

# 河南省本科高等教育教学成果奖

## 附件材料

成果名称 面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程  
工程专业改造提升研究与实践

第一完成单位 河南农业大学

推荐序号 □□□□

### 附件目录：

- 一、《教学成果总结报告》。
- 二、国家级和省级教学项目。
- 三、教学成果校外推广应用及效果证明材料。
- 四、教育教学类论文、论著。
- 五、主要成员获得奖励。
- 六、省级及以上新闻媒体报道。
- 七、教材成果。

## 目 录

1 《教学成果总结报告》 .....	5
1.1 成果简介 .....	5
1.2 主要内容与方法 .....	7
1.3 成果的特色与创新 .....	11
1.4 成果的推广及应用情况 .....	13
2 国家级和省级教学项目 .....	16
2.1 河南省高等教育教学改革研究与实践项目：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践 .....	16
2.2 河南省高等教育教学改革研究与实践立项项目：工农融合的农业工程类新工科专业拔尖创新人才培养模式创新与实践 .....	17
2.3 高等教育科学研究规划课题科学研究规划课题：新工科背景下能源动力类高校科研与教学协同发展研究 .....	18
2.4 河南省本科高校研究性教学系列项目：科教融合视角下本科生研究性教学模式研究 .....	19
2.5 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目：面向新业态的农业院校能源与动力工程专业定位与提升 .....	20
2.6 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目：“三向融合法”在汽轮机原理课程中的创新与实践 .....	21
2.7 河南省虚拟仿真实验教学项目：沼气厌氧发酵工艺参数调控虚拟仿真 .....	22
2.8 省级一流课程-虚拟仿真：暗光联公生物制氢虚拟仿真综合实验项目 .....	23
2.9 河南省一流本科课程：工程热力学 .....	24
2.10 河南省一流本科课程：流体力学 .....	25
2.11 河南省一流本科课程：节能技术 .....	26
2.12 河南省卓越农林人才教育基地建设项目：河南农业大学农业废弃资源化利用产教融合示范基地 .....	27

3	教学成果校外推广应用及效果证明材料 .....	28
4	教育教学类论文、论著 .....	36
4.1	教育教学类论文 .....	36
4.1.1	新工科建设背景下能源与动力工程类专业“四年制科创法”教学创新 .....	36
4.1.2	Study on the Mechanism of Master's Education for Undergraduate Students in Ordinary Agricultural and Forestry Universities.....	37
4.1.3	农业院校工科类专业课程思政的要点与实施 .....	38
4.1.4	新工科背景下“4+3+2”教学模式在热工设备课程中的探索与研究 .....	39
4.1.5	新工科背景下本科毕业设计质量提升探讨—以河南农业大学农业建筑环境与能源工程专业为例 .....	40
4.2	论著 .....	41
4.2.1	Waste to Renewable Biohydrogen (Volume 1: Advances in Theory and Experiments.....	41
4.2.2	连续流暗光生物制氢过程强化理论与技术 .....	42
5	主要成员获得奖励 .....	43
5.1	教师获奖 .....	43
5.1.1	国家样板党支部-能源工程系教工党支部 .....	43
5.1.2	河南省优秀基层教学组织 .....	44
5.1.3	河南省高等学校青年骨干教师 .....	45
5.1.4	河南省优秀本科论文指导教师 .....	46
5.1.5	河南省优秀党务工作者 .....	47
5.1.6	河南省高校科技创新人才 .....	48
5.1.7	河南省青年拔尖人才 .....	49
5.1.8	河南省优秀科技特派员 .....	50
5.1.9	河南省教学系统教学技能大赛二等奖 .....	51
5.1.10	农业工程教学技能大赛 .....	52

5.2 指导大学生竞赛获奖 .....	53
5.2.1 第八届全国大学生能源经济学术创意大赛 .....	53
5.2.2 第十四届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 .....	54
5.2.3 第十六届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 .....	55
5.2.4 第十届全国大学生乡村振兴创新创业大赛暨农业建筑环境与能源工程相关专业双创竞赛 .....	56
5.2.5 第八届全国大学生农业建筑环境与能源工程相关学科专业创新创业竞赛 ...	57
5.2.6 2023 年全国大学生创新创业实践大赛 .....	58
5.2.7 第十五届“挑战杯”河南省大学生课外学术科技作品竞赛 .....	59
5.2.8 第九届全国大学生农建杯获奖证书三等奖 .....	60
5.2.9 Simultaneous addition of CO <sub>2</sub> -nanobubble water and iron nanoparticles to enhance methane production from anaerobic digestion of corn straw .....	61
5.2.10 Comparison of biorefinery characteristics: Photo-fermentation biohydrogen, dark fermentation biohydrogen, biomethane, and bioethanol production .....	62
5.2.11 Enhancing photo-fermentation biohydrogen production by strengthening the beneficial metabolic products with catalysts .....	63
5.2.12 美国发明专利-一种超声辅助热压提取动物油脂装置以及方法 .....	64
5.2.13 日本发明专利-一种油脂榨取装置和方法 .....	65
5.2.14 发明专利-一种病死禽畜干制酶解无害化处理系统 .....	66
5.2.15 河南省优秀学士论文 .....	67
6 省级及以上新闻媒体报道 .....	68
6.1 能源系教职工党支部召开“听党课 悟思想 敢担当 谋发展”主题教育专题组织生活会 .....	68
6.2 第十二届中意创新合作周在北京开幕 .....	69
6.3 共同承办第十二届中意创新合作周青年创新论坛我省与意大利加强科技合作 .....	70
6.4 刘圣勇教授一行前往太康县进行科技服务 .....	71

6.5 河南科技特派员刘圣勇一行前往太康县开展技术服务 .....	72
7 教材成果.....	73
7.1 《Waste to Renewable Biohydrogen (Volume 2): Numerical Modelling and Sustainability Assessment .....	73
7.2 农林生物质废弃物生态利用研究与展望 .....	77
7.3 农林废弃物燃料燃烧设备的设计与试验 .....	87

# 1 《教学成果总结报告》

## 1.1 成果简介

在当前国家双碳目标与乡村振兴战略目标交织的大背景下，农村生产及生活方式、能源结构及用能方式正在发生深刻变化，可再生能源和新能源资源丰富的广大农村是实现能源低碳转型、推进乡村振兴战略落地实施的主阵地，这给农业建筑环境与能源工程专业的发展提供了前所未有的机遇，也给该专业提出了巨大的人才需求。同时，该专业的名字涵盖面广、涉及领域众多。因此，如何充分考虑到各地、各校、学生个体、社会要求等各种因素的影响，对该专业进行科学的定位，为推动双碳目标及乡村振兴的实现输送人才，是该专业面临的重要挑战。

为充分应对这一挑战，本成果聚焦地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造面临的问题，建立了动态、开放的人才培养模式，重构了专业知识体系，推进了教与学模式改革，加强了实践教学体系和基层教学组织建设，促进了知识、能力和素质培养，探索了涉农工科专业改造升级途径，提升了人才培养质量，服务了产业发展和新兴产业培育，形成了 5 方面的成果：

（1）以服务新产业、引领未来产业发展为目标，构建了动态、开放的人才培养方案。

（2）重构了以“能源化”“资源化”、“生态化”为核心的专业知识体系和课程体系。

（3）推进了“四结合、三促进、二衔接、一同步”教与学模式改革。

(4) 完善了“三段渐进式”实践教学体系建设。

(5) 创新了科教、产教融合基层教学组织建设。

本成果具有较强先进性与时代性，在 7 所省内外校得到实践应用；出版著作 2 部、教材 3 部、发表教学教改论文 8 篇（其中 CSSCI 1 篇）；修订培养方案 2 次、增设了 7 门本科生课程、获批河南省一流本科课程 4 门；建设了 2 个省级虚拟仿真教学实践平台、5 个虚拟仿真实验项目、6 个实践实习基地、1 个省级产业技术创新战略联盟；获批省部级教改项目 5 项；获国家级、省部级科技创新竞赛二等奖以上 15 项；获批国家样板党支部、河南省本科高校优秀基层教学组织。相关成果在中国日报、河南省电视台等新闻媒体上宣传报道，受到科技部表扬，社会反响强烈。河南农业大学农业建筑环境与能源工程专业 2022 年 2023 年连续 2 年在校友会中国大学农业建筑环境与能源工程专业排名（研究型）中第一。

#### **主要解决的问题：**

(1) 专业建设理念滞后，培养目标定位与新产业发展需求不匹配。

(2) 专业知识体系落后，课程体系对拔尖创新与复合应用型人才培养的支撑度不够。

(3) 传统教学模式不利于创新能力、创新思维培养，无法满足新产业发展对创新人才的需求。

(4) 实践教学体系模式功能单一，无法满足拔尖创新与复合应用型人才培养需求。

(5) 基层教学组织功能未充分发挥，以课程为中心的教学团队建设薄弱。

## 1.2 主要内容与方法

本成果围绕新农业、新农村、新农民、新生态，针对现代农业发展过程中不断变化的产业新需求，明晰了专业发展理念和发展内涵，建立了动态、开放的人才培养模式，重构了以“三化”为核心专业知识体系和课程体系，推进了“四结合、三促进，二衔接、一同步”的教与学模式改革、强化了“三段渐进式”实践教学体系建设、创新校企研融合的基层教学组织建设模式，强化了多单位协同育人和推进国际开放合作，打造了高质量教学团队，促进学生知识、能力和素质培养，探索面向新产业的地方高校农业建筑环境与能源工程专业的改造升级建设途径。成果总体实施路径如图 1 所示：

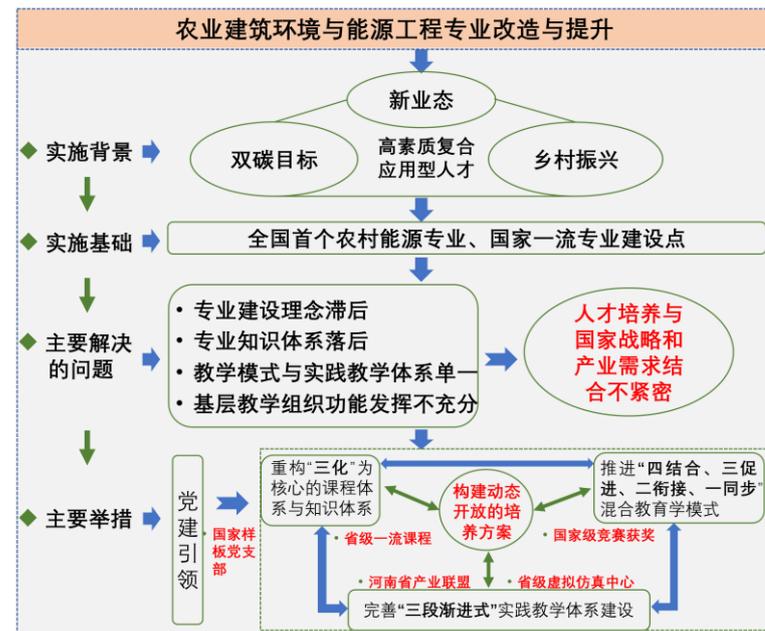


图 1 成果总体实施路径

### (1) 构建动态、开放的人才培养方案，适应行业发展与进步

如图 2 所示，以服务新产业、引领未来产业发展为目标，明晰专业发展理念和发展内涵，结合国家专业标准和专业认证，建立创新型和复合应用型相结合的人才培养模式，并在实施过程中根据产业发展

和行业技术进步适时进行动态化调整，做到“夯实基础、突出特色、拓宽眼界、探索前沿”，以适应不断变化的产业发展和行业技术进步。在实施过程中，通过积极邀请中国农业工程学会、宇通宇通客车股份有限公司、河南天冠企业集团有限公司、河南四通锅炉有限公司、河南省科学院能源研究所等行业与企业知名专家举办学科方向建设规划与行动计划论证会，结合国家标准，确立了以服务生态农业、低碳农业以及智慧农业等新业态发展需求为导向，以培养创新型和复合应用型人才为目标的动态人才培养方案。

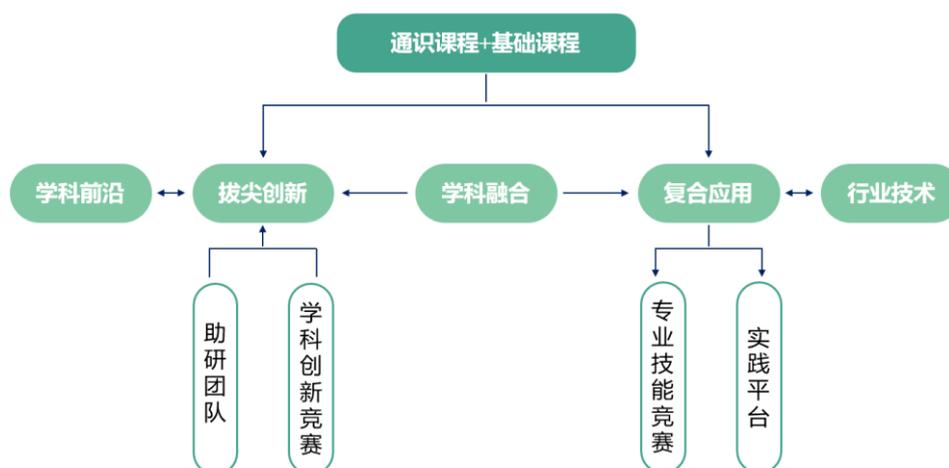


图 2 动态开放的人才培养模式

**(2) 深挖课程思政元素，重构以“三化”为核心的专业知识和课程体系，服务现代农业产业新需求**

根据现代农业发展要求，重构以知识、能力、素养培养为目标、以“三化”为中心的专业知识体系和课程体系（如图 3 所示）。使先进理念进课堂、先进技术进教材，专业知识结构体系得到不断的完善和补充。在实施过程中，通过修订《生物质能工程》、《能量有效利用》等课程内容，新增《节能低碳创新技术》、《设施农业工程工艺》等课

程，将专业知识体系由传统的单一“能源化”向“能源化、资源化和生态化”转变。并借助一流课程建设，将智慧能源、大数据、物联网等新技术融入教材体系建设。同时，在课程体系中融入能源安全、“两山”理论、生态文明等思政元素，将知识教育和思政要点紧密结合，建设课程思政教学体系。

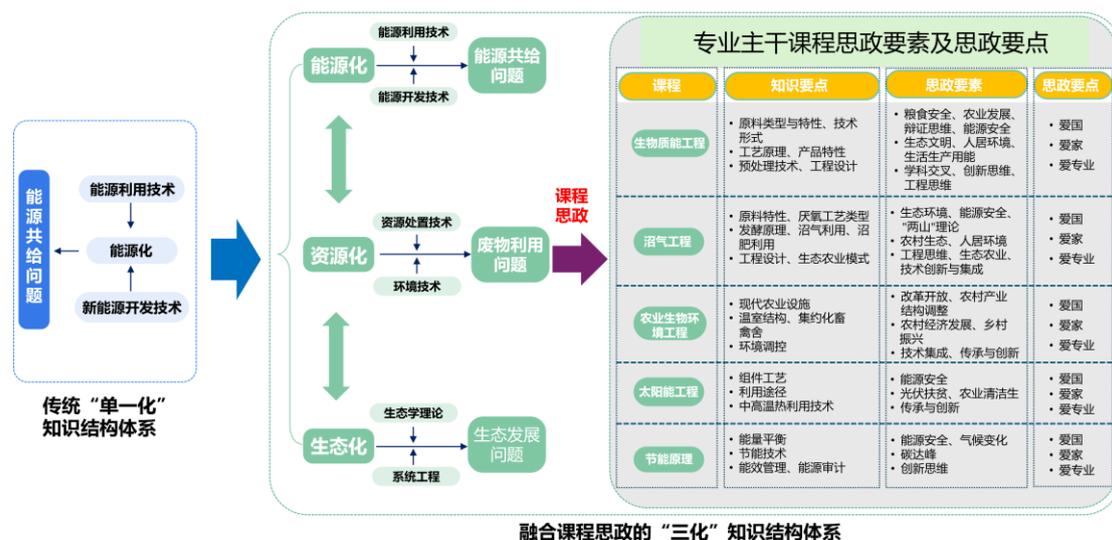


图 3 专业知识和课程体系的重构

### (3) 推进“四结合、三促进、二衔接、一同步”教与学模式改革，提升学生创新设计与思维能力

如图 4 所示，通过将实际设计项目引入课堂、引导学生参与教师科研课题、参与挑战杯等学科竞赛等，并借助慕课、虚拟仿真中心等现代优质网络资源，构建线上教学、线下教学、进一步完善线上教学、线下教学、课程设计、实践教学（实验、实习）相结合的“四结合”多层次混合教学模式，提高学生主动学习积极性，实现以知识融合、创新设计能力培养和创新思维能力培养为目标的“三促进”教学质量提升。

使理论教学与实践教学紧密衔接，达到知识学习和工程思维同步发展。

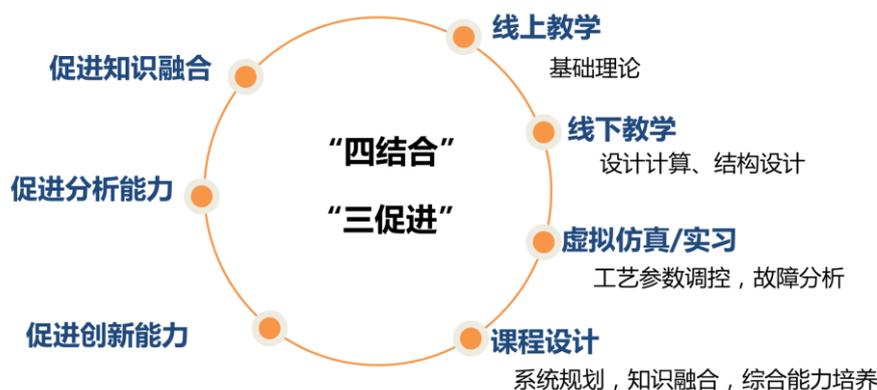


图 4 “四结合、三促进”教学模式

#### (4) 完善“三段渐进式”实践教学体系建设，培养理论与实践融通能力

通过“暗光联合生物制氢”、“沼气发酵参数工艺调控”等省级虚拟仿真项目建设，形成完整的“生物质能虚拟仿真平台”，通过与中国农业工程学会共建国家科普示范基地、与宇通集团共建氢能行业学院、与九一集团共建双碳技术研究院等，建立以认知实习、课程实习、生产实习相结合的“三段式”实践教学体系，提高学生的动手能力和创新能力。同时，加强与共建实习基地单位的深层次协作，聘任企业专业技术人员参与实习教学，建立实践教学师资人员培养制度，开展多方协同育人。

此外，加强实验室基础条件改善，有序开展实验设备更新和维护，加大专业实验室开放力度。以信息技术为支撑，进一步加强和虚拟仿真实验平台建设，以现有“暗-光联合生物制氢虚拟仿真综合实验项目”和“沼气厌氧发酵工艺参数调控虚拟仿真项目”两个省级虚拟仿真教学平台为基础，继续建设生物质成型燃料技术与装备、生物质热化

学转化技术与工艺、生物柴油工艺调控和燃料乙醇等四个方向的虚拟仿真项目建设,形成完整的特色“生物质能虚拟仿真平台”,如图 5 所示。

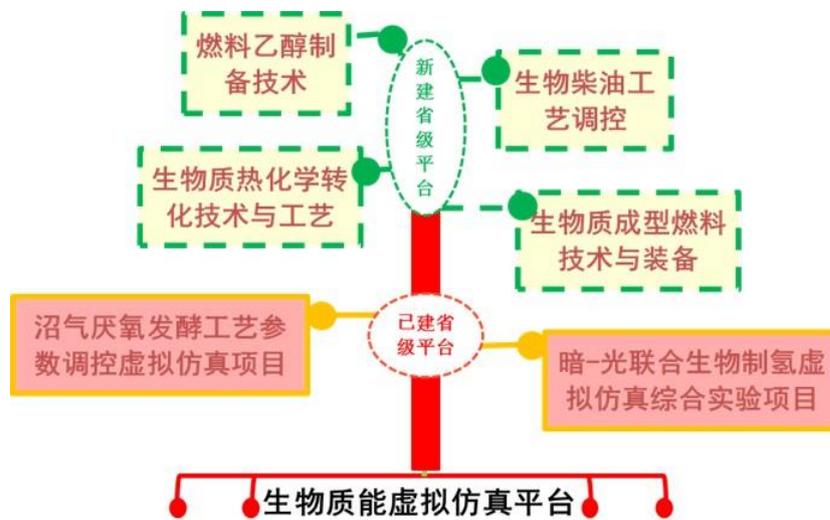


图 5 生物质能虚拟仿真平台

### (5) 创新科教、产教融合基层教学组织建设,拓展基层教学组织功能

加强科教、产教融合的农业建筑环境与能源工程专业基层教学组织建设。以国家样板党支部和省级优秀基层教学组织建设为契机,建设以《生物质能工程》、《沼气工程》、《太阳能》等专业核心课程科教、产教融合的教学团队,推行科研、产业一线人员进课堂;加强校企、校研多方位融合,以学科研究热点和企业发展亟需解决的问题作为创新实践教学项目,联合解决实际问题,全面提升教师教学能力,提高学生实践创新能力。

### 1.3 成果的特色与创新

#### (1) 构建了面向新业态、融合课程思政的以“三化”为核心的知识体系,形成了动态、开放的培养方案调整机制

传统的专业知识体系主要围绕农村能源化构建,较为单一,已经难以满足当前农业农村发展新业态下面临的人才培养需求。本成果立

足双碳目标、乡村振兴等国家战略，瞄准行业需求，在深入调研生态低碳农业发展需求及广泛征求行业企业和研究单位的意见和建议后，通过修订已有教材和新增教材等措施，充分挖掘课程思政元素，充分挖掘课程思政元素，重构了以“能源化”、“资源化”、“生态化”为核心的知识体系，解决了原有专业知识体系与国家战略和产业需求结合不紧密的问题。同时，形成了由校内外一线教师、行业企业与学生代表等共同参与培养方案调整的长效机制，确保培养方案的动态性和开放性。

### **(2) 构建了“三段渐进式”实践模式，提出了“四结合、三促进、二衔接、一同步”的教学路径，优化了教学模式**

结合学生不同学段的学习特点，构建了认知实习、课程实习、生产实习相结合的“三段渐进式”实践教学体系，通过专业、课程、教材全面融入实践教学，实现从课本到实物，从运行到创新的渐进式认识过程，培养学生的系统思维和解决复杂问题的能力。通过建设在线课程、虚拟仿真实验课程，在慕课开设在线课程等，提升优质资源的供给能力，提出了线上教学、线下教学、课程设计、实践教学相结合的“四结合”混合式教学，使理论教学与实践教学紧密衔接，达到知识学习和工程思维同步发展。

### **(3) 以党建引领基层教学组织建设，创新了基层教学组织活动载体，丰富了基层教学组织活动内容，拓展了基层教学组织功能**

紧密围绕立德树人根本任务，以党建引领课程思政师资队伍建设，使专业教育与思政教育有机结合，打造乐教爱生的优秀基层教学团队。依托课程（群）、学科专业、教学团队、科研团队、实验团队等，建

设开放多元的基层教学组织新形态。实施青年教师“导师制”，落实新教师教学见习制度，支持教师参加教学技能竞赛，构建教师教学能力建设新体系。

#### **1.4 成果的推广及应用情况**

新工科背景下，针对面向新业态的地方高校农业建筑环境与能源工程专业建设中存在的 5 个问题，提出了 5 个解决途径，形成了 3 个创新成果，成果不但在农业院校如东北农业大学、沈阳农业大学、吉林农业大学、河南牧业经济学院而且在工科院校如东北电力大学、郑州轻工业大学、华北水利水电大学共计 7 所高校进行了推广与应用。受益教师和学生人数分别达到 300 余人、5000 余人（含本校），学生在科技创新能力、就业率、行业企业用人单位满意度，课程建设水平、专业建设水平等方面具有显著提升。

##### **（1） 学生科技创新能力进一步增强**

学生积极参加各种竞赛，获奖等次、级别以及数量进一步提升，彰显学生实践创新能力进一步提升。2022 年在第八届全国大学生能源经济学术创意大赛充分彰显了教学改革后学生锐意创新的青春风貌。专业改造与提升前后三年沈阳农业大学、吉林农业大学、河南农业大学农业建筑环境与能源工程、能源与动力工程等相关专业学生在各种科技创新竞赛中获省部级一等奖以上数量均增加 40%以上。学生参与发表的论文与专利数量也进一步增加，成果应用高校的增加率在 10%以上。

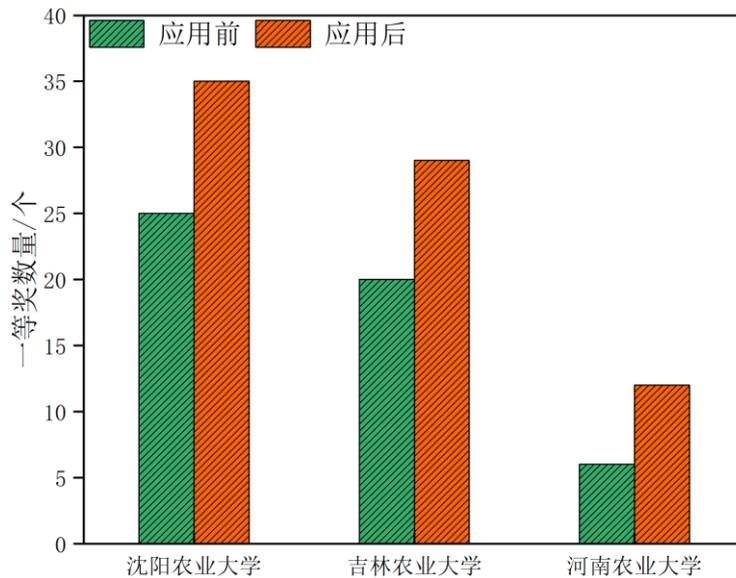


图 6 成果应用前后三年 3 所高校相关专业学生获省部级一等奖以上数量

## (2) 就业率稳步提升

学生创新能力、实践能力进一步提升有利促进学生的就业。成果应用高校，相关专业学生一次性就业率稳步提升。沈阳农业大学、吉林农业大学、河南农业大学农业建筑环境与能源工程、能源与动力工程等相关专业学生一次就业率提升率均在 5% 以上。

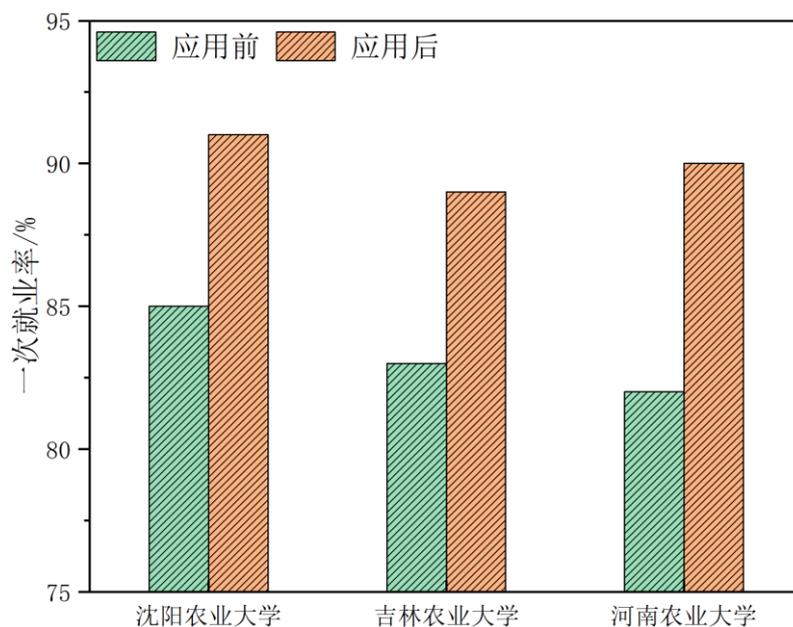


图 7 成果应用前后 3 所高校相关专业学生一次性就业率

### **(3) 行业企业用人单位满意度进一步提高**

经过每年对学生就业单位进行回访以及征求行业的意见建议发现，在进行专业提升改造后，专业人才培养更加面向新业态，行业企业用人单位满意度进一步提高。每年发放满意度调查表 100 份左右，回收 90 份，从 90 份的意见表中的满意度测试结果来看，由用人单位满意度的 88%提升至目前的 95%。

### **(4) 师生同频共振，课程建设水平进一步提升**

专业课程《工程热力学》《节能技术》、《流体力学》、《暗光联合生物制氢虚拟仿真综合实验项目》四门课程获河南省一流本科课程。

### **(5) 专业整体实力进一步提升，社会反响强烈**

在 2022 年校友会和 2023 年校友会中国大学农业建筑环境与能源工程专业排名（研究型）中，连续 2 年河南农业大学的农业建筑环境与能源工程专业全国排名第一，属于五星、A++档次。专业建设相关成果被中国日报、河南日报、河南省电视台等报道，也受到科技部的表扬，社会反响强烈。

## 2 国家级和省级教学项目

2.1 河南省高等教育教学改革研究与实践项目：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

2023年度河南省高等教育 教学改革与实践项目	
鉴定证书	
项目名称	面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践
主持人	贺超
主要成员	李刚、刘亮、刘新新、路朝阳、潘晓慧、焦有宙、刘圣勇
完成单位	河南农业大学
项目类型	新工科项目
文件号：教高〔2024〕30号 证书编号：豫教〔2024〕01554	



## 2.2 河南省高等教育教学改革研究与实践立项项目：工农融合的农业工程类新工科专业拔尖创新人才培养模式创新与实践

# 河南省教育厅

教高〔2024〕146号

## 河南省教育厅 关于公布2024年度河南省高等教育教学改革 研究与实践立项项目的通知

各高等学校：

为进一步深化高等教育教学改革，全面提高高等教育教学质量和人才培养水平，根据我厅《关于做好2024年河南省高等教育教学改革研究与实践项目立项工作的通知》（教高〔2024〕24号）要求，经高校申报、专家评审、结果公示，我厅决定立项建设郑州大学《综合性大学医学教育体制机制改革实践研究》等1140项省级教学改革研究项目，其中本科教育类630项，高职教育类项目350项，思政课类项目100项，就业创业指导类项目60项。现将有关事项通知如下。

— 1 —

项目编号	项目名称	主持人	主要成员	完成单位	类别
2024SJGLX0057	基于特色行业学院建设的智慧农业人才培养模式探索与实践	熊淑萍	郭战伟, 赵章红, 豆根生, 李浩川, 李鸿萍, 孙爱芳, 程 杰, 申 亮, 范教育, 张桂丁	河南农业大学, 河南恒茂创远科技集团股份有限公司	重点
2024SJGLX0058	工农融合的农业工程类新工科专业拔尖创新人才培养模式创新与实践	何 勋	王振锋, 李 赫, 贺 超, 高献坤, 王秀山, 张红梅, 屈 哲, 李冬冬, 姚 准, 王江涛	河南农业大学, 河南省农业机械学会	重点
2024SJGLX0059	乡村振兴背景下社会工作专业复合型人才培养模式创新研究与实践	李 伟	田彦峰, 刘忠魁, 孙 迪, 张 丽, 王六刚, 殷玉如	河南农业大学	重点
2024SJGLX0060	新农科背景下地方农业高校农林经济	刘瑞峰	方 芳, 周春涛, 李 月, 张君慧, 宋保胜, 王 立, 王 明	河南农业大学	重点

## 2.3 高等教育科学研究规划课题科学研究规划课题：新工科背景下能源动力类高校科研与教学协同发展研究

# 中国高等教育学会

高学会〔2022〕89号

## 中国高等教育学会关于公布“2022年度高等教育科学研究规划课题”立项名单的通知

中国高等教育学会于2022年5月启动了“2022年度高等教育科学研究规划课题”申报工作，经资格审查、匿名会议评审、公示后，现予以正式公布，名单见附件。

中国高等教育学会秘书处联系人：周庆 于洪洪

电话：010-82289799、82289739

邮箱：xueshubu3@moe.edu.cn

地址：北京市海淀区学院路35号世宁大厦二层215室

邮编：100191

附件：中国高等教育学会“2022年度高等教育科学研究规划课题”立项名单

中国高等教育学会  
2022年9月13日

### 八、新时代能源动力类人才培养改革实践研究

课题编号	课题名称	课题负责人	所在单位	立项类别
22WL0301	新工科背景下能源动力类人才综合素质培养的改革与实践	巴雪冰	大连理工大学	重点
22WL0302	新工科背景下能源动力类人才综合素质培养的改革与实践	高文志	天津大学	重点
22WL0303	碳中和专业储能人才培养理念与机制研究	刘海峰	天津大学	重点
22WL0304	《工程流体力学》教学中课程思政多维探索与实践研究	叶丁丁	重庆大学	重点
22WL0305	“双碳”背景下能源动力类专业《工程热力学》与《传热学》课程思政研究与实践	赵斌	长沙理工大学	重点
22WL0306	新工科背景下能源动力类高校科研与教学协同发展研究	路朝阳	河南农业大学	重点
22WL0307	基于虚拟仿真与远程实验相结合的数智化实验教学改革与探索	朱燕群	浙江大学	重点
22WL0308	《工程热力学》内涵式思政教学模式及评价体系的构建与实施	李法社	昆明理工大学	重点

## 2.4 河南省本科高校研究性教学系列项目：科教融合视角下本科生研究性教学模式研究



### 附件 1

#### 2022 年本科高校研究性教学改革研究与实践项目拟立项名单

序号	学校	项目名称	主持人	主要成员	项目科类
1	郑州大学	“一流学科”驱动下的材料类专业研究性教学改革及运行机制研究	赵红亮	胡俊华、庞新厂、桂玲玲、周颖、曹国钦、董祥雷、王昆仑	研究性教学运行机制
10	河南大学	国家一流专业背景下土木工程专业多维度研究性教学模式的构建	原华	岳建伟、王凯、边汉亮、朱想、宋晓、张静、马建军	研究性教学模式
11	河南大学	基于“探究学习”差异的高校进阶式研究性教学模式建构研究	吴洪富	王振存、孟艳、柳芸芸、夏淑玉、张俊超、魏曙光、宋燕	研究性教学模式
12	河南大学	知行创融合视野下大学生研究性教学模式构建与实践研究	赵慧臣	文洁、郝兆杰、兰国帅、王慧君、冯永华、李琳、范田田	研究性教学模式
13	河南大学	地理科学研究性教学模式的开发与设计	朱连奇	朱文博、时振钦、梁留科、翟秋敏、张广花	研究性教学模式
14	河南农业大学	科教融合视角下本科生研究性教学模式研究	刘圣勇	贺超、黄黎、陶红歌、青春耀、徐桂转、李刚、赵淑衡	研究性教学模式
15	河南农业大学	基于研究性教学的林学类创新人才培养研究与实践	范国强	赵振利、郭芳、闫东锋、毕会涛、李继东、张雅梅、张志华	研究性教学模式
16	河南农业大学	园艺专业研究性教学改革与创新型人才培养研究	谭彬	孙守如、冯建灿、郑先波、毛会坡、程钧、张即郎、张海朋、曾文芳、潘磊、张四普、牛佳佳、赵乾	研究性教学运行机制

## 2.5 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目：面向新业态的农业院校能源与动力工程专业定位与提升

教育部高等学校  
能源动力类专业教学指导委员会

[首页](#)   [教指委简介](#)   [委员名单](#)   [教指委活动](#)   [新闻公告](#)   [名师风采](#)   [精品课程](#)   [资料下载](#)

当前位置: [首页](#) > [新闻公告](#) > [新闻公告](#) > 正文

### 2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目立项公示通知

2022-01-18 09:54:07

---

教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会

关于公布“2021年全国高等学校能源动力类专业  
教学研究与实践项目”的通知

各项目申请人：

根据“高等学校能源动力类教学研究与实践项目立项通知”精神，教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会组织开展了“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”的立项申报工作。全国各能源动力类相关专业教学的教师们积极响应，经教指委专家通讯评审及会评审定，评定出高等学校能源动力类教学研究与实践项目项目173项，推荐“能源动力类专业新形态基础技术课程教材建设”等59个项目为“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”重点项目（见附件1），建议资助金额不低于5万元；评定“双碳背景下能源动力类创新型人才多元协同培养机制”等114个项目为“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”一般项目（见附件2），建议资助金额不低于2万元。

现予以公布。

各类型项目2022年2月启动，项目研究期限为2年，研究经费由项目负责人所在单位配套。

附件1：“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”重点项目  
附件2：“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”一般项目



教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会  
二〇二二年元月十八日

附件 2

2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目（推荐一般）						
项目编号	备注	项目名称	项目组别	负责人	对应指南编号	教指委推荐项目类型
NSJZW2021Y-53	北京理工大学	新工科热工课程群“思政”内容挖掘与教学融入	综合性高校组	郑宏飞	5	一般
NSJZW2021Y-54	东北大学	构建“一体化、多层次、多形式”的新实验教学体系	工科优势高校组	叶竹	2	一般
NSJZW2021Y-55	河南农业大学	面向新业态的农业院校能源与动力工程专业定位与提升	地方高校组	贺超	1	一般

## 2.6 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目：“三向融合法”在汽轮机原理课程中的创新与实践

**教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会**

当前位置: 首页 > 新闻公告 > 新闻公告 > 正文

### 2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目立项公示通知

2022-01-18 09:54:07

**教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会**

关于公布“2021年全国高等学校能源动力类专业教学研究与实践项目”的通知

各项目申请人:

根据“高等学校能源动力类教学研究与实践项目立项通知”精神,教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会组织开展了“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”的立项申报工作。全国各能源动力类相关专业教学的教师们积极响应,经教指委专家通讯评审及会评审定,评定出高等学校能源动力类教学研究与实践项目项目173项,推荐“能源动力类专业新形态基础技术课程教材建设”等59个项目为“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”重点项目(见附件1),建议资助金额不低于5万元;评定“双碳背景下能源动力类创新型人才多元协同培养机制”等114个项目为“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”一般项目(见附件2),建议资助金额不低于2万元。

现予以公布。

各类项目2022年2月启动,项目研究期限为2年,研究经费由项目负责人所在单位配套。

附件1:“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”重点项目  
附件2:“2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目”一般项目

教育部高等学校能源动力类专业教学指导委员会  
二〇二二年元月十八日

附件 2

2021年高等学校能源动力类教学研究与实践项目（推荐一般）						
项目编号	备注	项目名称	项目组别	负责人	对应指南编号	教指委推荐项目类型
NSJZW2021Y-81	河南农业大学	“四融三通”教学法在热力发电厂课程模块中的创新与实践	地方高校组	张志萍	2	一般
NSJZW2021Y-82	上海理工大学	工程教育认证背景下的工程热力学实验课程思政教学改革	地方高校组	魏燕	4	一般
NSJZW2021Y-83	河南农业大学	“三向融合法”在汽轮机原理课程中的创新与实践	地方高校组	潘晓慧	2	一般

## 2.7 河南省虚拟仿真实验教学项目：沼气厌氧发酵工艺参数调控虚拟仿真

河南省教育厅
无障碍阅读 进入适老模式

The Education Department Henan Province

🏠 首页
🏢 机构设置
📰 教育动态
📄 政务公开
👤 政务服务
🗨️ 交流互动
📌 专题子站

您好, 今天是2023年10月17日, 欢迎访问中共河南省委教育工委、河南省教育厅网站!

🏠 首页 > 微信栏目 > 文件通知 > 正文 分享:

### 河南省教育厅关于公布2019年度河南省虚拟仿真实验教学项目立项建设名单的通知

教高〔2019〕672号

2019-10-10 10:02 【浏览字号: 大 中 小】 来源: 教育厅办公室

各本科高校:

根据河南省教育厅《关于开展2019年度省级虚拟仿真实验教学项目认定工作的通知》(教办高〔2019〕369号)要求,经学校申报、会评答辩和公示,我厅确定安阳工学院《典型飞机结构部件前机身装配及双机器人铆接虚拟仿真实验》等153个项目为2019年度河南省虚拟仿真实验教学立项建设项目,现予以公布(名单见附件)。

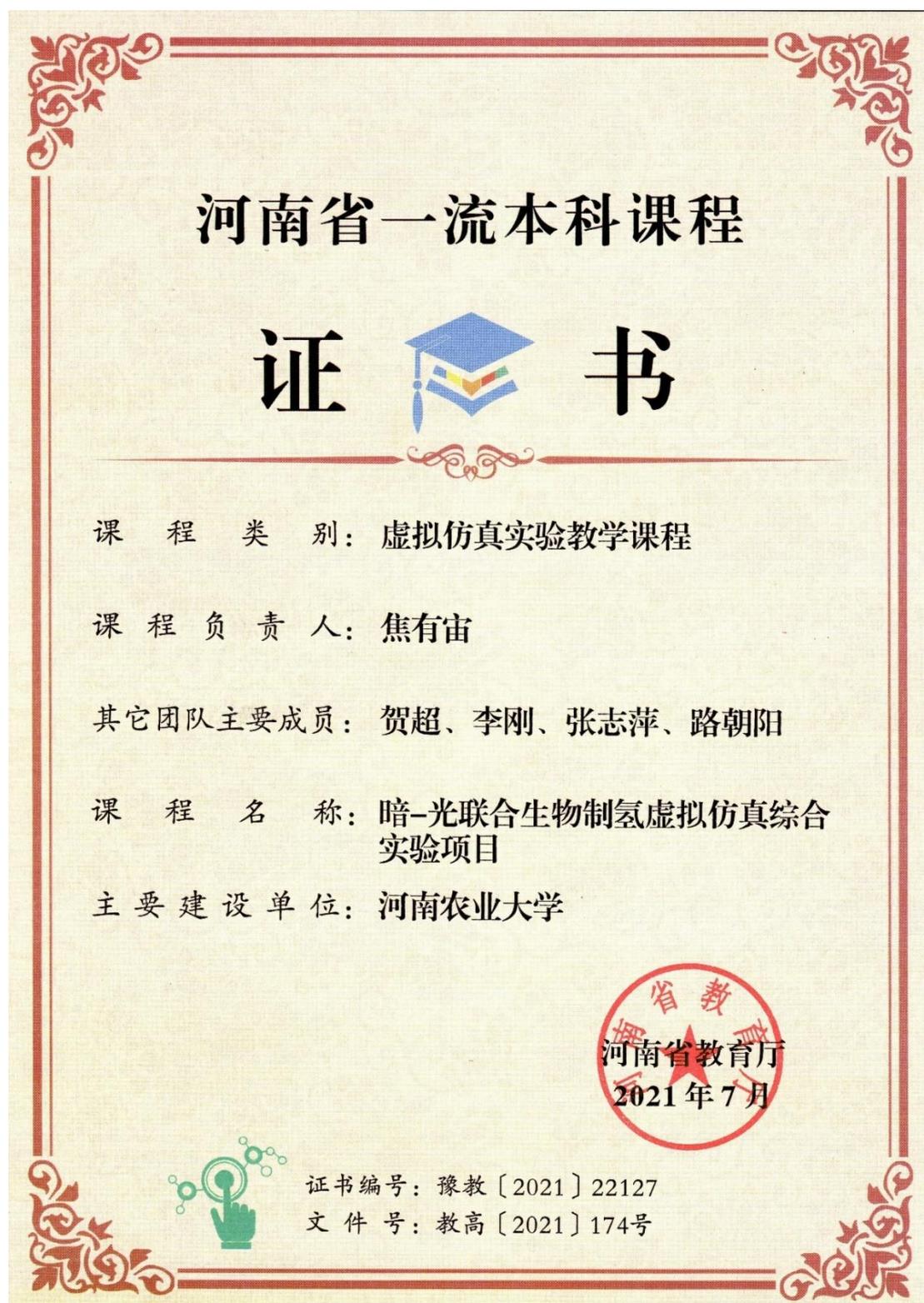
各有关高校要发挥主体作用,加大经费投入,强化虚拟仿真实验教学团队建设,完善考核、奖励、监督机制和实验教学效果评价体系。项目建设团队要继续建设完善虚拟仿真实验教学项目并保持对外联通开放,提供稳定、优质的实验教学服务,为全省高等学校提供实验教学示范。各高校要积极借鉴和应用虚拟仿真实验教学项目建设成果,探索线上线下相结合的实验教学模式,稳步提升实验教学质量。我厅将适时组织开展省级虚拟仿真实验教学项目的教学实践与效果、服务质量、持续更新等方面的跟踪监测和综合评价,对未达标的实验教学项目,将取消其立项建设资格。

附件: [2019年度河南省虚拟仿真实验教学项目立项建设名单](#)

2019年9月30日

序号	学校名称	虚拟仿真实验项目	负责人	所属类别
52	河南农业大学	重铬酸钾的应用及重金属铬废液的处理、检验	徐翠莲	化学类
53	河南农业大学	2-甲基-2-己醇的合成及核磁共振波谱表征虚拟仿真实验	吴璐璐	化学类
54	河南农业大学	麦-玉两熟绿色耕作管理虚拟仿真综合实验	熊淑萍	植物类
55	河南农业大学	基于 Crispr-Cas9 基因编辑技术的玉米定向种质改良	石永春	植物类
56	河南农业大学	有机化学单元操作综合实验——绿色杀菌剂吡唑醚菌酯合成	那日松	化学类
57	河南农业大学	吸收法处理典型气态污染物 3D 虚拟仿真实验	袁 远	环境科学与工程类
58	河南农业大学	沼气厌氧发酵工艺参数调控虚拟仿真	李 刚	农业工程类
59	河南师范大学	抑郁小鼠模型构建及鉴定虚拟仿真实验	唐超智	动物类
60	河南师范大学	高效可逆捕获二氧化碳的离子液体设计及性能测试	赵 扬	化学类

2.8 省级一流课程-虚拟仿真：暗光联公生物制氢虚拟仿真综合实验项目



## 2.9 河南省一流本科课程：工程热力学



河南省人民政府  
WWW.HENAN.GOV.CN

本站

无障碍阅读 进入适老模式

首页 省政府 要闻动态 政务公开 网上服务 政民互动 走进河南 专题专栏

首页 > 要闻动态 > 部门 【打印】【字体：大 中 小】

### 首批认定河南省一流本科课程名单公布

河南省人民政府门户网站 www.henan.gov.cn 时间：2020-05-29 15:15 来源：河南政府网 分享：

5月29日，省教育厅公布首批河南省一流本科课程认定结果，全省高校590门课程获评“一流”。

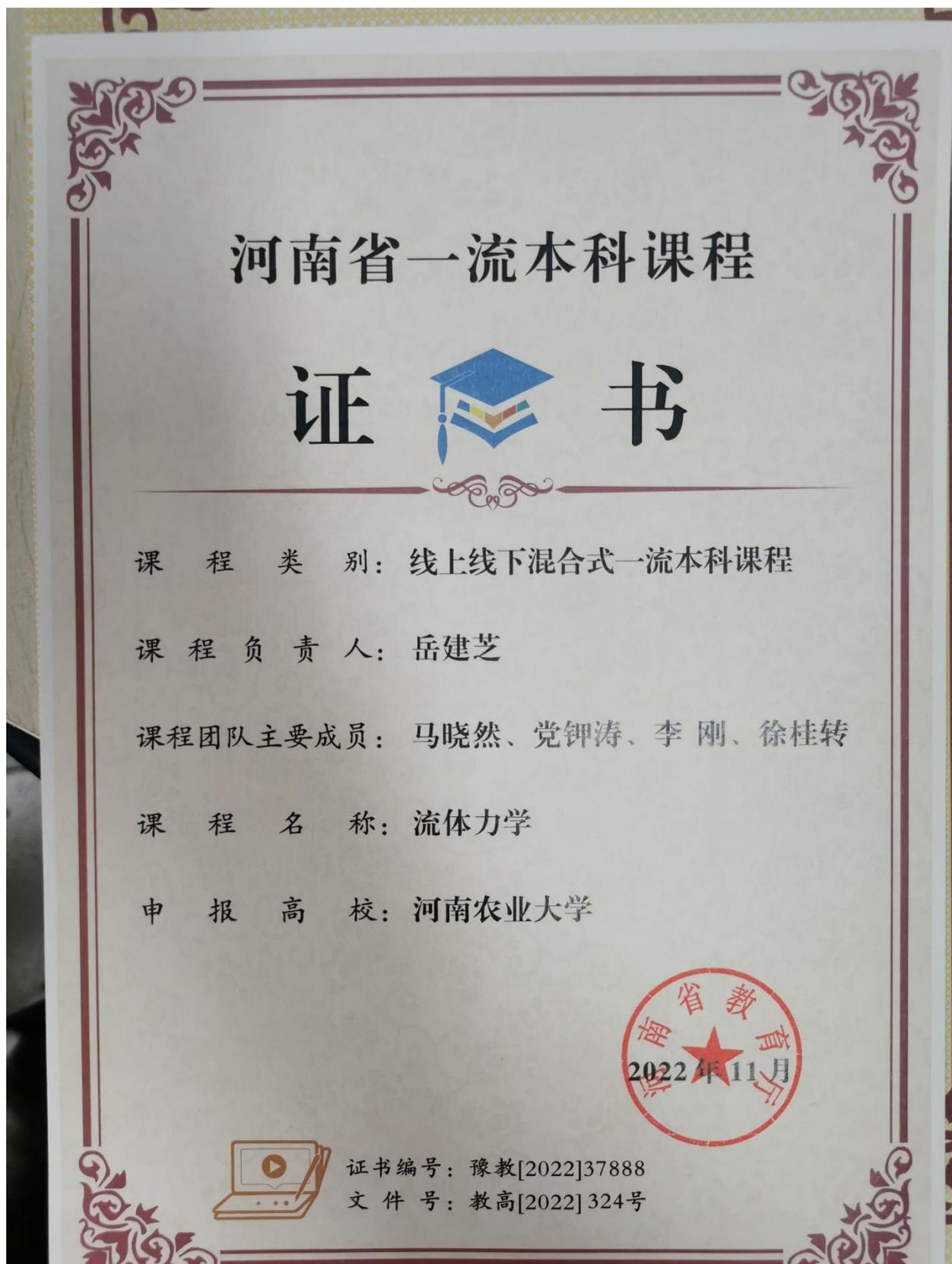
根据《河南省教育厅关于实施河南省一流本科课程建设计划的通知》（豫教高〔2019〕166号）精神，按照《河南省教育厅关于开展河南省高校精品在线开放课程建设工作的通知》（教高〔2016〕698号）要求，省教育厅决定认定前期立项建设并通过连续三年评价的郑州大学《化工设备设计基础》等52门省级精品在线开放课程为省级线上一流本科课程。按照《河南省教育厅办公室关于开展2019年线上线下混合式社会实践省级一流本科课程认定及国家级遴选推荐工作的通知》（教办高〔2019〕474号）要求，经学校申报、专家评审和结果公示，省教育厅决定认定郑州大学《流行病学》等265门课程为省级线下一流本科课程、郑州大学《仪器分析》等252门课程为省级线上线下混合式一流本科课程、郑州大学《创新与创业管理》等21门课程为省级社会实践一流本科课程。

省教育厅将通过日常监测、定期评价等方式，对省级一流本科课程的课程改革、组织教学、实际应用、教学效果和共享共用等进行跟踪监督和管理。对于未持续更新完善、政治导向错误、出现严重质量问题、课程团队成员出现师德师风等问题的课程，将取消其省级一流本科课程资格。（文/李瑞）

附：[首批认定河南省一流本科课程名单](#)

342	河南农业大学	农业设施工程学	董晓星	孙治强、朴凤植、国志信	线上线下混合式一流课程
343	河南农业大学	兽医外科手术学	董海聚	刘芳、邓立新、童超、耿娟	线上线下混合式一流课程
344	河南农业大学	工程热力学	徐桂转	陶红歌、贺超、姚森、李刚	线上线下混合式一流课程
345	河南农业大学	战略管理	郑伟程	何泽军、赵翠萍、刘向华、张朝辉	线上线下混合式一流课程
346	河南农业大学	婚姻家庭法学概论	韩宁	代莉、张帅梁、程春丽、申娜	线上线下混合式一流课程

2.10 河南省一流本科课程：流体力学



## 2.11 河南省一流本科课程：节能技术



首页 > 要闻动态 > 部门 【打印】【字体：大 中 小】

### 首批认定河南省一流本科课程名单公布

河南省人民政府门户网站 www.henan.gov.cn 时间：2020-05-29 15:15 来源：河南政府网 分享：

5月29日，省教育厅公布首批河南省一流本科课程认定结果，全省高校590门课程获评“一流”。

根据《河南省教育厅关于实施河南省一流本科课程建设计划的通知》（豫教高〔2019〕166号）精神，按照《河南省教育厅关于开展河南省高校精品在线开放课程建设工作的通知》（教高〔2016〕698号）要求，省教育厅决定认定前期立项建设并通过连续三年评价的郑州大学《化工设备设计基础》等52门省级精品在线开放课程为省级线上一流本科课程。按照《河南省教育厅办公室关于开展2019年线上线下混合式社会实践省级一流本科课程认定及国家级遴选推荐工作的通知》（教办高〔2019〕474号）要求，经学校申报、专家评审和结果公示，省教育厅决定认定郑州大学《流行病学》等265门课程为省级线下一流本科课程、郑州大学《仪器分析》等252门课程为省级线上线下混合式一流本科课程、郑州大学《创新与创业管理》等21门课程为省级社会实践一流本科课程。

省教育厅将通过日常监测、定期评价等方式，对省级一流本科课程的课程改革、组织教学、实际应用、教学效果和共享共用等进行跟踪监督和管理。对于未持续更新完善、政治导向错误、出现严重质量问题、课程团队成员出现师德师风等问题的课程，将取消其省级一流本科课程资格。（文/李瑞）

附：[首批认定河南省一流本科课程名单](#)

序号	学校名称	课程名称	课程负责人	课程团队主要成员	课程类别
112	河南农业大学	节能技术	赵淑蘅	刘圣勇、李攀攀、青春耀 刘亮	线下一流课程
113	河南农业大学	食品化学	雷萌萌	张平安、谢新华、沈玥 宋森	线下一流课程
114	河南农业大学	中国近现代史纲要	杜小峥	刘秋霞、郭武轲、王榆芳 王俏蕊	线下一流课程
115	河南农业大学	植物化学	白润娥	闫凤鸣、雷彩燕、刘艳艳 韩卫丽	线下一流课程

## 2.12 河南省卓越农林人才教育基地建设项目:河南农业大学农业废弃资源资源化利用产教融合示范基地



序号	基地类别	学校名称	基地名称	共建企事业单位名称	负责人
			育合作育人示范基地		
1		郑州大学	郑州大学都市农业农林产教融合示范基地	河南省庆发种业有限公司	陈薇薇
2		河南大学	河南大学鼎优农业科技有限公司产教融合现代化示范基地	河南鼎优农业科技有限公司	王学路
3		河南农业大学	河南农业大学心连心农林产教融合示范基地	河南心连心化学工业集团	介晓磊
4		河南农业大学	河南农业大学农业废弃资源资源化利用产教融合示范基地	河南百川环境科技有限公司	胡建军
5		河南农业大学	河南农业大学园艺学院豫艺种业农林产教融合示范基地	河南豫艺种业科技发展有限公司	孙守如

### 3 教学成果校外推广应用及效果证明材料

- (1) 推广应用及效果-吉林农业大学
- (2) 推广应用及效果-郑州轻工业大学
- (3) 推广应用及效果-华北水利水电大学
- (4) 推广应用及效果-河南牧业经济学院
- (5) 推广应用及效果-东北电力大学
- (6) 推广应用及效果-沈阳农业大学
- (7) 推广应用及效果-东北农业大学

# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：吉林农业大学

面向对象及受益人数	<input checked="" type="checkbox"/> 教师	10 人
	<input checked="" type="checkbox"/> 学生	180 人

我院系河南农业大学机电工程学院研究成果“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”的推广单位，该成果在我院推广情况如下：

我院于 2022 年 5 月接触到该成果，经充分研讨认为该成果针对性和创新性强，符合我院本科生教学实际，决定从 2022 年 6 月起在学院专业建设和教学过程中施行。通过以认知实习、课程实习、生产实习相结合的“三段式”实践教学体系建设，使教学内容实现从课本到实物，从运行到创新的渐进式认识过程；同时，推进校企、校研联合实践基地建设，加强与共建实习基地单位的深层次协作，聘任企业专业技术人员参与实习教学，建立实践教学师资人员培养制度，开展多方协同育人。与成果实施前相比，有力促进了学生实践能力和理论联系实际的能力，毕业生受到社会欢迎，一次就业率高于全校平均水平。

该成果已在我院农业建筑环境与能源工程、新能源科学与工程等相关专业本科生教学培养中应用超过 2 年，培训教师 10 人次，受益学生 180 余人。

特此证明。

二级单位负责人签字： 工程技术学院（盖章）

（学校盖章）

2024 年 6 月 17 日

# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：郑州轻工业大学

面向对象及受益人数	□教师	112
	□学生	2341

我院系河南农业大学机电工程学院研究成果“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”的推广单位，该成果在我院推广情况如下：

我院于2022年5月接触到该成果，经充分研讨认为该成果针对性和创新性强，符合我院本科生教学实际，决定从2022年6月起在学院专业建设和教学过程中施行。通过以认知实习、课程实习、生产实习相结合的“三段式”实践教学体系建设，使教学内容实现从课本到实物，从运行到创新的渐进式认识过程；同时，推进校企、校研联合实践基地建设，加强与共建实习基地单位的深层次协作，聘任企业专业技术人员参与实习教学，建立实践教学师资人员培养制度，开展多方协同育人。与成果实施前相比，有力促进了学生实践能力和理论联系实际的能力，毕业生受到社会欢迎，一次就业率高于全校平均水平。

该成果已在我院能源与动力工程等相关专业本科生教学培养中应用超过2年，培训教师112人次，受益学生2341人。

二级单位负责人签字： (盖章)

(学校盖章)

2024年6月25日

# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：华北水利水电大学

面向对象及受益人数	<input type="checkbox"/> 教师	62
	<input type="checkbox"/> 学生	350

为适应现代农业发展过程中不断变化的产业新需求，服务于国家“双碳”目标与“乡村振兴”战略，河南农业大学以培养面向新农业、新农村、新农民、新生态的高素质创新型人才为导向，进行了农业建筑环境与能源工程专业的改造与提升研究。通过建立动态开放的人才培养模式、重构专业知识体系、推进教与学模式改革、加强实践教学体系和基层教学组织建设等，探索出了面向新产业的地方高校农业建筑环境与能源工程专业的改造升级建设途径。我院于2022年5月接触到该成果，经充分研讨认为该成果针对性和创新性强，符合我院教学实际，决定从2022年6月起在学院专业建设和教学过程中推广应用。通过借鉴和应用，近年来学生综合素质较成果实施前明显增强，毕业生就业单位给予高度肯定，一次就业率高于全校平均水平。

该成果已在我院能源与动力工程等相关专业本科生教学培养中应用超过2年，培训教师62人次，受益学生350人。

特此证明。

二级单位负责人签字



(学校盖章)

2024年6月17日



# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：河南牧业经济学院

面向对象及受益人数	<input type="checkbox"/> 教师	30人
	<input type="checkbox"/> 学生	500人

河南农业大学机电工程学院研究成果“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”，通过以服务新产业、引领未来产业发展为目标，进一步明晰了专业发展理念和发展内涵，建立了以创新型和复合应用型相结合的人才培养模式，并在实施过程中根据产业发展和行业技术进步适时进行动态化调整，做到“夯实基础、突出特色、拓宽眼界、探索前沿”，以适应不断变化的产业发展和行业技术进步。该成果针对性和创新性强，符合我校本科生教学实际。

该成果已在我校能源与动力工程等相关本科专业应用超过2年，培训教师30人，受益学生500人，提升了学生的创新能力与综合素养，培养的毕业生受到社会欢迎。

特此证明。

二级单位负责人签字：

王磊



(学校盖章)

2024年7月22日



# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：东北电力大学

面向对象及受益人数	<input checked="" type="checkbox"/> 教师	21人
	<input checked="" type="checkbox"/> 学生	800人

我院系河南农业大学机电工程学院研究成果“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”的推广单位，该成果在我院推广情况如下：

我院于2022年6月接触到该成果，经充分研讨认为该成果针对性和创新性强，符合我院本科生教学实际，决定从2022年6月起在学院专业建设和教学过程中施行。通过推进“四结合、三促进、二衔接、一同步”教与学模式改革，即完善线上教学、线下教学、课程设计、实践教学相结合的“四结合”混合式教学，实现以知识融合、创新设计能力培养和创新能力培养为目标的“三促进”教学质量提升。使理论教学与实践教学紧密衔接，达到知识学习和工程思维同步发展。与成果实施前相比，专业设置与社会需求更加匹配，企业对毕业生的认可度增加，一次就业率高于全校平均水平。

该成果已在我院能源与动力工程、建筑环境与能源应用工程等相关专业本科生教学培养中，借鉴应用超过2年，培训教师21人次，受益学生800余人。

特此证明。

二级单位负责人签字：

 (盖章)

(学校盖章)

2024年6月21日

教务处

# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：沈阳农业大学

面向对象及受益人数

教师

5 人

学生

200 人

河南农业大学机电工程学院研究成果“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”，进行了“四结合、三促进、二衔接、一同步”教与学模式改革，即完善线上教学、线下教学、课程设计、实践教学相结合的“四结合”混合式教学，实现了以知识融合、创新能力培养和创新思维能力培养为目标的“三促进”教学质量提升。使理论教学与实践教学紧密衔接，达到知识学习和工程思维同步发展。

该成果对于我院农业建筑环境与能源工程专业本科生教学具有借鉴意义。

特此证明。

二级单位负责人签字：(盖章)



(学校盖章)



2024年7月22日

# 教学成果校外推广应用及效果证明

成果名称：面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践

成果应用单位：东北农业大学

面向对象及受益人数	<input checked="" type="checkbox"/> 教师	8
	<input checked="" type="checkbox"/> 学生	179

河南农业大学机电工程学院研究成果“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”在我院推广情况如下：

我院于2022年5月接触到该成果，经认真研讨认为该成果创新性强，符合我院本科生教学实际，决定从2022年6月起在学院专业建设和教学过程中推广应用。根据现代农业发展要求，通过将专业知识体系由传统的单一“能源化”向“能源化、资源化和生态化”转变，重构以知识、能力、素养培养为目标、以“三化”为中心的专业知识体系和课程体系。使先进理念进课堂、先进技术进教材，专业知识结构体系得到不断的完善和补充。围绕农业生产废弃物能源资源化处理，以现代工程理论和信息技术为基础，将智慧能源、人工智能、大数据、物联网等新技术融入教材体系建设，使专业知识体系更加系统化和前沿化。与实施前相比，进一步提升了学生的综合素养与竞争力，提高了企业对毕业生的认可度，一次就业率高于全校平均水平。

该成果已在我院农业建筑环境与能源工程、新能源科学与工程等相关专业本科生教学培养中应用超过2年，培训教师8人次，受益学生179人。

特此证明。

二级单位负责人签字：



(盖章)



(学校盖章)

2024年6月20日

## 4 教育教学类论文、论著

### 4.1 教育教学类论文

#### 4.1.1 新工科建设背景下能源与动力工程类专业“四年制科创法”教学创新

中国大学教学 2022年第1-2期

## 新工科建设背景下能源与动力工程类专业“四年制科创法”教学创新

路朝阳 赵宁 张志萍

**摘要:** 在新工科建设背景下,将科研、创新竞赛融入教学过程,是推进能源与动力类专业教学创新的重要途径。本文阐述了能源与动力工程类专业的教学现状,分析了“四年制科创法”对教师教学与学生学习的积极影响,最后探索了改进教学的措施。“四年制科创法”将科学研究、创新竞赛与教学活动进行了有机融合,转变了传统教学的单一课堂教学模式。“四年制科创法”要求学生在四年本科学习阶段积极参加科创活动,系统地培养学生的实践能力,符合新工科建设要求。

**关键词:** 四年制科创法;新工科;能源与动力工程;创新创业

新工科建设对能源与动力工程类专业教师教学和学生学习提出了新要求,单一的教学模式已经不能很好地满足大学生的培养要求。“四年制科创法”可以将枯燥乏味的理论知识通过生动的科学研究、创新竞赛等活动展现出来。科研、创新竞赛、教学、学习是一个有机整体,科创活动可以及时掌握专业前沿动态,为教学与学习提供方向与目标,教学为科创活动提供理论知识,学生学习后为科创活动助力,循环往复,形成系统,促进课程教学改革<sup>[1]</sup>。教学在科研的润色下使学习更有成效。

### 一、能源与动力工程类专业教学现状

能源与动力工程类专业是典型的工科类专业,传统的教学模式、教学目标、培养方向有待进一步完善。教学模式传统单一,教学目标脱离互联网背景,学生能力得不到提升,教学改革需要进一步推进。

### 1. 教学目标不能满足新工科教学要求

新工科培养要求是在新时代发展下为国家与社会输入新型人才,培养具有较强实践动手能力、创新探索能力且有高素质、国际视野的工科人才。“新工科”教学以社会“新”技术或领域为目标导向,强调学科的实用性、交叉性与综合性。能源与动力工程类专业不仅要求学生在本学科精深学习,还要求学生具有持续学习的能力,并在相关学科上有一定的基础,在解决未来发展中的问题时起到引领启示作用。目前本专业的培育方式还不能满足新工科教学要求。学生缺乏实践动手能力和创新创业能力,高校对实践创新理解有偏差,以致学生的学习积极性不高。

### 2. 实践应用能力有待提高

能源与动力工程类专业主要研究能源的开发利用、动力机械和热工设备的设计与检测技

路朝阳,河南农业大学机电工程学院教授;赵宁,河南农业大学机电工程学院党委副书记;张志萍,河南农业大学机电工程学院教授。

## 4.1.2 Study on the Mechanism of Master's Education for Undergraduate Students in Ordinary Agricultural and Forestry Universities

# Study on the Mechanism of Master's Education for Undergraduate Students in Ordinary Agricultural and Forestry Universities

Chaoyang Lu, Tian Zhang, Danping Jiang, Yun Chen, Yameng Li,  
Yang Zhang, Xiaoyu Liang\*

Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China

\*Correspondence Author, liangxiaoyu@henau.edu.cn

**Abstract:** With the development of society and the economy, the program of talent cultivation plans is becoming more important. The introduction of strategies such as "rejuvenating the country through science and education", "strengthening the country through talent" and "innovation-driven development" further highlights the Central Committee's emphasis on talent training. Based on this background, this work focuses on the Master's training mechanism of undergraduate students in ordinary agriculture and forestry universities. Firstly, it expounds the orientation of the undergraduate training scheme and then lists the problems in the current undergraduate training scheme of ordinary agriculture and forestry universities. It also summarizes the reform way of the undergraduate training scheme of ordinary agriculture and forestry universities, to promote the quality of undergraduate training of ordinary agriculture and forestry universities.

**Keywords:** Agricultural and forestry Universities, Undergraduate Students, Master Training.

### 1. Positioning of the Undergraduate Training Scheme

#### 1.1 Difference between the Training Scheme of Undergraduate Students and High School Students

The purpose of our students receiving high school education is to participate in the college entrance examination and have the admission ticket to receive higher education, which is simpler in training students. While undergraduate training objectives and training schemes are more complex. In terms of learning motivation, high school students learn passively, with teachers assigning learning tasks and students rigidly completing them. Teachers set up learning tasks, students stereotypically complete, while the majority of undergraduate active learning. Students have a greater choice of space, free to choose to go to their interest in the course and field of in-depth study and research. Secondly, in the study curriculum, the curriculum of high school students is set by the requirements of the college entrance examination, a large number of cultural courses, no experiments, and social practice, all courses are compulsory, single learning knowledge, insufficient cultivation of ideological and political content, and students' thinking is more rigid. On the other hand, undergraduates' courses are diversified, including compulsory courses and elective courses, which involve culture, military, ideological education sports, etc., realizing diversified cultivation. Compared with high school students, after the stage of higher education, undergraduates have a great improvement in comprehensive quality, humanistic consciousness, social consciousness, and knowledge reserve [1].

#### 1.2 Difference between undergraduate and Graduate Training Schemes

From the point of view of cultivation objectives, undergraduates and postgraduates have obvious differences in

foreign language requirements and research ability. Such as foreign language, undergraduates most of the foreign language level only need to reach CET4 or close to CET4 when they graduate, and can simply read some English articles. For postgraduates, their foreign language level needs to reach the CET6 or even higher, and they must have the ability to read foreign magazines in the field of specialization. In addition to this, some schools have certain requirements for postgraduates to write in foreign languages. In terms of scientific research, undergraduates only need to master the basic laws of nature, and there is no requirement for their scientific research level, while postgraduates need to grasp the deep-level reaction mechanism, and are required to have certain scientific research ability and be able to achieve some new results or make strong contributions to the field. In terms of cultivation, undergraduates' cultivation is mostly filler-type, with the teacher teaching the students as the main cultivation method, and with the specialty or class as the basic unit of cultivation, while undergraduates' cultivation is mostly filler-type, with the teacher teaching the students as the main cultivation method. Classes as the basic unit of training, while postgraduates are mainly tutorial systems. At present, domestic postgraduates are mainly single tutor training or double tutors, which is a kind of master and apprentice relationship, mainly through self-study and discussion and other integration of training methods. The same specialty also has the difference. For the credit requirements and curriculum, undergraduates compared to postgraduates graduate credit requirements, more courses, undergraduates need to take a lot of basic courses, while postgraduates need to take a large number of terms of credit requirements and course curriculum, undergraduates have higher credit requirements and more courses than graduate students, who need to take a lot of basic courses during their undergraduates and a lot of specialized courses during their graduate studies. Postgraduates are more demanding than undergraduates in choosing the topic for their dissertations, and they are required to make their dissertations of greater value to society, promote the progress of science and technology, and put forward their new insights in the

### 4.1.3 农业院校工科类专业课程思政的要点与实施

第24卷第5期  
2021年10月

山东电力高等专科学校学报  
Journal of Shandong Electric Power College

Vol.24 No.5  
Oct.2021

## 农业院校工科类专业课程思政的要点与实施

李刚,焦有宙,贺超

(河南农业大学,河南 郑州 450002)

**摘要:**根据涉农工科专业特点,以专业发展、工程实例和时政为背景,围绕正确世界观、价值观、人生观的培养开展专业课程思政教育,将涉农工科专业课程思政要素归结为爱国、爱家、爱专业等要点,培养学生的家国情怀和责任担当意识,引导学生扎根基层,推进乡村振兴。

**关键词:**涉农工科;课程思政;爱国;爱家;爱专业

中图分类号:G641

文献标志码:B

文章编号:2096-9104(2021)05-0058-04

## Key Points and Implementation of Ideological and Political Education in Engineering Majors of Agricultural Colleges

LI Gang, JIAO Youzhou, HE Chao

(Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** According to the characteristics of agriculture-related engineering majors, taking professional development, engineering projects and current politics as background, the ideological and political education in specialty courses is carried out around the cultivation of correct world view, values and outlook on life, the ideological and political elements of agriculture-related engineering majors are summarized as loving country, loving home and loving specialty, so as to cultivate the students' family and country feeling and sense of responsibility, guide the students to put down roots in grass-roots units, and promote rural revitalization.

**Key words:** agriculture-related engineering majors; ideological and political education in courses; loving country; loving home; loving specialty

### 0 引言

立德树人是高校教育的根本任务,培养具有正确世界观、价值观、人生观的专业人才是课堂教学的基本要求,也是思政教育的重要内容<sup>[1]</sup>。课程思政在思政理论教育的基础上以专业知识学习为载体,将思想教育与工程伦理教育、创新思维培养等融入到专业知识学习中,实现德育与智育同步的教学目标。受知识储备、综合应用能力等因素的影响,有些教师在工科专业课程思政的教学中,多采用简单堆积和生搬硬套的方式,从而影响了教学效果<sup>[2-4]</sup>。农业院校中工科类专业是以传统农科为基础,围绕农业实际生产需求而发展起来的,其本质是面向农业

生产、解决实际工程需求的工程应用型专业。与传统工科专业相比,涉农工科专业在专业定位、课程体系、生源分布、学生心理、就业观念等方面存在差别。本文针对当前涉农工科专业特点和教学所面临的问题,从爱国、爱家和爱专业3个方面提出了涉农工科专业课程思政的要点,并进行了实施,以稳定专业思想、强化人才培养、提升教学质量。

### 1 农业院校涉农工科专业特点

#### 1.1 专业定位于服务农业生产

我国农业高校中涉农工科专业多以农科专业为基础逐步发展而成。改革开放后,随着农村产业结构的调整和农业生产模式的转变,涉农工科专业得到快速发展,并逐步形成稳定的学科内容和专业方向<sup>[5]</sup>。21世纪以来,随着以信息技术为代表的现代技术的发展,涉农工科专业围绕现代农业生产需求完成了跨越式发展,形成了兼有新农科和新工科属性的专业体系,定位于服务国家农业发展战略和新

收稿日期:2021-07-06

基金项目:河南省教育厅教学改革项目(项目编号:2020JGLX013)

作者简介:李刚(1975),男,博士,副教授,研究方向为涉农专业机电工程。

## 新工科背景下 “4+3+2”教学模式在热工设备课程中的探索与研究

潘晓慧 马晓然 刘新新 刘亮 青春耀

河南农业大学机电工程学院 河南郑州 450002

**摘要:**为顺应新工科发展,提升教与学的效果,提出了“4+3+2”教学新模式,以“四相融合”为基础,重构热工设备课程教学内容,采用基于OBE理念的“线上线下一实践课堂”三线并行教学方法,开展“线上任务驱动—线下项目教学—实践课堂巩固”的教学改革,建立“多样化+翻转化”两种评价标准,取得不错的教学效果。这种教学模式可为创新能力要求高且具有多学科交叉背景的工科本科专业课程教学提供参考。

**关键词:**热工设备;教学模式;OBE理念;思政

**中图分类号:**G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1438(2024)11-0086-02

**DOI:**10.13492/j.cnki.cmee.2024.11.028

为适应新工科建设需要,应对新一轮科技革命和产业变革的挑战,服务国家和区域发展需求,推动专业建设继续深化、拓展和突破,培养造就多样化与创新型工程科技人才,推进中国特色、世界水平的工程教育实践与改革,高校必须针对相关专业进行课程及教材体系创新与建设,探索新工科专业创新型、综合化、全周期、开放式的人才培养新模式。因此,新工科背景下,高校开展教学模式的探索与研究是实现创新实践型拔尖人才培养目标的重要途径<sup>[1-5]</sup>。

热工设备是能源与动力工程专业的必修课程,主要面向工科背景的学生,承担基本热工设备认知、工程设计能力培养的任务。通过该课程的学习,学生能够培养分析工程问题、进行锅炉设计计算、运行校核计算和试验的初步能力。

### 1 课程改革的必要性及关键问题

#### 1.1 教学内容重构的必要性

作为一门融合多门课程知识的综合类课程,热工设备具有理论性强、知识广跨度大、系统综合性强等特点。由于学生能力差距大,如何让基础较差的学生尽快打牢基础、提高成绩,分层次设置教学内容是课

程改革要解决的重点问题。教学内容设计通过科学规划将知识模块化、时序逻辑化,并构建知识图谱。如将热工设备基础知识分为理论教学和实践教学,并将模块化内容与学生的能力素质相匹配,最终帮助学生夯实基础。

#### 1.2 教学模式改革的必要性

作为一门偏重应用的课程,教学内涵不够深刻,学生产出成果等级和创新性不足,如何帮助学生在理论与实践之间搭建桥梁是需解决的重点问题。基于OBE理念,创建“线上任务驱动—线下项目教学—实践课堂巩固”的教学模式,强化信息技术应用,开发和应用立体化教学资源以符合学生的学习规律,最终使学生学有所思、学有所获、学有所用,在有限学时内提升综合能力。

#### 1.3 新的评价体系建立的必要性

目前教学评价体系多采用期末综合测试,为实现新工科人才培养目标,笔者采用互评为主的评价新方式。这种评价方式可以提高学生判断能力和决策能力,培养学生发现问题、定义问题和推动问题研究的能力。同时,强调过程评价,挖掘学生创新潜质,有效激发和培养学生的探究能力和科学思维,实现科研能力课程化培养。

**作者简介:**潘晓慧,博士,讲师;马晓然,博士,讲师;刘新新,博士,讲师;刘亮,博士,讲师;青春耀,博士,讲师。  
**基金项目:**高等学校能源动力类教学研究与实践项目“‘三向融合法’在汽轮机原理课程中的创新与实践”(编号: NSJZW2021Y-83);河南农业大学教育教学改革研究与实践项目“新工科背景下‘4+3+2’教学模式在热工设备课程中的探索与研究”(编号: 2022XJGLX016)。

## 4.1.5 新工科背景下本科毕业设计质量提升探讨——以河南农业大学农业建筑环境与能源工程专业为例

2023年第20期  
总第596期

科技文汇  
Journal of Science and Education

No.20, 2023  
Sum No.596

### 新工科背景下本科毕业设计质量提升探讨

——以河南农业大学农业建筑环境与能源工程专业为例

刘新新<sup>1,2</sup> 李刚<sup>1,2</sup> 刘亮<sup>1,2</sup> 焦有宙<sup>1,2</sup> 贺超<sup>1,2</sup>

(1.河南农业大学机电工程学院 河南·郑州 450002;

2.生物质能源河南省协同创新中心 河南·郑州 450002)

**摘要:**毕业设计是本科教育最后一个环节,在重视前端教学的基础上把好出口关,是完善本科教育体系的基本要求。面向新业态,农业建筑环境与能源工程专业毕业设计面临选题陈旧、期限短、任务重和评价体系单一等问题。文章结合河南作为农业大省的区域特色及该专业的培养要求,探讨了如何从更新毕业设计选题、拓宽毕业设计时间跨度和创建多元化毕业设计评价标准三个方面优化毕业设计体系,进一步提升毕业设计质量,以期满足新业态背景下农林类高校培养高素质复合型农工类技术人才的需求。

**关键词:**农业建筑环境与能源工程;本科毕业设计;新工科;人才培养

中图分类号:G642.477 文献标识码:A DOI:10.16871/j.cnki.kjwh.2023.20.002

作为农业工程领域下辖的二级学科之一,农业建筑环境与能源工程专业是我国构建现代化农业产业体系、服务“三农”、推动乡村振兴的基础学科。该专业涉及多门知识体系的融合,学生既要学习工科的专业知识,又要掌握农业生产实践的基本知识。河南农业大学农业建筑环境与能源工程专业自1999年开始招生,至今已发展了20余年。专业涉及的课程既包括工程热力学、太阳能工程、机械原理、电子电工技术等工科课程,又包括生物质能工程、农业节能工程、农业生物环境原理等农学类课程。毕业设计作为前端教学基础上的综合应用教学环节,目的在于培养学生的综合实践能力与素质,是对高校实践教学环节的检验,是对毕业生创新创业、调查研究和工程实践等综合能力的考核,

也是学生走向未来工作、学习岗位,独立面对生产实践和科研难题的桥梁<sup>[1]</sup>。因此,根据新工科和工程教育背景下的专业培养要求,以及全面推进乡村振兴、加快农业农村现代化的迫切需求,建立既体现学校自身专业特色,又结合地方区域人才市场需求和人才培养规律的毕业设计体系,是提升新业态下本科教育质量的关键举措。

#### 1 新业态下的本科毕业设计现状分析

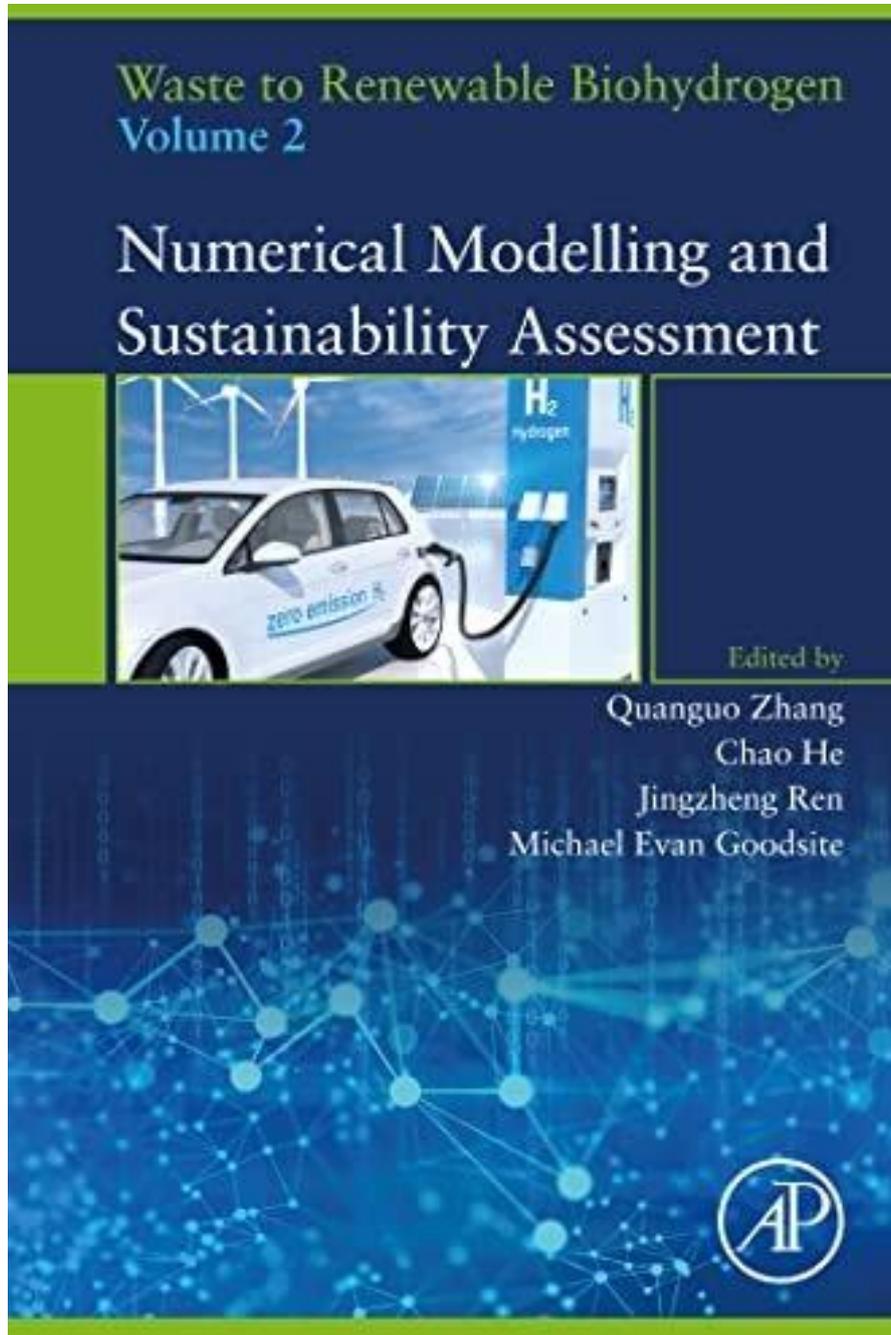
近年来,我国高度重视“三农”工作,党的二十大报告及2023年中央一号文件均对全面推进乡村振兴做出了重要部署,明确了新时代新征程上加快建设农业强国、推进农业现代化的重大任务。这给农业建筑环境与能源工程专业注入了新活力,但同

基金项目:河南省新工科研究与实践项目“面向新业态地方高校农业建筑环境与能源工程专业改造提升研究与实践”(编号:2020JGLX013);河南农业大学本科教育教学改革研究与实践项目“新工科背景下农业生物环境与能源工程专业本科毕业设计探索与实践”(编号:2023XJGLX162)。

作者简介:刘新新(1990—),男,博士,讲师,研究方向为强化换热与节能技术;李刚(1975—),男,博士,教授,研究方向为可再生能源转换技术;刘亮(1985—),男,博士,讲师,研究方向为废弃物资源化利用;焦有宙(1973—),男,博士,教授,研究方向为农业废弃物高效与清洁转化;贺超(1984—),男,博士,副教授,研究方向为农业废弃物的高效转化与利用。

## 4.2 论著

### 4.2.1 Waste to Renewable Biohydrogen (Volume 1: Advances in Theory and Experiments



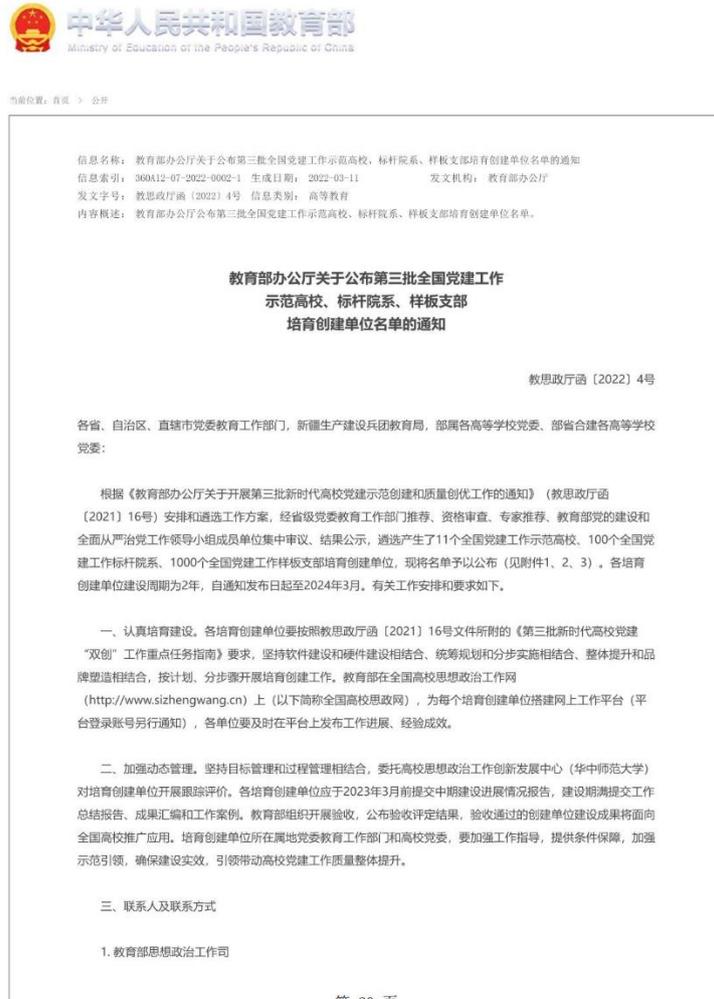
#### 4.2.2 连续流暗光生物制氢过程强化理论与技术



## 5 主要成员获得奖励

### 5.1 教师获奖

#### 5.1.1 国家样板党支部-能源工程系教工党支部



序号	单位
569	河南工业大学管理学院电子商务教工党支部
570	河南科技大学农业装备工程学院农业机械系党支部
571	河南科技大学医学技术与工程学院本科生第二党支部
572	河南农业大学机电工程学院能源工程系教工党支部
573	河南牧业经济学院动物科技学院教工第一党支部
574	河南牧业经济学院动物科技学院学生第一党支部

## 5.1.2 河南省优秀基层教学组织

# 河南省教育厅

The Education Department Henan Province

无障碍阅读
进入适老模式

首页
机构设置
教育动态
政务公开
政务服务
交流互动

您好, 今天是2024年07月22日, 欢迎访问中共河南省委教育工委、河南省教育厅网站!

首页 > 信息公开 > 文件通知 > 正文 分享:

### 河南省教育厅关于公布2021年度河南省本科高校优秀基层教学组织建设名单的通知

教高〔2021〕488号

2021-12-27 09:24 【浏览字号: 大 中 小】 来源: 教育厅办公室

各本科高校:

根据教育厅办公室《关于做好2021年度河南省高等学校基层教学组织建设工作的通知》(教办高〔2021〕263号)要求,经学校申报、专家评审、结果公示,我厅决定认定郑州大学《冶金工程》等181个基层教学组织为河南省本科高校优秀基层教学组织。现就有关事项通知如下:

**一、加大建设力度。**各高校要深刻认识基层教学组织建设的重要意义,把基层教学组织的建设工作作为全面振兴本科教育的战略性、基础性、长远性重要工作抓实抓细,更好地发挥优秀基层教学组织在落实立德树人、提高人才培养质量中的示范引领作用。

**二、注重协同创新。**要引导广大教师秉持开放性心态,打破学科专业壁垒,充分应用现代信息技术开展形式多样的教研模式,探索跨专业、跨学科、跨校际的开放合作,促进师资交叉、课程融合、资源共享、协同创新,构筑多层次、多学科领域、多类型的新型基层教学组织体系,充分激活各方资源,凝聚创新思维。

**三、完善保障机制。**各高校要加强领导,进一步健全和完善基层教学组织条件保障和激励机制,在经费投入、师资建设、政策扶持等方面对省级优秀基层教学组织加大支持和保障力度,进一步明确基层教学组织职能定位,探索多种基层教学组织形式,建设基层教学组织教师队伍,充分调动基层教师教育教学积极性,切实发挥基层教学组织在人才培养中的重要作用。

**四、着力培树标杆。**在总结优秀基层教学组织工作经验的基础上,推动基层教学组织进一步落实人才培养目标、抓实日常教学管理、加强课程资源建设、深化教育教学改革、推进课程思政建设、提升教师教学能力、强化师德师风建设。省教育厅将在2022年对已认定建设的优秀基层教学组织进行考核验收,并同期启动标杆基层教学组织创建活动。

附件: 2021年河南省本科高校优秀基层教学组织认定名单

序号	学校	基层教学组织名称	负责人	成员
20	河南农业大学	工商管理专业	何泽军	刘向华、吴一平、花俊国、宋保胜、杨贞、宋宇、张军慧、郑伟程、王彩霞、吕春蕾、张朝辉、刘明、杨欣然、王晗蔚、康豫、朱盼盼、张颖、曹青子、郑方方
21	河南农业大学	管理科学课程组	李晔	李炳军、陈振、董奋义、樊为刚、沙德春、张冬咏、肖美丹、郭三党、刘芳、刘俊娟、翟振杰、刘同生、王文海、贾书伟、刘盼、姚石、周方、徐青伟
22	河南农业大学	大学物理课程组	李辉	李聪、谭明、郑丹、张梦娇、祁诗阳、刘小标、贾树恒、张益维、李富强、潘建斌、贾芳、王亚玲、马斌强、樊彩霞、滕红丽
23	河南农业大学	农业建筑环境与能源工程专业	贺超	王伟、党钾涛、张全国、焦有宙、胡建军、徐桂转、王德福、李刚、Needem Thair、岳建芝、荆艳艳、青春耀、陶红歌、李攀攀、赵淑衡、潘晓慧、马晓然、蒋丹萍、张寰、刘亮、郑亚萍
24	河南农业大学	法律系	杨红朝	王晚芳、张卯荣、韩丁、赵菊敏、马川轩、程春丽、毋晓雷、牛娜、徐敬博、宋宇、陈力、刘广林、杨柳青、高海园、刘法杞
25	河南农业大学	设施蔬菜栽培学教学组	王吉庆	李娟起、李胜利、刘珂珂、肖怀娟、杜清洁、李阳、李猛
26	河南师范大学	教育技术学系	梁云真	王春丽、孔维梁、叶海智、朱珂、卜彩丽、梁存良、李立新、田小勇、高义栋、黄宏涛、王国华、李小娟、邓敏杰、范晓卫、郭慧珍、张东梅、陈红普、李娜、李海龙、吕丽娟

5.1.3 河南省高等学校青年骨干教师

河南省高等学校青年骨干教师  
证书

学 校： 河南农业大学

姓 名： 贺超

项目名称： 生物质光合生物制氢过程界面传递特性研究



立项编号： 2018GGJS028 证书编号： 豫教〔2022〕33915

### 5.1.4 河南省优秀本科论文指导教师



### 5.1.5 河南省优秀党务工作者



### 5.1.6 河南省高校科技创新人才

# 河南省教育厅

## 河南省高校科技创新人才支持计划 立项通知

河南农业大学：

你单位推荐的下列申请者，经专家评审、计划领导小组审核，已获准河南省高校科技创新人才支持计划支持，并以 教科技〔2021〕380 号文件批准下达。现通知如下：

计划编号：22HASTIT024

研究方向：可再生能源转化与节能技术

姓名：贺超

资助经费：30.0万元

资助期限：2022年01月01日--2024年12月31日



### 5.1.7 河南省青年拔尖人才



胡 锴	河南中医药大学
姜礼杰	中铁工程装备集团有限公司
贺 超	河南农业大学
夏小静	河南科技学院
徐 晶(女)	郑州大学
陶发展	河南科技大学

### 5.1.8 河南省优秀科技特派员

# 荣誉证书

证书编号：202201377

刘圣勇：  
在2022年度河南省科技特派员绩效评价中，被评为  
“优秀科技特派员”。  
特发此状，以资鼓励。



中共河南省委组织部



河南省科学技术厅



河南省财政厅



河南省人力资源和社会保障厅



河南省乡村振兴局

2023年6月

### 5.1.9 河南省教学系统教学技能大赛二等奖



5.1.10 农业工程教学技能大赛



## 5.2 指导大学生竞赛获奖

### 5.2.1 第八届全国大学生能源经济学术创意大赛



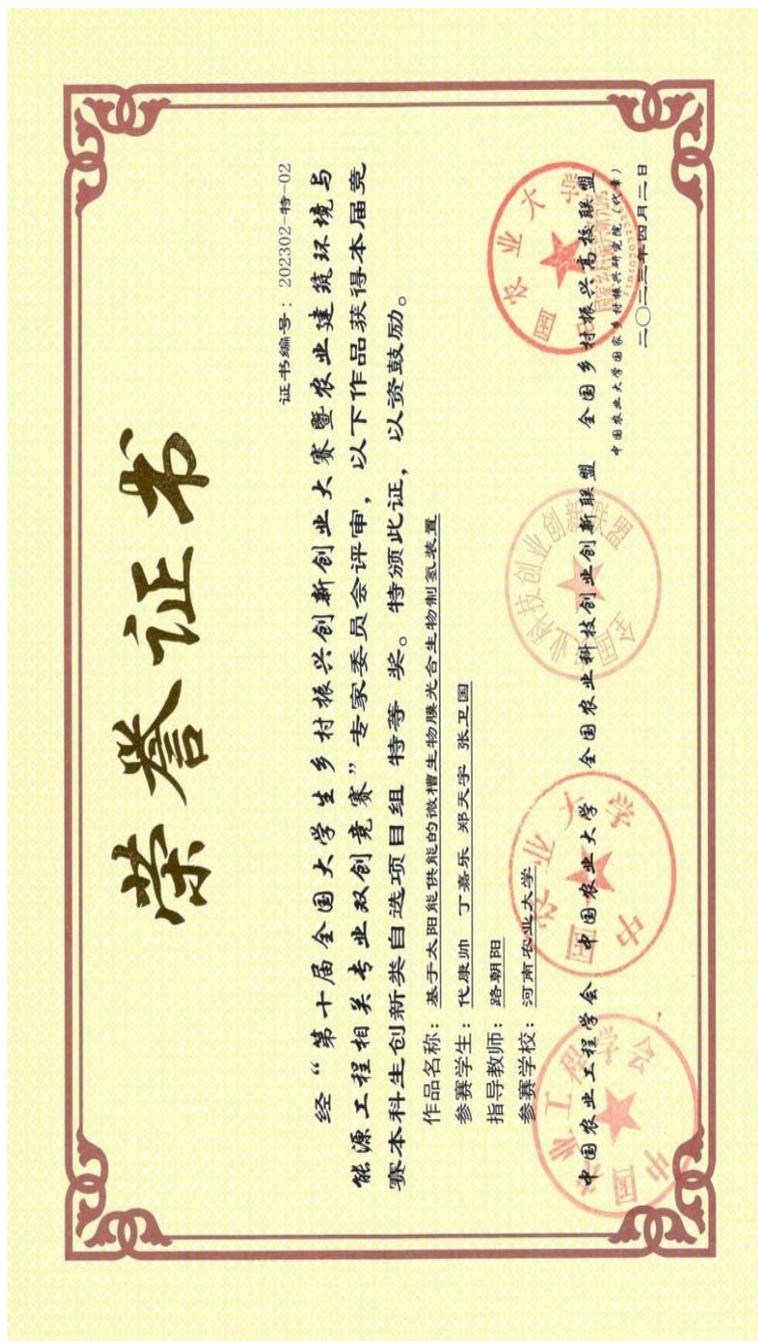
## 5.2.2 第十四届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛



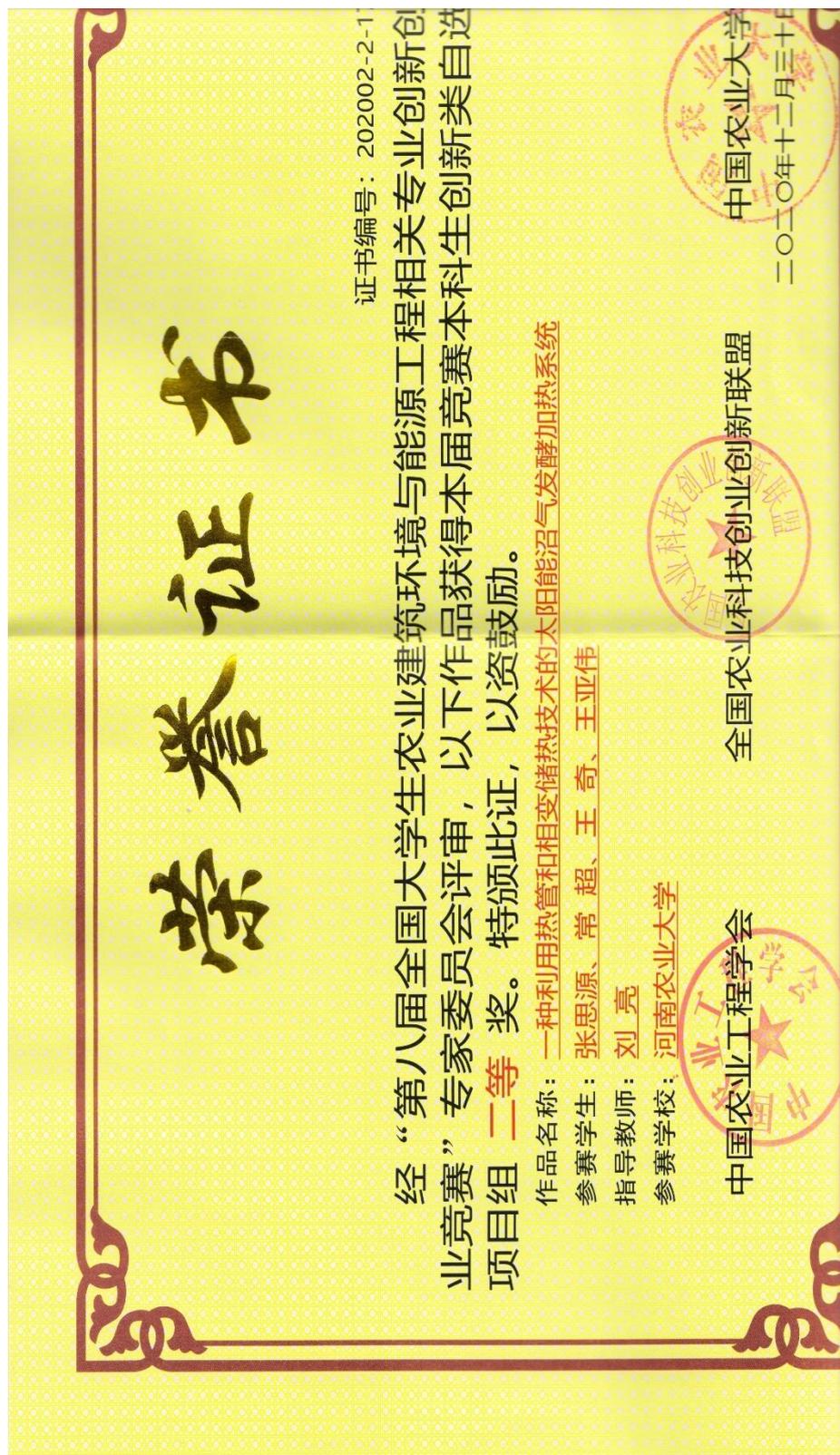
### 5.2.3 第十六届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛



## 5.2.4 第十届全国大学生乡村振兴创新创业大赛暨农业建筑环境与能源工程相关专业双创竞赛



5.2.5 第八届全国大学生农业建筑环境与能源工程相关学科专业创新创业竞赛



## 5.2.6 2023 年全国大学生创新创业实践大赛



5.2.7 第十五届“挑战杯”河南省大学生课外学术科技作品竞赛



5.2.8 第九届全国大学生农建杯获奖证书三等奖



## 5.2.9 Simultaneous addition of CO<sub>2</sub>-nanobubble water and iron nanoparticles to enhance methane production from anaerobic digestion of corn straw

Bioresource Technology 377 (2023) 128947



Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech)



### Simultaneous addition of CO<sub>2</sub>-nanobubble water and iron nanoparticles to enhance methane production from anaerobic digestion of corn straw

Chao He<sup>a,b,c</sup>, Hao Song<sup>a,b,c</sup>, Tingting Hou<sup>a,b,c</sup>, Youzhou Jiao<sup>a,d</sup>, Gang Li<sup>a,b,c</sup>, Yuri V. Litti<sup>e</sup>, Quanguo Zhang<sup>a,b,c</sup>, Liang Liu<sup>a,b,c,\*</sup>

<sup>a</sup> Key Laboratory of New Materials and Facilities for Rural Renewable Energy of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Mechanical & Electrical Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

<sup>b</sup> Henan International Joint Laboratory of Biomass Energy and Nanomaterials, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

<sup>c</sup> Henan Collaborative Innovation Center of Biomass Energy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

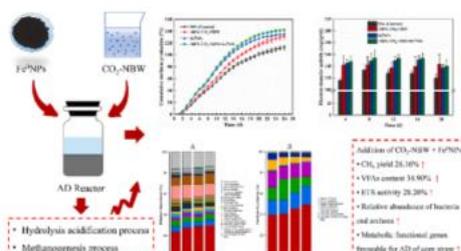
<sup>d</sup> Henan University of Engineering, Zhengzhou 451191, China

<sup>e</sup> Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, 119071 Moscow, Russia

#### HIGHLIGHTS

- Methane production was increased by 26.16% with the addition of CO<sub>2</sub>-NBW + Fe<sup>0</sup>NPs.
- Addition of CO<sub>2</sub>-NBW and Fe<sup>0</sup>NPs increased the activities of ETS and enzyme.
- The relative abundance of dominant bacteria and archaea was increased.
- Metabolic functional genes favorable for AD of corn straw were enhanced.

#### GRAPHICAL ABSTRACT



#### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
CO<sub>2</sub>-nanobubble water  
Iron nanoparticles  
Enzyme activity  
Corn straw  
Anaerobic digestion

#### ABSTRACT

In this research, CO<sub>2</sub>-nanobubble water (CO<sub>2</sub>-NBW) and iron nanoparticles (Fe<sup>0</sup>NPs) were added simultaneously to exploit individual advantages to enhance the methanogenesis process from both the stability of anaerobic digestion (AD) system and the activity of anaerobic microorganism aspects. Results showed that the AD performance was enhanced by supplementing with CO<sub>2</sub>-NBW or Fe<sup>0</sup>NPs individually, and could be further improved by simultaneous addition of the two additives. The maximum methane yield was achieved in the CO<sub>2</sub>-NBW + Fe<sup>0</sup>NPs reactor (141.99 mL/g-VS<sub>added</sub>), which increased by 26.16% compared to the control group. Similarly, the activities of the electron transfer system (ETS) and enzyme were improved. The results of microbial community structure revealed that the addition of CO<sub>2</sub>-NBW and Fe<sup>0</sup>NPs could improve the abundance of dominant bacteria (*Anaerolineaceae*, *Bacteroidales*, and *Prolixibacteraceae*) and archaea (*Methanotrichaceae* and *Methanospirillaceae*). Additionally, the functional metabolic prediction heatmap indicated that metabolic functional genes favorable for AD of corn straw were enhanced.

\* Corresponding author at: Key Laboratory of New Materials and Facilities for Rural Renewable Energy of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Mechanical & Electrical Engineering, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China.  
E-mail address: [liuliang@henau.edu.cn](mailto:liuliang@henau.edu.cn) (L. Liu).

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128947>

Received 31 January 2023; Received in revised form 16 March 2023; Accepted 20 March 2023

Available online 22 March 2023

0960-8524/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.

## 5.2.10 Comparison of biorefinery characteristics: Photo-fermentation biohydrogen, dark fermentation biohydrogen, biomethane, and bioethanol production

Applied Energy 347 (2023) 121463



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Energy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apenergy](http://www.elsevier.com/locate/apenergy)



### Comparison of biorefinery characteristics: Photo-fermentation biohydrogen, dark fermentation biohydrogen, biomethane, and bioethanol production

Chaoyang Lu<sup>a</sup>, Guangtao Wang<sup>a</sup>, Quanguo Zhang<sup>a</sup>, Xudong Yang<sup>a</sup>, Jicai Yu<sup>a</sup>, Tao Liu<sup>c</sup>, Francesco Petracchini<sup>b</sup>, Zhiping Zhang<sup>a</sup>, Yong Sun<sup>d</sup>, Danping Jiang<sup>a</sup>, Xiaoyu Liang<sup>a</sup>, Yameng Li<sup>a</sup>, Yang Zhang<sup>a</sup>, Tian Zhang<sup>a</sup>, Huan Zhang<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

<sup>b</sup> Institute of Atmospheric Pollution Research, National Research Council of Italy, Rome 29300, Italy

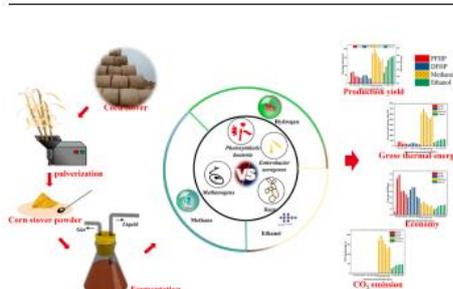
<sup>c</sup> College of Resources and Environment, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450002, China

<sup>d</sup> College of Engineering, Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China

#### HIGHLIGHTS

- Characteristics of four biorefinery methods were compared shoulder by shoulder.
- Photo-fermentation biohydrogen production exhibited the greatest economy.
- Biomethane presented a maximum yield of 196.0 mL and gross thermal of 6468.4 J/gDM.
- Target product of biomethane had the highest CO<sub>2</sub> emissions of 196.01 mL/g DM.

#### GRAPHICAL ABSTRACT



#### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Biorefinery  
Photo-fermentation biohydrogen  
Dark fermentation biohydrogen  
Bioethanol  
Biomethane production  
Economy

#### ABSTRACT

Biorefinery technology promotes the realization of the Paris Agreement, China's achievement of its carbon peak, and carbon neutralization. Photo-fermentation biohydrogen production, dark fermentation biohydrogen production, biomethane production, and bioethanol production are several promising biorefinery methods. In this study, corn stover was used as the raw material, and the gas, liquid, and kinetic characteristics of four biorefinery methods were investigated. The production yield, gross thermal energy, economy, and greenhouse gas emissions of the target product per gram of corn stover were studied. The maximum yields of photo-fermentation biohydrogen production, dark fermentation biohydrogen production, biomethane production, and bioethanol production were 68.4 mL/g dry matter (DM), 47.4 mL/g DM, 196.0 mL/g DM, and 2.7 g/L, respectively. The maximum gross thermal energy obtained from biomethane production was 7017.3 J/g DM. The maximum economy of 1.4 RMB/g DM was observed in photo-fermentation biohydrogen production. The highest greenhouse gas emission of the target product from biomethane production was 196.0 mL/g DM. The results provide a

\* Corresponding author.

E-mail address: [zhanghuan@henau.edu.cn](mailto:zhanghuan@henau.edu.cn) (H. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121463>

Received 11 June 2022; Received in revised form 20 October 2022; Accepted 11 June 2023

Available online 21 June 2023

0306-2619/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.

## 5.2.11 Enhancing photo-fermentation biohydrogen production by strengthening the beneficial metabolic products with catalysts

Bioresource Technology 345 (2022) 126457



Contents lists available at ScienceDirect

Bioresource Technology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/biortech](http://www.elsevier.com/locate/biortech)



### Enhancing photo-fermentation biohydrogen production from corn stalk by iron ion

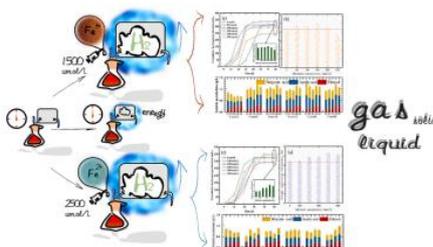
Chaoyang Lu, Danping Jiang, Yanyan Jing, Zhiping Zhang, Xiaoyu Liang, Jianzhi Yue, Yameng Li, Huan Zhang, Yang Zhang, Kaixin Wang, Ningyuan Zhang, Quanguo Zhang\*

Key Laboratory of New Materials and Facilities for Rural Renewable Energy (Ministry of Agriculture and Rural Affairs of China), Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, PR China

#### HIGHLIGHTS

- $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  significantly improved the hydrogen yield via photo-fermentation.
- $\text{Fe}^{2+}$  was more effective than  $\text{Fe}^{3+}$  during the hydrogen production process.
- The maximum hydrogen yield (70.25 mL/g) was 19.98 % higher than non-addition.

#### GRAPHICAL ABSTRACT



#### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Iron ion  
Photo-fermentation biohydrogen production  
Energy conversion efficiency  
Kinetics characteristics

#### ABSTRACT

This study aimed to investigate the enhancement of iron ion on growth, metabolic pathway, and biohydrogen production performance of biohydrogen producing bacteria HAU-M1. Different concentrations of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  were respectively added into fermentation broth of photo-fermentation biohydrogen production (PFHP) from corn stalk. Regular sampling test was used to measure the characteristics of fermentation broth and gas, metabolic pathway, energy conversion efficiency, and kinetic of PFHP. The analysis of experimental data showed that the maximum hydrogen yield of 70.25 mL/g was observed at 2500  $\mu\text{mol/L}$   $\text{Fe}^{2+}$  addition, with an energy conversion efficiency of 5.21%, which was 19.98% higher over no-addition. However, the maximum hydrogen content of 51.41% and the maximum hydrogen production rate of 17.82 mL/h were observed at 2000  $\mu\text{mol/L}$   $\text{Fe}^{2+}$  addition. The experimental results revealed that iron ion played a key role in PFHP, which provided a technical support for improving the performance of PFHP.

\* Corresponding author.  
E-mail address: [zquanguo@163.com](mailto:zquanguo@163.com) (Q. Zhang).

## 5.2.12 美国发明专利-一种超声辅助热压提取动物油脂装置以及方法



US011866673B2

(12) **United States Patent**  
He et al.

(10) **Patent No.:** US 11,866,673 B2

(45) **Date of Patent:** Jan. 9, 2024

(54) **ULTRASONIC-ASSISTED HEAT PRESS MACHINE AND USES THEREOF**

(71) Applicant: **Henan Agricultural University**, Zhengzhou (CN)

(72) Inventors: **Chao He**, Zhengzhou (CN); **Hui Zhang**, Zhengzhou (CN); **Liang Liu**, Zhengzhou (CN); **Youzhou Jiao**, Zhengzhou (CN); **Mingming Lan**, Zhengzhou (CN); **Gang Li**, Zhengzhou (CN); **Xiaohui Pan**, Zhengzhou (CN); **Xinxin Liu**, Zhengzhou (CN); **Yawei Wang**, Zhengzhou (CN); **Guizhuan Xu**, Zhengzhou (CN); **Xiaoran Ma**, Zhengzhou (CN); **Huan Zhang**, Zhengzhou (CN)

(73) Assignee: **HENAN AGRICULTURAL UNIVERSITY**, Zhengzhou (CN)

(\* ) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 14 days.

(21) Appl. No.: **17/749,121**

(22) Filed: **May 19, 2022**

(65) **Prior Publication Data**

US 2023/0094387 A1 Mar. 30, 2023

(30) **Foreign Application Priority Data**

Sep. 26, 2021 (CN) ..... 202111132365.6

(51) **Int. Cl.**  
*C11B 1/10* (2006.01)  
*A23D 9/02* (2006.01)  
*B30B 9/06* (2006.01)  
*B30B 15/34* (2006.01)

(52) **U.S. CL.**  
CPC ..... *C11B 1/106* (2013.01); *A23D 9/02* (2013.01); *B30B 9/062* (2013.01); *B30B 15/34* (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**  
CPC B30B 9/06; B30B 9/062; B30B 15/34; C11B 1/02; C11B 3/008; C11B 1/08; C11B 3/005; A23D 9/02; A23V 2002/00; A23V 2300/48  
USPC ..... 99/495  
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,918,989 A \* 4/1990 Desruelles ..... G01N 29/4463  
73/637  
6,231,834 B1 \* 5/2001 Unger ..... B82Y 5/00  
600/431  
2006/0057487 A1 \* 3/2006 Nagayama ..... G03G 9/113  
430/111.32

(Continued)

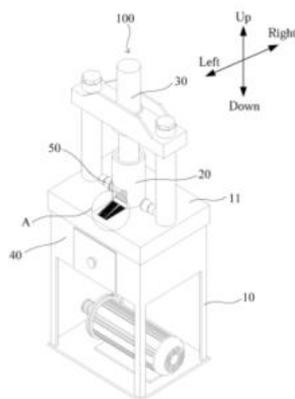
*Primary Examiner* — Eric S Stapleton

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — MATTHIAS SCHOLL P.C.; Matthias Scholl

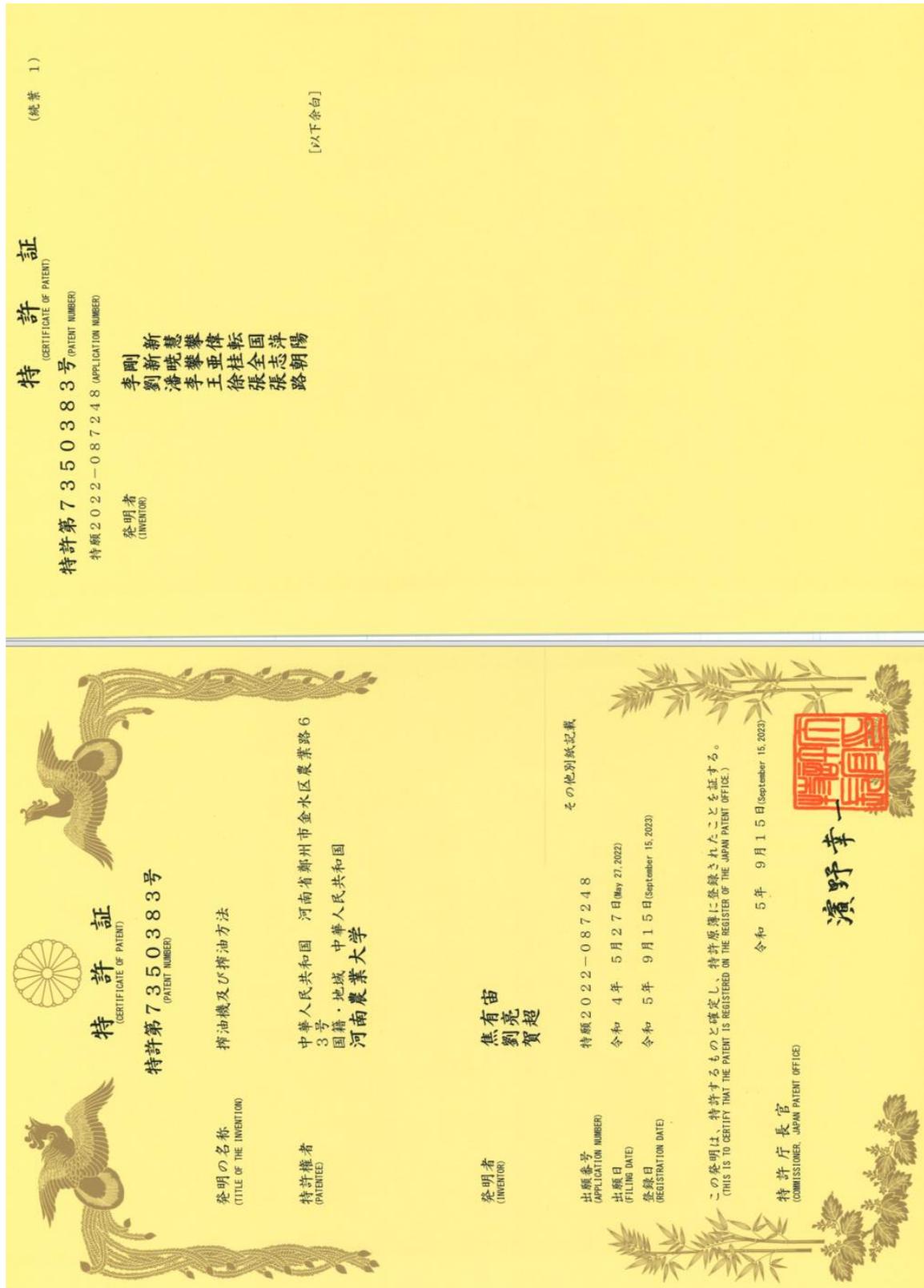
(57) **ABSTRACT**

An ultrasonic-assisted heat press machine, includes a frame, a material tank, an extruder, an ultrasonic wave generator, and a heater. The material tank is disposed on the frame and includes a cavity for accommodating an oil-bearing raw material. The extruder is extended in the cavity. The ultrasonic wave generator is disposed on the frame and adjacent to the material tank. The heater is disposed on the frame and adjacent to the material tank. The heater is configured to produce heat to heat the cavity and the ultrasonic wave generator, and regulate the working frequency of the ultrasonic wave generator. When in use, the heater, the extruder, and the ultrasonic wave generator cooperate to separate oil from the oil-bearing raw material in the material tank.

**11 Claims, 10 Drawing Sheets**



5.2.13 日本发明专利-一种油脂榨取装置和方法



## 5.2.14 发明专利-一种病死禽畜干制酶解无害化处理系统

证书号第6158903号



# 发明专利证书

发明名称：一种病死禽畜干制酶解无害化处理系统

发明人：贺超;卢南;刘亮;潘晓慧;焦有宙;李刚;李鹏飞;刘新新

专利号：ZL 2023 1 0433178.4

专利申请日：2023年04月21日

专利权人：江苏北斗星环保股份有限公司;河南农业大学

地址：210000 江苏省南京市建邺区江东中路108号2301、2302室

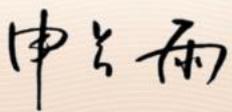
授权公告日：2023年07月21日 授权公告号：CN 116140338 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨



2023年07月21日

第1页(共2页)

其他事项参见续页

5.2.15 河南省优秀学士学位论文



## 6 省级及以上新闻媒体报道

### 6.1 能源系教职工党支部召开“听党课 悟思想 敢担当 谋发展”主题教育专题组织生活会

全国高校思想政治教育网  
National University Ideological & Political Work Net

党史学习教育 | 育人号 | 工作申报系统 | 资源服务平台

第三批

# 新时代高校党建示范创建和质量创优工作 培育成果展示平台

首页 示范高校 标杆院系 样板支部 第三批研究生样板党支部 热应榜

当前位置: 首页 > 样板支部 > 河南农业大学机电工程学院能源系教工党支部

## 能源系教职工党支部召开“听党课 悟思想 敢担当 谋发展”主题教育专题组织生活会

2023-09-01 17:20:43 刘新新 孙爽 字号【大 中 小】

2023年8月30日,河南农业大学机电工程学院能源系教工党支部在机电工程学院二楼会议室召开了“听党课 悟思想 敢担当 谋发展”主题教育专题组织生活会,院党委书记李世欣、院长胡耀军出席会议,能源系教工党支部全体党员教师、非党员教师代表以及农机系、机械系和交通系教工党支部代表参加会议,会议由能源系教工党支部书记刘新新主持。

会议分两个阶段进行。第一个阶段邀请李世欣做党课报告,李世欣以《筑牢信仰之基 把握思想之舵 在新时代的征程上扛起高校教师的责任担当》为题开展党课教育,从“马克思主义鲜明特征”、“中共‘一大’代表们不同寻常的理想信念力量”、“新时代人民教师的担当”三个方面进行深入阐释,李世欣以丰富的史料、生动的事例阐述了坚定理想信念和坚定理想信念的重大意义,同时以“四有”标准激励教职工扛起新时代高校教师的责任担当,整场专题党课内容丰富、生动形象。

河南农业大学机电工程学院能源系教工党支部

### 党组织基本情况和建设目标

### 相关阅读

- 互学共建拓思路,党建引领行致远:苏州大学招生就业处党支部
- 敦煌科学系党支部召开“不忘初心、牢记使命”主题教育总结会
- 理学院召开全面从严治党工作推进会
- 精心锤炼育新人 做好课程思政大文章
- 人大马房中共党支部开展“积极学讲话、主动抗疫情”主题党日

热应榜 > 示范高校 标杆院系 样板支部

新疆大学党委  
新疆大学党委“211工程”重点建设项目

## 6.2 第十二届中意创新合作周在北京开幕

# 第十二届中意创新合作周在北京开幕

来源:  中国日报 2023-11-28 21:07

分享   

中国日报北京11月28日电 第十二届中意创新合作周于2023年11月28日在北京首钢园开幕。本届中意创新合作周以“接力科技冬奥，携手高质发展”为主题，内容涵盖开幕式、部长级双边会见、平行论坛、中意科技创新项目“一对一”对接会、中意合作项目展示等环节。中意与会嘉宾分别在科技冬奥、智能制造、设计及艺术产业、文化遗产保护、青年创新、新一代信息技术、农业、食品及健康、蓝色经济、绿色能源等领域深入交流探讨。

中国科技部部长阴和俊向合作周致视频欢迎辞，中国科技部副部长张广军、意大利大学与科研部部长安娜·玛丽亚·贝尔尼尼 (Ana Maria Bernini)、北京市副市长于英杰出席开幕式并致辞。国家体育总局科教司副司长张涛，意大利威尼斯卡福斯卡里大学校长、校长联合会主席李集雅 (Tiziana Lippiello)，北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会主任张继红，意大利科学城主席里卡多·维拉里 (Riccardo Villari) 等出席开幕式并致辞。意大利驻华大使安博思 (Massimo Ambrosetti) 出席开幕式。来自中意双方的4个项目在开幕式进行了签约。

本届中意创新合作周由中国科技部和意大利大学与科研部主办，由北京市科委、中关村管委会，以及意大利国家研究委员会和意大利科学城DIS基金会承办，共计500余名代表参会。其中首都体育学院承办了科技冬奥论坛，中意先进制造联合实验室承办了智能制造论坛，清华大学建筑学院承办了城市设计、保护与创新论坛，河南农业大学承办了青年创新论坛。北京市科委、中关村管委会举办了世界领先园区高端对话。

### 6.3 共同承办第十二届中意创新合作周青年创新论坛我省与意大利加强科技合作

## 共同承办第十二届中意创新合作周青年创新论坛 我省与意大利加强科技合作

《河南日报》（2023年12月04日 第02版）

**本报讯**（记者 尹江勇）“去年，我们联合开展的‘生物质氢烷绿色制备关键技术研究示范’项目，获国家重点研发计划专项支持。”11月30日，河南农业大学校长介晓磊告诉记者，在刚刚结束的第十二届中意创新合作周上，双方在农业废弃物高值化利用和环境保护领域的合作力度进一步增强。

11月28日至29日，由中国科技部、意大利大学与科研部共同主办的第十二届中意创新合作周在北京举行。在省科技厅支持下，河南农业大学、河南工程学院联合意大利都灵大学、意大利马尔凯理工大学、意大利罗马大学，以“聚焦青年创新活动、驱动中意绿色低碳发展”为主题，共同承办了青年创新论坛，作为本届中意创新合作周的四个平行论坛之一，中意两国的百余名青年科学家参加了交流讨论。

“我们希望以此次论坛为契机，进一步加强与意大利科研机构、高校等的沟通合作，增进友谊和互信，开启更多领域的科技合作之门。”省科技厅相关负责人介绍说，近年来，我省以中意创新合作周为桥梁，以点带面不断扩大河南国际科技合作的“朋友圈”。

本届中意创新合作周中，我省为双方青年科技人才搭建了更加广阔的合作舞台，交流前沿动态，碰撞创新思想，释放青年人才的智慧和能量，针对发展中面临的共同挑战提出新的解决方案和方法。省科技厅还就深化科技合作，与科技部、意大利大学与科研部、意大利驻华大使馆等有关方面进行了面对面的交流沟通，并组织省内相关创新团队与意方代表团就生命科学、电子信息、新能源等领域的16个项目进行洽谈对接，有望达成一批新的合作成果，进一步拓展合作领域和合作深度。

## 6.4 刘圣勇教授一行前往太康县进行科技服务

大象新闻 首页 时政 看电视 原创 专题 下载客户端 搜索 消息 发布 登录

### 刘圣勇教授一行前往太康县进行科技服务

2024-01-29 17:12:37 河南乡村频道

2024年1月24日 - 1月27日，河南农业大学刘圣勇教授一行前往太康县舒兰农场、太康县志杰植保服务专业合作社、河南省四通锅炉有限公司等单位开展了为期4天的科技服务。本次科技服务的主要内容：  
对太康县舒兰农场进行科技服务

刘教授一行来到舒兰农场种植大棚，对冬季草莓生长进行技术指导。刘教授指出目前正值草莓成熟期，首先尽量保持白天棚温在20-25℃，夜晚棚温不要低于5℃，但是温度也不要过高，因为一旦超过25℃后，虽然果实的成熟速度加快，但是果实长的较小，所以当棚内温度超过25℃时可以适当通风降温。其次草莓在成熟期生长迅速，需要更多的水和肥，在灌溉时需注意不要一次性灌溉大量的水，因为浇水量过大会使地温过低，导致草莓生长缓慢。在施肥时需注意钾肥、硼、锌、镁、钙等元素的补充，这样有利于糖分的形成和运转，增加果实的甜度，促进草莓果实更好地生长。



河南乡村频道 关注

TA的热门作品

- 直播：2021年度科普中原发布仪式 6.8万阅读 2022-2-23
- 产业筑基 党建引领乡村振兴看孟庄——乡村振兴面对面专访辉县市孟庄镇党 2.4万阅读 2022-1-7
- 【战疫】河南发布紧急通知，这些事全省暂停！ 2.2万阅读 2021-8-10
- 用“花呗”套现后…… 1.6万阅读 2023-7-10
- 河南省科协颁奖 2021科普中原发布仪式 1.2万阅读 2022-2-23

大象热搜 换一换

- 纳入编制！河南特招2600人
- 大象早报 | 胖东来商品将在永辉上架...
- 南风起要陇黄 大象帮和你一起忙三夏...
- 王凯在许昌调研时强调 抢抓发展机遇...
- 一个带来两次追加的项目“一带一路”...
- 下乡遇小孩突发疾病，他们果断出手...
- 驻马店市政协副主席张树营主动投案...
- 2米深渠有人落水，退役老兵飞扑入水...
- 手绘象漫 | 满仓

## 6.5 河南科技特派员刘圣勇一行前往太康县开展技术服务



河南广播电视台交通报道讯：（胡文同）2020年12月26日，河南农业大学机电工程学院刘圣勇教授携王炯和鲁杰博士一行3人到太康县马厂镇前何行政村召开了科普培训班，对到达现场的两百余名村民就农村能源知识进行了科普宣讲，同时，刘圣勇教授还给村民带去了100台太阳能庭院照明灯，参照实物对太阳能发电原理和太阳能光伏发电系统进行了介绍，使村民对太阳能光伏发电知识有了深刻地理解和认识。

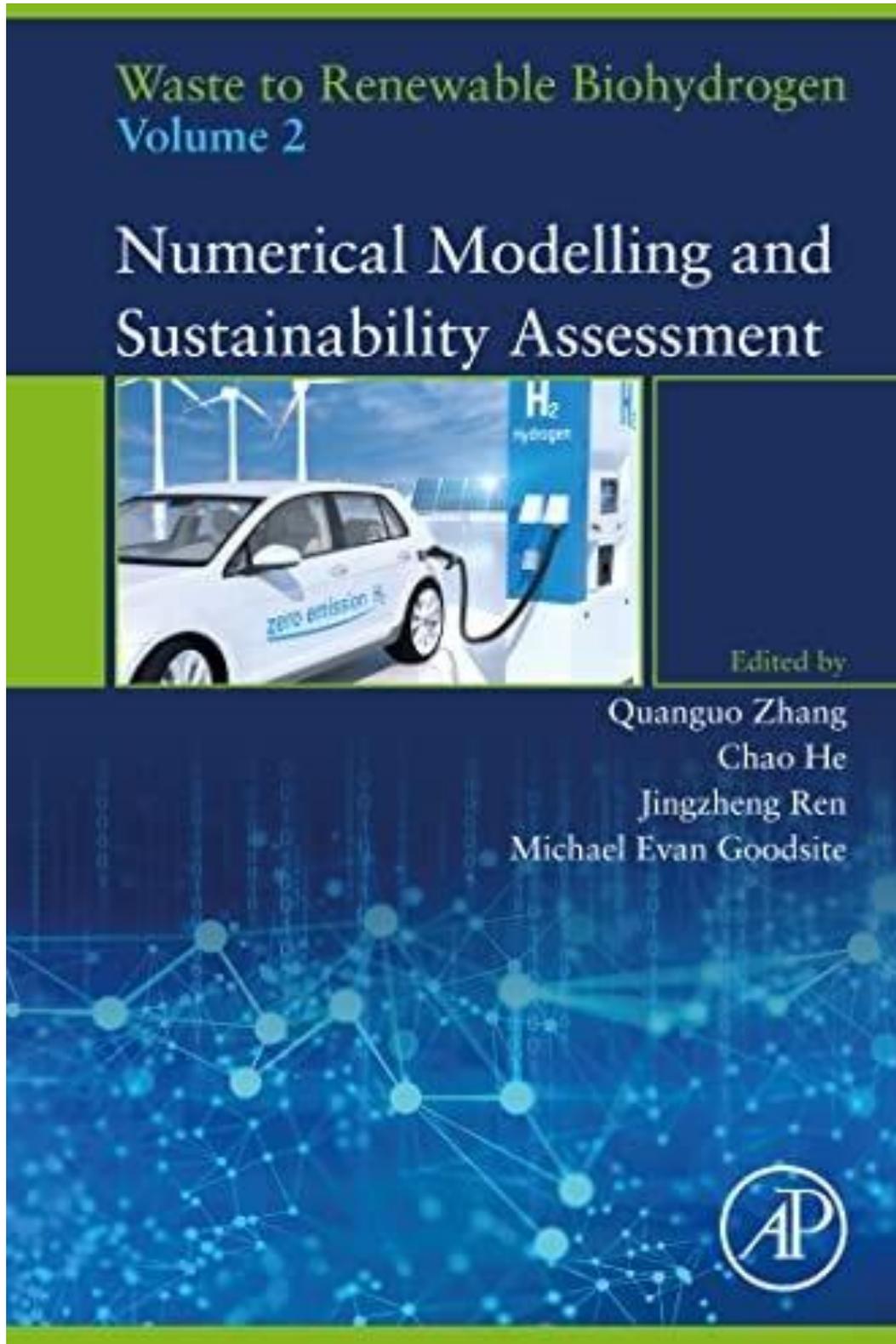


培训现场，刘教授还分别对村民提出的问题进行了——解答。刘圣勇教授针对当地光伏发电产业的难题深入剖析，为未来农村光伏发电产业发展趋势指明了方向。

据介绍，此次科技扶贫将前往太康县马厂镇、高朗乡，开展了为期3天的技术指导工作。

## 7 教材成果

### 7.1 《Waste to Renewable Biohydrogen (Volume 2): Numerical Modelling and Sustainability Assessment





---

## Chapter 1 - Sustainable waste management: valorization of waste for biohydrogen production

[Sheng Yang](#), [Kebo Ma](#), [Zhiqiang Liu](#)

[Show more](#) ▾

[+](#) Add to Mendeley [🔗](#) Share [🗨](#) Cite

---

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821659-0.00008-3> ↗

[Get rights and content](#) ↗

---

### Abstract

The energy dilemma and environmental pollution have become the two most significant problems. Because the development of city life is usually accompanied by much waste that is generated and discarded, it greatly influences the city's appearance and human health. This chapter introduces the concepts of waste, its harm, its conversion, and its main approach to recycling (in Sections 1.2 and 1.3). Meanwhile, as an important component of waste, biomass and its related concepts are introduced (in Section 1.4). As a promising practice of biomass, biohydrogen is introduced in the fifth part of this chapter (in Section 1.5). Hydrogen production organisms (in Section 1.5.1), organic anaerobic biodegradation (in Section 1.5.2), and hydrogen fermentation (in Sections 1.5.3–1.5.5) are introduced. Finally, two methods to evaluate the efficiency of biohydrogen technologies are explained in Section 1.6.

---



# Chapter 2 - Waste to biohydrogen: potential and feasibility

Youzhou Jiao <sup>1 2 3</sup>

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821659-0.00006-X>

[Get rights and content](#) 

## Abstract

With the acceleration of the process of human modernization, the prominent problems of resources and the environment make the renewable transformation of waste increasingly important. Agricultural production waste, industrial production waste, and municipal waste can be used to produce hydrogen through microbial fermentation, achieve energy recycling, and reduce environmental pollution and the greenhouse effect caused by fossil fuel energy consumption. This chapter reviews research on the conversion of these types of waste into biohydrogen and evaluates the feasibility of biohydrogen production in terms of the energy recovery potential and environmental benefits. The results reveal that solid waste with a high organic matter content can quickly obtain biogas with a high hydrogen content through biomass gasification technology. For organic wastewater, food waste, and other microbial fermentation technology, the hydrogen production rate is further improved. The optimization of fermentation conditions and the reactor design are the key to reducing the cost of hydrogen production.



---

# Chapter 3 - Waste to biohydrogen: progress, challenges, and prospects

Quanguo Zhang

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

---

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821659-0.00002-2>

[Get rights and content](#) 

---

## Abstract

Waste is produced in the process of people's lives and production that pollutes the environment. Some of the waste contains a lot of organic matter. Through some treatment methods, this organic matter can be extracted to produce clean renewable energy, such as hydrogen energy. Biohydrogen production technology is a promising method of hydrogen production. The effective treatment of organic waste is the premise of the industrialization of hydrogen production, and optimization of the process and technology of hydrogen production is the basis of the industrialization of hydrogen production. Therefore, it is necessary to have a solid grasp of progress in the research of waste to biohydrogen, a clear understanding of its challenges, and a clear direction of its prospects. This chapter aims to introduce progress in the research, challenges, and the development prospects for biohydrogen production from waste. According to the results, it may be concluded that research in biohydrogen production from waste is still in the primary stages of exploration and faces various problems and challenges. Nevertheless, biohydrogen production technology is one of the best methods for the rational use of waste.

## 7.2 农林生物质废弃物生态利用研究与展望



## 内 容 简 介

全书共分为9章,包括概论、生物质发电、生物质成型燃料、生物沼气和生物热解气化、生物质炭基肥、生物质醇类燃料、生物质制氢、生物质材料与化学品、各章围绕我国农林生物质资源禀赋情况、生物质能源和化学品主要技术、工程化应用案例、生物质能发展状况等方面逐一分析,对生物质能源产业的科技创新能力、推动我国生物质能产业链和商业模式发展,构建我国生物质能产业的科技决策提供建议和参考。

本书为引领我国生物质能产业生态化发展方向提供了依据,适合从事生物质能产业科技领域的科研人员、业界人士及相关领域管理人员使用,同时可供能源、化工、材料等相关专业的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

农林生物质废弃物生态利用研究与展望/蒋剑春等编著. —北京:龙门书局, 2024.3  
(生态农业丛书)

国家出版基金项目

ISBN 978-7-5088-6410-5

I. ①农… II. ①蒋… III. ①农业废物-废物处理-研究 ②农业废物-废物综合利用-研究 IV. ①X71

中国版本图书馆CIP数据核字(2024)第006867号

责任编辑:吴喜惠/责任校对:王万红

责任印制:肖 兵/封面设计:东方人华平面设计部

科 学 出 版 社 出 版  
孔 门 书 局

北京王府井大街18号  
邮政编码:100017

<http://www.sciencep.com>

北京中科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2024年3月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2024年3月第 一 次印刷 印张:22 1/2

字数:450 000

定价:229.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

销售电话 010-62136230 编辑部电话 010-62143239 (B012)

版权所有,侵权必究

## 生态农业丛书 顾问委员会

任继周 束怀瑞 刘鸿亮 山 仑 庞国芳 康 乐

## 生态农业丛书 编委会

### 主任委员

李文华 沈国朝 刘 旭

### 委员 (按姓氏拼音排序)

陈宗懋 戴铁军 郭立月 侯向阳 胡 锋 黄璐琦  
蒋高明 蒋剑春 康传志 李 隆 李 玉 李长田  
林 智 刘红南 刘某承 刘玉升 南志标 王百田  
王守伟 印遇龙 臧明伍 张福锁 张全国 周宏春



# 《农林生物质废弃物生态利用研究与展望》

## 编委会

主 任：蒋剑春

副主任：张全国 孙 康 蒋丹萍

委 员（按姓氏拼音排序）：

柴彦君 陈汉平 何晓峰 贺 超 胡建军 胡立红  
黄 黎 黄曹兴 焦有宙 荆艳艳 赖晨欢 雷廷宙  
李 刚 李 鑫 李学琴 李在峰 刘 粤 路朝阳  
欧阳嘉 平立凤 茹光明 单胜道 施 贇 孙云娟  
王 奎 王 毅 王瑞珍 王贤华 王小慧 王志伟  
吴国民 夏海虹 徐 勇 徐俊明 许 玉 杨树华  
易 为 应 浩 勇 强 虞轶俊 曾宪海 张 寰  
张志萍 周 鑫 周铭昊 祝玉婷

物质液体燃料技术、生物质燃气技术、固体成型燃料技术、生物基材料及化学品技术。我国生物质发电以直燃发电为主，装机容量仅次于美国，居世界第二位；我国在利用纤维素生产生物航空燃油技术领域已取得突破，实现了生物质中半纤维素和纤维素共转化合成生物航空燃油，在国际上率先进入示范应用阶段；我国在生物质气化及沼气制备领域占据国际领先地位；生物基材料行业规模以每年20%~30%的速度增长，逐步走向工业化规模化和产业化阶段。

生物质能技术的发展，不断推进科技创新、突破新技术、开发新产品，取得了丰硕的成果。为准确地把握生物质能产业的技术现状、探讨生物质能生态化发展趋势、提升生物质能产业的生态效益、促进生物质能产业的持续发展，2019年4月，中国林业科学研究院林产化学工业研究所组织了华中科技大学、河南省科学院、河南农业大学、浙江科技学院、南京林业大学等高校和科研院所的专家组成编委会，从生物质资源、基础理论、技术创新、工程化应用等方面，逐一分析其科技创新情况，明确生物质能生态化发展的重点方向，力求把生态文明落到实处。

通过深入研究，结合文献与专利检索、专家讨论、实地调研等方法，编委会系统收集整理了相关数据和案例，深入分析了我国生物质资源和能源化利用产业科技创新的发展现状，提出了生态化发展方向。本书全面梳理和归纳了我国农林废弃物生物质资源情况、生物质能产业科技发展现状、工程化应用情况，综述了生物质能产业前沿技术、生态化应用前景，阐述了生物质能产业对生态效益、社会效益及综合效益的重要贡献，并提出了发展思路和建议。

全书内容兼顾学术性、实践性、系统性和战略性。本书撰写分工如下：蒋剑春、孙康、徐俊明、王奎、周铭撰写第1章概论；陈汉平、王贤华、易为、刘粤、祝玉婷撰写第2章生物质发电；雷廷宙、何晓峰、李学琴、李在峰、杨树华、王志伟撰写第3章生物质成型燃料；胡建军、茹光明、张襄、黄黎、王毅、李刚、贺超撰写第4章生物沼气；应浩、孙云娟、许玉撰写第5章生物质热解气化；单胜道、平立凤、柴彦君、施贇、康钦撰写第6章生物质炭基肥；勇强、徐勇、李鑫、欧阳磊、周鑫、赖晨欢、黄曹兴撰写第7章生物质醇类燃料；张全国、焦有雷、荆艳艳、张志萍、蒋丹萍、路朝阳撰写第8章生物质制氢；徐俊明、胡立红、吴国民、王小慧、徐勇、曹宪海、王瑞珍、夏海虹撰写第9章生物基材料与化学品。

生物质能产业发展迅速，涉及领域广泛，而作者经验和水平有限，不足之处在所难免，敬请同行专家和广大读者批评指正。

本书编委会  
2023年3月



## 目 录

第1章 概 论	1
1.1 农林废弃物资源生态利用意义	1
1.2 农林废弃物资源分布	3
1.2.1 农业纤维类废弃物	4
1.2.2 林业纤维类废弃物	7
1.3 农林废弃物生态利用技术现状	11
1.3.1 生物质制备气体燃料技术	12
1.3.2 生物质制备液体燃料技术	12
1.3.3 生物质制备固体燃料技术	13
1.3.4 生物质制备生物基材料与化学品技术	13
1.4 农林废弃物利用技术发展趋势	14
1.4.1 生物质能转化基础理论研究	14
1.4.2 生物质原料多元化拓展技术	15
1.4.3 生物质清洁高效转化关键技术	16
1.4.4 成套专业化设备装备技术	17
1.4.5 工程示范与商业模式探索技术	19
第2章 生物质发电	20
2.1 概 述	20
2.1.1 生物质清洁高效发电的重要意义	20
2.1.2 生物质发电技术分类	21
2.1.3 生物质发电技术现状	22
2.1.4 国内外生物质发电产业现状	23
2.2 生物质燃烧发电技术	24
2.2.1 生物质燃烧技术分类	24
2.2.2 生物质燃烧发电系统	25

2.2.3 生物质燃烧发电典型案例	26	3.3.2 生物质颗粒燃料成型技术及设备	76
2.2.4 生物质燃烧发电存在的问题	27	3.3.3 生物质块状燃料成型技术及设备	78
2.3 生物质气化发电技术	28	3.3.4 生物质棒状燃料成型技术及设备	80
2.3.1 生物质气化技术及设备	29	3.3.5 生物质成型自动化生产控制系统	82
2.3.2 生物质气化发电系统	29	3.4 生物质成型燃料生产体系	85
2.3.3 生物质气化发电典型案例	31	3.4.1 生物质成型燃料工业化生产系统	85
2.3.4 生物质气化发电存在的问题	34	3.4.2 生物质成型燃料规模化生产系统	86
2.4 生物质湿燃发电技术	36	3.4.3 生物质成型燃料生产体系综合评价	87
2.4.1 生物质直接与煤湿燃发电技术	36	3.5 生物质成型燃料技术展望	98
2.4.2 生物质气化与煤湿燃发电技术	37	3.5.1 生物质成型燃料技术的发展趋势	98
2.4.3 生物质湿燃发电典型案例	38	3.5.2 生物质成型燃料产业发展展望	101
2.4.4 生物质湿燃发电存在的问题	41	第4章 生物沼气	105
2.5 生物质供热技术	43	4.1 概述	105
2.5.1 生物质成型燃料燃烧技术及设备	44	4.1.1 沼气技术在促进社会发展中的作用	105
2.5.2 生物质供热系统	45	4.1.2 沼气技术的国内外研究现状与趋势	108
2.5.3 生物质供热典型案例	46	4.2 沼气技术基础	109
2.5.4 生物质供热存在的问题	47	4.2.1 沼气发酵基本原理	109
2.6 生物质发电技术展望	48	4.2.2 沼气发酵工艺及设备	113
2.6.1 生物质发电技术比较	48	4.3 沼气提纯与利用技术	119
2.6.2 生物质燃烧发电技术展望	49	4.3.1 沼气净化提纯技术	120
2.6.3 生物质气化发电技术展望	50	4.3.2 纯化沼气及其应用	125
2.6.4 生物质湿燃发电技术展望	52	4.3.3 沼气综合利用技术	127
2.6.5 生物质供热技术展望	53	4.4 以沼气为组带的生态农业模式	130
第3章 生物质成型燃料	56	4.4.1 以沼气为组带的生态农业生态工程理论与技术体系	130
3.1 概述	56	4.4.2 沼气技术在生态农业中的应用模式	133
3.1.1 生物质成型燃料概念	57	4.4.3 生态农业模式应用	137
3.1.2 生物质成型燃料的原料来源与构成	58	4.5 展望	143
3.1.3 生物质成型燃料技术现状	59	第5章 生物质热解气化	145
3.1.4 生物质成型燃料对环境生态的影响	61	5.1 概述	145
3.2 生物质成型理论基础	63	5.1.1 生物质热解气化技术的意义	145
3.2.1 生物质原料的基本特性	63	5.1.2 生物质热解气化技术现状	145
3.2.2 生物质压缩成型特性	68	5.2 生物质热解技术	148
3.3 生物质成型技术及设备	70	5.2.1 生物质热解的基本原理	148
3.3.1 生物质压缩成型预处理技术及设备	70	5.2.2 生物质热解的工艺分类	151

5.2.3 生物质热解过程的影响因素	153
5.2.4 生物质热解炉	154
5.3 生物质气化技术	160
5.3.1 生物质气化的基本原理	160
5.3.2 生物质气化新技术	163
5.3.3 生物质气化新技术	164
5.3.4 生物质气化当量比的影响	167
5.3.5 生物质气化过程的评价指标	169
5.3.6 生物质气化炉	171
5.4 生物质热解气化技术的应用	177
5.4.1 生物质热解技术的应用	177
5.4.2 生物质气化技术的应用	178
5.4.3 生物质热解气化多联产技术的应用	181
5.5 展望	188
5.5.1 提高燃气品质	189
5.5.2 合成液体产品	189
5.5.3 制取富氢气体	190
5.5.4 气氨联产技术	190
5.5.5 新技术新设备	190
第6章 生物质炭基肥	192
6.1 概述	192
6.1.1 生物质炭基肥研究意义	192
6.1.2 生物质炭基肥研究现状	192
6.2 生物质炭基制备技术和理化性质	194
6.2.1 生物质炭制备技术	194
6.2.2 影响生物质炭化的关键因素	196
6.2.3 生物质炭理化性质	197
6.3 生物质炭基肥制备	202
6.3.1 生物质炭基肥生产工艺类型及其应用	203
6.3.2 生物质炭基肥造粒配方及工艺	205
6.3.3 生物质炭基肥造粒设备	208
6.4 生物质炭基肥应用	213
6.4.1 炭基有机肥应用	213
6.4.2 炭基无机肥应用	216

6.5 生物质炭基肥的生态效应与风险	219
6.5.1 生物质炭基肥的农学效应	219
6.5.2 生物质炭基肥的环境生态效应	220
6.5.3 生物质炭基肥应用的潜在风险	221
6.6 展望	222
第7章 生物质醇类燃料	225
7.1 概述	225
7.1.1 生物质醇类燃料开发现状	225
7.1.2 生物质醇类燃料的研究现状	225
7.2 原料预处理方法	228
7.2.1 物理法预处理	229
7.2.2 化学法预处理	229
7.2.3 生物法预处理	231
7.2.4 新型预处理方法	232
7.3 纤维素糖化	233
7.3.1 纤维素酶与半纤维素酶	233
7.3.2 纤维素酶水解作用机理	235
7.3.3 影响纤维素糖化的因素	236
7.3.4 提高纤维素酶水解的主要策略	238
7.4 生物乙醇发酵技术	240
7.4.1 乙醇生产菌株	240
7.4.2 己糖发酵	241
7.4.3 戊糖发酵	243
7.4.4 生物乙醇发酵方式	244
7.5 生物丁醇发酵技术	244
7.5.1 丁醇发酵菌株	245
7.5.2 丁醇发酵技术	246
7.5.3 丁醇发酵的影响因素	248
7.6 纤维素乙醇的工程应用	249
7.6.1 工程应用背景	249
7.6.2 工艺流程	250
7.6.3 工艺说明	250
7.7 展望	250

第8章 生物质制氢	252
8.1 概述	252
8.1.1 生物质制氢的意义	252
8.1.2 生物质制氢现状	252
8.1.3 生物质制氢技术概述	253
8.2 生物质气化制氢	254
8.2.1 生物质气化制氢的原理	255
8.2.2 生物质气化制氢的现状	255
8.2.3 生物质气化制氢技术与存在的问题	258
8.3 生物质光解水制氢	262
8.3.1 生物质光解水制氢的原理	262
8.3.2 生物质光解水制氢的现状	262
8.3.3 生物质光解水制氢技术	264
8.3.4 生物质光解水制氢装置	265
8.4 生物质光发酵制氢	268
8.4.1 生物质光发酵制氢的原理	268
8.4.2 光产氢细菌的研究现状	270
8.4.3 生物质多原料光发酵制氢	275
8.5 生物质暗发酵制氢	277
8.5.1 生物质暗发酵制氢的原理	277
8.5.2 暗发酵产氢细菌的分类	278
8.5.3 暗发酵产氢细菌催化制氢的途径	279
8.5.4 生物质多原料暗发酵制氢	281
8.6 生物质暗-光发酵联合制氢	281
8.6.1 生物质暗-光发酵联合制氢的原理	281
8.6.2 生物质暗-光发酵联合制氢的优势	281
8.6.3 生物质暗-光发酵联合产氢的分类	282
8.6.4 制氢原料	284
8.6.5 生物质暗-光发酵联合制氢的装置与示范	286
8.6.6 暗-光发酵联合制氢存在的问题及发展方向	286
8.7 展望	287
第9章 生物基材料与化学品	289
9.1 概述	289
9.1.1 生物基产品的意义	289

9.1.2 生物基产品现状	290
9.2 纤维素基材料与化学品	290
9.2.1 纤维素的来源与分类	290
9.2.2 纤维素纳米晶体	291
9.2.3 纤维素纳米纤维	293
9.2.4 细菌纤维素	295
9.2.5 乙酰丙酮	296
9.3 半纤维素基化学品	305
9.3.1 半纤维素制备低聚糖	305
9.3.2 半纤维素制备糖醛	310
9.4 木质素基材料	313
9.4.1 木质素酚醛树脂	313
9.4.2 木质素环氧树脂	316
9.5 展望	318
参考文献	320
索引	339

## 1.1 农林废弃物资源生态利用意义

我国作为人口大国，约 50%的人口居住于农村地区，而农村地区大量的秸秆等农林废弃物主要用作传统的家庭烹饪、采暖等。在 2000 年的中国能源结构中，仅次于煤炭和石油产品的是广泛用于烹饪和取暖的薪柴。在过去 20 年中，随着中国城市化的发展，全面电气化及液化石油气和天然气供应规模的扩大，为人们提供了更容易获取且更具吸引力的替代能源，使中国使用薪柴的人数大大减少，已有 2.6 亿人得以使用现代能源，这是在能源领域取得的一项卓越成就。随着人们对空气污染问题的日益重视，农村及城市居民禁烧薪柴和煤炭，天然气基础设施迅猛扩张，太阳能等可再生能源也在不断发展，导致我国每年产生大量的农林废弃物因缺乏有效利用途径而只能焚烧处理，对我国的生态环境造成了严重的影响。

生物质是地球上唯一可再生碳源，也是唯一可直接转换为气体、液体、固体等的清洁能源。生物质能可以作为化石能源、太阳能等的重要补充，有利于促进我国能源利用的多元化发展。当前我国生物质资源化利用率仅为 4.8%，其中农林废弃物占当前生物质利用量的 30%左右。因此，对生物质资源的充分开发利用不仅可缓解我国的环境及能源问题，还可进一步完善及优化我国的能源结构，具有巨大的应用潜力和市场价值。从资源和发展潜力来看，当前我国生物质能综合利用总体仍处于发展初期，在能源生产市场竞争力和利润率方面远不及传统化石能源，对国家政策扶持补贴的力度依赖较大，并且由于生物质原料种类繁多，使不同来源的生物质形状、性质和组成的差异巨大，给生物质原料的处置带来难度，制约了生物质在热化学转化过程中的普适性。目前，我国正处于生物质能综合利用的重大转变期，已实现了从传统的家庭使用向现代化（尤其是发电）利用的平稳转变。《生物质能发展“十三五”规划》于 2016 年 12 月发布，提出了生物质能发展的详细目标，构建完善的生物质能利用及资源综合利用技术体系，整体技术水平达到世界先进水平。除了家用固体生物质消耗下降了 2/3（约 2 800 万 t 油当量）外，所有生物质能的现代化利用途径都增加了。集中用于生产电力和热力的生物质能增长最多，生物质能发电装机由 2016 年的 1 214 万 kW 增至 2 952 万 kW，

到预测期末发电量将超过 1 326 亿 kW·h。在终端利用领域,工业领域生物质能直接消耗量大幅增长(到 2040 年超过 400 万 t 油当量),为高温制造环节提供了有价值的热源,成为工业领域减少对煤炭依赖的一个低碳选择。我国生物质能的另一直接用途是交通燃料,我国实行的生物质燃料发展政策已使我国成为仅次于美国 and 巴西的世界第三大乙醇生产国。截至 2015 年,生物质燃料的消耗量约为 4.5 万桶油当量/天,其中生物质乙醇为 3 万桶油当量/天(每年约 30 亿 L),其余为生物质柴油。我国设定了宏伟的目标:预计到 2040 年,生物质燃料的消耗水平是 2015 年的 10 倍左右,26 万桶油当量/天的生物质乙醇用于道路运输,22 万桶油当量/天的生物质柴油主要用于航运行业,少量航空生物质煤油用于国内航空业。

2018 年 9 月,中共中央、国务院印发《乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》(以下简称《规划》),《规划》中指出,我国国家经济实力和综合国力日益增强,对农业农村支持力度不断加大,农村生产、生活条件加快改善,农民收入持续增长,乡村振兴具有雄厚的物质基础。我国的农业发展取得了举世瞩目的成就,但是,仍面临农村秸秆大量剩余、农村生态环境较差等问题。在党的十九大报告中提出了乡村振兴的发展战略,并指出,农业农村农民问题是关系国计民生的根本性问题,必须始终把解决好“三农”问题作为全党工作的重中之重,实施乡村振兴战略。随着天然气等资源的大力推广使用,秸秆等农林废弃物大量剩余。因此,实现农林废弃物的资源化利用对于缓解我国能源危机、改善农村生态环境意义重大。解决问题的方案包括:发展农村农林废弃物资源高效、清洁利用技术,推进农林废弃物资源化利用,改善农民居住生活环境;围绕秸秆类生物质,逐步建立炭、气、油、电联产绿色工厂、花园式秸秆利用工厂,建立新型社区,解决农村用电、供暖等问题。以技术进步推动乡村振兴,推进美丽乡村建设,通过大力推广农林废弃物资源的广泛应用,实现变废为宝,促进农村能源利用改革,奠定美丽乡村建设的基础。2013 年,我国提出“一带一路”倡议;对外,依靠中国与有关国家既有的双多边机制,借助既有的、行之有效的区域合作平台,共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益共同体、命运共同体和责任共同体;对内,充分发挥国内各地区比较优势,实行更加积极主动的开放战略,加强东中西部互动合作,全面提升开放型经济水平。“一带一路”沿线有 65 个国家和地区,包括东盟 10 国、东亚蒙古国、西亚北非 18 国、南亚 8 国、中亚 5 国、独联体 7 国、中东欧 16 国。沿线国家农业资源丰富,保护和利用的潜力巨大。例如,东南亚地区全年高温多雨,适宜种植多种农作物,除粮食作物外,还盛产橡胶、棕榈油、蕉麻、咖啡等热带经济作物;南亚以种植粮食作物为主,还有棉花、茶叶等经济作物。这些国家多数为农业国,同样存在农村社会公共事业发展滞后、农村基础设施建设薄弱、农业资源利用技术落后、能源结构单一等问题。“一带一路”倡议的实施有利于促进我国及周边国家各行各业的发展。在发展过程中,深刻认识到能源的重要性,同时我国在《能源发展“十三五”规划》中提到中国和巴西新

坦经济走廊的能源规划水平不断提升。当前电力、生物质能等能源技术相互交流和步伐正在进一步推进,在这个大背景下我国政府积极支持生物质能相关技术和生物质能相关企业的发展。作为政府“走出去”的一部分及在“一带一路”倡议的背景下,我国的能源公司在海外的活动成为国际投资和技术中重要的组成部分。“一带一路”工程的进一步实现也促进了我国生物质能企业影响力的提升,影响对象从本国扩大到“一带一路”沿线国家。“一带一路”的稳步推进为生物质能企业业的发展提供了巨大的市场,也促使我国在“一带一路”发展的过程中可以更加高效综合的发展。当前,我国在“一带一路”倡议推进过程中,积极促进国内外生物质能技术发展,积极推动国内外生物质能产品的价格规范化,进而有效地保障我国及“一带一路”周边国家能源企业的发展质量。“一带一路”的发展思路能够有效提升我国与周边其他国家在经济、能源方面的交流与发展,可以有效促进经济共同体的建立,实现共赢。

当前我国的生物质能发展正处于一个较为关键的时期,为了有效保障我国能源事业的发展,推进我国的乡村振兴战略,推动“一带一路”周边国家生态环境保护及能源结构的升级,在这个重要的历史时期抓住机遇,积极进行相关技术的发展,推进生物质能的发展意义重大。

在全球变暖的背景下,发展低碳经济是各国应对气候变化的基本途径,其实质是能源利用效率的提升和清洁能源的使用,核心在于能源技术创新。生物质能是一种以生物质作为载体的能量,是太阳能的另一种表现形式。生物质可以通过热化学转化等方式转化为常规的燃料,包括固态、气态和液态燃料等,是一种清洁的可再生能源。西方发达国家对生物质能的应用研究起步较早,而我国的生物质能产业起步较晚,且专业化程度较低,在低碳利用、节能减排方面面临巨大的挑战和压力。因此,研究国内外生物质能技术的发展现状及趋势,提出我国生物质能利用的发展建议,进而为实现我国生物质能产业发展及节能减排提供重要参考,对推动我国能源革命、低碳经济及应对全球气候变化等国家重大战略实施具有重要意义。

## 1.2 农林废弃物资源分布

我国地域辽阔,自然条件复杂,又是农业大国,生物质资源丰富多样,开发潜力巨大。根据《3060 零碳生物质能发展潜力蓝皮书》数据,2020 年中国农林纤维类废弃物资源总量达到了 14.3 亿 t,其中,农作物秸秆资源总量为 8.3 亿 t,可收集资源量为 6.9 亿 t,根据《中国林业和草原统计年鉴(2021)》数据,林业纤维废弃物资源总量约为 6 亿 t,可能资源化利用的资源量为 3.5 亿 t。

1.2.1 农业纤维类废弃物

1. 农业纤维类废弃物资源现状

农作物秸秆估算通常以收获指数或者草谷比计算。以收获指数计算某作物田间秸秆公式如下：

$$\text{田间秸秆产量} = \frac{\text{经济产量} - \text{经济产量}}{\text{收获指数}} = \text{经济产量} \times \left( \frac{1}{\text{收获指数}} - 1 \right)$$

草谷比是指作物田间秸秆产量与经济产量之比，即作物副产品与主产品产量之比，以草谷比计算某作物田间秸秆的公式如下：

$$\text{田间秸秆产量} = \text{经济产量} \times \text{草谷比}$$

根据联合国粮农组织（Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO）粮食生产统计数据库及《中国统计年鉴》数据。2014~2019年中国秸秆资源状况如表 1-1 所示。

表 1-1 2014~2019 年中国秸秆资源状况 单位：万 t

年份	秸秆资源总量	
	FAO 粮食生产统计数据库	《中国统计年鉴》
2014	94 146.1	81 143.1
2015	95 168.6	81 934.8
2016	96 516.1	82 198.7
2017	96 642.6	82 284.5
2018	97 958.5	82 981.8
2019	98 367.3	83 231.7

根据表 1-1 的数据，2019 年中国秸秆资源总量分别为 98 367.3 万 t 和 83 231.7 万 t，前者比后者高约 18.2%。造成数据差异的主要原因是 FAO 粮食生产统计数据包含了港澳台数据。另外，统计数据本身有差异，且统计作物的范围不一致，从 FAO 粮食生产统计数据看，2014~2019 年中国秸秆资源总体呈现上升趋势。

从《中国统计年鉴》数据看，2019 年小麦、玉米、水稻三大作物秸秆资源总量达到了 5.9 亿 t，占 71%。豆类、薯类、棉花、甘蔗的秸秆资源量分别达到了 2 496.9 万 t、1 664.6 万 t、1 684.4 万 t、4 993.9 万 t（图 1-1）。

由于社会经济条件和自然环境的差异，中国农作物种植结构存在区域差异，秸秆资源分布具有一定的地域差异性。整体看来，中国农作物秸秆资源主要分布在东北平原、华北—黄淮平原、长江中下游平原等地。河南、黑龙江、山东、江苏、四川、安徽、河北、吉林、湖南、湖北、内蒙古 11 个省（自治区）年秸秆可收集资源量均在 3 000 万 t 以上，属于全国秸秆资源丰富的区域，且资源密度相对较大。江西、辽宁、广东、陕西、山西、贵州、甘肃、重庆 8 省（直辖市）年秸秆可收

集资源量为 1 000 万~3 000 万 t，属于秸秆资源丰富程度中等区域。其他省（自治区、直辖市）秸秆资源量较少，且资源密度亦较低，属于资源不足区域。

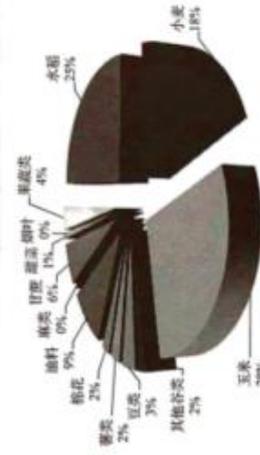


图 1-1 2019 年中国秸秆资源结构分布

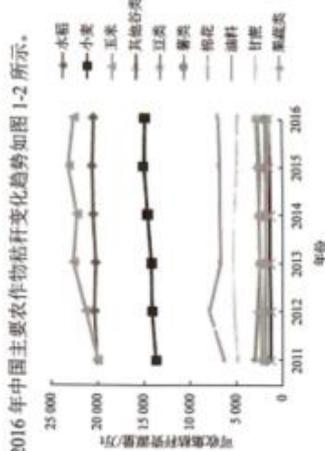


图 1-2 2011~2016 年中国主要农作物秸秆变化趋势

从图 1-2 可以看出，2011~2016 年三大作物（玉米、水稻、小麦）可收集秸秆资源量保持稳定增长，其他作物可收集秸秆资源量保持相对稳定。如表 1-2 所示，依据中国各类作物可收集系数，计算中国秸秆可利用资源量为 6.99 亿 t。

表 1-2 中国各类作物可收集系数

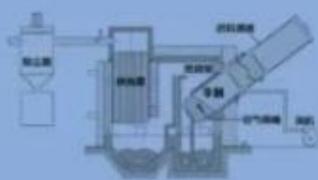
作物种类	可收集系数	作物种类	可收集系数
水稻	0.83	花生	0.85
小麦	0.83	油菜	0.85
玉米	0.83	芝麻	0.85
其他谷类	0.83	其他油料	0.85

### 7.3 农林废弃物燃料燃烧设备的设计与试验



# 农林废弃物燃料 燃烧设备的设计与试验

刘圣勇 张品 等 著



首批全国优秀出版社



中国农业出版社  
农村读物出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农林废弃物燃料燃烧设备的设计与试验 / 刘圣勇等  
著. —北京: 中国农业出版社, 2023. 8  
ISBN 978-7-109-31018-6

I. ①农… II. ①刘… III. ①农业废物—燃烧设备—  
设计—研究 IV. ①X71

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 159010 号

---

中国农业出版社出版

地址: 北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编: 100125

责任编辑: 史佳丽

版式设计: 王 晨 责任校对: 吴丽婷

印刷: 中农印务有限公司

版次: 2023 年 8 月第 1 版

印次: 2023 年 8 月北京第 1 次印刷

发行: 新华书店北京发行所

开本: 700mm×1000mm 1/16

印张: 17.25

字数: 330 千字

定价: 70.00 元

---

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书, 如有印装质量问题, 我社负责调换。

服务电话: 010-59195115 010-59194918

## 著者委员会

主任委员：刘圣勇 张 品

委 员：贺 超 王振中 青春耀 孙英合 马红东  
孙中仁 秦立臣 黄 黎 陶红歌 冯 坤

著 者（按姓名笔画排序）：

Nadeem Tahir 马红东 王 炯 王洪泉 王振中  
王鹏晓 王 毅 孔令晨 田利英 冯少华  
冯 坤 任天宝 任常忠 刘圣勇 刘进军  
刘春雨 刘 亮 刘洪福 刘婷婷 孙中仁  
孙英合 沈连峰 张 品 张 涛 张舒晴  
青春耀 赵向南 贺 超 秦立臣 贾卓娅  
夏许宁 徐如军 陶红歌 黄 黎 鲁 杰  
温 萍 管泽运 翟万里 翟顺才

# 目 录

1 绪 论	1
2 生物质成型燃料	4
2.1 国外生物质成型燃料燃烧设备发展现状	4
2.2 我国生物质成型燃料燃烧设备发展现状	5
3 生物质成型燃料燃烧特性理论分析	8
3.1 生物质成型燃料点火理论分析	8
3.1.1 点火理论分析	8
3.1.2 影响点火的因素	9
3.1.3 点火特性	9
3.2 生物质成型燃料燃烧机理分析	10
3.3 生物质成型燃料燃烧动力学方程分析	11
3.3.1 生物质成型燃料燃烧动力学方程	11
3.3.2 差热峰面积	13
3.3.3 差热结果分析	14
3.4 生物质成型燃料燃烧速度及影响因素分析	14
3.4.1 生物质成型燃料燃烧速度表示方法	14
3.4.2 生物质成型燃料燃烧速度影响因素分析	15
3.5 生物质成型燃料燃烧特性	17
3.5.1 生物质燃料特性	17
3.5.2 原生物质燃烧特性	17
3.5.3 生物质成型燃料燃烧特性	18
3.6 本章小结	18
4 I型生物质成型燃料燃烧设备的设计	19
4.1 燃烧设备设计指导思想	19
4.2 燃烧设备主要设计参数	20

• 1 •

4.3 生物质成型燃料燃烧设备设计.....	21
4.3.1 燃烧设备结构总体设计.....	21
4.3.2 燃烧设备热效率、燃料消耗量和保热系数计算.....	22
4.3.3 炉膛及炉排的设计.....	24
4.3.4 辐射受热面的设计.....	27
4.3.5 对流受热面的设计.....	28
4.3.6 燃烧设备引风机选型.....	30
4.4 本章小结.....	32
<b>5 I型生物质成型燃料燃烧设备热性能试验与分析.....</b>	<b>34</b>
5.1 试验目的.....	34
5.2 试验方法及使用仪器.....	34
5.2.1 试验方法.....	34
5.2.2 试验所用仪表.....	37
5.3 试验结果与分析.....	37
5.3.1 过剩空气系数与生成CO的关系.....	42
5.3.2 过剩空气系数与生成三原子气体RO <sub>2</sub> 的关系.....	43
5.3.3 过剩空气系数与生成NO <sub>x</sub> 的关系.....	45
5.3.4 过剩空气系数 $\alpha_{pv}$ 与烟尘YC的关系.....	46
5.3.5 过剩空气系数与主要热损失的关系.....	47
5.4 本章小节.....	51
<b>6 II型生物质成型燃料燃烧设备改进设计.....</b>	<b>52</b>
6.1 生物质成型燃料的参数选取.....	52
6.2 生物质成型燃料燃烧设备本体改进设计.....	54
6.3 生物质成型燃料燃烧设备炉膛及炉排的改进设计.....	57
6.4 生物质成型燃料燃烧设备辐射受热面改进设计.....	59
6.5 生物质成型燃料燃烧设备对流受热面改进设计.....	61
6.6 风机的选型.....	63
6.7 小结.....	65
<b>7 II型生物质成型燃料燃烧设备的热性能试验.....</b>	<b>66</b>
7.1 试验目的.....	66
7.2 试验依据.....	66
7.3 试验仪器.....	66

7.4 试验内容及结果分析 .....	67
7.4.1 正平衡试验结果比较 .....	67
7.4.2 反平衡试验结果比较 .....	67
7.4.3 试验结果分析 .....	70
7.5 小结 .....	77
<b>8 生物质成型燃料链条锅炉设计 .....</b>	<b>78</b>
8.1 生物质链条炉排层燃特性分析 .....	78
8.1.1 层燃的一般过程 .....	78
8.1.2 层燃的热质交换 .....	79
8.1.3 层燃的主要化学反应 .....	80
8.1.4 链条炉排上的层燃过程 .....	80
8.1.5 链条炉排上燃料层的气体分布 .....	82
8.1.6 链条炉排上生物质燃烧的稳定性 .....	83
8.1.7 生物质燃料性质对层燃的影响 .....	83
8.2 生物质成型燃料链条锅炉炉膛结构的设计 .....	84
8.2.1 设计原则 .....	85
8.2.2 新型炉膛结构与技术特点 .....	86
8.2.3 炉膛几何特性研究 .....	89
8.2.4 炉膛传热特性研究 .....	90
8.3 生物质成型燃料链条锅炉炉膛的设计计算 .....	93
8.3.1 锅炉整体结构与设计参数 .....	93
8.3.2 链条炉排的设计计算 .....	94
8.3.3 炉膛的设计计算 .....	95
8.4 生物质成型燃料链条锅炉受热面结构设计及热力计算 .....	97
8.4.1 辐射受热面结构设计及热力计算 .....	97
8.4.2 八字烟道对流管束的热力计算 .....	99
8.4.3 螺纹烟管的结构设计及热力计算 .....	100
8.4.4 省煤器的结构设计及热力计算 .....	101
8.4.5 受热面热力计算汇总 .....	103
8.5 生物质成型燃料链条锅炉风烟系统计算 .....	103
8.5.1 通风阻力计算原理 .....	103
8.5.2 烟风道阻力计算 .....	105
8.5.3 送、引风机的计算和选型 .....	106
8.6 生物质成型燃料链条锅炉的防结渣设计 .....	107

8.6.1	设计原则 .....	108
8.6.2	生物质锅炉炉膛的防结渣设计分析 .....	108
8.6.3	除渣装置选型 .....	109
8.7	本章小结 .....	111
<b>9</b>	<b>生物质成型燃料链条锅炉的热性能试验</b> .....	<b>112</b>
9.1	试验目的 .....	112
9.2	试验材料与仪器 .....	112
9.3	试验方法 .....	113
9.4	试验结果与分析 .....	113
9.5	锅炉正反平衡烟效率分析 .....	115
9.5.1	锅炉正平衡烟效率 .....	115
9.5.2	锅炉反平衡烟效率 .....	115
9.5.3	正反平衡烟效率计算结果 .....	116
9.5.4	结果分析 .....	117
9.6	本章小结 .....	118
<b>10</b>	<b>新型炉膛温度场与气体浓度场分布规律测试试验</b> .....	<b>120</b>
10.1	试验目的与意义 .....	120
10.2	试验仪器 .....	120
10.3	试验方法 .....	121
10.4	试验结果与分析 .....	121
10.4.1	炉膛温度场测试试验 .....	121
10.4.2	炉膛气体浓度场测试试验 .....	123
10.5	本章小结 .....	124
<b>11</b>	<b>农作物秸秆打捆燃料</b> .....	<b>126</b>
11.1	农作物秸秆打捆资源现状 .....	126
11.1.1	农作物秸秆打捆机械情况 .....	126
11.1.2	农作物秸秆打捆资源情况 .....	127
11.2	秸秆捆烧技术及设备研究现状 .....	129
11.2.1	生物质打捆燃烧技术 .....	129
11.2.2	国外生物质捆烧的研究现状 .....	129
11.2.3	国内生物质捆烧的研究现状 .....	133
11.3	生物质层燃锅炉燃烧过程数值模拟研究现状 .....	134

11.3.1	生物质床层燃烧模型 .....	135
11.3.2	生物质炉膛燃烧模型 .....	138
<b>12</b>	<b>秸秆打捆燃料燃烧特性和影响因素 .....</b>	<b>140</b>
12.1	实验原料和方法 .....	140
12.1.1	实验原料 .....	140
12.1.2	实验装置和方法 .....	141
12.2	结果分析 .....	144
12.2.1	TG-DTG 曲线分析 .....	144
12.2.2	秸秆动力学参数的计算 .....	145
12.2.3	秸秆打捆燃烧过程中的温度变化 .....	148
12.2.4	秸秆打捆燃烧过程中燃料质量的变化 .....	151
12.2.5	秸秆打捆燃烧过程中烟气的变化 .....	151
12.2.6	一次风量对秸秆打捆燃料燃烧特性的影响 .....	152
12.2.7	秸秆种类对打捆燃烧的影响 .....	159
12.2.8	秸秆打捆燃料燃烧的动力学特性 .....	160
12.3	本章小结 .....	162
<b>13</b>	<b>秸秆捆烧设备的设计 .....</b>	<b>163</b>
13.1	秸秆捆烧设备设计指导思想 .....	163
13.2	秸秆捆烧锅炉的设计计算 .....	163
13.2.1	燃料的选取 .....	163
13.2.2	秸秆捆烧锅炉的热力计算 .....	164
13.3	炉排的设计 .....	167
13.3.1	炉排形式的选取 .....	167
13.3.2	炉排的倾角设计 .....	170
13.3.3	炉排的尺寸设计计算 .....	170
13.4	炉膛的设计 .....	171
13.5	燃烬室的设计 .....	171
13.6	炉拱的设计 .....	172
13.6.1	炉拱的设计方法 .....	172
13.6.2	炉拱的动量设计法 .....	173
13.7	配风设计 .....	174
13.8	传热计算 .....	175
13.8.1	炉膛传热计算 .....	175

13.8.2	对流受热面传热计算	177
13.9	烟气净化除尘系统设计	179
13.10	秸秆捆烧设备结构的总体设计	180
13.11	本章小结	181
<b>14</b>	<b>秸秆捆烧锅炉的数值模型</b>	<b>182</b>
14.1	床层模型	182
14.1.1	模型假设	183
14.1.2	气相控制方程	183
14.1.3	固相控制方程	184
14.1.4	秸秆打捆燃料内部物理化学反应模型	185
14.2	炉膛气相燃烧的控制方程	188
14.3	床层和炉膛的耦合	188
14.4	湍流模型和辐射传热模型	189
14.5	数值计算方法及边界条件	189
14.6	本章小结	189
<b>15</b>	<b>秸秆捆烧锅炉炉拱与配风的数值优化设计</b>	<b>190</b>
15.1	炉拱确定	190
15.1.1	前拱倾角对炉内燃烧影响的数值分析	190
15.1.2	后拱倾角对炉内燃烧影响的数值分析	192
15.1.3	后拱覆盖长度对炉内燃烧影响的数值分析	193
15.1.4	前后拱的确定	195
15.2	配风的优化选择	197
15.2.1	一次风配风方式对炉内燃烧影响的数值分析	197
15.2.2	推迟配风的风量分配	199
15.2.3	二次风布置对炉内燃烧影响的数值分析	201
15.2.4	配风方式及风量配比的确定	204
15.3	本章小结	204
<b>16</b>	<b>秸秆捆烧锅炉运行试验</b>	<b>206</b>
16.1	试验仪器及试验材料	206
16.2	锅炉测试内容及方法	207
16.3	热工试验结果	208
16.4	锅炉结渣问题	210

目 录

16.5	燃烧机理模型.....	212
16.6	炉膛内过量空气系数对锅炉性能的影响.....	213
16.7	本章小结.....	215
<b>17</b>	<b>生物质粉体燃料.....</b>	<b>216</b>
17.1	生物质粉体燃料的物理特性分析.....	216
17.1.1	生物质粉体堆积密度.....	216
17.1.2	生物质粉体燃料机械耐久性.....	216
17.2	生物质粉体燃料的化学特性分析以及热值分析.....	217
17.2.1	生物质工业成分分析.....	217
17.2.2	生物质粉体元素成分分析.....	218
17.2.3	生物质热值分析.....	218
17.3	影响生物质粉体燃烧的因素.....	220
17.3.1	挥发分.....	220
17.3.2	粒径.....	220
17.3.3	灰分.....	220
17.3.4	含水量.....	221
17.4	生物质粉体燃烧的优点.....	222
17.5	生物质粉体燃烧的基础特性.....	223
17.6	生物质粉体燃料悬浮燃烧技术.....	223
17.7	本章小结.....	224
<b>18</b>	<b>生物质悬浮燃烧器的设计.....</b>	<b>225</b>
18.1	基本参数计算.....	226
18.1.1	理论空气量与实际空气量的确定.....	226
18.1.2	理论烟气量与实际烟气量的计算.....	227
18.2	进料系统的设计.....	228
18.2.1	进料螺旋的设计.....	229
18.2.2	料仓的设计.....	230
18.3	燃烧系统的设计.....	230
18.3.1	炉排的设计.....	231
18.3.2	预燃室的设计.....	231
18.3.3	预燃室容积的计算.....	232
18.3.4	预燃室特征参数值的计算.....	232
18.4	供风系统的设计.....	233

18.4.1	一二次风量的计算 .....	233
18.4.2	一次风机的选型 .....	234
18.4.3	二次风机的选型 .....	235
18.6	点火装置的选择 .....	236
18.7	本章小结 .....	237
<b>19</b>	<b>生物质锅炉炉膛的设计 .....</b>	<b>238</b>
19.1	炉膛的设计原则 .....	238
19.2	炉膛的设计计算 .....	239
19.2.1	炉膛容积的设计计算 .....	239
19.2.2	炉膛截面积的计算 .....	239
19.3	生物质锅炉受热面的设计 .....	240
19.3.1	辐射受热面的计算 .....	241
19.3.2	对流受热面的计算 .....	241
19.4	本章小结 .....	242
<b>20</b>	<b>生物质悬浮燃烧器热性能测试 .....</b>	<b>243</b>
20.1	试验原料 .....	243
20.2	试验装置 .....	243
20.3	分析方法和仪器 .....	244
20.4	试验步骤 .....	244
20.5	试验结果 .....	245
20.6	结果与讨论 .....	247
20.6.1	粉体浓度与预燃室温度 .....	247
20.6.2	一二次风配比与预燃室温度 .....	248
20.6.3	预燃室及炉膛温度分布 .....	248
20.6.4	燃烧尾气的分析 .....	249
20.6.5	灰渣分析 .....	249
20.6.6	燃烧热损失 .....	250
20.6.7	燃烧效率 .....	252
20.7	本章小结 .....	252
	参考文献 .....	254

## 绪 论

随着经济社会发展,世界各国对能源的需求激增,化石能源的不可再生性决定其终将走向枯竭,可再生能源的开发迫在眉睫。世界各国都对可再生能源的开发与研究十分重视,预计到2040年,可再生能源将成为全球最大的发电来源,主要包括风能、太阳能、地热能和生物质能。

生物质能指的是通过光合作用,将太阳能转化为化学能的形式储存在生物质内的能量。世界生物质能每年总产量能达到2000亿t左右,在世界能源消费总量中居第四位,仅次于煤炭、石油和天然气。生物质能在整个能源系统中占有重要地位,若能加以有效利用,必将在世界能源问题的解决中发挥重要作用。与煤、石油等传统燃料相比,生物质能具有以下优势:

(1) 储量巨大,可再生性。数据显示,世界生物质能潜在可开发能量达到350EJ/年,折合约82.12亿t标准油,相当于2009年世界能源消耗量的73%。在传统能源日渐枯竭的背景下,生物质能作为唯一可再生的能源,也是唯一可以转化为气、液、固3种形态的可再生能源,可作为理想的替代能源。

(2) 环保性。生物质能是一种清洁、低碳能源,燃料中硫元素、氮元素及灰分的含量较低,燃烧后产生的SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>及烟尘含量均比较理想,生物质能转换利用过程中CO<sub>2</sub>的零排放也对减轻温室效应贡献显著。

生物质能的高效利用已成为世界能源重大课题之一,受到世界各国政府及社会各界的广泛关注。2015年全球可再生能源现状报告统计显示,2014年全球生物质能装机容量新增5GW,总装机容量达到93GW,其中,美国16.1GW,中国10GW,欧盟28国36GW;2014年新型生物质供热装机容量新增9GW,总装机容量达到305GW;生物质能发电量达到433TW·h,生物乙醇年产量达到940亿L,生物柴油年产量达到297亿L,氢化植物油年产量达到4亿L,生物质液体燃料的研究已经收到一定成效。全球实行生物燃料强制或责任制的国家达到64个;2014年全球生物质燃料投资额新增51亿美元,生物质能和垃圾发电投资额新增84亿美元;生物质能发电、供热、生物质燃料及沼气共提供就业人数约290万人。

• 1 •

中国作为世界农业大国，生物质能储量极其丰富，农作物秸秆每年产量超过 7.5 亿 t，薪柴和林业废弃物每年的开发量超过 6 亿 t。据统计，21 世纪初期，平均每年在田间焚烧的无法处理的农作物秸秆高达 2 亿 t，这不仅会严重污染环境，还造成生物质能源的极大浪费，寻找高效利用生物质能源的途径刻不容缓。我国主要生物质能源所占比例如图 1-1 所示。



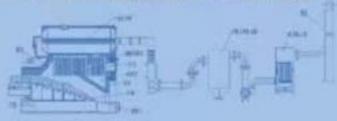
图 1-1 我国主要生物质能源所占比例

为推动生物质能源的开发与利用研究，我国政府出台了多项相关政策与制度。《中华人民共和国可再生能源法》于 2006 年 1 月正式实施，针对生物质能源的利用制定了多项规范及实施准则，并相继出台各项配套措施，为生物质能源的发展创造了有利条件。2007 年，国家发展和改革委员会制订的《中国应对气候变化国家方案》确认，2010 年后中国每年要通过发展生物质能源减少温室气体排放 0.3t CO<sub>2</sub> 当量。我国政府高度重视生物质能源产业的发展，已经连续四个五年计划将生物质能的开发与研究列为重点科技攻关项目，国家有关部委、各级地方政府也相继制定了多项有关生物质能源的规划、政策及条例，以确保生物质能源产业健康发展。这些政策表明，中国政府已经在各方面确立了生物质能在现代能源中的重要地位，并在相关政策上给予支持与鼓励，我国生物质能源的发展前景非常广阔。目前，生物质能利用技术，是将生物质燃料通过一定途径转化为固态、液态或气态燃料加以高效利用（表 1-1），广泛应用于发电、供热、运输等多个领域。

表 1-1 生物质能源主要利用技术

原料	来源	技术类型	产品	用途
农林废弃物	农林作物生产	直燃发电技术	电力	发电、供热
		混合燃烧发电技术		
		气化集中供气技术	生物质燃气	发电、炊事、采暖
		沼气技术	沼气	

# 农林废弃物燃料 燃烧设备的设计与试验



☆ 欢迎登录中国农业出版社网站：<http://www.ccap.com.cn>  
☎ 欢迎拨打中国农业出版社读者服务部热线：010-59194918、65083260

🛒 购书敬请关注中国农业出版社  
天猫旗舰店：



中国农业出版社  
官方微信

