**科学技术进步奖公示内容**

1. **项目名称**：农业多元有机废弃物协同厌氧“气-肥”联产关键技术与应用
2. **提名者及提名意见（包含提名等级）：**

1.提名单位：中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

2.提名意见：

项目以生态文明建设、乡村振兴、资源高效循环、“碳达峰、碳中和”等国家重大战略需求为导向，围绕大宗农业废弃物厌氧发酵工程的重大技术难题，通过研究提出超高氨氮浓度重构产甲烷菌群理论，开发出畜禽粪污高底物负荷厌氧发酵技术；构建了基于畜禽粪污的农业多元废弃物协同发酵的规模化生物天然气制备系统，提高了生物天然气工程的生产效率；研发出高含固原料除砂除杂匀浆彻底的前处理和混合进料装置，开发出位置连续可调的厌氧反应搅拌器，开发的新型螺旋挤压固液分离装置能有效去除沼液固体悬浮物，研发出沼渣循环回用、高值化学品联产、有机肥施用等技术方案，以及沼液净化与养分高值利用新技术，构建了高效物质流和能量流驱动的农业多元废弃物厌氧发酵“气-肥”联产系统；首次形成涵盖原料资源评估、项目规划设计、工程安全管理的生物天然气工程能源行业标准规范体系，开发了生物质厌氧发酵原料资源量及产气率快速测算软件。

通过产学研用合作模式的建立，已在全国多个地区实现了创新技术成果的推广与应用，应用项目累计处理畜禽粪污和农作物秸秆约275万吨、产沼气28823余万标方，发电3.79亿度，制备沼肥60余万吨，减少二氧化碳排量83万吨，碳交易收益2500万元，累计收入近7.42亿元，对农业绿色低碳模式的构建与发展起到了重要引领作用。项目社会环境效益突出，经济效益显著，对助力生态文明建设、构建农业循环经济意义重大。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

1. **项目简介**：

以国家重大需求为导向，以基础研究为引领，以产学研用协同为路径，围绕以畜禽粪污和农作物秸秆为原料的生物天然气工程，就发酵原料前处理不彻底、底物转化率和产能效率低、发酵后沼渣和沼液处理及资源化利用水平不高等关键科学和技术难题，在国家和陕西省科技计划支持下，取得以下创新成果：

1. 首次研究提出了超高氨氮浓度重构产甲烷菌群理论，为畜禽粪污高底物负荷厌氧发酵技术的开发与应用提供了重要支撑。提出并证实了超高氨氮重构产甲烷菌群这一构思，揭示了产甲烷微生物响应氨氮胁迫的机制，深化了对发酵菌群协同代谢的认知，为提高技术应用水平提供了新的理论指导。基于本研究，通过长期的畜禽粪污高底物负荷厌氧发酵驯化，发酵系统恢复稳定高效运行，工程运行数据也表明厌氧微生物可在高达5500-6500 mg/L 的氨氮浓度环境中正常发挥功能，该工程案例在国内属于首例。

2. 构建了基于畜禽粪污的农业多元有机废弃物协同发酵的工程化生物天然气制备系统，提高了生物天然气工程的生产效率。开发出畜禽粪污、农作物秸秆等有机废弃物发酵的工程化系统，进一步结合构建出的优化农业多元有机废弃物协同厌氧发酵系统关键参数的预测模型，实现了农业多元有机废弃物协同厌氧发酵系统中关键环节的有效衔接。

3. 研发出发酵原料前处理与进料、厌氧反应搅拌、发酵剩余物固液分离及其分类利用等关键技术与装备，构建了高效物质流和能量流驱动的多元农业废弃物厌氧发酵“气-肥”联产系统。基于高含固畜禽粪污的厌氧发酵特性，相继研发出畜禽粪污除砂除杂匀浆、混合进料等发酵前处理装置，发酵底物的连续多角度混合搅拌器和高效水解的新型两相厌氧发酵装置，以及发酵剩余物的螺旋挤压固液分离装置，有效提高了原料的利用率、降解转化速率、产能效率和发酵剩余物的分类利用水平。

4. 首次形成涵盖原料资源评估、项目规划设计、工程安全管理的生物天然气工程能源行业标准规范体系，开发出发酵原料资源量及产气量测算、碳减排量计算软件并推广应用。构建了生物天然气工程原料资源评估、规划设计、安全管理的能源行业标准规范体系，填补了国内生物天然气工程在能源领域无标准规范的空白；开发了厌氧发酵原料资源量及产气率快速测算软件，实现了生物质资源快速核算和产气效率精准评估；开发了发酵原料资源量及产气量测算软件和生物天然气工程碳减排量计算软件，为生物天然气工程CO2 减排量核算及交易提供了便捷测算工具。

研究成果在国际可再生能源领域顶刊Advanced Science、Renewable Sustainable Energy Review 及其他国内外等知名刊物发表学术论文85 篇，被Renewable Sustainable Energy Review 等国际顶级期刊引用1885 次，单篇最高他引200 次，其中热点论文3 篇、高被引论文3 篇，封面论文1 篇；申请专利67 件，已授权57 件，其中授权国际专利1 件、发明专利22 件，转让2 件发明专利；获批标准15 项；专著8 部；软著13 项。与企业建立了产学研用关系，在陕西省得到推广应用，并辐射山西、甘肃、河北、山东等地，累计处理各类畜禽粪污和农作物秸秆约 275 万吨、产气28822.96 万Nm3，发电37900 万Kwh，获得沼肥60.61 万吨；根据已有统计数据，温室气体减排量83.20 万吨CO2，获得碳交易收益2500 万元，本项目累计收入近7.42 亿元。以此规模，未来五年，累计处理各类畜禽粪污和农作物秸秆约达471 万吨，产气约达49411 万Nm3，发电约达64971 万Kwh，获得沼肥约达104 万吨；根据已有统计数据推算，温室气体减排量约达143 万吨CO2，获得碳交易收益达4286 万元，本项目累计收入将达12.71 亿元。届时，环境效益、社会效益和经济效益更加突出，积极响应并践行了国家“碳达峰、碳中和”战略目标。

项目相关成果获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖、中国产学研合作创新成果奖一等奖、中国发明创新·创业奖一等奖、陕西省环境保护科学技术奖一等奖、陕西省电源行业自然科学奖等各类奖项共10 项，并获得行业优秀工程咨询奖2 项，培养的学生获得国家奖学金、宝钢优秀学生奖、李政道奖学金、全国农建大赛一等奖及以上各类奖项共24 人次。

1. **客观评价：**

1. 科技成果评价

项目成果通过第三方组织专家进行了评价，专家一致认为: 该成果在厌氧微生物适应超高氨氮负荷、发酵原料混合发酵适宜性配伍和沼渣沼液无害化与高值化利用方面实现了多项创新。所开发的畜禽粪污超高氨氮负荷(5500-6500mg)厌氧发酵和沼渣处理，技术先进，达到国际先进水平，其中产甲烷微生物响应高氨氮胁迫机制研究达到国际领先水平。

同时，该成果提出适合国内应用环境的规模化生物天然气工艺流程和核心设备的国产化方案，实现部分关键核心设备的国产化，并构建了较为完善的规模化生物天然气工程设计规范体系，取得了显著的社会经济和生态环境效益，具有推广应用价值，总体达到国际领先水平。

1. **应用情况：**

**主要应用单位情况表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 单位名称 | 应用的技术 | 应用对象及规模 | 应用起止时间 | 应用单位联系人/电话 |
| 1 | 陕西汉中犇祥农业发展有限公司 | 畜禽粪污高浓度厌氧消化处理 | 畜禽粪污3193.75t | 2017年-2024年 | 赵科15209168282 |
| 2 | 陕西汉中军鑫农业发展有限公司 | 畜禽粪污高浓度厌氧消化处理 | 畜禽粪污3832.50t | 2017年-2024年 | 齐红侠1522946 6176 |
| 3 | 陕西西安鄂益美生态农业科技有限公司 | 畜禽粪污高浓度厌氧消化处理 | 畜禽粪污12775.00t | 2017年-2024年 | 郭梦瑶13324542056 |
| 4 | 陕西宝鸡神农农业科技有限公司 | 畜禽粪污高浓度厌氧消化处理 | 畜禽粪污4471.25t | 2017年-2024年 | 张凌云18700764746 |
| 5 | 山西能投生物质能开发利用股份有限公司沁县公司 | 农作物秸秆与畜禽粪便协同厌氧消化处理 | 畜禽粪污12.15 万t玉米秸秆16.80 万t | 2020 年-2024 年 | 李晨18636118302 |
| 6 | 山西神沐新能源有限公司 | 农作物秸秆与畜禽粪便协同厌氧消化处理 | 农作物秸秆30-60 万亩畜禽废物30-45万t | 2020 年-2024 年 | 刘松军18835422166 |
| 7 | 山东民和生物科技股份有限公司 | 畜禽粪污高浓度厌氧消化处理 | 畜禽粪污187 万t | 2012 年-2024 年 | 陈莉15192311739 |
| 8 | 甘肃方正节能科技服务有限公司 | 畜禽粪污及其与农作物秸秆高底物负荷混合厌氧发酵技术 | 畜禽粪污2.0~3.2万t | 2020年-2024年 | 郝霄楠13911028785 |
| 9 | 四方格林定州清洁能源科技有限公司 | 高浓度厌氧消化制备生物天然气并产沼肥 | 产气2352 万Nm3沼肥25.2 万t | 2022 年-2024年 | 王宏刚13373126094 |

1. **主要知识产权和标准规范等目录：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 论文 | Limosilactobacillus Regulating Microbial Communities to Overcome the Hydrolysis Bottleneck with Efficient One-Step Co-Production of H2 and CH4 | 中国 | 10.1002/advs.202406119 | 2024年09月12日 | Advanced Sclence | 西北农林科技大学 | Heng Wu, Huaiwen Zhang, Ruixiao Yan, Suqi Li, Xiaohui Guo, Ling Qiu, Yiqing Yao |
| 2 | 发明专利 | 秸秆类生物质发酵过程热能收集与循环供能装置及方法 | 中国 | ZL 2020 10899833.1 | 2022年11月25日 | 第5607015号 | 西安青予环能科技服务有限公司 | 姚义清；张怀文 |
| 3 | 发明专利 | 一种工程化高氨氮厌氧发酵菌种驯化及发酵液浓缩的方法 | 中国 | ZL 2022 10090108.9 | 2023年02月10日 | 第5733096号 | 山东民和生物科技股份有限公司 | 董泰丽；孙宪法；张东明；孙颖材；陈莉；崔青青；宁彩宏；吴军宁；李晓萍 |
| 4 | 发明专利 | 一种畜禽养殖粪污除砂方法 | 中国 | ZL 202110085889.8 | 2022年06月10日 | 第5224410号 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 李文涛；张浩；韩晓峰；尉军耀；高徐军 |
| 5 | 发明专利 | 一种位置连续可调的搅拌器 | 中国 | ZL 2020 10357129.3 | 2024年01月23日 | 第6636869号 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 刘一秀；李文涛；罗欣欣 |
| 6 | 发明专利 | 一种餐厨垃圾和畜禽粪污协同处理制备生物天然气系统及制备方法 | 中国 | ZL 2020 11130054. | 2023年07月14日 | 第6138037号 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 辛乾龙；罗欣欣；李文涛；高丽娟；王美净；柴宝华；杨建武；张浩；董颖涛；冉龙飞；韩晓峰；寇晓梅；熊登峪；牛天祥 |
| 7 | 发明专利 | 一种沼液浓缩液及工程化制备方法 | 中国 | ZL 2014 10284656.0 | 2016年09月07日 | 第2224729号 | 山东民和生物科技股份有限公司 | 董泰丽；李朋；牛希成；张圣仓；金尧 |
| 8 | 标准 | 生物天然气工程等级划分及设计安全标准 | 中国 | NB/T 11102-2023 | 2023年02月06日 | 无 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 高丽娟；冉龙飞；高徐军；贾宝；孔德安；康智明；牛天祥；韩晓峰；李宏；刘晓茹；杨旭东；董颖涛；马勃；罗欣欣；张浩；李文涛；柴宝华；王美净；王蓓；路延 |
| 9 | 标准 | 生物质能资源调查与评价技术规范 | 中国 | NB / T 10493-2021 | 2021年01月07日 | 无 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 颜剑波；陈自立；高丽娟；窦克军；元包容；张德见；李翔；楚凯锋；张晓利；欧逸宁；邱进生；戴向荣；牛天祥；韩晓峰；李文涛；王蓓；任东明；刘一秀；王波；李金亮；宁培；王泽；李璜；刘黄诚；曹圆圆；岳蕾 |
| 10 | 其他 | 中国沼气应用模式研究与实践 | 中国 | IBSN987-7-5683-0816-8 | 2020年04月02日 | 西北农林科技大学出版社 | 西北农林科技大学 | 王久臣；邱凌；李惠斌 |

1. **主要完成人情况：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 行政职务 | 工作单位 | 完成单位 |
| 1 | 姚义清 | 教授 | 副院长 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 2 | 高徐军 | 正高级工程师 | 副总经理 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 3 | 安黎哲 | 教授 | 河北工程技术学院校长 | 兰州大学 | 兰州大学 |
| 4 | 李紫嫣 | 教授 | 无 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 5 | 高丽娟 | 正高级工程师 | 分院副总工 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 6 | 任兴春 | 无 | 董事长 | 西安青予环能科技股份有限公司 | 西安青予环能科技股份有限公司 |
| 7 | 李文涛 | 高级工程师 | 主任 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 8 | 王晓娇 | 副教授 | 无 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 9 | 强敏敏 | 高级工程师 | 无 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 10 | 艾平 | 教授 | 副主任 | 华中农业大学 | 华中农业大学 |
| 11 | 董泰丽 | 农业技术推广研究员 | 总工程师 | 山东民和生物科技股份有限公司 | 山东民和生物科技股份有限公司 |
| 12 | 郝霄楠 | 高级工程师 | 总经理 | 甘肃方正节能科技服务有限公司 | 甘肃方正节能科技服务有限公司 |
| 13 | 强虹 | 副教授 | 无 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 14 | 杨选民 | 工程师 | 无 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 15 | 邱凌 | 教授 | 站长 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |

1. **主要完成单位及创新推广贡献：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排 名 | 完成单位 | 创新推广贡献 |
| 1 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 本公司对本项目创新点2、3、4做出了重要贡献，主要包括：(1)发展了多元有机垃圾协同厌氧发酵制备生物天然气技术，开发了发酵原料前处理与进料、厌氧反应搅拌等设备装置，有效解决了原料含砂量高、混合搅拌不均、产气效率低等问题；(2)开发了发酵原料资源量及产气量测算软件和生物天然气工程碳减排量计算软件，有效提升了生物天然气工程的经济效益；(3)编制完善了生物质能尤其是生物天然气领域的行业标准，对指导产业规范发展和技术进步做出了贡献。 |
| 2 | 兰州大学 | 兰州大学针对畜禽粪污厌氧发酵的能源化利用关键问题，从理论突破和技术创新方面，取得了突破成果：(1)研究了畜禽粪污单底物发酵及其与农作物秸秆混合发酵系统的微生物转化规律；(2)研发出畜禽粪污单底物及其与农作物秸秆混合厌氧发酵两种技术，以及湿法、高底物负荷和干法厌氧发酵技术。 |
| 3 | 西北农林科技大学 | 针对畜禽粪污高负荷厌氧发酵的能源与资源化用关键问题，从理论突破、技术创新和校企产学研合作方面，取得了突破性成果，主要包括：(1)提出高氨氮负荷驯化产甲烷微生物思路，通过试验揭示了甲烷古菌种群结构响应氨氮胁迫的机制，为菌群调控策略升、发酵工艺革新和实际应用提供了理论指导；(2)研发出畜禽粪污高负荷厌氧发酵和固态好氧堆肥工艺，以沼渣沼液高值资源化利用新技术，为解决畜禽粪污处理效率低、附加不高等问题奠定了基础；(3)建立了校企和校地合作关系，将项目成果应用于陕西省大部分区域，并辐射陕西、甘肃、河北、山东等地，实现了畜禽粪污全量高值化利用先进技术的产业化。依托农业生物环境与能源工程学科，项目研发成果有力支撑了地方和企业的技术革新和发展。产生了好的环境、社会和经济效益，得到了社会和国家的广泛认可，并获得中产学研合作创新成果一等奖、发明创业奖创新奖一等奖、陕西省环境保护科学技术一等奖和陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖等多项奖励。 |
| 4 | 西安青予环能科技股份有限公司 | 本公司对农业多元有机废弃物协同厌氧“气-肥”联产关键技术与应用项目创新点1、2、3做出了重要贡献，主要包括：（1）开发了有机废弃物资源化处置中微生物活体监控系统，使厌氧消化系统的管理从依赖外部参数经验判断，提升到基于内部微生物健康状态的精准养护层面，极大提升了运行的可靠性和效率。（2）开发了“气-肥”联产设备运行控制系统，解决了发酵后料液固液分离不彻底、沼渣沼液处理水平不高、利用不彻底等问题，使复杂的多元有机废弃物协同处理和“气-肥”联产从理论变为可稳定运行的工业化技术。（3）实现了从有机废弃物前端预处理、核心工艺控制、微生物态监控到后端产物高值化利用的全链条智能化管理与优化，对项目技术实现工业化、规模化、经济化应用提供了的核心支柱与关键贡献。 |
| 5 | 华中农业大学 | 华中农业大学针对畜禽粪污厌氧消化后的沼液养分回收、深度处理和安全利用，在理论突破和技术创新方面获得以下成果：(1)研究了沼肥养分回收增值化利用技术，完成了高氨氮沼液的氮回收工艺及装备开发，包括沼液原位氨氮吹脱与回收工艺，沼液低成本深度处理工艺两方面；(2)开展了增值化沼肥生产和沼气工程实际应用，进行了畜禽粪污各类增值化处理后的沼肥施用栽培果蔬的安全监测，建立了系列的沼肥设施蔬菜种植的风险评估基础数据，制定了沼肥设施栽培施用的行业标准，为本项目技术的实施应用提供了重要理论参考和技术支撑。 |
| 6 | 山东民和生物科技股份有限公司 | 本公司对该项目的创新点1和3做出了主要贡献，主要包括：(1)开展高负荷高氨氮纯鸡粪厌氧发酵高效产甲烷的工程化研究与应用示范，克服纯鸡粪高氨氮抑制厌氧发酵产气、降低发酵产沼气效果的难题，连续近10年全天候高效稳定运行国内首例高负荷高氨氮纯鸡粪沼气工程，实现较好的发电与提纯生物天然气收益，为国内高水平沼气工程代表，入选国际能源署网站沼气工程案例、《中国沼气工程案例图鉴》;(2)融合国际畜禽粪便管理温室气体减排方法学，连续10年开展国际CDM项目温室气体减排监测与碳交易，截至2023年，开展国际CDM项目累计碳交易收益达4000多万元，有效提升沼气工程环境收益;(3)创新集成高氨氮纯鸡粪高效厌氧发酵“气-肥”联产系统，创造额外的碳减排环境补偿收益，项目合作期间累计获沼气发电、提纯生物天然气、碳交易收益约3.4亿元。已创建高水平的市场化、专业化沼气工程运行管理模式，为国内沼气工程建设与运行提供模式借鉴，有效带动国内沼气工程高质量发展。 |
| 7 | 甘肃方正节能科技服务有限公司 | 我公司对该项目的创新点3、4做出主要贡献，包括：作为国家高新技术企业，公司采用项目研发的高底物负荷畜禽粪污及畜禽粪污与农作物秸秆混合厌氧发酵技术，实现了四个5000立方米特大型CSTR发酵装置的稳定运行。截至2023年，公司累计处理畜禽粪污和生物秸秆80万吨，累计产生物天然气2190万Nm3，累计售气收入达10731万元，产生了很好的经济效益。 |

1. **完成人合作关系说明：**（合作方式包括专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、共同参与制定标准规范、产业合作等。下表中的“项目排名”指在本次报奖中的完成人排序。）

完成人合作关系情况汇总表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同立项、共同知识产权、论文合著 | 姚义清/1高徐军/2高丽娟/5李文涛/7强敏敏/9 | 2023年1月 | 2024年12月 | 陕西省教育厅服务地方专项计划项目：城乡有机垃圾厌氧发酵制取高附加值化学品及综合利用技术研究；论文：Soil drives humus formation during composition of wheat straw and cattle manure；专利：一种农业有机固废好氧堆肥保氮促腐方法；行业标准：生物天然气项目规划报告编制规程。 | 城乡有机垃圾厌氧发酵制取高附加值化学品及综合利用技术研究(23JE015)；Soil drives humus formation during composition of wheat straw and cattle manure，Journal of Environmental Chemical Engineering 12 (2024) 113271；ZL 202311670034.7；NB / T 11103-2023 |
| 2 | 共同知识产权、论文合著 | 姚义清/1安黎哲/3 | 2009年9月 | 2014年12月 | 专利：一种厌氧微生物分离纯化装置；论文：Optimization of anaerobic co-digestion of Solidago canadensisL. biomass and cattle slurry。 | ZL 201020251883.0；Optimization of anaerobic co-digestion of Solidago canadensisL. biomass and cattle slurry，Energy，78 (2014) 122-127 |
| 3 | 共同立项 | 姚义清/1李紫燕/4 | 2021年7月 | 2024年12月 | 国家重点研发计划子课题：陕北黄土丘陵苹果园微生物保水增碳技术研究与示范（2021YFD190070405）。 | 陕北黄土丘陵苹果园微生物保水增碳技术研究与示范（2021YFD190070405） |
| 4 | 专利转让，产业合作 | 姚义清/1任兴春/6 | 2023年12月 | 2024年12月 | 专利“秸秆类生物质发酵过程热能收集与循环供能装置及方法”转让合同；合作研发协议书。 | 专利“秸秆类生物质发酵过程热能收集与循环供能装置及方法”转让合同；合作研发协议书 |
| 5 | 共同获奖、共同知识产权 | 姚义清/1王晓娇/8 | 2021年10月 | 2024年3月 | 获奖证书：中国发明创业奖创新奖一等奖；论文：Recycling cinder in efficient methane production from wheat straw via solid-state anaerobic digestion (SS-AD)。 | 获奖证书编号：2021-CAICX-1-A02）；Recycling cinder in efficient methane production from wheat straw via solid-state anaerobic digestion (SS-AD)，Chemical Engineering Journal 462 (2023) 142231 |
| 6 | 共同获奖 | 王晓娇/8邱凌/15 | 2018年10月 | 2019年10月 | 获奖证书：中国“互联网+”大学生创新创业大赛陕西赛区（沼见未来-沼气系统全方位利用）铜奖。 | 获奖证书：中国“互联网+”大学生创新创业大赛陕西赛区（沼见未来-沼气系统全方位利用）铜奖 |
| 7 | 共同知识产权、论文合著 | 姚义清/1艾平/10 | 2017年9月 | 2023年9月 | 发明专利：集成高温稀氨预处理和厌氧发酵生产沼气的方法和装置；论文：基于 CaO 调节的太阳能辅助加热猪粪沼液氨吹脱工艺研究。 | CN201710812673.0；基于 CaO 调节的太阳能辅助加热猪粪沼液氨吹脱工艺研究，农业工程学报，2023，39（17）：209-217 |
| 8 | 共同获奖、成果鉴定 | 姚义清/1艾平/10 | 2021年1月 | 2022年8月 | 科技成果奖：中国产学研合作创新成果一等奖；科学技术成果评价报告：基于高负荷厌氧发酵的畜禽粪污全资源高值化利用关键技术及应用。 | 获奖证书编号：20216031；报告编号：中促（评价）字（2021）第02号（编号202171219902） |
| 9 | 共同获奖、成果鉴定、产业合作 | 姚义清/1董泰丽/11 | 2012年1月 | 2023年12月 | 科技成果奖：中国产学研合作创新成果一等奖；应用材料：畜禽粪污高底物负荷厌氧发酵技术的工程化调试与应用；科学技术成果评价报告：基于高负荷厌氧发酵的畜禽粪污全资源高值化利用关键技术及应用。 | 获奖证书编号：20216031；报告编号：中促（评价）字（2021）第02号（编号202171219902） |
| 10 | 产业合作 | 姚义清/1郝霄楠/12 | 2020年1月 | 2023年12月 | 应用材料：畜禽粪污及其与农作物秸秆混合高底物负荷厌氧发酵技术的应用。 | 应用证明 |
| 11 | 共同知识产权、论文合著 | 姚义清/1强虹/13邱凌/15 | 2019年1月 | 2022年8月 | 论文：Performance of Anaerobic Digestion of Chicken Manure Under Gradually Elevated Organic Loading Rates；科学技术成果评价报告：基于高负荷厌氧发酵的畜禽粪污全资源高值化利用关键技术及应用。 | Performance of Anaerobic Digestion of Chicken Manure Under Gradually Elevated Organic Loading Rates，Int. J. Environ. Res. Public Health 2019, 16, 2239；报告编号：中促（评价）字（2021）第02号（编号202171219902）（见其他附件-其他1） |
| 12 | 共同知识产权、论文合著 | 姚义清/1杨选民/14邱凌/15 | 2018年4月 | 2023年9月 | 论文：A technology for strongly improving methaneproduction from rice straw: freeze–thaw pretreatment；Effects of Fe–N co-modified biochar on methanogenesis performance, microbial community, and metabolic pathway during anaerobic co-digestion of alternanthera philoxeroides and cow manure；槽式抛物面太阳能聚光集热器供热厌氧反应器研究。 | A technology for strongly improving methaneproduction from rice straw: freeze–thaw pretreatment, RSC Adv., 2018, 8, 22643；Effects of Fe–N co-modified biochar on methanogenesis performance, microbial community, and metabolic pathway during anaerobic co-digestion of alternanthera philoxeroides and cow manure，Journal of Environmental Management 351 (2024) 120006；槽式抛物面太阳能聚光集热器供热厌氧反应器研究，农业机械学报,2016,47(07):202-207。 |