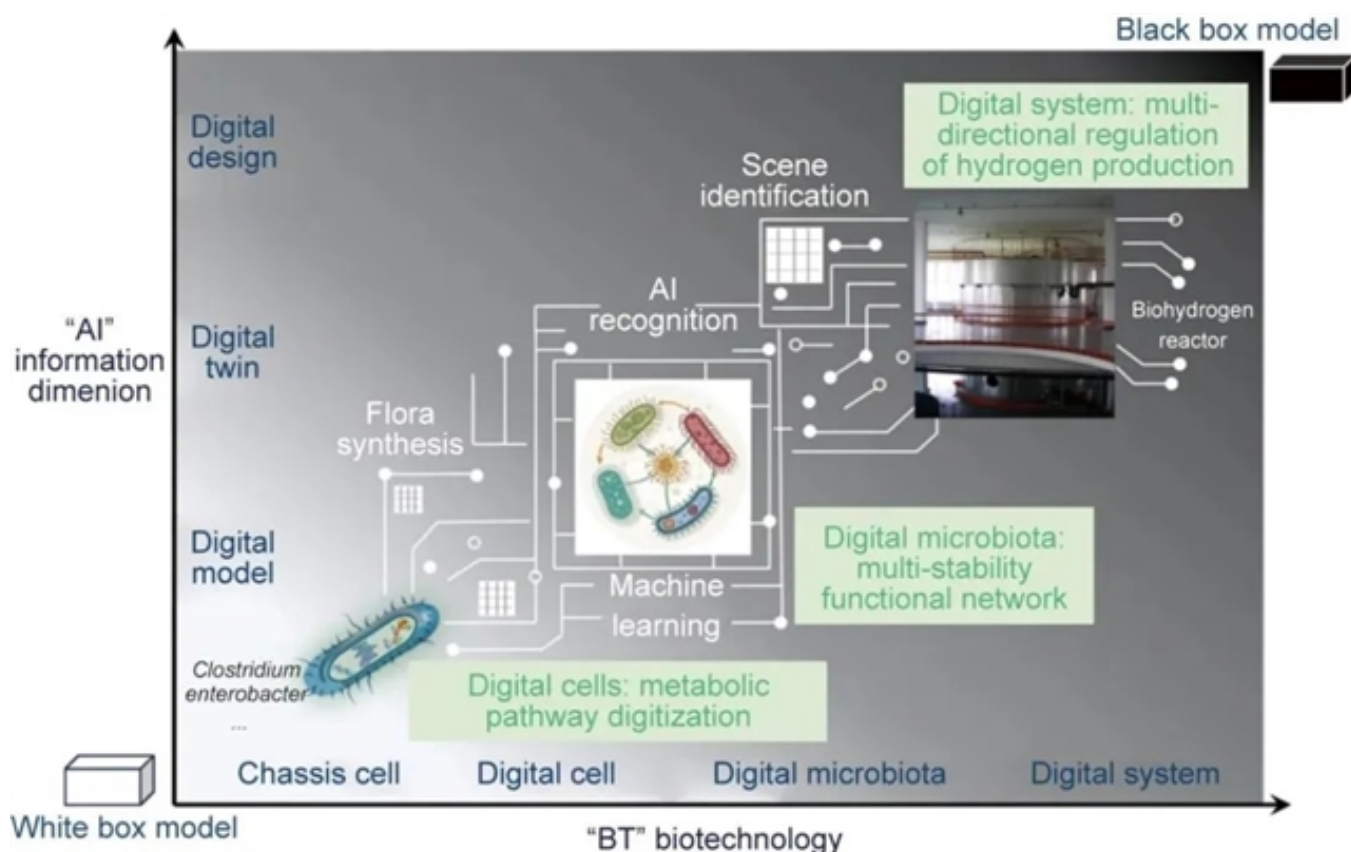


图2.基于AI-BT揭示产氢微生物群落的黑箱模型

技术经济分析和生命周期评价结果表明，AI-BT结合有望在降低生物制氢成本和碳排放方面发挥重要作用，未来制氢成本或可降至每千克3.5美元以下。然而，该技术的产业化应用仍面临多重挑战：一是高质量、多维度数据相对不足，制约模型训练与预测精度；二是算法在复杂工况下的鲁棒性仍需提升；三是实时监测与自动化实验平台尚不完善；四是在规模化过程中，抑制物积累、底物组成波动及菌群生态漂移等问题可能影响系统稳定性和产氢效率。

未来，随着人工智能算法、自动化实验技术和合成生物学的持续发展，数字化微生物设计有望成为绿色能源制造的重要支撑技术，推动生物制氢从经验调控迈向智能化、精准化发展。以数字细胞—数字微生物群落—数字系统为核心的研究范式，或将实现从分子机制解析、细胞代谢建模到群落功能预测和反应系统优化的跨尺度调控，为复杂微生物生态系统的工程化设计提供理论基础。

。

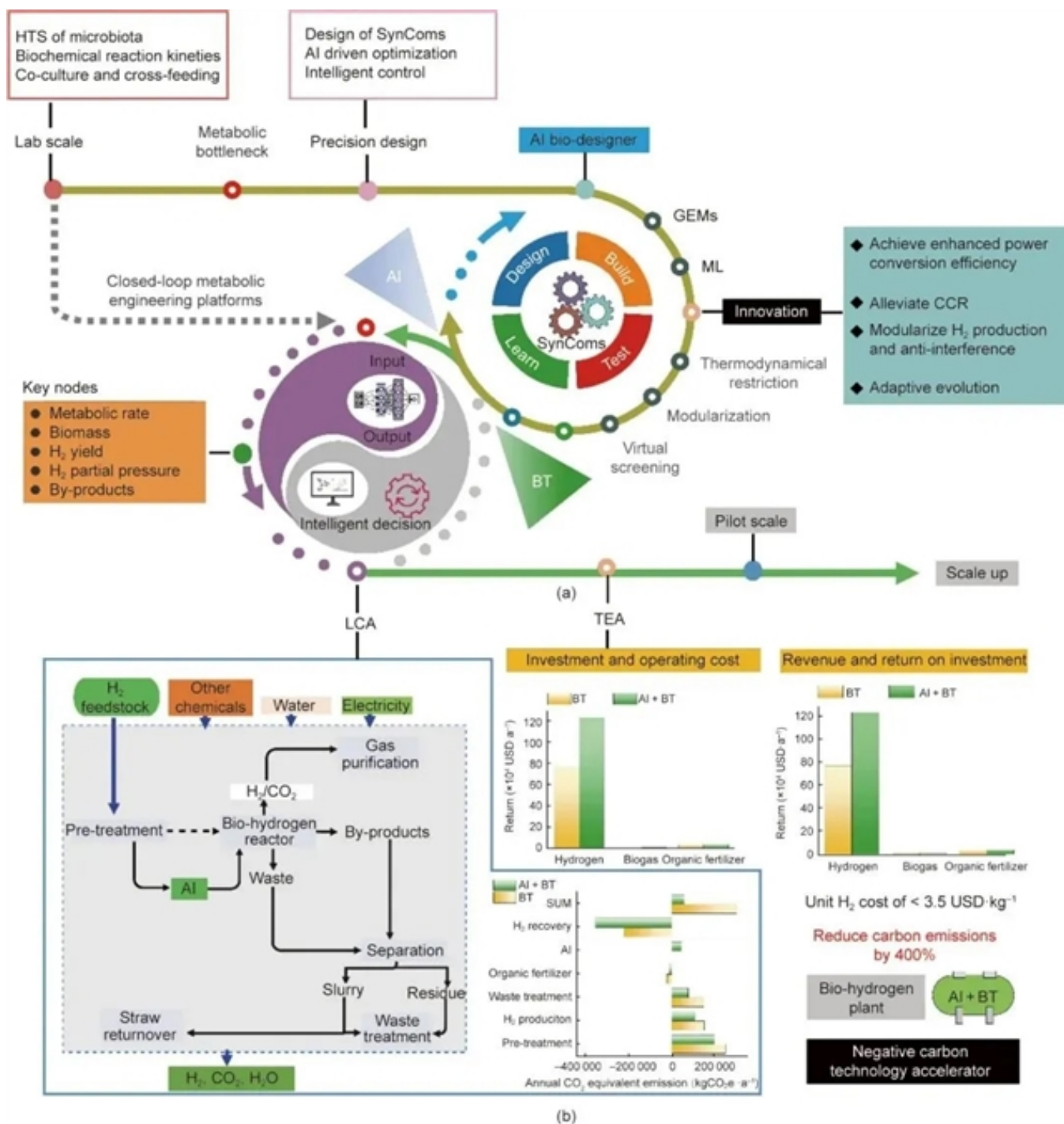


图3.AI-BT驱动的产氢微生物菌群数字化设计路线图

(来源：EngineeringJournals微信公众号)

相关论文信息：<https://www.engineering.org.cn/engi/EN/10.1016/j.eng.2025.09.027>

作者：黄聪 等 来源：《工程》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发