序

DOI: 10.12211/2096-8280.2026-072

合成生物学赋能糖科学与糖工程应用

金城[1, 2]
([1] 中国科学院微生物研究所微生物多样性与创新利用全国重点实验室，北京 100101；[2] 中国科学院大学，北京 100049)

中图分类号： Q81 **文献标志码：** A

Deepen our understanding of glycoscience and empower glycotechnology with synthetic biology

JIN Cheng[1, 2]
([1]*State Key Laboratory of Microbial Diversity and Innovative Utilization, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; [2]*University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

糖类是自然界结构多样性最高的生物大分子，由单糖通过多种糖苷键连接，其理论异构体数量远超核酸和蛋白质，赋予其在细胞识别、免疫调控、信号转导等生命过程中不可替代的功能。然而，糖链的非模板驱动合成机制——由糖基转移酶协同决定位置、构型与分支，使糖科学长期受困于“结构解析难、化学合成难、规模化制备难”三重瓶颈，糖类被喻为生命科学的“暗物质”。

合成生物学的兴起正彻底改变这一格局。它将糖基化系统重新定义为可设计、可重构、可编程的工程网络，推动糖科学从“发现自然已有的糖”向“设计并制造想要的糖”的范式跃迁。过去二十余年，领域取得里程碑式突破：跨物种 *N*-糖基化途径移植、酵母人源化糖基化改造、CRISPR 工程化 CHO 细胞生产均一糖型、母乳低聚糖吨级发酵、二氧化碳人工合成淀粉等，标志着糖合成生物学正从学术前沿走向产业引擎。

为集中展示国内最新进展，《合成生物学》特组织“糖合成生物学”专辑，收录中国科学院微生物研究所、过程工程研究所、天津工业生物技术研究所、上海药物研究所、江南大学、山东大学、北京大学等优势团队的 14 篇文章，覆盖五大板块：总体框架——学科内涵、瓶颈与使能技术；体外合成生物学——糖核苷酸合成、糖基转移、辅酶再生、固定化与自动化关键技术、CO_2/一碳原料制糖新路线；微生物细胞工厂——母乳低聚糖、唾液酸乳糖、硫酸软骨素等功能糖的路径设计、底盘改造与动态调控，部分产物达百克级以上；复杂糖缀合物精准合成——*N*-糖链、长糖链皂苷、鞘糖脂的化学酶促策略；糖链编辑新前沿——外泌体表面糖萼编辑，为靶向递送与精准医疗开辟新方向。

产业层面，全球母乳低聚糖市场已超 10 亿美元，去岩藻糖化抗体获批上市，透明质酸实现百吨级发酵；我国在 3′-SL、6′-SL 等 HMO 获国际认证并规模化添加婴儿配方奶粉，硫酸软骨素绿色替代工艺、

收稿日期：2026-08-03 修回日期：2026-08-05
引用本文：金城. 合成生物学赋能糖科学与糖工程应用[J]. 合成生物学, 2026, 7(4): 693-694
Citation: JIN Cheng. Deepen our understanding of glycoscience and empower glycotechnology with synthetic biology[J]. Synthetic Biology Journal, 2026, 7(4): 693-694

CO_2人工淀粉完成实验室验证，产学研转化链路日趋成熟。

展望未来，糖合成生物学正处于从经验驱动向智能设计跃迁的关键节点。糖基转移酶元件的系统表征与标准化、人工智能与糖科学的深度耦合、合成体系从传统原料向一碳原料的持续拓展、从“合成糖”走向“调控糖功能”的纵深发展，以及产业化瓶颈（底盘鲁棒性、分离纯化成本、糖型均一性）的协同突破，将是未来十年的核心议题。

糖类曾被视为复杂难控的“暗物质”，合成生物学正将其转化为可编程的信息流。当糖链成为可精确调参的工程对象，一个真正的“糖世界”将在合成生物学版图中徐徐展开。本专刊汇聚国内骨干团队的阶段性总结，兼具理论深度与产业价值，期待为青年学者与行业从业者提供前沿参考，助力我国糖科学基础研究与糖基产品生物制造产业高质量发展。希望本专辑的出版能够增进学界与产业界对糖合成生物学的理解，吸引更多青年才俊投身这一充满活力的交叉领域，共同推动我国糖科学基础研究与糖基产品生物制造产业的高质量发展。



金城（1965— ），男，理学博士，研究员。研究方向为微生物糖生物学，在真菌（烟曲霉、尖孢镰刀菌、里氏木霉和酵母）和古菌的蛋白质糖基化修饰与功能、细菌胞外多糖合成机制方面开展系统研究，相关成果已在本领域核心期刊上发表研究论文110多篇。2022年获“惠永正糖科学奖”杰出成就奖，2023年获“中国酶工程杰出贡献奖”，2024年获广西自然科学一等奖。

E-mail：jinc@im.ac.cn