

2022 年度湖南省自然科学奖提名公示内容

项目名称：厌氧功能菌群强化有机质转化产可再生能源及协同作用机制

提名人单位：长沙理工大学

提名等级：自然科学奖，三等奖

主要完成人：陈宏，肖本益，杨敏，刘俊新，陈晨，王泓

主要完成单位：长沙理工大学，中国科学院生态环境研究中心，长沙民政职业技术学院

项目简介：环境厌氧生物技术能有效从有机废水、废弃物中回收能源和可用的资源，对于“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”具有至关重要的意义。然而，厌氧功能菌群转化有机质为有机酸、甲烷和氢气等过程极为复杂，如何强化其转化和产能及其机理还不清楚，复杂厌氧功能菌群之间的作用机制也不明确。本项目基于厌氧功能菌群的种间高效协同和降解动力学，明确了强化预处理和电化学促进厌氧生物转化产能的过程特征，阐明了典型有机物厌氧生物降解路径和功能菌群动态演化规律，构建了典型厌氧生物系统的结构化数学模型，揭示了主要厌氧功能菌群的动态竞争规律，实现了有机质的高效厌氧生物转化产能。

重要科学发现：

(1) 探究了典型有机质厌氧生物转化产能路径。明确了典型有机质的厌氧生物降解过程特征，阐明了主要厌氧功能菌群结构特征及演替规律，探明了关键因子对厌氧生物转化产能的影响规律。

(2) 解析了强化有机质厌氧生物转化产能的作用机制。明确了细胞结构损伤强化有机质厌氧生物转化产能的重要途径，阐明了加碱预处理和生物电化学的强化作用机制。

(3) 阐释了厌氧功能菌群种间协同过程机理。构建了厌氧微生物的底物竞争数学模型，阐明了厌氧微生物协同作用对厌氧处理的强化机制，揭示了主要厌氧功能菌群的长期动态竞争规律。

代表性论文专著目录：

[1] Chen Hong, Wei Yanxiao, Xie Chenglei, Wang Hong, Chang Sheng, Xiong Ying, Du Chunyan, Xiao Benyi, Yu Guanlong. Anaerobic treatment of glutamate-rich wastewater in a continuous UASB reactor: Effect of hydraulic retention time and methanogenic degradation pathway. *Chemosphere*, 2020, 245, 125672. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125672>

[2] Chen Hong, Hao Yi, Li Hechao, Guo Xuesong, Xiao Benyi. Effects of thermal and thermal-alkaline pretreatments on continuous anaerobic sludge digestion: Performance, energy balance, and enhancement mechanism. *Renewable Energy*, 2020, 147, 2409–2416. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.051>

[3] Chen Hong, Wu Jiang, Liu Bing, Li Yu-You, Yasui Hidenari. Competitive dynamics of anaerobes

during long-term biological sulfate process in a UASB reactor. *Bioresource Technology*, 2019, 280, 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.023>

[4] Xiao Benyi, Qin Yu, Wu Jing, Chen Hong, Yu Panfen, Liu Junxin, Li Yu-You. Comparison of single-stage and two-stage thermophilic anaerobic digestion of food waste: Performance, energy balance and reaction process. *Energy Conversion and Management*, 2018, 156: 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.10.092>

[5] 陈宏, 胡颖冰, 陈晨, 韦燕霄, 黄蓉, 王泓, 余关龙, 杨敏. 氨氮和硫酸盐对谷氨酸厌氧生物降解性能的抑制及机理. *中国环境科学*, 2020, (10): 4342-4347. <https://doi.org/10.19674/j.cnki.issn1000-6923.2020.0482>

主要完成人情况

姓名	陈宏	性别	男	排 名	1	国籍	中国
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	博士	
工作单位	长沙理工大学				行政职务	副处长	
二级单位	水利与环境工程学院				党 派	中国共产党	
主要完成 单位	长沙理工大学				所在 地	湖南	
					单位性质	学校	
对本项目主要科技创新的贡献： 本项目主要完成人。主持完成了本项目的主要研究工作，包括典型有机物厌氧生物降解路径和功能菌群动态演化规律、强化有机质厌氧生物转化产能的作用机制和厌氧功能菌群种间协同过程机理，主持了基金项目（51308068 & 2017SK2361）。对所列 3 个重要科学发现皆有创造性贡献，为代表性论文 1, 2, 3, 5 的第一作者和代表性论文 4 的共同作者。在该项目研究中的工作量占本人工作量的 80%。见附件 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5。							

姓名	肖本益	性别	男	排 名	2	国籍	中国
技术职称	副研究员		最高学历	研究生	最高学位	博士	
工作单位	中国科学院生态环境研究中心				行政职务	无	
二级单位	环境水质学国家重点实验室				党 派	中国共产党	
主要完成 单位	中国科学院生态环境研究中心				所在 地	北京	
					单位性质	非转制研究院 所	
对本项目主要科技创新的贡献： 本项目主要完成人。探究了厌氧处理系统中功能菌群的结构特征及演替规律研究和厌氧处理过程中有机污染物的转化途径和机制，参与揭示了厌氧工艺运行过程中微生物的群落的多样性、结构特征和功能（科学发现 1）和细胞结构损伤强化有机质厌氧生物转化产能的重要途径与加碱预处理和生物电化学的强化作用机制（科学发现 2），（合作）主持了基金项目（2017SK2361）。为代表性论文 1, 2 的第一作者和代表性论文 4 的第一/通讯作者。在该项目研究中的工作量占本人工作量的 50%。见附件 1.1、1.2、1.4。							

姓 名	杨敏	性 别	男	排 名	3	国 籍	中国
技术职称	讲师		最高学历	研究生	最高学位	博士	
工作单位	哈尔滨工业大学（深圳）				行政职务	无	
二级单位	土木与环境工程学院				党 派	中国共产党	
主要完成 单位	长沙理工大学				所 在 地	湖南	
					单 位 性 质	学 校	
<p>对本项目主要科技创新的贡献：</p> <p>本项目主要完成人，研究了厌氧处理过程中有机污染物的转化途径和机制、强化有机质厌氧生物转化产能的作用机制，主持支撑了本项目部分研究工作。对科学发现 1 和 2 有创造性贡献，为代表性论文 5 的通讯作者。在该项目研究中的工作量占本人工作量的 50%。见附件 1.5。</p>							

姓 名	刘俊新	性 别	男	排 名	4	国 籍	中国
技术职称	研究员		最高学历	研究生	最高学位	博士	
工作单位	中国科学院生态环境研究中心				行政职务	无	
二级单位	环境水质学国家重点实验室				党 派	中国共产党	
主要完成 单位	中国科学院生态环境研究中心				所 在 地	北京	
					单 位 性 质	非转制研究院 所	
<p>对本项目主要科技创新的贡献：</p> <p>本项目主要完成人，研究了厌氧处理过程中有机污染物的转化途径和机制、强化有机质厌氧生物转化产能的作用机制、细胞结构损伤强化有机质厌氧生物转化产能的重要途径、加碱预处理和生物电化学的强化作用机制。对科学发现 2 有创造性贡献，为代表性论文 4 的共同作者。在该项目研究中的工作量占本人工作量的 30%。见附件 1.4。</p>							

姓 名	陈晨	性别	男	排 名	5	国 籍	中国
技术职称	工程师			最高学历	研究生	最高学位	硕士
工作单位	长沙民政职业技术学院				行政职务	无	
二级单位	艺术学院				党 派	九三学社	
主要完成 单位	长沙民政职业技术学院				所 在 地	湖南	
					单位性质	学校	
<p>对本项目主要科技创新的贡献：</p> <p>本项目主要完成人，研究了厌氧处理过程中有机污染物的转化途径和机制和强化有机质厌氧生物转化的作用机制。对科学发现 1 有创造性贡献，为代表性论文 5 的共同作者。在该项目研究中的工作量占本人工作量的 50%。见附件 1.5。</p>							

姓 名	王泓	性别	男	排 名	6	国 籍	中国
技术职称	无			最高学历	研究生	最高学位	硕士
工作单位	同济大学				行政职务	无	
二级单位	环境科学与工程学院				党 派	中国共产党	
主要完成 单位	长沙理工大学				所 在 地	湖南	
					单位性质	学校	
<p>对本项目主要科技创新的贡献：</p> <p>本项目主要完成人，研究了厌氧处理过程中有机污染物的转化机制和强化有机质厌氧生物转化的作用机制。对科学发现 1 有创造性贡献，为代表性论文 1 和 5 的共同作者。在该项目研究中的工作量占本人工作量的 80%。见附件 1.1 和 1.5。</p>							

主要完成单位情况表

单位名称	长沙理工大学
对本项目科学发现的贡献:	
<p>长沙理工大学为本项目的第一完成单位。项目完成人的第 1、3 位为长沙理工大学教职工，项目完成人的第 5、6 位为长沙理工大学培养毕业研究生。长沙理工大学以洞庭湖水环境治理与生态修复湖南省重点实验室等为平台，为本项目的完成提供了良好的实验条件。该项目依托长沙理工大学科研平台完成了主要研究任务，其中包括：主导研究了典型有机物厌氧生物降解路径和功能菌群动态演化规律（科学发现 1）、合作主导解析了强化有机质厌氧生物转化产能的作用机制（科学发现 2）和主导阐释了厌氧功能菌群种间协同过程机理（科学发现 3）。代表作及论文 1、2、3、5 的第一完成单位均为长沙理工大学。</p>	

单位名称	中国科学院生态环境研究中心
对本项目科学发现的贡献:	
<p>中国科学院生态环境研究中心为本项目的第二完成单位。项目完成人的第 2、4 位为中国科学院生态环境研究中心职工，项目完成人的第 1 位为中国科学院生态环境研究中心的出站博士后（2014 年 7 月）。中国科学院生态环境研究中心以环境水质学国家重点实验室为平台，为本项目的完成提供了良好的实验条件。在中国科学院生态环境研究中心科研平台完成了该项目大量研究工作，其中包括：揭示了厌氧工艺运行过程中微生物的群落的多样性、结构特征和功能（科学发现 1）和细胞结构损伤强化有机质厌氧生物转化产能的重要途径与加碱预处理和生物电化学的强化作用机制（科学发现 2）。代表作 4 的第一完成单位和代表作 1、2、4 的通讯作者单位均为中国科学院生态环境研究中心。</p>	

单位名称	长沙民政职业技术学院
对本项目科学发现的贡献:	
<p>长沙民政职业技术学院为本项目的第三完成单位。项目完成人的第 5 位为长沙民政职业技术学院教职工，是由长沙理工大学培养的硕士毕业研究生。长沙民政职业技术学院完成了该项目部分研究工作，其中包括：厌氧处理过程中有机污染物的转化途径和机制和强化有机质厌氧生物转化的作用机制。对科学发现 1 有创造性贡献，代表性论文 5 包含长沙民政职业技术学院。</p>	

主要完成人合作关系说明

第一完成人陈宏和第三完成人杨敏为长沙理工大学教师，第二完成人肖本益和第五四成人刘俊新为中国科学院生态环境研究中心研究人员，第五完成人陈晨和第六完成人曾为长沙理工大学培养毕业硕士研究生。第一完成人与项目其他 4 位完成人长期开展项目相关合作科学研究，第一完成人曾在中国科学院生态环境研究中心完成博士后合格出站（2014 年 7 月），项目完成人之间合作关系主要以合作科研项目、合著论文和合作申报发明专利的方式体现。

第二完成人曾为第四完成人指导博士研究生，后为第四完成人研究团队主要成员之一。作为课题负责人参与第一完成人主持湖南省重点研发计划项目 1 项，合作发表项目相关学术论文 14 篇、申请国家发明专利 3 项，其中代表性论文 4 篇。

第三完成人曾与第一完成人归属一个研究团队，合作指导毕业研究生 4 名。与第一完成人合作发表项目相关学术论文 12 篇、合作申报国家发明专利 1 项，为代表性论文 5 的通讯作者。

第四完成人曾与第二完成人归属一个研究团队，曾指导第二完成人博士毕业，与第二完成人共同合作各类科研项目 10 余项，与第一完成人合作发表相关学术论文 5 篇，为代表性论文 4 的主要作者。

第五完成人为长沙理工大学培养的硕士毕业研究生，一直保持与第一完成人的长期科研合作关系，与第一完成人合作发表项目相关学术论文 6 篇、申请国家发明专利 1 项，为代表性论文 5 的主要作者。

第六完成人为第一完成人指导硕士毕业研究生，与第一完成人合作发表相关学术论文 20 篇、申请国家发明专利 8 项，为代表性论文 1、5 的主要作者。

以上内容及相应附件材料属实。

主要完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	肖本益/第二	2012年7月至2020年12月	1. Anaerobic treatment of glutamate-rich wastewater in a continuous UASB reactor: Effect of hydraulic retention time and methanogenic degradation pathway 2. Effects of thermal and thermal-alkaline pretreatments on continuous anaerobic sludge digestion: Performance, energy balance, and enhancement mechanism 3. Comparison of single-stage and two-stage thermophilic anaerobic digestion of food waste: Performance, energy balance and reaction process	附件 1.1 附件 1.2 附件 1.4	
2	论文合著	杨敏/第三	2017年7月至2019年9月	1. 氨氮和硫酸盐对谷氨酸厌氧生物降解性能的抑制及机理	附件 1.5	
3	论文合著	刘俊新/第四	2012年7月至2020年12月	1. Comparison of single-stage and two-stage thermophilic anaerobic digestion of food waste: Performance, energy balance and reaction process	附件 1.4	
4	论文合著	陈晨/第五	2017年7月至2020年12月	1. 氨氮和硫酸盐对谷氨酸厌氧生物降解性能的抑制及机理.	附件 1.5	
5	论文合著	王泓/第六	2018年9月至2020年12月	1. Anaerobic treatment of glutamate-rich wastewater in a continuous UASB reactor: Effect of hydraulic retention time and methanogenic degradation pathway 2. 氨氮和硫酸盐对谷氨酸厌氧生物降解性能的抑制及机理	附件 1.1 附件 1.5	

承诺:本人作为项目第一完成人, 对本项目主要完成人合作关系及上述内容的真实性负责, 特此声明。