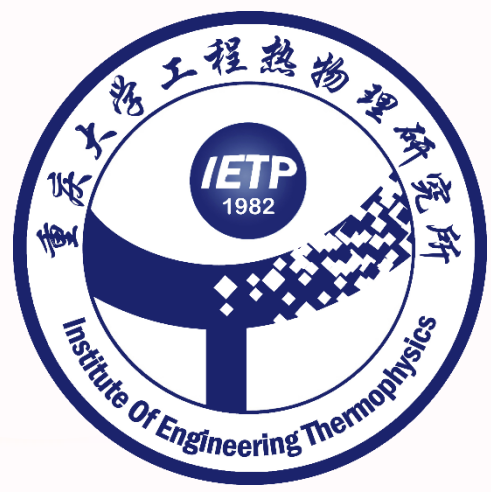




生物质能实验室

实验室介绍

利用废弃生物质、二氧化碳等原料在微生物的作用下高效转化制取氢气、甲烷、柴油、航煤、醇类等清洁的燃料及高值化学品，具有绿色、可再生、原料来源广泛等优势，是生物质能利用和环境污染控制重要的途径。本课题组围绕自然生物系统过程仿生、微藻固碳减排及能源化资源化利用、生物质热转化制备高值碳材料与化学品及绿氢、厌氧发酵制取生物燃气以及生物质转化过程中的多尺度传输及强化理论和方法的研究，涉及工程热物理、生物工程、环境工程、化学工程等学科的新型交叉研究领域。

实验室目前配备：冷冻干燥机、高速冷冻离心机、超低温冷冻储存箱等菌株保存和收获设备；人工光合温室、光照培养箱，光生物反应器等微藻光合培养系统；槽式太阳能光热生物质预处理系统、连续式流动传热水解实验系统、水热碳化/液化/气化反应釜、全自动厌氧发酵系统等生物质能源化利用设备；宽温区超快显微拉曼光谱仪、高效液相色谱仪、气相/液相色谱仪、总有机碳分析仪、荧光显微镜等成分分析测试设备。形成了微生物废水废气处理-生物质预处理-燃料制取完整的科研系统，具备了自主进行生物质能利用过程多尺度传输及强化的相关研究工作的科研能力。



主要研究方向

自然生物系统过程仿生原理及方法、光合固碳生物反应器内流动及能质传递强化、生物质热转化过程机理及调控、多相生化转化过程中的界面行为及能质传递强化等。

实验室负责人

廖强，博士、二级教授、博士生导师



“长江学者奖励计划”特聘教授、国家杰出青年科学基金获得者、国务院政府特殊津贴专家、国家重点研发计划项目首席科学家、“新世纪百千万人才工程计划”国家级人才、教育部新世纪优秀人才支持计划人选，重庆市首席专家工作室领衔专家。现任重庆大学国家储能技术产教融合创新平台主任、低品位能源利用技术及系统教育部重点实验室主任、重庆大学工程热物理研究所所长。作为负责人主持国家自然科学基金创新研究群体项目、国家重点研发计划项目、国家杰出青年科学基金项目、国家自然科学基金重点项目和重大国际合作项目等国家级和省部级项目30余项。为全国首批黄大年式教师团队负责人，中国工程热物理学会理事、中国高等教育学会理事、高校工程热物理研究会副理事长、中国工程热物理学会传热传质学分会副主任委员、APEC先进生物氢能技术研究中心执委、热科学与工程亚洲联盟科学委员会委员。发表学术论文900余篇，Scopus检索引用2.2万余次，获美国和中国发明专利70余项。主要研究方向包括传热传质强化、多孔介质内多相流动和热质传输、相变换热、电子元件冷却、节能减排、微生物能源转化和环境污染治理等。

夏晔，博士、教授、博士生导师



国家优秀青年基金获得者、国家重点研发计划青年科学家项目负责人、国际能源署（IEA）可再生氢能制备专家、重庆市杰出青年基金获得者、重庆市百名海外高层次人才集聚计划特聘专家、重庆市学术技术带头人。2008年获浙江大学能源与环境系统工程专业学士学位及竺可桢学院混合班荣誉学位，2013年获浙江大学动力工程及工程热物理专业博士学位，2014-2016在爱尔兰国立科克大学（UCC）从事博士后研究。主持国家自然科学基金项目4项，主持或参与国家重点研发计划项目3项。发表SCI论文200余篇，出版专著3部，总引用超过1万次，个人H指数59，获得中国可再生能源学会青年科技奖，入选斯坦福大学“全球前2%顶尖科学家”终身科学影响力榜单。指导学生曾获得“互联网+”创新创业大赛全国总决赛金奖、全国大学生节能减排竞赛一等奖、重庆市优秀博士/硕士学位论文等荣誉奖励。主要研究方向包括新型生物燃气技术、生物质催化转化制备绿色燃料及化学品、可再生分布式能源系统等。

黄云，博士、教授、博士生导师



2014年毕业于浙江大学能源环境工程专业获博士学位。2014年入重庆大学能源与动力工程学院任教。主持国家自然科学基金项目3项、重庆市技术创新与应用发展重点专项项目1项、其他省部级等以上项目10项。以(共同)第一作者/通讯作者在ES&T、WR、CEJ、ECM等能源环境领域顶级期刊发表期刊论文40余篇（自然指数期刊3篇，发表当年IF>10共8篇，A级期刊论文32篇），ESI高被引论文4篇、热点论文1篇，论文SCI他引3000余次，个人H因子38，入选为斯坦福全球前2%顶尖科学家年度榜单（2022年和2023年）。担任国际会议Session主席2次，做会议特邀/主旨报告8次。获重庆英才·青年拔尖人才和重庆大学教书育人奖、先进工作者。主要研究方向包括微藻光合减排燃煤烟气CO₂过程机理及其动力学、微生物光合/光催化耦合的CO₂转化制液体燃料、耦合废水污染物净化的CO₂减排技术、高效紧凑型光生物反应器研发及其内流动传输调控等。

朱贤青，博士、副教授、硕士生导师、新能源与储能系副系主任



本硕博毕业于华中科技大学（导师：姚洪教授），长期从事于固体废弃物（如生物质废弃物和废旧锂电池等）低碳高值转化的应用基础研究。主持国家自然科学基金面上项目和青年项目（C类）、重庆市自然科学基金等项目10余项，主研国家自然科学基金重点项目1项。受聘为中国化工学会工程热化学专委会青年委员和中国能源学会专家委员会新能源专家组成员等学术职务。在Journal of Physical Chemistry Letters（自然指数期刊，入选封面）、国际燃烧领域顶级期刊Proceeding of the Combustion Institute（重庆大学首篇）、Applied Energy等权威期刊上以第一/通讯作者发表论文30余篇，论文引用3300余次，H指数为36（Scopus数据库）。申请国家发明专利20余项，已授权10余项。担任中科院1区期刊Chinese Chemical Letters、1区期刊International Journal of Coal Science and Technology和国际期刊Decarbon的青年编委。

张敬苗，博士、副教授、硕士生导师



毕业于东京大学，2020年5月进入重庆大学能源与动力工程学院开展科研工作，同年入选“中国博士后国际交流计划引进项目”。主要从事生物质能源化及资源化利用方面的研究工作，包括：生物质热化学转化技术、生物基碳材料、废水处理等。目前承担或完成国家自然科学基金青年项目、国家博士后国际交流计划引进项目、重庆市自然科学基金面上项目、重庆市留学人员回国创业创新支持计划优秀项目、重庆市出站留（来）渝博士后择优资助项目等项目，参与国家自然科学基金重点项目、国家自然科学基金优秀青年项目、科技部重点研发计划青年科学家项目、重庆市技术创新与应用发展重点专项项目、重庆市杰出青年科学基金项目等多项项目。在Bioresource Technology、Industrial Crops and Products、Fuel、Journal of Cleaner Production等国内外学术期刊上发表论文约30篇，申请发明专利10余项。

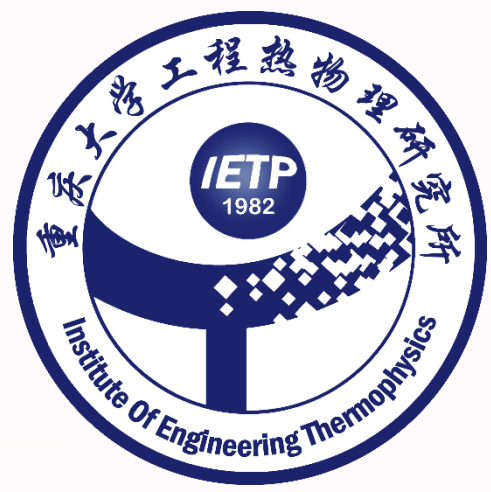
吴君军，博士、副教授、硕士生导师



毕业于香港中文大学（导师：任伟教授），曾获香港中文大学ORAP项目资助赴美国明尼苏达大学双城分校开展访问学者研究（合作导师：美国科学院院士Donald G. Truhlar教授），获香港特别行政区颁发Reaching Out Award。主要从事多源低值混合物绿色循环利用相关研究，包括废塑料制备石墨烯/氢气、废塑料制备储氢工质等。以第一/通讯作者于Angewandte Chemie International Edition（Very Important Paper重点论文）、Analytical Chemistry（Front Cover：封面论文）等期刊发表论文40余篇，主持国家自然科学基金面上、青年C类、科技部重点专项项目子课题等项目10余项。参与国家重点基础研究发展计划（973计划）、国家自然科学基金项目、香港研究资助局-优配研究金项目等；并作为主研人员参与香港创新科技署科技创新基金项目1项。



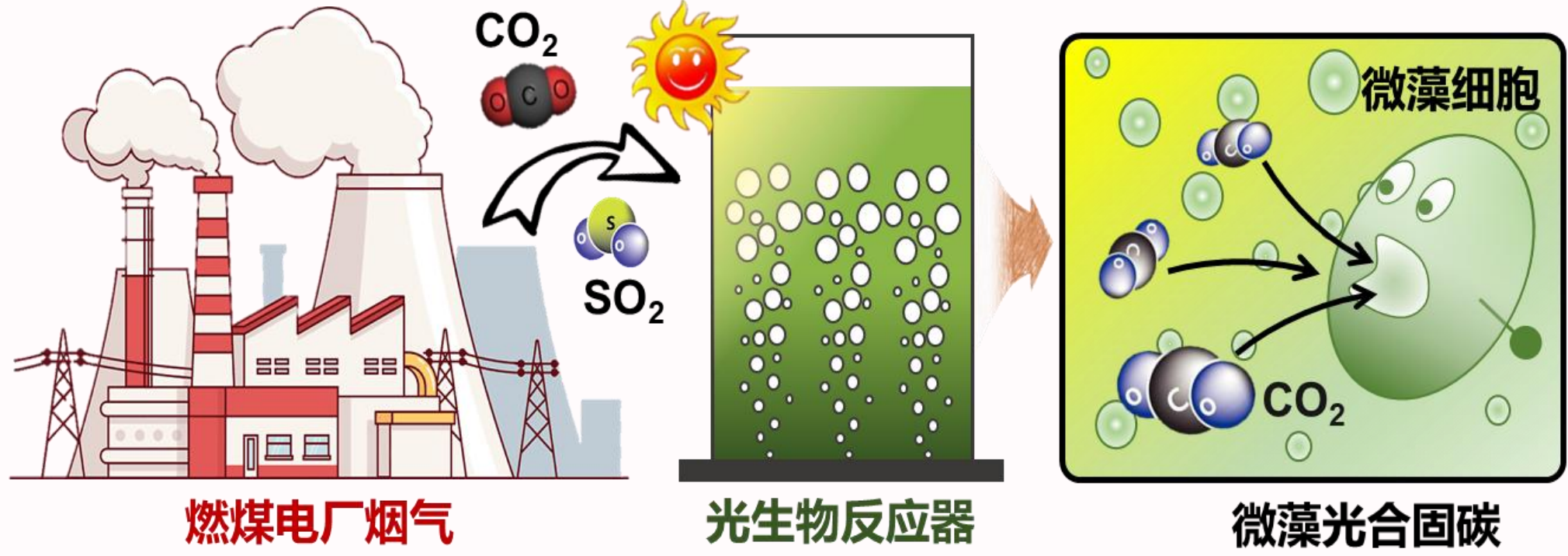
Welcome to CQU



废气CO₂光合转化过程中能质传递与性能强化

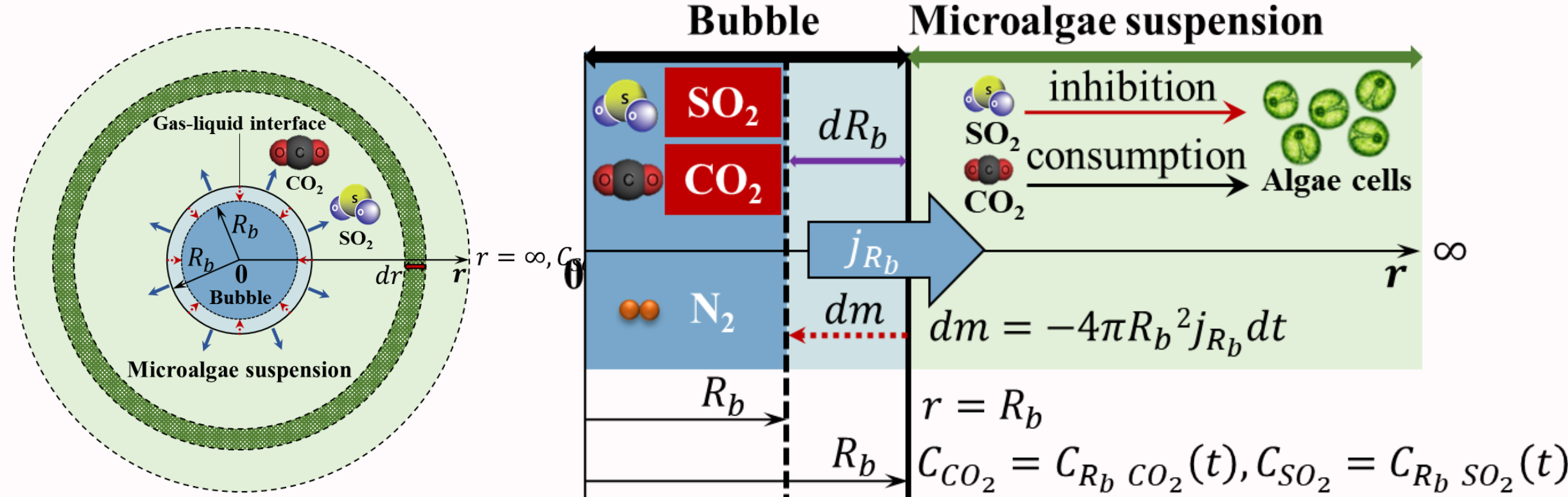
一、废气CO₂光合转化与资源化利用简介

废气CO₂光合转化过程依托微藻光合作用，在光能驱动下将废气中的CO₂固定并转化为有机化合物，同时释放O₂。该过程不仅实现了对工业尾气中碳排放的有效削减，还能将低价值碳源转变为具有利用潜力的生物质原料。与传统物理或化学减排途径相比，光合转化技术兼具碳固定、污染治理与资源化利用等多重功能，为构建低碳循环能源体系提供了新的技术路径，具有重要的理论意义和应用前景。



二、光合转化过程中的多相流动及能质传递特性

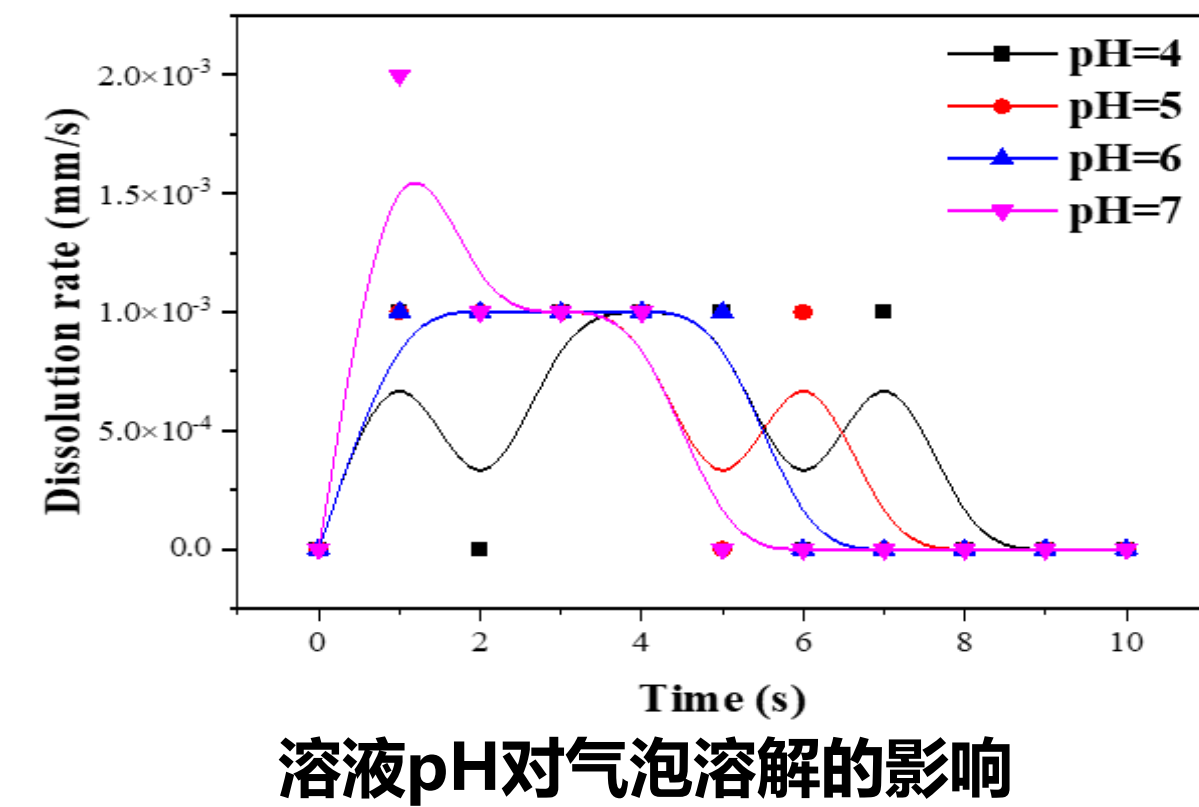
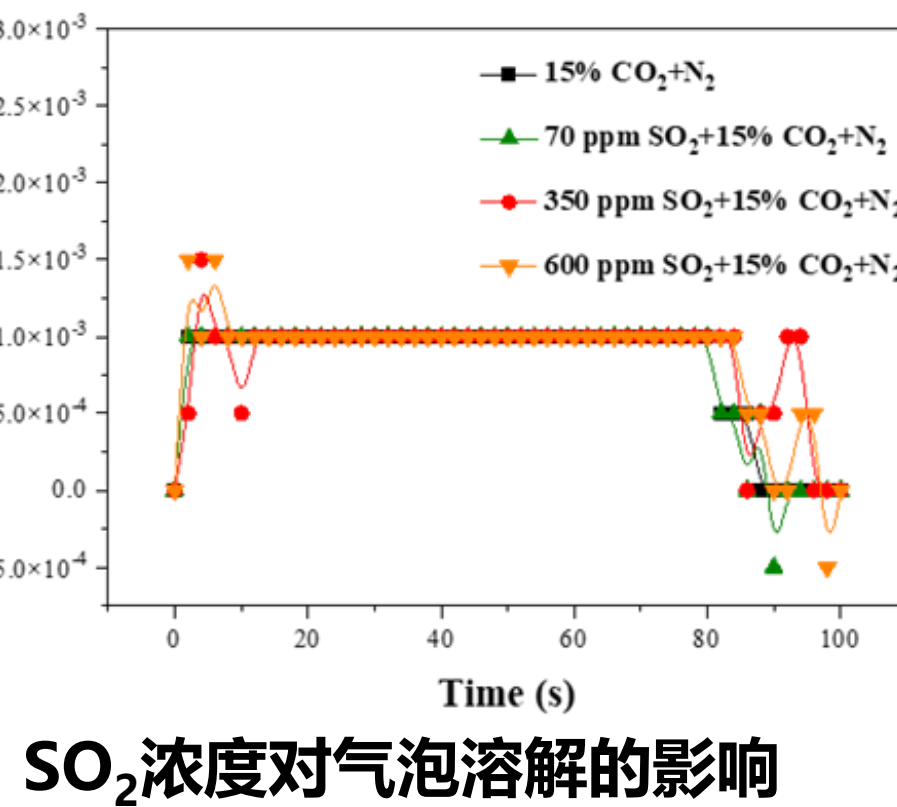
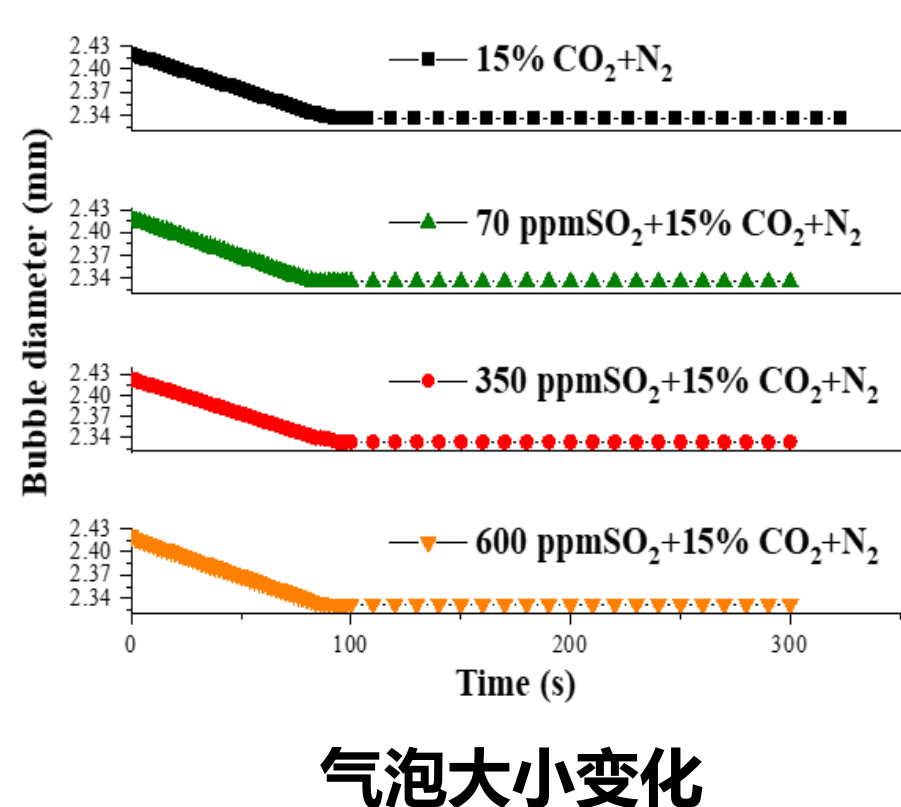
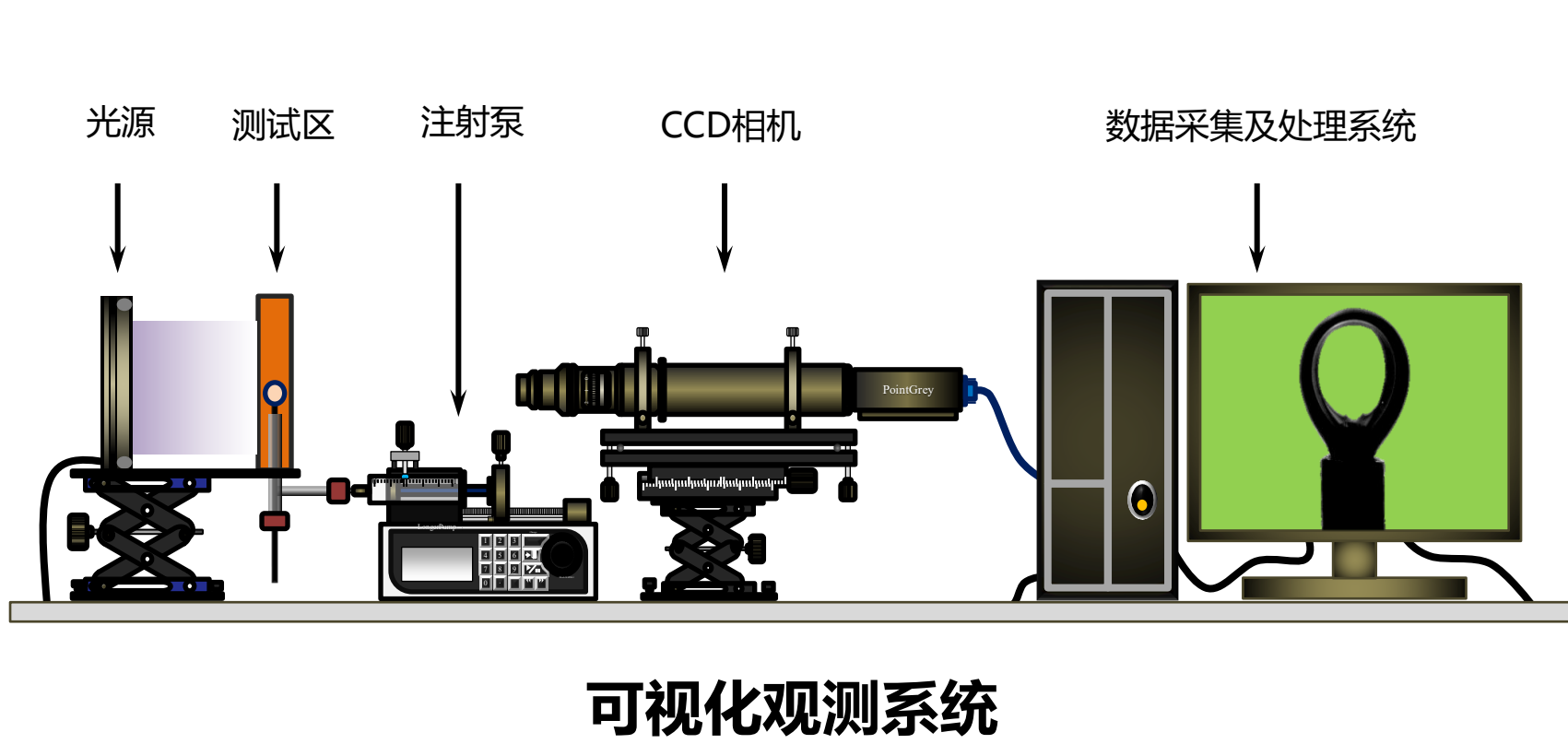
本课题组围绕废气CO₂光合转化过程中典型的多相流动与能质传递问题展开研究，从界面行为与传递机理入手，系统探索了气液界面条件下CO₂的传递规律以及光能、营养物质在反应体系中的分布特性。重点分析了气液相界面中CO₂的溶解、传递机制，同时建立了微藻光生物反应器内光传输模型，提出光传输强化方法。在此基础上，结合气液流动行为、光照传递特征及营养物质消耗规律，建立了废气CO₂光合转化体系中多相多过程协同强化的理论框架与方法，为高效光合转化反应器的设计与性能提升提供了重要支撑。



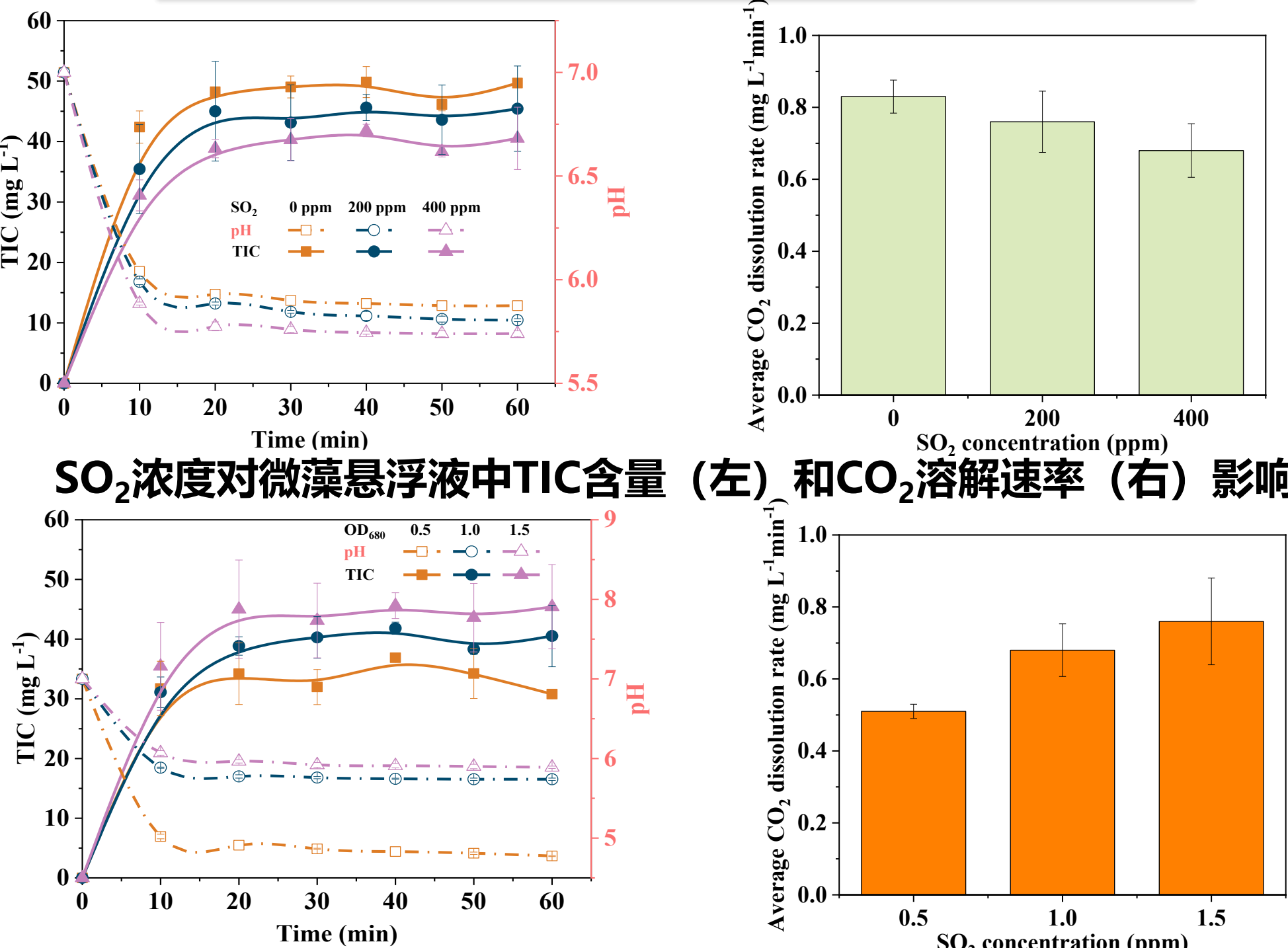
三、主要研究进展

1. 微藻光生物反应器内物质传递强化机理及方法

微藻悬浮液中含 SO₂/CO₂混合气体的静止气泡溶解传输特性

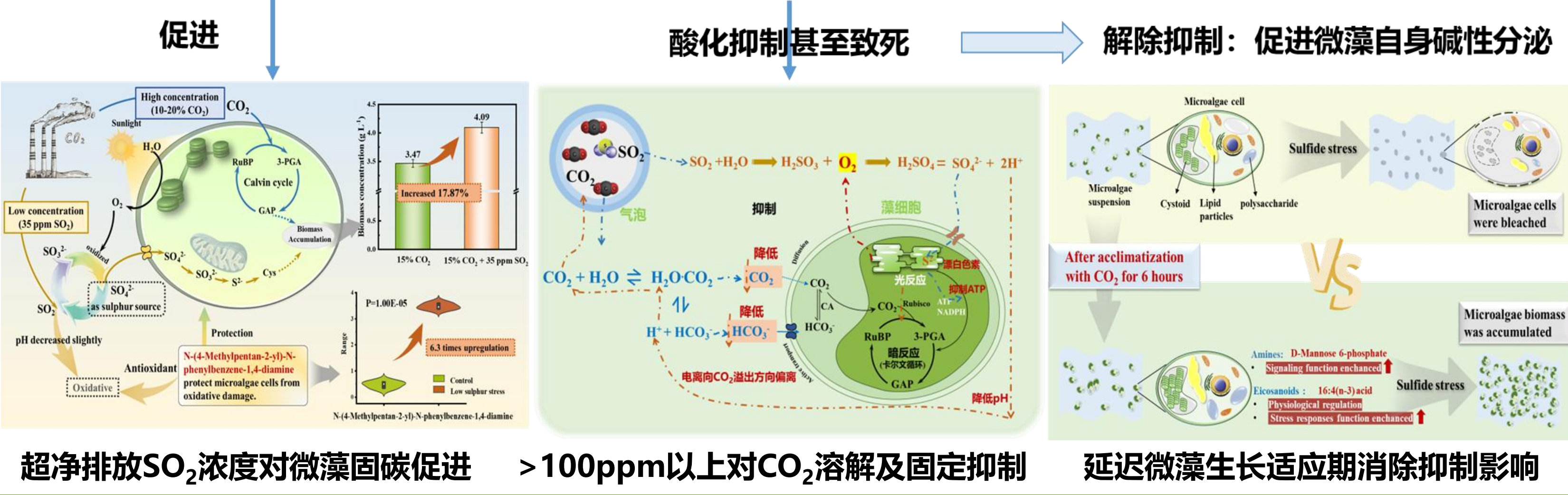
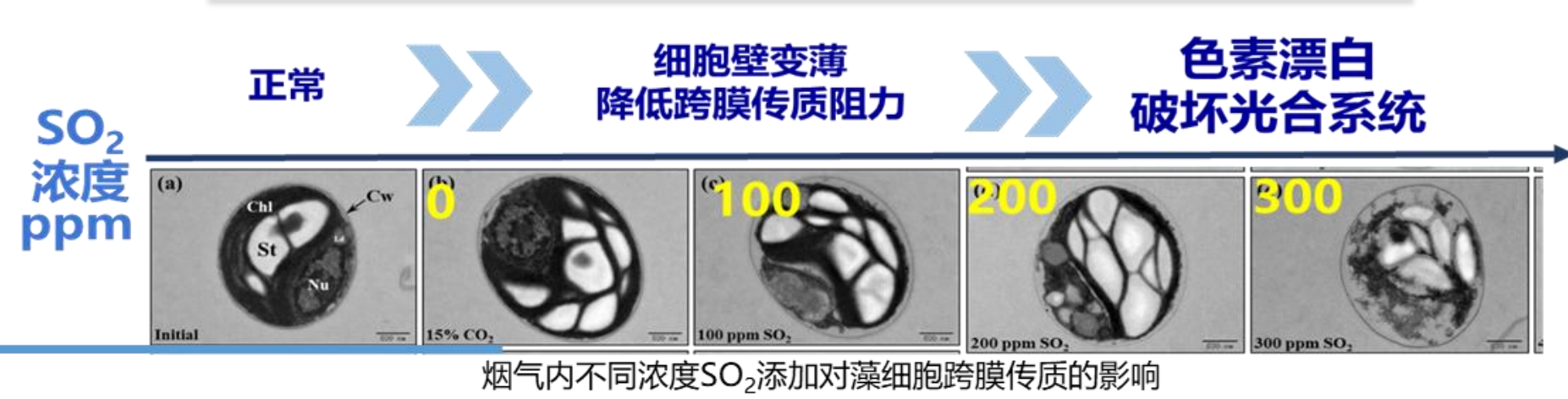


连续鼓泡下微藻悬浮液中含硫烟气CO₂溶解特性



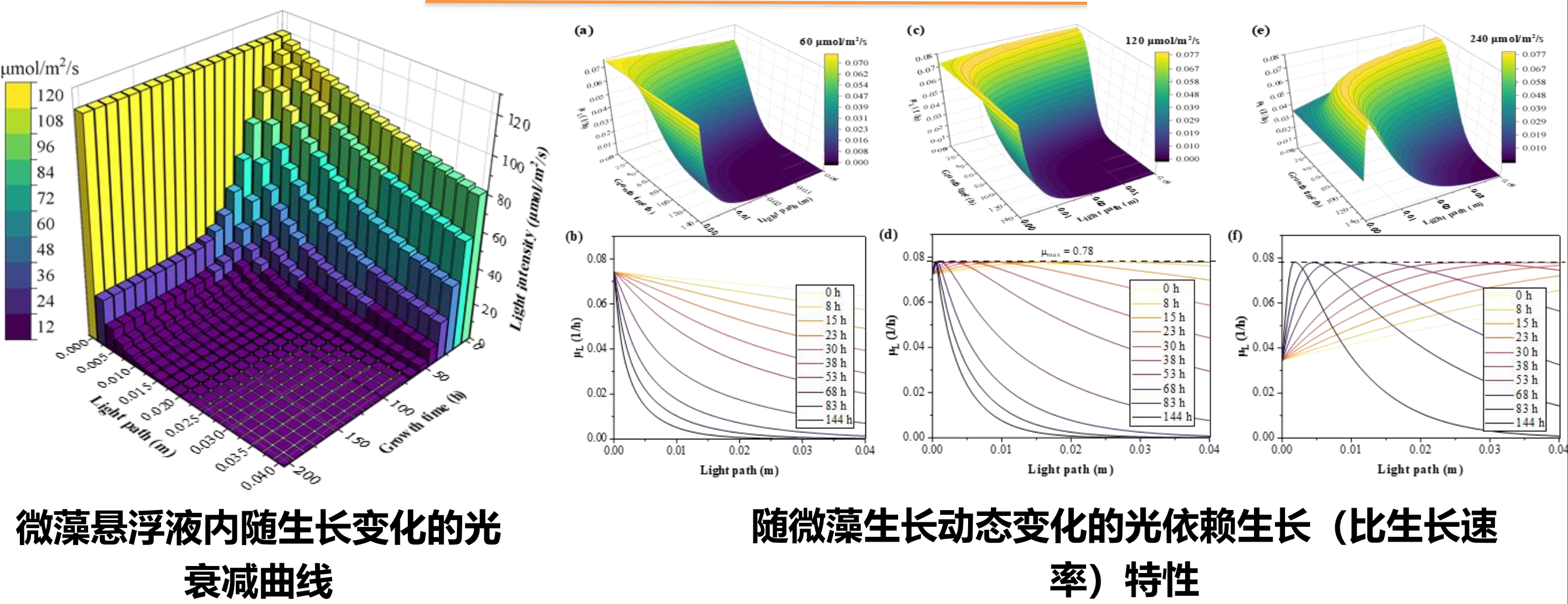
藻液浓度对微藻悬浮液中TIC含量(左)和CO₂溶解速率(右)影响

宽负荷SO₂对微藻光合固碳的影响机理

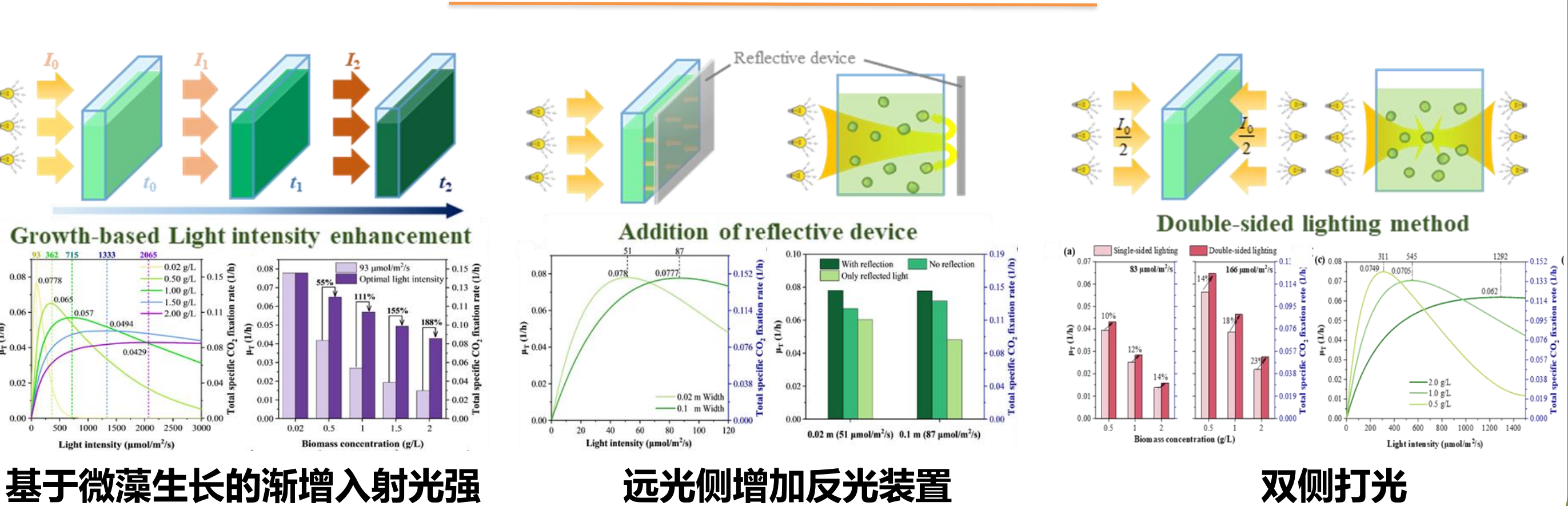


2. 微藻光生物反应器内光传输特性及强化方法

生长过程中动态变化的光传输特性

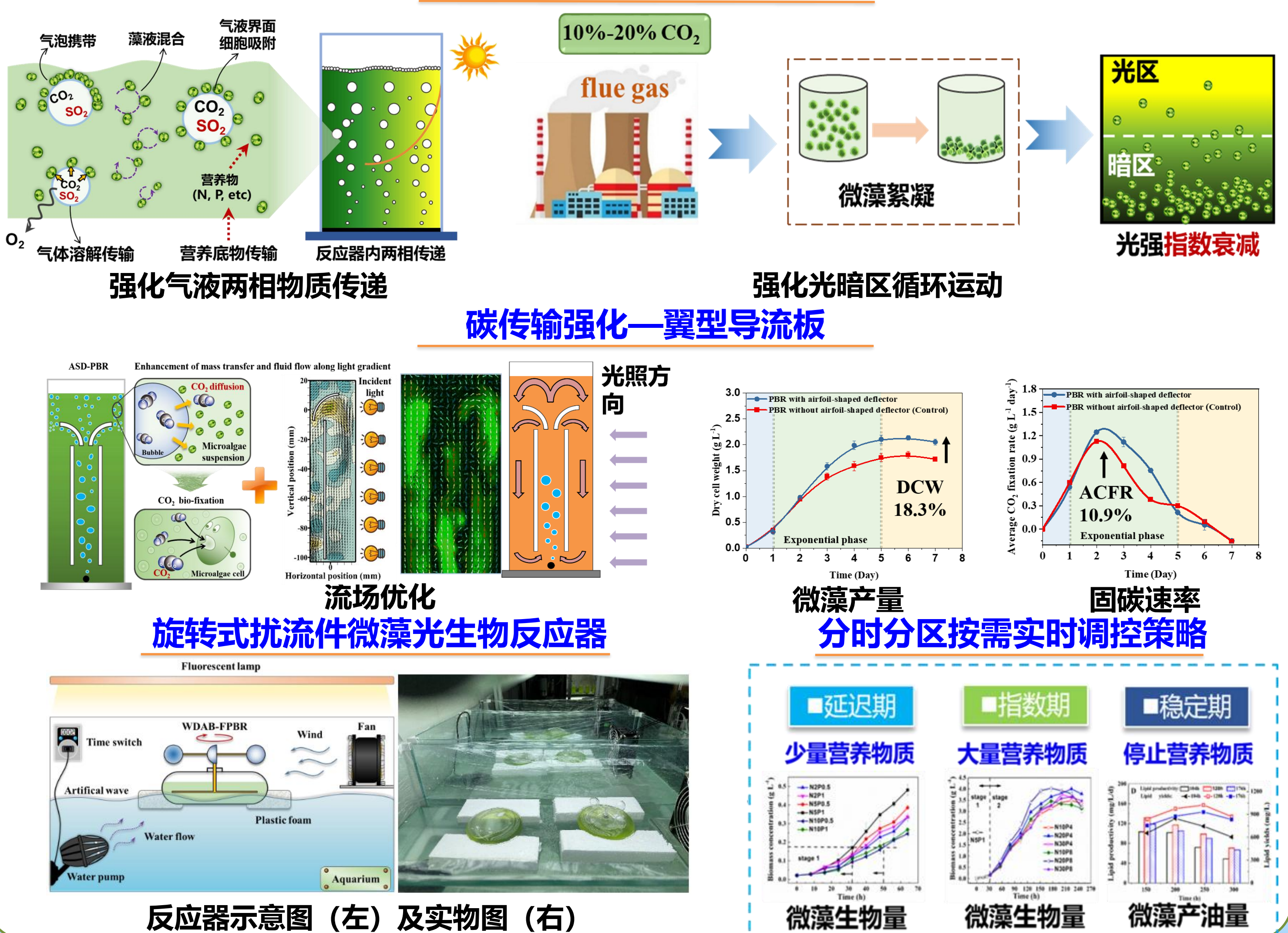


微藻光生物反应器内光传输强化方法

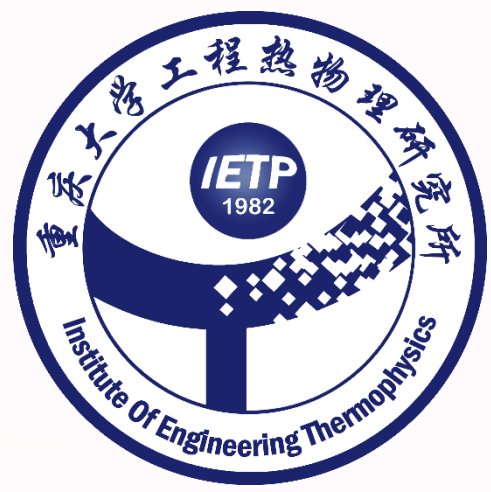


3. 微藻光生物反应器内多目标产物协同调控理论和强化方法

微藻光生物反应器传递强化理论



Welcome to CQU



光合共生微生物废水污染物资源化利用技术

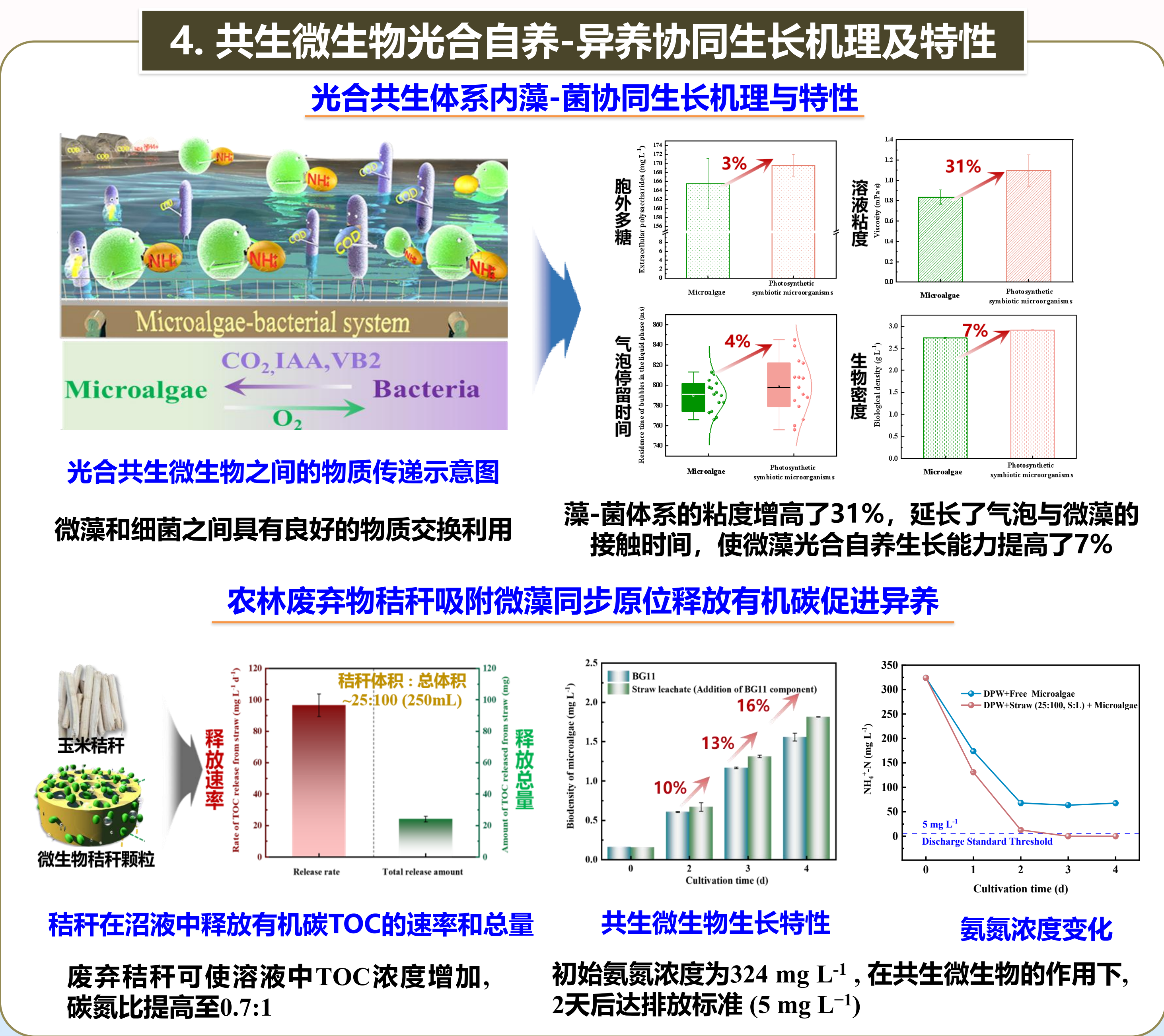
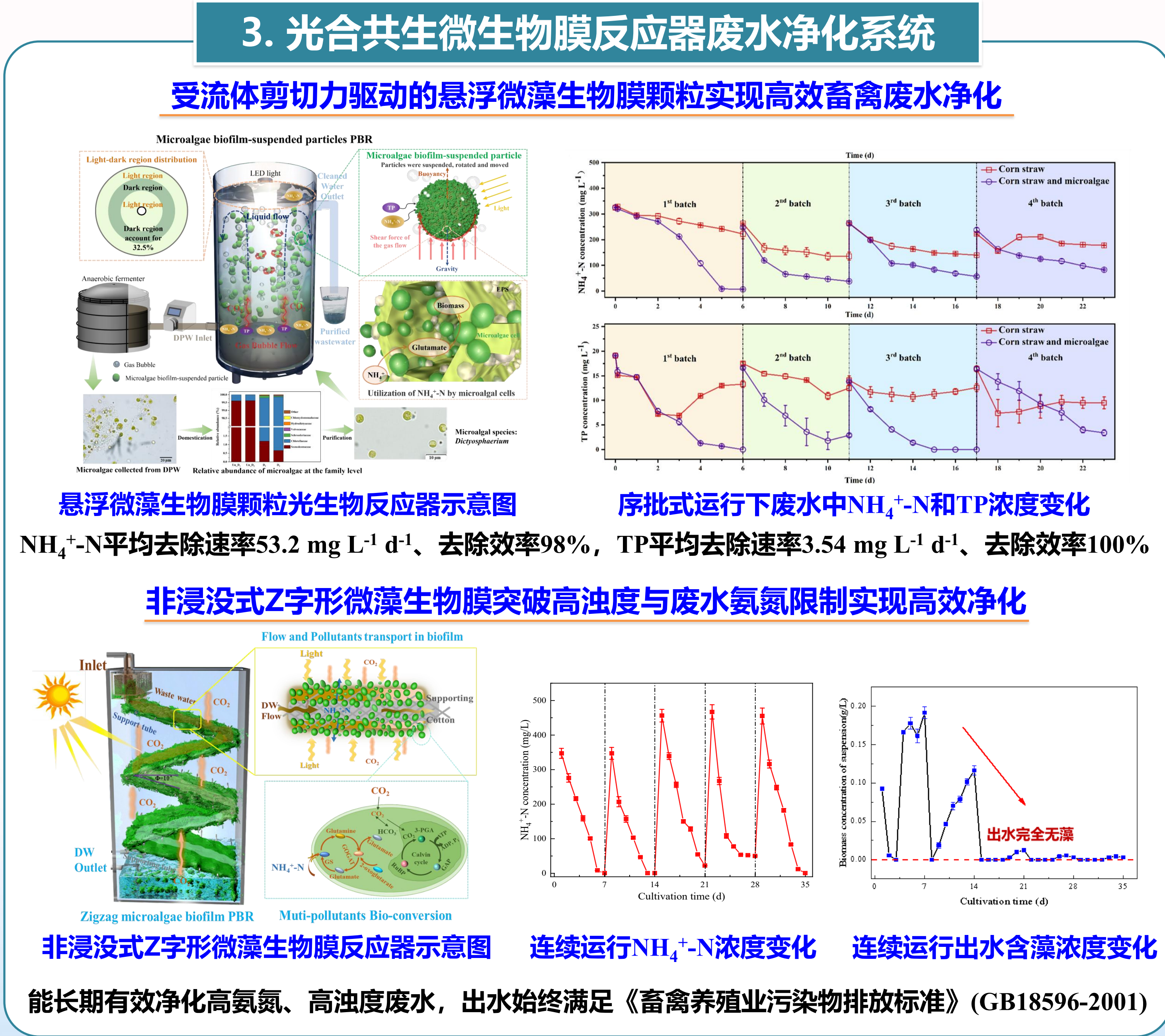
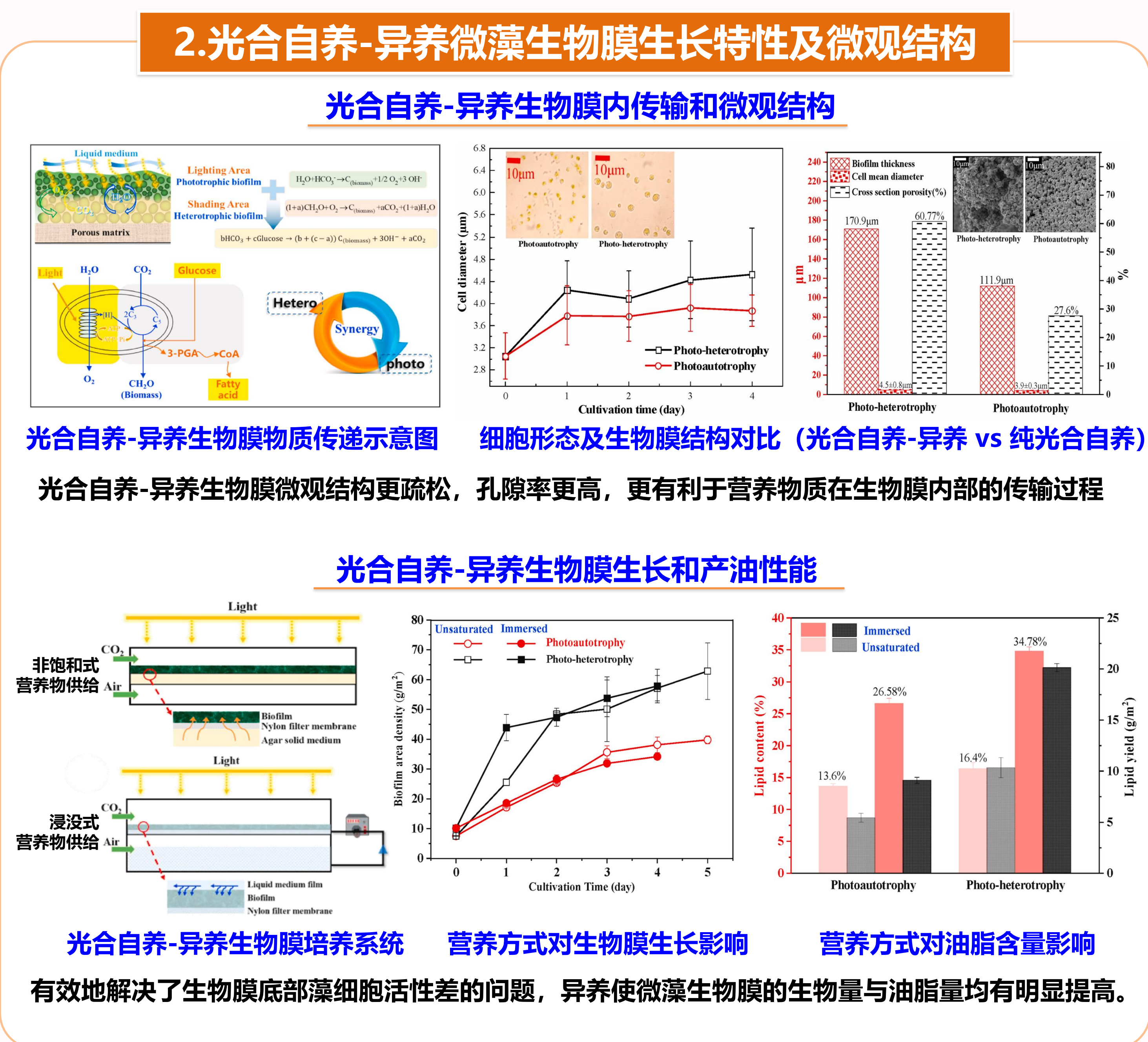
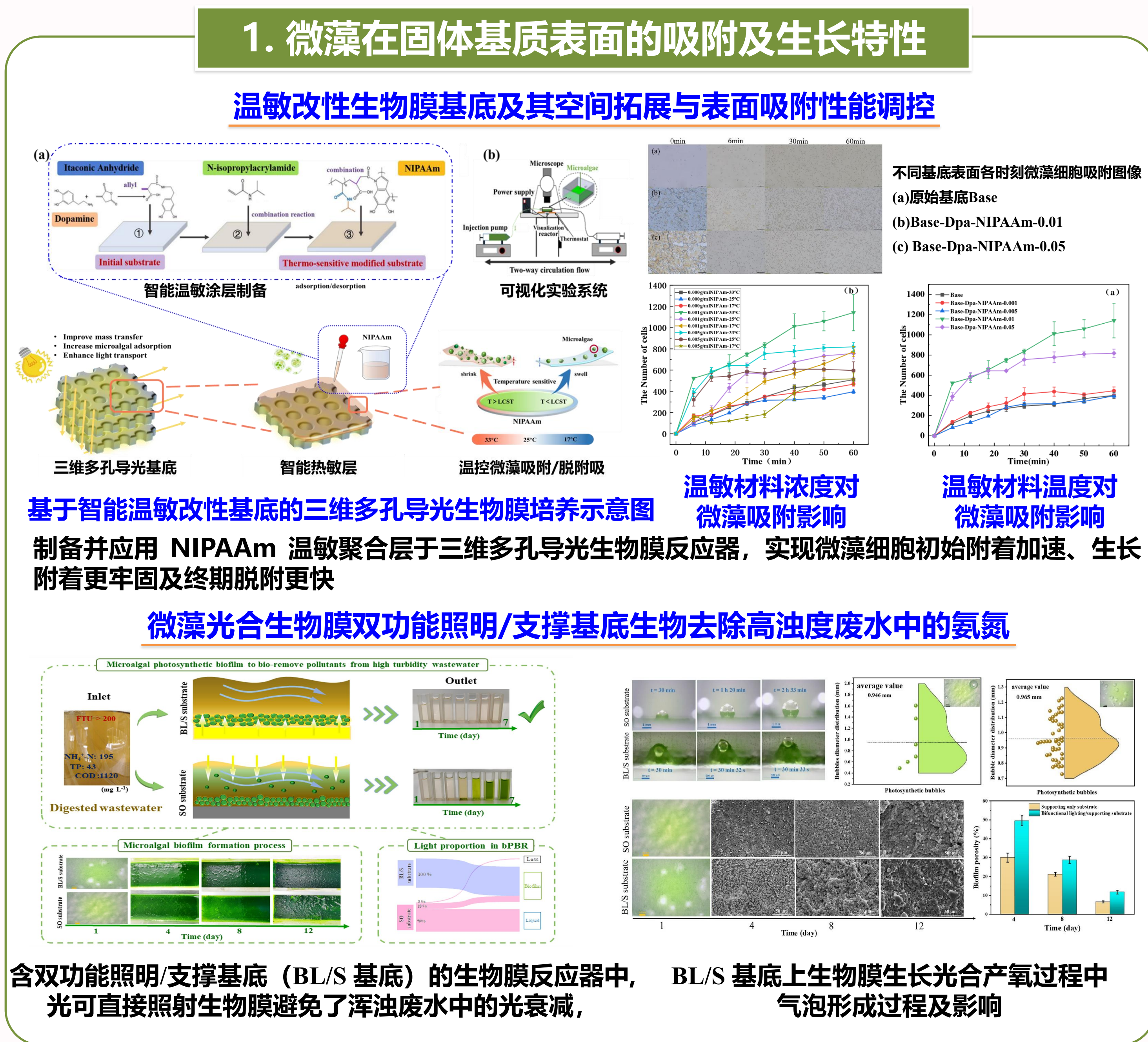
一、光合共生微生物膜培养及废水污染物资源化利用

光合共生微生物膜培养是微生物细胞吸附于固体基质表面，在营养物质（可来自废水中的污染物）作用下分裂增殖形成微生物膜并持续生长的技术。该方式能有效提高光生物反应器内单位体积生物量，兼具操作稳定、采收方便、节能等优点，且可与废水处理耦合，通过微生物转化废水中的氮、磷、有机物等污染物为自身生物质等可利用资源，相比悬浮态培养技术在废水污染物资源化领域优势更显著。

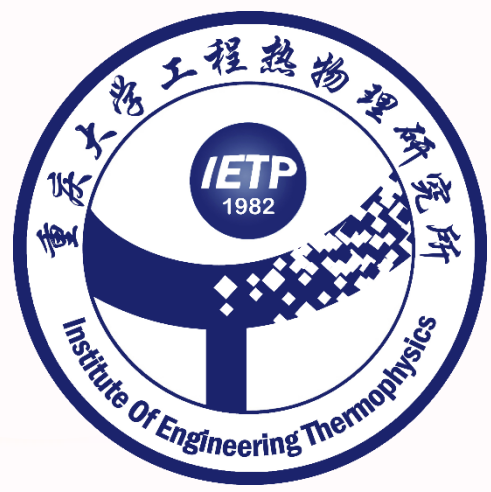
二、光合共生微生物膜内的能质传递及生化转化

本课题在气-液-固三相体系中对微藻生物膜在固相基质表面吸附生长特性的进行了可视化实验研究，获得微生物运动、吸附及生长现象与规律，并对多相流动与传递过程中生物膜在固相基质表面上的生长及膜内传递机理与特性进行了深入的实验探究。具有重要的工程价值和学术意义。

三、主要研究进展



Welcome to CQU



自然生物系统过程仿生原理及方法

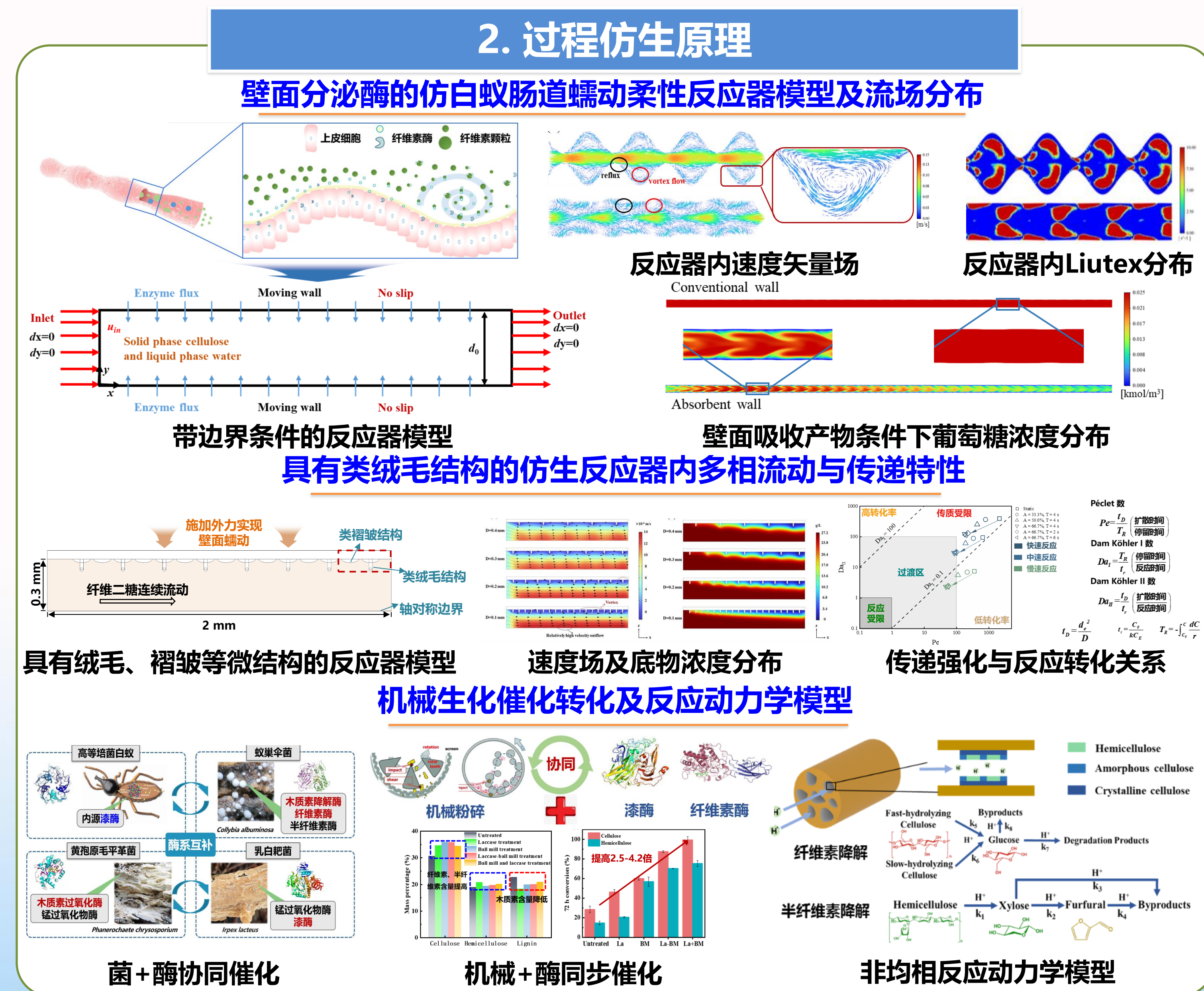
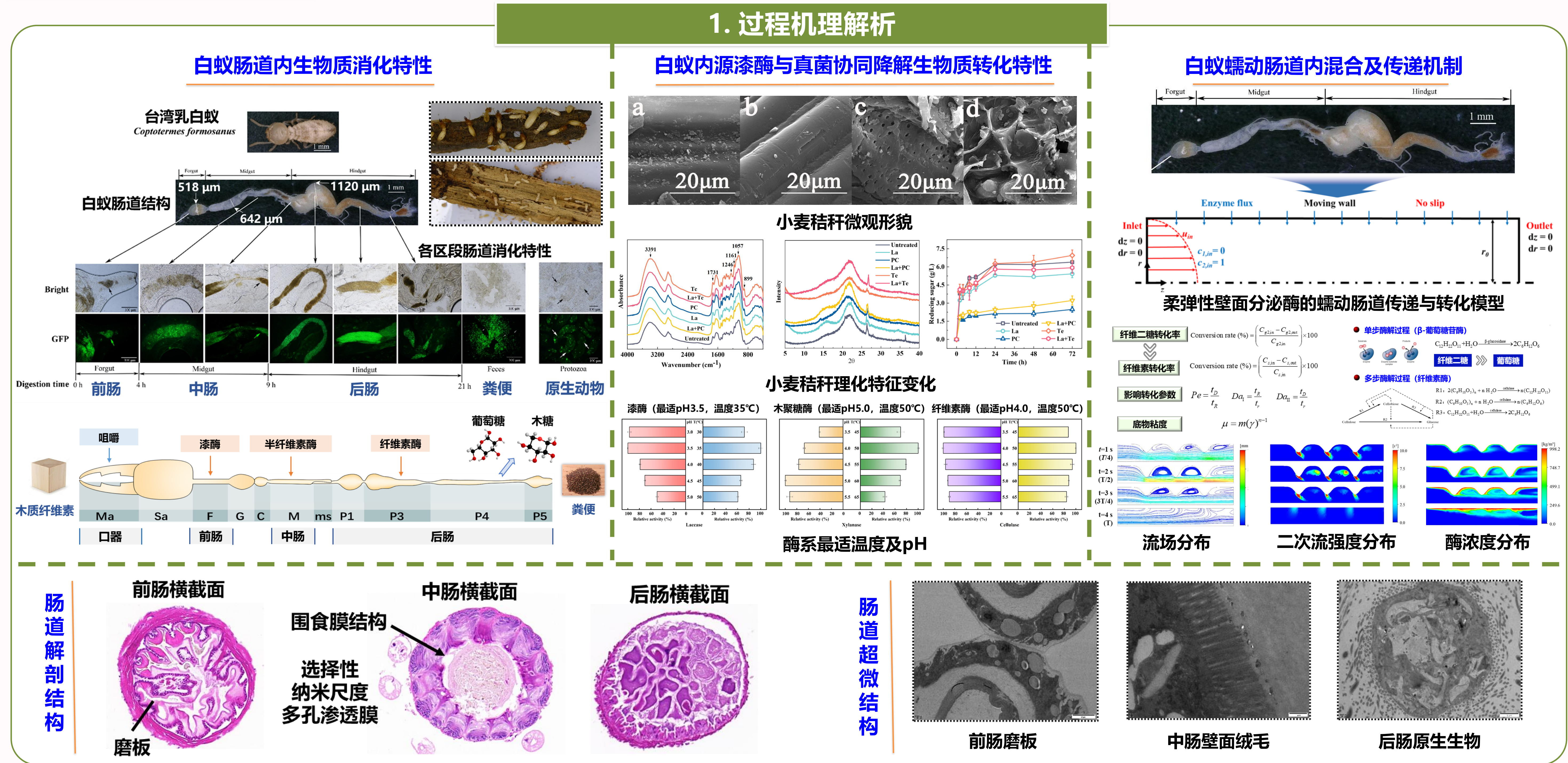
一、木质纤维素生物质能源化利用

我国木质纤维素生物质储量巨大，其转化利用具有显著的能源和环境效益，但现阶段生物质能源高值化利用率较低，焚烧填埋带来了严重的环境污染及资源浪费。通过生化转化制备生物燃料具有条件温和、能量投入低、环境友好等优点，极具应用潜力。但由于木质纤维素复杂三维交联结构、多糖被木质素及细胞壁包裹，转化效率低。白蚁经过亿万年的进化具有了超凡的木质纤维素转化能力，依赖于其口器咀嚼破碎、肠道蠕动及复合菌酶催化体的有序催化转化过程，这为生物质的高效转化利用提供了新思路。

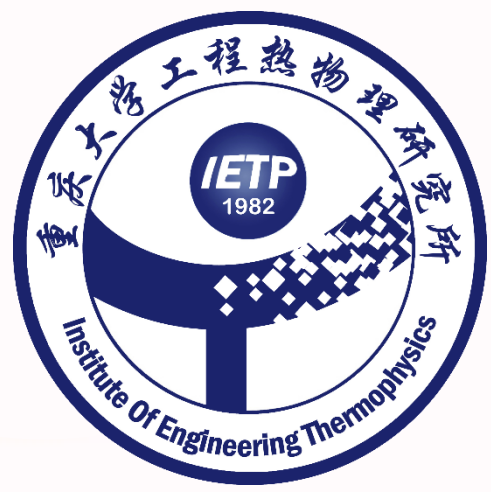
二、自然生物系统过程仿生原理及方法

针对自然生物系统降解木质纤维素生物质过程的传递及转化问题，本课题组以白蚁为模式系统，通过解译自然模式生物系统内物质及能量转化过程，获得了生物原型的基本功能、转化机制、原理及规律，揭示了自然生物系统过程仿生协同机理，提出了仿生反应器内能质传递强化方法，为生物质高效转化反应器的设计提供理论指导。

三、主要研究进展



Welcome to CQU



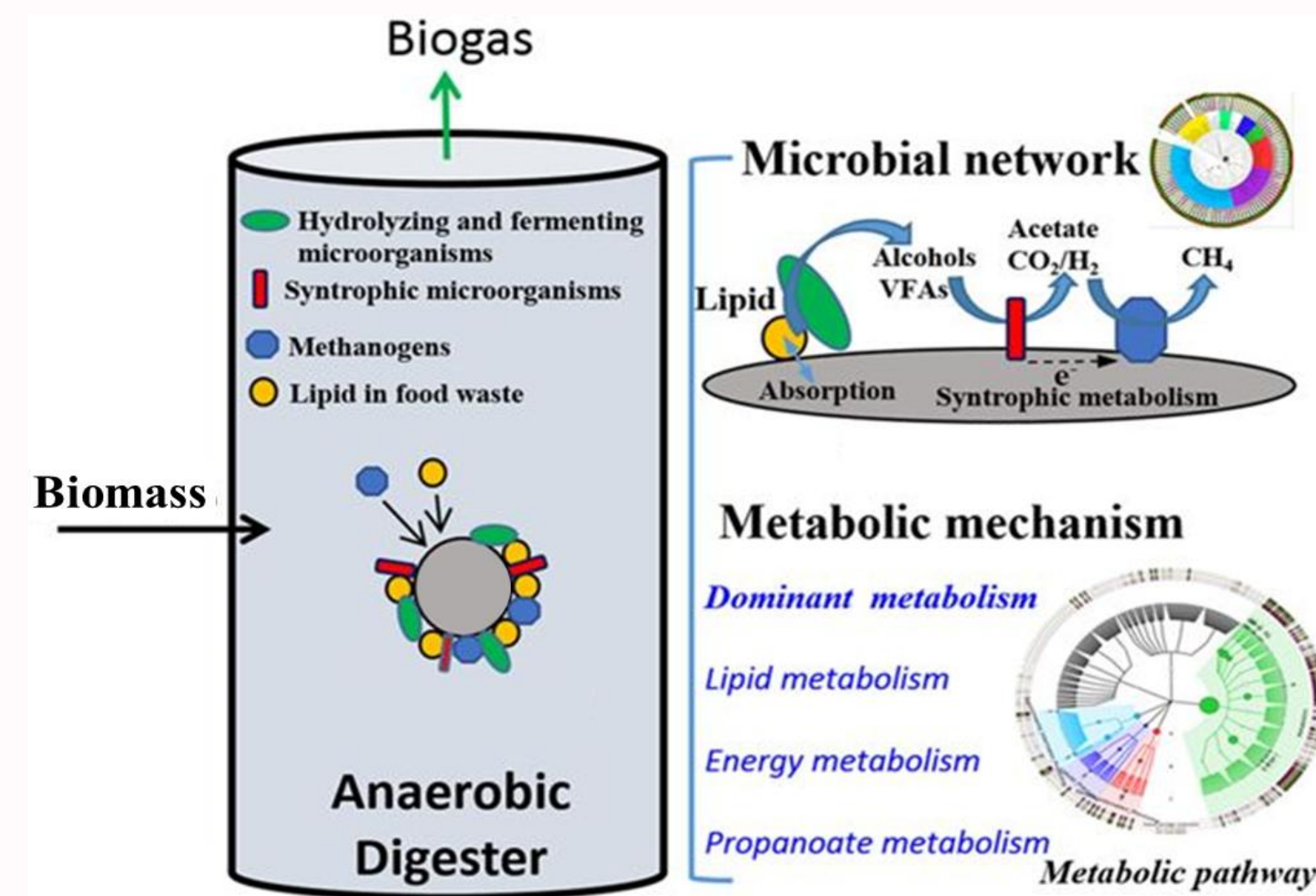
厌氧发酵制备燃气过程强化技术

一、厌氧发酵制备燃气简介

厌氧发酵是通过微生物的厌氧代谢作用将废弃生物质（如农业秸秆、畜禽粪污、餐厨垃圾等）转化为甲烷和氢气等燃气的生物过程。该过程不仅能够实现对废弃物的处理，同时制备可燃气体作为清洁能源，用于替代化石燃料进行发电和供热，是非常规天然气的重要来源，有助于推动循环经济与低碳能源体系的构建，在农村能源转型与城市有机废弃物资源化利用方面具有广阔的应用潜力和发展前景。

二、厌氧发酵过程的传递与转化特性及强化方法

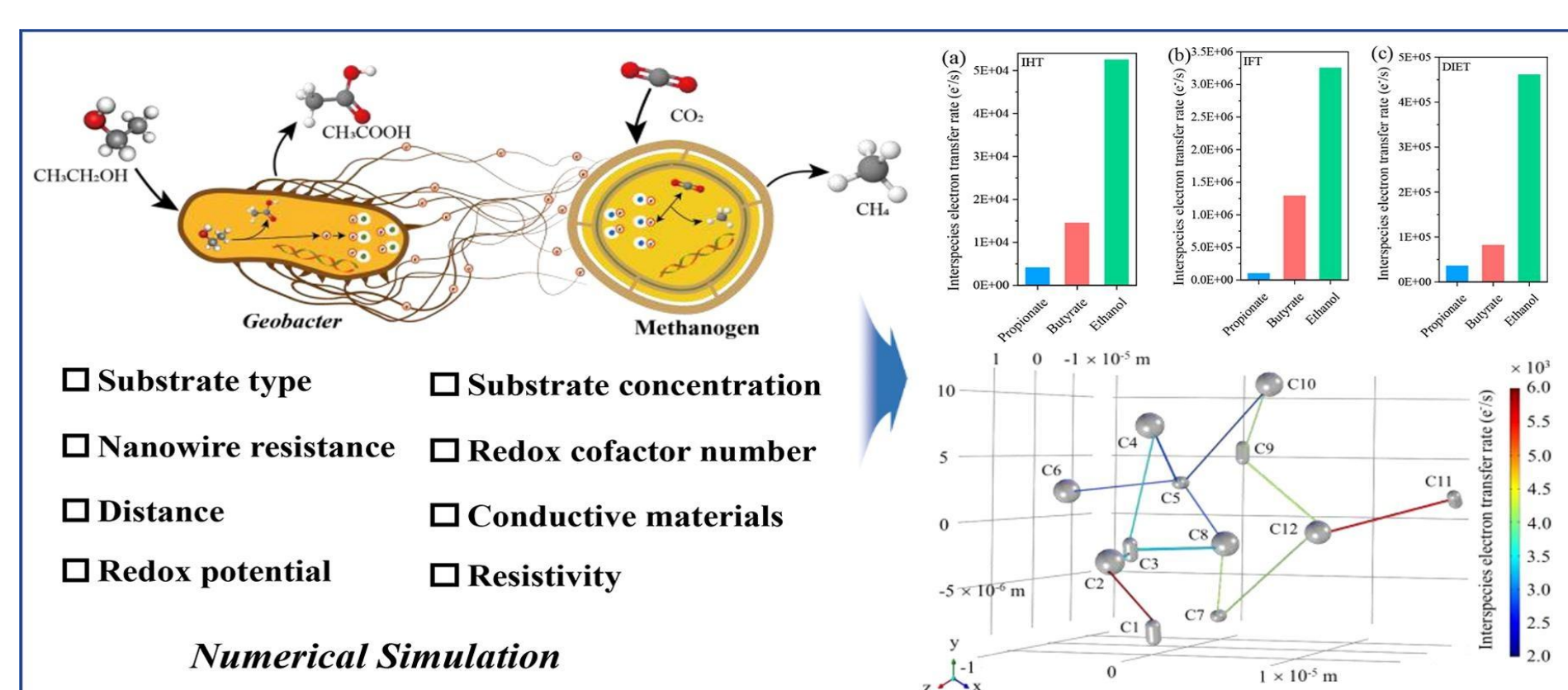
本课题组围绕厌氧发酵过程中的多相流动、传递与生化转化问题，开展了基于电子传递的厌氧微生物吸附成膜、电辅助厌氧发酵、多级厌氧发酵等研究，明晰了微生物附着、生长成膜及微生物-材料界面电子传递机理，获得了电辅助厌氧发酵特性及过程强化方法，基于多组学揭示了关键功能菌群种间协同代谢作用机制，提出了多级厌氧发酵系统设计与评估方法，为高效厌氧发酵制备燃气技术的发展提供理论基础。



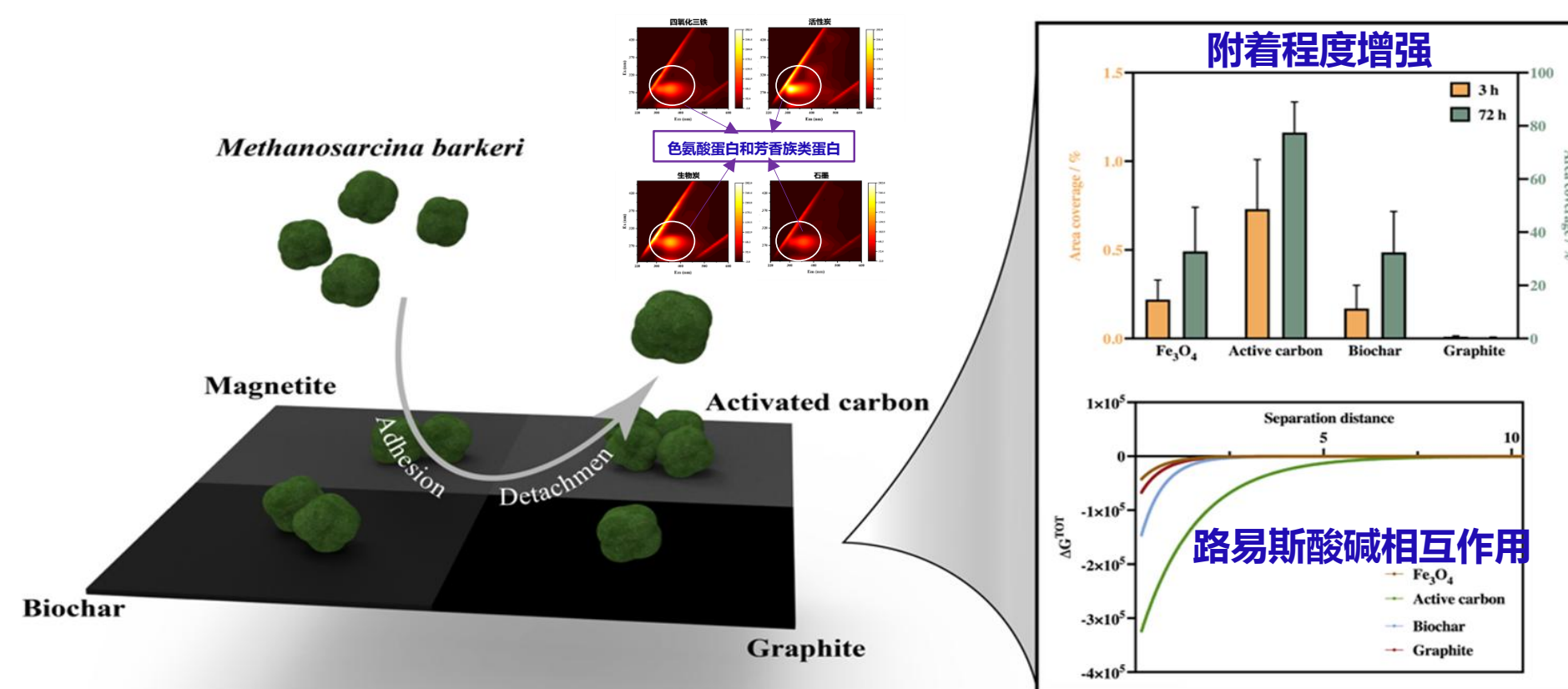
三、主要研究进展

1. 基于电子传递的厌氧微生物成膜机理及调控方法

厌氧共生菌种间电子传递机理



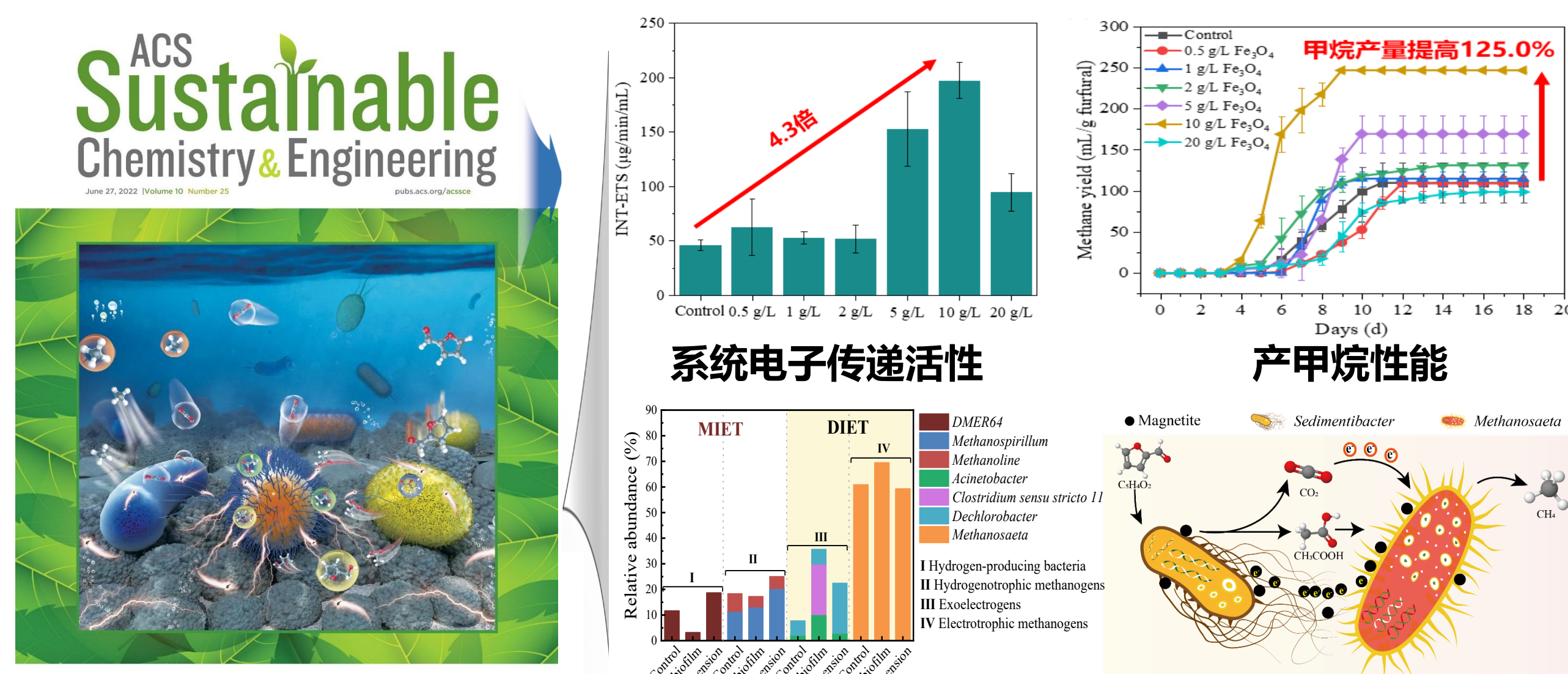
电活性产甲烷菌在导电介质上的附着成膜特性



电活性产甲烷菌在导电介质材料上的附着特性

连续运行下观测微生物附着、生长及成膜

基于导电介质的厌氧发酵电子传递强化机制



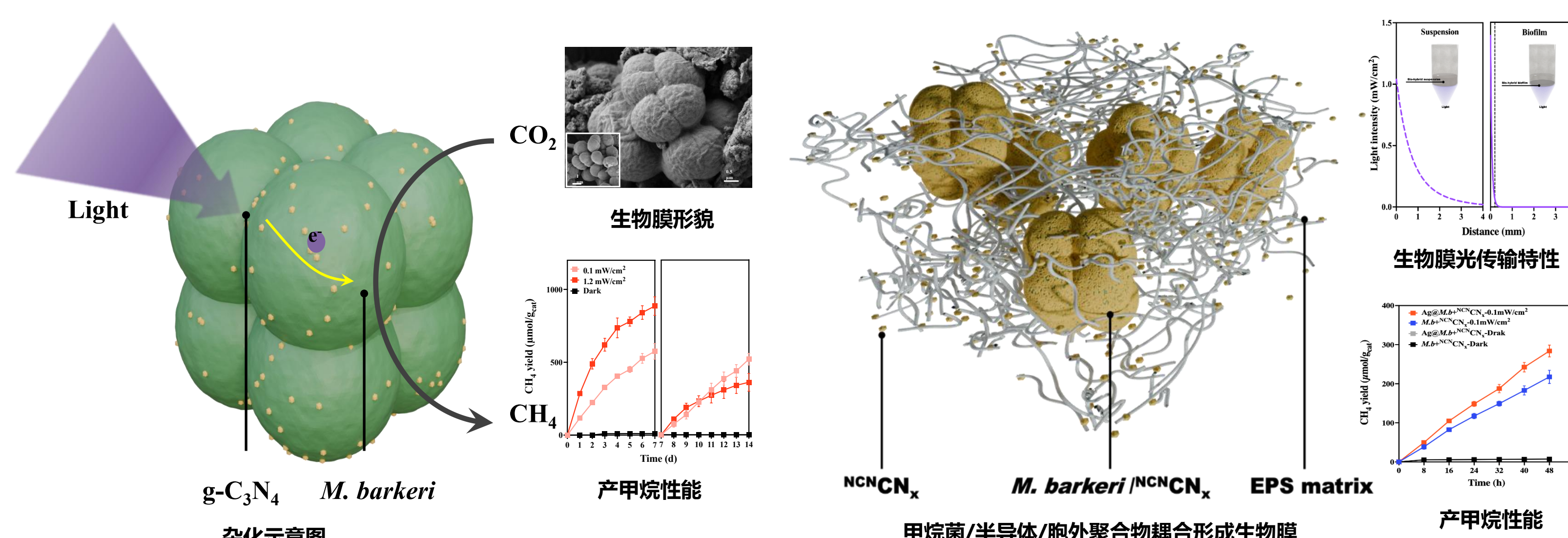
导电介质参与的厌氧发酵

参与种间电子转移的微生物

导电介质参与电子传递途径

产甲烷古菌 *M. barkeri* 杂化氮化碳形成半人工光合作用

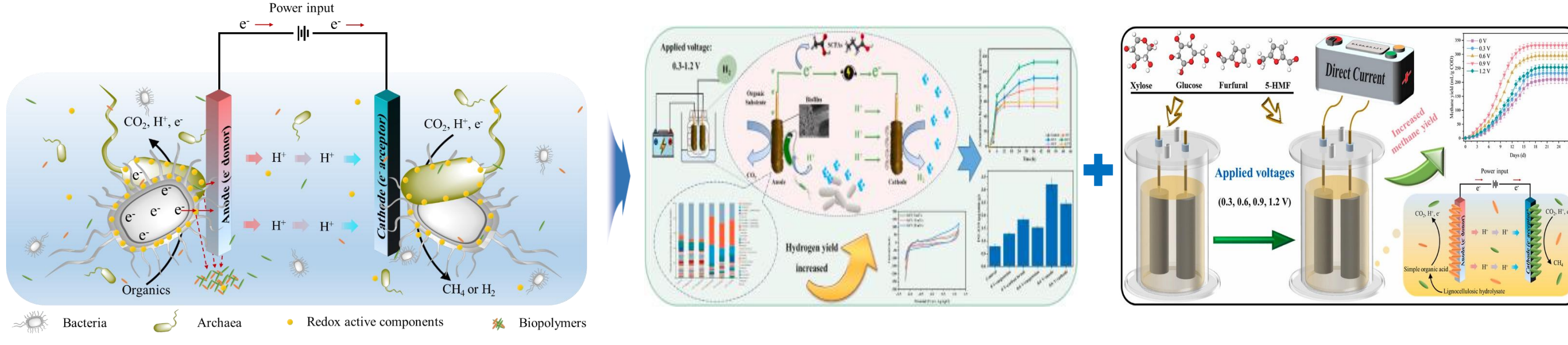
基于甲烷菌的杂化生物膜光催化转化CO₂



杂化生物膜修饰纳米银颗粒强化光传输与电子传递

2. 电辅助厌氧发酵过程强化

电辅助强化批次厌氧发酵制备燃气

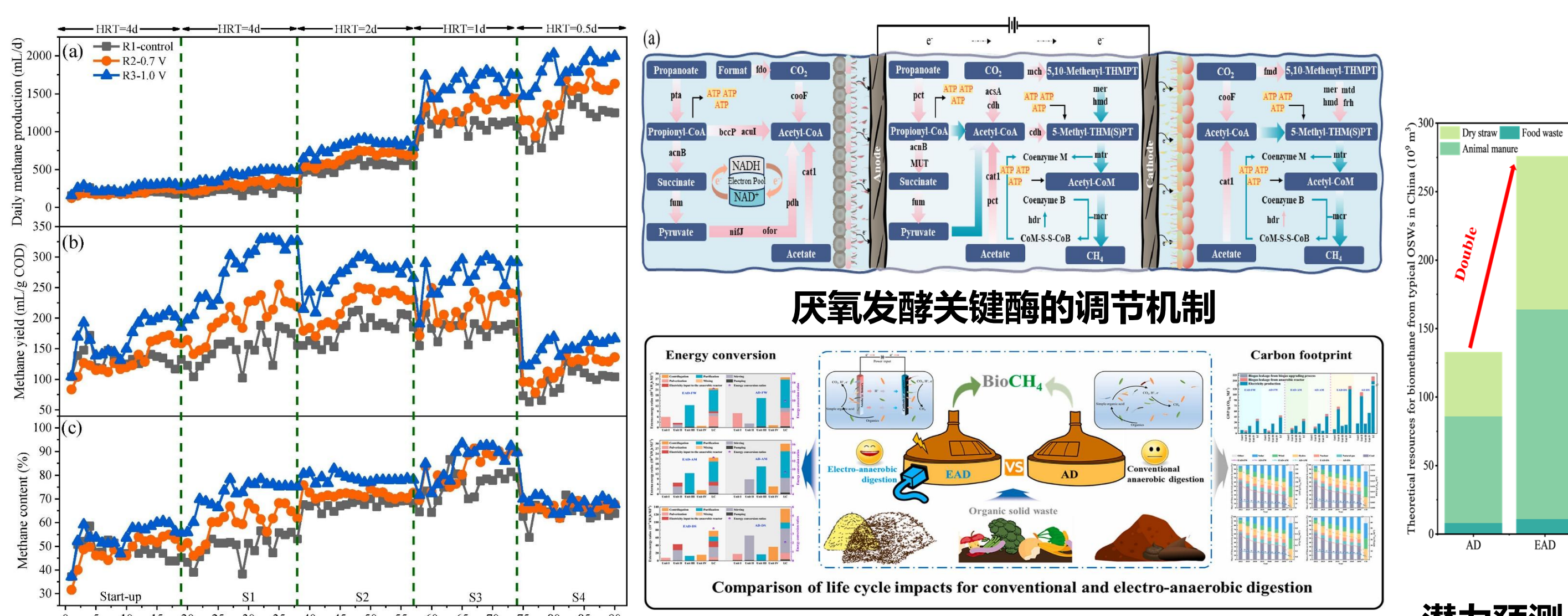


电辅助强化电子传递机制

电辅助强化产氢

电辅助强化产甲烷

电辅助连续厌氧发酵制备燃气特性、多组学机理揭示及可持续评估



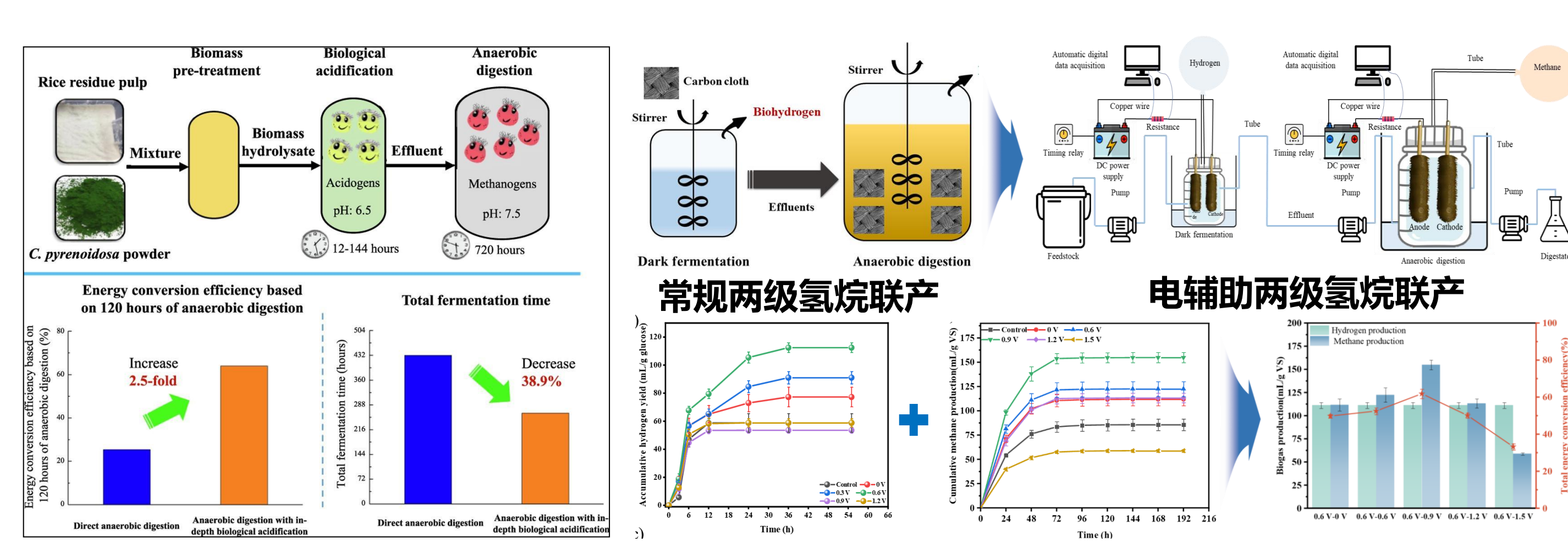
电辅助连续厌氧发酵制备甲烷特性

电辅助厌氧发酵的可持续评估

潜力预测

3. 多级厌氧发酵联产氢气与甲烷

两级厌氧发酵联产氢气与甲烷特性研究

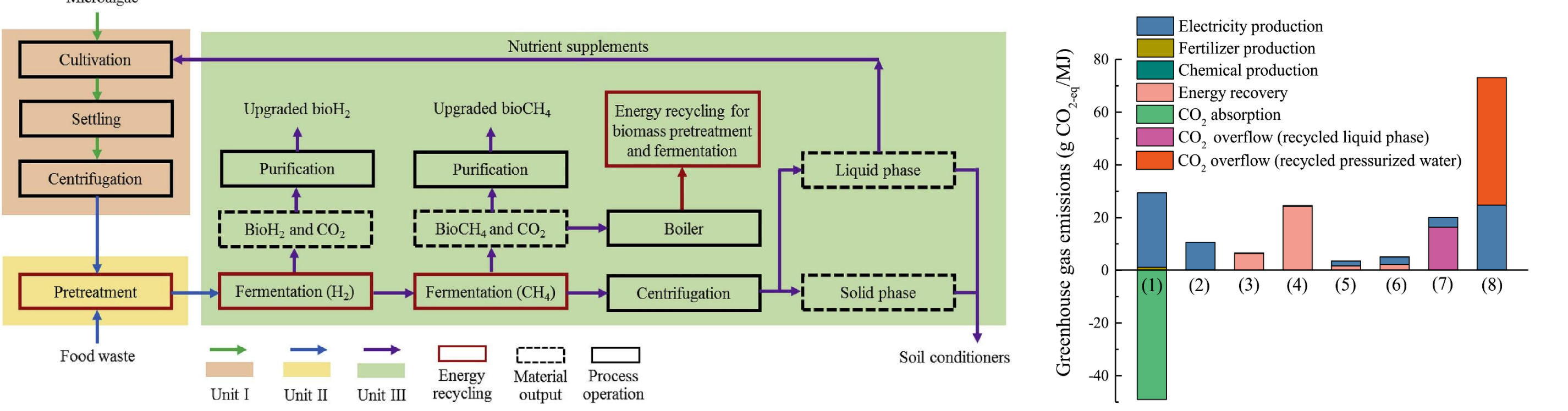


暗发酵与厌氧发酵从微藻联产氢气与甲烷 电辅助产氢性能

电辅助产甲烷性能

能量转换效率

多级厌氧发酵联产氢气与甲烷的全生命周期评估

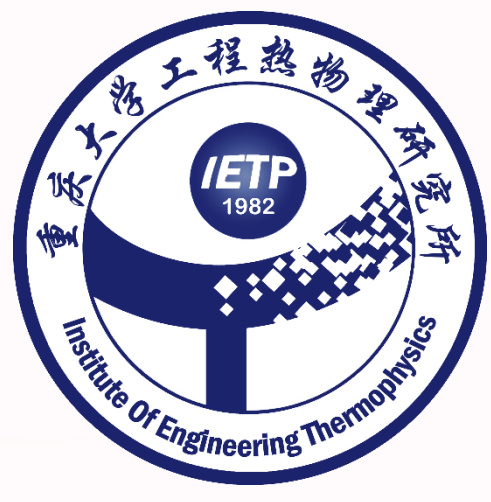


微藻与餐厨垃圾两级厌氧发酵联产氢的全生命周期系统边界

两级厌氧发酵联产氢的环境影响



Welcome to CQU



耦合生物质能利用的可再生分布式能源系统

一、可再生分布式能源技术简介

可再生分布式能源系统具有高效、低排放的独特优势，被视为新型能源系统的重要发展方向。工业园区作为我国经济发展的强大引擎，大多存在耗能量大、负荷密度高、能源需求种类多等显著特点，能源已逐渐成为制约园区企业发展的重要瓶颈。此外，园区的生产也通常伴随产生大量有机生物质废弃物亟需处理。为此，因地制宜利用生物质能及太阳能等可再生能源、合理部署分布式能源系统，是降低企业用能成本、推进园区高质量绿色发展的重要手段。



二、耦合生物质能利用的可再生分布式能源系统设计及调控

针对耦合生物质能利用的可再生分布式能源系统设计及调控关键问题，本课题组在生物质浆液流动及传热特性、太阳能驱动的生物质水热水解及生化转化强化方法、可再生分布式能源系统集成及评估等方面开展研究，通过理论和技术创新，旨在攻克系统设计与调控方法方面的难题，为可再生分布式能源技术的发展提供理论与技术支撑。

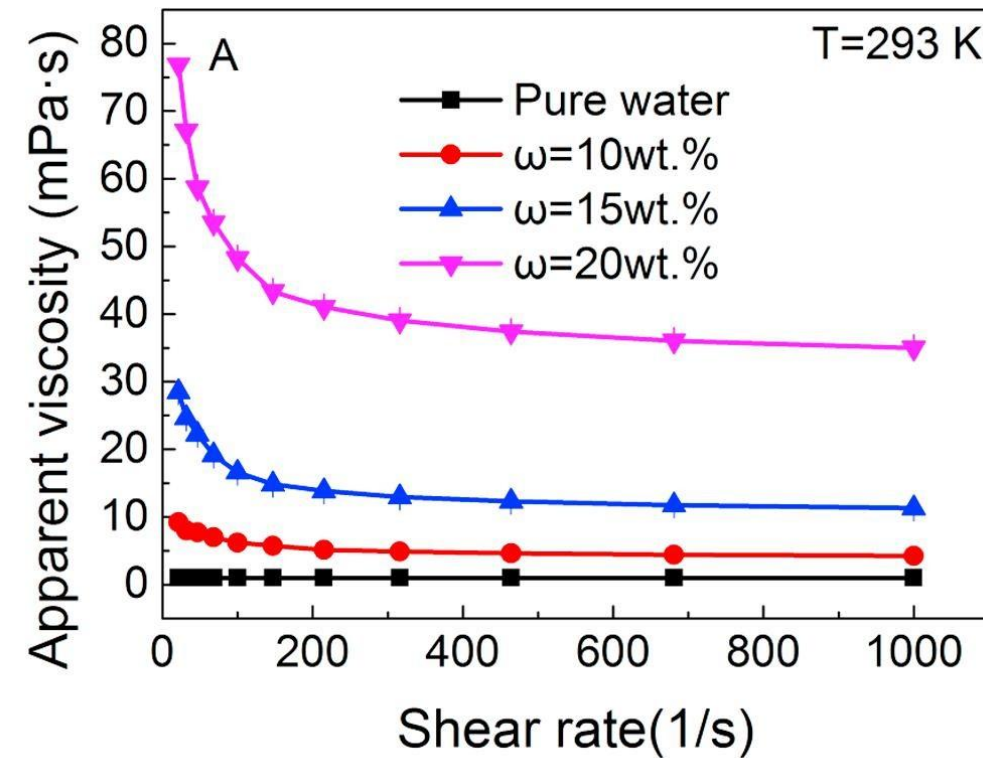
三、主要研究进展

1. 生物质浆液流动及传热特性

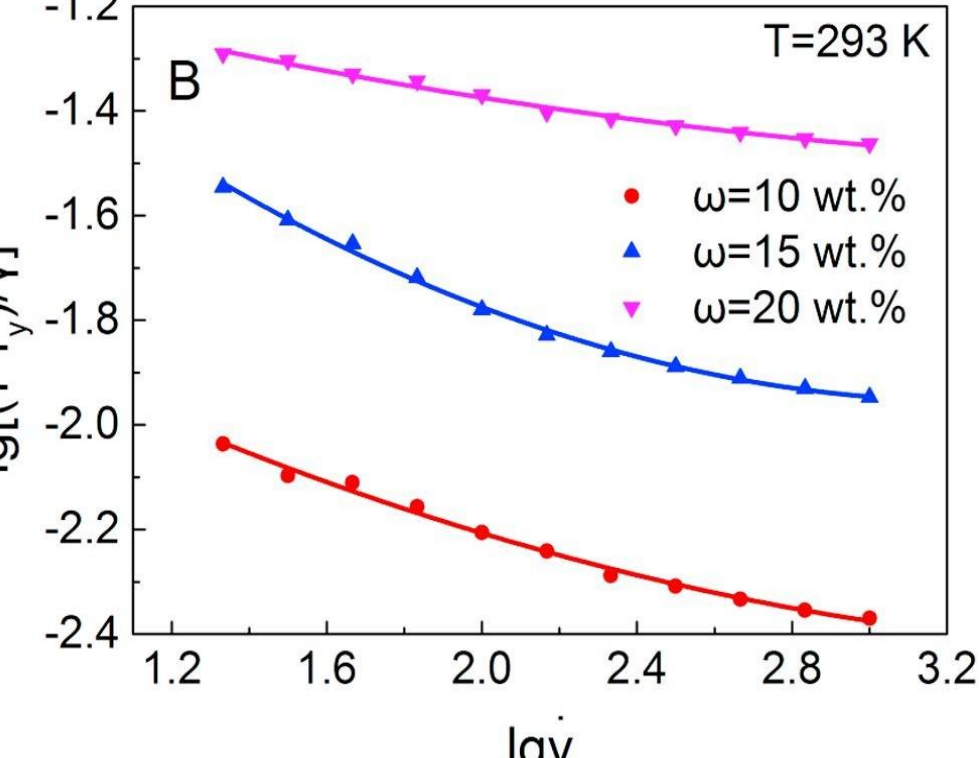
◆ 生物质浆液流变特性



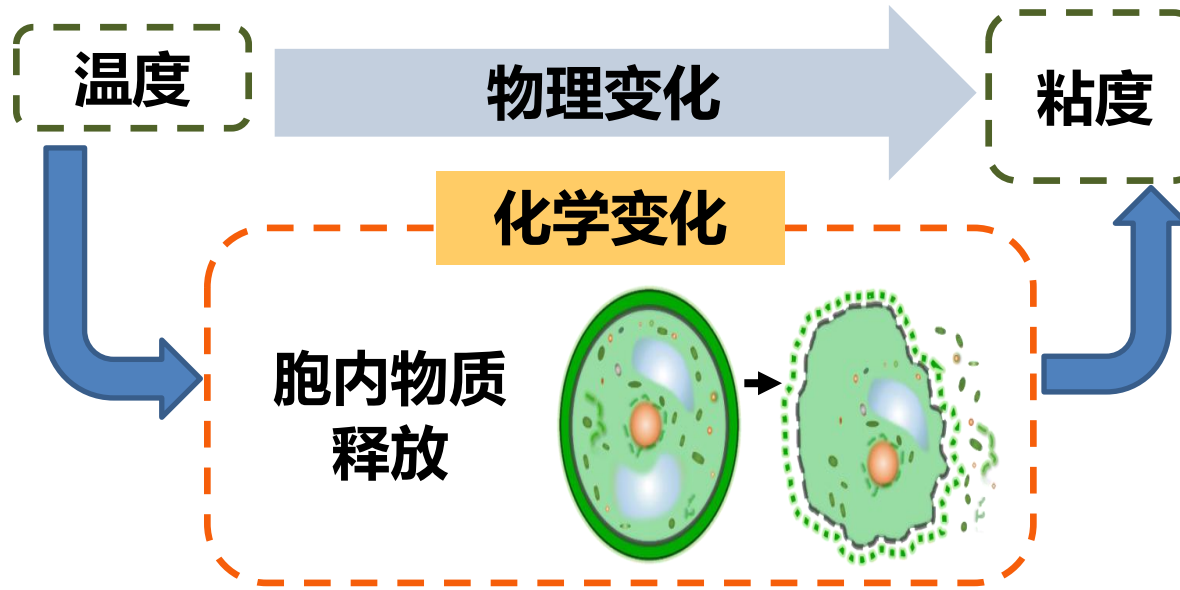
流变仪



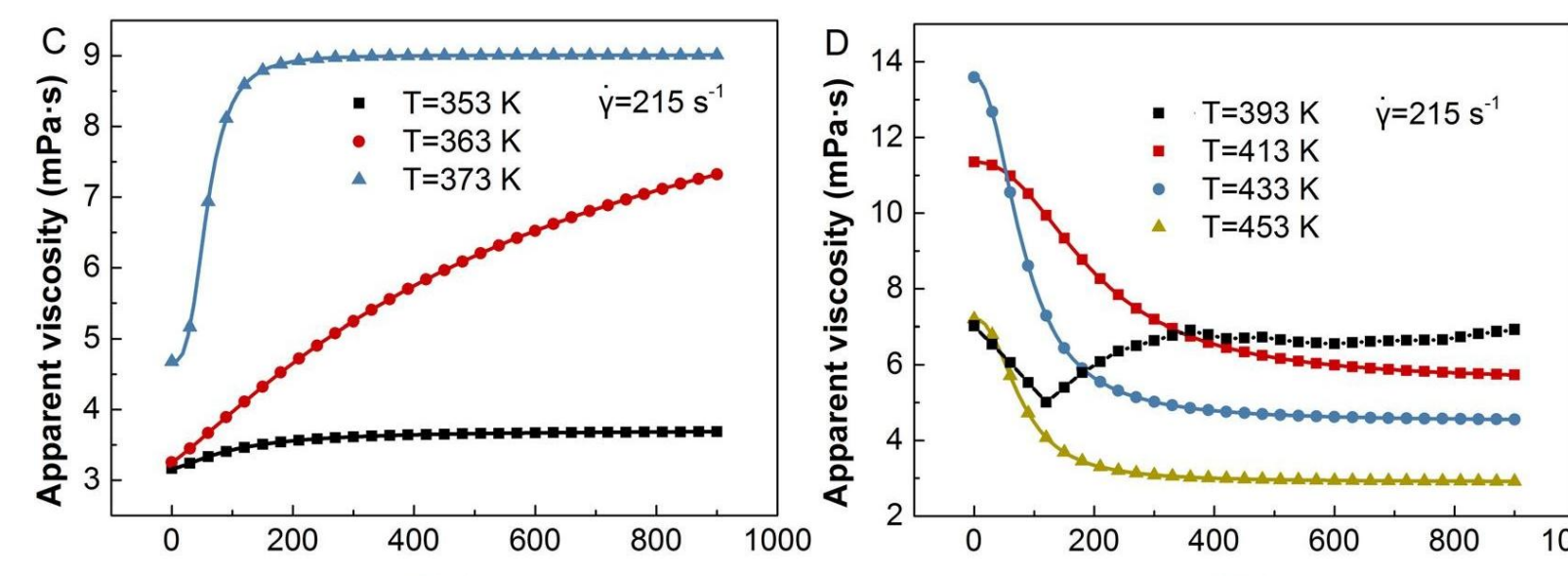
粘度-剪切速率关系



◆ 水热水解过程中生物质浆液的流变特性



生物质浆液水热水解粘度变化原理

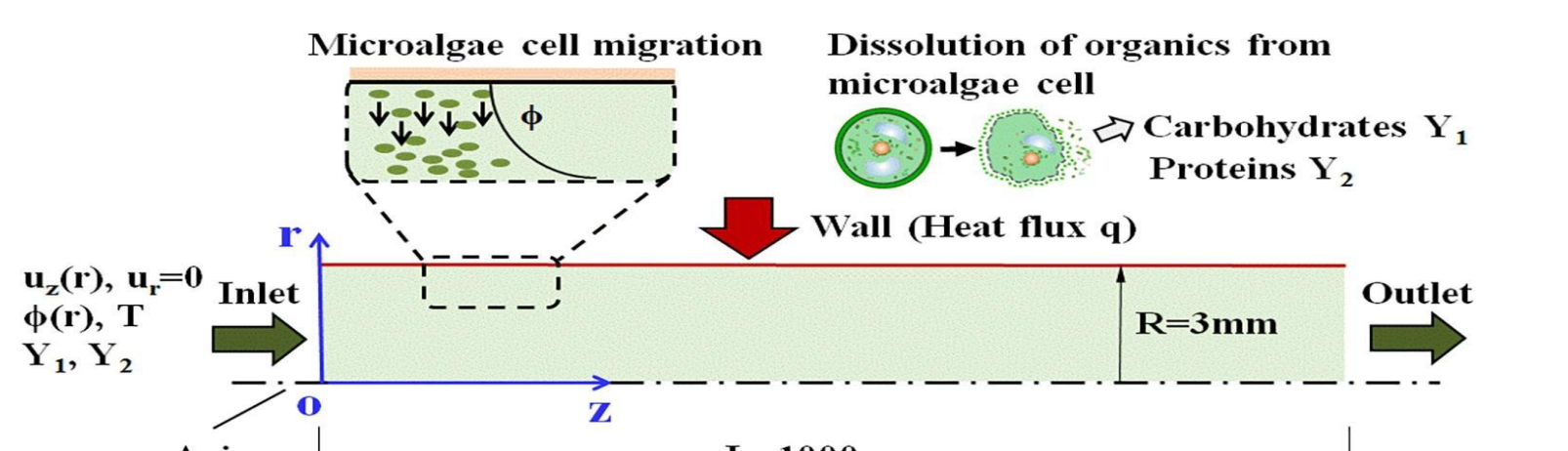


水热处理过程中表现粘度随时间变化

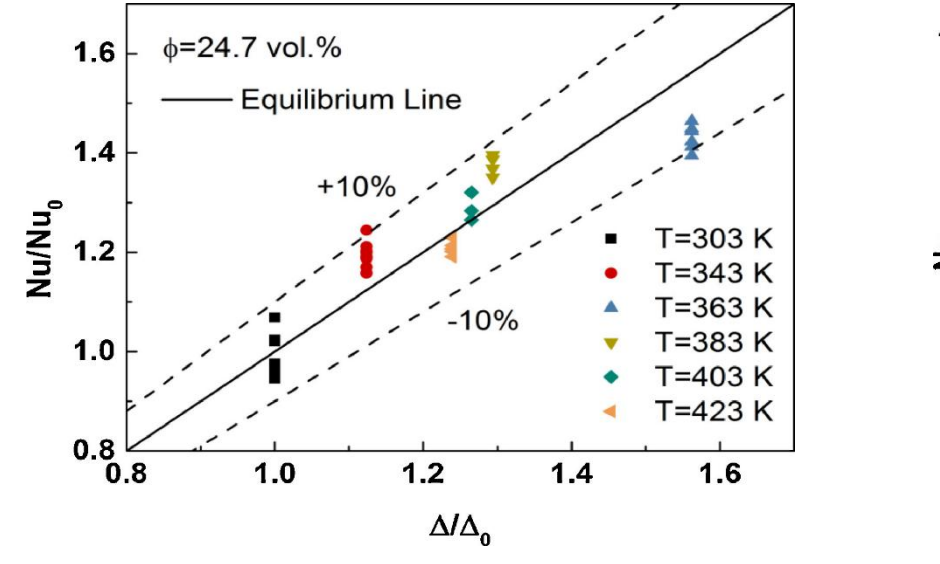
◆ 水热水解过程中生物质浆液的传热特性



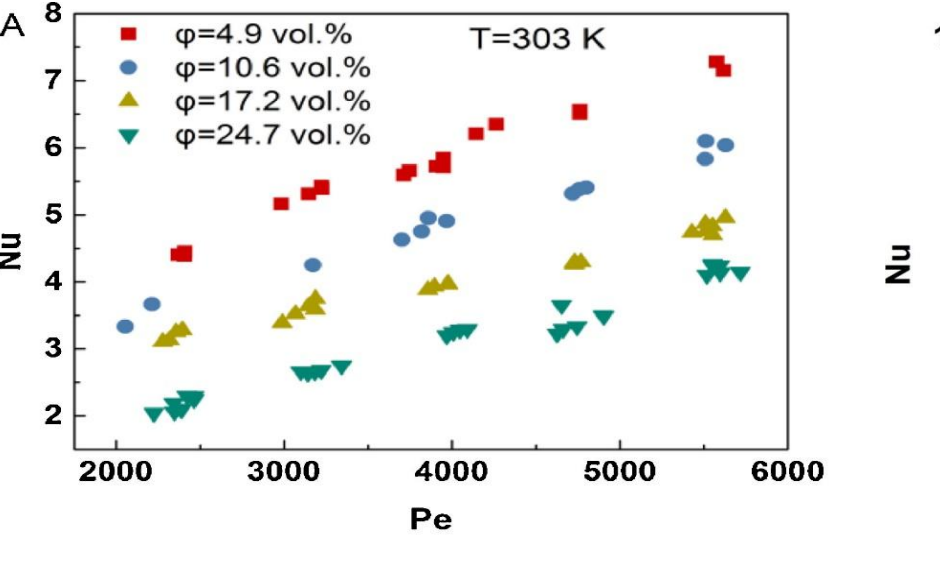
连续流管式水热水解反应器



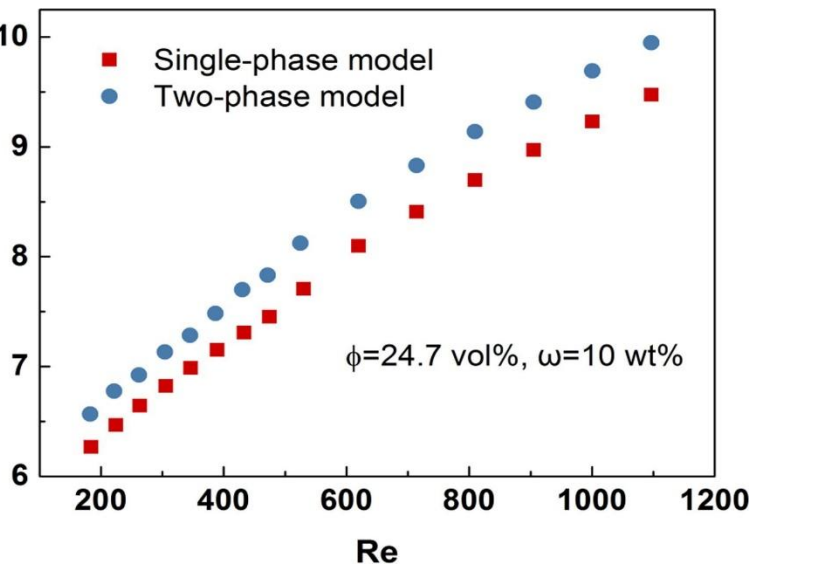
水平圆管中生物质浆液示意图



流变指数对浆液Nu的影响



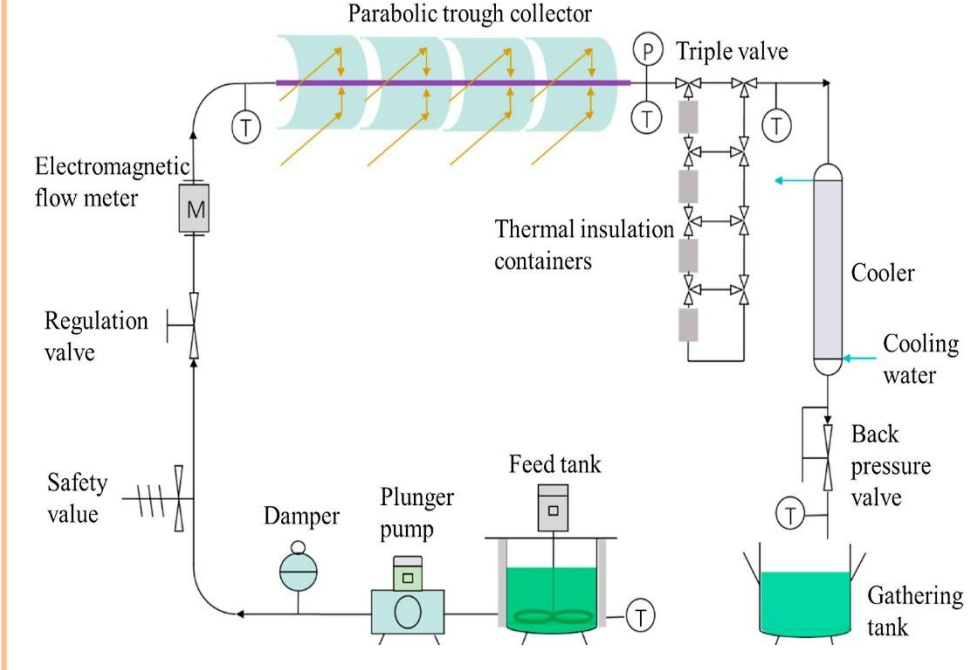
生物质体积分数对浆液Nu的影响



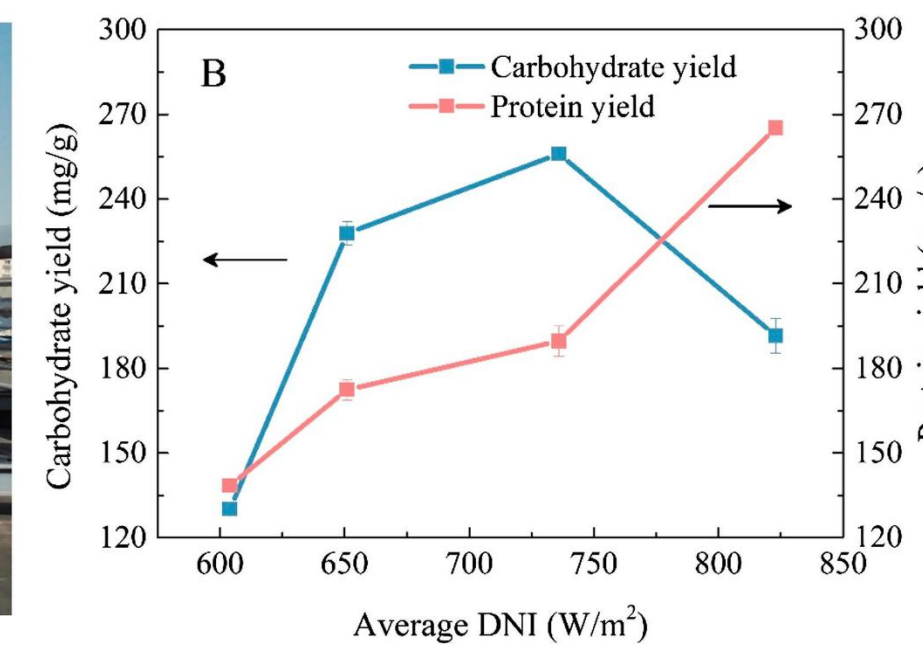
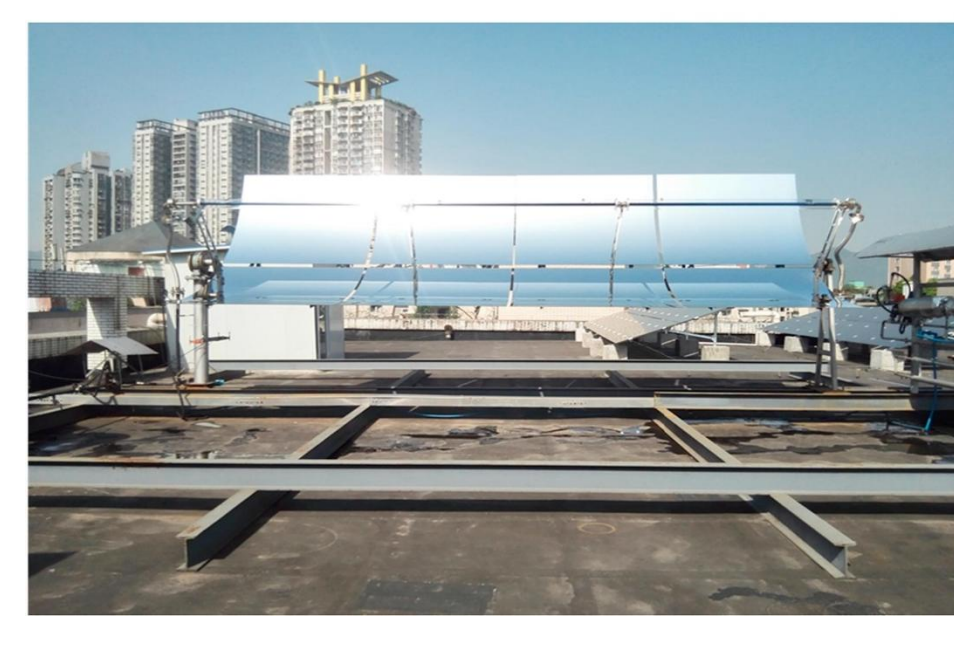
浆液的Nu随Re的变化规律

2. 太阳能驱动的生物质水热水解及生化转化强化方法

◆ 太阳能水热水解生物质实验研究



太阳能水热水解预处理系统

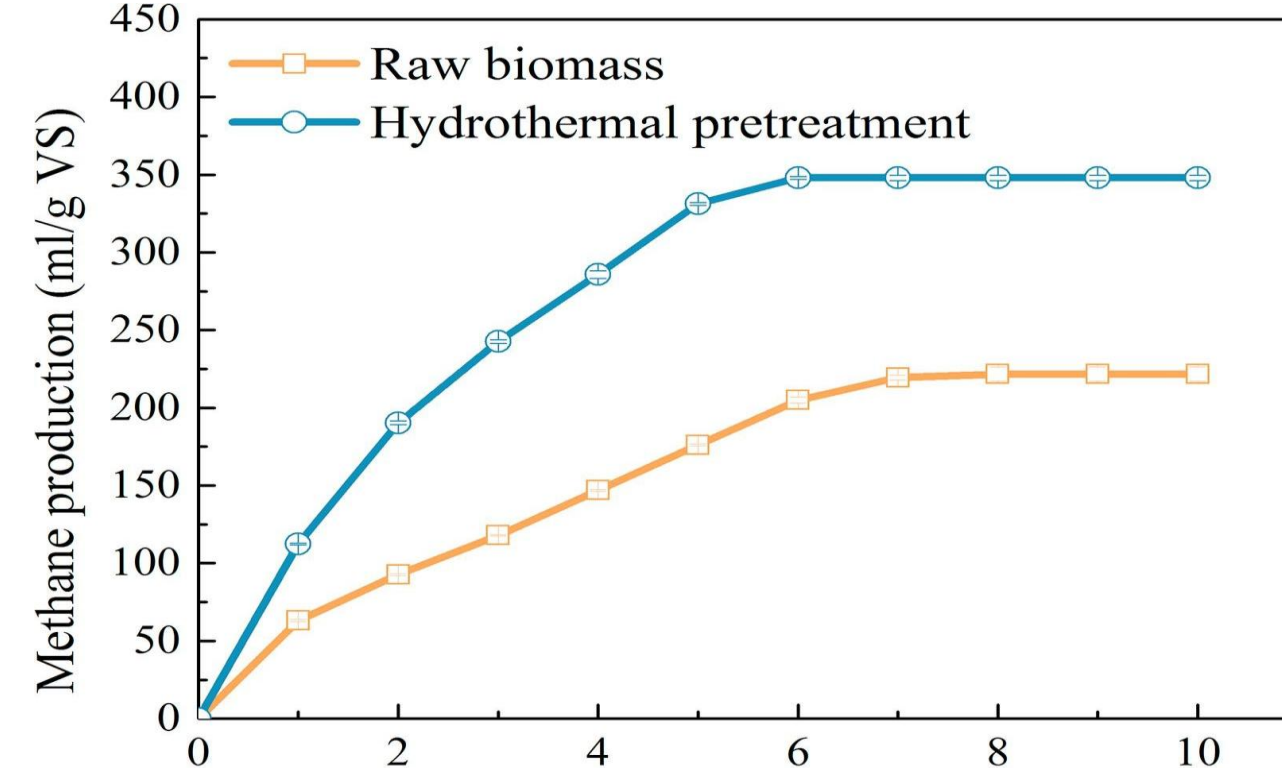


太阳直接法向辐射对生物质水解产物的影响

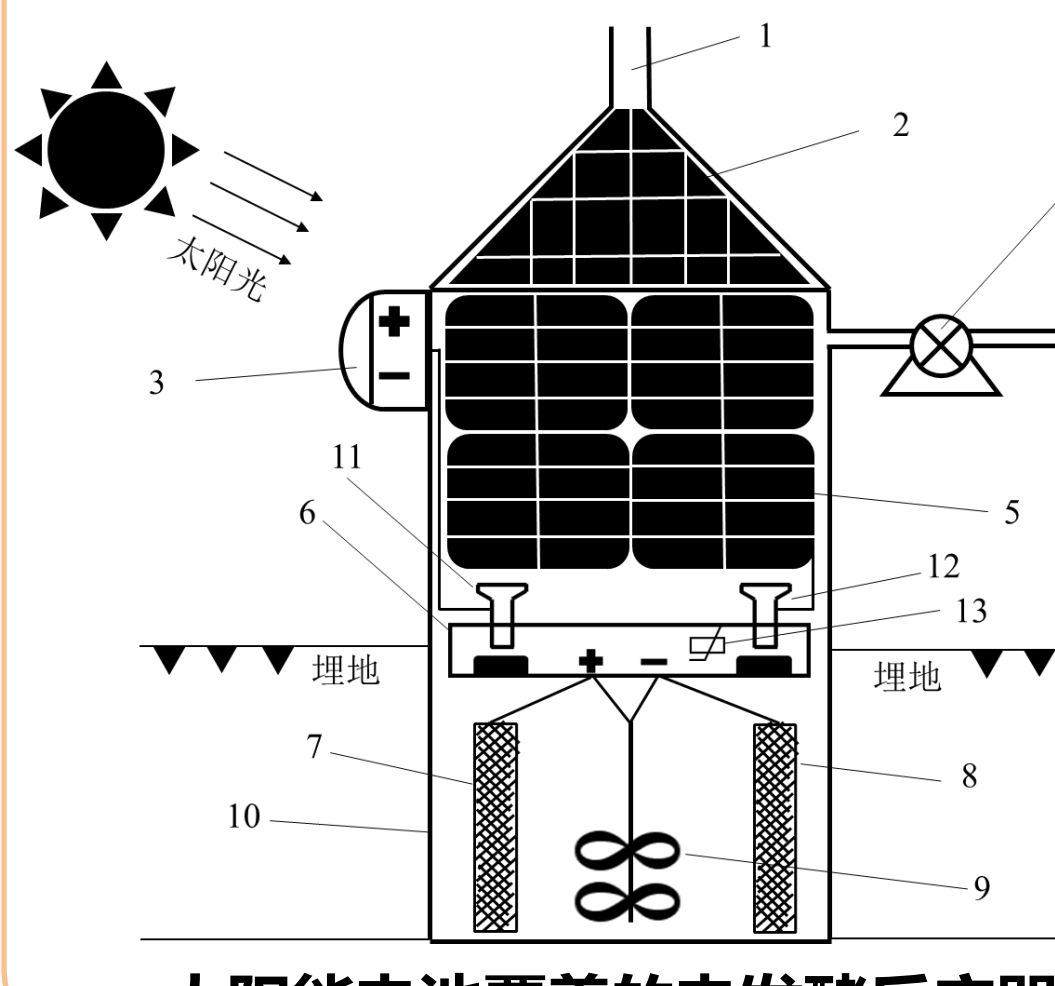
◆ 生物质水解产物厌氧发酵产甲烷实验研究



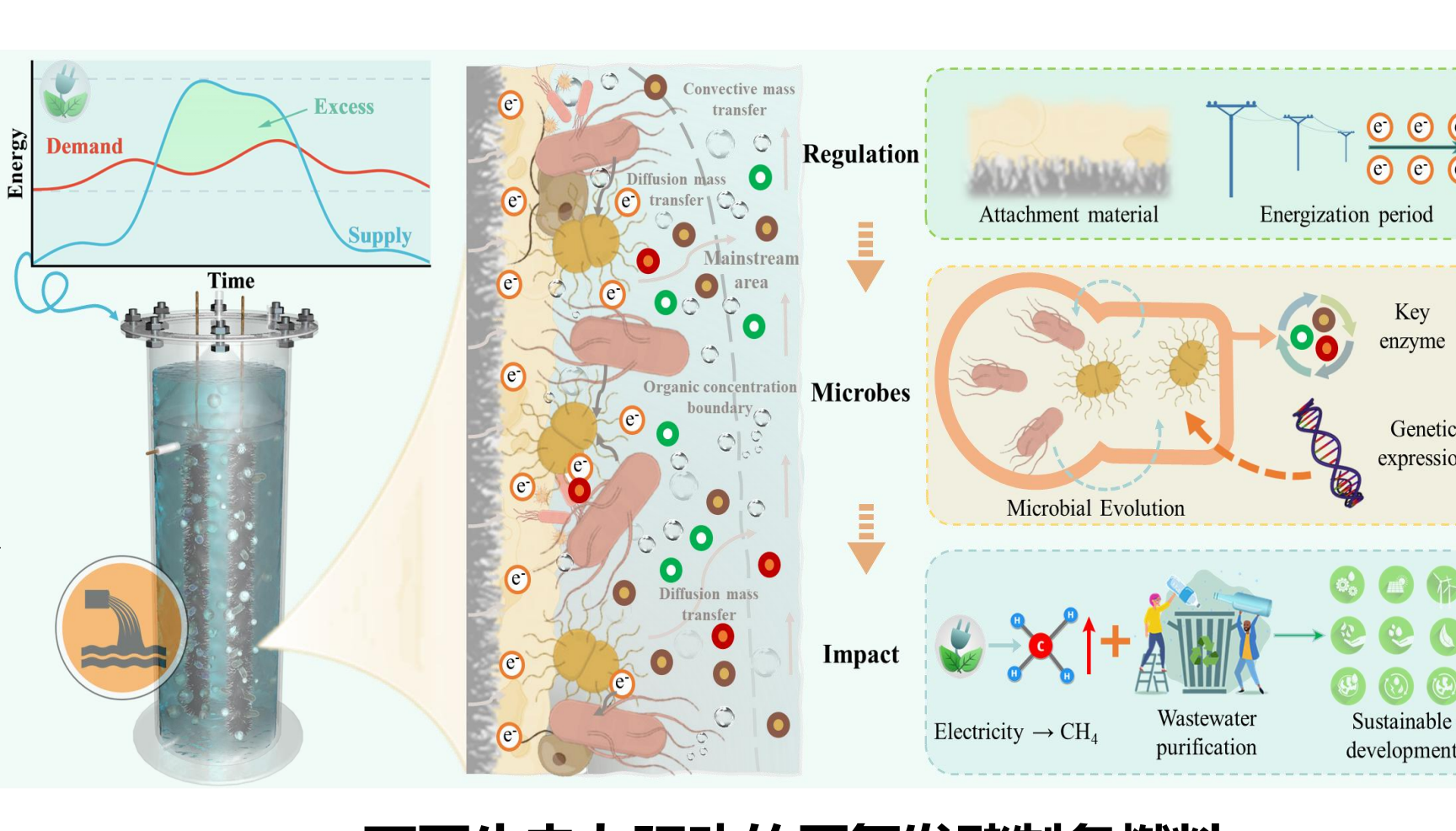
全自动厌氧发酵测试平台



水解产物发酵产甲烷潜力



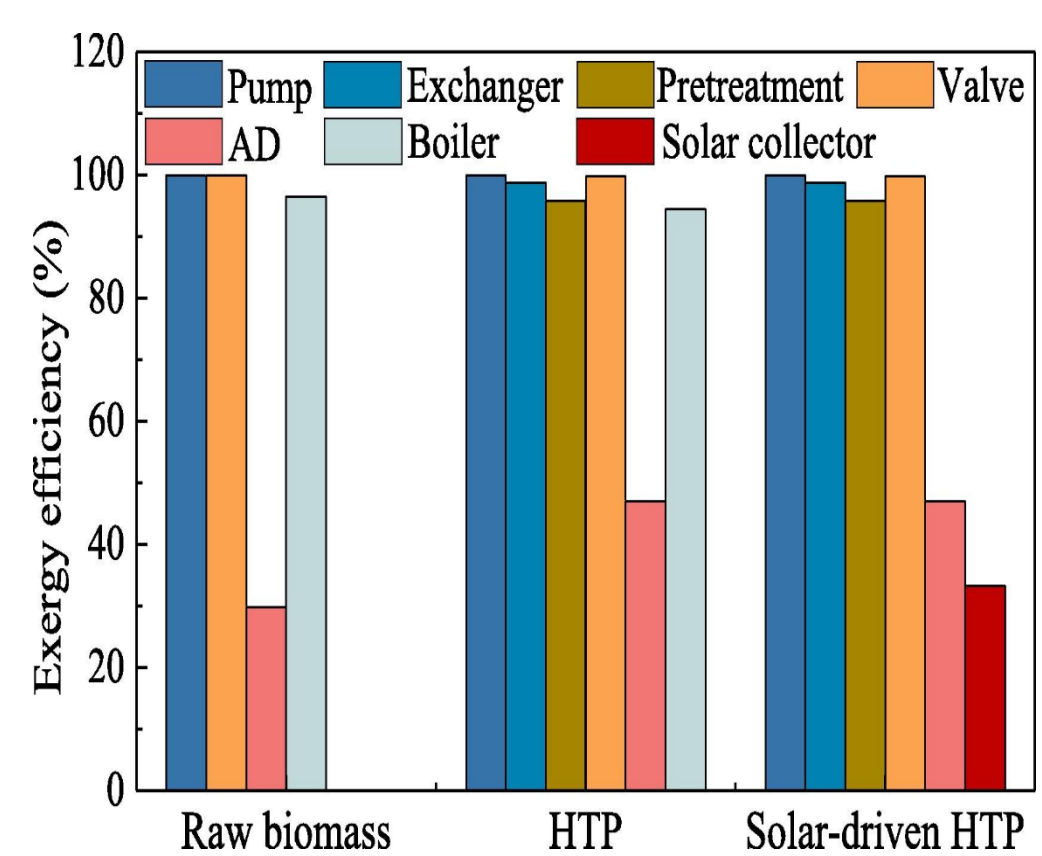
太阳能电池覆盖的电发酵反应器



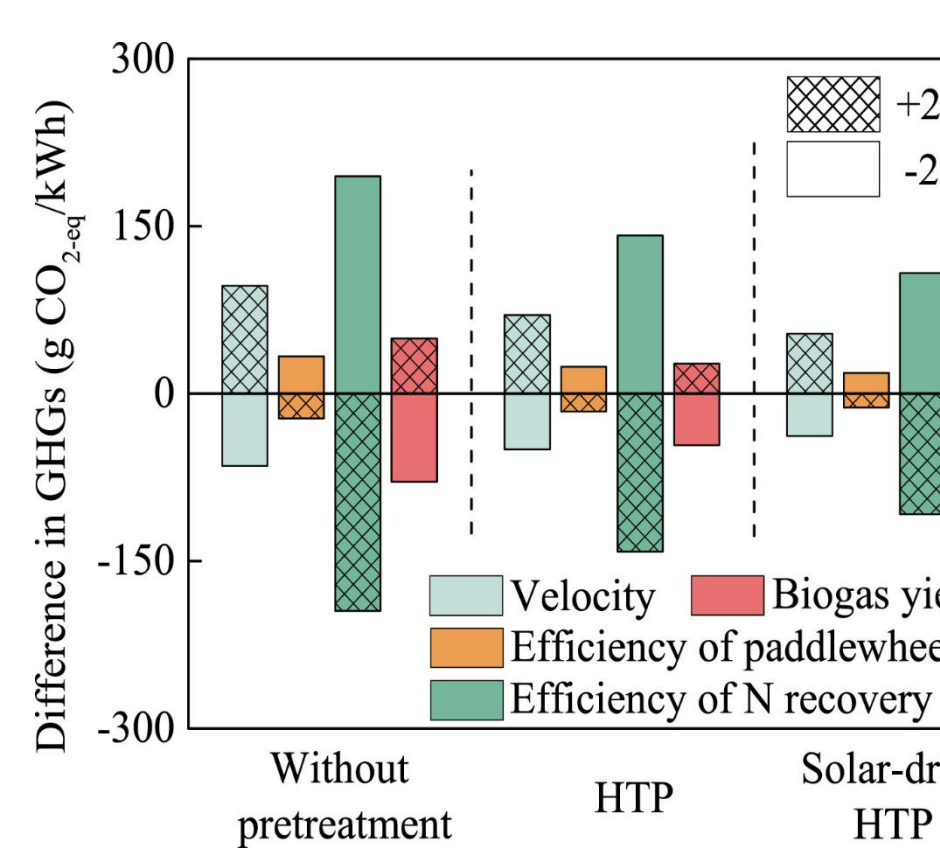
可再生电力驱动的厌氧发酵制备燃料

3. 可再生分布式能源系统集成及评估

◆ 生物燃料制备过程的能源效率和全生命周期评估

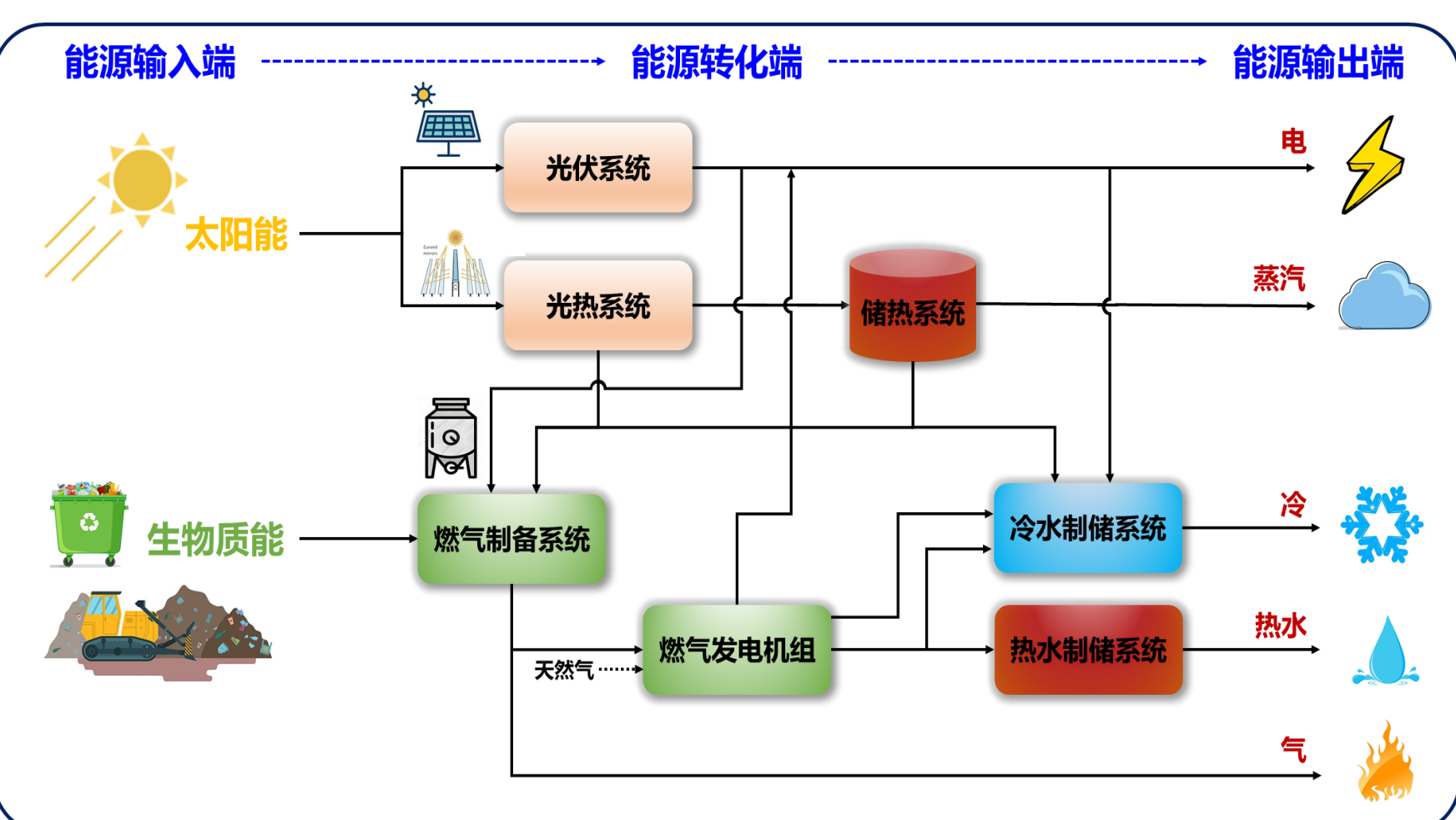


可再生燃料制取过程焓效率



燃料制取过程GHG 排放

◆ 可再生分布式能源系统架构



◆ 工业园区可再生分布式能源系统



Welcome to CQU