

**农业废弃物（秸秆、粪便）综合利用  
技术成果汇编**

**科学技术部**

**农 业 部**

**二〇一五年九月**



## 前 言

我国农业废弃物主要包括秸秆、粪便等，每年生产量分别为 7 亿吨和 30 多亿吨。科技创新一直是驱动农业废弃物综合利用的重要支撑。近年来，通过部署国家科技计划，有效突破了一批制约农业废弃物综合利用的核心关键技术，构建了一批农业废弃物综合利用技术体系，建成了一批体现技术特色、区域特色的农业废弃物综合利用科技示范工程，为农业废弃物资源化综合利用的商业化运营奠定了良好的模式基础。

为促进科技成果在农业废弃物资源规模化利用中的应用，加大示范推广力度，吸引企业 and 专业投资机构积极参与投资，科技部联合农业部认真梳理凝练了“十五”以来国家科技计划支持农业废弃物综合利用的技术成果和典型应用案例，在此基础上编制形成了《农业废弃物（秸秆、粪便）综合利用技术成果汇编》。（以下简称《成果汇编》），经专家评估后向社会发布，供相关部门、地方政府及企业等参考。

《成果汇编》共分两大部分四个章节，第一部分涵盖了相关核心技术成果，三个章节分别介绍了原料收运储、转化加工、产品开发等农业废弃物综合利用全产业链主要环节的核心技术成果，从技术内容、适宜原料、技术成熟度、技术成果、技术来源等方面较详细地对各项成果进行了阐述。第二部分主要介绍了相关工程应用，具体在第四章对相关技术成果的典型工程案例，从项目概况、主要工艺原理、关键技术或设计创新特色、主要技

术指标、投资及运行效益分析等方面进行了归纳总结。此外,《成果汇编》还整理了相关标准和政策,以供参考。

任何机构和个人使用本《成果汇编》中的科技成果信息,请自行分析和评估其在相关应用中的适用性,并根据《合同法》等相关法律法规,与科技成果提供方约定双方权利义务,在科技成果交易和使用中严格履行相关合同。任何因使用本《成果汇编》中的科技成果而产生的责任,由相关行为人自负。

2015年9月

# 目 录

第一章 原料收运储.....	1
1. 秸秆打捆机 .....	2
2. 秸秆压捆机 .....	4
3. 自走式穗茎兼收玉米联合收获机 .....	6
4. 拔切组合式收获机 .....	8
5. 高效秸秆粉碎机 .....	9
6. 揉碎机 .....	11
第二章 转化加工.....	13
一、 关键技术 .....	14
1. 畜禽粪便高温堆肥化处理技术 .....	14
2. 禽畜粪便高效肥化利用技术 .....	15
3. 养殖废弃物农牧循环利用配套技术 .....	17
4. 秸秆生物强化预处理技术 .....	18
5. 秸秆高效厌氧发酵固态化学预处理技术 .....	20
6. 秸秆及畜禽粪便干发酵技术 .....	21
7. 粪便厌氧发酵除沙技术 .....	22
8. 有机废弃物一体化两相发酵技术 .....	24
9. 沼气发酵功能微生物强化技术 .....	25
10. 秸秆原位收集成型与热解气化技术 .....	27
11. 高效率循环流化床燃烧发电集成技术 .....	30

12.	秸秆蒸汽爆破技术 .....	32
13.	射线辐照处理的秸秆降解糖化新技术 .....	34
14.	秸秆高效组合预处理技术 .....	36
15.	同步发酵生产纤维素乙醇技术 .....	39
16.	同步生物加工法(CBP)制备生物乙醇技术 .....	42
17.	秸秆固态酶解发酵生产燃料乙醇关键技术 .....	43
18.	秸秆生产高清洁汽柴油技术 .....	45
19.	纤维素生物质先进裂解液化技术 .....	48
20.	碳水化合物水相催化合成长链烃关键技术 .....	50
21.	秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备技术 .....	52
22.	功能化木塑复合材料制造技术 .....	54
<b>二、</b>	<b>关键装备 .....</b>	<b>56</b>
1.	袋式秸秆青黄贮灌装机 .....	56
2.	厌氧发酵循环流反应器 .....	57
3.	畜禽粪便气化多联产装备 .....	60
4.	秸秆转化生态炭大型仓式装置 .....	62
5.	内循环锥形流化床气化反应器 .....	64
<b>第三章</b>	<b>产品开发 .....</b>	<b>67</b>
<b>一、</b>	<b>饲料化产品开发 .....</b>	<b>68</b>
1.	青(黄)贮饲料 .....	68
2.	压块饲料 .....	71
3.	碱化(氨化)饲料 .....	73

4.	揉丝饲料 .....	75
<b>二、</b>	<b>肥料化产品开发 .....</b>	<b>77</b>
1.	秸秆机械化全量还田 .....	77
2.	高效生物质腐熟肥料 .....	81
3.	高效促腐复合微生物菌剂 .....	84
4.	新型农用生物制剂 $\beta$ -寡聚酸 .....	86
5.	蚯蚓粪生物有机肥 .....	88
6.	土壤改良剂 .....	90
7.	无公害生物长效有机肥料 .....	92
8.	秸秆菌糠生物有机肥 .....	95
<b>三、</b>	<b>能源化产品开发 .....</b>	<b>97</b>
1.	生物燃气 .....	97
2.	热解气化燃气 .....	101
3.	气固液多级产品联产 .....	105
4.	燃料乙醇 .....	107
5.	航空燃油 .....	111
6.	高清洁汽柴油 .....	113
7.	生物油 .....	115
8.	成型燃料 .....	117
9.	炭化燃料 .....	122
<b>四、</b>	<b>材料化产品开发 .....</b>	<b>124</b>
1.	木糖醇 .....	124

2.	人造板材 .....	126
3.	复合材料 .....	129
4.	清洁制浆 .....	132
5.	活性炭系列产品 .....	133
<b>五、</b>	<b>基料化产品开发 .....</b>	<b>136</b>
1.	栽培食用菌 .....	136
2.	生产园艺基质 .....	140
<b>第四章</b>	<b>工程应用 .....</b>	<b>143</b>
<b>一、</b>	<b>原料收储运工程 .....</b>	<b>144</b>
1.	收运储模式 .....	144
2.	联合收获机 .....	148
3.	秸秆青贮收集机 .....	152
4.	麦稻联合收割机配套打捆机 .....	156
5.	规模化灰色秸秆收集及上料系统工程 .....	159
6.	规模化黄色秸秆收集及上料系统工程 .....	164
7.	青饲料捆裹贮藏工程 .....	169
<b>二、</b>	<b>饲料化工程 .....</b>	<b>172</b>
<b>三、</b>	<b>肥料化工程 .....</b>	<b>177</b>
1.	秸秆改良土壤工程 .....	177
2.	秸秆、畜禽粪便肥料化工程 .....	186
3.	秸秆腐解剂 .....	202
4.	秸秆还田工程 .....	216

5.	蚓粪工程 .....	226
<b>四、</b>	<b>能源化工程 .....</b>	<b>229</b>
1.	畜禽粪便 MW 级热电联产工程 .....	229
2.	车用生物燃气工程 .....	237
3.	农业废弃物厌氧干发酵工程 .....	242
4.	秸秆规模化沼气制备及生态循环利用工程 ....	245
5.	农牧循环利用工程 .....	267
6.	农作物秸秆气化发电工程 .....	275
7.	多产品联产综合利用工程 .....	280
8.	农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程 .....	294
9.	秸秆热解制备生物柴油工程 .....	306
10.	生物航空燃油制备工程 .....	309
11.	生物质裂解液化工程 .....	313
12.	生物质微米化高温燃烧工程 .....	317
<b>五、</b>	<b>材料化工程 .....</b>	<b>321</b>
1.	木塑复合材料制造工程 .....	321
2.	秸秆人造板工程 .....	324
3.	聚羟基烷酸酯 (PHA) 开放式发酵生产工程 ...	327
4.	秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备工程 .....	331
<b>六、</b>	<b>基料化工程 .....</b>	<b>334</b>
1.	秸秆栽培食用菌工程 .....	334
2.	绿化基材工程 .....	345

附表 1: 相关标准 .....	353
一、 原料收割装备标准 .....	353
二、 原料运输装备标准 .....	353
三、 原料储存装备标准 .....	354
四、 青贮饲料标准 .....	354
五、 压块及颗粒饲料标准 .....	355
六、 氨化（碱化）饲料标准 .....	355
七、 揉丝饲料标准 .....	355
八、 秸秆还田技术及农用机械标准 .....	355
九、 有机肥标准 .....	356
十、 腐熟剂相关标准 .....	356
十一、 沼气相关标准 .....	356
十二、 合成气相关标准 .....	357
十三、 燃料乙醇标准 .....	358
十四、 成型燃料标准 .....	358
十五、 炭化燃料标准 .....	359
十六、 热电联产标准 .....	359
十七、 秸秆制板相关标准 .....	359
十八、 清洁制浆 .....	360
十九、 木糖醇标准 .....	360
二十、 食用菌栽培相关标准 .....	360
附表 2: 相关政策 .....	363

一、 国家法律 .....	363
二、 发展规划及产业指导政策 .....	363
三、 财税政策 .....	365
四、 地方政策 .....	366



# 第一章 原料收运储

## 1. 秸秆打捆机

**技术内容：**通过专门的机械完成秸秆类原料在田间自动捡拾、码放、堆垛乃至卸捆等过程作业，从而降低商业化成本，提高运输效率，目前的打捆设备有小方捆打捆机、中型方捆打捆机、大方捆打捆机、圆捆打捆机。采用整秆喂入与切断填料预处理相结合，形成系列化不同截面尺寸捆型方捆打捆产品。此外，通过合理配套安装方式和动力传输形式，研制了9YFL-30×40麦稻联合收割机，动力由联合收割机提供，打捆机不设秸秆捡拾机构，其进料口与联合收割机的秸秆抛出口对接，不仅节省动力，还降低打捆机制造成本，可实现边收割边打捆，收割完成，打捆结束，避免了二次下地，节省人力、物力。

**适宜原料：**玉米秸秆、小麦秸秆、稻秆等秸秆

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**形成了系列化的方捆打捆机方捆打捆产品，适合玉米秸秆的捡拾打捆作业，实现不同截面捆型的均匀布料技术、不同物料的均匀成捆技术，9YFL-30×40系列产品的捆包尺寸为400×400×(300-1000)(mm)，作业效率为7-10亩/h。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在玉米、小麦主产区形成秸秆打捆收集示范推广，建

立销售与服务维修体系和网络(详见第四章第一节 4. 麦稻联合收割机配套打捆机-典型案例)。

**技术来源: 秸秆方捆打捆机中试**

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 中国农业机械化科学研究院

通讯地址: 北京市德胜门外北沙滩 1 号

邮政编码: 100083

联系人: 申文龙

联系电话: 13641319343

E-mail: yangbn@caams.org.cn

## 2. 秸秆压捆机

**技术内容：**通过专门的机械实现田间作业一次完成秸秆的粉碎、自动收集、压捆等多项农艺，作业效率高，适应性强，配套动力选择范围广。采用“圆孔筛式”输送喂入机构，秸秆输送顺畅，降低了功耗，并可有效分离秸秆中的泥土杂质，降低含杂率。可一次完成田间秸秆的收割、捡拾、粉碎、输送、压捆等联合作业，并可通过更换不同捡拾部件，实现不同作物秸秆的捡拾压捆作业，提高了机械的综合利用率。

**适宜原料：**玉米秸秆、小麦秸秆、稻秆、高粱秆等秸秆

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**机器的生产效率达到 2-4t/h，成捆率实现 100%，在生物质秸秆粉碎、收集、压捆复式作业技术方面实现了集成创新，技术水平达到国内领先水平。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在河北、东北等农作物秸秆丰富的农业区建立产品示范试验基地 15 个，并在河南省许昌市、周口市、商丘市、驻马店市、平顶山市进行示范。每个示范点投入试验机具各 2 台，每台机具季作业量不少于 300 亩。

**技术来源：**1. 收获粉碎式捡拾秸秆压捆机中试与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：滦南县鑫万达机械制造有限公司

通讯地址：唐山市滦南县方各庄镇西万坨村

邮政编码：063500

联系人：陈立东

联系电话：13722552385

E-mail: 4517777@163.com

## 2. 生物质秸秆粉碎压捆机中试

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：许昌华丰实业有限公司

通讯地址：河南省许昌县张潘镇

邮政编码：461103

联系人：袁鹏飞

联系电话：15836581567

E-mail: zh1h369@tom.com

### 3. 自走式穗茎兼收玉米联合收获机

**技术内容:** 首次研发并应用了加强往复式切割器和茎秆搅龙组合式喂入机构; 设置双层割台, 实现了不同秸秆处理功能的自由转换和独立可调, 提高了作业效率, 是实现玉米穗茎兼收的关键创新技术之一, 填补了我国穗茎兼收卧式玉米联合收获机的空白; 在同一套部件上实现了对玉米秸秆的精切回收、精切还田和集条铺放, 产品最大程度地满足玉米果穗收获及秸秆青贮、保护性耕作、生物质发电原料收集等需求, 有效拓展了产品的适应性; 将机电液一体化技术综合应用于整机的控制, 显著提高了产品的自动化和现代化水平。

**适宜原料:** 玉米秸秆、小麦秸秆、稻秆等秸秆

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 机器整体性能试验各项指标达到 GB/T21962 要求, 总损失率为 1.3%, 苞叶剥净率达 92.5%, 平均故障间隔大于 120h, 秸秆切碎合格率 90%以上, 填补了我国玉米联合收获机的空白, 进入了国家农机推广收获机械目录。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 适应各种行距的穗茎兼收型玉米联合收获机 (详见第四章第一节 2. 联合收获机-典型案例)。

技术来源：自走式穗茎兼收玉米联合收获机秸秆处理功能拓展及  
中试

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：山东省农业机械科学研究所

通讯地址：山东省济南市桑园路 19 号

邮政编码：250100

联系人：李蓁

联系电话：0531-88617501

E-mail: sdnj11@sina.com

#### 4. 拔切组合式收获机

**技术内容：**将拔秆、切碎、回收的分段作业进行集成，实现了秸秆拔秆、切碎、回收的联合作业。

**适宜原料：**棉花秆

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**首创秸秆输送链与双层浮动辊组合式输送喂入装置，与伸缩指式秸秆捡拾器结合、确保秸秆捡拾输送喂入顺畅，采用盘刀式切碎装置与抛掷叶片一体化设计，实现了机电液一体化与智能控制。应用核心技术成果建立中试线，建设示范基地，进行大规模的示范推广。

**适用模式：**产业模式

**技术来源：**拔切组合式棉花秸秆收获机中试与示范

**项目类型：**农业科技成果转化资金项目

**联系单位：**山东双佳农装科技有限公司

**通讯地址：**山东省济南市章丘市枣园街道办事处济青路北

**邮政编码：**250214

**联系人：**钟波

**联系电话：**13953118202

**E-mail：**sdzhongbo2004@yahoo.com.cn

## 5. 高效秸秆粉碎机

**技术内容：**采用软内衬、无筛网篦底设计，研制的高湿物料粉碎机，解决了高湿物料粉碎粘结难题；通过圆盘式刀片结构与全喂入式联合收割机配套，实现原料高效粉碎。

**适宜原料：**麦秸、玉米秸等秸秆原料及畜禽粪便

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**高湿物料粉碎允许物料含水率在 30%左右，粉碎粒度 2mm 孔径筛下物达到 95%，性能先进，卸料流畅，提高了粉碎效率；1JHSX 型系列秸秆粉碎机整机结构质量下降 40%以上，秸秆粉碎长度合格率大于 90%，节能降耗效果明显。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在安徽省蒙城县麦豆良种场进行了田间试验。

**技术来源：**1. 1JHSX 型系列秸秆粉碎机中试及产业化

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：安徽农业大学

通讯地址：合肥市长江西路 130 号

邮政编码：230036

联系人：陈黎卿

联系电话：13966658997

E-mail: xb@ahau.edu.cn

2. 畜禽粪便生产商品有机肥料产业化示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国农业机械化科学研究院

通讯地址：北京市德胜门外北沙滩一号

邮政编码：100083

联系人：吴德胜

联系电话：13601389991

E-mail: yangbn@caams.org.cn

## 6. 揉碎机

**技术内容:** 当秸秆从揉碎机喂入口喂入时，在高速旋转锤片的抓取和揉碎室内轴向气流抽吸的共同作用下，秸秆运动方向立即改变了90°，由原来垂直主轴方向变成平行主轴，这样秸秆受到具有一定间隔并处于高速旋转中的锤片冲击而碎成短段状。段状秸秆在离心惯性作用下，被甩向机体内壁，同时又受到螺旋状气流的作用，随气流产生了螺旋线运动，进而又受到安装在机体内的齿条横向阻碍而形成的揉搓作用，最终被破碎成粗丝状。特别是当秸秆段运动到齿条顶部时，齿条与旋转的锤片对秸秆段产生了更强的揉搓作用，使粗段被揉搓成细丝段。在锤片以及气流的共同作用下产生轴向运动，经过揉碎段部分流向机器的抛送室，然后由风扇叶片和气流产生的抛送作用将秸秆抛送出机外。

**适宜原料:** 麦秸、玉米秸等秸秆

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 采用新型锤片和齿条开发了9R-40型揉碎机，安装由喂入槽、喂入辊和压紧装置等部件组成的径向强制喂入装置，同时采用卷入性能好，并能自动调节喂入口高度的星齿型上、下喂入辊。压紧装置采用双弹簧式压紧装置，两个弹簧在机架两侧，一端固定在机架上，另一端固定在喂入辊轴座上，随物料尺寸的改变，使压力随弹簧变形而改变，有利于喂入揉碎。上喂入辊

随着喂入物料的直径变化，靠轴座和弹簧在圆弧中浮动，以便适用于不同厚度物料的喂入并夹紧，提高了机器的喂入与揉碎功能，使生产率提高了30%。

**适用模式：** 产业模式

**案例概述：** 在内蒙古的4个不同示范区对机具进行应用示范。

**技术来源：** 1. 玉米秸秆饲料防腐营养加工技术示范与推广

项目类型： 农业科技成果转化资金项目

联系单位： 北京世纪阿姆斯生物技术有限公司

通讯地址： 北京海淀区圆明园西路2号中国农业大学  
学校内28#信箱

邮政编码： 100193

联系人： 马庆华

联系电话： 010-62896498

E-mail: maqinghua519@163.com

2. 秸秆饲料加工关键装备与技术应用示范

项目类型： 农业科技成果转化资金项目

联系单位： 内蒙古农业大学

通讯地址： 内蒙古呼和浩特市昭乌达路306号

邮政编码： 010018

联系人： 赵满全

联系电话： 0471-4304592

E-mail: ndjxc@yahoo.com.cn

## 第二章 转化加工

## 一、 关键技术

### 1. 畜禽粪便高温堆肥化处理技术

**技术内容:** 在微生物作用下通过高温发酵使有机物矿质腐殖化和无害化而变成腐熟肥料的过程，在微生物分解有机质过程中，生成大量可被植物吸收的有效氮、磷、钾等化合物，且又合成土壤肥力重要活性物质腐殖质。

**适宜原料:** 畜禽粪便等

**技术成熟度:** 推广应用

**技术成果:** 杀灭病原菌、虫卵及杂草种子，同时快速地将有机质降解为稳定的腐殖质，转化为有机肥，解决了发酵周期长、处理不彻底的难题，实现畜禽粪便无害化和资源化处理。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在安徽省合肥市肥东县养猪场进行技术推广（详见第四章第四节 5. 农牧循环利用工程-典型案例（二））。

**技术来源:** 江淮平原农牧复合循环技术集成与示范

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 安徽省农业科学院

通讯地址: 合肥市庐阳区农科南路 40 号

邮政编码: 230031

联系人: 闫晓明

联系电话: 13505601961

E-mail: xmyan9@163.com

## 2. 禽畜粪便高效肥化利用技术

**技术内容：**在畜禽粪便中接种微生物复合菌剂，利用生化工艺和微生物技术，使有益微生物迅速繁殖，快速分解粪便和秸秆中有机质，将大分子物质变为小分子物质，产生生物热能，抑制或杀死病菌、虫卵等有害生物；并在矿质化和腐殖质化过程中，释放出氮磷钾和微量元素等有效养分；吸收、分解恶臭和有害物质。而后，在其中加入适量无机营养、腐殖酸氮肥增效剂及磷钾螯合剂等，实现各种营养物质的均衡，制成高效无公害的生物有机肥。

**适宜原料：**畜禽粪便

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**采用的氮肥长效增效缓释技术及菌种保护剂技术、提高肥料利用率 10% 以上、增产 15% 以上、产品达到国家相关标准要求，获得技术鉴定成果和科技进步奖。

**适用模式：**公益模式

**案例概述：**在抚顺建成年产 2000t 生物肥工程，在内蒙古五原建成年产万吨级的生物肥工程（详见第四章第一节 2. 秸秆、畜禽粪便肥料化工程-典型案例（二）和（三））。

**技术来源：**1. 规模化猪场粪污无害化处理与资源化利用技术与示范

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：中国科学院沈阳应用生态研究所

通讯地址：辽宁省沈阳市沈河区文化路 72 号

邮政编码：110016

联系人：史奕

联系电话：024-83970371

E-mail: shiyi@iae.ac.cn

## 2. 养殖废弃物资源化、能源化综合利用沼气工程成套装置中试与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：安庆市冲浪能源科技有限责任公司

通讯地址：安徽省安庆市怀宁工业园独秀大道北 7 号

邮政编码：246121

联系人：何宏瑞

联系电话：0556-5169988

E-mail: chonglg@163.com

## 3. 农村秸秆沼气池专用服务车的研发及产业化

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：淮安市苏通市政机械有限公司

通讯地址：江苏省淮安市淮安区边寿民路 28 号

邮政编码：223200

联系人：王连

联系电话：13952372177

E-mail: sutongha@126.com

### 3. 养殖废弃物农牧循环利用配套技术

**技术内容:** 养殖场的粪污经过集污池内设机械格栅除去大的悬浮物及固形物、漂浮物后,进入水解酸化池内混合均匀,然后通过计量池内的进料泵输送到厌氧发酵罐,发酵产气;沼渣通过固液分离后,固体沼渣生产有机肥,上清液则回流到水解酸化池,沼气经过处理后,用于生活用气或发电。

**适宜原料:** 畜禽粪便、玉米秸秆、小麦秸秆、水稻秸秆等

**技术成熟度:** 应用阶段

**技术成果:** 利用工程和生物技术使污水达标排放,猪粪转化为有机肥投入农田,实现了养殖场废弃物综合利用,处理后的污水应达到  $COD \leq 100mg/L$ , 氨氮  $\leq 15mg/L$ , 产沼气 32.85 万  $m^3$ 。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在安徽小岗宝迪规模化养殖场推广应用(详见第四章第四节 5. 农牧循环利用工程-典型案例(一)和(二))。

**技术来源:** 江淮平原农牧复合循环技术集成与示范

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 安徽省农业科学院

通讯地址: 合肥市庐阳区农科南路 40 号

邮政编码: 230031

联系人: 闫晓明

联系电话: 13505601961

E-mail: xmyan9@163.com

#### 4. 秸秆生物强化预处理技术

**技术内容：**在秸秆沼气工程中利用秸秆预处理菌剂进行生物强化，破坏纤维素、半纤维素、木质素之间的连接，把难降解的纤维成分降解成易降解的成分。加快秸秆结构的破坏，克服目前秸秆沼气工程预处理采用粉碎、热水浸泡、碱处理等方式带来的低效、结壳等问题。干湿结合的发酵工艺与适配装置协同作用，解决秸秆沼气进出料难题，实现秸秆沼气工程稳定、持久运行。

**适宜原料：**稻秆、麦秆、玉米秸、高粱秆等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**利用秸秆预处理菌剂进行生物强化、克服目前秸秆沼气工程预处理采用粉碎、热水浸泡、碱处理等方式带来的低效、结壳等问题，相对于未经过预处理的木质纤维素，优化预处理后纤维素、半纤维素的降解率提高 20%，整个厌氧消化反应周期的平均产气量提高 50%-100%，生物气中有效成分甲烷的平均含量提高 5%-10%，中试发酵罐容积为  $\geq 5\text{m}^3$ ，工程示范日产沼气  $\geq 100\text{m}^3$ 。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在四川省、黑龙江省等地建设了示范工程（详见第四章第四节 4. 秸秆规模化沼气制备及生态循环利用工程-典型案例（三）和（四））。

**技术来源：1. 沼气发酵过程微生物调控技术研究**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：农业部沼气科学研究所

通讯地址：成都武侯区人民南路四段 13 号

邮政编码：610042

联系人：邓宇

联系电话：13348899057、028-85260729

E-mail: dengkaiyu@yahoo.com.cn

**2. 木质纤维原料高效预处理技术与工艺设备研究及示范**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：北京化工大学

通讯地址：北京市朝阳区北三环东 15 号

邮政编码：100029

联系人：张瑞红

联系电话：18618375078、010-64442375

E-mail: rhzhang@ucdavis.edu

**3. 生物强化预处理秸秆干发酵生物燃气工程示范**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国科学院成都生物研究所

通讯地址：成都市人民南路四段九号

邮政编码：610041

联系人：袁月祥

联系电话：13808056785

E-mail: chenjj@cib.ac.cn

## 5. 秸秆高效厌氧发酵固态化学预处理技术

**技术内容:** 一般采用氢氧化钠或氨水进行处理, 氢氧根离子可以削弱纤维素和半纤维素之间的氢键, 皂化半纤维素和木质素分子之间的酯键, 从而使纤维素原料润张, 内表面积得到增加, 可以去除木质素, 提高酶水解效果。开发了固态化学预处理发酵技术, 克服了反应过程中会产生多余废液的难题, 实现环境友好型发酵。

**适宜原料:** 麦秸、玉米秸、水稻秸秆、小麦秸秆等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 预处理时间缩短 1 天, 预处理剂用量减少 10.5%-25.8%, 预处理后原料的单位 VS 产气量为 420.6 (ml/g VS)。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在山东省德州市黄河涯镇和黑龙江省佳木斯市青龙山农场, 建设规模分别为 800 m<sup>3</sup> 和 1000 m<sup>3</sup> 的示范工程 (详见第四章第四节 4. 秸秆规模化沼气制备及生态循环利用工程-典型案例 (四) 和 (五))。

**技术来源:** 秸秆高效厌氧发酵生产沼气与集中供气工程示范

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 北京化工大学

通讯地址: 北京市朝阳区北三环东路 15 号 42#信箱

邮政编码: 100029

联系人: 吴浩

联系电话: 010-64434925

E-mail: wuhao@mail.buct.edu.cn

## 6. 秸秆及畜禽粪便干发酵技术

**技术内容：**又称高固体厌氧消化，是指总固体含量大约在 20% 或更高的情况下进行发酵的一种技术，此技术反应器单位体积的需水量低，产气量高。

**适宜原料：**畜禽粪便、玉米秸秆、小麦秸秆、水稻秸秆等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**采用单相干发酵工艺，操作简单，能耗低，无二次污染，维护费用低，发酵周期 28 天，容积产气率大于  $1.1\text{m}^3/\text{m}^3/\text{d}$ ，净化后甲烷含量大于 97%，获得了国家科学技术进步二等奖。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**推广应用在处理量为 100t/d 的示范项目（详见第四章第四节 3. 农业废弃物厌氧干发酵工程-典型案例）。

**技术来源：**多原料高浓度混合共发酵制气与纯化提质研究与示范

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：中国石油大学（北京）

通讯地址：北京市昌平区府学路 18 号

邮政编码：102249

联系人：李叶青

联系电话：13811052520、010-80734008

E-mail: liyeqingcup@126.com

## 7. 粪便厌氧发酵除沙技术

**技术内容：**针对畜禽粪便粘稠度高、含沙量大、影响浆料输送和厌氧发酵的问题，采用水解除砂技术实现粪砂分离，采用螺旋除砂机械将水解池底部沉砂排出池外，避免对设备管道的磨损和在厌氧罐内沉积。

**适宜原料：**鸡粪、牛粪、猪粪等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**采用机械和生物相结合的技术、对厌氧发酵的粪污进行预处理、减少沙石含量、提高粪污发酵产气性能、解决了粪砂难以分离的难题、除砂效率 90%以上，解决了传统的机械除砂工艺去除效果差等问题。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**北京德青源年产 1000 万 m<sup>3</sup>的沼气工程、山东民和牧业股份有限公司年产 1500 万 m<sup>3</sup>沼气工程中应用（详见第四章第四节 1. 畜禽粪便 MW 级热电联产工程-典型案例（一）和（二））。

**技术来源：**1. 多原料高浓度混合共发酵制气与纯化提质研究与示范

**项目类型：**国家高技术研究发展计划（863 计划）

**联系单位：**中国石油大学（北京）

**通讯地址：**北京市昌平区府学路 18 号

**邮政编码：**102249

**联系人：**周红军

联系电话：13701071783、010-89731979

E-mail: zhouhongjun@cup.edu.cn

## 2. 集中式联合发酵生产高品质生物燃气技术装备研发 与示范

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：杭州能源环境工程有限公司

通讯地址：浙江省杭州市秋涛北路 89 号 7 楼

邮政编码：310020

联系人：寿亦丰

联系电话：13588270269

E-mail: charlishou@163.com

## 8. 有机废弃物一体化两相发酵技术

**技术内容：**一体化两相发酵技术是在同一反应器内实现固相和液相分区消化的连续厌氧工艺。经过预处理的秸秆与回流的沼液混合后经反应器顶部进入，由于秸秆的密度比沼液的密度低，故秸秆会浮在反应器上层保持相对静止的状态，而沼液却由于回流的作用会在发酵罐中向下流动，形成两相反应区。该技术可以提高微生物的活性，增强不同菌种间的互补、协同作用，提高产气效率，有效解决秸秆厌氧发酵容易酸化的技术难题。

**适宜原料：**小麦秸秆、玉米秸秆、猪粪、牛粪、鸡粪等

**技术成熟度：**示范工程

**技术成果：**采用两相发酵工艺，避免了单相发酵工艺和代谢产物对微生物的抑制，添加猪粪可将秸秆的产气量提高186L，提高工艺处理效果、增加了产气量。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在北京顺义区、浙江上虞市、陕西临渭区和天津静海县建成了反应器容积为60-1000m<sup>3</sup>的示范工程。

**技术来源：**秸秆沼气一体化两相发酵技术与装备成果转化

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：农业部规划设计研究院

通讯地址：北京朝阳区麦子店街41号

邮政编码：100125

联系人：周新群

联系电话：010-65003961

E-mail: peggy626@sohu.com

## 9. 沼气发酵功能微生物强化技术

**技术内容：**通过对长期保藏关键功能微生物的功能评价、复合菌系构建，形成高密度厌氧微生物多菌种复合生产工艺，研制成功高活性、高生物量的复合菌剂，集成了沼气发酵功能微生物强化技术。

**适宜原料：**玉米秸秆、水稻秸秆、猪粪、牛粪、鸡粪等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**加速低温沼气发酵，提高沼气产量 20%以上；在川、藏、京、冀等 12 个省市的沼气池及沼气工程中进行推广应用，解决了我国沼气建设和发展中存在的原料转化率低、启动慢、低温产气难等问题，户用沼气池发酵由 20 天缩短至 4-5 天，沼气工程由 3 个月缩短至 1 个月左右。沼气产量平均提高 20%以上。发酵温度 12℃左右，沼气池的产气量增幅达 14%-246%。获得四川省科学技术进步奖二等奖。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在北京市大兴区安定镇后安定村集中供气沼气站进行推广应用。

**技术来源：**高强度竹基纤维复合材料制造技术

**项目类型：**国家高技术研究发展计划（863 计划）

**联系单位：**生物质材料教育部重点实验室（东北林业大学）

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: [qwwang@nefu.edu.cn](mailto:qwwang@nefu.edu.cn)

## 10. 秸秆原位收集成型与热解气化技术

**技术内容：**将秸秆原料的收集成型过程集成到一步完成，以缩短加工环节，节省生产成本。在热解气化过程中产生的焦油不仅导致产气率降低，还会堵塞和腐蚀设备，故需要在催化剂的作用下催化焦油二次裂解气化并除去不能裂解的焦油。

**适宜原料：**麦秸、玉米秸、甜高粱秆等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**集即时收集、成型于一体，并采用独特的环模成型结构，在缩减了加工环节和工艺过程、降低了成本的同时，使系统适于高含水率秸秆作物的成型。在高效生物质气化系统中集成高温除尘系统，采用焦油催化裂解与催化剂再生技术和焦油化学吸收渗透除焦技术、解决了除焦问题、提高秸秆产气率。多室、多层次主动配风，优化控制最佳空气配比以及最佳旋向。

**适用模式：**产业模式

**技术来源：**1. 生物质高效催化热解定向制备燃气关键技术研究及工程示范

**项目类型：**国家高技术研究发展计划（863 计划）

**联系单位：**华中科技大学

**通讯地址：**湖北省武汉市武昌珞喻路 1037 号

**邮政编码：**430074

联系人：肖波

联系电话：13607137746、027-87556932

E-mail: xiaobo1958@126.com

## 2. 高效生物质制备中热值燃气技术及产业化研究

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：苏州新阳光机械制造有限公司

通讯地址：太仓市东仓北路48号

邮政编码：215400

联系人：曹锋

联系电话：0512-53189816

E-mail: xuyixin1111@163.com

## 3. 秸秆气化燃气关键技术及设备中试

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：四川省农业机械研究设计院

通讯地址：四川省成都市二环路东四段牛沙路5号

邮政编码：610066

联系人：褚红春

联系电话：028-84514201

E-mail: njychc@163.com

## 4. 秸秆即时收集成型与高效热解气化技术研究与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：山东百川同创能源有限公司

通讯地址：山东省济南高新区大学科技园北区 B 组  
团南楼中单元

邮政编码：250101

联系人：景元琢

联系电话：0531-88873588

E-mail: sdbctc@126.com

## 11. 高效率循环流化床燃烧发电集成技术

**技术内容:** 把秸秆送入特定蒸汽锅炉中, 生产蒸汽, 驱动蒸汽轮机, 带动发电机发电。

**适宜原料:** 麦秸、稻秆、稻壳、棉秆、油菜秆等

**技术成熟度:** 应用阶段、领先国际

**技术成果:** 采用小容量、高参数的生物质循环流化床锅炉燃烧发电技术锅炉热效率大于 92%、整体机组发电效率达到 33.2%。

**适用模式:** 产业模式

**技术来源:** 1. 生物质高效催化热解定向制备燃气关键技术研究及工程示范

项目类型: 国家高技术研究发展计划 (863 计划)

联系单位: 华中科技大学

通讯地址: 湖北省武汉市武昌珞喻路 1037 号

邮政编码: 430074

联系人: 肖波

联系电话: 13607137746、027-87556932

E-mail: xiaobo1958@126.com

2. 5MW 高效生物质固定床气化发电(气、电、焦油、热联产联供)关键技术及工程示范

项目类型: 国家高技术研究发展计划 (863 计划)

联系单位: 高邮市林源科技开发有限公司

通讯地址：江苏高邮市府前街 62 号

邮政编码：225600

联系人：盛卫东

联系电话：13276536288、0514-84685311

E-mail: shengweidong001@sina.com

### 3. 生物质流态化热解气化综合利用技术

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国林业科学研究院林产化学工业研究所

通讯地址：江苏省南京市锁金五村 16 号

邮政编码：210042

联系人：刘军利

联系电话：025-85482412

E-mail: info@forinchem.com

### 4. 农村生物质热转化分布式能源供应系统研发与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：辽宁省能源研究所

通讯地址：辽宁省营口市银泉街 65 号

邮政编码：115004

联系人：任永志

联系电话：13050682217

E-mail: nys\_kyk@163.com

## 12. 秸秆蒸汽爆破技术

**技术内容:** 蒸汽爆破是在加压条件下对物料进行升温,接着快速减压,物料中的高温液态水迅速爆沸,形成闪蒸,产生大量蒸汽而急剧膨胀,冲破细胞壁而破坏其结晶结构,使纤维素和木质素分散离析,而便于对纤维素的利用。

**适宜原料:** 稻秆、麦秆、玉米秆、高粱秆、棉秆等。

**技术成熟度:** 研究阶段

**技术成果:** 采用间歇蒸汽爆破预处理技术,解决了秸秆利转化率低的问题,得到秸秆乙醇酶解发酵产品装备,糖转化率达到 45%,发酵终了的含酒量在 7% (v/v) 以上。建立了玉米秸秆间歇蒸汽爆破预处理。获得技术鉴定成果。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在山东建成了年产 3000t 农作物秸秆酶解发酵燃料乙醇的产业化示范(详见第四章第四节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-典型案例(三))。

**技术来源:** 1. 秸秆制乙醇的超临界亚临界组合预处理与水解研究

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863 计划)

联系单位: 清华大学

通讯地址: 北京市海淀区清华园

邮政编码: 100084

联系人：李冬

联系电话：13121218006、010-51774470

E-mail: lidongzi@emails.bjut.edu.cn

## 2. 秸秆乙醇酶解发酵关键技术研发

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：上海天之冠可再生能源有限公司

通讯地址：上海市浦东新区蔡伦路 720 弄 2 号

邮政编码：201203

联系人：翟光校

联系电话：021-50796669

### 13. 射线辐照处理的秸秆降解糖化新技术

**技术内容：**利用高能射线对物料进行辐照，使木质纤维素原料的物理性质或化学组成发生变化。木质纤维素的机械强度、聚合度、结晶指数等都会随着辐照剂量的增加而下降，高能离子辐射使得纤维素聚合度降低，分子量分布比普通纤维素更加集中，因此，辐射后的纤维素反应可及度提高，物料可溶性增加，并且经过处理后的物料没有了胀润性，有利于纤维素的进一步水解。

**适宜原料：**玉米秸秆、水稻秸秆、豌豆秆、葵花秆、甜高粱等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**采用射线辐照的预处理方法，克服了传统技术方法带来的环境污染以及能耗的问题，原材料的重量损失率仅为 1%-4%，秸秆棕纤维素降解率超过 90%，酶水解产还原糖得率超过 500mg/g。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**湖南省长沙处理秸秆原料 45 m<sup>3</sup>/批次中试示范（详见第四章第四节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-典型案例（二））。

**技术来源：**基于射线辐照和嗜热真菌热稳定纤维素酶的纤维素降解新技术

**项目类型：**国家高技术研究发展计划（863 计划）

**联系单位：**湖南农业大学

通讯地址：长沙市芙蓉区农大路 1 号

邮政编码：410128

联系人：苏小军

联系电话：0731-84617191

E-mail: [suxiaojun5606@163.com](mailto:suxiaojun5606@163.com)

## 14. 秸秆高效组合预处理技术

**技术内容：**单一的预处理方式成本昂贵，处理效率低，会造成原料的利用不充分。组合预处理技术运用物理、化学、生物联合的方式，首先在物理处理的同时，加入一定量的化学试剂，利用物理法和化学法破坏秸秆的结构，然后用微生物菌剂对物料进行生物处理。该技术充分利用不同预处理技术的优势和其处理程度规律，提出不同高木质纤维素废弃物组合预处理技术集成模式，达到耦合增效的结果。

**适宜原料：**稻秆、麦秸、玉米秸等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**开展了生物和汽爆联合预处理等互补预处理方法研究，并在 1000t/年中试生产装置上进行放大验证试验，结果表明，秸秆经生物化学联合预处理后，其酶解效率比汽爆处理提高 20.5%，最终乙醇浓度比汽爆处理提高 21.2% (v/v)。采用物理、化学、生物联合预处理技术，解决原料利用不充分的问题，最终木质纤维素预处理过程半纤维素、纤维素回收率都在 90% 以上，获得技术鉴定成果。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**建成 300t 和 3000t 秸秆乙醇中试生产线（详见第四章第四节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-

典型案例（三）。

**技术来源：1. 木质纤维原料高效预处理技术与工艺设备研究及示范**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：北京化工大学

通讯地址：北京市朝阳区北三环东 15 号

邮政编码：100029

联系人：张瑞红

联系电话：18618375078、010-64442375

E-mail: rhzhang@ucdavis.edu

**2. 基于射线辐照和嗜热真菌热稳定纤维素酶的纤维素降解新技术**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：湖南农业大学

通讯地址：长沙市芙蓉区农大路 1 号

邮政编码：410128

联系人：熊兴耀

联系电话：13974989983、0731-84635295

E-mail: xiongxingyao@126.com

**3. 生物质水相催化合成生物航空燃油**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：中科院广州能源所

通讯地址：广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码: 510650

联系人: 王铁军

联系电话: 13533210960、020-87057787

E-mail: angtj@ms.giec.ac.cn

#### 4. 木质纤维素原料乙醇发酵前的膨化处理技术研究

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863计划)

联系单位: 辽宁省能源研究所

通讯地址: 辽宁营口市西市区银泉街65号

邮政编码: 115000

联系人: 赵勇

联系电话: 13840722191、0417-2833913

E-mail: lnsnys@163.com

#### 5. 同步生物加工法(CBP)制备纤维素乙醇技术研究

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863计划)

联系单位: 清华大学

通讯地址: 北京市海淀区清华园

邮政编码: 100084

联系人: 李天成

联系电话: 13520964956、010-89796023

E-mail: litiancheng@tsinghua.edu.cn

## 15. 同步发酵生产纤维素乙醇技术

**技术内容:** 采用酶水解和乙醇发酵有机结合工艺, 在加入纤维素酶对原料进行水解的同时接种酒精发酵的微生物, 同步发酵, 使水解产物可以迅速被酒精发酵微生物利用而保持在一个较低的水平, 减弱水解产物对纤维素酶的抑制作用, 提高纤维素酶的效率。通过在工业酵母菌株中导入戊糖代谢途径, 改造葡萄糖/木糖转运系统, 构建能共利用戊糖和己糖的工程菌, 并利用进化工程策略和全局扰动技术提高酵母的戊糖利用效率和水解液抑制物耐受能力, 选育戊糖/己糖高效利用的高温酿酒酵母, 实现木质纤维素水解液的高效利用。

**适宜原料:** 玉米秸、麦秸、稻秆、高粱秆等

**技术成熟度:** 示范工程

**技术成果:** 采用同步发酵工艺实现酶解-糖化-发酵同步完成, 解决了秸秆发酵产乙醇过程中纤维素酶高效利用的问题, 秸秆中半纤维素、纤维素糖化率大于 90%, 乙醇收率不低于理论值的 90%, 降低了纤维乙醇的生产成本。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在山东建成年产 3000t 农作物秸秆酶解发酵燃料乙醇产业化示范装置(详见第四章第四节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-典型案例(三))。

**技术来源:** 1. 木质纤维素生物转化燃料乙醇技术研究

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863 计划)

联系单位: 中国石油天然气股份有限公司石油化工  
研究院

通讯地址: 北京市海淀区学院路邮局 83-046 信箱

邮政编码: 100083

联系人: 付兴国

联系电话: 13601112038、010-83597007

E-mail: fuxingguo8@petrochina.com.cn

## 2. 高粘度快速发酵生产燃料乙醇技术研究

项目类型: 国家高技术研究发展计划 (863 计划)

联系单位: 中国科学院成都生物研究所

通讯地址: 中国四川省成都市人民南路四段九号

邮政编码: 610041

联系人: 靳艳玲

联系电话: 13084464106、028-85229242

E-mail: jinyanling2005@126.com

## 3. 生物质水相催化合成生物航空燃油

项目类型: 国家高技术研究发展计划 (863 计划)

联系单位: 中科院广州能源所

通讯地址: 广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码: 510650

联系人: 王铁军

联系电话: 020-87057787 13533210960

E-mail: angtj@ms.giec.ac.cn

#### 4. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 安徽丰原集团有限公司

通讯地址: 安徽省蚌埠市胜利西路 777 号

邮政编码: 233099

联系人: 薛培俭

联系电话: 0552-4093078

#### 5. 燃料乙醇专用能源(薯类)作物储藏保鲜及初加工 技术集成试验示范

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 南阳天冠种业有限公司

通讯地址: 河南省南阳市卧龙区潦河镇高新科技示  
范园

邮政编码: 473000

联系人: 马如斌

联系电话: 0377-63036605

E-mail: nytgzy@tom.com

## 16. 同步生物加工法 (CBP) 制备生物乙醇技术

**技术内容:** 将纤维素酶和半纤维素酶生产、水解和乙醇发酵组合或部分组合在一起完成, 被称为木质纤维素乙醇的统合生物加工过程 (CPB)。

**适宜原料:** 玉米秸秆、水稻秸秆、碗豆秆、葵花秆、甜高粱等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 采用 CBP 工艺生产纤维素乙醇, 发酵周期短、设备利用效率高、生产能耗低, 经预处理后的秸秆发酵产乙醇时间控制在 72 小时以内, 秸秆中半纤维素、纤维素糖化率大于 90%, 乙醇收率不低于理论值的 90%。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 山东龙力生物科技股份有限公司安装了 800L 乙醇生产装置(详见第四章第四节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-典型案例 (一))。

**技术来源:** 同步生物加工法 (CBP) 制备纤维素乙醇技术研究

项目类型: 国家高技术研究发展计划 (863 计划)

联系单位: 清华大学

通讯地址: 北京市海淀区清华园

邮政编码: 100084

联系人: 李天成

联系电话: 13520964956、010-89796023

E-mail: litiancheng@tsinghua.edu.cn

## 17. 秸秆固态酶解发酵生产燃料乙醇关键技术

**技术内容：**发酵产乙醇过程中培养基呈固态，虽然含水丰富，但没有或几乎没有自由流动水的状态下进行微生物发酵，底物(基质)是不溶于水的聚合物，不仅可提供微生物所需的碳源、氮源、无机盐、水及其它营养物质，还是微生物生长的场所。

**适宜原料：**玉米秸秆、水稻秸秆、玉米秸秆、甜高粱等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**采用适于秸秆固相物料特性的固相酶解发酵耦合分离新技术，充分发挥固态发酵节水节能优势及酶解发酵分离三重耦合作用，使秸秆酶解发酵燃料乙醇的综合成本降低 15%左右，已建有年产 3000t 秸秆燃料乙醇多联产生态产业链示范工程，获得国家科学技术进步二等奖。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**山东东平年产 3000t 秸秆燃料乙醇多联产生态产业链示范工程(详见第四章第二节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-典型案例(三))。

**技术来源：**秸秆固态酶解发酵生产燃料乙醇关键技术及示范

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：中国科学院过程工程研究所

通讯地址：北京市海淀区中关村北二街 1 号

邮政编码: 100190

联系人: 陈洪章

联系电话: 13164259723

E-mail: [hzchen@home.ipe.ac.cn](mailto:hzchen@home.ipe.ac.cn)

## 18. 秸秆生产高清洁汽柴油技术

**技术内容：**以农作物秸秆为原料，在纤维素丁醇的提取工艺上，采用汽油基础组分直接混入发酵液中进行萃取分离纤维素丁醇、发酵液再直接蒸馏分离丙酮，采用高效油脂分离方法，在利用有机溶剂对酵母细胞进行破壁的同时对微生物油脂进行富集分离，清洁生产生物柴油技术。

**适宜原料：**玉米秸、麦秸、稻秆、高粱秆等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**减少了传统工艺的大量能耗，降低了分离成本；在分离微生物油脂工艺中，采用柴油基础组分加入发酵液萃取，解决了酵母发酵法生产微生物油脂存在的酵母细胞破壁和微生物油脂富集分离成本高的问题，提高了微生物油脂生产的经济性；开发出以纤维素乙醇、纤维素丁醇、丙酮为高效汽油组分、石化、煤化工粗产物、副产物组分为基础组分，辅以高效汽油添加剂生产高清洁混醇汽油系列配方及生产工艺；开发出以微生物油脂为高效组分、煤化工粗产物、副产物为基础组分，辅以高效柴油添加剂生产 B30 高清洁生物柴油系列配方及生产工艺。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**详见第四章第四节 9. 秸秆热解制备生物柴油工程-典

型案例。

**技术来源：1. 生物质高效水解制取生物汽油和丁醇新技术**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：中国科学院广州能源研究所

通讯地址：广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码：510650

联系人：马隆龙

联系电话：13829724756、020-87057673

E-mail: mall@ms.giec.ac.cn

**2. 生物质先进裂解制取生物燃油关键技术**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：山东理工大学

通讯地址：山东省淄博市张店区张周路 12 号

邮政编码：255049

联系人：易维明

联系电话：13506440954、0533-2780020

E-mail: yiweiming@sdut.edu.cn

**3. 秸秆等低值生物质生产高清洁汽柴油技术集成及产业化**

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：山东泰德新能源有限公司

通讯地址：山东济南市七里河路 2 号

邮政编码：250100

联系人：张成如

联系电话：13906400117

E-mail: [taidexinghuo@126.com](mailto:taidexinghuo@126.com)

## 19. 纤维素生物质先进裂解液化技术

**技术内容：**研制一种中试规模的热裂解能量自给、生物质原料适用性强、产物稳定、自动化程度高、操作简便的生物质先进裂解制取生物燃油装置，实现稳定、低成本生产生物燃油，解决传统裂解液化装置中的一系列瓶颈问题。通过裂解系统的数值模拟和放大技术，为生物质热裂解液化系统的推广与应用提供设计规范。

**适宜原料：**稻壳、棉秆等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**解决传统裂解液化装置中的一系列瓶颈问题。通过裂解系统的数值模拟和放大技术，为生物质热裂解液化系统的推广与应用提供设计规范。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**项目建成 7.2t/d 生物质裂解液化工程（详见第四章第四节 11. 生物质裂解液化工程-典型案例）。

**技术来源：**1. 生物质先进裂解制取生物燃油关键技术

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：山东理工大学

通讯地址：山东省淄博市张店区张周路 12 号

邮政编码：255049

联系人：易维明

联系电话：13506440954、0533-2780020

E-mail: yiweiming@sdut.edu.cn

## 2. 农作物秸秆热裂解制备生物油

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 中国科学技术大学

通讯地址: 安徽省合肥市包河区金寨路 96 号

邮政编码: 230026

联系人: 朱锡锋

联系电话: 0552-4093078

E-mail: xfzhu@ustc.edu.cn

## 20. 碳水化合物水相催化合成链烃关键技术

**技术内容:** 针对水解液中糖分子碳链长度仅为 5 个碳和 6 个碳的局限, 采用水溶性糖经固体酸催化脱水, 而后再经碱催化羟醛缩合(交叉缩合或自缩合)控制碳链增长, 高选择性合成 C8-C15 中间化合物, 使分子碳链长度控制在航空燃料的碳链长度范围内。通过调控水溶性碳水化合物的组成及调控金属/酸双功能催化剂体系, 实现分子碳链长度及异构化的调控。对于调变生物航空燃油的低温流动、喷雾燃烧等综合性能具有重要的价值。

**适宜原料:** 麦秸、稻秆、稻壳、棉秆、油菜秆等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 8t 生物质(干基)可制备 1t 生物航空燃料、C8-C15 烷烃选择性达到 85%以上, 实现低成本高效转化木质纤维素制取生物航空燃料。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 建成了百吨级的生物航空燃油中试示范系统(详见第四章第四节 10. 生物航空燃油制备工程-典型案例)。

**技术来源:** 1. 生物质高效水解制取生物汽油和丁醇新技术

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863 计划)

联系单位: 中国科学院广州能源研究所

通讯地址: 广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码：510650

联系人：马隆龙

联系电话：13829724756、020-87057673

E-mail: mall@ms.giec.ac.cn

## 2. 生物质水相催化合成生物航空燃油

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：中科院广州能源所

通讯地址：广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码：510650

联系人：王铁军

联系电话：020-87057787、13533210960

E-mail: angtj@ms.giec.ac.cn

## 21. 秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备技术

**技术内容:** 在碱催化作用下, 与甲醛进行亲电加成反应, 在苯环上引入羟甲基, 通过木质素-酚醛-甲醛多元共缩聚树脂分子结构的设计, 实现共缩聚生物质大分子反应体系的分子量控制, 利用生物质基胶黏剂预压、固化及人造板制备技术, 实现木质素-酚醛树脂胶黏剂在人造板中的应用。

**适宜原料:** 玉米秸秆、水稻秸秆、甜高粱等

**技术成熟度:** 应用阶段

**技术成果:** 采用羟甲基化和逐步共缩聚技术, 解决了木质素在制备碱木质素改性酚醛树脂胶黏剂时对苯酚的替代率低的难题。最终, 木质素对苯酚的替代量达到30%-50%; 木质素-酚醛树脂游离甲醛 $< 0.2\%$ , 游离苯酚 $< 0.3\%$ ; 用木质素-酚醛树脂压制的胶合板甲醛释放量达到E0级, 胶合强度达到国家I类板要求。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 项目建成年产5000t示范线(详见第四章第三节4. 秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备工程-典型案例)。

**技术来源:** 生物质基高分子新材料技术及产品

**项目类型:** 国家高技术研究发展计划(863计划)

**联系单位:** 生物质材料教育部重点实验室(东北林业大学)

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn

## 22. 功能化木塑复合材料制造技术

**技术内容：**利用农作物秸秆/木材加工剩余物和废旧塑料为主要原料，通过熔融复合制备高性能木塑复合材料，用于绿色建材和木材加工产业升级换代产品。

**适宜原料：**玉米秸秆、水稻秸秆、木屑等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**秸秆等木质纤维原料经定向制备和废旧塑料经再生改性后，通过熔融复合挤出成型制造木塑型材，解决了聚烯烃木塑的高效阻燃抑烟和木塑抗静电难题，生产的纤维增强型木塑复合材料抗弯强度达到 78.0MPa、弯曲弹性模量达到 7.0GPa、冲击强度达到 23.8KJ/m<sup>2</sup>，通用型木塑抗弯强度 45MPa 以上。木塑阻燃地板燃烧性能达到规定的 B1 级，获得国家科学技术进步奖二等奖。

**适用模式：**商业模式

**案例概述：**项目建成年产 1 万吨木塑复合材料生产装置（详见第四章第三节 1. 木塑复合材料制造工程-典型案例）。

**技术来源：**高强度竹基纤维复合材料制造技术

**项目类型：**国家高技术研究发展计划（863 计划）

**联系单位：**生物质材料教育部重点实验室（东北林业  
大学）

**通讯地址：**哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码: 150040

联系人: 王清文

联系电话: 13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn

## 二、 关键装备

### 1. 袋式秸秆青黄贮灌装机

**技术内容:** 将切碎的秸秆饲料经压缩后装入袋中，青贮袋紧紧地裹在物料上立即封口，从而防止外界空气和水分进入，形成厌氧状态。通过乳酸菌的发酵，抑制腐败细菌防止物料变质。该灌装机改变传统窖贮方式，将青贮料直接压缩入袋发酵，贮藏，便于商品化流通；采用液压自平衡系统，结构简单，成本低。袋在成型腔外避免袋的损坏；成型腔压力大，厌氧发酵完全。

**适宜原料:** 水稻秸、麦秸、玉米秸等

**技术成熟度:** 示范阶段、领先国际

**技术成果:** 改变传统窖贮方式，解决了青黄贮产品运输、储存难、发酵不完全的难题，生产动力 5.5kW，获得技术鉴定成果。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 样机 250 台的中试生产，进行了示范推广。

**技术来源:** 袋式秸秆青黄贮灌装机成果中试

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 黑龙江省畜牧机械化研究所

通讯地址: 黑龙江省齐齐哈尔市龙沙区合意大街 20 号

邮政编码: 161005

联系人: 王金平

联系电话: 0452-6116807

E-mail: wjping-0817@163.com

## 2. 厌氧发酵循环流反应器

**技术内容:** 针对秸秆的生化和理化特性, 设计反应器。秸秆沼气发酵必需的关键配套设备, 包括固-液分流、多能互补的增温保温技术、可连续精确计量的双螺旋进料设备、多项循环流搅拌器、外侧斜搅拌器和插入式搅拌器组合搅拌系统。

**适宜原料:** 玉米秸、麦秸等

**技术成熟度:** 示范阶段、并行国际

**技术成果:** 创制了适合秸秆理化和生物学特性的多项循环流新型反应器, 为秸秆的高效沼气发酵提供了设备保证, 解决了秸秆规模化厌氧消化装备难题, 已经实现技术转让。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在赤峰阿旗生物能源产业园建成 60000m<sup>3</sup> 示范工程( 详见第四章第四节 4. 秸秆规模化沼气制备及生态循环利用工程-典型案例 (一))。

**技术来源:** 1. 秸秆原料规模化沼气发酵装备及生态循环利用模式综合示范

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 北京化工大学

通讯地址: 北京市朝阳区北三环东路 15 号

邮政编码: 100029

联系人: 刘研萍

联系电话：13552445328

E-mail: liushuihan@163.com

## 2. 大中型秸秆沼气集中供气工程技术与设备的开发与应用

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：天津绿动植物营养技术开发有限公司

通讯地址：天津市东丽区华明工业园内华明大道20号

邮政编码：300300

联系人：褚华东

联系电话：13920450851

E-mail: nstkx@126.com

## 3. 秸秆沼气资源化利用技术中试与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：河北耿忠生物质能源开发有限公司

通讯地址：河北省青县清州镇

邮政编码：062650

联系人：李砚飞

联系电话：15530711658

E-mail: jieganzhaoqi@126.com

## 4. 秸秆高效厌氧发酵生产沼气与集中供气工程示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：北京化工大学

通讯地址: 北京市朝阳区北三环东路 15 号 42#信箱

邮政编码: 100029

联系人: 吴浩

联系电话: 010-64434925

E-mail: wuhao@mail.buct.edu.cn

### 3. 畜禽粪便气化多联产装备

**技术内容:**全自动粪便收集系统,实现粪便自动收集、地下运输,有效降低粪便运输过程对环境的污染,高浓度发酵、热电气肥联产、余热回收,满足发酵罐保温、供暖等需求,热烟气用于沼渣干燥生产有机肥,最大限度利用了沼气热能。

**适宜原料:**禽畜粪便

**技术成熟度:**示范阶段、并行国际

**技术成果:**创制了年处理1000t畜禽粪便的气化多联产的原料干燥系统、自动控制系统及气化炉、1.5-2kg的干燥畜禽粪便可发一度电、得到0.35-0.6kg炭、0.1-0.2kg醋液。

**适用模式:**产业模式

**案例概述:**建成了千吨级的集成系统。鸡粪热电气肥联供工程(详见第四章第四节1.畜禽粪便MW级热电联产工程-典型案例(一))。

**技术来源:**1. 畜禽粪便气化多联产利用技术与装备创制

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863计划)

联系单位: 南京林业大学

通讯地址: 南京市龙蟠路159号

邮政编码: 210037

联系人: 周建斌

联系电话：13851511726

E-mail: qyb@njfu.com.cn

## 2. 养殖废弃物资源化、能源化综合利用沼气工程成套装置中试与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：安庆市冲浪能源科技有限责任公司

通讯地址：安徽省安庆市怀宁工业园独秀大道北7号

邮政编码：246121

联系人：何宏瑞

联系电话：0556-5169988

E-mail: chonglg@163.com

#### 4. 秸秆转化生态炭大型仓式装置

**技术内容：**采用化学工艺，对秸秆进行快速炭化，缩短成炭周期提高炭化效率，形成低耗、环保的生产工艺。

**适宜原料：**稻秆、豆秸、薯类藤蔓、向日葵秆（盘）等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**实现秸秆快速、高效炭化，将成炭周期缩短为传统工艺的 1/50，极大地提高炭化效率。针对秸秆初级炭的理化特性，结合碳基固体燃料的改性技术，通过添加各种特殊的改性物质和复杂的加工工艺，大幅提高成品生态烧烤炭的品质，产品各项指标均达到或优于欧盟“EN1860 产品质量标准”。通过对生产过程质量流动和能量流动的优化，增加秸秆燃气发电系统、余热回收系统和焦油木醋液封闭回收系统，实现生产过程的低能耗和零污染物排放，规模连续化生产，提高生产能力。

**适用模式：**商业模式

**案例概述：**建成年产能 2 万吨示范工程。

**技术来源：**1. 带烘干仓式连续秸秆热化学转化生态炭装置及示范工程

**项目类型：**农业科技成果转化资金项目

**联系单位：**天津德苻科技集团有限公司

**通讯地址：**天津市北辰区双江道 22 号

邮政编码: 300403

联系人: 尹秀田

联系电话: 13820266241

E-mail: even-song2011@126.com

## 2. 多功能生物质制炭制气发生器的中试与示范

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 丹东市承天新能源开发有限公司

通讯地址: 辽宁省丹东市宽甸满族自治县鸭绿江大街城南工业园区 B-1

邮政编码: 118200

联系人: 吴玉柱

联系电话: 0415-6558118

E-mail: ctxnysj1.2008@163.com

## 5. 内循环锥形流化床气化反应器

**技术内容：**通过非均匀布风来实现床内颗粒的大尺度内部循环，增强了物料横向混合，延长了颗粒物料在床内的停留时间，并且有利于燃料在床内稳定、快速的燃烧，从而使床料的燃烧过程更稳定、充分。物料在提升管内进行反应后，进入放大段，由于气速降低，曳力大大减弱，加上挡板的碰撞和拦截作用使其发生转向和回落，从而沿壁回流至塔底浓相区，并再次被气流裹挟向上运动，实现大部分颗粒的内循环。

**适宜原料：**玉米秸秆、水稻秸秆等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**采用锥形结构的流化床气化炉，具有良好的操作弹性和稳定性，气化强度高，气体分布性好，启停操作方便安全性和可靠性高。以农业剩余物气化制备燃气，燃气热值 5-6MJ/Nm<sup>3</sup>，单机产气量 6000Nm<sup>3</sup>/h，燃气杂质含量 50mg/Nm<sup>3</sup>；发电 200-3000kW；供热输出最大 7.0MWt。获国家科学技术进步二等奖。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**农业剩余物气化制备燃气及发电供热应用技术（详见第四章第四节 6. 农作物秸秆气化发电-典型案例）。

**技术来源：**高强度竹基纤维复合材料制造技术

**项目类型：**国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：生物质材料教育部重点实验室（东北林业  
大学）

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn



## 第三章 产品开发

## 一、 饲料化产品开发

### 1. 青（黄）贮饲料

**技术内容:**把秸秆填入密闭的设施里(青贮窖、青贮塔或裹包等),经过微生物发酵作用,达到长期保存其青绿多汁营养成分的一种处理技术方法。秸秆青(黄)贮的原理是在适宜的条件下,通过给有益菌(乳酸菌等厌氧菌)提供有利的环境,使嗜氧性微生物如腐败菌等在存留氧气被耗尽后,活动减弱直至停止,从而达到抑制和杀死多种微生物、分解粗纤维、保存饲料营养成分的目的,具有营养损失较少、饲料转化率高、适口性好、保存期长等优点。

**适宜原料:**玉米秸、高粱秆、麦秸、高粱秸、向日葵秸等

**技术成熟度:**应用阶段

**技术成果:**200 台袋式秸秆青黄贮灌装机可加工秸秆饲料 62.4 万吨、使秸秆利用率提高 1.4%。

**适用模式:**产业模式

**案例概述:**截至 2010 年,甘肃省凉州区累计建成青贮池(窖)593 座,购置秸秆加工机械 3553 台套,青黄贮玉米秸秆 16 万吨;2014 年四平市铁东区建成秸秆青黄贮养畜典型场 15 家,修建各类青黄贮窖 30 个,容积达 2.1 万 m<sup>3</sup>,年加工利用玉米秸秆能力达 3500 吨;2010 年秋铁岭共建成青黄贮壕 29.05 万 m<sup>3</sup>,可生产青黄贮饲

料 14.5 万吨。

**技术来源：1. 袋式秸秆青黄贮灌装机成果中试**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：黑龙江省畜牧机械化研究所

通讯地址：黑龙江省齐齐哈尔市龙沙区合意大街  
20 号

邮政编码：161005

联系人：王金平

联系电话：0452-6116807

E-mail: wjping-0817@163.com

**2. 农作物秸秆及果渣饲料化技术中试与转化**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：杨凌五牧科技开发有限责任公司

通讯地址：陕西杨凌神农路 16 号创业大厦 316 室

邮政编码：712100

联系人：刘扬

联系电话：029-87091248

E-mail: zanls@yahoo.com.cn

**3. 奶牛及犍牛饲养中生态环保益生物质应用技术的  
集成与示范**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国农业科学院

通讯地址：北京海淀区中关村南大街 12 号

邮政编码：100081

联系人：孟书元

联系电话：13661045196

E-mail: mengshy@mail.caas.net.cn

## 2. 压块饲料

**技术内容:** 秸秆经机械铡切或揉搓粉碎，配混以必要的其他营养物质，再经过高温高压轧制而成的高密度块状饲料或颗粒饲料。具有体积小、比重大、运输方便，不易变质、便于长期保存，适口性好、采食率高，饲喂方便、经济实惠等优点。

**适宜原料:** 玉米秸、麦秸、稻秆、豆秸、薯类藤蔓等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 解决了秋冬季玉米秸秆粗饲料水分含量高不能打包、秸秆中营养物质损失严重和容易风化霉烂等问题，可作为商品饲料进行长距离运输，对于弥补饲草缺乏，特别是在应对草原地区冬季雪灾和夏季旱灾方面具有重要作用。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在内蒙古通辽市开发区辽河镇刘家店村建成了占地 22535 m<sup>2</sup>，建筑面积 2000 m<sup>2</sup>，年产玉米秸秆颗粒饲料、秸秆揉搓打包饲料 3 万吨的工程；2002 年在河南省建立了 10 个试验示范点，其中 8 个大型压块机设备示范点，2 个小型压块设备示范点，全年生产了 2400 多吨秸秆压块饲料。

**技术来源:** 玉米秸秆饲料防腐营养加工技术示范与推广

**项目类型:** 农业科技成果转化资金项目

**联系单位:** 北京世纪阿姆斯生物技术有限公司

**通讯地址:** 北京海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学

校内 28#信箱

邮政编码: 100193

联系人: 马庆华

联系电话: 010-62896498

E-mail: maqinghua519@163.com

### 3. 碱化（氨化）饲料

**技术内容：**借助于碱性物质，使秸秆饲料纤维内部的氢键结合变弱，酯键或醚键破坏，纤维素分子膨胀，溶解半纤维素和一部分木质素，使反刍动物瘤胃液易于渗入，瘤胃微生物发挥作用，从而改善秸秆饲料适口性，提高秸秆饲料采食量和消化率。秸秆碱化处理应用的碱性物质主要是氧化钙，秸秆氨化处理应用的氨性物质主要是液氨、碳铵或尿素。目前，我国广泛采用的秸秆碱化（氨化）方法主要有：堆垛法、窖池法、氨化炉法和氨化袋法。

**适宜原料：**麦秸、稻秆、花生秸、豆秸等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**筛选到秸秆专用分解菌 BF14，开发了简单易行的麦秸碱化处理方法，秸秆饲用率提高 10%以上，养殖成本下降 8%以上。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**在安徽推广 BF14 等专用菌剂 100 吨，改良氨化剂 1.2 万吨，预期消化秸秆 50 万吨，研发 15 万吨优质全混日粮（TMR）。

**技术来源：**秸秆无公害饲用化关键技术试验与示范

**项目类型：**农业科技成果转化资金项目

**联系单位：**安徽曦强乳业集团有限公司

通讯地址: 安徽省淮北市凤凰山食品工业园凤翔路 1 号

邮政编码: 235029

联系人: 赵德英

联系电话: 13856114689

E-mail: [hyzdy@126.com](mailto:hyzdy@126.com)

#### 4. 揉丝饲料

**技术内容:** 通过对秸秆进行机械揉搓加工,使之成为柔软的丝状物,有利于反刍动物采食和消化的一种秸秆物理化处理手段。通过秸秆揉丝加工不仅分离了纤维素、半纤维素与木质素,而且较长的秸秆丝能够延长其在反刍动物瘤胃内的停留时间,有利于牲畜的消化吸收,从而达到提高反刍动物对秸秆的采食量和消化率的双重功效。秸秆揉丝加工是一种简单、高效、低成本的加工方式。秸秆揉丝加工的效率约为秸秆粉碎的 1.2-1.5 倍,经揉丝机加工的秸秆既可直接饲喂,也可进一步加工制作高质量的粗饲料。

**适宜原料:** 玉米秸、豆秸、稻秸、麦秸、花生秸、向日葵秆等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 把反刍动物低效采食的秸秆加工成了适口性较好的饲料,并较好地完全保留了秸秆原营养成分及水分,反刍动物采食速度可提高 40%,秸秆利用率提高 50%,达到了 98%以上,实现中国非粮食草的突破性革命。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 由内蒙古农业大学主持的秸秆饲料加工关键装备与技术应用示范项目,2年内共生产包括 9ZC 系列铡草机、9R-40 型揉碎机、9QR-1000 型青黄贮饲料收获机在内的新机器 60 台,累计加工秸秆 29100 吨。

技术来源：秸秆饲料加工关键装备与技术应用示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：内蒙古农业大学

通讯地址：内蒙古呼和浩特市昭乌达路 306 号

邮政编码：010018

联系人：赵满全

联系电话：0471-4304592

E-mail: ndjxc@yahoo.com.cn

## 二、 肥料化产品开发

### 1. 秸秆机械化全量还田

**技术内容：**以中型拖拉机、秸秆还田机机组等农机具实现，一次性完成秸秆切碎、灭茬、旋耕、混合和覆盖，达到秸秆全量还田的目的，主要包括秸秆翻压还田、秸秆混埋还田和秸秆覆盖还田。秸秆翻压还田是以犁耕作业为主要手段，将秸秆整株或粉碎后直接翻埋到土壤中。秸秆混埋还田是以秸秆粉碎、破茬、旋耕、耙压等机械作业为主，将秸秆直接混埋在表层和浅层土壤中。秸秆覆盖还田是保护性耕作的重要技术手段，包括留茬免耕、秸秆粉碎覆盖还田和秸秆整株覆盖还田。

**适宜原料：**玉米秸、麦秸、水稻秆、棉花秆、油菜秸等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**推广应用后，把自然降水的保蓄率由传统耕作的 30% 提高到 50%，每年为每亩耕地增加 40-80m<sup>3</sup> 水分，经两年覆盖后，土壤有机质由 9.43g/kg 增加到 10.04g/kg，土壤容重由 1.287g/cm<sup>3</sup> 减轻到 1.223g/cm<sup>3</sup>；含水率由 13.3% 提高到 15.1%，微生物数量增加 20.8%-108.3%；土壤耕层渗水量提高 40%-50%；水分生产率小麦由 0.45-0.5kg/mm 提高到 0.75-0.85kg/mm，春玉米由 0.55-0.65kg/mm 提高到 1.05-1.35kg/mm。

**适用模式：**公益模式

**案例概述：**2011年在南京市栖霞区创建麦秸秆机械化全量还田千亩示范片1个、百亩示范方10个，共完成麦秸秆机械化全量还田30158亩，麦秸秆还田总量1.18万吨；2014年在江苏省南通市通州区刘桥镇建立了1600多亩秸秆全量还田秋种示范田块；2015年在江苏省徐州市推广秸秆机械化全量还田4600亩。2010年在东北寒地集成示范了寒地玉米秸秆机械化还田少耕技术；在安徽建立了8个“稻油轮作秸秆还田农田循环”示范基地（详见第四章第一节4.秸秆还田工程-典型案例（一）和（二））。

**技术来源：**1.作物秸秆田间原位生物转化还田关键技术研究

项目类型：国家高技术研究发展计划（863计划）

联系单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

通讯地址：北京市海淀区中关村南大街12号

邮政编码：100081

联系人：范丙全

联系电话：13521426268、010-68918683

E-mail: bqfan@caas.ac.cn

2.旱地留茬免耕秸秆全程覆盖保护性耕作技术

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：陕西省合阳县农业技术推广中心

通讯地址：陕西省渭南市合阳县东东街 75 号

邮政编码：715300

联系人：车敏学

联系电话：0913-5521747

E-mail: hy5523505@126.com

### 3. 秸秆机械化全量还田及稻麦作高产栽培技术集成示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：扬州大学

通讯地址：江苏省扬州市大学南路 88 号

邮政编码：225009

联系人：房东升

联系电话：0514-87971865

E-mail: keyan@yzu.edu.cn

### 4. 主要粮食作物秸秆快速还田生物处理技术的应用开发

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：北京世纪阿姆斯生物技术有限公司

通讯地址：北京海淀区圆明园西路 2 号中国农业大  
学校内 28#信箱

邮政编码：100193

联系人：马庆华

联系电话：010-62896498

E-mail: maqinghua519@163.com

#### 5. HYM 秸秆腐熟剂生产技术中试示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：武汉合缘绿色生物工程有限公司

通讯地址：武汉市洪山区珞狮南路 519 号

邮政编码：430070

联系人：徐维烈

联系电话：13437106315

E-mail: whhy@hysw.cn

## 2. 高效生物质腐熟肥料

**技术内容：**在农作物收获后，及时将收下的作物秸秆均匀平铺，配套喷洒机具撒施高效生物腐熟菌剂，使腐熟剂与秸秆充分接触，维持微生物活动适宜的养分和通气条件，调节碳氮比，使秸秆快速腐熟释放有益物质，制成高效腐熟肥料，以利于下茬农作物的播种和定植，实现秸秆还田利用。主要包括水稻免耕抛秧时覆盖秸秆的快腐处理和小麦、油菜等作物免耕撒播时覆盖秸秆的快腐处理两大类。主要适用于降雨量较丰富、积温较高的地区，特别是种植制度为早稻-晚稻、小麦-水稻、油菜-水稻的农作地区。

**适宜原料：**麦秸、玉米秸、水稻秸、油菜秸、甜高粱秆等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**秸秆堆腐，腐熟温度上升较快，保温时间长，大幅缩短了农作物秸秆腐熟还田时间，加速了有益物质的释放，提高了秸秆腐熟效果。秸秆腐熟后还田，明显提高了土壤中氮、磷、钾的含量。建立了常温阶梯团粒法、低温快速发酵腐熟、生物除臭及原位保氮技术等制肥需求工艺。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**2010年底通过验收了北方干旱、常温和低温条件下秸秆原位微生物快速腐解还田项目（详见第四章第一

#### 节 4. 秸秆还田工程-典型案例（三）。

##### 技术来源：1. 秸秆还田有效利用和快速腐解技术

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

通讯地址：北京市海淀区中关村南大街 12 号

邮政编码：100081

联系人：李俊

联系电话：13910068758

E-mail: lijun01@caas.cn

##### 2. 高效生物秸秆腐熟剂的产业化示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：湖南豫园生物科技有限公司

通讯地址：长沙市五一西路 2 号第一大道 909

邮政编码：410005

联系人：郭华林

联系电话：13657432239

E-mail: guo.hualin@yybio.com

##### 3. 畜禽粪便无害化发酵生产高效有机肥技术转化

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：北京林业大学

通讯地址：北京市海淀区清华东路 35 号

邮政编码： 100083

联系人： 张力

联系电话： 010-62338347

E-mail: zhangli-9@bjfu.edu.cn

### 3. 高效促腐复合微生物菌剂

**技术内容：**以枯草芽孢菌、酵母菌、乳酸菌、米曲霉、酿酒酵母等多种互不拮抗和高活性的有益微生物为菌种，经特殊工艺研制而成的可促进秸秆和畜禽粪便快速发酵的高效复合微生物促腐菌剂。具有多种作用功效：对各种畜禽粪便、有机物料有强烈的促腐发酵和除臭效用；能分解木质素、粗纤维等大分子有机物，使其转化为利于动、植物吸收利用的小分子物质；在发酵代谢过程中形成优势菌群和产生的多种抗生素物质，能有效抑制有机物中病原菌的滋生；能分泌与合成有机酸、多种酶和生物活性物质，提高肥效等。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米等秸秆

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**选育了小麦秸秆促腐菌系 WSS-1、促腐菌系 Ads-3、HXM 高效复合微生物原菌种等多个复合菌系，有效解决了常规腐解过程发酵时间长、腐解程度低、腐殖质含量不足等缺点。大幅缩短了秸秆腐熟的时间，增加了腐殖肥料的营养成分和有效微生物含量，降低了使用成本和改善了土壤微环境。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**2011 年武汉合缘绿色生物工程有限公司在武汉建成

年产 HYM 秸秆腐熟剂 2000 吨的生产线，进行中试示范推广；2013 年在辽宁康平经济开发区建成年产 1 万吨高效秸秆腐熟剂工程；在湖南实现秸秆腐熟剂产业化生产，建设年产 5000 吨规模化的秸秆腐熟剂生产线（详见第四章第一节 3. 秸秆腐解剂-典型案例）。

**技术来源：高分解秸秆、畜禽粪便 HXM 复合微生物原菌种及系列生物有机肥中试与示范**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：辽宁恒新生物技术开发有限公司

通讯地址：辽宁省大石桥市钢都区永胜街 21 号

邮政编码：115100

联系人：王勇

联系电话：0417-5847333

E-mail: hengxinshengwu@263.net

#### 4. 新型农用生物制剂 $\beta$ -寡聚酸

**技术内容：**以农作物秸秆和水葫芦等为原料，通过建立秸秆纤维高浓度溶解系统及羧基化化学修饰技术，创新性采用定长裂解技术、喷雾干燥技术等技术集成生产具有增产、诱抗抗病、生长调节、元素螯合性能等功能的新型寡聚活性物： $\beta$ -寡聚酸。它是集肥、药、生长素“三位一体”的新型无公害绿色高效的功能性水溶肥生物源农肥。

**适宜原料：**水稻秸秆、香蕉叶、甘蔗叶、水葫芦等

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**该项目生产过程原料转化率高，工艺节能降耗明显，不产生废液、废渣和粉尘，无环境污染，符合环保排放标准。此前通过大量的试验表明，使用该项目产品平均亩增产 10%以上，原料转化率大于 85%。能有效减少由于秸秆燃烧而造成的严重污染，同时填补国内外工业化生产  $\beta$ -寡聚酸的空白。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**2014 年广东沃泰生物科技股份有限公司与国家农业部规划设计院合作在开平市百合镇建设年产 5000 吨  $\beta$ -寡聚酸系列产品生产线一条，每年可回收利用农作物秸秆 10000 吨作原料，生产  $\beta$ -寡聚酸高新技术产品 5000 吨和秸秆有机肥 5000 吨。

技术来源：秸秆制备新型农用生物制剂  $\beta$ -寡聚酸中试与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：农业部规划设计研究院

通讯地址：北京市朝阳区麦子店街 41 号

邮政编码：100125

联系人：王士奎

联系电话：13811959269

E-mail: peggy626@sohu.com

## 5. 蚯蚓粪生物有机肥

**技术内容：**畜禽粪便经过灭蝇蛆、除菌、消毒，和农作物秸秆等经过发酵预处理后，通过蚯蚓的消化系统，在蛋白酶、脂肪酶、纤维酶、淀粉酶的作用下，能迅速分解、转化成为自身或其他生物易于利用的生物蛋白和其他营养物质，提高有机肥的肥效。

**适宜原料：**水稻秸、麦秸、油菜秸等作物秸秆，鸡粪、猪粪、牛粪等畜禽粪便

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**蚯蚓粪具有很好的孔性、通气性、排水性和良好的吸附水分和营养物质的能力，研究表明，蚯蚓粪含有机质 42.2%、腐殖酸 25.6%、氮 1.4%、磷 1.0%、钾 1.0%，并含有多种微量元素和 17 种氨基酸，能使土壤酶活性增强，如过氧化氢酶增加 8.24%-16.05%、蔗糖酶增加 33.61%-72.75%、脲酶增加 37.67%-405.32%、酸性磷酸酶增加 22.67%-184.61%，还能使土壤中细菌多样性增加 10.20%-17.14%。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**时科生物科技上海有限公司建成日处理污泥能力 400 吨，每年消化并综合利用各种有机废弃物近 15 万吨的蚯蚓粪生物有机肥示范工程；2013 年合肥桂和养牛场牛粪养殖蚯蚓项目，每年利用粪污 8000 吨（详

见第四章第一节 5. 蚓粪工程-典型案例)。

**技术来源: 1. 寒区蚯蚓高效处理畜禽粪便生产高值化有机肥示范**

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 东北农业大学

通讯地址: 哈尔滨市香坊区木材街 59 号

邮政编码: 150030

联系人: 周东兴

联系电话: 15945111948

E-mail: majinglin0451@126.com

**2. 规模化猪场粪污无害化处理与资源化利用技术研究  
与示范**

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 中国科学院沈阳应用生态研究所

通讯地址: 辽宁省沈阳市沈河区文化路 72 号

邮政编码: 110016

联系人: 史奕

联系电话: 024-83970371

E-mail: shiyi@iae.ac.cn

## 6. 土壤改良剂

**技术内容:** 作物秸秆预处理产物、膨润土和 PAM 对沙质土壤水稳团聚体、持水特征、土壤有机质及氮磷钾有效量和氮磷钾吸附-解吸过程的影响具有耦合效应, 以作物秸秆预处理产物为主材、膨润土和 PAM 为调控剂, 配成环境友好型秸秆土壤改良材料, 改善土壤的持水性和保肥性。

**适宜原料:** 玉米、小麦、水稻和油菜等秸秆

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 克服了目前在土壤改良领域存在的改良剂的改良效果有限、持续时间短, 单一改良剂改良效果不全等的不足。施入沙质土壤, 可使土壤有机物含量提高 12.5%-19.4%、持水量提高 21.4%-31.4%、1-5mm 团聚体数量提高了 45.0%-73.2%, 有效氮、磷和钾含量提高 9.61%-28.2%, 作物产量提高 8.2%-21.0%, 可高效和稳定改良土壤。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在四川、重庆等地开展了秸秆改良材料推广示范, 累计示范推广面积 25 万余亩 (详见第四章第一节 1. 秸秆改良土壤工程-典型案例)。

**技术来源:** 秸秆沙质土壤改良材料与产业化示范

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 西南大学

通讯地址：重庆市北碚区天生路 2 号

邮政编码：400715

联系人：王定勇

联系电话：13983206870

E-mail: [dywang@swu.edu.cn](mailto:dywang@swu.edu.cn)

## 7. 无公害生物长效有机肥料

**技术内容：**以畜禽粪便为主体，经快速分解菌充分腐熟发酵分解后，再适量添加无机营养、氨基酸、腐殖酸氮肥增效剂及磷钾螯合剂等，实现生物、有机、无机的科学配比，再经功能微生物二次固体发酵，制成集腐熟堆肥、氨基酸和功能微生物为一体的无公害生物长效有机肥料。该技术用生物、有机、无机的科学配比，相互补充、相互增效，具有增产、防病、提高品质等多种功能，并能有效防治猪粪等畜禽粪便对环境的污染。

**适宜原料：**鸡粪、猪粪、牛粪等畜禽粪便

**技术成熟度：**示范阶段

**技术成果：**形成了以畜禽粪便为主体、调配无机营养、腐殖酸氮肥增效剂及磷钾螯合剂等有机肥料，可提高肥料利用率 10%以上，增产 15%以上。获得了辽宁科技进步二等奖、辽宁农业科技贡献一等奖。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**2008 年春季，抚顺宏业猪场通过生物发酵生产生物有机肥 2000 吨；内蒙古五原自 2012 年运行了年产 3 万吨生物有机肥工程；宿迁沃绿宝有机农业开发有限公司在 2011 年实现了年产 3.5 万吨有机肥料的规模应用（详见第四章第一节 2. 秸秆、畜禽粪便肥料化

工程-典型案例)。

**技术来源: 1. 木质纤维素生物糖化关键技术**

项目类型: 国家高技术研究发展计划(863计划)

联系单位: 山东青岛蔚蓝生物集团有限公司

通讯地址: 青岛市高科园苗岭路29号山东高速大厦12A

邮政编码: 266001

联系电话: 0532-88966607

**2. 畜禽养殖污染物减排和废弃物资源循环利用技术研究与示范**

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 中国科学院沈阳应用生态研究所

通讯地址: 辽宁省沈阳市沈河区文化路72号

邮政编码: 110016

联系人: 董红敏

联系电话: 13701365926

E-mail: donghongmin@caas.cn

**3. 畜禽粪便生产商品有机肥料成套工艺装备产业化**

项目类型: 农业科技成果转化资金项目

联系单位: 中国农业机械化科学研究院

通讯地址: 北京市德胜门外北沙滩一号

邮政编码: 100083

联系人：吴德胜

联系电话：13601389991

E-mail: yangbn@caams.org.cn

### 3. 寒区畜禽粪便发酵剂及多功能生物有机肥料生产应用示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：东北农业大学

通讯地址：哈尔滨市香坊区木材街 59 号

邮政编码：150030

联系人：于雷

联系电话：0451-55190055

E-mail: kjc@neau.edu.cn

### 4. 利用规模化兔场粪便资源进行果蔬专用有机无机复混肥料生产与应用

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：四川沃天府生物肥料有限公司

通讯地址：德阳市罗江县略坪镇建国村

邮政编码：618501

联系人：金明昌

联系电话：13890248450

E-mail: wtfflgs@163.com

## 8. 秸秆菌糠生物有机肥

**技术内容:** 利用工厂化秸秆栽培食用菌的菌糠, 经过粉碎、补料、发酵等流程, 二次利用秸秆原料, 增加了经济效益, 减少了秸秆对环境的污染, 延长了秸秆循环的链条, 促进了秸秆物质的进一步循环利用。

**适宜原料:** 稻草、麦秸、玉米秸、大豆秸、甘蔗渣等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 形成的秸秆菌糠生物有机肥生产线、可年产万吨秸秆菌渣生物有机肥。实现了食用菌栽培区域的产业链条延伸, 降低了生产成本、运行成本、废弃物处理成本, 提升了经济效益, 促进了食用菌栽培产业的健康可持续发展, 推动了秸秆菌渣的循环利用。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 在邹城市示范了 30 个鸡腿菇大棚, 生物学转化率达到了 120%, 合计示范区应用面值 800 余亩。

**技术来源:** 1. 作物秸秆超块分解制成生物有机肥和畜禽废弃物资源的研究与开发

项目类型: 国家高技术研究发展计划 (863 计划)

联系单位: 南京农业大学

通讯地址: 南京市卫岗 1 号南京农业大学

邮政编码: 210095

联系人: 沈其荣

联系电话：13901596468、025-4395212

E-mail: qrshen@njau.edu.cn

## 2. 基于发酵床养殖的畜禽粪便资源化生态利用技术中 试与示范推广

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：镇江市天成畜禽有限公司

通讯地址：镇江市丹徒区高资镇水台村

邮政编码：212113

联系人：沈晓昆

联系电话：0511-85822064

E-mail: dai-wc@163.com

### 三、 能源化产品开发

#### 1. 生物燃气

**技术内容：**生物燃气制备是在严格厌氧环境等条件下，在微生物作用下生成富含甲烷的气体，气体净化提纯后可用于集中供气、并入管网、热电联产及用作车用燃气，工艺主要涉及预处理、发酵及产品高值化利用等。通过技术攻关，开发了通过固态化学催化预处理技术和生物强化预处理技术；研制了固-液分流、多项循环流反应器，并完善了配套的多点进出料和双螺旋进料设备，解决了进出料困难，实现连续精确计量；设计并搭建了多项循环流搅拌器、外侧斜搅拌器和插入式搅拌器组合搅拌系统多能互补的增温保温技术和沼液回用技术，降低了运行能耗，增加了剩余物的附加值；研制了新型高效沼气发酵复合菌剂，均衡了沼气发酵各功能微生物菌系；开发了三级中空纤维膜净化提纯沼气制 CNG 工艺技术，使产品价值和利用空间大大提升

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗等多种农作物秸秆和畜禽粪便等

**技术成熟度：**应用阶段、领先国际

**技术成果：**产气量提高 50%-100%、甲烷平均含量提高 5%-10%、池容产气率 $>1.2\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 、原料降解率高于 75%、每方沼气

自身耗电量  $\leq 0.27\text{kWh}$ ；净化提纯后产品纯度  $\text{CH}_4+\text{N}_2>99\%(\text{v/v})$ ， $(\text{CH}_4-94\%\text{v/v})$ ，产气率  $\text{CH}_4>99\%$ 。

**适用模式：** 商业模式

**案例概述：** 中国科学院广州能源研究所、中国科学院成都生物研究所及中国石油大学（北京）分别在惠州汝湖和四川省双流县永安镇等地建设了日产气量大于  $100\text{m}^3$  的示范工程（详见第四章第二节工程 2. 车用生物燃气工程-典型案例）。

**技术来源：** 1. 能源草高效制备生物天然气关键技术研究

项目类型： 国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位： 中国科学院广州能源研究所

通讯地址： 广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码： 510650

联系人： 孔晓英

联系电话： 13642753906、020-87057783

E-mail: kongxy@ms.giec.ac.cn

2. 大中型秸秆沼气集中供气工程技术设备的开发与  
应用

项目类型： 农业科技成果转化资金项目

联系单位： 天津绿动植物营养技术开发有限公司

通讯地址： 天津市东丽区华明工业园内华明大道

20 号

邮政编码：300300

联系人：褚华东

联系电话：13920450851

E-mail: nstkx@126.com

### 3. 秸秆沼气资源化利用技术中试与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：河北耿忠生物质能源开发有限公司

通讯地址：河北省青县清州镇

邮政编码：062650

联系人：李砚飞

联系电话：15530711658

E-mail: jieganzhaoqi@126.com

### 4. 秸秆低温沼气技术规模化应用

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：山东邦地肥料有限责任公司

通讯地址：山东省济南市历城区桑园路28号

邮政编码：250100

联系人：张文君

联系电话：0531-83179270

E-mail: nkygyh@126.com

### 5. 生物强化预处理秸秆干发酵生物燃气工程示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国科学院成都生物研究所

通讯地址：成都市人民南路四段九号

邮政编码：610041

联系人：袁月祥

联系电话：13808056785

E-mail: chenjj@cib.ac.cn

#### 6. 低焦油秸秆高效气化制备生物燃气技术转化应用

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：天津大学

通讯地址：天津市南开区卫津路 92 号天津大学

邮政编码：300072

联系人：陈冠益

联系电话：13512208049

E-mail: emilyfu1979@126.com

## 2. 热解气化燃气

**技术内容：** 秸秆热解气化技术是利用气化装置，以氧气（空气、富氧或纯氧）、水蒸汽或氢气等作为气化剂，在高温条件下，通过热化学反应，将秸秆部分转化为可燃气体的过程。流化床气化炉又分为鼓泡床、循环流化床、双床、携带床等。开发了锥形结构的流化床气化炉，保证不同粒径的物料在炉内呈沸腾状态，减少了床层腾涌和气泡现象，稳定了床层操作，均匀了反应温度，并通过流化作用强化了传热与传质，加快了气化反应速度，缩短了气化过程；采用特殊可拆卸锥体结构，配套锥体内环状间隙的结构形式，强化气体分布，保障流化气体流畅无涡流，提高了流化床反应器的气体分布均匀度。

**适宜原料：** 水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甜高粱、甘蔗等多种农作物秸秆

**技术成熟度：** 应用阶段

**技术成果：** 锥形流化床气化生产燃气从 25%-100% 负荷变化运行时均能够保持运转状态良好，流化床气化炉的生产能力比传统的固定床气化炉高 5-10 倍；气化炉顶部设有余热回收装置，有效提高系统热效率 5-10%，点炉 20-30 分钟内就能够很快使气化炉进入正常运行状态，核心技术获得 2013 年国家科学技术进步二等奖。

**适用模式：**商业模式

**案例概述：**本项目先后在国内 30 多个企业工程化应用，并有 10 多套产品出口到东南亚国家，华中科技大学形成生物质燃料生产示范及其在工业锅炉蒸汽生产中的应用示范（详见第四章第二节 6. 农作物秸秆气化发电工程-典型案例）。

**技术来源：**1. 秸秆高效生物转化与催化合成制取“生物合成气”  
技术研究

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：北京化工大学

通讯地址：北京市朝阳区北三环东 15 号

邮政编码：100029

联系人：李秀金

联系电话：13661070453、010-64432281

E-mail: xjli@mail.buct.edu.cn

2. 生物质高效催化热解定向制备燃气关键技术研究  
及工程示范

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：华中科技大学

通讯地址：湖北省武汉市武昌珞喻路 1037 号

邮政编码：430074

联系人：肖波

联系电话：13607137746、027-87556932

E-mail: xiaobo1958@126.com

### 3. 低焦油秸秆高效气化制备生物燃气技术转化应用

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：天津大学

通讯地址：天津市南开区卫津路 92 号

邮政编码：300072

联系人：陈冠益

联系电话：13512208049

E-mail: emilyfu1979@126.com

### 4. 秸秆气化燃气关键技术及设备中试

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：四川省农业机械研究设计院

通讯地址：四川省成都市二环路东四段牛沙路 5 号

邮政编码：610066

联系人：褚红春

联系电话：028-84514201

E-mail: njychc@163.com

### 5. 秸秆即时收集成型与高效热解气化技术研究与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：山东百川同创能源有限公司

通讯地址：山东省济南高新区大学科技园北区 B

组团南楼中单元

邮政编码：250101

联系人：景元琢

联系电话：0531-88873588

E-mail: sdbctc@126.com

### 3. 气固液多级产品联产

**技术内容:** 以畜禽粪便和木质纤维类秸秆为原料,使原料通过化学或生物等多种途径,制取气、固、液等多态产品。开发大直径气化炉的设计制造技术、多元燃气净化装置,有效提高装置的运行安全性及环境效应,集成了自动化原料预处理装置,构建原料收集的创新模式和机制,集成气化发电及生物质燃气应用工业燃气锅炉示范工艺。

**适宜原料:** 水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甜高粱、甘蔗等多种农作物秸秆及畜禽粪便等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 创新性的设计了关键技术设备,包括畜禽粪便多联产气化炉、干燥系统、自动控制系统;并建立了年处理1000吨畜禽粪便的气化多联产的原料干燥系统、自动控制系统及气化炉,生产实验表明:1.5-2kg的干燥畜禽粪便可发一度电、得到0.35-0.6kg炭,0.1-0.2kg醋液。

**适用模式:** 产业模式

**案例概述:** 高邮市林源科技开发有限公司建立的5MW高效生物质固定床气化发电(气、电、焦油、热联产联供)关键技术及工程示范;河南天冠企业集团有限公司建成以秸秆为原料联产沼气、燃料乙醇和电力的科技示范工

程；在山东民和牧业股份有限公司、中粮集团金东台、北京德青源农业科技股份有限公司分别建成了气热电联产科技示范工程（详见第四章第二节 1. 畜禽粪便 MW 级热电联产工程典型案例（一）和（二），5. 农牧循环利用工程-典型案例（一）和（二），6. 农作物秸秆气化发电工程-典型案例、7. 多产品联产综合利用工程）。

**技术来源：** 畜禽粪便气化多联产利用技术与装备创制

项目类型： 国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位： 南京林业大学

通讯地址： 南京市龙蟠路 159 号

邮政编码： 210037

联系人： 周建斌

联系电话： 13851511726

E-mail: qyb@njfu.com.cn

#### 4. 燃料乙醇

**技术内容:** 秸秆等纤维素类原料制备乙醇的工艺包括预处理、酶解、微生物发酵、乙醇提浓等工艺,在此基础上开发了膨化处理技术、汽爆-机械分梳-组合预处理新技术;基于自主筛选培育高效生物菌种的生物预处理技术和固相酶解发酵耦合分离新技术,实现了半纤维素、木质素与长纤维的综合利用,降低了秸秆乙醇的综合成本;研发了 CBP 一步法生产乙醇技术,实现了酶解-糖化-发酵是同步完成,有效地提高了设备利用率并降低了生产能耗,并配套创制了一套能够监测多项发酵参数的实验室用多功能发酵设备,为工艺的研发、发酵参数的确定奠定了理论基础;开发了秸秆汽爆炼制高纯度木质素分级提取联产酚醛树脂胶和燃料乙醇技术,提升了工艺的综合价值。

**适宜原料:** 水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甜高粱、甘蔗等多种农作物秸秆等

**技术成熟度:** 应用阶段

**技术成果:** 经汽爆-机械分梳-组合预处理后的秸秆发酵产乙醇时间控制在 72 小时以内,秸秆中半纤维素、纤维素糖化率大于 90%, CBP 工艺的乙醇收率不低于理论值的 90%,创新性的将 1.5 代甜高粱乙醇与 2 代 CBP 工艺纤维素乙醇融合在一起缩短了发酵周期、提升了设备利用效率、降低了生产能耗系统优化集成秸秆生物发

醇制纤维素、黑液联产乙醇和复合肥技术，实现秸秆碳元素资源化利用率达 95%以上。

**适用模式：** 商业模式

**案例概述：** 中国科学院过程工程研究所、安徽丰原集团有限公司和河南天冠企业集团有限公司建立了年产千吨级秸秆燃料乙醇示范工程，清华大学和上海天之冠可再生能源有限公司建立年产百吨级纤维素乙醇中试生产线（详见第四章第二节 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程-典型案例（一）、（二）、（三））。

**技术来源：** 1. 木质纤维素生物转化燃料乙醇技术研究

项目类型： 国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位： 中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院

通讯地址： 北京市海淀区学院路邮局 83-046 信箱

邮政编码： 100083

联系人： 付兴国

联系电话： 13601112038、010-83597007

E-mail: fuxingguo8@petrochina.com.cn

2. 木质纤维素原料乙醇发酵前的膨化处理技术研究

项目类型： 国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位： 辽宁省能源研究所

通讯地址： 辽宁营口市西市区银泉街 65 号

邮政编码： 115000

联系人：赵勇

联系电话：13840722191、0417-2833913

E-mail: lnsnys@163.com

### 3. 秸秆乙醇产业化示范关键技术开发

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：河南天冠企业集团有限公司

通讯地址：河南省南阳市天冠大道1号

邮政编码：473000

联系人：杜风光

联系电话：0377-63036613

### 4. 秸秆固态酶解发酵生产燃料乙醇关键技术及示范

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：中国科学院过程工程研究所

通讯地址：北京市海淀区中关村北二街1号

邮政编码：100190

联系人：陈洪章

联系电话：13164259723

E-mail: hzchen@home.ipe.ac.cn

### 5. 秸秆全组分高效高值综合利用技术及产业化示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中华全国供销合作总社天津再生资源研究所

通讯地址：天津市南开区红旗南路247号

邮政编码：300191

联系人：黄继承

联系电话：13820267344

E-mail: rrtjrd@163.com

## 6. 生物燃气科技工程

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：科学技术部

通讯地址：北京市复兴路乙15号

邮政编码：100862

联系人：蔡昌达

联系电话：13958141778、13906513230

E-mail: changdakai@163.com

## 7. 燃料乙醇专用能源（薯类）作物储藏保鲜及初加工 技术集成试验示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：南阳天冠种业有限公司

通讯地址：河南省南阳市卧龙区潦河镇高新科技示  
范园

邮政编码：473000

联系人：马如斌

联系电话：0377-63036605

E-mail: nytgzy@tom.com

## 5. 航空燃油

**技术内容:** 采用木质纤维素类生物质高效水解及水解液水相催化合成生物航空燃油技术路线。主要工艺原理如下：  
采用稀酸水解工艺，将木质纤维素分级解聚为糠醛/5-羟甲基糠醛等水溶性平台化合物，再经碳链增长合成长链中间化合物（生物航空燃油前体），而后在油水两相中催化脱水-氢化-异构合成 C8-C15 正构与异构烃为主的生物航空燃油。利用烃与水不互溶的特性，实现与水相反应体系相分离以及水循环重复利用。采用的是先定向解聚木质纤维素大分子为目标功能性单体（糠醛/5-羟甲基糠醛），而后在水热环境下分子拼接组合制取分子碳数在航油范围内的长链异构烃。

**适宜原料:** 水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甜高粱、甘蔗等多种农作物秸秆以及废弃油脂等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 以 Raney Ni 为催化剂、二亚糠基丙酮的转化率可达到 99.5%、制备的航空燃油产品达到了国际生物航空燃油 ASTM7566 标准，使生物航空燃料的直接生产成本降低到 8000 元/t，其生物航空燃油/普通航空燃油掺混使用比例达 50%以上，可减排 CO<sub>2</sub> 达 3t/t 生物航空油，建成 1 座千吨级生物航空燃油示范厂，推动产业发展，整体技术水平已经达到国际先进。

**适用模式：** 产业模式

**案例概述：**中国科学院广州能源研究所在建设的生物质水相催化合成生物航空燃油百吨级示范工程工程(详见第四章第二节工程 10. 生物航空燃油制备工程-典型案例)。

**技术来源：** 生物质水相催化合成生物航空燃油

**项目类型：** 国家高技术研究发展计划(863计划)

**联系单位：** 中科院广州能源所

**通讯地址：** 广州市天河区五山能源路 2 号

**邮政编码：** 510650

**联系人：** 王铁军

**联系电话：** 020-87057787、13533210960

**E-mail：** angtj@ms.giec.ac.cn

## 6. 高清洁汽柴油

**技术内容:** 新型生物酶催化剂将秸秆类生物质原料转化成可作为汽油组分的生物丁醇为主的醇混合物汽油组分。在纤维素丁醇的提取工艺上, 创新性地采用汽油基础组分直接混入发酵液中进行萃取分离纤维素丁醇、发酵液再直接蒸馏分离丙酮, 减少了传统工艺的大量能耗, 降低了分离成本; 在分离微生物油脂工艺中, 采用柴油基础组分加入发酵液萃取, 在利用有机溶剂对酵母细胞进行破壁的同时对微生物油脂进行富集分离, 解决了酵母发酵法生产微生物油脂存在的酵母细胞破壁和微生物油脂富集分离成本高的问题, 提高了微生物油脂生产的经济性; 开发出以纤维素乙醇、纤维素丁醇、丙酮为高效汽油组分, 石化、煤化工粗产物、副产物组分为基础组分, 辅以高效汽油添加剂生产高清洁混醇汽油系列配方及生产工艺; 开发以微生物油脂为高效组分、煤化工粗产物、副产物为基础组分, 辅以高效柴油添加剂生产 B30 高清洁生物柴油系列配方及生产工艺。

**适宜原料:** 水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甜高粱、甘蔗等多种农作物秸秆及稻壳等

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 实现了以农业固体废弃物生产高清洁 93#、97# 汽油; 制备了以生物丁醇为主的醇混合物汽油产品; 开发了

具有多种功能的生物基汽油复合添加剂，建立了新型固体酸催化化工烃类脱硫降烯烃技术，可实现化工烃类硫含量降至30ppm以下。

**适用模式：** 产业模式

**案例概述：** 山东泰德星火新能源有限公司在济阳建立规模为 300 吨的生产基地，产业化设计规模 25 万吨。

**技术来源：** 1. 生物质高效水解制取生物汽油和丁醇新技术

项目类型： 国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位： 中国科学院广州能源研究所

通讯地址： 广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码： 510650

联系人： 马隆龙

联系电话： 13829724756、020-87057673

E-mail: mall@ms.giec.ac.cn

2. 利用秸秆类生物质原料为主料生产高清洁 93#、97#汽油新技术

项目类型： 农业科技成果转化资金项目

联系单位： 山东泰德星火新能源有限公司

通讯地址： 济南市七里河路北段 2 号内 11 号楼

邮政编码： 250100

联系人： 张成如

联系电话： 18905316804

E-mail: xinghuo\_wanghai@126.com

## 7. 生物油

**技术内容:** 生物质原料经粉碎机粉碎后, 在高温下实现生物质快速热裂解, 热解气经分离除尘后被迅速冷却, 得到液体生物油。开发了生物质粉刮板式喂料机和层流冷凝器等关键设备, 攻克了粉体生物质稳定喂入的难题, 确保了生物油高效收集; 开发了系统热密封、热解炭高温分离技术和热载体循环加热技术, 促进了系统节能; 创建了生物油/柴油乳化以及发动机应用技术, 获得了乳化燃油的配方和乳化工艺, 实现发动机稳定可靠燃烧; 开发出环保型生物油酚醛胶制备工艺技术和副产品生物炭改良土壤技术, 实现生物质综合无害化利用。

**适宜原料:** 水稻、小麦、玉米、等多种农作物秸秆

**技术成熟度:** 示范阶段

**技术成果:** 生物质裂解液化装置的液体转化率大于 50%, 生物油乳化燃料稳定性大于 30 天, 发动机燃用排放特性和动力特性达到国家标准 (0#柴油标准)。酚醛树脂胶生物油替代率大于 30%, 游离苯酚低于 1%, 游离醛低于 0.2%, 贮存期大于 30 天; 生物油酚醛树脂制备的胶合板胶合强度大于 0.70MPa, 甲醛释放量低于 0.2mg/L。本项目的核心关键技术获 2013 年教育部高等学校科技奖励技术发明奖二等奖和全国商业科技进步奖一等奖。

**适用模式：** 产业模式

**案例概述：** 在山东高青建立示范装置并实现运行（详见第四章第二节 11. 生物质裂解液化工程-典型案例）。

**技术来源：** 生物质先进裂解制取生物燃油关键技术

项目类型： 国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位： 山东理工大学

通讯地址： 山东省淄博市张店区张周路 12 号

邮政编码： 255049

联系人： 易维明

联系电话： 13506440954、0533-2780020

E-mail: yiweiming@sdut.edu.cn

## 8. 成型燃料

**技术内容：**以木质纤维类为主原料，在特定的温度和压力下，在木质素充当粘合剂的条件下，经切片、粉碎、除杂、精粉、筛选、混合、软化、调质、挤压、烘干、冷却、质检、包装等工艺，最后制成棒状、块状或颗粒状等成型燃料。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗等多种农作物秸秆和稻壳等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**形成了适宜的合作模式、推广模式、通过村级示范点和工业化应用生产线的建设运行、实现生物质成型技术的产业化示范。针对生物质成型设备普遍存在原料适应性差、运行不稳定等关键技术问题，研究设计出成型工艺自动控制模块，实现生产过程的智能化控制及系统的一体化、智能化运行，提高设备效率及稳定运行能力；分析生物质资源分布分散、密度小、规模化储存与保管较困难等不利因素，分析生物质的最佳收集半径，建立成型燃料生产厂原料收集最佳半径数学模型；开发了合理的合作模式、推广模式，通过村级示范点和工业化应用生产线的建设运行，实现生物质成型技术的产业化示范。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**河南秋实新能源有限公司在河南省平顶山汝州市建成了以玉米秸秆、小麦秸秆等为原料年产3万吨的成型燃料生产基地；北京奥科瑞丰新能源股份有限公司和河南天冠企业集团有限公司投资建设了年产3.5万吨生物质成型燃料工程。

**技术来源：1. 农林剩余物能源颗粒成型技术中试**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：辽宁省林产工业总公司

通讯地址：沈阳市皇姑区岐山中路25号

邮政编码：110031

联系人：佟艳丽

联系电话：024-86866615

E-mail: tongyanli0506@126.com

**2. 秸秆生物质成型燃料及配套气化炉具技术中试**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：青岛奥圣冷暖设备有限公司

通讯地址：青岛市即墨市鹤山东首

邮政编码：266200

联系人：张超

联系电话：0532-83517137

E-mail: fxhh2008@163.com

### 3. 生物质固体成型燃料生产工艺与成套设备成果转化

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：农业部规划设计研究院

通讯地址：北京市朝阳区麦子店街 41 号

邮政编码：100125

联系人：周新群

联系电话：010-65003961

E-mail: peggy626@sohu.com

### 4. 适于农村的可移动生物质致密成型设备示范应用

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：辽宁省能源研究所

通讯地址：辽宁省营口市市府路 88 号

邮政编码：115000

联系人：张大雷

联系电话：0417-2833828

E-mail: daleizhang@163.com

### 5. 9SYX 系列生物质致密成型成套设备产业化推广

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：北京奥科瑞丰机电技术有限公司

通讯地址：北京市朝阳区安翔北里甲 11 号北京创  
业大厦 B 座 17 层

邮政编码：100101

联系人：李令义

联系电话：18611013323

E-mail: rrjing@bjakrf.com

#### 6. 农林生物质颗粒成型燃料成套设备

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：内蒙古沃德生物质科技有限公司

通讯地址：内蒙古自治区通辽市经济技术开发区清  
河大街南侧

邮政编码：028000

联系人：张德惠

联系电话：0475-8618555

E-mail: ewoerde@126.com

#### 7. 生物质颗粒燃料产业化开发与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：通辽和田牧业科技发展有限公司

通讯地址：通辽市科尔沁区财富中心 1602 室

邮政编码：028000

联系人：周锋

联系电话：0475-8320099

E-mail: 869701697@qq.com

#### 8. 年产 3 万吨秸秆成型燃料关键技术与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：河南秋实新能源有限公司

通讯地址：河南省汝州市建兴街一号

邮政编码：467500

联系人：温明卿

联系电话：15803903751

E-mail: [henanqiushi2010@163.com](mailto:henanqiushi2010@163.com)

#### 9. 稻麦秸秆收集成型关键技术及装备中试

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国农业机械化科学研究院呼和浩特分院

通讯地址：内蒙古呼和浩特市赛罕区昭乌达路70号

邮政编码：10010

联系人：杨莉

联系电话：13087101364

E-mail: [snat1977@163.com](mailto:snat1977@163.com)

## 9. 炭化燃料

**技术内容：**秸秆晒干或烘干、粉碎后，在隔氧或少量通氧的条件下，经过干燥、干馏、冷却等工序，进行高温、亚高温分解，生成炭、木焦油、木醋液和燃气。通过在工艺系统中增加燃气发电、余热回收和焦油木醋液封闭回收系统、缩短了成炭周期，实现低能耗和零污染物排放。开发了秸秆黑炭农用还田技术，解决了沼气能滚道窑炉批量秸秆分区控温限氧热解技术难点，并通过以秸秆为原料生产燃气联产黑炭，取得了热解过程焦油等副产品的循环利用及秸秆黑炭农业应用的推行创新点，提高秸秆的处理能力，实现了循环农业产业链。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甜高粱、甘蔗等多种农作物秸秆

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**通过添加改性物质使产品各项指标均达到或优于欧盟“EN1860 产品质量标准”，成炭周期缩短为传统工艺的 1/50，实现了秸秆在农业生态系统内循环利用。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**天津德芃科技集团有限公司在天津静海建立了年产 2 万吨生态烧烤炭高效生产示范工程。

技术来源：1. 生物质炭绿色农业技术转化与示范

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：南京农业大学

通讯地址：南京市玄武区卫岗 1 号

邮政编码：210095

联系人：李恋卿

联系电话：13770761905

E-mail: kjcxmk@njau.edu.cn

2. 沼气能炭化秸秆技术工程化及作物秸秆黑炭农业  
应用推广

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：中国科学院南京土壤研究所

通讯地址：南京市北京东路 71 号

邮政编码：210008

联系人：王慎强

联系电话：13851860111

E-mail: pzhu@issas.ac.cn

## 四、 材料化产品开发

### 1. 木糖醇

**技术内容：**利用含有多缩戊糖的农业植物纤维废料，通过化学法或生物法制取木糖醇的技术，工业化木糖醇生产技术多采用化学催化加氢的传统工艺，富含戊聚糖的植物纤维原料，经酸水解及分离纯化得到木糖，再经过氢化得到木糖醇。化学法生产木糖醇有中和脱酸和离子交换脱酸两条基本工艺。

**适宜原料：**玉米芯、棉籽壳等

**技术成熟度：**应用阶段

**技术成果：**实现了 10-12 吨左右玉米芯可以生产 1 吨木糖醇，实现以秸秆和农业低劣质废弃物的高效、高值综合循环利用，并完成产品开发的成套装备集成与示范工程，形成国内首条木质纤维素生物转糖及新材料产业化的生产示范线。该项目科学合理地解决了秸秆、玉米芯等低值资源高值化利用，解决了秸秆处理不当造成的黑色污染和石油基塑料造成的白色污染。该项目可为我国经济持续发展提供产业化的技术支撑，并为海洋生物转糖的开发应用提供技术保障。

**适用模式：**商业模式

**案例概述：**山东青岛蔚蓝生物集团有限公司在山东滨州建立了年产 5000 吨新型饲用木聚糖酶项目。

技术来源：木质纤维素生物糖化关键技术

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：山东青岛蔚蓝生物集团有限公司

通讯地址：青岛市高科园苗岭路 29 号山东高速大厦  
12A

邮政编码：266001

联系电话：0532-88966607

## 2. 人造板材

**技术内容：**秸秆人造板材生产技术是以麦秸、稻草和棉花秆等农作物剩余物为主要原材料，经处理后，在热压条件下形成密实而有一定刚度的板芯，进而在板芯的两面覆以涂有树脂胶的特殊强韧纸板，再经热压而成的轻质板材。秸秆人造板材的生产过程可以分为三个工段：原料处理工段、成型工段和后处理工段。树脂胶是以秸秆乙醇（丁醇）副产物木质素或造纸工业碱木质素为原料替代苯酚，采用羟甲基化和逐步共缩聚技术，制备成的具有高活性、低游离苯酚、低游离甲醛的新型木质素基酚醛树脂胶黏剂。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗等多种农作物秸秆；秸秆乙醇（丁醇）副产物木质素或造纸工业碱木质素等

**技术成熟度：**应用阶段、领先国际

**技术成果：**开发并利用生物质基玉米淀粉生产 API 新型秸秆人造板；发明了“玉米淀粉为主要原料的水性异氰酸酯胶黏剂及其制备方法”专利技术及获得了“利用玉米淀粉生产绿色木材胶黏剂的研究”成果。开发并应用了低成本岩土创面秸秆生态恢复工程材料，制备的 TBS 绿化基材功能材料具有应用成本低，绿色可循环，并建立产品综合应用技术体系，可有效降低岩土创面生

态恢复成本，具有较强的适应性和实用性。采用二价金属离子和碱复合催化技术，实现了木质素高配比使用和全质化利用。通过羟甲基化木质素共缩聚机理以及结构与性能关系的研究，实现了多元共聚高分子的结构设计，提高了胶黏剂的预压和固化性能。

**适用模式：**产业模式、商业模式

**案例概述：**中国林业科学研究院木材工业研究所在河南等地建设的年产 5 万 m<sup>3</sup> 秸秆人造板项目，以及在 2014 年 10 月建立了年产 5000 吨木质素-酚醛树脂胶黏剂示范生产线工程（详见第四章第三节 2. 秸秆人造板工程-典型案例、4. 秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备工程-典型案例）。

**技术来源：**1. 生物质基高分子新材料技术及产品

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：生物质材料教育部重点实验室（东北林业大学）

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn

2. 秸秆 TBS 绿化基材与产业化示范

项目类型：国家科技支撑计划

联系单位：四川省励自生态技术有限公司

通讯地址：四川省四川省成都市通锦路1号

邮政编码：611731

联系人：孙海龙

联系电话：13981819638

E-mail: 250735083@qq.com

### 3. 生物质基玉米淀粉 API 新型秸秆人造板开发

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：北华大学

通讯地址：吉林省吉林市西环江路6号

邮政编码：132013

联系人：牛佳牧

联系电话：0432-4608072

E-mail: bhkj2003@126.com

### 3. 复合材料

**技术内容：**以秸秆乙醇（丁醇）副产物木质素或造纸工业碱木质素为原料替代苯酚，采用羟甲基化和逐步共缩聚技术，制备高活性、低游离苯酚、低游离甲醛的新型木质素基酚醛树脂胶黏剂。主要工艺原理如下：采用高邻位羟甲基多酚结构的二价金属离子和碱复合催化技术，提高羟甲基化木质素反应活性；通过木质素-酚醛-甲醛多元共缩聚树脂分子结构的设计，实现共缩聚生物质大分子反应体系的分子量控制技术，制备木质素高替代率下制备室外级人造板用酚醛树脂胶黏剂；利用生物质基胶黏剂预压、固化及人造板制备技术，实现木质素-酚醛树脂胶黏剂在人造板中的应用。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗等多种农作物秸秆以及木材加工剩余物和废旧塑料

**技术成熟度：**应用阶段、领先国际

**技术成果：**利用木质纤维定向制备改性技术，实现了具有适当长径比木质纤维的可控制备和表面改性处理，解决了木塑复合材料专用木质纤维的高效制备和顺利喂料的国际性难题，木塑复合材料的抗弯强度提高 30%；利用木塑专用塑料合金技术，通过设计制备新型多元复合相溶剂，解决了工程塑料 PA6 与聚烯烃塑料的相容性难题，制备了高性能 PA6/HDPE/PP 三元合金，并采用多种特殊设计螺杆元件组合解决了高熔点 PA6 低

温塑化和木质纤维炭化的难题，制备的塑料合金木粉复合材料“金刚木”的抗弯强度达到 60MPa；利用木塑复合材料高强有机纤维增强增韧技术，解决了 Keflar 等高强度有机纤维喂料技术难题，制备的纤维增强木塑复合材料其抗弯强度高达 78MPa 以上、冲击强度  $22\text{kJ/m}^2$ ，从而将木塑复合材料的力学性能提高至新的高度。研制了木塑复合材料专用木质纤维的定向制备技术，开发了干法木质纤维加工设备和脉冲气流-旋流干燥改性设备。突破高强度有机纤维增强、废旧塑料共混接枝改性等关键技术，改进挤出机螺杆和模具的结构，系统集成建立了高强度木塑复合材料连续挤出成型制造技术。构建基于催化成炭的木塑阻燃抑烟协效体系，解决了聚烯烃木塑的高效阻燃抑烟难题；利用导电材料与和膨胀阻燃的协同作用解决了木塑抗静电难题，建立了木塑阻燃抗静电功能化技术体系。通过电阻调控、电磁加热等热熔方法，解决了木塑熔焊难题；采用低温等离子体-偶联剂协同表面处理，解决了木塑快速胶接难题，建立了基于焊接和胶接的木塑快速无缝连接技术。研发了阻燃抗静电功能型木塑地板和木塑门窗。

**适用模式：**产业模式、商业模式

**案例概述：**南京旭华圣洛迪新型建材有限公司建成年产 1 万吨木塑复合材料及其深加工制品示范工程，东北林业大学

建设年产 1 万吨木塑复合材料生产线，山东蔚蓝生物集团和山东百盛生物科技有限公司建立的开放式发酵生产聚羟基烷酸酯（PHA）工程工程（详见第四章第三节 1. 木塑复合材料制造工程-典型案例、3. 聚羟基烷酸酯（PHA）开放式发酵生产工程-典型案例）。

**技术来源：1. 生物质基高分子新材料技术及产品**

项目类型：国家高技术研究发展计划（863 计划）

联系单位：生物质材料教育部重点实验室（东北林业大学）

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn

**2. 高强度竹基纤维复合材料制造技术**

联系单位：生物质材料教育部重点实验室（东北林业大学）

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn

#### 4. 清洁制浆

**技术内容：**以植物纤维为原料，采用蒸煮、机械疏解、氧脱木素和封闭筛选等组合工艺制备纸浆。秸秆清洁制浆技术主要是针对传统秸秆制浆效率低、水耗能耗高、污染治理成本高等问题，采用新式备料、高硬度置换蒸煮+机械疏解+氧脱木素+封闭筛选等组合工艺，降低制浆蒸汽用量和黑液粘度，提高制浆得率和黑液提取率的制浆工艺。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗等多种农作物秸秆及芦苇等

**技术成熟度：**示范阶段、领先国际

**技术成果：**筛选培育了高效生物菌种、使纤维素提取率达到 90% 以上；开发了纤维素逆流洗涤及水资源梯级循环利用技术、实现了生产过程无废水排放、吨风干浆新鲜水耗低于 4.00 吨。

**适用模式：**产业模式、商业模式

**技术来源：**秸秆全组分高效高值综合利用技术及产业化示范

**项目类型：**农业科技成果转化资金项目

**联系单位：**中华全国供销合作总社天津再生资源研究所

**通讯地址：**天津市南开区红旗南路 247 号

**邮政编码：**300191

**联系人：**黄继承

**联系电话：**13820267344

**E-mail：**rrtjrd@163.com

## 5. 活性炭系列产品

**技术内容:** 利用其自烧结性和自粘接性制备成型活性炭。核心技术在于新型成型活性炭制备技术，其主要内容是以玉米秸秆等纤维素类物质为原料制备生物质衍生碳质中间相，利用其自烧结性和自粘接性制备成型活性炭。项目提供了一种新的秸秆转化利用技术，也提供了一种新的成型活性炭制备方法，设计的秸秆连续转化设备设计新颖，效率高，达到国际领先。

**适宜原料:** 水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗等多种农作物秸秆

**技术成熟度:** 应用阶段、领先国际

**技术成果:** 开发了新型成型活性炭制备技术、生产出活性炭系列衍生产品、包括民用功能性装饰品和建筑功能性材料等工业用品。新的秸秆快速炭化技术：实现秸秆快速、高效炭化，将成炭周期缩短为传统工艺的 1/50，极大地提高炭化效率；独特的初级炭改性技术：针对秸秆初级炭的理化特性，结合碳基固体燃料的改性技术，通过添加各种特殊的改性物质和复杂的加工工艺，大幅提高成品生态烧烤炭的品质，产品各项指标均达到或优于欧盟“EN1860 产品质量标准”。高技术含量的大型秸秆炭化成套设备：实现规模连续化生产，提高生产能力（年产能 2 万吨）。确定了成型活

性碳系列衍生产品类型，包括民用功能性装饰品和功能性建筑材料、空气处理材料、水处理材料、电极等工业产品，确定了其制备技术和工艺，并开展相应的市场推广。同时以秸秆为原料生产沼气和秸秆为原料生产黑炭两个途径结合提高秸秆的处理能力，黑炭再还田农用加长了循环农业产业链，体现了秸秆在农业生态系统内循环利用的理念。

**适用模式：**产业模式、商业模式

**案例概述：**天津德芑科技集团有限公司在天津静海建成年产 2 万吨生态烧烤炭高效生产示范工程。

**技术来源：**1. 玉米秸秆等农业废弃物生产高价位成型活性碳系列产品技术

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：曲阜天博晶碳科技有限公司

通讯地址：山东省济宁市曲阜市开发区光明路 1 号

邮政编码：273100

联系人：李勇

联系电话：0537-4439088

E-mail: liyong@qftemb.com

2. 带烘干仓式连续秸秆热化学转化生态炭装置及示范工程

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：天津德朮科技集团有限公司

通讯地址：天津市北辰区双江道 22 号

邮政编码：300403

联系人：尹秀田

联系电话：13820266241

E-mail: [even\\_song2011@126.com](mailto:even_song2011@126.com)

## 五、 基料化产品开发

### 1. 栽培食用菌

**技术内容：**双孢蘑菇培养料隧道式二次发酵的工艺研究；草生菌工厂化栽培工艺与研发配套机械；菌渣再生栽培食用菌技术；优质高效菌渣肥发酵生产的工艺控制技术；草生菌下脚料的深加工技术。以有机肥氮磷投入量为推荐依据，按照作物氮磷养分需求量和土壤肥力推荐有机肥用量，以作物养分需求量、土壤无机氮或速效磷含量为依据，配施化肥氮磷钾，实现有机无机养分量化推荐，保证蔬菜产量、节肥增效，缓解土壤养分积累和次生盐渍化等环境质量退化问题，实现蔬菜清洁、安全、高效生产。以蔬菜（番茄）废弃物、玉米秸秆和畜禽粪便为原料，添加微生物促腐菌剂，调整适宜的物料配比、含水率，采用好氧堆肥技术堆制腐熟，还田到设施菜田（番茄），配合追施化肥，保证蔬菜产量前提下，将蔬菜废弃物无害化、资源化，并在菜田循环利用，实现节肥增效、菜田清洁、安全、高效生产。开展了菌渣肥料化、能源化、饲养化及二次种菇研究，建立了多级、循环利用模式，完善了秸秆从田里来到田里去的循环链条，初步建立了以秸秆菌业为纽带，联合种植、养殖、能源等多学科的大农业循环模式，丰富了低碳农业内涵；制定了菌渣有机肥质量体系、菌渣肥料化、能源化工艺。利用工厂化

秸秆栽培金针菇的菌糠，经过粉碎、补料、发酵等流程，二次利用秸秆原料，生产鸡腿菇，增加了经济效益，减少了秸秆对环境的污染，延长了秸秆循环的链条，促进了秸秆物质的进一步循环利用。利用金针菇菌糠废料 59%，玉米芯粉 35%，石膏粉 1%，过磷酸钙 1.5%，生石灰 3.5%为配料，代替价格较贵的棉籽壳，工厂化栽培金针菇。

**适宜原料：**主要是以稻草、高粱秸、玉米芯、棉柴、部分畜禽粪便等为原料生产菇类、木耳等食用菌

**技术成熟度：**应用阶段、并行国际

**技术成果：**完善了农药残留检测、形成了两套生产规程；完成了 9 个关键生产环节、4 种重金属、137 种农药残留检测，形成了两套生产规程，对各生产关节进行监控及规范，保障了秸秆食用菌的安全生产。形成的秸秆菌糠生物有机肥生产线，可年产万吨秸秆菌渣生物有机肥，年增加产值 800 万元。实现食用菌栽培区域的产业链条延伸，降低生产成本、废弃物处理成本，提升经济效益，降低运行成本，促进食用菌栽培产业的健康可持续发展。推动了秸秆菌渣的循环利用。在邹城市示范了 30 个鸡腿菇大棚，生物学转化率达到了 120%，经济效益达到了 600 多元/100 袋，经济效益成倍增长，获得经济效益 180 万元。合计示范区应用面值 800 余亩，提高经济效益 1600 万元。利用了秸秆

原料，节约了生产成本提高了经济效益，生物效率达到 110%，与常规的棉籽壳原料比，每袋节约成本 0.14 元。按照每天生产 1 万袋计算，年节约生产成本 50 万元。构建了农田秸秆 - 菌业开发的耦合体系；建立草生菌种质资源库 1 个，选育出高产优质的双孢蘑菇新菌株 1 个、低镉姬松茸新菌株 1 个、适宜降解稻草等秸秆的大球盖菇菌株 1 个；改进秸秆培养料集中式隧道发酵及配套的翻堆、上架机械等；改进了猪粪渣代替牛粪栽培草生菌、菌渣微生物发酵及制肥等系列技术，研究出了蘑菇菌渣代替高岭土等作为复混肥粘合剂的配方与工艺。建立了以优化丘陵区农田复合生产结构为核心的大球盖菇-种植业合理循环模式、以充分利用资源与规模开发为目标的双孢蘑菇工厂化高效循环栽培模式、以南方农村专业户集约开发为重点的姬松茸立体栽培循环模式、以规模化养猪场种养结合为载体的高效循环利用模式、以菌渣制肥与合理应用为环节的环境友好型循环利用模式、以村庄为单元的农田“种植-菌业开发”资源匹配型循环利用模式等 6 类推广模式。

**适用模式：**产业模式

**案例概述：**2006 年河南世纪香食用菌开发有限公司在许昌县苏桥镇禄马村建成百亩国家级标准化食用菌种植基地，2013 年建成了全国珍稀食用菌工厂化液体代料瓶栽

生产示范基地—世纪香食用菌公司万吨珍稀食用菌工厂化现代化生产基地。山东省农业科学院在邹城市建设了 30 个鸡腿菇大棚、示范区面积达 800 余亩(详见第四章第四节 1. 秸秆栽培食用菌工程-典型案例)。

**技术来源: 1. 黄淮平原区农田秸秆资源综合利用技术集成研究与示范**

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 山东省农业科学院

通讯地址: 山东省济南市工业北路 202 号

邮政编码: 250100

联系人: 郭洪海

联系电话: 13905312765

E-mail: honghaig@163.com

**2. 东南地区农田秸秆菌业循环生产技术集成研究与示范**

项目类型: 国家科技支撑计划

联系单位: 福建省农业科学院

通讯地址: 福建省福州市鼓楼区五四路 247

邮政编码: 350003

联系人: 翁伯琦

联系电话: 13950287168

E-mail: wengboqi@163.com

## 2. 生产园艺基质

**技术内容：**通过微生物菌种的筛选、发酵配方的研制、发酵培养条件的优化、优良菌种的选育，以农作物秸秆、果渣等作为发酵基质，通过已经筛选出最佳微生物菌株，运用生物工程发酵技术，对其进行发酵处理。

**适宜原料：**水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、甘蔗、花生壳等多种农作物秸秆及农林废弃物

**技术成熟度：**示范阶段、跟踪国际

**技术成果：**鉴定成果“玉米秸发酵基质制备技术及成型工艺研究与应用”；获得国家发明专利“玉米秸粉发酵生产园艺基质的设备”和“利用玉米秸粉和花生壳粉混合发酵生产园艺基质的方法”；完善基质中试生产线，加大畜禽粪便和农作物秸秆在基质生产中的用量，达到年产 30000m<sup>3</sup>生态型基质规模；增加发酵物料在基质中的比例，替代不可再生的草炭资源，替代量达到 50-100%；开发了适应西北地区的瓜类、水稻育苗专用基质配方 2 个；建立了以科技特派员为主的专业技术队伍，强化对 50 家育苗场的产品支撑力度；培训农民技术员 410 人，增强其示范带动作用，辐射设施园艺穴盘育苗技术生产面积 20 万亩以上。

**适用模式：**产业模式、商业模式

**案例概述：**宁夏中青农业科技有限公司建成年产 30000m<sup>3</sup>规模的

生态型基质；四川大学建设的总面积 5 万 m<sup>2</sup> 岩土渣场  
秸秆植生带绿化工程（详见第四章第四节 2. 绿化基  
材工程-典型案例）。

**技术来源：1. 玉米秸秆生物基质规模化生产技术中试**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：河南农业大学

通讯地址：河南省郑州市文化路 95 号

邮政编码：450002

联系人：杨秋生

联系电话：13903838327

E-mail: hnndkjc@126.com

**2. 畜禽粪便生化处理生产生态型育苗和栽培基质产  
业化示范**

项目类型：农业科技成果转化资金项目

联系单位：宁夏中青农业科技有限公司

通讯地址：银川市兴庆区丽景南街 92 号

邮政编码：750004

联系人：冯锡鸿

联系电话：0951-6017897

E-mail: zhqny@163.com



## 第四章 工程应用

## 一、 原料收储运工程

### 1. 收储运模式

#### 案例名称

分散型和集中型农作物秸秆收储运模式

#### 项目概况

河南天冠纤维乙醇有限公司成立于 2012 年 2 月，主要致力于纤维乙醇的产业化推广。下属分公司分别位于南阳市镇平县、卧龙区、宛城区等地，公司承担的国内首个 15 万吨纤维乙醇示范工程建设，作为河南省国家级生物质能化示范省建设的样板工程，即将在全省推广，进而辐射全国。纤维乙醇产业化构建了能源产业与农业融合增效模式，实现了秸秆乙醇、秸秆沼气、秸秆发电、秸秆还田“四位一体”综合效益，极大地促进了“三化”的协调科学发展，也为我国的能源结构调整和新农村建设提供了一个优秀模式。纤维乙醇的产业化，开辟了利用非粮原料制取生物液态燃料的新途径，不仅在实施资源替代战略方面具有重大意义，还具有生态环保、循环利用等综合效应，为解决化石资源替代，提供了重要保障。

#### 主要工艺原理

分散型农作物秸秆收储运模式以农户、专业户和秸秆经纪人等为主体，将分散的秸秆等集中收集，直供产业化应用厂商。主要有两种模式：一种是农户在不影响下茬农作物耕种情况下把自己的秸秆清理后直接卖给应用单位，这种模式主要应用于农作物

秸秆消耗量比较小的企业；另一种是秸秆利用企业通过宣传、培训、双方协商等方式组织一支有机动能力的收购队伍，专门负责秸秆原料的收集、晾晒、存储、保管、运输等任务，秸秆经纪人与公司达成长期供货协议，原料通过专业户到农户地里收集后再汇集到公司，这种模式多用于农作物秸秆消耗量比较大的企业，如生物质秸秆发电厂等。

集中型农作物秸秆收运储模式以专业秸秆等收储运公司或农场为主体，负责原料的收集、晾晒、储存、运输等任务，并按企业的要求，对农户或秸秆经纪人交售秸秆的质量把关，然后统一打捆、堆垛，进行存储。主要有两种模式：一是生物质需求企业与附近的农场、林场等农业剩余物分布集中、存量大的企业签订供应协议，根据实际情况，统一调配各原料基地的原料，以满足加工厂的原料需求；另一种是以专业秸秆收储公司为主体，有公司专门负责原料的收集、晾晒、储存、保管、运输等任务，一般是以乡镇为中心，按照一定储量规模，在一定区域范围内，分散设计一个或若干个秸秆收储点，形成一个收储网络系统，调控秸秆收储量并按企业要求，及时、保质、保量地运送到厂。

### 关键技术或设计创新特色

- 构建了秸秆乙醇高效转化系列菌株。
- 首次建立了秸秆乙醇产业化工艺路线，填补了秸秆乙醇产业化成套装备的空白。
- 创立了符合国情的秸秆乙醇原料保障新体系，开创了“工

农互动”循环经济发展新模式，形成了以工厂为核心的三种原料收购供应模式，在 15 公里为半径的是“农户 + 工厂”秸秆直接供应模式。以 30 公里为半径配套基地的“村组 + 基地 + 工厂”间接供应、以 50 公里为半径的“经纪人 + 基地 + 工厂”收购供应模式。



### 主要技术指标

天冠集团秸秆纤维乙醇工程的每吨乙醇糖化用酶量降至原工艺的 1/3，成功驯化了可同化木糖生产乙醇的菌株，其发酵性能得到大幅提高，糖醇转化率已提高到 45%以上，耐乙醇能力提高到 12%以上，形成了特色的原料收储运保障系统。

### 投资及运行效益分析

年产 5000 吨纤维乙醇项目总投资 6150 万元，包括建设年产 10000 吨纤维素酶和 5000 吨纤维乙醇生产装置一套，以及相关公用工程，配套建设一台生物质锅炉，燃烧废渣产生的硝灰做农家肥，所产蒸汽和电可以满足乙醇生产需要，基本做到纯生物质乙醇生产。同时配套全部废水处理、循环工程，废水达标排放。

产品合格率高，同时配套建设下游工程，增加了项目的整体经济性。

## 用户意见

通过对纤维乙醇生产关键技术和产业化示范项目的攻关，多项纤维乙醇关键技术取得突破性进展，纤维乙醇生产的经济性有了较大提高，成功降低了纤维素酶的生产成本，三大主粮的秸秆原料预处理工艺也已基本成熟。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：河南天冠企业集团有限公司

通讯地址：河南省南阳市天冠大道1号

邮政编码：473000

联系人：杜风光

联系电话：0377-63036613

## 2. 联合收获机

### 案例名称

适应各种行距的穗茎兼收型玉米联合收获机

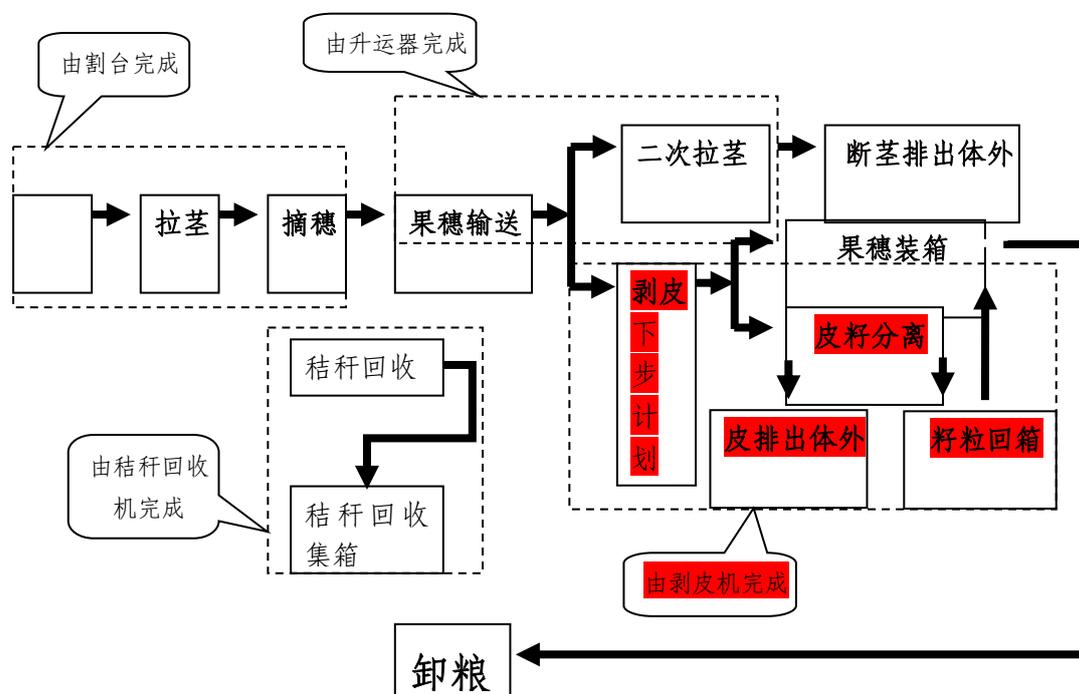
### 项目概况

本项目从 2008 年开始研制，2010 年研制出首台与 70-85 马力拖拉机配套的 4YQ-2000 型穗茎兼收玉米联合收机，2011 年 6 月 22 日获国家发明专利。从 2012 年 3 月在河北中农博远农业装备有限公司开始研制自走式穗茎兼收玉米联合收机，该机 2014 年 8 月 25 日在石家庄市藁城区廉州镇陈家庄村通过了河北省农机鉴定站组织的性能检测，2014 年 12 月 31 日通过了石家庄市科技局组织的成果鉴定，获 2015 年石家庄市科技进步三等奖。

### 主要工艺原理

穗茎兼收玉米收获机顺着玉米植株行向前行走，割台两侧分禾器将进入割台收获区的玉米与区外分开。进入收获区的玉米在中分禾器的作用下分别进入各摘穗行间，在拨禾链的强制拨动下进入摘穗机构两拉茎辊之间，拉茎辊的快速转动将秸秆快速拉向辊的下方，果穗由于粗于秸秆被摘穗板卡在上面，实现果穗与秸秆的分离，被摘穗板摘下的果穗在拨禾齿的拨动下进入搅龙壳体，在搅龙叶片的作用下集向中间，再由刮板拨至升运器内，由升运器将果穗送至果穗箱，割台摘穗时折断的秸秆，在升运器尾部被清杂系统切碎后抛离机体还田。割台摘穗后的秸秆被秸秆回收机切碎后通过抛送筒抛至仓车回收。粮仓收集满后，机手操纵

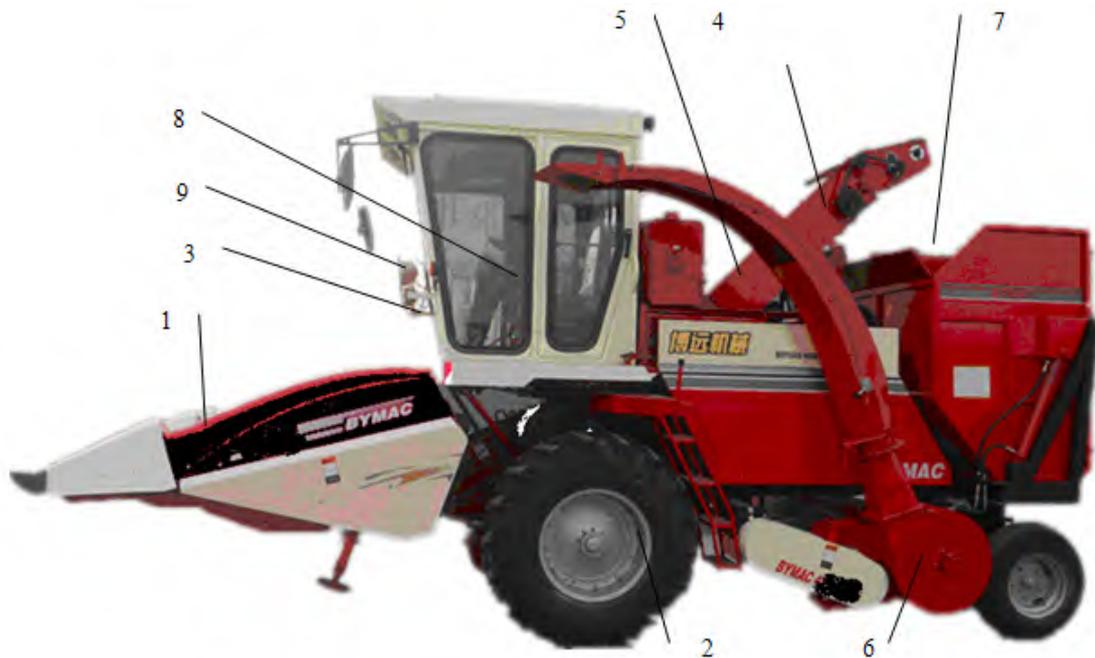
卸粮手柄，使粮仓翻转卸粮，果穗可卸至运输车上，或直接卸到地上。如下图所示，标红为进一步改进计划。



茎穗兼收型玉米联合收获机工作原理图

### 关键技术或设计创新特色

- 收获台动力传动采用双安全离合器技术。
- 护罩及分禾器采用新型玻璃钢材料。
- 粉碎机变速箱增加安全离合器保护装置。
- 粉碎刀轴采用两弯一直技术，可根据茎秆干湿情况对直刀拆装。
- 集草箱采用自卸式技术。
- 抛送筒采用液压马达式技术。
- 机身液压驱动技术。



(1) 割台 (2) 底盘 (3) 驾驶台 (4) 升运器 (5) 动力部分 (6) 秸秆回收装置 (7) 粮仓 (8) 液压系统 (9) 电器控制系统

### 适应各种行距的穗茎兼收型玉米联合收获机结构图

#### 主要技术指标

- 额定功率 (kw): 92;
- 额定转速 (r/min): 2400;
- 适应行距 (mm): 300-750;
- 工作幅宽 (mm): 2400;
- 工作效率 (hm<sup>2</sup>/h): 0.54;
- 果穗损失率 (%): 2.1;
- 茎秆切碎长度合格率 (%): 93.4;
- 可靠度 (%): ≥90;

## 投资及运行效益分析

本机具投资 20 万元。

使用该机后，农民能及时把粉碎玉米秸秆卖到养牛场，进行黄贮，每公斤秸秆按 0.3 元计；每亩玉米产秸秆 2000-4000 公斤；按 2000kg 计，每亩可增收 600 元。

## 用户意见

该机作业效率高，能不对行收获，既能摘穗又能收秸秆，切碎的秸秆长度均匀，符合黄贮要求，并且不夹带小麦残茬，使用该机作业减轻了劳动强度，节约了成本，缩短了作业时间，保证了黄贮玉米饲料的质量，能促进畜牧业的发展，有较好的经济和社会效益。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：河北省农业机械化研究所有限公司

通讯地址：石家庄市和平西路 630 号

邮政编码：050051

联系人：张西群

联系电话：0311-87788803

E-mail: zhangxiqun111@sina.com

### 3. 秸秆青贮收集机

#### 案例名称

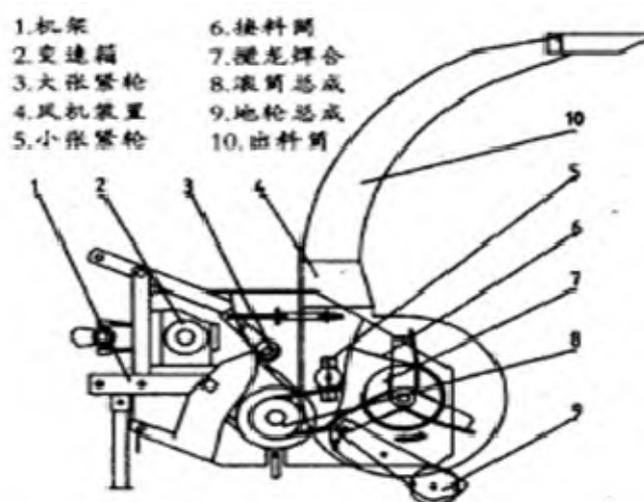
4JQS 系列秸秆青贮收集机

#### 项目概况

本项目 2010 年开始研制，2013 年 8 月 26 日至 2013 年 9 月 16 日通过了河北省农业机械鉴定站进行的产品性能检验及省级推广鉴定，2013 年 9 月 26 日获得了河北省农业机械化管理局颁发的农业机械推广鉴定证书，列入 2014-2016 年度河北省及国家农机购置补贴推广目录，2014 年 10 月 23 日通过河北省科技成果转化服务中心组织的成果鉴定，获 2015 年石家庄市科技进步二等奖，主要用于玉米、高粱等茎秆农作物的秸秆粉碎收集。

#### 主要工艺原理

该系列机具在改造现有秸秆粉碎还田机结构的基础上，增加了秸秆接料、秸秆输送和秸秆抛送等装置，达到秸秆切碎并收集的功能。具体结构如图所示。



4JQS 系列秸秆切碎青贮收集机示意图

该机的工作原理为：利用拖拉机后动力输出轴作动力，经万向节传至青贮机变速箱，再经齿轮和皮带轮两级传动将动力传至刀轴滚筒，高速旋转的刀轴带动其上铰接的甩刀，将地表的秸秆拾起，并将秸秆切碎，抛至机壳后部的接料筒，筒内的搅龙利用从刀轴传来的动力将切碎的秸秆输送到机壳右侧的抛送装置，抛送装置利用其上多个叶片的离心作用，将切碎的秸秆经出料筒抛送到收集车内。

### 关键技术或设计创新特色

- 在国内首次使用高强度碳纤维材料代替普通钢板作为抛送叶轮片材料，减轻了叶片重量，提高了叶片强度，增加了风机的使用寿命。

- 风机轴与搅龙轴同心不同速，既结构简单又能同时实现搅龙低速旋转和抛送叶高速旋转的需要，秸秆不易堵塞，机具作业可靠性高。

- 双侧独立传动，保持整机结构对称，机具稳定性好。

- 机具与农村保有量大大的大、中型拖拉机配套，价格低廉，适应性广。

### 主要技术指标

结构形式：三点悬挂侧边皮带传动；配套动力：40-80kW轮式拖拉机；收获幅宽：1300mm、1700mm、2000mm；作业前进速度：2.5-4km/h；秸秆粉碎长度合格率 $\geq 98\%$ ，秸秆回收率 $\geq 85\%$ ，留茬高度100-200mm，刀片硬度52-54HRC，物料抛送垂直高度

2.5-2.7m，物料抛送水平距离3-5m。



作业现场

### 投资及运行效益分析

本机具投资 0.7 万元。

使用该机后，农民能及时把粉碎玉米秸秆卖到养牛场，进行黄贮，每公斤秸秆按 0.3 元计；每亩玉米产秸秆 2000-4000 公斤；按 2000kg 计，每亩可增收 600 元。

### 用户意见

2012 年进行大面积生产考核，整个试验期间未出现故障，可靠度超过 98%，故障间隔 > 60h。拖拉机未出现超负荷现象，有经验的用户反映机具拉着轻、粉的碎。当年生产新型还田机 800 台，2013 年生产 1600 台，2014 年生产 2400 台，成为最受欢迎的机型。取得了明显的经济效益、社会效益和环境效益。

### 技术信息咨询单位

联系单位：河北省农业机械化研究所有限公司

通讯地址：石家庄市和平西路 630 号

邮政编码：050051

联系人：张西群

联系电话：0311-87788803

E-mail: zhangxiqun111@sina.com

## 4. 麦稻联合收割机配套打捆机

### 案例名称

9YFL-30 × 40麦稻联合收割机配套打捆机

### 项目概况

本项目研制与麦稻联合收割机配套使用的秸秆打捆机，打捆机与联合收割机直接对接，一次进地即可实现粮食收获和秸秆自动打捆作业，为广大农民提供经济适用的麦稻秸秆处理方案，解决秸秆焚烧的难题。本机具2013年9月16日通过了河北省农机鉴定站组织的推广性能检测，2013年9月24日取得河北省农机推广证书，进入2014-2017年省级农机产品补贴目录。

### 主要工艺原理

该打捆机主要由减速机、秸秆通道、喂入装置、捆绳装置、密度调节装置、成捆室、捆绳箱等部件组成。动力的输入由联合收割机滚筒轴链轮经链传动传递到减速机，减速机的输出轴动力分别控制活塞运动和秸秆喂入及捆绳动作等。采用打捆机与麦稻联合收割机采用可拆式固定连接；打捆机动力由麦稻联合收割机滚筒轴提供，不增加动力机械数量；不设秸秆捡拾机构，其进料口直接与联合收割机的秸秆抛出口对接。

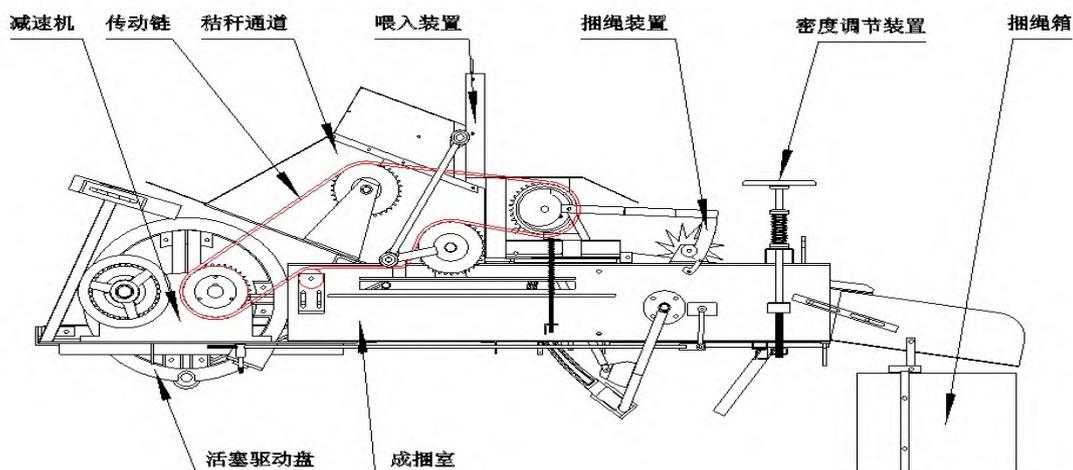
### 关键技术或设计创新特色

- 实现了打捆机的性能参数与联合收割机的工作参数的匹配。
- 设计紧凑合理的配套安装方式和动力传输形式，使打捆机

与联合收割机配套后，不影响联合收割机的正常工作。

- 联合收割机与打捆机配套后，能够实现收获打捆的连贯作业，边收割边打捆，收割完成，打捆结束，避免了二次下地，节省人力、物力。

- 联合收割机与打捆机实现一体化配套，动力由联合收割机提供；打捆机不设秸秆捡拾机构，其进料口与联合收割机的秸秆抛出口对接；这样的设计，不仅节省动力，还能降低打捆机制造成本。



## 主要技术指标

捆包尺寸： $400 \times 400 \times (300-1000)$  (mm)，作业效率：7-10 亩/h。

## 投资及运行效益分析

本机具投资 3.5 万元。

小麦秸秆亩产 0.15-0.2 吨，小麦秸秆收购价格为 540-560 元/t，麦稻联合收割机配套打捆机每年作业 300-400 亩，其余均按最小值计算，每年秸秆收益：

$540 \times 0.15 \times 300 = 24300$  元， $560 \times 0.2 \times 400 = 44800$  元

## 用户意见

本机具与联合收割机直接对接，一次进地即可实现粮食收获和秸秆自动打捆作业，为广大农民提供经济适用的麦稻秸秆处理方案，解决秸秆焚烧的难题，有利于秋季作物的种植与耕作；麦稻秸秆打捆后存储方便，易于运输，可广泛用于造纸、饲料、发电等行业，拓宽了麦稻种植农户及机手作业增产增收渠道，经济和社会效益显著。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：石家庄中州机械制造有限公司

通讯地址：石家庄市南郊赵州工业开发区

邮政编码：051530

联系人：常国志

联系电话：0311-84941862

E-mail: zzjghtj@126.com

## 5. 规模化灰色秸秆收集及上料系统工程

### 案例名称

规模化生物质项目灰色秸秆及木质类原料收集和上料系统工程

### 项目概况

本项目于 2009 年开始设计，2011 年完成试验示范

### 主要工艺原理

#### (1) 能源林收获设备

基于沙生灌木林每 3-5 年内需要平茬复壮，且收割时必须保证茬口平整，不能有撕裂，否则会造成死亡或萌生率低。项目通过对锯片的锯齿角、齿距、齿室面积、锯料角的试验研究，在圆盘锯片上采用密齿、小切深、大进给的直立低损伤切割技术，首创了林木垂直导入、多锯盘切割、多辊强制喂入、搅龙横向推送的林业生物质低损伤平茬收获割台。在林木直立切断、枝条水平输送、三辊强制喂入等方面达到国际先进水平。



能源林木收割台



能源灌木收割台

#### (2) 灰色秸秆及木质类原料上料系统运行工艺路线

卸料方式：双列刮板输送机→皮带输送→料仓前斗式提升机

→储料仓

上料方式:

储料仓进主厂房: 储料仓→甲直线螺旋输送机→皮带输送→甲主厂房前斗式提升机→甲炉前料仓螺旋给料机→炉前料仓

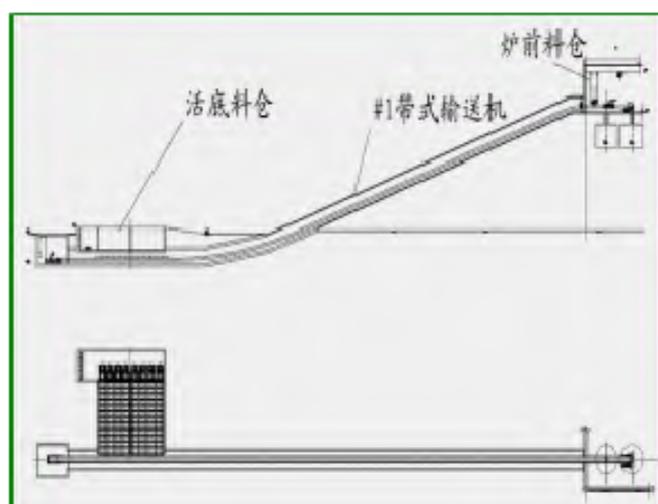
储料仓→乙直线螺旋输送机→皮带输送→乙主厂房前斗式提升机→乙炉前料仓螺旋给料机→炉前料仓

事故料斗进主厂房: 事故料斗→皮带输送→主厂房前斗式提升机→甲炉前料仓螺旋给料机→炉前料仓

从储料仓至主厂房的运行方式, 在紧急上料的情况下, 可具备双路同时运行的条件。

### (3) 灰色秸秆及木质类原料上料系统

储料仓内的秸秆通过仓底直线螺旋给料机给至带式输送机上, 经带式输送机运转后, 秸秆由主厂房前斗式提升机升至主厂房炉前料仓, 炉前料仓上部设有螺旋给料机使秸秆分别落至 2 个仓内。



灰色秸秆及木质类原料上料系统图

## 关键技术或设计创新特色

### ● 能源林收获设备

开发了自走式能源林联合收获机，适合高大能源林自走式联合收获。自走式能源灌木联合收获机适合边际沙生土地能源灌木的收获，具有结构紧凑、性能好、效率高、适应性强等突出特点。可移动式切枝机，适合园林、果树、林业废弃物的切碎收集。形成了系列化林业生物质收获技术装备。



自走式能源林联合收获机 自走式能源灌木收获机 切枝机

### ● 灰色秸秆及木质类原料上料系统

生物质原料经活底料仓底部液压推杆系统给至带式输送机上，运至炉前料仓；带式输送机上设电动双侧犁式卸料器使秸秆分别落至 2 个仓内；带式输送机中部设带式电磁除铁器；系统控制采用程序控制及工业电视监控，并设跑偏、速度、拉绳等传感保护元件。

## 主要技术指标

### (1) 能源灌木收获设备

生产率 11380kg/h;

留茬劈裂率 4.27%;

切碎长度合格率 93.7%;

抛送距离 5.6m。

## (2) 灰色秸秆上料系统

带式输送机带宽 800mm;

带速 1.25m/s;

出力 200m<sup>3</sup>/h;

斗式提升机出力 200m<sup>3</sup>/h;

螺旋给料机出力 200m<sup>3</sup>/h。

输送能力：18-36t/h;

配套总动力：44kW

### 投资及运行效益分析

投资费用：根据项目投资数量和要求，本项目总投资约 500 万元-2000 万之间。

### 用户意见

本项目投运至今，各项技术指标优良，开发的能源林收获设备和配套的灰色秸秆及木质类原料上料系统均能达到设计要求，能够满足生物质能工业化应用项目的原料收集及上料要求，带来了显著的经济环境效益，是值得推广应用的示范工程。



灰色秸秆及木质类原料上料系统

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：国能生物发电集团有限公司

通讯地址：北京市西城区南横东街 8 号

邮政编码：100052

联系人：庄会永

联系电话：010-63505363

E-mail: [hyzhuang@163.com](mailto:hyzhuang@163.com)

## 6. 规模化黄色秸秆收集及上料系统工程

### 案例名称

规模化生物质发电项目黄色秸秆收集及上料系统工程

### 项目概况

本工程于 2009 年开始设计，2011 年完成试验示范

### 主要工艺原理

#### (1) 黄色秸秆收集设备

项目创新突破大截面高密度打捆的自动双结打结技术，创新突破捆型密度自动调整技术，从而实现对物料密度的有效控制，满足捆包密度均匀一致。解决了由于物料含水率变化而引起的压缩活塞压力差异大对整机传动系统部件的破坏和捆型密度不均匀的问题，实现了秸秆高密度压缩成型，方便装车运输和储藏。



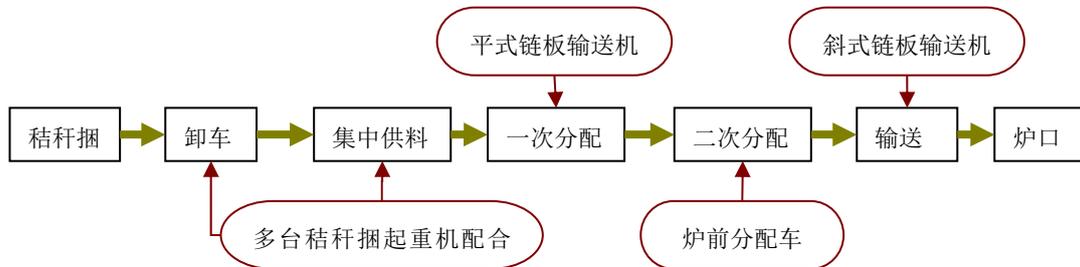
秸秆压实捆扎技术

#### (2) 黄色秸秆上料系统

黄色秸秆燃料主要为捆型规格为  $1.2 \times 1.3 \times (1.5-2.1)$  m (宽×高×长) 的大型方捆，实现捆型物料连续上料输送分配是保证生物质工业化应用项目正常运行的基础，保证整个系统 24 小时连续供料。项目通过多台桁架式起重机配合，采用上料

系统分段式进口，经过集中供料、两次分配、分配车运料等方式满足了黄色秸秆捆批式连续上料的要求。

黄色秸秆标准化捆型批式连续上料的工艺过程主要为：



### 炉前秸秆捆上料流程

#### 关键技术或设计创新特色

##### ●黄色秸秆打捆设备

创新突破大截面高密度打捆的自动双结打结和捆型密度自动调整技术。降低了捆绳和打结部件张力，减少了捆绳与打结部件的摩擦损耗，提高打结可靠性和捆包密度均匀一致性。开发的系列秸秆打捆机，捆型规整，密度均匀一致。



打捆机

##### ●黄色秸秆上料系统

黄色秸秆自动控制桁架移动式卸料、上料系统设有秸秆库管理与监控程序，包括对多台起重机、输送机的信号分配、货位管

理、计量统计与报表、故障诊断与报警等功能以及闲时倒库、定期清库、优先上料、快速上料（卸车后直接上料）、忙时快速卸车（就近入库）等附加功能。半自动卸车、全自动出入库的控制程序。具有秸秆捆抓具的三维定位、功能完善的多包秸秆捆抓取功能。该系统已在多个农林生物质（玉米、小麦秸秆）直燃发电项目中应用。



黄色秸秆上料系统

### 主要技术指标

#### （1）黄色秸秆打捆机

成捆率：98.4%；

捆型密度：100-200kg/m<sup>3</sup>；

总损失率：2.27%。

#### （2）黄色秸秆上料系统

##### A、秸秆捆起重机主要参数

(1)起重机工作级别：A7级；

(2)抓具每次抓取秸秆捆数量：2 × 4 = 8包；

(3)起重机跨度 20.5m；

- (4)起重机起升高度：14.5m;
- (5)起重机额定载荷：15000kg;
- (6)起重机起升速度：15.8m/min (变频调速);
- (7)小车运行速度：38.0m/min (伺服控制);
- (8)大车运行速度：96.0m/min (伺服控制);
- (9)抓具总体高度：1300mm;
- (10)抓具打开宽度：3100mm;
- (11)抓具闭合宽度：2100mm;
- (12)抓具总体长度：6000mm;
- (13)电气控制：计算机+PLC、变频调速。

#### B、秸秆捆输送系统主要参数

- (1)输送线长度：60m;
- (2)输送线宽度：3m;
- (3)输送方式：连续循环式;
- (4)传动方式：链板链条式;
- (5)输送速度：0-4m/min(变频调速);
- (6)料位自动检测系统：缺料信号反馈时间 $\leq 20\text{ms}$ ;
- (7)电机功率：90kW;
- (8)总承载质量： $\geq 60\text{t}$ 。

#### 投资及运行效益分析

根据配套的规模和数量，本项目总投资约1000万元至3000万不等。

## 用户意见

本工程投运至今，各项技术指标优良，开发的黄色秸秆收获设备及配套上料系统均能达到设计要求，能够满足生物质能工业化应用项目的原料收集及上料要求，带来了显著的经济环境效益，是值得推广应用的示范工程。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：国能生物发电集团有限公司

通讯地址：北京市西城区南横东街 8 号

邮政编码：100052

联系人：庄会永

联系电话：010-63505363

E-mail: [hyzhuang@163.com](mailto:hyzhuang@163.com)

## 7. 青饲料捆裹贮藏工程

### 案例名称

青饲料捆裹贮藏技术的研究

### 项目概况

随着我国畜牧业的快速发展，国内青贮饲料需求增加，但生产中仍存在诸如青贮饲料易发霉变质、养分流失严重等众多问题，加之缺乏配套机具，致使秸秆饲料化处理的加工过程复杂，加大了劳动强度，直接影响到青贮饲料的产量和质量，制约了秸秆青贮技术的发展。本课题的完成，为青饲料生产提供了一种先进的贮藏技术，适合河北省大部分畜牧场和奶牛场使用，具有较好的社会效益和经济效益，推广应用前景广阔。2013年8月制订了河北省地方标准《青玉米秸秆捆裹储藏技术操作规程》1项。

### 主要工艺原理

针对目前青饲料捆裹贮藏生产过程脱节劳动强度大等现象，结合农村经济水平和农民使用水平，集成秸秆打捆包膜青贮机具，并形成技术规范、编写操作指南，传授规范青贮技术，示范推广配套机具。机具主要包括三部分：饲草收获-青绿饲草的收割、切碎、抛送等；饲草打捆-压实饲草成圆柱形，并在草捆上包裹线网；草捆包膜-对成型的饲草捆进行塑料拉膜的包裹密封。

机具集成后可在田间一次完成青饲料收获、打捆、包膜的青贮过程，减少青饲料与空气接触时间（减少氧化损失、减少水分和养分的流失），切碎均匀且压实密度大。

## 关键技术或设计创新特色

●青贮生产整个工作流程可在田间一次完成，包括青饲料收获，饲料打捆，以及对成型的饲料进行拉膜包裹，减少了运输环节以及饲草的氧化所造成的浪费。

●行走式打捆机主要针对切碎的青饲料，工作时可将饲料挤压成型后在外表面包裹丝网，防止散捆。

●可以在打捆前添加青贮所需微贮菌种以及微量元素等，并混合均匀。

●拉膜包裹机可在田间行走作业，将成型饲草捆捡拾后，进行拉膜包裹作业。



作业现场图

## 主要技术指标

捆包尺寸 $\phi 85 \times 85 \text{cm}$ ，捆包质量300-360kg，作业效率20个/h（固定作业时）。

## 投资及运行效益分析

本项目的机具由三部分组成，秸秆收获机、圆形打捆机及包膜机，选用不同机具投资成本不同，约在30万-50万元。

根据 2012-2013 年两年的实际运行情况，每年作业季节雇用工人 6 人，费用 2.5 万元；燃油费用约 2 万元，机器年折旧费用 3 万元，年维修费 2 万元，每年费用 9.5 万元。每年可用捆裹贮藏技术青贮玉米青饲料 500-600 吨，年收益 50 多万元。

### 用户意见

与窖式贮藏相比可减少损失 5%以上，提高饲草利用率 5%以上；该技术可以保持新鲜草料的营养成分，提高青饲料粗蛋白质含量，降低粗纤维，提高饲草消化率，而且适口性好；能有效防止窖装青贮密封不严造成窖的青饲料霉烂变质。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：河北省农业机械化研究所有限公司

通讯地址：石家庄市和平西路 630 号

邮政编码：050051

联系人：张西群

联系电话：0311-87788803

E-mail: zhangxiqun111@sina.com

## 二、 饲料化工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

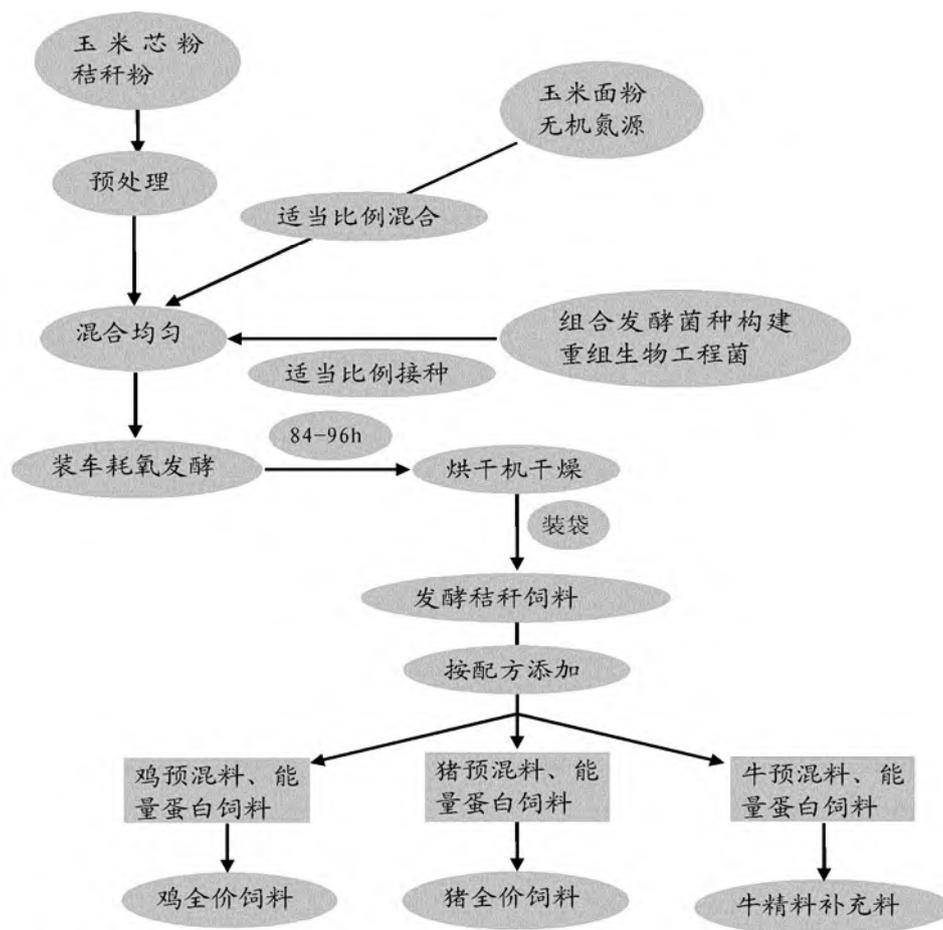
隧道式固体发酵玉米秸秆生产蛋白饲料工程

#### 项目概况

利用秸秆发酵饲料能够显著降低饲料成本，拓宽饲料资源，提高出栏率，从而大大提高养殖业的经济效益，生产出有机安全的肉、蛋、奶产品。养猪试验证明：秸秆发酵饲料饲喂，猪只的繁育和生长速度优于全精料饲喂，发病率低于全精料饲喂，养殖成本降低20%以上，猪肉经权威部门检测完全符合国家有机猪肉的标准，被专家称为“生态猪肉”。然而目前利用秸秆发酵饲料进行大规模养殖尚属市场空白，具有巨大的市场发展潜力。本项目于2013年3月开始实施，2015年2月完成第一期工程，年生产发酵饲料可达10万吨。

#### 主要工艺原理

本项目产品的主要原理如图所示。其中主要的原理为：①构建纤维素酶基因工程菌，将真菌的纤维素酶基因克隆到细菌宿主中构建纤维素酶细菌工程菌。②构建纤维素酶的酵母表达系统，将纤维素酶系的基因克隆到酵母表达系统中，实现从纤维素到葡萄糖再到酒精的完整发酵过程。③构建纤维素酶基因真核转化和表达系统。④采取隧道式固态发酵设备，利用隧道对温度、湿度、时间、通风的控制优势，实现连续大批量生产发酵饲料。



玉米秸秆隧道式固态发酵工艺流程

### 关键技术或设计创新特色

①以组合野生发酵菌种和构建生物工程菌的方法使玉米秸秆经过发酵后的饲用价值提高。

②设计先进的隧道式固态发酵设备，建立节能高效的发酵工艺，使玉米秸秆发酵生物饲料的营养价值得到提高。

③建立玉米秸秆发酵过程精细化控制，通过各种糖类的产量，通过活菌数量和 pH 变化情况确定发酵过程变化。

### 主要技术指标

①养殖成本降低 20%以上

②猪只的繁育和生长速度优于全精料饲喂

③发病率低于全精料饲喂

④饲喂本项目产品养殖的畜禽，达到生态肉蛋产品的标准

### 投资及运行效益分析

本项目建设年产 10 万吨的厂房，需要总投资 5000 万元。

项目产品每吨约 3000 元，利润 15%以上，达产后平均每年利润 4500 万元，一年半即可收回投资成本。

### 用户意见

项目产品质量可靠，能有效降低养殖成本，提高畜禽的饲料转化率、抗病力、出栏率，对调整农业产业结构，提高养殖户收入，具有重要意义。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：河南宏翔生物科技有限公司

通讯地址：河南省平顶山市汝州市东环路 406 号

邮政编码：467500

联系人：程传宏

联系电话：18237527999

E-mail: hongxiangshengwu@163.com

## 典型案例（二）

### 案例名称：

玉米秸秆生物饲料化利用技术

### 项目概况

吉林省福一农业科技有限公司利用微生物(复合菌、复合酶)协同发酵技术加工玉米秸秆成为生物饲料，项目地点选在吉林省榆树市。2015年准备投资6000万元，生产玉米秸秆生物饲料10万吨，实现销售收入6000万元，实现利税2550万元，年消耗秸秆10万吨。

### 主要工艺原理

制造加工以玉米秸秆为原料的生物饲料，其主要工艺原理是：如果是干秸秆，则利用专用加工设备，对玉米秸秆进行收集捡拾--粉碎--揉搓--打包--储存--掺入菌剂--密封发酵后即可饲喂牛羊等反刍动物；如果为湿秸秆，则利用相同的专用加工设备，对玉米秸秆进行收集捡拾--粉碎--揉搓--掺入菌剂--均匀搅拌--打包密封--发酵后即可饲喂牛羊等反刍动物。目前，玉米秸秆的收集捡拾--粉碎--揉搓--打包工序可以在一个机器平台上完成连续操作，不必分开进行。

### 主要技术指标

我公司采用的专用加工设备集捡拾--粉碎--揉搓--打包功能为一体，每分钟生产2包，体积为40CM\*40CM\*80CM，干草包重量约25公斤，湿草包重量为80公斤。发酵后经权威部门检测，

粗纤维由发酵前的 70%降解到 38%; 粗蛋白增加 6.9%; 汞、铅等重金属降解到原来的 10%, 并产生了反刍动物所需微量的氨基酸。

### 投资及运行效益分析

2015 年拟生产玉米秸秆生物饲料 10 万吨, 总投资 6000 万元, 其中: 固定资产投资 2160 万元, 流动资金投入 3840 万元, 可实现销售收入 6000 万元, 利税 2550 万元, 投资回收期为 3.5 年。可增加农户收益 3600 万元, 收集处理秸秆、避免焚烧秸秆土地面积 20 万亩。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位: 吉林省福一农业科技有限公司

通讯地址: 长春市亚太大街 5838 号

联系人: 程海荣

联系电话: 13701208757

### 三、 肥料化工程

#### 1. 秸秆改良土壤工程

##### 典型案例（一）

##### 案例名称

沙质土壤改良示范推广

##### 项目概况

项目针对分布面积广、土粒分散、水分和养分供应能力弱的低产沙质或沙化土壤，以提高土壤生产力为目标，以改善土壤团聚体结构和调节水分及养分的供应与保持能力为核心，以作物秸秆、膨润土、聚丙烯酰胺（PAM）等为原材料，在作物秸秆预处理技术、PAM 剂型优化、改良材料配方构建与示范推广等环节系统开展了秸秆土壤改良材料的研制，获得授权发明专利 3 项。在重庆涪陵、四川宜宾和若尔盖等地开展了秸秆改良材料推广示范，通过典型示范、经验交流、技术培训和推广相配套的推广模式，使得研究成果进一步推广，并广泛应用。5 年累计推广面积 25 万余亩，涉及作物包括玉米、油菜、榨菜、牧草等，增加经济收入达 3337 万元，经济效益十分明显。项目成果获 2012 年重庆市科技进步二等奖。

##### 主要工艺原理

基于土壤结构、水分性能和养分供应为核心，以秸秆预处理产物为主材，以膨润土和 PAM 为调控剂的秸秆改良材料配方体系。比较了秸秆粒度、城市污泥、白腐真菌及纤维素降解菌单独

和联合作用对玉米秸秆的降解效果，建立了适于土壤改良材料生产的作物秸秆生物预处理工艺参数，为提高秸秆土壤改良剂的研发提供了良好的物质基础；通过系统比较施用不同水解度和电荷密度 PAM 对黄壤和潮土两种土壤含水量、田间持水量和水分蒸发量的变化，确定出了用于土壤改良的最佳 PAM 剂型，明确了不同质地土壤的 PAM 施用量。通过田间试验，获得了分别基于玉米、水稻、小麦和油菜秸秆预处理产物的秸秆改良材料配方 3 个。

### 关键技术或设计创新特色

- 有效改善土壤团粒结构，提高土壤肥力和保水、保肥能力。
- 环境友好、高效、低成本。
- 促进作物秸秆等农业废弃物的资源化和产业化。
- 使用方便，一次施用，效果可持续 2-5 年。



示范现场和效果图

### 主要技术指标

将秸秆沙质土壤改良材料施入土壤后，土壤有机物含量提高了 12.5%-19.4%，1-5mm 团聚体数量提高了 45.0%-73.2%，持水量提高了 21.4%-31.4%，土壤有效氮、磷和钾分别提高了

13.7%-24.67%、10.9%-26.2%和 9.61%-28.2%，土壤对氮、磷和钾保持能力明显提高，作物产量提高了 8.2%-21.0%，表现出高效的和稳定的土壤改良效果。

### 投资及运行效益分析

秸秆沙质土壤改良材料以秸秆、纳米化膨润土、PAM 为主要原料生产制成，其规模化产业化生产成本主要由原材料成本、生产成本构成，如表所示。

秸秆沙质土壤改良材料产业化成本表 单位：元/t

序号	项目	单位	金额
1	原材料	吨	900
1.1	主要材料费	吨	850
1.2	辅助材料费用	吨	50
2	加工费用	吨	210
2.1	动力费	吨	50
2.2	人工费	吨	60
2.3	附加费	吨	50
2.4	其他费用	吨	50
3	其他成本	吨	100
	单位成本合计	吨	1210

以最大用量 150 公斤/亩计算，每亩应用成本为 1.21 元/公斤 × 150 公斤/亩=181.5 元/亩。

无运行费用。

## 用户意见

实施该项目后，经测定，与对照相比，秸秆改良材料能显著增加土壤有机质含量，改善土壤团粒结构，增强了土壤保水保肥的能力，具有显著的增产、增收效果，取得了显著的经济、社会、生态效益。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：西南大学

通讯地址：重庆市北碚区天生路2号

邮政编码：400715

联系人：张成

联系电话：023-68250484

E-mail: zhcheng@126.com

## 典型案例（二）

### 案例名称

农作物秸秆热解炭化利用产业示范

### 项目概况

以农业秸秆等剩余物为原料，采用自主研发的内循环封闭式限氧生物质炭热裂解转窑适用于各类作物秸秆的利用，包括当地量最大的水稻秸秆。本项目技术利用联系三个系统来实现炭液分离，解决了困扰秸秆气化企业的焦油堵塞设备管道的问题，实现了装备的可维护性和长期使用能力；本技术生产的生物炭和木醋液能够被深加工为高附加值产品，目前利用专利技术生产的肥料市场售价达到每吨两万元，这可以使企业以农民有利可图的价格收购秸秆，解决了秸秆收集难的问题。秸秆炭化还可以实现较大的规模，一条炭化生产线年处理4万吨秸秆，这是秸秆有节肥化没法比的。公司利用通过跟南京农业大学产学研合作拥有的专利技术使生物炭和木醋液都得到了资源化利用。

### 主要工艺原理

先对秸秆进行破碎，采用秸秆破碎机破碎，成为长度3-4厘米的秸秆碎片，存放使含水量降到25%-30%以下；部分进行颗粒化处理，大部分采用热裂解炭化，采用卧式炉炭化装备，炉内温度、氧气浓度仪器控制、进料出炭连续，自动化程度高，生产的生物炭和木醋液质量高，生产技术处于国内领先、国际先进水平。2015年10月，将对生产线进行改造，利用生物质炭可燃气供热和

供水，生产无废水、废气排放，低碳减排。炭化设备为封闭式内循环热解转窑（与南京农业大学合作开发），每小时热解秸秆1-2吨（视秸秆类型，小麦较慢，玉米较快），每天炭化秸秆约可达30吨。2014年总炭化秸秆13000万吨，生产生物质炭4300吨。

### 关键技术或设计创新特色

通过南京市农业委员会秸秆资源化利用示范项目，与南京农业大学农业资源与生态环境研究所生物质炭绿色农业中心紧密合作，引进澳大利亚等外国智力资源，秸秆热解效率及生物质炭产品技术创新，进行生物质炭土壤改良试验示范，试验开发生物质炭炭基复合肥，已在南京市进行100亩的示范展示；采用小试生物质炭炭化机，试验不同秸秆热解及生物质炭性质功能，用于大规模炭化工艺调整及原理配比，生产不同配比的生物质炭，并探索生产改土用生物质炭，盆栽基质用生物质炭及肥料生产用生物质炭，开发了水稻专用生物质炭基专用肥和浓缩液体有机肥。

### 主要技术指标

本技术主要采用卧式炉炭化装备，炉内温度、氧气浓度仪器控制、进料出炭连续，自动化程度高，生产的生物炭和木醋液质量高，生产技术处于国内领先、国际先进水平。一条生产线日处理各类秸秆30吨，年处理各类秸秆量1万吨，每吨秸秆可生产生物炭250-300kg，木醋液300kg，可燃气800-1000m<sup>3</sup>。

### 投资及运行效益分析

秸秆生物质炭：目前内直径0.9米的转窑，可以处理每小时

3 吨秸秆；即将建的内直径 1.2 米，可处理秸秆每小时 4-5 吨，每天可处理 50 吨秸秆，新建 4 条生产线，可达每天处理秸秆 200 吨，每月 6000 吨，每年 72000 吨；

项目名称	农作物秸秆热解炭化利用产业示范		
建设年限	2 年	责任人及联系电话	李明亮 13814182888
项目建设内容	建设年消纳秸秆 10 万吨规模的炭化厂，4 条日产秸秆生物质炭各 15 吨的内循环热解转窑生产线，热裂解消纳秸秆 72000 吨，一条年产 20000 吨生物质炭基肥培肥生产线，并配合一个年产 28000 吨燃料棒的秸秆燃料成型机。		
主要产品的成本及销售价格	<p>产品 1: 秸秆生物质炭: 成本 900-1050 元/吨(视秸秆种类不同), 销售价格 1300-1600 元/吨。</p> <p>产品 2: 生物质炭基肥: 成本 1500-1700 元/吨, 销售价格 1900-2000 元/吨。</p> <p>产品 3: 生物质燃料棒: 成本 700-750 元/吨, 销售价格: 900-950 元/吨(视秸秆种类不同)。</p> <p>其他还包括液体有机肥, 木醋液等。</p>		
新增就业人数(人)	60-80 人(包括销售和技术服务)		
秸秆收储运模式及半径	<p>模式 1: 直接收购, 在周边乡镇建立秸秆收储中心, 收购农民秸秆(每吨 300 元左右)。</p> <p>模式 2: 置换, 用秸秆换取炭或肥料, 1 吨秸秆 200</p>		

	公斤炭或 150 公斤炭基肥;或者 250 公斤秸秆燃料棒。				
年消耗秸秆数量 (万吨)	10 万吨	适宜区域	长江以北农业区,特别是淮河流域、黄河流域农区		
项目总投资	9000 万 (其中设备等 6000 万元,含 4 条热裂解炭化生产线,4000 万吨秸秆收储运加工机械设备等 1200 万元,2 万吨炭基肥生产线 800 万元)				
固定资产投资	6000 万	流动资金	3000 万		
申请中央补贴	6000 万	自筹资金	1000 万	银行贷款及其他	2000 万
年新增销售收入	8600 万	年新增利润	1900 万		
年新增税金	190 万	年新增出口创汇	500 万		
净现值	内部收益率 (%)	项目投资回收期 (年)	4		
环境效益、社会效益	周边 20 万亩 (两熟制) 或 30 万亩 (一熟制) 农田秸秆得到利用,大大降低农作物收割期空气污染风险,同时减排 11 万吨 CO <sub>2</sub> 当量 (含炭基肥和燃料棒减排);促进农业减肥减药;年收购秸秆超 10 万吨,增加周边农民秸秆销售收入 3000 万-3500 万元。				

### 用户意见

2013 年公司建设完成,生产的生物质碳,炭基肥以其它产品销往全国各地,主要用于土壤改良与农作物种植。产品受到了全国各地政府以及农户的热烈反应,不仅增产增量而且也做到了减肥减料。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：南京勤丰秸秆科技有限公司

通讯地址：南京市六合区马鞍街道勤丰社区

邮编：210000

联系人：李茹

联系电话：13770880866

E-mail: 372286372@qq.com

## 2. 秸秆、畜禽粪便肥料化工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

利用农业废弃物制造生物有机肥技术工艺

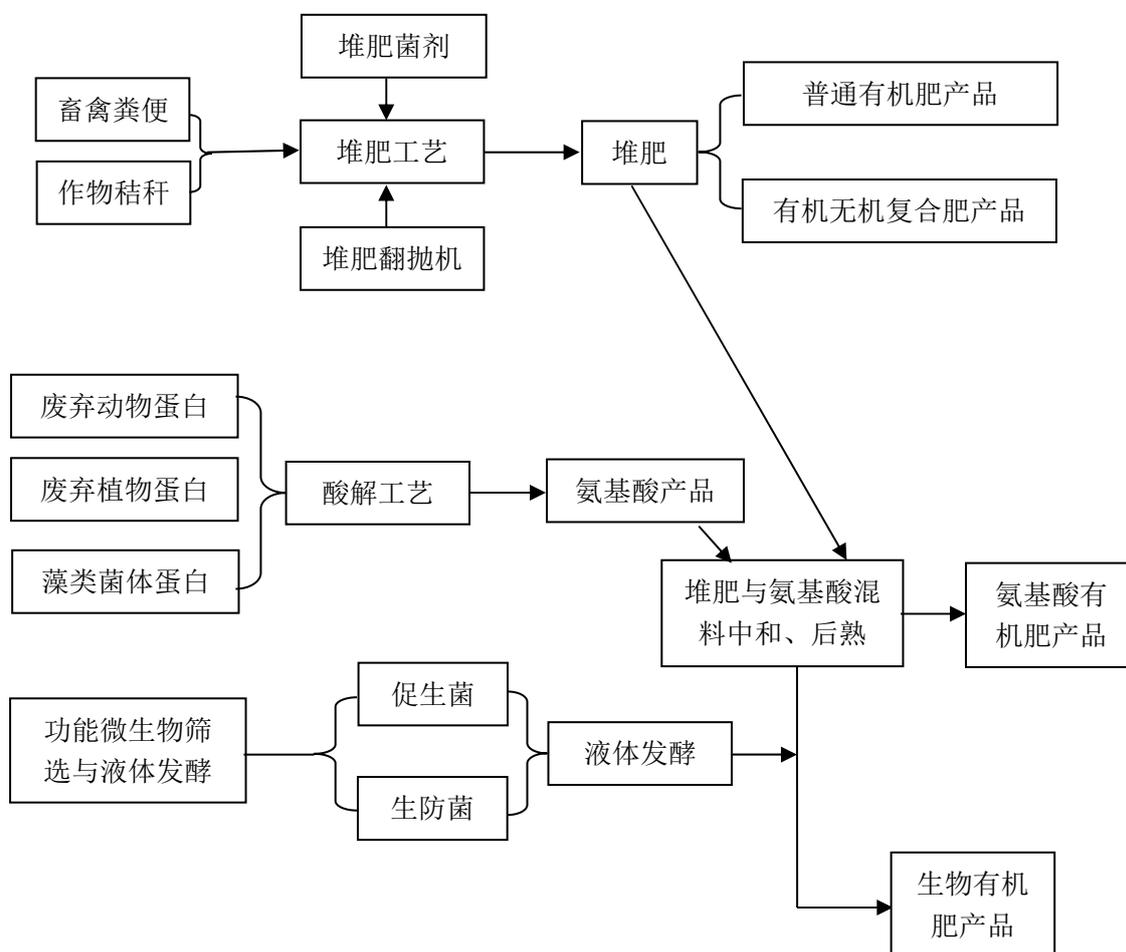
#### 项目概况

项目于 2007 年 5 月开始建设，2010 年建成了利用秸秆和粪便年产 10 万吨商品有机肥生产线，在此基础上，开始建设生物有机肥生产线，即功能微生物液体发酵车间和利用屠宰场下脚料生产农用氨基酸车间，至 2014 年 7 月已建成年产 5 万吨生物有机肥生产线，成为中国生物有机肥制造大满贯企业，相关成果获得国家技术发明二等奖（2011）。

#### 主要工艺原理

真正的生物有机肥是集腐熟堆肥、氨基酸和功能微生物为一体的，并经过功能微生物二次固体发酵（繁殖）的混合物，腐熟的堆肥只能称为有机肥，而不能称为生物有机肥。根据这一定义，制造生物有机肥的主要工艺路线为：（1）将秸秆和粪便混料后接种堆肥微生物菌种，进行高温堆制约 10 天（期间当温度上升至 65℃ 时开始每天翻抛一次，逐步使每天的堆肥温度上升至 75℃，维持 5-7 天），经过这段高温后的堆肥叫做“基本腐熟堆肥”；（2）将屠宰场下脚料（主体原料为猪毛等）经过酸解成为液体氨基酸；（3）定量将液体氨基酸加入至“基本腐熟堆肥”中，中和、后熟 5 天（每天翻抛一次，充分混合）成为生物有机肥原料；（4）

向生物有机肥原料中接种功能微生物进行二次固体发酵(此发酵阶段堆体温度不能超过45℃),最后检测生物有机肥的产品指标。



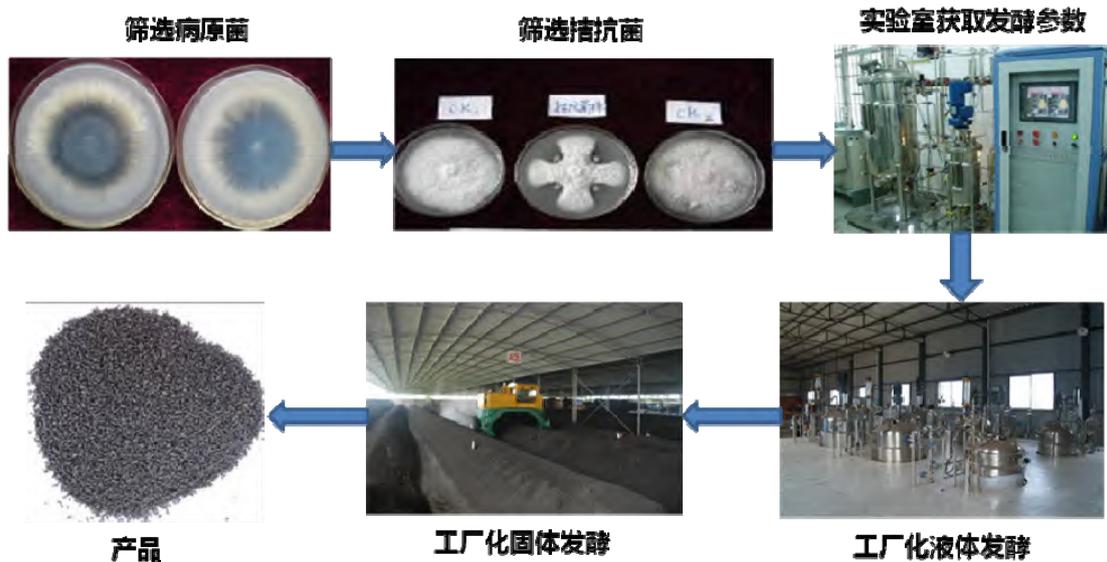
生物有机肥的主要工艺路线

### 关键技术或设计创新特色

采用堆肥快速升温技术,开发了廉价氨基酸制造技术和生物有机肥田间施用配套技术,研发了不同功能菌株获取技术。

### 主要技术指标

有机质大于45%;氮磷钾养分大于5%;功能菌大于 $2 \times 10^7$ 个/克;游离氨基酸大于2%;含水量小于30%;pH5.5-7.5;产品施用后田间增产20%以上。



### 防控土传病害生物有机肥制造相关设备

#### 投资及运行效益分析

一个年产 5 万吨生物有机肥企业的固定资产投资如下：钢架大棚 2 万平米 400 万元，固体发酵设备 100 万元，液体发酵设备 200 万元，氨基酸水解设备 150 万元，厂房和办公室 200 万元，土地 80 亩（租用费），800 万元（10 年），固定资产总投资约 1850 万元。

20 个工人总计工资 120 万元/年，15 个销售和管理人员总计工资 150 万元/年，5 个技术研发人员和检测人员总计工资 100 万元/年，水电费用 150 万元/年，技术转让费用 50 万元/年，10 万吨农业废弃物原料（含运费）2000 万元/年。运行费用总计 2570 万元。

经济效益，每吨生物有机肥出厂价 1300 元，年产 5 万吨生物有机肥总产值 6500 万元，扣去运行成本 2570 万元、固定资产折旧 200 万元、银行利息 300 万元、销售成本 800 万元、公司人

员 5 险 1 金 100 万元，其他不可预测费用 300 万元，年产 5 万吨生物有机肥企业的利税约 2230 万元。

## 用户意见

“利用农业废弃物制造生物有机肥技术工艺”成果已在我公司转化，我公司已经获得生物有机肥和氨基酸叶面肥 2 个肥料登记证书和生产许可证书，所生产的产品已经得到广大经销商和农民的认可，彻底解决了江阴市的有机固体废弃物资源化利用问题，有效保护了江阴市的生态环境。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：江阴市联业生物科技有限公司

通讯地址：江阴市祝塘镇

邮政编码：214415

联系人：陆建明

联系电话：13906165459

E-mail: 1505459348@qq.com

## 典型案例（二）

### 案例名称

内蒙古五原年产 3 万吨生物有机肥工程

### 项目概况

本项目于 2011 年 8 月开工建设,2012 年 4 月开始设备运行,截至目前正常运行超过 3 年。

### 主要工艺原理

本项目采用槽式好氧发酵和生物有机肥低温烘干技术,主要工艺原理如下:畜禽粪便和其他辅料经过预混系统进行自动计量混合,满足发酵水分及 C/N 比等参数的要求;预混处理后,通过装载机运送到好氧发酵室内,在静态曝气和链板翻抛机的动态翻抛的作用下,吸收自然界的发酵菌实现腐熟发酵;发酵好的物料接着进入制肥环节,首先经过粉碎筛分系统,将发酵后的物料大块粉碎、大杂筛除;筛分好后的物料与功能菌种或 NPK 养分通过计算机进行自动配料,配料后进行搅拌混合;混合后的物料进入挤压制粒系统进行制粒成型,成型后的颗粒进入低温烘干机进行物料干燥,干燥后进入冷却、筛分,最后完成包装。

### 关键技术及设计创新特色

- 配置原料预混处理工艺,原料水分及 C/N 比的参数调节均匀,有利于发酵.

- 调质混合机(引进美国技术),该设备可根据单片微型计算机控制系统中设定的配方进行自动配料;实现计量、配料、搅

拌于一体，降低了劳动强度。

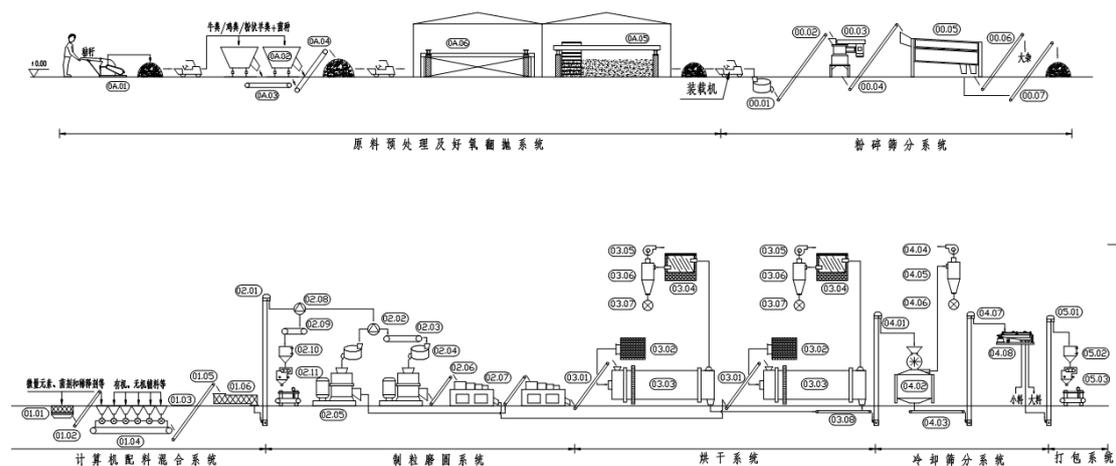
●采用跨距 10 米链式托板翻抛机（引进美国技术），该机可在发酵槽轨道上往复行走作业，对槽内 1.8 米高料层连续翻抛，可极大满足物料和空气的接触时间，供氧和走水充分。该翻抛机作业自动化程度高，可实现翻抛作业后翻抛拨齿液压自动升起和自动快速移回（空驶），亦可实现远距离遥控操作。

●配置了沉降室、旋风双极除尘模式，极大地降低了车间的粉尘浓度，环境友好。

●采用平模挤压制粒技术，成型率高，整体运行成本低。

## 主要技术指标

本项目生产的有机肥、有机无机复混肥满足《NY525-1011》和《GB18877-2009》标准，可生产有机质含量不低于 45%，总养分（ $N+P_2O_5+K_2O$ ）不低于 5%的有机肥和总养分（ $N+P_2O_5+K_2O$ ）不低于 15%、25%和 30%的颗粒复混肥。



生产工艺流程图



羊粪等废弃物堆肥发酵车间



有机肥生产车间

### 投资及运行效益分析

本工程设备投资 600 万元，厂房等配套土建及其他费用约 5400 万元，工程总投资 6000 万元。

根据 2013 年 5 月到 2014 年 5 月实际运行情况，原材料、水、电、气、管理等运行费用约为 900 万元，年折旧费用约为 400 万

元（按 15 年平均折旧），年维修费用约 50 万元，可年产成品约 30000 吨，全部销售可年创收约 4500 万元（按每吨 1500 元）。

该项目一年来实际经济净效益约为 3150 万元/年。

### 用户意见

本规划方案从养殖场粪便处理现状及有机肥需求市场分析入手，提出了在养殖场、沼气池周边建立有机肥厂的项目建议。依据工艺科学先进、设备经济适用的规划原则，针对当地资源条件确定合理的工艺路线和年产 3 万吨加工厂规模。本项目的实施具有良好的经济效益和社会效益，具有较强的抗风险能力。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：五原县润泽生物科技有限公司

通讯地址：内蒙古巴彦淖尔市五原工业园区

邮编：015100

联系人：李斌

联系电话：0487-2631019

## 典型案例（四）

### 案例名称

农村畜禽粪便资源化关键技术中试与示范

### 项目概况

本项目主要通过农村畜禽粪便资源化利用技术与设备的研发与示范，将翻转式堆肥反应器、三接段接种技术（具有自主知识产权的技术）及项目进行研发的相关技术设备应用于典型农村示范，解决农村畜禽粪便污染严重、资源循环效率低等问题，进而提高示范区域内经济、社会与环境效益。

### 主要工艺原理

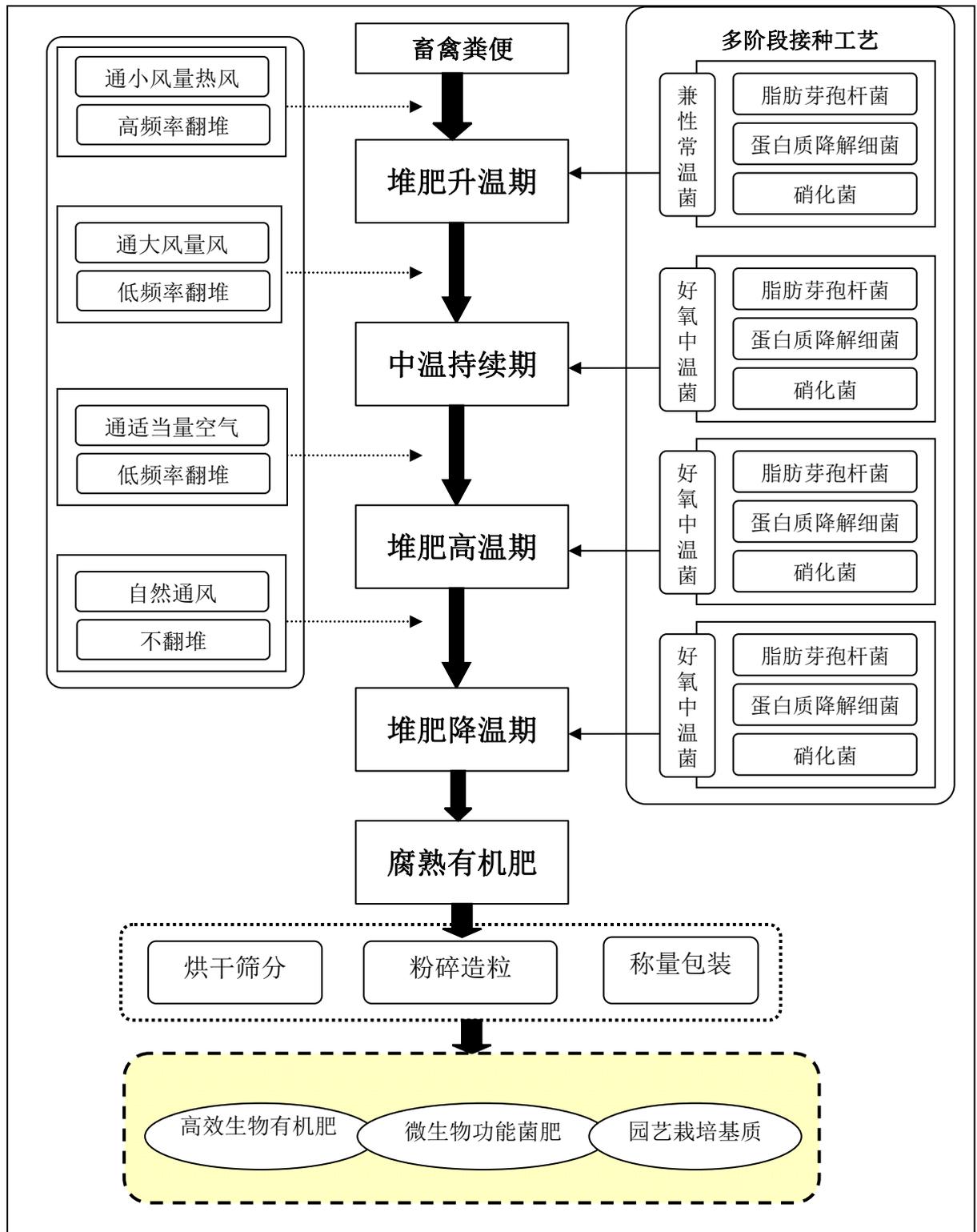
利用“多阶段生物强化发酵技术”、高效生物有机肥制备技术和翻转式堆肥反应装置，结合我国畜禽养殖业的特点，研发适合我国农村畜禽粪便资源化利用的技术工艺，并确定最佳工艺条件；优化畜禽粪便堆肥资源化利用成套设备，提高农村畜禽粪便堆肥质量及效率，开发多层次、多元化的生物有机肥产品。发挥天津再生资源研究所的优势，建立中小型示范工程，为最终实现农村畜禽粪便资源化工艺与设备的推广提供理论基础与技术支持。

### 关键技术或设计创新特色

- 关键技术：生物有机肥生产技术、固体废物生化菌种堆肥成套技术（Central Biological System, 简称 CBS）

- 主要内容：生物强化接种技术、翻转式堆肥反应器的应用及相关设备的研发；建立农村畜禽粪便分散式堆肥资源化示范；

基于堆肥产品性能，研制多功能有机肥。



- 创新点: (1) CBS 技术在畜禽粪便资源化方面的应用。(2)

利用畜禽粪便制备多元化高效生物有机肥。(3) 优化成套畜禽粪便资源化利用工艺应用范围：农村环境保护及农业种植。本项目所采用的“翻转式堆肥设备”已获得专利证书；“三阶段接种技术”已取得专利申请书；“双室堆肥设备”已进行装置设计工作，预计 2007 年末申请专利；“多阶段接种技术”、“堆肥回流技术”系课题组在多年相关研究工作基础上提出来的，在项目进行过程可申请自有知识产权。

### 主要技术指标

示范区内农村畜禽粪便资源化利用率>90%。在示范村建立 1 套中小型农村畜禽粪便资源化利用装置，处理量为 2t/天。畜禽粪便资源化周期控制在 10 天。畜禽粪便资源化产品质量超过生物有机肥标准（NY 884-2004）的要求。



北京嘉博文上地资源循环示范站



### 嘉博文昌平有机农业示范园示范站

#### 投资及运行效益分析

投资费用：本项目总投资 220 万元。

#### 用户意见

利用多接种堆肥技术、高效生物有机肥制备技术和翻转式堆肥反应装置，能实现绿色农业生产，保证食品安全；为农村剩余劳动力提供就业机会，增加农民收入，提高整个社会的环境保护意识等。

示范区农村畜禽粪便大部分得到无害化处理，消除土壤、水和空气中致病菌污染，改善村容村貌；生产的多层次、多功能有机肥，可以满足不同生产的需要，提高土壤肥力、改善土壤结构、促进生态农业建设，可以减轻农村水源的面源污染程度。

#### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中华全国供销合作总社天津再生资源研究所

通讯地址：天津市南开区红旗南路 247 号

邮政编码：300191

联系人：苏玉娟

联系电话：022-58693669

E-mail: rrtj2@rrtj.cn

## 典型案例（五）

### 案例名称

畜禽粪便的微生物无害化处理与生态有机肥生产技术及产业化

### 项目概况

本项目实施的成果是有机肥产品，技术基础来源于江苏省科技攻关项目“秸秆高效腐殖化有机生态肥的研发”，通过转化利用“农业废弃物堆肥化三元微生物复合菌剂”的发明成果，实现快速腐化、高效利用和无害化处理农业废弃物的目的，提高有机肥生产效率。

根据项目的实施要求，于2009年6月开始实施，2010年6月投产，随着项目的技术及生产工艺的成熟，在2011年3月达到了设计生产能力，实现年产3.5万吨有机肥料的规模。

### 主要工艺原理

①以GB8172-87检测内容为参考，分析畜禽粪便秸秆等有机废弃物中重金属、抗生素、抗生素抗性菌等指标，建立有机原料企控标准。②改良强化型高效腐熟菌剂，配以优选的高效氮素保全剂、磷素活化剂及其它调理剂，采用新型梯次循环接种温控堆肥工艺，进行畜禽粪便高养分保全的快速发酵的中试研究，获得相关工艺参数。③含活性物有机质生成技术及工艺中试。对有利于增加肥料养分转化及具有植物促生作用的不同微生物菌群进行优选配伍形成益生菌群，与畜禽粪便共发酵，以生成有机质中

多种活性物质的含量为标准，优化工艺。④新型常温阶梯团粒法造粒技术及设备选型。以活性物质的保全效果、成球率、成球强度、成品外观等，确定反应条件温和的新型阶梯团粒法及其工艺参数。⑤多剂型和多元化的商品化全营养有机肥料产品的产业化，实现有机肥料剂型的多样化、肥效的长效化和肥料的专用化。

### 关键技术或设计创新特色

- 在项目实施过程中，以 GB8172-87 检测内容为参考，分析畜禽粪便秸秆等有机废弃物中重金属、抗生素抗性菌等指标，通过试验、记录、分析等，制定了公司内部有机肥产品质量标准。

- 针对不同畜禽粪便（鸡粪、猪粪、牛粪）特点的改良强化型高效腐殖化菌剂及高效物化催腐技术研究试验。

- 针对畜禽粪便和秸秆的基本成分入手，筛选能够高效分解蛋白类和秸秆类的微生物（包括具有脱臭和一定耐热性能的芽孢杆菌、放线菌、真菌）组成秸秆类降解菌群（Int-1）和蛋白类降解菌群（Int-2），通过优选组合将这些降解菌配制成高效腐熟菌剂（Int-3）进行工厂化中试生产有机肥。

### 主要技术指标

发酵腐熟时间由 25 天缩短至 15 天左右；指标达到 GB8172-87 和 GB7959-87 要求；产品通过江苏省产品质量监督检验研究院和淮安市农产品质量检验检测中心检测，各项质量指标均达到国家 NY525-2011《有机肥料》标准，并具有提高土壤水肥涵养能力的功能。现已经申请国家专利：一种有机肥自动化生产线，申请号：

201220077226.8。

## 投资及运行效益分析

本项目总投资 383.46 万元，项目销售收入为 2473.54 万元，利润总额 373.99 万元，税后利润为 343.07 万元。

## 用户意见

通过本项目的实施调动了农民农业生产积极性，提高农业综合生产能力；带动当地经济发展，增加财政收入；改善农村生产生活条件，建设环境优美新农村等。

本项目的投产，还带动相关产业的发展，促进劳动就业，稳定了社会秩序，提高了人民生活水平。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：宿迁沃绿宝有机农业开发有限公司

通讯地址：江苏省宿迁市双庄镇南首

邮政编码：223800

联系人：徐福蕾

联系电话：0527-84562556

E-mail: sqszyjf@163.com

### 3. 秸秆腐解剂

#### 典型案例（一）

##### 案例名称

高分解秸秆、畜禽粪便 HXM 复合微生物原菌种及系列生物有机肥中试与示范

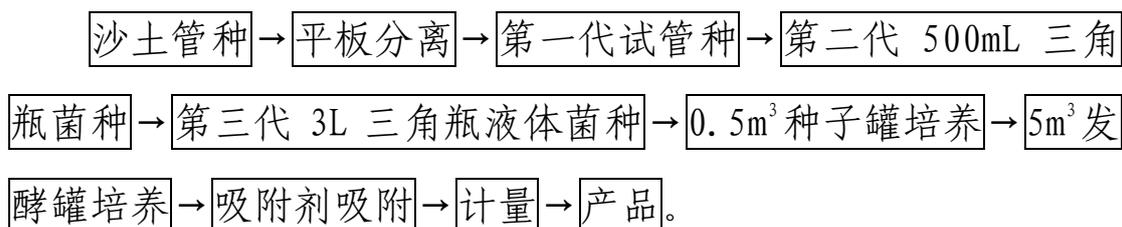
##### 项目概况

项目核心技术针对农作物产生的大量可再生利用的资源，秸秆、畜禽粪便而研发的 HXM 高效复合微生物原菌种，具有自主知识产权专利技术（专利备案号：200510047277.0）。本项目利用高效微生物菌剂中试与转化，为肥料厂家和农户提供处理畜禽粪便、秸秆的高效微生物菌剂，简化农户生产工艺，生产系列生物有机肥。

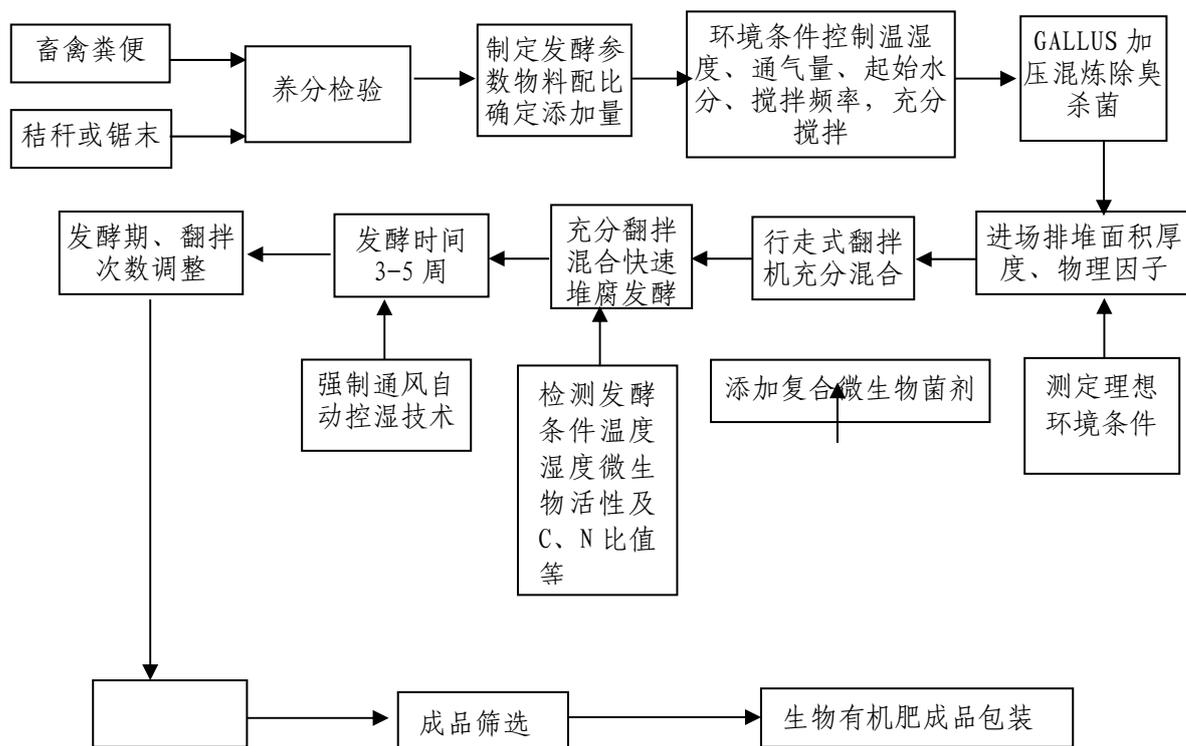
##### 主要工艺原理

利用本企业自主知识产权的技术，生产 HXM 复合微生物菌剂，该菌剂一方面在企业内生产生物肥、生物有机无机复合肥，另一方面为省内外生物有机肥企业提供原菌种（HXM 母种）。生物有机无机复合肥配方主要依据推广的不同作物、不同土壤类型，不同地区设置不同的配方，形成适合各地不同作物的生物肥、生物有机无机复合肥等系列生物肥料。

### (1) HXM 复合微生物菌剂原菌种生产中试转化工艺

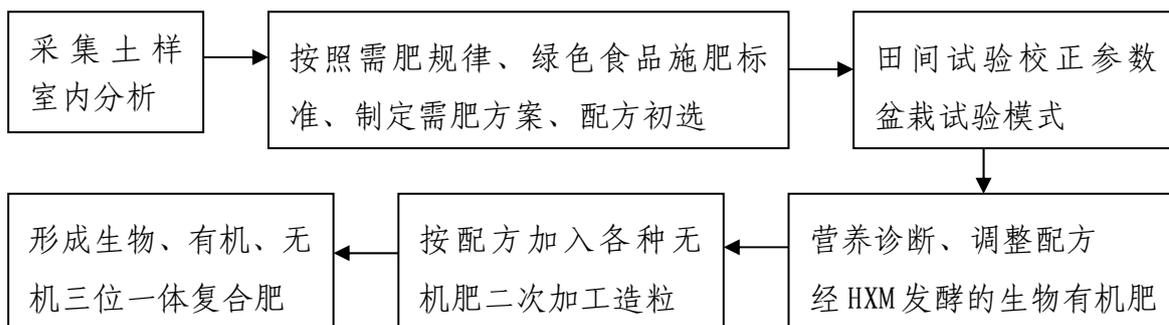


### (2) 生物肥生产中试转化工艺



### (3) 系列有机无机复混肥在主要粮食和经济作物应用关键技术示范

#### 术示范



## 关键技术或设计创新特色

●技术创新：筛选出的 5 种有利分解畜禽粪便的生物菌株，包括酿酒酵母菌株 (*Saccharomyces cerevisiace*)、粉状比赤酵母 (*Pichiafarinose (lindner) hanxen*) 菌株、含枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) (*Bacillus subtilis*)、含腊样芽孢杆菌 (*Bacillus cereus*)、含巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megaterium*)、含植物乳酸杆菌 (*Lactobacillus plantarum*)，从纤维素分解酶活力在  $3.44-6.25\text{mg}(\text{g}\cdot\text{h})^{-1}$ ，蛋白脲纤维素分解酶活力  $1.66-1.82\text{mg}(\text{g}\cdot\text{h})^{-1}$  表现出比 EM 菌株活力分解纤维素活力提高  $1.02-5.98\text{mg}(\text{g}\cdot\text{h})^{-1}$ ，蛋白酶活力提高  $0.09-0.155\text{mg}(\text{ml}\cdot\text{h})^{-1}$ 。

●产品结构创新：本项目产品具有自主知识产权，生产了 HXM 处理畜禽粪便复合微生物菌剂、HXM 秸秆复合微生物菌剂、系列生物肥料，十分符合无公害、绿色农作物生产的市场需求。

●生产工艺创新：经采用强制通风加翻拌初期升温快，10-12d 肥料即达到腐熟，腐熟机理为良好通气条件下，微生物繁殖速率提高 1 倍，释放热量增温迅速，减少了氮损失 20% 和分解速率提高 30-50%，表现有益微生物菌数、NPK 含量和腐熟效果提高一倍。

## 主要技术指标

创新分解畜禽粪便和秸秆的生物菌株，分解纤维素和蛋白酶活力比 EM 菌株活力分别提高  $1.02-5.98\text{mg}(\text{g}\cdot\text{h})^{-1}$ 、 $0.09-0.155\text{mg}(\text{ml}\cdot\text{h})^{-1}$  和  $2.12-7.08\text{mg}(\text{g}\cdot\text{h})^{-1}$ 、 $0.15-0.22\text{mg}(\text{ml}\cdot\text{h})^{-1}$ ；确定

菌群构建发酵条件和工艺；确定生物有机肥物料最佳配方 3 个；创新了强制通风技术参数和工艺，实现 10-12 天即可腐熟，比应用 EM 菌缩短 10 天，减少了氮损失 20%，分解速率、有益菌数、NPK 含量和腐熟提高 1 倍；水稻田使用蟹田生物有机肥，实现双丰收；蔬菜保护地使用秸秆复合微生物菌剂，明显提高地温、温室 CO<sub>2</sub> 浓度，达到增产、提高品质和减低病害的效果。

### 投资及运行效益分析

本项目总投资 157 万元。

### 用户意见

项目按照绿色食品要求指导企业生产的有机复混肥比化肥增产 10%-20%，示范应用面积 12000 亩，可以粮食增产 15%-20%。经济作物增产 20%-30%，经过两年试验、示范、推广，取得了明显的社会效益和经济效益。

通过多种形式的技术宣传，使相当数量的农民对生物有机肥从不认识到认可。尤其是利用生物菌剂进行自制生产生物有机肥的农户，研究人员上门技术指导与服务，使农户不仅生产出质优价廉的生物有机肥，体验到了自家作物应用生物有机肥对土壤理化性状和果实品质的显著的改善效果，社会效益显著。

处理畜禽粪便和秸秆污染率达到 100%，减少秸秆燃烧 20 万 t/年，减少土壤、环境的污染，提高土壤肥力，提高化肥利用率，HXM 微生物肥系列肥料的生产，满足人们对无公害食品、绿色食品，有机食品的需求，具有广泛的社会与生态效益。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：辽宁恒新开发有限公司生物技术司

通讯地址：辽宁省大石桥市钢都区永胜街 21 号

邮政编码：115100

联系人：王勇

联系电话：0417-5847333

E-mail: hengxinshengwu@263.net

## 典型案例（二）

### 案例名称

高效生物秸秆腐熟剂的产业化示范

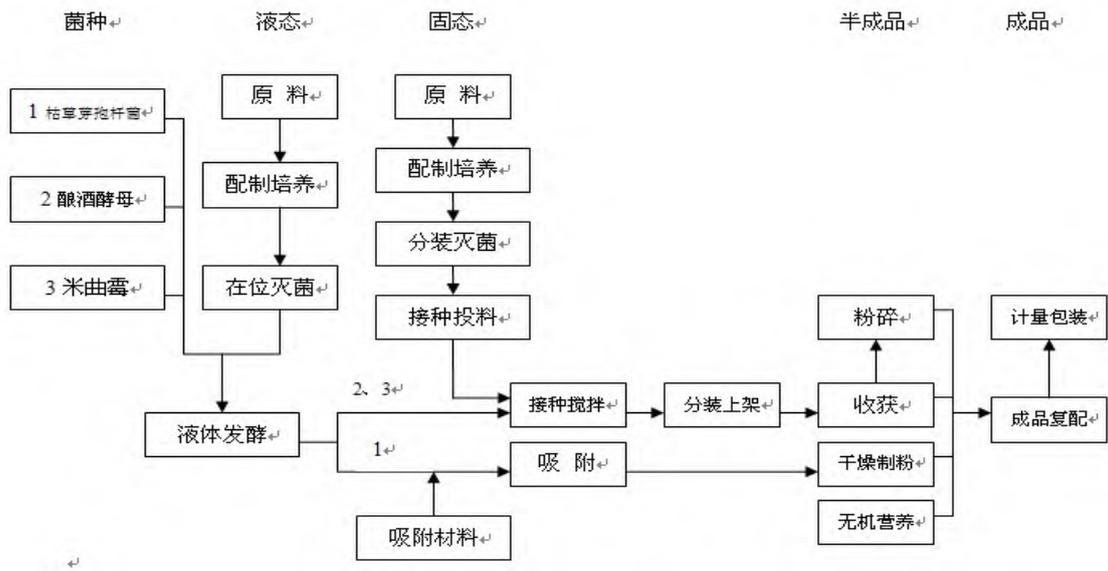
### 项目概况

根据秸秆的生物物质构成，将分离出的枯草芽孢杆菌、米曲霉、酿酒酵母等微生物菌种用于秸秆腐熟剂的生产；制定和完善产品的生产工艺、设备定型、工艺指标及产品质量控制标准，制定产品的使用技术指导方案；完成大田示范试验及推广应用。实现秸秆腐熟剂产业化生产，建设年产 5000 吨规模化的秸秆腐熟剂生产线。

### 主要工艺原理

采用新技术、新工艺、新材料，应用公司发明专利技术，通过液体发酵扩大菌种，然后将菌种发酵液接入固体培养基中进行固体发酵，最后经低温脉冲烘干等工艺过程，提供一种以加速各种农作物秸秆分解、腐熟的高效生物秸秆腐熟剂。

工艺流程为：新菌株筛选→最佳发酵工艺研究→最佳菌剂生产工艺研究→质检工艺和质量标准研究和安全性评价→中试和扩大生产性试验→年产 5000 吨秸秆腐熟剂生产线→示范推广。



## 高效生物秸秆腐熟剂的产业化示范技术路线

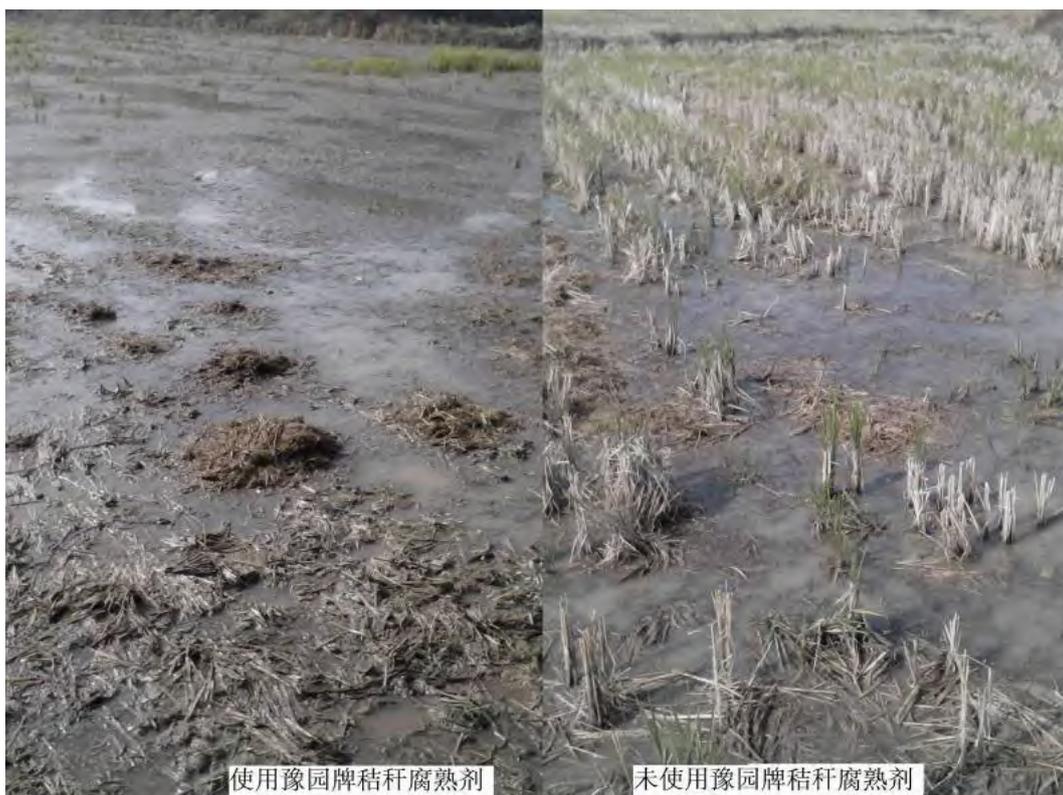
### 关键技术或设计创新特色

#### ● 新材料

枯草芽孢杆菌是一种产半纤维素酶细菌，分泌的半纤维素酶能很好地降解秸秆类农业废弃物，有利于自然界碳素的循环，同时对病虫害有一定的抑制作用；米曲霉是一种产纤维素酶真菌，能降解粗纤维、植酸等植物难吸收的物质；酿酒酵母是一种产半纤维素酶真菌，可为其他生物体提供营养物质，代谢重金属或者降解某些难降解的物质，维持生态环境的稳定。

#### ● 新技术、新工艺

液体高密度深层发酵培养技术。采用独有的发酵配方和参数控制，在发酵过程中，种子罐和发酵罐的搅拌电机转速均由变频器控制，罐内压力、空气流量、温度、pH值、DO值（溶氧值）、消泡等等参数由计算机全程控制，使发酵终了时微生物菌呈芽孢状态，芽孢率达95%以上。



## 主要技术指标

剂型：粉剂；有效活菌数（cfu） $\geq 2.0$  亿/g；纤维素酶活 $\geq 200U/g$ ；蛋白酶活 $\geq 20.00U/g$ ；水分 $\leq 8\%$ ；细度 $\geq 75\%$ ；pH 值 6.0-8.0；保质期 $\geq 12$  个月。

## 投资及运行效益分析

本项目总投资 1205.96 万元。

## 用户意见

产品可快速腐解农作物秸秆等有机物料，去除恶臭、消除有害菌、虫、杂草籽等，并增加下茬作物的抗逆性，促进下茬作物的生长发育，改善作物品质。

提高了农作物秸秆资源的利用率，“变废为宝”，减少秸秆焚烧带来的环境污染，并达到耕地改良、减少化肥使用、提高土壤

有机质及改善农田生态系统的目的。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：湖南豫园生物科技有限公司

通讯地址：湖南省长沙市五一西路2号第一大道909

邮政编码：410005

联系人：范慧芝

联系电话：0731-82191166

E-mail: guo.hualin@yybio.com

## 典型案例（三）

### 案例名称

秸秆快速腐解剂及喷撒设备

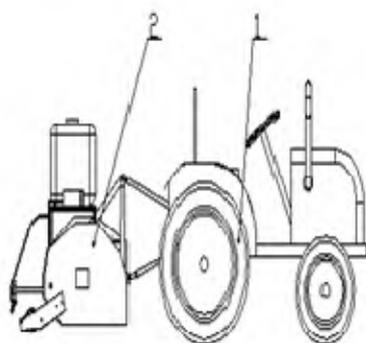
### 项目概况

多年实施保护性耕作以后，尤其是秸秆量较大的北方麦玉两熟区，每年大量的秸秆残留地表，给农业生产带来了一定的不利影响。主要表现在：（1）秸秆腐解较慢，造成免耕播种时机具通过性能差，播种质量难以保证；（2）秸秆覆盖影响了地表接受太阳辐射，致使地温偏低，影响出苗；（3）秸秆中的养分不能及时释放，由于作物秸秆C/N比较大，容易产生微生物与作物争氮的现象，影响作物正常发育。（4）秸秆覆盖使得土壤下层病虫害不能及时发现，杂草不能连根消除，为病虫害的发生发展创造了机会和条件。另外，没有腐解的秸秆对自身或其他作物的生化他感作用也会在不同程度上影响后茬作物的生长，即秸秆的他感效应，基于以上原因，我们进行了快速腐解剂及喷撒设备的研制。喷洒秸秆腐解剂保证了其与秸秆充分接触，又维持了微生物活动适宜的养分和通气条件，达到腐熟剂的最佳促腐效果。发明了“一种秸秆还田夏玉米秸秆的快速腐熟方法”，其配套机具也申报了“一种秸秆腐解剂的喷洒方法及设备”国家发明专利。

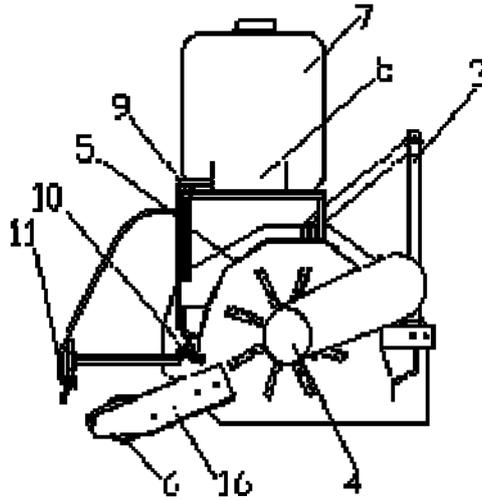
### 主要工艺原理

它针对冬小麦-夏玉米轮作区域的夏玉米在收获后所得秸秆，并按照如下步骤进行：a. 秸秆粉碎：新鲜玉米秸秆在田间

直接被机械粉碎，粉碎后的碎片段长3-5cm，宽0.5-2cm，边粉碎边全量就地直接撒铺在田间地表，并撒铺均匀；b. 撒施物料：将腐熟剂、助剂按比例配制搅拌均匀，撒施在玉米秸秆上，每亩地撒施物料重量为：所述腐熟剂2-2.5kg、所述助剂为生物钾磷肥、保水剂和尿素，各助剂用量为：生物钾磷肥3-5kg，保水剂0.5-1kg，尿素6-8kg；c. 土地翻耕：将施过腐熟剂和助剂的秸秆进行翻耕或旋耕，使秸秆、腐熟剂、助剂与土壤充分混合并被土壤覆盖，耕翻深度在15-20cm；所述腐熟剂为市售产品，含芽孢杆菌，真菌，放线菌和酵母菌，总有效菌活数大于1亿/克，水分小于20%；所述生物钾磷肥的含钾细菌1.5-2.0亿、有机磷细菌总数为1.0-1.5亿；保水剂的主要成分为聚丙烯酸盐和聚丙烯酰胺；尿素的主要成分为氮素；所述撒施物料中加入肥料，所述肥料为过磷酸钙、硫酸钾肥和尿素，每亩地用量分别为，过磷酸钙35-50kg，硫酸钾肥10-12kg，尿素6-7kg。



1、拖拉机，2、秸秆粉碎机3、牵引架，4、刀轴，5、机壳，6、地轮，7、储液箱，8、水泵组合，9、固定支架，10、一次喷头，11、二次喷头，16、悬臂



配套机具结构图

### 关键技术或设计创新特色

- 在田间将玉米秸秆直接机械粉碎，并就地还田，解决了玉米秸秆收集、运输和存放困难；

- 采用夏玉米秸秆快速腐熟技术，缩短秸秆腐熟时间，提高秸秆腐熟效率，实现归还土壤养分、改良土壤；下茬冬小麦出苗整齐，出苗率和抗冻灾能力显著提高，为提高冬小麦产量创造了条件；

- 易于田间农事操作，省工省力，农民乐意接受。本发明可实现夏玉米秸秆全量还田利用，避免了因焚烧玉米秸秆造成的大气污染，具有良好的环境效益、经济效益和社会效益。

- 机具一次作业完成秸秆粉碎及腐解剂分层撒施，与秸秆混合均匀



作业图

### 主要技术指标

一般情况，秸秆还田并撒施物料翻耕7天后，玉米秸秆的颜色变成墨绿色或深黑色，质地变软，脆性消失，韧性减弱；腐熟4周时，秸秆外观进一步变黑变软，用力挤压即可粉碎。用烘干法测定秸秆腐熟率，4周时以本发明方法处理的秸秆腐熟率平均为27.6%，与不使用任何腐熟剂处理的对照相比，腐熟率平均提高近20个百分点，与单使腐熟剂相比，腐熟率平均提高11个百分点。8周时以本发明方法腐熟处理的秸秆腐熟率平均为37.1%，与单独使用腐熟剂的处理相比，玉米秸秆腐熟率平均提高8个百分点。到冬小麦收获后的第36周，以本发明方法腐熟处理的秸秆腐熟率平均为87.1%，与单独使用腐熟剂或不使用任何腐熟剂的对照相比，玉米秸秆腐熟率提高近3个百分点，大约一年（53周）以后，以本发明方法腐熟处理的玉米秸秆已经完全腐熟，残留率比单施腐熟剂的处理平均低0.7个百分点。上述数据说明本发明方法处理的秸秆腐熟能快速启动，前期的效果更为明显。

本发明的另一个效果是缓解秸秆还田对下季冬小麦出苗的影响。经2年的试验表明，采用本发明方法与还田秸秆不施用腐熟剂的对照，每亩出苗率提高10%左右，且出苗整齐，有效分蘖数平均提高13.7%，消除了夏玉米秸秆还田后普遍出现的缺苗断垄现象，2009年冬季，华北地区遭遇特大冻灾，越冬小麦普遍因幼苗遭受冻害而减产。本试验区不同处理的冬小麦幼苗抗冻灾情况显著不同，本发明方法处理的小麦幼苗冻死率比无腐熟剂对照减少40.8%，比单独使用腐熟剂的处理减少12%。

### 投资及运行效益分析

机械投资费用6000元/台。

使用年限 10 年计算，运行费用 600 元/年，每年作业面积 300 亩计算，运行费用为 20 元/亩·年。

### 用户意见

使用腐解剂加速了秸秆的腐烂，机具作业良好，喷洒均匀。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心

通讯地址：石家庄市槐中路 286 号

邮政编码：050021

联系人：陈素英

联系电话：0311-85871757

E-mail: csy@sjziam.ac.cn

## 4. 秸秆还田工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

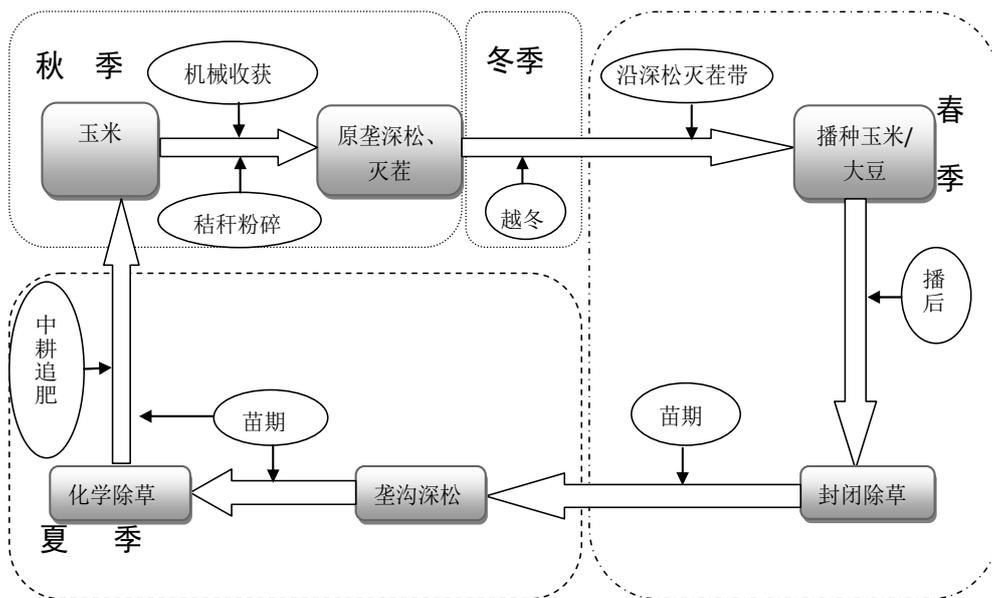
寒地玉米秸秆机械化还田少耕技术

#### 项目概况

本项目于 2007-2009 年针对寒地玉米生产特点开展集成研究，研制配套了关键农机具，组装集成了寒地玉米秸秆机械化还田少耕技术。于 2010 年进行了示范。

#### 主要工艺原理

东北寒地包括黑龙江省、吉林、辽宁和内蒙古东部地区，旱田作物以玉米、大豆为主，采用垄作耕法；气温低、无霜期短，春天风大、干旱是该区域的气候特点。秸秆覆盖还田量越大，保水、保肥、培肥地力效果越好，其不足是春季地温回升慢，影响玉米、大豆提早播种和苗期生长。利用该区域垄作特点，将秸秆粉碎的细一些，春季秸秆绝大部分留在垄沟中，对垄顶（作物播种带）的土壤温度影响较小的原理，构建玉米秸秆还田技术模式。工艺流程如下：玉米秋季机械收获、秸秆粉碎抛撒→沿原垄深松、灭茬→沿深松灭茬带播种玉米或大豆→播后化学封闭除草→苗期垄沟深松→苗期化学除草→中耕追肥→秋季机械收获、并粉碎秸秆。



玉米秸秆还田工艺原理图

### 关键技术或设计创新特色

- 采用秸秆粉碎覆盖还田方式，保墒抗旱、抗水土流失和培肥土壤效果明显。
- 通过秋季深松垄体、苗期深松垄沟，有效地加深了耕层深度。
- 实现了秸秆还田与少耕技术的结合，节本增效明显。



玉米秸秆还田现场图

## 主要技术指标

本项目可以实现玉米秸秆全量还田，在偏早年份增产幅度在10%以上，在平水年份产量略高于或与传统耕作方式产量持平。

## 投资及运行效益分析

建立耕地面1000亩规模的家庭农场，农机具投资85.00万元。

机械收获作业费60元/亩、秸秆粉碎作业费20元/亩、垄体灭茬深松作业费20元/亩、中耕深松作业费30元/亩、播种作业费10元/亩，合计作业费140元/亩。

## 用户意见

本项目在黑龙江省多地开展大面积示范至今，在玉米秸秆全量还田条件下，偏早年份增产明显，平水年份产量与传统耕作方式持平。节本明显，每亩节本在10-20元，效果明显。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：东北农业大学农学院

通讯地址：哈尔滨市香坊区公滨路木材街59号

邮政编码：150030

联系人：龚振平

联系电话：045155190134；13936495248

E-mail: gzpyx2004@163.com

## 典型案例（二）

### 案例名称

江淮地区“稻油”轮作作物秸秆粉碎还田循环利用农机农艺配套技术

### 项目概况

以农田作物秸秆资源化循环利用为目标，以结合机收的秸秆粉碎抛撒机具研（改）制为“接口技术”，以农田环境承载和保护、温室气体减排等为重点，集成农机节能降耗、农机农艺配套栽培技术，形成技术标准，创新“产+学+研+政+X（经营主体：如公司、合作社、家庭农场、承包大户等）”机制，在合肥、滁州、马鞍山、六安、安庆等地建立了8个“稻油轮作秸秆还田农田循环”示范基地，推广应用。

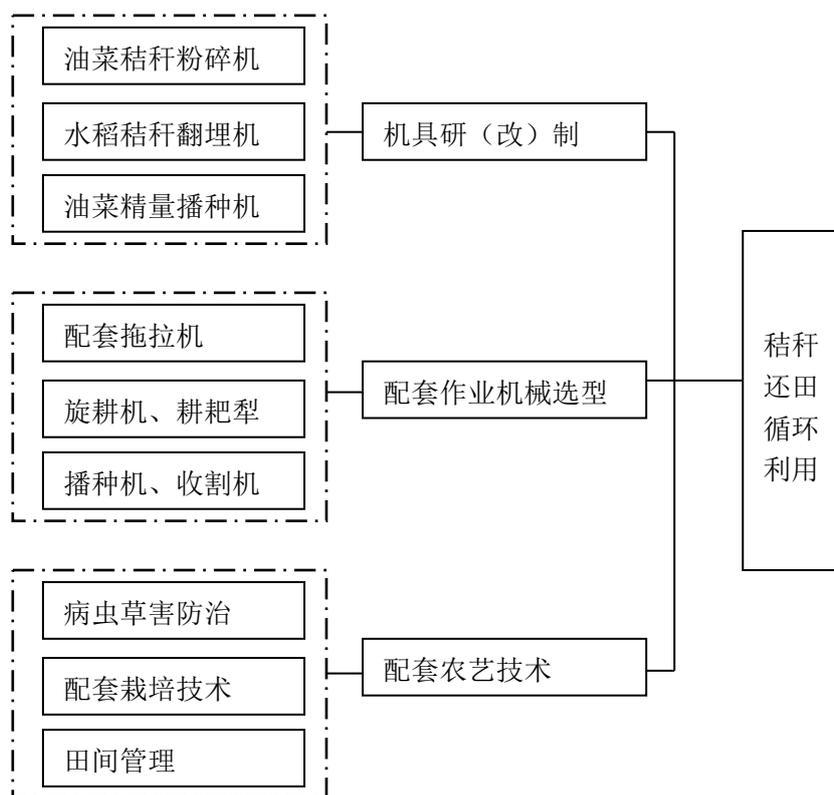
### 主要工艺原理

本项目采用机械化秸秆还田循环利用技术，主要工艺原理如下：通过秸秆粉碎机，秸秆还田机，油菜精量播种机等农机具的研（改）制，解决秸秆还田农机接口技术问题。通过适宜机播机收的作业机械选配，结合配套农艺栽培技术，形成还田效果好，节能降耗显著的秸秆还田循环利用作业模式。

### 关键技术或设计创新特色

- 油菜秸秆还田条件下，采用联合收割机加装同轴异速抛撒装置，解决了油菜秸秆木质化程度高，难粉碎，抛撒不均匀的问题。

●水稻秸秆还田条件下，采用圆盘式播种器并加装播种质量监测系统，保证油菜播种质量。研制的水稻秸秆旋耕翻埋机解决了水稻秸秆还田的问题。同时结合土壤墒情选择适宜播种方式以及适配机具选型，达到一播全苗的效果。



秸秆机械还田循环利用工艺原理图



油菜秸秆抛撒还田



反转旋耕机作业

## 主要技术指标

农田秸秆还田 80%以上、综合利用 15%以上，亩节本增收 100 元；节能降耗达 15% 以上；温室气体减排达 30%以上。

## 投资及运行效益分析

以 1 万亩耕种面积计，“稻-油”轮作机具配置投资 696.5 需万元。以 1 万亩计，农机周年运行费用“稻-油”轮作 498 万元，农资（种子农药化肥等）560 万元，周年收益 2205 万元，水稻、油菜节能降耗节本增效 80 万元，农业补贴 100 万元，实际净效益 1327 万元。

## 用户意见

本成果较好地解决了作物机收及秸秆还田处理难，农民直接焚烧破坏生态、污染环境的难题；通过机收、机耕、机插等农机作业，既缓解劳动力季节性不足，又提高了劳动效率和经济效益，减少接、让茬，耕作等中间环节占用生产季节的问题，提高了周年光能利用率和产量。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：安徽省农科院农产品加工研究所

通讯地址：合肥市农科南路 40 号

邮政编码：230031

联系人：朱鸿杰

联系电话：0551-65160822

E-mail: zhj2000185@163.com

## 典型案例（三）

### 案例名称

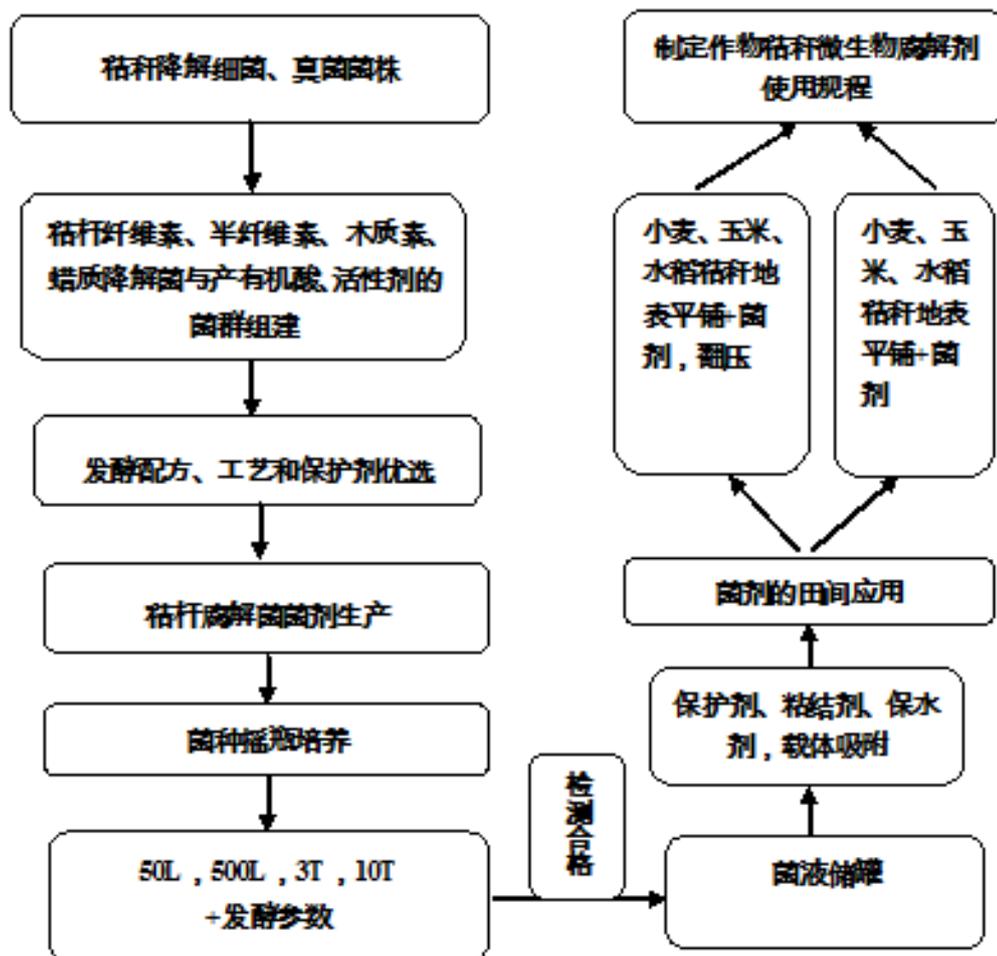
作物秸秆田间原位微生物腐解还田技术

### 项目概况

项目于 2006 年立项，2010 年底通过验收。通过本项目的研究，建立了北方干旱、常温和低温条件下秸秆原位微生物快速腐解还田技术。为高效利用作物秸秆腐解（降解）微生物制剂，加速我国北方秸秆田间原位腐解还田，提供了微生物为核心的技术支撑。

### 主要工艺原理

本项目主要采用微生物快速腐解秸秆-田间原位还田技术。工艺原理如下：以选育的高效降解秸秆纤维素、木质素、半纤维素的真菌和细菌（包括常温菌和低温菌）为出发菌，选择没有拮抗作用的菌株，组建高效降解作物秸秆的复合菌群；在优化发酵培养基、保护剂和发酵工艺的基础上，复合发酵生产秸秆降解菌，以灭菌的载体吸附菌液，形成固体菌剂，或者喷雾干燥形成菌粉，或者以液体菌剂的形式直接使用；秸秆降解菌剂与适量保水剂混合为佳，小麦、玉米秸秆平铺地表，调节秸秆的碳氮比例，菌剂使用方式采用菌液喷施，亦可粉剂撒施，每亩使用菌剂 2.5-5 公斤；尚可用于秸秆翻压还田，菌剂喷施或撒施于秸秆表面，然后翻压还田，效果更好。



### 关键技术或设计创新特色

秸秆中的木质素、纤维素、半纤维素的快速微生物变性软化，表层蜡质快速脱除，依靠低温型和中温型的微生物作用打破秸秆物理结构；利用高效菌群的配合作用，增强秸秆的腐解速度和效果；调控秸秆碳氮比、利用产酸菌加速木质素、纤维素的变性腐解；及时清除秸秆产生的化感物质，保证菌群正常发挥作用。解决了北方常温、低温、干旱条件下，尤其是北方小麦、玉米秸秆田间原位生物转化还田技术。



## 主要技术指标

(1) 秸秆腐解菌剂的微生物含量 10 亿个/g，小麦秸秆使用菌剂 3 周时，秸秆木质素含量比不使用菌剂对照降低了 66.6% 以上；秸秆纤维素、半纤维素比对照分别降低了 23.03% 和 44.17%。

(2) 水稻秸秆地表覆盖使用微生物菌剂 3 周时，秸秆的纤维素比对照降低 13.4%，半纤维素比对照降低 42.5%；木质素比对照降低 49.7%。(3) 玉米秸秆使用菌剂 4 周，使用菌剂的秸秆纤维素、木质素、半纤维素含量比对照分别降低 23.6%、67.5% 和 21.9%。(4) 秸秆降解菌剂与保水剂的配合使用，有利于菌剂中微生物的存活与发挥腐解秸秆的作用。

## 投资及运行效益分析

投入一个一般规模的作物秸秆降解菌制剂生产企业，投资费用 500 万元，包括设备费、厂房建设费和租地费。

运行费用包括水、电、气、原材料、人工、管理、设备折旧费约 1200 万元。每年生产菌液 3000 吨，载体吸附后达到 4500 吨，每吨 6000 元计算，产值 2700 万元。

## 用户意见

农业秸秆原位生物转化还田可以提高处理与利用率，降低秸秆处理费用；增加秸秆资源中的养分利用，使我国农田从秸秆中获得 1000 万吨的氮磷钾养分，可以节约化肥投入 100 亿元人民币；节约能源。能够减少秸秆机械粉碎还田的燃料的消耗，以每亩打碎 60 元计算，1 亿亩秸秆使用该技术，可以节省 60 亿元；节约环境污染治理费用，减少化肥面源污染；节约设备投入。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

通讯地址：北京市海淀区中关村南大街 12 号

邮政编码：100081

联系人：范丙全

联系电话：010-82106212、18610562251

E-mail: bqfan@caas.ac.cn

## 5. 蚓粪工程

### 案例名称

5000 头适度规模养牛场废弃物农牧循环利用配套技术

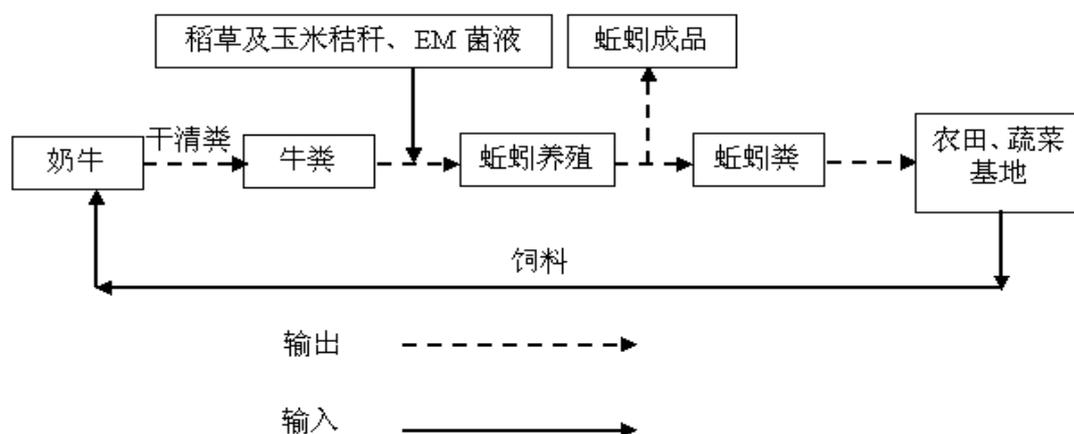
### 项目概况

合肥桂和养牛场牛粪养殖蚯蚓项目于 2013 年开始，以牛粪为基质养殖蚯蚓，实现每年向环境排放的粪污减少约 8000 吨，生产的蚯蚓销往江苏、浙江、东北等地，蚓粪用于周边的农田和蔬菜基地，促进农田的增产增收，提高经济效益。

### 主要工艺原理

主要工艺原理如下：采用干清粪工艺收集牛粪，牛粪经过灭蝇蛆、除菌、消毒后，与稻草及玉米秸秆、EM 菌液组成混合物养殖蚯蚓，每月补充基质 2 次，补料前先翻床，勤翻，应始终保持养殖基质新鲜透气。蚯蚓进入后，通过体内新陈代谢作用将牛粪转化为蚯蚓粪，

蚯蚓粪作为优质有机肥进入农田、蔬菜基地，农田、蔬菜基地产生的作物秸秆作为饲料供奶牛食用。



工艺流程图

## 关键技术或设计创新特色

### ●关键技术

养殖环境适宜，温度控制在 20℃-25℃，湿度控制在 60%-70%，pH 控制在 6-8 之间。选择繁殖倍数高、生长能力强、适合人工养殖的“大平 2 号”的赤子爱胜蚓。根据“大平 2 号”蚯蚓的产茧量和孵化率确定，种蚓的最佳接种密度控制在每平方米 1 万左右。

### ●创新特色

养殖基质采用科学配比，由鲜牛粪、稻草秸秆、玉米秸秆以 6: 2: 2 的比例组成牛粪混合物，其中加入尿素使牛粪混合物中碳元素和氮元素的质量比为 20: 1-25: 1，然后按照牛粪混合物 500: EM 菌液 1: 红糖 1: 水 25（以牛粪湿度增减水量）的比例混合发酵而成，解决了传统蚯蚓养殖中粪料发酵时间长、异味大的问题，提高蚯蚓生长，生产的蚯蚓个大，营养丰富。



现场案例图

## 主要技术指标

牛粪经过灭蝇蛆、除菌、消毒应符合《粪便无害化卫生标准》（GB7959-1987）要求，采收后的蚯蚓应经当地动物卫生监督机

构检疫合格方可出售，蚯蚓粪应符合《有机肥料标准》（NY525-2002）的要求。

### 投资及运行效益分析

本项目建成总投资 750 万元。

根据 2014 年 1 月至 2014 年 12 月的实际运行情况看，饲料、EM 菌液、蚯蚓等原料费用以及管理等费用约为 150 万元/年，生产的蚯蚓销售额约为 360 万元，每年生产有机肥产生经济效益约为 500 万元。

因此本项目运行净经济效益约达到 710 万元。

### 用户意见

项目运行至今，各技术指标都达到要求，现无环境污染事故发生，每年向环境排放粪污减少约 8000 吨，生产的蚯蚓及蚯蚓粪品质优良。有效遏制了畜禽粪污乱排放而造成的生态环境破坏。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：安徽省农科院农产品加工研究所

通讯地址：安徽省合肥市庐阳区农科南路 40 号

邮政编码：230001

联系人：何成芳

联系电话：0551-65160822

E-mail: 897771845@qq.com

## 四、 能源化工程

### 1. 畜禽粪便 MW 级热电联产工程

#### 典型案例（一）

##### 案例名称

鸡粪热电气肥联供工程

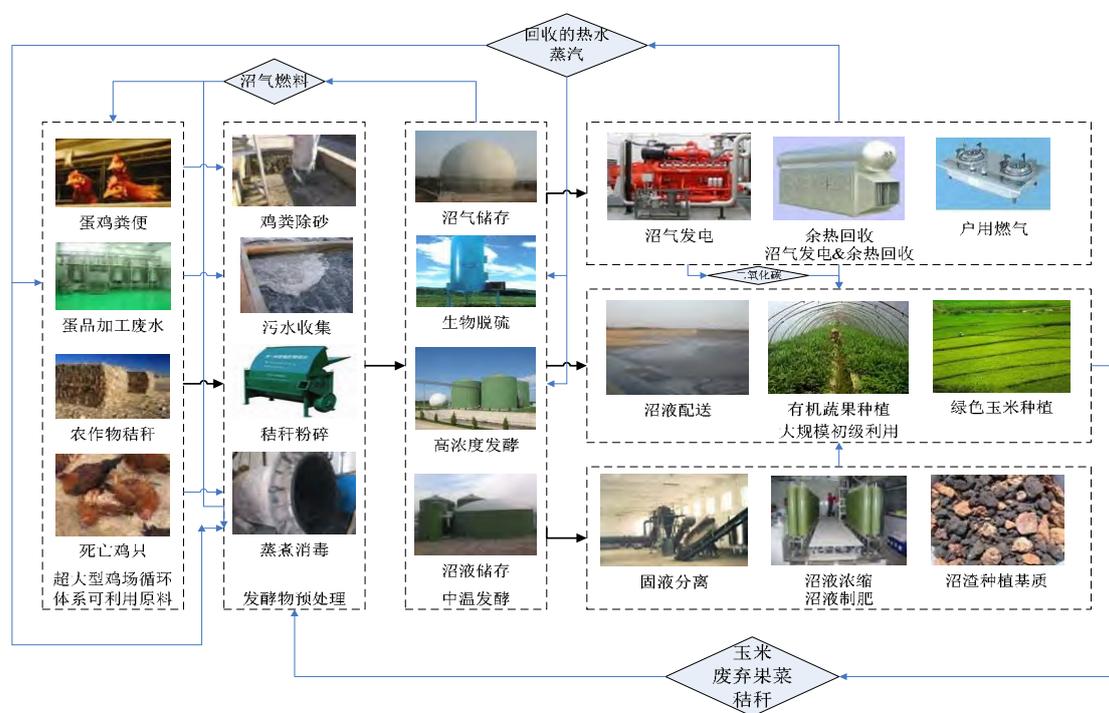
##### 项目概况

2007 年，德青源投资 6500 万元建设了以纯鸡粪为原料的沼气并网热电气联供工程，每年向国家电网供电 1400 万度，回收相当于标煤 4500 吨的余热，此外还为当地 500 农户提供生活用燃料 73 万 m<sup>3</sup>。

##### 主要工艺原理

德青源 300 万只蛋鸡每天会产生 212 吨鸡粪，在鸡蛋加工过程中每天还会产生 300 吨生产废水和 100 吨生活污水，这些废弃物如果不能得以有效利用会造成巨大的污染。针对这一情况，德青源开发了一条循环农业模式，即鸡舍内的粪便通过自动清粪带，每天都输送至沉砂池中，加入生产、生活废水后进行除沙预，调节浓度至 10% 进入发酵罐中，中温 37℃ 两级发酵 21 天，产生的沼气经生物脱硫后，一小部分沼气为附近水峪新村农户作为生活燃料，主要通过发电机组进行热电联供，年发电 1400 万 kwh，全部并网供电，热电效率为 40%。发电机排出的烟气，约 400-550℃，进入余热锅炉提取热量转化为热水（90℃）并储存，提热后的烟气，温度约 200℃，被引入有机肥车间，用于干燥沼

渣有机肥。发酵剩余的沼液则通过德青源和张山营镇政府建设的储池、管线供应给当地农户，帮助当地建设有机水果基地和绿色玉米基地，农户种植出来的玉米则通过订单回购，作为蛋鸡养殖原料，从而实现了集“生态养殖-食品加工-清洁能源-有机肥料-订单农业”于一体的循环经济产业模式，每年增加收入约1300万元，带动农民增收1亿元以上，产生了良好的经济、社会和环境效益。



## 关键技术或设计创新特色

全自动粪便收集系统，实现粪便自动收集、地下运输，有效降低粪便运输过程对环境的污染，高浓度发酵、热电气肥联产、余热回收，满足发酵罐保温、供暖等需求、热烟气用于沼渣干燥生产有机肥，最大限度利用了沼气热能。



### 主要技术指标

进料浓度：10-12%；日进料量 636 吨；年产气量 700 万 m<sup>3</sup>；年发电量 1400 万 kwh；发酵罐容积 3000m<sup>3</sup> × 4；储气柜容积 2150m<sup>3</sup>；发电装机 1063kw × 2

### 投资及运行效益分析

总投资：6500 万元，其中沼气发酵系统 3000 万元，发电机 1500 万元、厂房设施 1000 万元、变压系统 500 万元、供电线路改造 500 万元；

总运行成本 1394.9 万元，其中：燃料动力每年约 378 万元；折旧费用按 15 年摊销，残值率 25%计算，300 万元/年；维修费用折旧费 50%，150 万元/年；工资福利 12 人，5 万元/年，需 60 万元；税收，只计算增值税，按收入的 17%计算为 138 万元；原料费用，鸡粪如果直接销售，可以卖到 50 元/t，每年鸡粪总消耗量为 77380 吨，价值 368.9 万元。

## 用户意见

项目在实现废弃物无害化、减量化的同时，生产了可再生能源，实现了废弃物的梯级循环利用，具有良好的环境经济效益。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：北京合力清源科技有限公司

通讯地址：北京市延庆县八达岭经济开发区康西路 1108 号

邮政编码：102101

联系人：李伟

联系电话：010-61040962

E-mail: liwei@dqy.com.cn

## 典型案例（二）

### 案例名称

山东民和牧业 3MW 生物燃气发电工程

### 项目概况

山东民和牧业股份有限公司成立于 1997 年，是亚洲最大的父母代肉种鸡生产企业，已形成以父母代肉种鸡饲养和商品代肉鸡苗生产为核心，肉鸡养殖、屠宰加工与生物科技相结合的较为完善的产业链。目前公司下设种鸡场、孵化厂、饲料厂、商品鸡基地、食品公司、进出口公司、生物科技公司等 37 个生产单位，年可孵化肉鸡苗 1.7 亿只、饲料 40 万吨、鸡肉食品 6 万吨。

山东民和牧业 3MW 热电联产生物燃气发电工程由杭州能源环境工程有限公司设计建设，工程于 2008 年 11 月建成，2009 年 2 月发电上网，日产沼气 32,000m<sup>3</sup>/d，日发电量 65,000kW·h/d，并入电网，每年可获得卖电收益 1,400 万元。发电机组产生的余热用于冬季厌氧罐的增温，保证 38℃ 中温发酵。发酵液用于周边著名的烟台苹果和张裕葡萄的种植基地，既减少了化肥的使用量，又实现了资源的循环利用和污染物的零排放，沼肥收入 700 万元/年。本项目实现温室气体减排 70,000 吨二氧化碳当量/年，CDM 碳交易收入近 700 万元/年，是国内首个在联合国注册完成 CDM 交易成功的农业领域沼气项目。

### 主要工艺原理

工程以山东民和牧业股份有限公司 23 个养鸡场产生的鸡粪



## ●高含砂鸡粪水解除砂技术

鸡粪中含有大量的砂砾，如不在预处理阶段予以去除，会对进料泵和搅拌机等设备造成严重磨损，而且会在厌氧罐中沉积，严重影响系统的效率和稳定运行。鸡粪中的砂与消化道液粘结在一起，依靠传统物理沉淀方法难以实现粪砂分离。

本项目采用水解除砂技术来实现砂的去除。在预处理阶段设置水解除砂池，采用水解工艺实现粪砂分离。采用螺旋除砂机械将水解池底部沉砂排出池外，可将原料中90%以上的砂予以去除，避免了砂对设备管道的磨损和在厌氧罐内的沉积，保证了系统的高效稳定运行。

## ●高氨氮高效厌氧发酵工艺和关键装置

纯鸡粪高浓度厌氧发酵由于其高的氨氮浓度而成为世界性难题，目前国际上通用的做法是将牛粪等其它有机废弃物与鸡粪混合发酵。本项目针对畜禽粪便等高氨氮物料，研发耐高氨氮菌种培养技术及厌氧发酵工艺，将厌氧发酵氨氮耐受浓度从常规的3,000mg/L提升至6,000mg/L以上，为高浓度纯鸡粪厌氧发酵创造了条件。



## 主要技术指标

工程日处理量为 500 吨鸡粪和 500 吨污水，沼气产量为 32000m<sup>3</sup>/d，发电量为 65000kW·h/d，减排温室气体达 70000tCO<sub>2</sub>/年。

## 投资及运行效益分析

3MW 粪污沼气发电并网项目总投资 7500 万元。

年运行成本 1320 万元。收入 2273 万元(售电 1423 万元，CDM700 万元，沼液 150 万元)。可新增就业岗位 10000 多个。项目生产的原沼液及沼液浓缩有机叶面肥减少化肥、农药使用量，有效带动 20000 多有机种植户增产增收。

## 用户意见

项目将 23 个养鸡场的鸡粪统一收集，经过厌氧发酵处理后，将农业有机废弃物转化为生物燃气，既解决了养殖带来的污染，又生产清洁电能。发酵后的沼液可作为有机肥适量施用，有利于作物增产，还可获得绿色无公害农产品，提高农产品质量。同时，项目每年可减排温室气体 7 万吨 CO<sub>2</sub> 当量，取得显著的环境效益。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：山东民和生物科技有限公司

通讯地址：山东省蓬莱市南关路 2-3 号

邮政编码：265603

联系人：董泰丽

联系电话：0535-5965333

E-mail: dongtaili@126.com

## 2. 车用生物燃气工程

### 案例名称

沼气膜净化生产生物天然气成套技术及装备

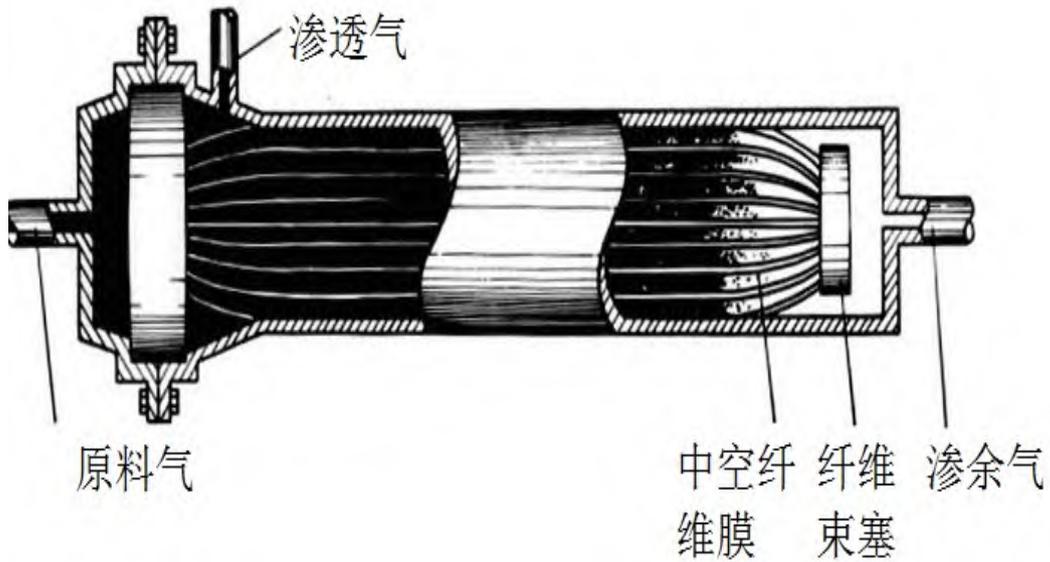
### 项目概况

本项目按照国家相关标准，委托中石化南京工程公司专业设计，采用三级中空纤维膜净化提纯沼气制 CNG 工艺技术，原料处理能力为  $150\text{Nm}^3/\text{h}$ ，系统设计压力为  $2.5\text{MPaG}$ ，生产时间为  $8000\text{h/a}$ ，装载范围  $60\%-110\%$ ，产品纯度  $\text{CH}_4+\text{N}_2>99\%(\text{v/v})$ ， $(\text{CH}_4-94\%\text{v/v})$ ，产率  $\text{CH}_4>99\%$ ；于 2013 年底已完成 2000 小时的中试试验运行。基于原厂地处理工艺进行升级改造，保留原脱硫单元装置，对净化提纯脱碳单元工艺进行升级，以满足现场实际生产工况需求。

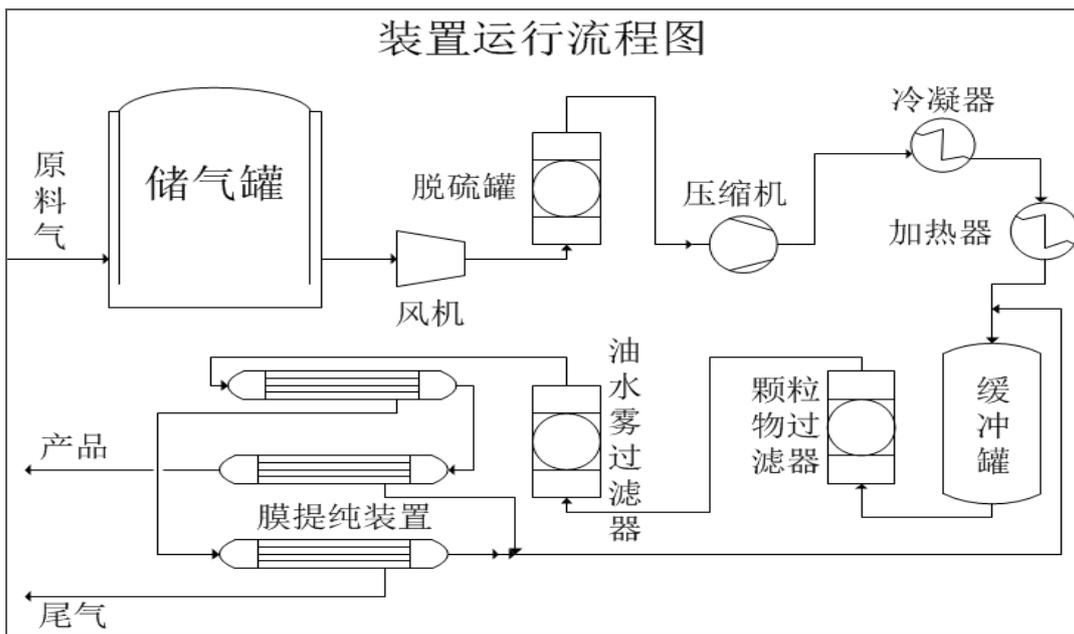
### 主要工艺原理

本项目采用聚酰亚胺中空纤维膜沼气净化提纯工艺技术，结合其它预处理工艺脱硫、油、水及颗粒物等，主要工艺原理如下：由有机废弃物厌氧发酵所产出的沼气，经由储气柜储存缓冲，通入脱硫装置经活性炭吸附除去  $\text{H}_2\text{S}$  等硫化物，经压缩机、冷凝器及加热器调节温度，达到  $20\text{bar}$ ， $30^\circ\text{C}$ ，之后依次经颗粒物、油水雾过滤器精过滤，最终进入到膜分离装置中，在膜分离过程中，通过渗透作用，使沼气中的甲烷与二氧化碳实现分离，甲烷由渗余侧产出，二氧化碳由渗透侧排出，渗透作用的推动力为膜两侧不同的气体分压，沼气中不同成分气体在膜中渗透能力大小则不

同，因此可实现不同组分的分离。沼气经两级膜提纯净化产出产品，以保证较高的产品气甲烷纯度，一级渗透气经第三级净化后与二级渗透气合并回流，回流气重新进入缓冲罐中，以达到较高的甲烷回收率。二级渗余产品气（高纯度  $\text{CH}_4$ ）通入运输管道，三级渗透尾气（高纯度  $\text{CO}_2$ ）通入储存装置保存。



膜处理原理



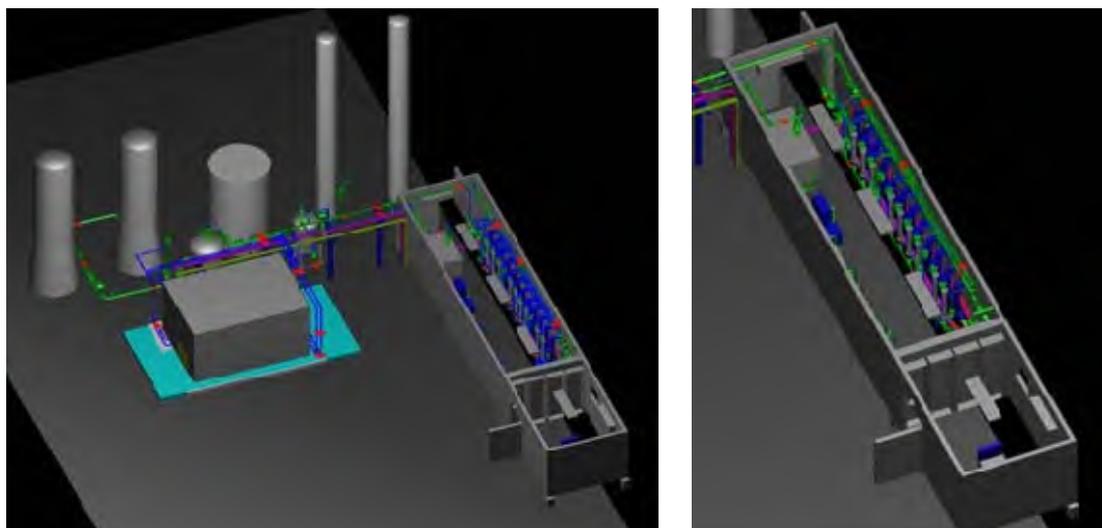
膜处理工艺流程

## 关键技术或设计创新特色

- 采用较为先进的聚酰亚胺中空纤维膜处理工艺，运行效率高，尤其对于甲烷含量较低的沼气净化处理更具优势，能耗低，无二次污染；
- 采用自主设计的预处理流程，无化学试剂污染，杂质净化效果好，能够保证膜组件运行寿命；
- 装置采用一体化模块设计，结构紧凑，占地面积小，方便运输，可适用于各种处理环境。



沼气膜净化生产生物天然气成套技术及装备现场图



沼气膜净化生产生物天然气成套技术及装备三维建模图

## 主要技术指标

本项目产出产品生物天然气甲烷含量，产品气杂质含量满足国内天然气管网入网标准，《天然气输送管道运行管理规范》（GB/T 11062）要求，产品气压力 2.0MPa 符合《规范》中中压管道（1.6MPa-10MPa）入网要求。

---

### 技术指标

---

硫化氢含量	≤ 10ppm
氧含量	≤ 0.5%
氨含量	≤ 10ppm
粉尘颗粒物含量	≤ 0.01mg/m <sup>3</sup>
产品气甲烷含量	≥ 97%

---

## 投资及运行效益分析

本项目总投资约 300 万元；单位沼气提纯成本约 0.91 元/m<sup>3</sup>。

## 用户意见

项目按设计要求，建成了膜提纯沼气工业示范装置；此前，在山东烟台进行了中试侧线可行性试验；开发出了“高选择性中空纤维膜提纯沼气制生物燃气”的工艺包；在生物天然气规模化膜提纯、沼气高压膜分离两大关键工艺技术方面达到同类工艺国际先进水平，各生产、能耗指标达到或优于设计要求；该项目带来了显著的经济环境效益，是值得推广应用的示范工程。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国石油大学（北京）

通讯地址：北京市昌平区府学路 18 号

邮政编码：102249

联系人：张松林

联系电话：13581700966、010-80734008

E-mail: zsl-kjycup@163.com

### 3. 农业废弃物厌氧干发酵工程

#### 案例名称

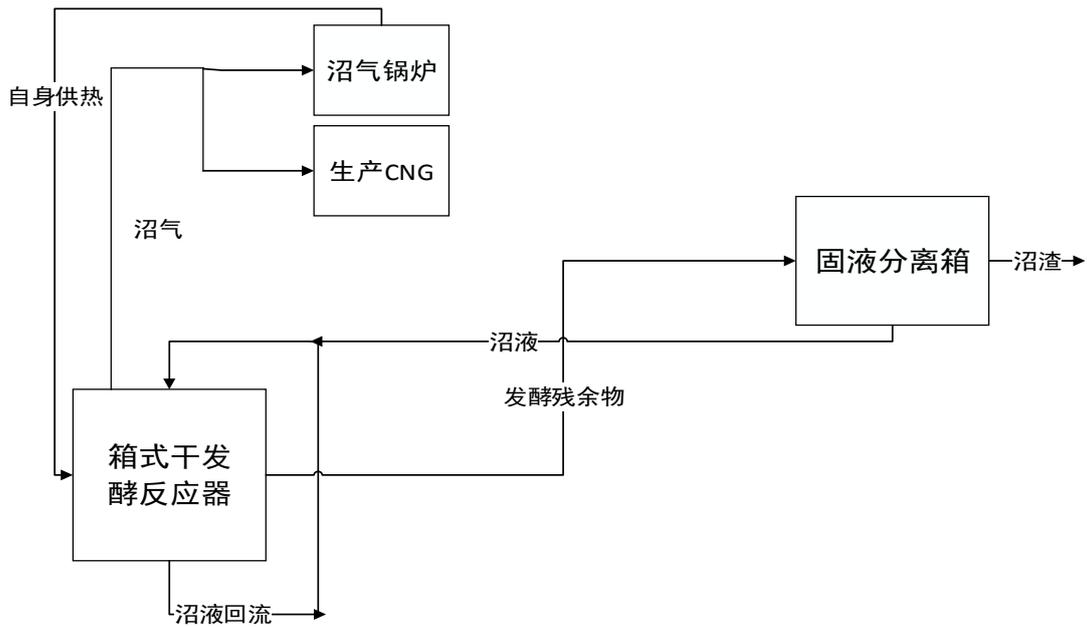
秸秆及畜禽粪便干发酵技术

#### 项目概况

有机固体废弃物的处理和资源再生利用已成为我国建设资源节约型和环境友好型社会中迫切需要解决的问题。有机固体废弃物一般分为农作物秸秆、禽畜粪便、餐厨垃圾和城市生活垃圾等。厌氧干发酵是指干物质含量 (Total Solid, TS) 大于 20% 的有机质原料 (一般在 20%-40%), 经厌氧发酵生成沼气的过程。厌氧干发酵制沼气技术是处理有机废弃物的有效途径, 与湿发酵相比, 它具有含水量较少、反应过程中不会产生污水, 运行能耗低、能源效率高, 发酵后的剩余物可直接作为有机肥利用等优点。

#### 主要工艺原理

本装置采用单相箱式干发酵反应系统。发酵原料经预处理后进入箱式反应器进行中温或高温发酵, 沼液经底部流出后从顶部进行回流喷淋; 发酵产生的气体进入集气罐, 一部分用于沼气锅炉对自身反应供热, 另一部分进行生物天然气的生产; 发酵后的沼渣则可用于生物肥的制备。



垃圾干发酵技术路线

### 关键技术或设计创新特色

- 设计适用于秸秆和畜禽粪便的混合干发酵工艺，开发标准化、系列化的工艺包。
- 工艺易操作，能耗低，无二次污染，维护费用低，可根据进料规模、沼气产量和成分变化进行调节，规模具有灵活性。
- 合理优化了沼气净化提纯操作方式。沼气原料经过预处理、脱水、脱硫、脱颗粒物、脱二氧化碳等工序，保证产品质量。
- 控制厌氧发酵全过程中的酸化程度，防止过量的挥发性脂肪酸造成大面积酸化，导致系统 pH 下降，从而导致发酵失败。
- 发酵后处理简便且不污染环境，干发酵后的剩余物可经过简单加工变为沼肥。
- 装置模块化、撬装化设计，便于移动。
- 设备自动化、集成化程度高，降低了维修和控制的难度。

## 主要技术指标

发酵周期 28 天，容积产气率大于  $1.1\text{m}^3/\text{m}^3/\text{d}$ ，净化后甲烷含量大于 97%。

## 投资及运行效益分析

处理量为 100t/d 的项目总投资约为 4000 万元。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国石油大学（北京）

通讯地址：北京市昌平区府学路 18 号

邮政编码：102249

联系人：李叶青

通讯地址：13811052520、010-80734008

E-mail: liyeqingcup@126.com

## 4. 秸秆规模化沼气制备及生态循环利用工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

阿旗利用秸秆生产大型沼气（生物燃气）工程

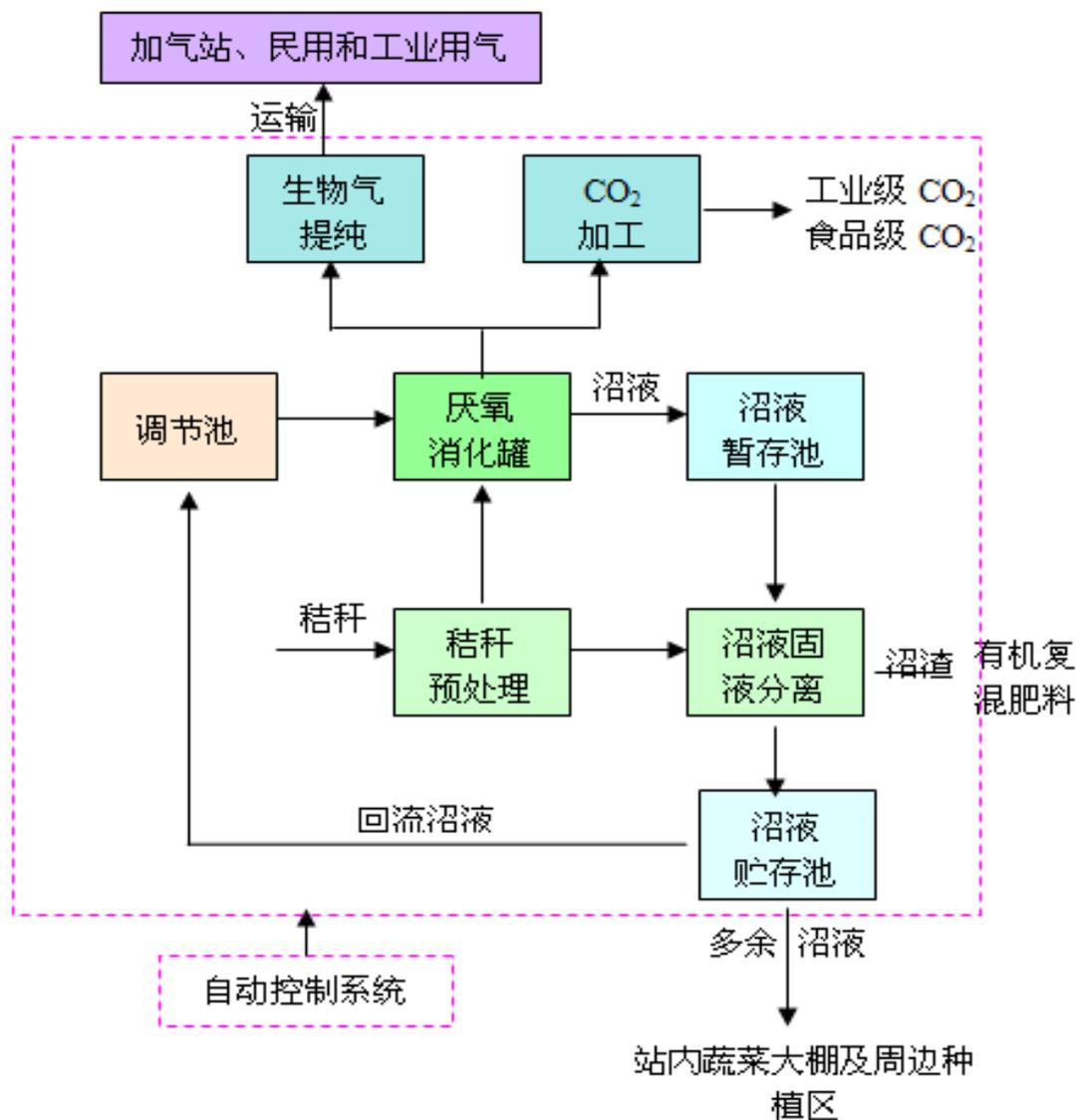
#### 项目概况

该项目于 2011 年 3 月立项，座落于赤峰市阿鲁科尔沁旗新能源产业集中区，由赤峰富龙能源建设有限责任公司出资建设，北京化工大学提供技术支持和工程设计。项目占地面积 200 亩，包括预处理、沼气发酵、分离提纯、有机肥料生产、办公管理区，以及种植、绿化、原料堆放、生物肥堆放区等。项目共有 12 个发酵罐，单体发酵罐容积  $5000\text{ m}^3$ ，总发酵容积  $6\text{ 万 m}^3$ 。项目一期工程（ $2\text{ 万 m}^3$ ）于 2013 年 12 月底建设完成，已正常运行近 2 年。二期工程（ $4\text{ 万 m}^3$ ）已于 2015 年年初开工建设。提纯后的生物天然气一部分注入城镇天然气网管用于民用，供阿旗镇居民使用，一部分压缩罐装进入加气站，用于出租车和公交车的车用燃料。该项目年可消纳农作物秸秆 3.43 万吨 (TS)，年产生物肥 11.4 万吨，年产液态生物二氧化碳 7300 吨。项目总投资约为 1.1 亿元。

#### 主要工艺原理

本项目以秸秆为原料，原料经过化学预处理后进入厌氧发酵罐进行厌氧发酵，产生的沼气经净化提纯后的天然气用于车用，民用和工业用。所产的沼液沼渣经过固液分离后沼渣做成普通有

机肥。提纯后分离出来的  $\text{CO}_2$  可以用于生产工业级和食品级  $\text{CO}_2$ 。



### 关键技术或设计创新特色

关键技术包括秸秆快速化学预处理技术，高效秸秆厌氧发酵技术，环境友好的沼气提纯技术以及沼渣沼液综合利用技术等。

### 主要技术指标

厌氧消化产生的沼气的成分是 50%-65% $\text{CH}_4$ ，30%-38% $\text{CO}_2$ ，0%-5% $\text{N}_2$ ，<1% $\text{H}_2$ ，<0.4% $\text{O}_2$ ，500PPM $\text{H}_2\text{S}$ ，此外还含有一定量的水分。经提纯后的沼气需满足国家车用天然气标准 GB18047-2000

《车用压缩天然气》，高位发热量 $>31.4\text{MJ}/\text{m}^3$ ，硫化氢 $\leq 15\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化碳 $\leq 3.0\%$ ，氧气 $\leq 0.5\%$ 。



## 投资及运行效益分析

本项目总投资约为 1.1 亿元。

根据 2014 年 1 月-2015 年 8 月近两年的运行情况，原料、水、电、管理等运行费用约为 2.5 元/m<sup>3</sup>，提纯后的天然气产品售价车用为 4.18 元/m<sup>3</sup>，民用为 6.6 元/m<sup>3</sup>，工业用气为 5.9 元/m<sup>3</sup>。

## 用户意见

本项目投运至今，各项技术指标均已达到应用标准，无任何环保事故，沼气提纯已达到并超过国家车用指标，甲烷含量为 97.5%左右，各项耗能指标达到或优于设计要求，副产物沼渣沼液是很好的有机肥料。车用和民用以及工业用户都非常满意。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：北京化工大学

通讯地址：北京市朝阳区北三环东路 15 号 107#

邮政编码：100029

联系人：李秀金

联系电话：13661070453

E-mail: xjli@mail.buct.edu.cn

## 典型案例（二）

### 案例名称

木质纤维原料高效预处理制备生物燃气工程

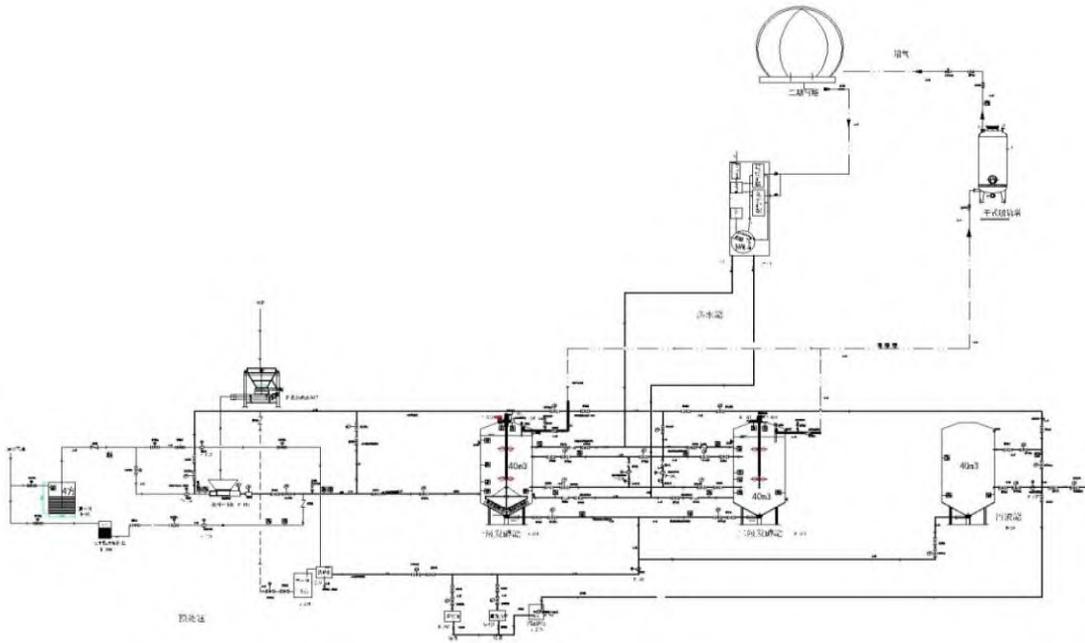
### 项目概况

本工程建设工程是集木质纤维原料的储存、预处理、高效沼气发酵及沼气提纯净化于一体的示范工程，项目于 2014 年工程开工建设，并于 2015 年 8 月 20 日完成全部设备安装和单体试车工作，目前开始联动试车运行，计划于 9 月底调试运行全部完成，10 月开始正式运行，正式运行后的工程预计每年可高效处理 730t 木质纤维原料，生产 20 余万方沼气，提纯 13 万方生物燃气，可为周边用户提供清洁燃料。

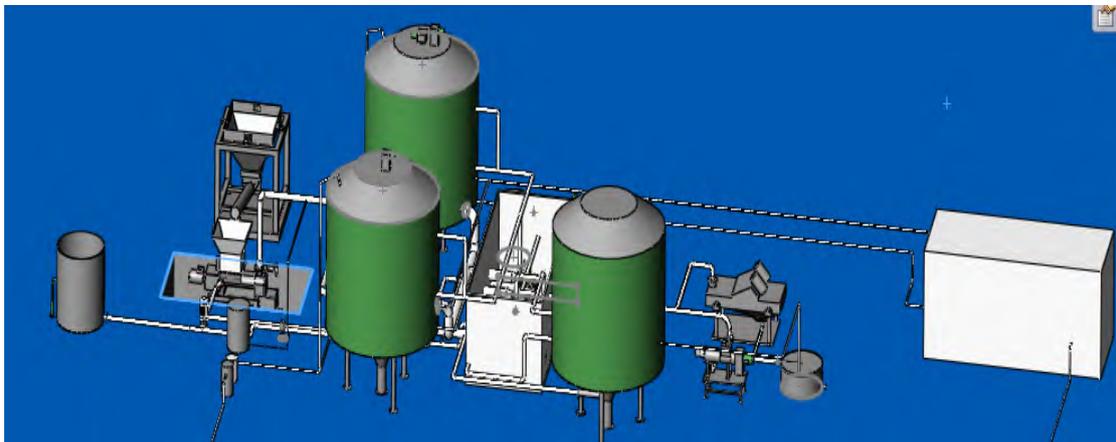
### 关键技术或设计创新特色

工程关键技术：主要包括木质纤维原料高效预处理技术、厌氧发酵高效产沼技术、沼气提质纯化制备生物燃气技术，并集合以上技术最终整合形成示范工程。

工程创新特色：充分利用不同预处理技术的优势及其规律，通过多种预处理集成技术，达到耦合增效的结果；高效厌氧发酵系统，可实现固、液相相对分离，达到高效稳定连续产气；通过整个系统体系的能量平衡和经济性进行评估，提出最优化的系统处理工艺，以适应广泛化、工程化、产业化运行。



项目工程工艺流程图



项目工程效果图

### 主要技术指标

工程正式运行后，预计纤维素原料经预处理后降解率可提高20%，平均产气量提高50%-100%，提纯燃气中甲烷含量>96%，甲烷回收率>92%， $H_2S \leq 15mg/Nm^3$ ，并可满足运输燃料或城镇燃气标准。



项目工程现场图

## 投资及运行效益分析

项目工程投资 400 余万元。

我国每年约有 10 亿多吨的高木质纤维素类废弃物。若采用本项目的研究成果进行转化利用，每年可产生 1800 亿  $\text{m}^3$  沼气，相当于 1.2 亿多吨标准煤，合计 800 多亿元人民币，具有可观的经济效益。同时，该工程的示范，将为纤维素类废弃物沼气发酵技术难题的解决，提供技术支撑与保障，尤其为制约农村秸秆利用提供技术支持，还可为建设社会主义新农村提供清洁能源，具有良好的社会效益。

## 用户意见

工程正式运行后，可以高效的处理秸秆类纤维素废弃物并再

利用，对减少雾霾天气、减轻环境污染、改善环境质量具有重要作用。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：北京合力清源科技有限公司

通讯地址：北京市延庆县八达岭经济开发区康西路 1108 号

邮政编码：102101

联系人：李伟

联系电话：01061040962

E-mail: liwei@dqy.com.cn

## 典型案例（三）

### 案例名称

300m<sup>3</sup>/d 能源草高效厌氧发酵制备生物燃气中试工程

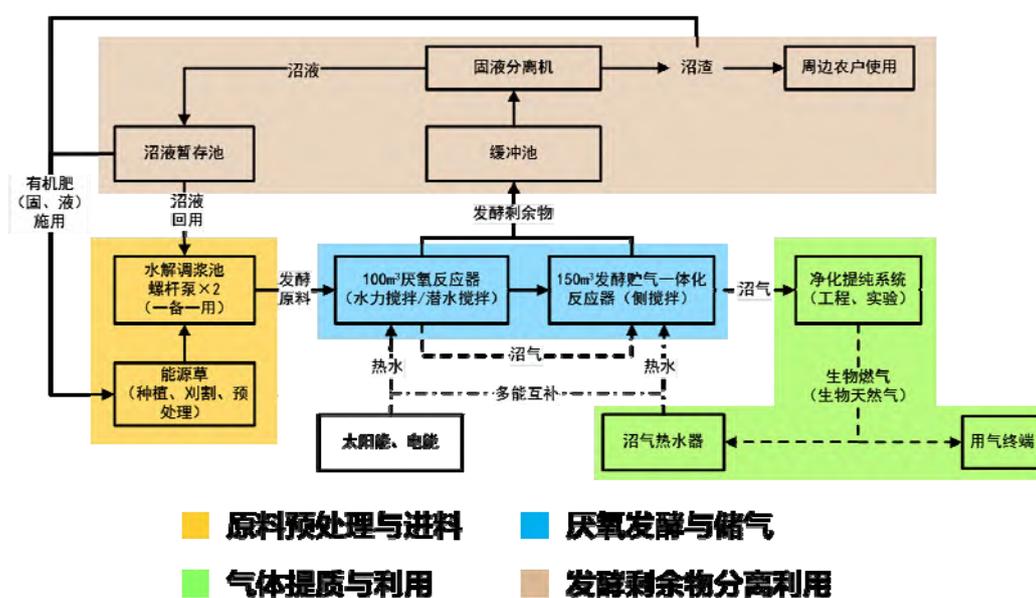
### 项目概况

本工程位于广东省惠州市汝湖镇，2015年3月开工建设，8月完成整体试机，其主要包括两部分，其中中试工程面积约210m<sup>2</sup>、基地内杂交狼尾草实验种植面积约1500m<sup>2</sup>。中试工程的主要原料是杂交狼尾草等能源植物，并集成优化预处理、两级厌氧发酵制气、生物燃气提质和发酵剩余物生态化利用四大模块的工艺技术和设备，形成“能源草种植→厌氧发酵→产品（生物天然气、有机肥）”整个产业链的中试平台，通过日后的运行、调整和优化，为我国能源植物制备生物天然气提供可靠的理论依据和实践经验。

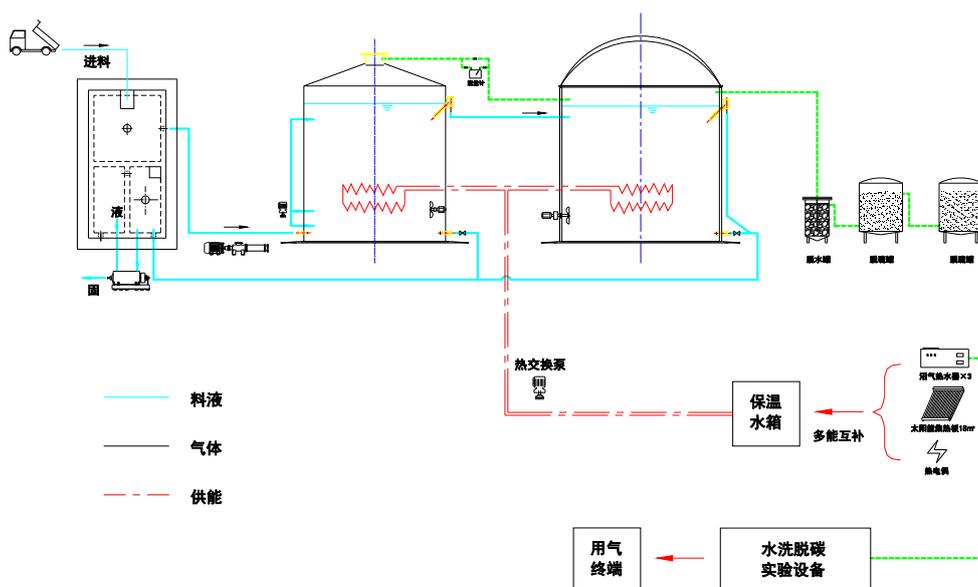
### 主要工艺原理

能源草收割后，经切割破碎（粒径≤5cm）后以青贮形式储存。工程运行时每天按需取青贮料，经粉碎后（粒径≤5mm）送入调配池（总容积30m<sup>3</sup>），调配成TS浓度8%-10%的混合液，然后泵入1#CSTR厌氧发酵罐（有效容积100m<sup>3</sup>），1#罐的搅拌方式为管道泵水力搅拌为主、潜水搅拌为辅的方式，发酵温度35℃-38℃，停留时间约15-30天；1#罐采用底部进料、上部溢流出料的连续式进出料方式，溢流出的料液进入2#一体化发酵罐（有效容积150m<sup>3</sup>，顶部双膜储气柜容积50m<sup>3</sup>），发酵温度35℃-38℃。

发酵罐设置盘管增温系统，热能通过生物燃气直燃、太阳能和电能三种方式进行供给切换，形成多能互补的高效能源利用方式。发酵剩余物由2#罐溢流进入沼液缓冲池（总容积10m<sup>3</sup>），经固液分离后沼液进入沼液池（有效容积70m<sup>3</sup>），施用于能源草种植地块；沼渣直接外运用于田地施用或作为有机肥原料进行深加工。



工艺流程图



工艺原理图

## 关键技术或设计创新特色

●通过对能源草刈割时间、刈割频率等参数的人为控制，提高能源草产量和总生物质量；

●能源草预处理方面，采用两级机械预处理（破碎+粉碎），提高预处理效率，保证发酵原料粒径 $\leq 5\text{mm}$ ，并采用先青贮后发酵的方式，提高发酵效率和池容产气率；

●CSTR+一体式厌氧反应器结合的两级厌氧发酵工艺，提高原料利用率；

●CSTR 反应器采用管道泵水力搅拌为主、潜水搅拌为辅的搅拌方式，既保障罐体内料液混合均匀、不结壳，又有效降低能耗；

●采用生物燃气直燃、太阳能和电能三种供能方式，实现多能互补的高效能源利用。

## 主要技术指标

序号	名称	参数
1	发酵浓度 (TS)	8-10%
2	TS 产气率	0.3-0.4m <sup>3</sup> 沼气/kgTS
3	体积产气率	$\geq 1.2\text{m}^3/\text{m}^3$
4	沼液产量	5t/d
5	沼渣产量	150kg/d, 含水率 70%
6	发酵温度	35℃-38℃
7	停留时间	15-30d

## 投资及运行效益分析

本工程总投资约 180 万元

运行费用主要包括：工程运行所需要的周边的能源草原料，及能源草种植基地的简单化肥，接种所需要的猪粪等接种物；聘请一个工人，负责能源草的管理与工程的日常运行及实验数据的监测；聘请临时人员割草及种植；临时租用设备及工程用地费用。

## 用户意见

本工程通过自主培育木质纤维素类原料，解决了原料对项目产业化的瓶颈限制，为生燃气产业化进展提供了保障。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国科学院广州能源研究所

通讯地址：广东省广州市天河区能源路 2 号

邮政编码：510640

联系人：孔晓英

联系电话：020-37029696

E-mail: kongxy@ms.giec.ac.cn

## 典型案例（四）

### 案例名称

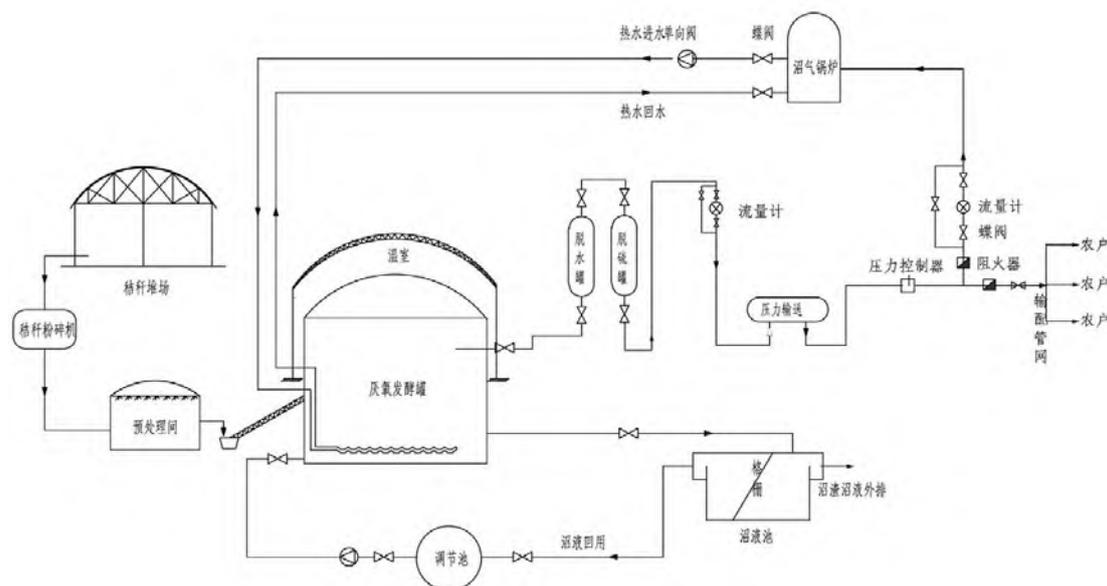
黑龙江农垦青龙山秸秆沼气集中供气工程

### 项目概况

本项目于 2009 年 10 月建成，工程建设地点是黑龙江农垦总局青龙山农场。秸秆消耗量 1.8t/天，每年沼气产量 19.6 万 m<sup>3</sup>，供气户数 460 户。工程占地约 9000 m<sup>2</sup>。

### 主要工艺原理

工程系统包括：（1）秸秆预处理系统；（2）秸秆厌氧发酵系统；（3）沼气净化与储存系统；（4）沼渣沼液处理与利用系统；（5）沼气输配供气系统；（6）其他配套设施。



工艺路线图

### 关键技术或设计创新特色

由于秸秆的木质纤维素含量较高、不易被厌氧菌消化、发酵产气量低以及密度小、体积大、不具有流动性等理化性质，秸秆

一直都未能大规模用于沼气的生产。该试点项目通过自主创新，在多个方面取得了突破，从而基本解决了完全以秸秆为原料生产沼气的技术问题。

- **环境友好的固态碱预处理技术**

发明了一种秸秆专用预处理剂。通过这种预处理剂的处理，可以有效破坏秸秆中木质素和纤维素、半纤维素之间的联系，部分破坏纤维素和半纤维素的化学结构，有效提高秸秆的生物降解性能，并使更多的碳水化合物从木质素的包裹中释放出来，可使秸秆的产气率提高 50-120%。并且，预处理过程非常简单、时间很短（只需 3 天时间），也不产生任何污染。该技术是一项重大突破，它解决了纯秸秆难以被厌氧菌消化利用，无法用于规模化沼气生产的难题，是一项重要的技术创新，该技术已获国家发明专利授权。

- **“全混合自载体生物膜”厌氧消化技术及参数优化**

开发出了“全混合自载体生物膜”厌氧消化技术，并开展了相关研究，确定秸秆厌氧消化最佳的有机负荷、C/N 比、含固率、回流比、搅拌频率与时间等参数，可实现秸秆的高效厌氧消化。

- **多能互补的增温保温技术**

采用太阳能温室、地温和沼气加热相结合的多能互补方式，对发酵池进行加热和保温。首先，发酵池是半地下式布置方式，可以利用部分地温；其次，发酵池放置在温室内，可以吸收和利用部分太阳能对物料进行加温；在冬季温度低时，再补充使用部

分沼气，通过沼气锅炉加热热水，热水循环到发酵池内对发酵料进行加热。这种多能互补方式可以有效地利用多种自然能量，减少自身加热用能，明显提高系统的能效比。

### ● 关键设备研发

研发出了适合秸秆物料特性的低高径比的高效厌氧发酵反应器。秸秆的密度小、体积大、不具有流动性，因此，现有用于畜禽粪便生产沼气的反应器都无法直接用于秸秆的生物气化。针对秸秆特殊的物料特性，配套研发了进出料与搅拌装置等关键设备，可实现秸秆的机械化进、出料和自动化高效搅拌，解决了秸秆发酵传热、传质效率低，发酵效率低等问题。



青龙山农场秸秆沼气发酵示范工程

## 主要技术指标

反应器容积为  $780\text{m}^3$ ，秸秆消耗量  $1.8\text{t}/\text{天}$ ，容积产气量  $0.8\text{m}^3/\text{m}^3$ ，产气量  $536\text{m}^3/\text{d}$ ，储气量  $250\text{m}^3/\text{d}$ ，每年沼气产量  $19.6\text{万 m}^3$ ，发酵温度  $35^\circ\text{C}$ 。

## 投资及运行效益分析

本项目总投资  $352.28\text{万元}$ 。

沼气单位运行成本为  $0.9\text{元}/\text{m}^3$ ，通过销售沼气和沼渣年可获利  $9.5\text{万元}$ 。

## 用户意见

本项目投运至今，各项技术指标优良，无任何环保事故。各项指标达到或优于设计要求。年可消化水稻秸秆  $660\text{多吨}$ ，产沼气  $19.6\text{万 m}^3$ ，同时还可年产沼渣为农田提供有机肥料。从而实现了循环利用、节本增效。现工程运行良好，产气稳定，阳光小区  $410\text{户}$ 居民全部用上了沼气生活做饭。

以一户  $3\text{口}$ 之家计算，依靠秸秆沼气，满足烧水做饭需求，每年比烧煤节约开支至少  $500\text{元}$ 。

工程减少大量二氧化硫等污染物排放。减少了秸秆的无序堆放、焚烧等对环境的影响，沼渣用作有机肥可改良土壤，提高农产品质量。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：北京化工大学

通讯地址：北京市朝阳区北三环东路  $15\text{号}$

邮政编码: 100029

联系人: 刘研萍

联系电话: 13552445328

E-mail: liushuihan@163.com

## 典型案例（五）

### 案例名称

秸秆高效厌氧发酵生产沼气与集中供气工程示范

### 项目概况

需要转化和改进的具体内容是：①对固态化学预处理剂和处理条件进行进一步的研究，以缩短预处理时间和减少处理剂的用量；②改进现有“卧式”厌氧发酵反应器的设计。改定速搅拌为变速、多方向搅拌，改板式搅拌器为螺旋式搅拌，以进一步强化系统的传热传质效果，大大改善生化反应条件，显著提高厌氧发酵效率；③对现有的太阳能温室增保温系统进行改造，采用温室-太阳能热水器组合增温保温方法，进一步提高系统能效比；④增加沼渣-沼液自分离系统。在发酵罐的出料口设置固-液分离器，无需专门的分离设备就可实现固-液的自动分离。产生的沼渣呈固态，可直接作为有机肥料使用。沼液用于下个批次秸秆发酵料的接种和水分调节。

通过上述转化内容的示范研究，设计出一套完整、高效的秸秆厌氧消化工艺，最终达到推广应用的水平。

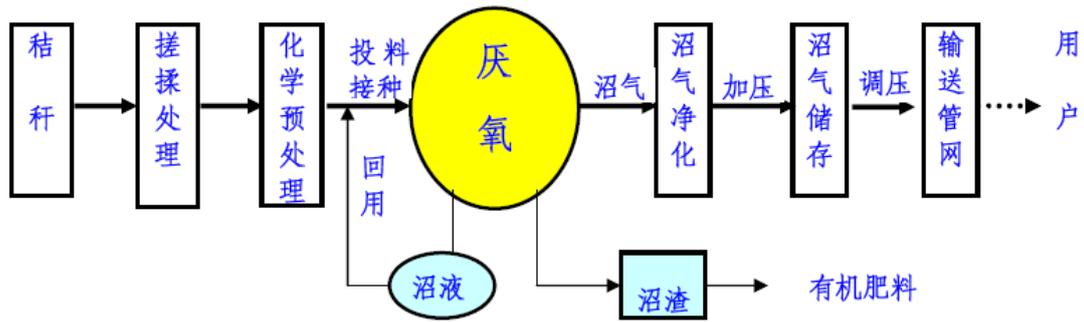
### 主要工艺原理

本示范项目的技术路线主要包括原料的搓揉、化学预处理、厌氧消化、沼气净化、沼气贮存和管道输送等。技术关键是化学预处理和厌氧发酵技术。需要转化和改进的具体内容是：①对固态化学预处理剂和处理条件进行进一步的研究，以缩短预处理时

间和减少处理剂的用量；②改进现有“卧式”厌氧发酵反应器的设计。改定速搅拌为变速、多方向搅拌，改板式搅拌器为螺旋式搅拌，以进一步强化系统的传热传质效果，大大改善生化反应条件，显著提高厌氧发酵效率；③对现有的太阳能温室增保温系统进行改造，采用温室-太阳能热水器组合增温保温方法，进一步提高系统能效比；④增加内置沼渣-沼液自分离系统。在发酵罐的出料口设置固-液分离器，无需专门的分离设备就可实现固-液的自动分离。产生的沼渣呈固态，可直接作为有机肥料使用。沼液用于下个批次秸秆发酵料的接种和水分调节。整个生产过程没有沼液的排放，是一个完全的清洁生产过程。不存在用畜禽粪便发酵时的沼渣、沼液难以处理和利用，会产生二次污染等问题。

### 关键技术或设计创新特色

将从当地收集的玉米秸和小麦秸秆经秸秆搓揉机进行粉碎，粉碎后的秸秆在预处理间进行化学预处理，然后进入卧式自载体生物膜厌氧发酵池进行发酵，产出的沼气经净化间进行净化处理，加压储存在储气罐中，然后调压输入至用户。冬季温度低时用沼气锅炉对发酵池进行加温，其它季节利用温室和地温组合加热对发酵池进行增温保温。系统产出的沼液一部分作为预处理回用，沼渣和剩余部分沼液作为有机肥料用在周边的生态示范园中。整个系统无废水废液外排，不会对环境产生二次污染。



山东德州秸秆沼气集中供气工程技术路线

### 主要技术指标

本项目各项技术指标均已达到或超过合同书规定的预期指标，具体情况如下表所示：

各项技术指标达标情况

技术指标		达到指标
厌氧消化参数	负荷率	8%-8.5%
	水力停留时间	30 天
	发酵温度	30-35℃
	容积产气率	0.65-0.8m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ·d
	干物质消化率	45.8-52.5%
示范	建立中试线/处	2
经济效益指标	产量/万 m <sup>3</sup>	14.6
	销售收入/万元	24.18
	技术服务收入/万元	44
社会效益指标	减排 CO <sub>2</sub> 量/t	464.9



德州前仓生物气化集中供气站

### 投资及运行效益分析

本项目总投资 200 万元。

以运行 2 年的山东德州秸秆沼气工程为例，按照设计要求进出料，年运行成本为 16.04 万元，包括原料成本、预处理成本、水电费、人工费、设备折旧（按 20 年计）和系统维护费。销售沼气和沼肥年收入 24.18 万元，年可获利 8.32 万元；间接效益：用沼气作为农村的生活燃料，可以缓解当前能源危机。示范点村民自己算过一笔帐，一个四口之家一天沼气用量为  $0.6-0.7 \text{ m}^3$ ，按  $1.5 \text{ 元/m}^3$  计，1 天也就用 1 元钱，1 个月下来，比用燃煤节省 18 元，比用液化气节省 20 元。一年下来，全村可节约燃料费开支 8.6-9.6 万元。沼液、沼渣作为有机肥料，可以改良土壤，培肥地力，使农作物平均增产 10%-30%；用沼液浸种在提高发芽率，增强秧苗抗病、抗虫、抗寒、抗逆能力的同时，还可比清水节约种子 8%-10%。

## 用户意见

本示范由北京化工大学提供方案设计, 并采用自行研制的核心技术进行建造, 于 2009 年 1 月完成工程建设, 2009 年 3 月调试完毕并正式向村民供气。以自然风干的玉米秸秆和麦秸秆为原料, 供气户数为 375 户, 至今已运行了近 2 年的时间, 运行状况良好。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位: 北京化工大学

通讯地址: 北京市朝阳区北三环东路 15 号 42#信箱

邮政编码: 100029

联系人: 吴浩

联系电话: 010-64434925

E-mail: wuhao@mail.buct.edu.cn

## 5. 农牧循环利用工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

5000 头适度规模的养猪场废弃物农牧循环利用配套技术

#### 项目概况

旺盛适度规模化养猪场位于安徽省合肥市肥东县牌坊回族满族乡许井村，常年存栏生猪 5000 头，以“猪+沼+种植-猪”种养结合模式处理猪场废弃物，本项目 2011 年开始实施，现配套有沼气工程和 500 亩标准蔬菜大棚，养殖场周边农田面积约 2000 亩，以初步形成了种养结合的循环雏形。

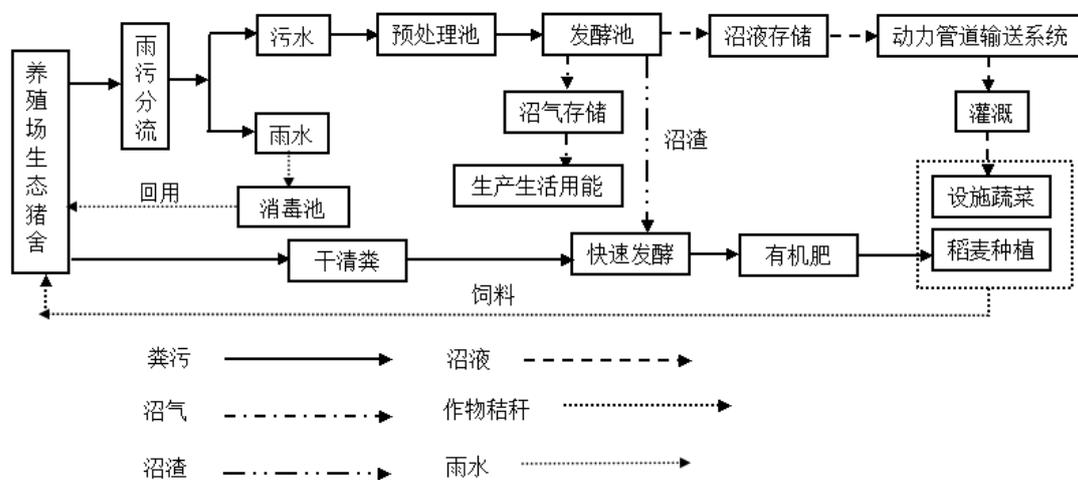


旺盛养殖场卫星平面布局图

#### 主要工艺原理

本项目主要工艺流程如下：养猪场采用干清粪工艺，清理的粪便经过快速发酵制成有机肥施用农田；粪污实行雨污分流，雨

水回用，污水则进入沼气工程系统进行处理，沼气用于生产生活用能，沼液通过动力管道输送到蔬菜大棚进行灌溉。



工艺原理流程图

## 关键技术或设计创新特色

### ● 关键技术

采用“雨污分流”、“固液分离”技术，实现雨水回用，减少粪污处理量。高温堆肥技术。粪便发酵过程，添加地霉菌和嗜热脂肪芽孢杆菌提高堆肥温度，加快腐熟速率。

### ● 创新特色

通过工程和生物技术实现了养猪场废弃物的资源化利用，并土地承载力模型确定沼液最佳施用量实现沼液直排农田。

## 主要技术指标

设施辣椒沼液安全承载量  $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，豇豆沼液安全承载量为  $400\text{m}^3/\text{hm}^2$ ；稻麦轮作的猪粪承载量：水稻  $35\text{t}/\text{hm}^2$ ，小麦  $35\text{t}/\text{hm}^2$ 。沼液应符合《农业灌溉水质标准》(GB5084)和《有机肥料标准》(NY525-2002)的要求，生产有机肥符合《有机肥料

标准》(NY525-2002)。

## 投资及运行效益分析

本项目总投资 850 万元。

从项目实际运行情况看,原料、用水、人工、管理等费用约为 50 万元/年,设备年折旧费约为 25 万元;维修费约为 30 万元。项目运行沼气年发电量约 7 万 KWh,用于生产生活用能,每年节约燃料费 16.6 万元。沼液、有机肥每年产生的经济效益约为 1000 万元。

因此本项目运行净经济效益达 911.6 万元。

## 用户意见

项目运行至今,各技术指标都达到要求,现无环保事故发生,每年向环境排放粪污减少约 1 万吨,有效遏制了畜禽粪污乱排放而造成的生态环境破坏,生产的有机肥显著提高作物产量和品质,为同类地区养殖场废弃物循环利用提供了样板。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位:安徽省农科院农产品加工研究所

通讯地址:安徽省合肥市庐阳区农科南路 40 号

邮政编码:230001

联系人:何成芳

联系电话:0551-65160822

E-mail: 897771845@qq.com



现场案例图

## 典型案例（二）

### 案例名称

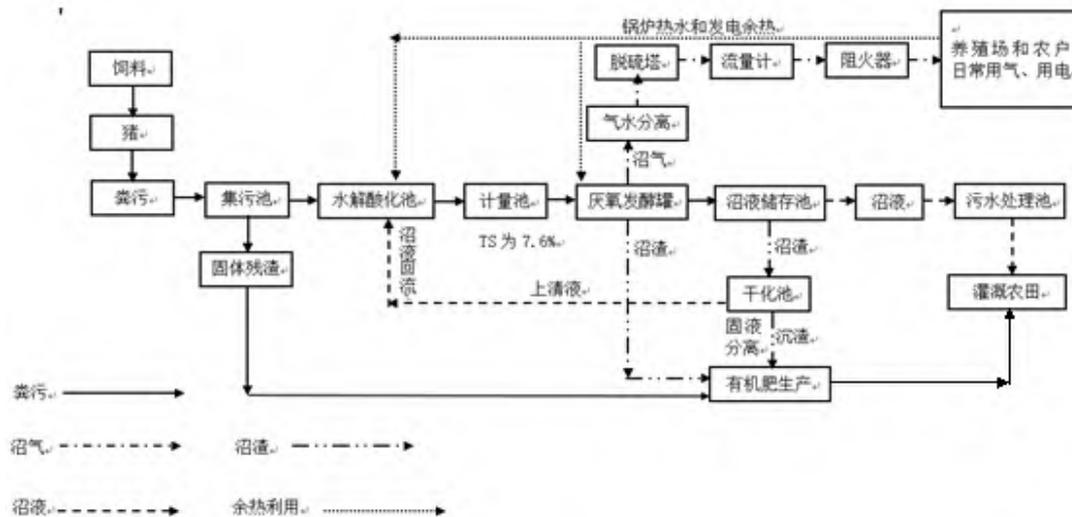
50000 头大型规模养猪场废弃物农牧循环利用配套技术

### 项目概况

小岗宝迪规模化养殖场规划目标为年出栏 10 万头原种猪，以粪污“减量化、无害化、资源化、生态化”原则进行设计，目前，养殖场已建成两期工程，一期工程已配套建设了污水处理设施，二期工程配有沼气工程，于 2012 年 6 月开工建设，2013 年 12 月竣工并完成试运行，2014 年 1 月正式运行，实现每年向环境排放的粪污减少约 2 万吨，促进农田增产增收，提高经济效益。

### 主要工艺原理

本项目选择的是选择能源生态型技术模式处理猪场粪污，主要工艺原理如下：养殖场的粪污经过集污池内设机械格栅除去大的悬浮物及固形物、漂浮物后，进入水解酸化池内混合均匀，然后通过计量池内的进料泵输送到厌氧发酵罐，采用恒温连续投料方式，发酵罐内设有加热盘管，使发酵罐内的温度始终保持在 35℃ 左右。水力滞留期为 15 天，产气率约为  $1.0\text{m}^3 \cdot (\text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1})$ 。发酵罐内产生的沼液经过沼液储池后进入污水处理池完成后续处理，达标后灌溉农田；沼渣则进入干化池，沼渣含水率在 65% 左右，通过固液分离机，固体沼渣生产有机肥，上清液则回流到水解酸化池。最后沼气经过气水分离、脱硫处理后，进入沼气柜经干式阻火后，用于生活用气或发电。



沼气工程工艺流程图

## 关键技术或设计创新特色

### ●关键技术

采用科学畜禽饲喂管理，从源头上实现粪污减排。采用 CSTR 厌氧发酵工艺，发酵环境维持中温，投料方式为恒温连续投料，利于有机物质消化降解。厌氧发酵过程添加温细菌、放线菌、真菌、酵母菌等微生物，消除发酵过程中的异味，缩短发酵时间。污水处理环节添加纳米矿物，利用半短程硝化工艺实现污水达标排放。

### ●创新特色

本项目利用工程和生物技术使污水达标排放，猪粪转化为有机肥投入农田，实现了养殖场废弃物综合利用。

## 主要技术指标

本项目处理后的污水应达到  $COD \leq 100mg/L$ ，氨氮  $\leq 15mg/L$ ，且水质符合《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596)、《农业灌溉水质标准》(GB5084)的要求，生产有机肥符合《有机肥料标准》(NY525-2012)。



现场案例图

### 投资及运行效益分析

本项目总投资 2000 万元。

根据 2014 年 1 月至 2014 年 12 月的实际运行情况看，饲料、用水、管理等费用约为 100 万元/年，设备年折旧费约为 200 万元；维修费约为 90 万元。项目运行年产沼气 32.85 万  $\text{m}^3$ ，沼气用来发电供厂区日常生活和周边 80 度农户使用，或是直接作为燃料使用，每年节约燃料费 85.5 万元。生产的有机肥用于销售或施用于农田，每年产生的经济效益约为 1500 万元。

因此本项目运行净经济效益达 1195.5 万元。

### 用户意见

项目运行至今，各技术指标都达到要求，现无环保事故发生，每年向环境排放粪污减少约 2 万吨，有效遏制了畜禽粪污乱排放而造成的生态环境破坏，生产的有机肥显著提高作物产量和品质，促进农业资源的综合利用。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：安徽省农科院农产品加工研究所

通讯地址：安徽省合肥市庐阳区农科南路 40 号

邮政编码：230001

联系人：何成芳

联系电话：0551-65160822

E-mail: 897771845@qq.com

## 6. 农作物秸秆气化发电工程

### 案例名称

农业剩余物气化制备燃气及发电供热应用技术

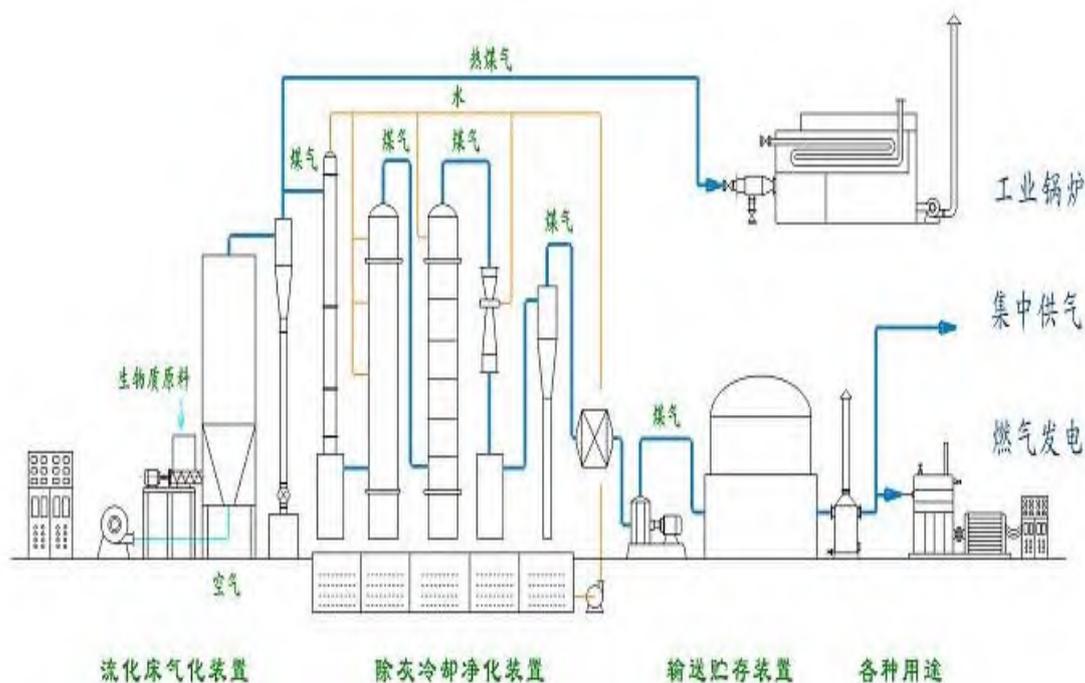
### 项目概况

以农业秸秆等剩余物为原料，采用自主研发的内循环锥形流化床气化反应器及其锥体气体分布器，高温气化反应转化为生物质燃气，燃气应用于各类工业锅炉、窑炉，或进一步冷却、净化后应用于燃气机发电或居民生活。技术产品经过多年的研发、中试试验，2004 年实现了生物质气化发电、供热、供气方面的产业化应用，先后在国内 30 多个企业工程化应用，并从 2007 年起 10 多套产品出口到东南亚国家。本项目核心关键技术获得 2013 年国家科学技术进步二等奖。

### 主要工艺原理

本技术是通过以下几个工艺过程来实现的：①生物质原料如木屑、稻壳或稻草、麦草等农林剩余物经粉碎成粒径为  $\leq 5\text{mm}$  的细颗粒，经料斗由螺旋加料器送入内循环锥形流化床气化炉底部；②空气或由膜分离装置生产出的富氧空气经内循环锥形流化床气化炉上部的热量回收装置预热器加热至  $150^{\circ}\text{C}$  左右，加热后的富氧空气或空气由气化炉底部进入气化炉；③生物质原料和富氧空气（或空气）在气化炉内发生部分氧化还原反应生成一氧化碳、氢气、甲烷和重烃等可燃气体；④高温粗燃气经旋风分离器除去灰尘，再进入喷淋塔、鼓泡塔洗涤系统进一步降温除焦油，

洁净燃气最后由风机送入煤气柜；水经集液池沉降、分离后循环使用；⑤洁净燃气通过风机输送至使用场所。



农林剩余物气化技术系统流程简图

### 关键技术或设计创新特色

- **具有良好的操作弹性和稳定性：**采用锥形结构的流化床气化炉截面随高度而发生变化，形成一定的速度梯度，可以保证不同粒径（颗粒度分布 $\leq 5\text{mm}$ ）的物料在炉内呈沸腾状态，减少了床层的腾涌和气泡现象，使得床层操作稳定，反应温度均匀；锥形流化床气化生产燃气从 25% - 100% 负荷变化运行时均能够保持运转状态良好，具有很宽的操作弹性和良好的稳定性；适用于细颗粒物料气化，同时对热焓低、灰分高、易结渣的软秸秆原料具有更好的适用性；

- **提高了气化强度：**在内循环锥形流化床中通过流化作用强化了传热与传质，加快了气化反应速度，缩短了气化过程；在反

反应器容积相同情况下，流化床气化炉的生产能力比传统的固定床气化炉高 5-10 倍；气化炉顶部设有余热回收装置，有效提高系统热效率 5-10%；

- **具有良好的气体分布性：**气化炉下部气体分布采用特殊可拆卸锥体结构，避免了分布板式气体分布易结渣、形成堵塞、死床沟流的可能性；通过锥体内环状间隙的结构形式分布气体，流化气体流畅无涡流，并强化生物质固体颗粒的整体循环，提高了流化床反应器的气体分布均匀度，增强气固接触效果，减少气泡形成，改善流化质量，为流化床的连续稳定运行提供了良好基础。

- **启停操作方便：**内循环锥形流化床生物质气化系统启动方便，通常在点炉 20-30 分钟内就能够很快使气化炉进入正常运行状态。因此，不仅能够应用于长期连续运行的各种场合，还可以满足频繁启停的使用场合，如工业锅炉或窑炉供热、农村居民集中供气 and 中小米业公司的自备电站。

- **更高的安全性和可靠性：**通过床层压差及时反映气化炉内的运行及存料状况，调整合适的进料量和空气量比例，并有效控制气化反应温度，为生物质气化及其应用系统运行保证了可靠性和安全性。

### 主要技术指标

本技术以农业剩余物气化制备燃气，燃气热值： $5-6\text{MJ}/\text{Nm}^3$ ，单机产气量： $6000\text{Nm}^3/\text{h}$ ，燃气杂质含量 $-50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；发电 200-3000kW；供热输出最大 7.0MWt。



生物质锥形流化床气化发电系统案例现场图

### 投资及运行效益分析

以 1MWe 生物质气化发电为例，工程总投资约 450-550 万元。  
以 7MWt 生物质气化供热为例，工程总投资约 450-500 万元。

以 1MWe 生物质气化发电为例。稻壳原料气化发电，年工作小时 7000 小时，每年发电量 595 万度，原料消耗 1.13 万吨，原料费用 429.59 万元，水 6 万元，电 26.78 万元，人工 72 万元，管理费用 8.93 万元，维修费用 7 万元，设备折旧费用 35 万元，总计成本费用 585.29 万元；副产物稻壳灰收入 180.88 万元，销售电价 0.75 万元（按照国内可再生能源发电收购电价计算，各地会有所不同），销售电收入 446.25 万元，总计收入 627.13 万元。每年项目利税 41.84 万元。同时，每年可减少使用燃煤 1904 吨发电，减少排放二氧化碳 4988 吨，二氧化硫 16 吨，氮氧化物 14 吨。

以 7MWt 生物质气化供热为例。年工作小时 7000 小时，供热出力 10 吨蒸汽/小时，每年原料消耗 2.80 万吨，原料费用 1064 万元，水 6 万元，电 63 万元，人工 81 万元，管理费用 28 万元，维修费用 13.5 万元，设备折旧费用 54 万元，总计成本费用 1309.5

万元；副产物稻壳灰收入 280 万元，销售蒸汽价 200 万元，销售蒸汽收入 1400 万元，总计收入 1680 万元。每年项目利税 370.5 万元。同时，每年可替代燃煤 11667 万吨供蒸汽，减少排放二氧化碳 30567 吨、二氧化硫 99 吨、氮氧化物 86 吨，具有显著的经济效益和环境效益。

## 用户意见

锥形流化床生物质气化机组具有独特的锥形流化床结构，提高了流化床床层的稳定性和系统热效率，增强系统操作弹性大，新型的分布锥结构有效避免传统分布板的堵塞问题等诸多优点，更是受到了国内外客户的欢迎。该技术以农林剩余物为原料生产可燃气体，燃气可直接送入各种锅炉、工业炉作为燃料或输入居民用户作为生活用能或送入燃气发电机发电，将农林废弃物转化为高品质能源。目前 30 多台套产品在企业得到 10 年以上长期应用，并远销印尼、马来西亚、泰国、菲律宾、越南、刚果等国家，项目具有良好的经济和社会效益。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国林业科学研究院林产化学工业研究所

通讯地址：南京市锁金五村 16 号

邮政编码：210042

联系人：应浩

联系电话：025-85482498

E-mail: bio-energy@163.com

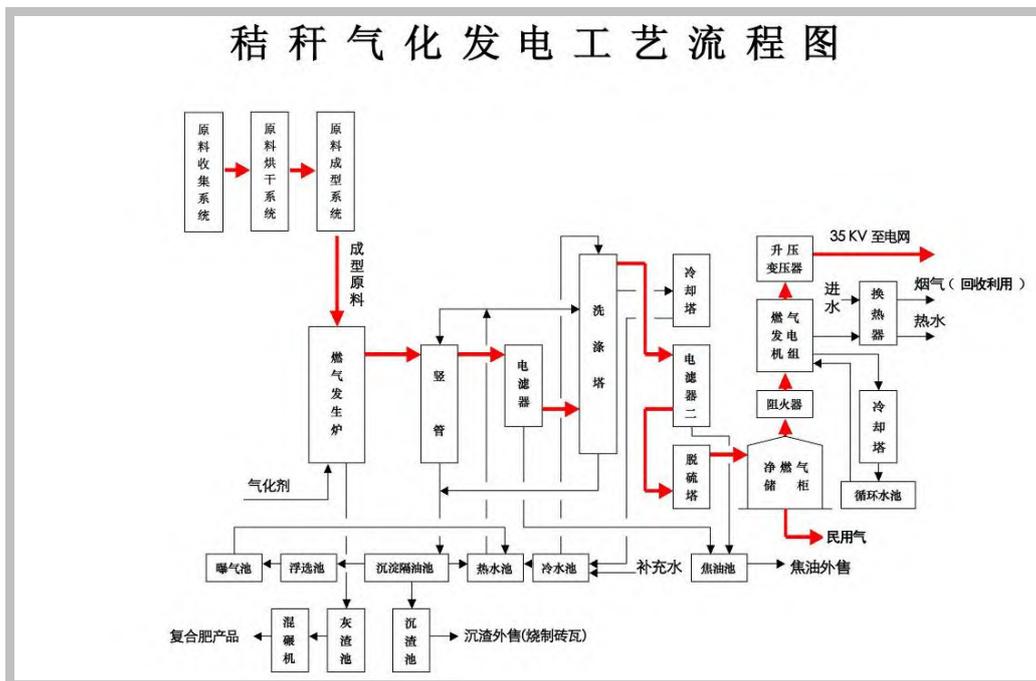
## 7. 多产品联产综合利用工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

5MW 高效生物质固定床气化发电(气、电、焦油、热联产联供)关键技术及工程示范

#### 主要工艺原理



#### 关键技术或设计创新特色

- 重点研究大直径气化炉的设计制造技术;



气化系统装置车间图



净化系统图

- 多元燃气净化装置，有效提高装置的运行安全性及环境效应；
- 集成自动化原料预处理装置，构建原料收集的创新模式和机制；
- 集成气化发电及生物质燃气应用工业燃气锅炉示范工艺。



生物质燃气锅炉应用图



集成 5MW 高效生物质固定床气化发电示范工程图

## 主要技术指标

生产性指标	单炉原料处理量	$\geq 2.5-3\text{t/h}$	单炉产气量	$\geq 4000-5000\text{m}^3/\text{h}$
	燃气热值	$\geq 7-8\text{MJ}/\text{m}^3$	气化炉运行寿命	$> 15$ 年
	燃气产率	$\geq 1.6-1.7\text{m}^3/\text{kg}$	燃气中焦油含量	$< 5\text{mg}/\text{m}^3$
	燃气中硫含量	$< 20\text{mg}/\text{m}^3$	燃气中氯含量	$< 1\text{mg}/\text{m}^3$
产品类指标	燃气产量	8000 万 $\text{m}^3/\text{年}$	焦油产量	3000t/年
	装机容量	6MW	年上网电量	3500 万度
	蒸汽产量	28000t/年	秸秆成型原料	8 万 t/年
环境效益指标	CO <sub>2</sub> 减排	24000t/年	冷凝废水减排	12000t/年
	SO <sub>2</sub> 减排	200t/年		

## 投资及运行效益分析

项 目	单位 (万元)	备 注
总投资额	4200.00	包含固体原料设备和研发经费
销 售 收 入	1. 发电	2044.00 每度电包含补贴 0.73 元
	2. 焦油回收	525.00 2500t/年 (按 2100 元/t)
	3. 供气、供	786.00 气 1500 万 $\text{m}^3/\text{年}$ (按 0.3 元/ $\text{m}^3$ )、热

入	热		28000t/年 (按 120 元/t)
	4. 碳指标交易	180.00	25000t/年, 每吨 8.1 欧元 (已签合同)
生 产 成 本	1. 原料	1050.00	每吨 350 元
	2. 电耗	204.00	发电系统自用动力电 400KW*7000 小时
	3. 人员工资	212.50	85 人, 年平均工资每人 25000 元
	4. 维修费用	84.00	按总投资额 2% 年计算
	5 环保、折 旧费	330.00	指工程装备清理费, 按总投资额 15 年摊销
	6. 利息及其 它	250.00	2000 万元贷款计息
	税收	250.00	
	总成本	2380.50	
	净利润	1154.50	

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位: 高邮市林源科技开发有限公司

通讯地址: 江苏省高邮市界首镇工业区

邮政编码: 225600

联系人: 宋欣

联系电话: 18652773322

E-mail: shengweidong001@sina.com

## 典型案例（二）

### 案例名称:

生物质移动床热解炭气油多联产技术

### 项目概况:

生物质热解多联产技术，以农业秸秆等剩余物为主要原料，由公司与华中科技大学煤燃烧重点实验室据中国国情用吃干榨尽的理念、分布式阶梯利用能源模式联合研发。采用焦炭复合活化、热解油催化调质与分组富集、热解气净化与品质提升等技术实现对目标产物的精确调控和高效提质，同时实现炭、气、油的高效、高值化多联产，以及气、电、热多联供。技术历经 5 年研发，经过实验室小试、建立中试装置，最终在 2013 年与鄂州建成示范基地，打通工艺技术，实现了工业化应用，并开始在全国推广复制，应用到十余个绿色能源示范项目。该项目技术 2013 年 7 月 22 日得到了中共中央总书记、国家主席习近平的亲临考察与肯定；2013 年 12 月通过了国家能源专家的评审，被认定为“处于国内领先水平，国际未见同类工艺技术”；同年依托该技术，公司被国家能源局批复为国家能源生物燃气高效制备及综合利用技术研发(实验)中心；2014 年 6 月该技术荣获联合国工业发展组织颁发的全球可再生能源领域最具投资价值的领先技术“蓝天奖”。

### 主要工艺原理:

本项目以连续式热解装置对干燥后的生物质原料进行热裂

解，产出木质炭和热解混合气，再将热解气体通过空冷、水冷等分级分离回收系统，分离出生物质燃气、木焦油和木醋液。具体过程包括：

1、以农作物秸秆为主的生物质原料，经过破碎加工为尺寸<5cm的热解原料，经皮带输送到余热烘焙炉干燥为含水率<10%，经提升斗送入热解炉。

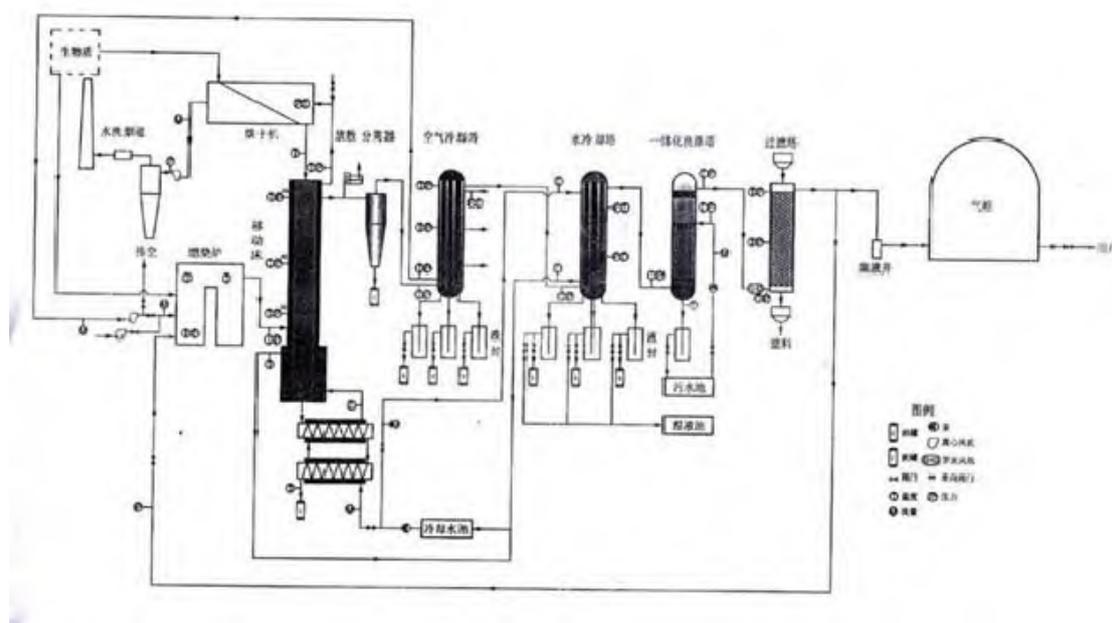
2、热解加热介质为燃烧炉产生的高温烟气，燃烧炉燃烧产生的高温烟气通过掺入冷风进行调温，达到要求的烟气温度后通过烟道送入热解炉对秸秆进行加热热解；热解炉内采用间接加热方式，热解炉内热解温度约为 500℃；热解炉排出的烟气温度较高，继续送入余热烘焙炉对湿秸秆进行干燥。

3、进入热解炉的原料经过布料机的配送，生物质原料均匀的分配到各个移动床热解管中，生物质原料在热解炉中吸收供热烟道传送的热量依次进行深度干燥、预炭化、热解等过程，热解管内从上至下温度保持在 200~600℃。热解产生的热解气逆着生物质物料从热解炉的出气口进入到后续的空冷、水冷等提质净化系统。热解完毕的生物炭自上而下依次经过生物炭冷却过渡段、生物炭空冷室、生物炭水冷室，温度逐渐降为 100℃，然后通过出料仓进入到木炭收集室中。

4、热解气出口温度为 200℃，空冷塔运行温度为 150~200℃，热解气中的高冷凝点焦油在此冷凝，重质焦油由重质焦油收集罐收集。剩余的热解气进入到运行温度为 50~150℃的水

冷塔，轻质焦油在此冷凝，并由轻质焦油收集罐收集。热解气再进入到运行温度为环境温度的醋液喷淋塔中，大量水分和酸类物质在此冷凝，醋液进入到醋液收集池中，冷却后可被循环泵送入醋液喷淋塔中成为冷却介质。

5、不冷凝可燃气体通过引风机送入燃气过滤塔，脱除大部分杂质后，进入电捕焦器，进一步脱除所含的微量焦油后，送入储气柜中储存，供生活燃用或内燃机发电。



### 关键技术或设计创新特色：

1、实现了生物质全组分高值化利用，将生物质“吃干榨尽”，克服了现有生物质转化技术产品单一、品位低、经济性差、市场竞争力不强的缺陷，同时避免了污染物排放。

2、生物质原料在移动床内依靠自身重力移动实现生产的连续，没有复杂的机械运行装置，系统连续运行，可靠性高，同时自动化水平和生产能力较现有技术大幅提高。

3、生物质原料在移动床内依次经历深度干燥、预炭化、深度热解、活化、冷却等过程，炭产品品质可灵活调控，满足不同应用需求。

4、在移动床内通过控制反应条件使部分 CO 发生甲烷化反应，同时在燃气净化系统中通过吸收部分 CO<sub>2</sub> 进一步提高燃气中的甲烷含量，使燃气热值和安全性大幅提升。

5、通过严格控制热解气冷凝的温度区间，分级得到富集了不同组分的液体产物，进一步提升液体产物的利用价值，减少了二次污染发生的可能性。

6、移动床和冷凝系统采用强化传热设计，一方面提高传热效率，另一方面精确控制各过程温度，同时充分利用余热，实现能量梯级利用，系统能源利用效率高。

与现有技术相比，本技术生产强度提高 4 倍以上，能耗降低 50%。本技术通过了湖北省发改委组织的国内生物质能源专家的评审，评审意见认为：

“该工艺具有原料适应性强，生产工艺具有独创性，产品多元化，能源转换效率高的特点，符合我国国情。经专家组评估认为，该技术处于国内领先水平，国际未见同类工艺技术。”

“该项目主要利用农作物秸秆为原料，生产生物燃气、生物炭和生物油，产品用于集中供气、供电、供热，项目的建设和运营均可实现标准化、模块化和市场化，可在我国新农村建设和小城镇建设中发挥重要作用，具有很好的示范意义。”

“项目建设符合国家产业政策和本地的发展总体战略。实施该项目，可为我国小城镇建设和新农村建设提供一个新的能源供应发展模式，为发展分布式能源站提供了一条较为可行的技术路线和生物质资源综合利用的新途径。”



鄂州生物质热解多联产示范项目实景图

### 主要技术指标:

本技术以农业秸秆剩余物为原料，通过热解实现炭、气、油的多联产及气、电、热的多联供，能源利用率 78.9%。炭产率  $\geq 35\%$ ，热值  $\geq 20\text{MJ/kg}$ ；热解气产率约 25%，热值  $\geq 12\text{MJ/m}^3$ ；生物油产率  $\geq 30\%$ ，富含糠醛、苯酚等物质。

### 投资及运行效益分析:

以年处理 10 万吨农业秸秆为例，项目投资 2 亿元，年工作 7000 小时。年产生物质燃气 1100 万  $\text{m}^3$ 、生物质炭 1.3 万吨、焦油 1900 吨、发电 870 万千瓦时，供气 6000 户。并生产成型燃料 4 万吨。

项目经济效益显著。每吨秸秆热解后，约产燃气 300m<sup>3</sup>、产炭 300 公斤、产生物质醋液 250 公斤、产生物质焦油 50 公斤。燃气价格 1.5 元/ m<sup>3</sup>、普通炭价格 3000 元/t、醋液 600 元/t、焦油 2000 元/t。产物价值 1600 元。除去原料、人工、水电、折旧及税收等成本，处理 1 吨秸秆利润约 300 元。成型燃料 1 吨售价 1000 元，除去成本，每吨利润 200 元。项目达产后，年销售达 1.2 亿元，利润 2000 余万，年税收可达 600 万元。

项目能源、环境及社会效益显著。为周边 6000 户农户供气，利用剩余燃气热电联产，为周边社区供电、供热，实现居民炊事、取暖燃料清洁化。还可用于工业锅炉、窑炉改造，为之提供清洁的生物燃气。项目年转化秸秆 10 万吨，区域辐射 30 万亩。可从根本上杜绝秸秆露天焚烧现象。为工业锅炉、窑炉供气，也可从源头减少颗粒物等污染物的排放。项目年可减少二氧化碳排放 14 万吨，减少二氧化硫排放 1200 吨。每吨 300 元的价格收购农作物秸秆，农户每亩可增收约 200 元，辐射 3 万户，可直接为农民年增收约 3000 万元。创造就业岗位 400 多人。

#### 用户意见：

生物质原料连续送入热解炉，生产的燃气、焦油及生物质炭均连续排出热解炉，因此工艺简化，工人劳动强度降低，供气规模扩大，并且可以根据市场需求，灵活调整各产品产量，经济效益显著增强。本系统实现了连续式生产生物燃气、生物木炭和生物油的目标，所得产物品质稳定，不仅适用于新农村建设过程的

分布式供能需求，还具有很高的经济效益，将大大推动生物质能产业的发展。目前该技术应用到全国十多个绿色能源示范项目，并已建设了生物质热解多联产的关键成套设备制造基地，将填补国内生物质能源高端装备的市场空白，加快技术应用推广步伐，并提高国际市场竞争力。本技术实施项目的“建设和运营均可实现标准化、模块化和市场化”，因此具有广阔的市场发展前景。

**技术信息咨询单位及联系方式：**

联系单位：武汉光谷蓝焰新能源股份有限公司

通讯地址：武汉东湖新技术开发区佛祖岭三路 29 号

邮政编码：430205

联系人：肖全生

联系电话：027-87450095

E-mail: [hubeilanyan@163.com](mailto:hubeilanyan@163.com)

## 典型案例（三）

### 案例名称

农业废弃物气热电联产应用技术

### 项目概况

以农作物秸秆及畜禽粪便为原料，采用自主研发的车库型干发酵工艺生产生物燃气，发酵剩余的沼渣经过干化后送入生物质锅炉实现热电联产。技术产品经过多年的研发、中试试验，目前已获得发明专利 3 项，实用新型专利 7 项，并通过了黑龙江省科技厅成果鉴定。2013 年在黑龙江省宾县实现了产业化应用，目前已在通河、尚志等多县市推广。

### 主要工艺原理

农村农作物秸秆及畜禽粪便经过收集、转运后送入资源再生利用中心，其中农作物秸秆通过粉碎后运送至黄贮窖压实贮存，达到工艺要求的黄贮秸秆连同收集的畜禽粪便混合均匀后利用铲车铲运至车库型发酵仓中，厌氧干发酵产生的沼气经提纯后生产生物天然气，生物天然气可直接接入城市燃气管网或进入汽车加气站；发酵产生的沼渣经干化后送入电厂，用于生物质热、电联产，电能可按照国家分布式能源相关政策接入国家电网，热能部分除自用外，可为周边企业或居民供热。

### 关键技术或设计创新特色

（1）该技术实现了秸秆利用和秸秆存储的有机结合。该技术采用黄贮方式存储秸秆，不仅可以减少秸秆原料的有机质损

失,同时还能大大缩短秸秆厌氧发酵周期,提高原料的产气效率;该技术贮存农作物秸秆不仅占地面积小,同时还规避了秸秆存储时可能导致的火灾风险。

(2) 该技术实现了秸秆利用过程中能源高度自给。该技术通过对生产过程中各种资源的循环和高效利用,实现了生产过程能源的高度自给,其中热能可保障生物天然气的稳定生产,电能可满足厂区所有用电设备负荷,燃气也可作为厂内车辆的驱动能源使用,所以该技术可以以低廉的生产成本生产出市场需求的生物天然气、热、电等清洁能源。

(3) 该技术实现了秸秆从低值到高值的梯度利用。该技术通过对农作物秸秆组分的深入分析,充分利用其可发酵部分生产清洁燃气,同时利用其高热值组分生产电能,该技术应用后吨秸秆能量总产出可达  $6.65 \times 10^6 \text{KJ/t}$ , 远高于秸秆直燃发电的  $2.96 \times 10^6 \text{KJ/t}$ 。

### 主要技术指标

以日产生物天然气 4 万  $\text{m}^3$ 、装机容量 6MW 的气热电联产项目为例,该项目年可处理农作物秸秆 10 万吨,年可生产生物天然气 1400 万  $\text{m}^3$ ,可实现年发电量 4800 万度,可利用余热  $25 \times 10^4 \text{GJ}$ 。

### 投资及运行效益分析

以日产生物天然气 4 万  $\text{m}^3$ 、装机容量 6MW 的气热电联产项目为例,工程总投资 1.6 亿元,年可处理农作物秸秆 10 万吨,项目达产后年产 BNG 生物天然气 1400 万  $\text{m}^3$ 、输出电能 4800 万度、

可利用余热  $25 \times 10^4 \text{GJ}$ 。年实现销售收入 10100 万元，年均总成本 4586 万元，利润 5514 万元，税金 1954 万元，每年减排二氧化碳 8.52 万吨，节约标煤 3.4 万吨，具有显著的经济效益和环境效益。

## 用户意见

农业废弃物气热电联产应用技术目前已在黑龙江省宾县、通河、尚志等地得到了广泛应用，该技术得到了黑龙江省、哈尔滨市以及项目所在地政府的高度认可。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：黑龙江龙能伟业环境科技股份有限公司

通讯地址：哈尔滨市松北区科技创新城创新三路 600 号科技大厦 17 楼 1708 室

邮政编码：150000

联系人：李剑

联系电话：0451-51941466-611

E-mail: loonggas@loonggas.com

## 8. 农作物秸秆生物转化制备燃料乙醇工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

同步生物加工法 (CBP) 制备生物乙醇

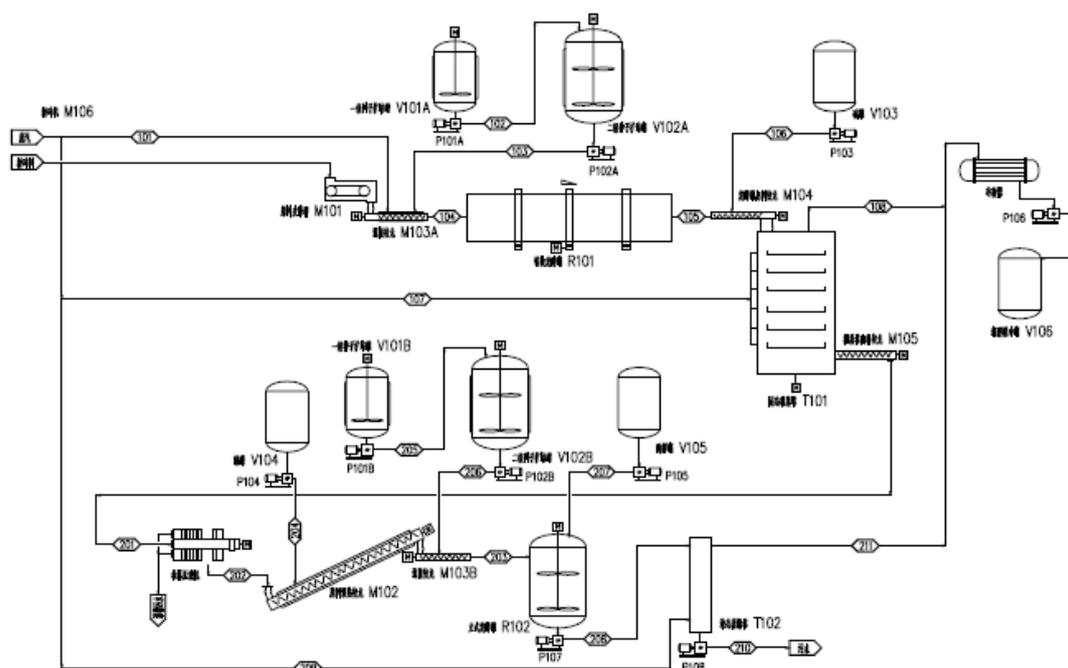
#### 项目概况

2015 年 4 月在实验室建立安装了一套 CBP 发酵设备，已经开始进行小试和中试规模技术运行的可行性论证；2015 年 7 月在山东龙力生物科技股份有限公司安装了 800L 乙醇生产装置，目前正在安装调试乙醇提取装置，2015 年 9 月将在山东龙力生物科技股份有限公司进行整套中试生产线的试运行和调试工作，其他准备工作目前正在有序进行中。

#### 主要工艺原理

本项目集甜高粱秸秆碱蒸馏预处理、纤维素降解菌群降解糖化、乙醇发酵、CBP 发酵工艺设备的研发和加工于一体，将甜高粱秸秆转化为乙醇，同时本项目将 1.5 代甜高粱乙醇与 2 代纤维素乙醇联合到一起。主要工艺原理如下：粉碎后的新鲜甜高粱秸秆在卧式发酵罐中发酵后将秸秆中的糖转化为乙醇，利用特殊设计的碱蒸馏设备对发酵后的甜高粱秸秆进行碱蒸馏预处理，将发酵料中的乙醇分离出来的同时也脱除秸秆中的大部分木质素，使秸秆中的纤维素和半纤维素暴露出来，然后利用纤维素降解菌群将预处理后的甜高粱秸秆转化为可发酵糖进一步发酵转化为乙醇，通过对相关菌群和发酵转化工艺的优化，提高可发酵糖的得

率和乙醇产率，提高产物耐受性；研究并建立与 CBP 发酵工艺相适应的实验室和中试规模的预处理、发酵、提取设备，经过小试、中试构建纤维素乙醇中试生产工艺，在此基础上在山东龙力生物科技股份有限公司建设一条中试生产线。



CBP 工艺流程图



龙力生物中试车间效果图

## 关键技术或设计创新特色

●本项目创新性的将 1.5 代甜高粱乙醇与 2 代 CBP 工艺纤维素乙醇融合在一起，有效地提高了设备利用率并降低了生产能耗。

●为保证甜高粱秸秆 CBP 工艺转化为乙醇中试生产线的顺利开展，首先研究开发了一套能够监测多项发酵参数的实验室用多功能发酵设备，为工艺的研发、发酵参数的确定奠定了理论基础。

●为保证甜高粱秸秆 CBP 工艺转化为乙醇中试生产线的顺利开展，首先研究开发了一套能够监测多项发酵参数的实验室用多功能发酵设备，为工艺的研发、发酵参数的确定奠定了理论基础。

●CBP 工艺生产纤维素乙醇是将木质纤维素酶解、糖化、乙醇发酵等过程融为一体，具有发酵周期短、设备利用效率高、生产能耗低等技术优势，针对甜高粱秸秆 CBP 工艺转化为乙醇的技术特点，研究开发了具有诸多创新和高技术含量的发酵工程设备，保证该项目顺利进行，也是进一步开发创新的实践基础。

## 主要技术指标

获得适应秸秆类木质纤维素高效分解和发酵高产乙醇菌群 2 组，CBP 工艺产乙醇工艺技术 1 套；经预处理后的秸秆发酵产乙醇时间控制在 72 小时以内，秸秆中半纤维素、纤维素糖化率大于 90%，乙醇收率不低于理论值的 90%；建立了综合利用甜高粱秸秆生物组合技术 800L 乙醇生产装置。

## 投资及运行效益分析

本项目一期投资约 90 万元。

因该项正在顺利的积极安装、调试过程中，暂时不能进行运行费用的统计核算。

## 用户意见

本研究项目目前进展顺利，中试生产线正在积极的安装、调试过程中。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：清华大学

通讯地址：北京市海淀区清华园 1 号

邮政编码：100084

联系人：范桂芳

联系电话：010-89796023

E-mail: fanguifang@tsinghua.edu.cn

## 典型案例（二）

### 案例名称

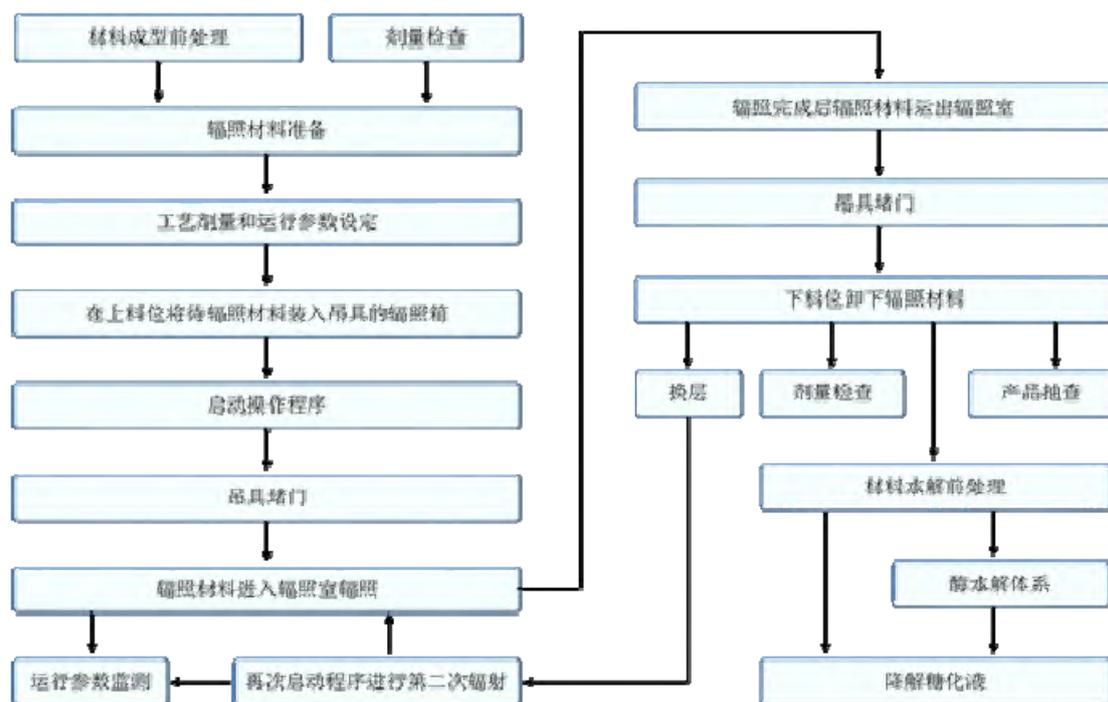
基于射线辐照处理的秸秆降解糖化新技术

### 项目概况

本工程位于湖南省长沙市，2012年开始实施，2013年开始建设射线辐照处理系统，主要包括辐射源的改造、安全防护体系的优化、物料装载和传输系统的改进等；2014年射线辐照处理系统试运行，共占地28亩；2015年完成处理系统的正常运行和技术的研发。项目集成了射线辐照处理、高温酶创制、酶水解、在线分离等工艺技术，建立了适合芦苇、芒草、稻草、玉米秸秆等生物质特点的降解糖化新技术体系和降解平台，为纤维生物质的能源化利用提供了新的理论、技术和中试平台。

### 主要工艺原理

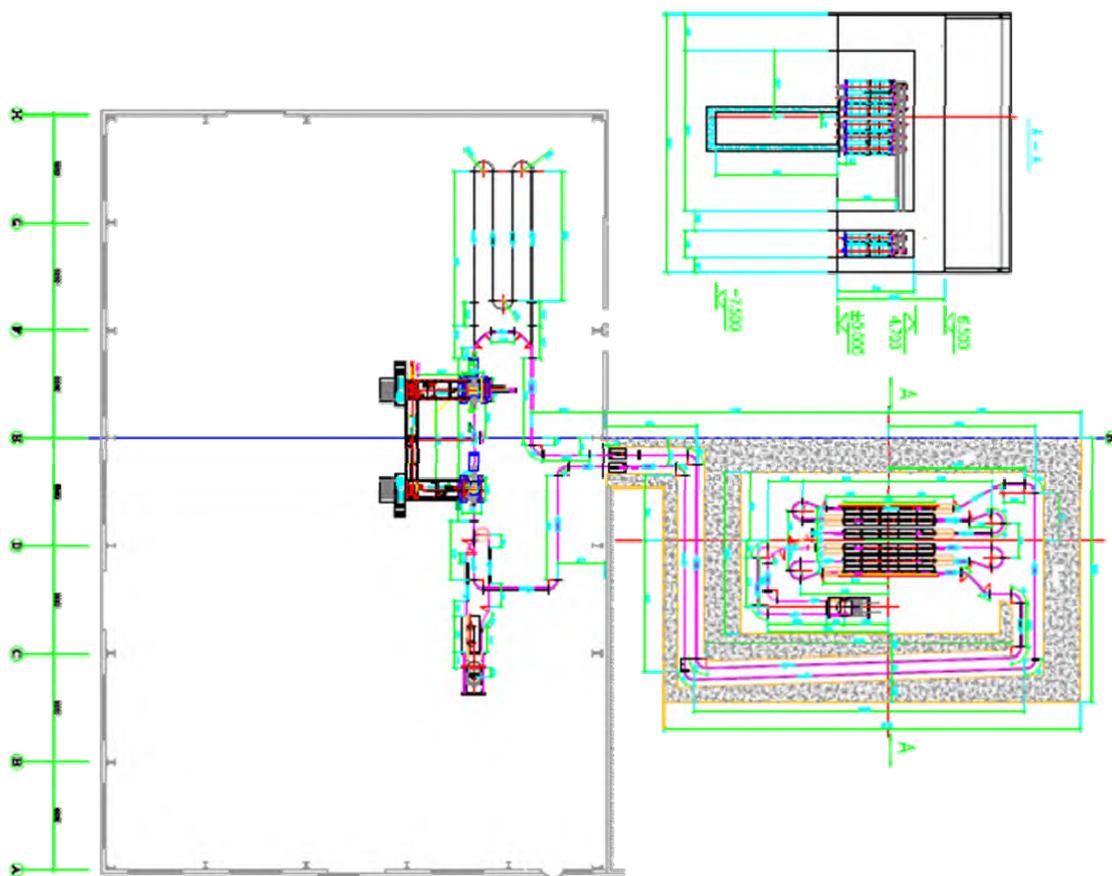
项目采用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对秸秆材料进行辐照处理，并集成酶水解等技术，主要工艺原理如下：将农业废弃物秸秆打捆成一定密度和一定体积的方块，装载到辐照物料箱中，通过自控物料输出链送入辐照场进行堆积式动态辐照，秸秆材料木质纤维素结构遭到破坏，部分实现直接降解糖化。经射线辐照处理后的秸秆材料接着通过水解前处理工序，然后再进入以生物酶为核心的水解体系，最后获得以单糖为主的降解糖化液。



工艺流程图

### 关键技术或设计创新特色

- 采用射线辐照技术处理秸秆，具有操作简单、效果显著、无污染、常温和常压下进行、适合工业化应用等优点。
- 针对秸秆等木质纤维素材料的特点，通过改进物料装载和传输系统、辐射源装载容量和分布、运行自动控制、安全防护等装备体系，提高了辐照处理的安全性、处理能力和效率。
- 建立农业废弃物秸秆专用辐照处理系统，特别是双板源装置的改造应用，大大提高了系统的处理量和能量利用率。
- 集成了射线辐照处理、高温酶创制、酶水解、在线分离等工艺技术，大大提高了秸秆的降解糖化效率。



射线辐照处理系统布局



射线辐照处理现场图

## 主要技术指标

本项目射线辐照处理系统每批次处理秸秆原料 45 m<sup>3</sup>，秸秆棕纤维素降解率超过 90%，酶水解产还原糖得率超过 500mg/g。

## 投资及运行效益分析

本工程总投资约 5000 万元。

本技术服务秸秆纤维生物质开发利用领域，与传统的处理方法相比，本技术过程对环境无污染，处理装置都在常温常压下运行，操作简单，适合工业化放大应用。秸秆材料经射线辐照处理后，重量损失率仅为 1-4%，远低于其它的预处理方法。本项目的运行费用主要为辐射源的补充。

## 用户意见

本项目射线辐照处理系统运行良好，无任何环保事故。项目技术指标优良，在秸秆纤维生物质开发利用领域具有广阔的应用前景。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：湖南农业大学

通讯地址：湖南省长沙市芙蓉区农大路 1 号

邮政编码：410128

联系人：苏小军

联系电话：0731-84617191

E-mail: [suxiaojun5606@163.com](mailto:suxiaojun5606@163.com)

## 典型案例（三）

### 案例名称

年产 3000 吨秸秆燃料乙醇多联产生态产业链示范工程

### 项目概况

本项目于 2006 年在山东东平建成投产，建立了规模为 3000t/年的以秸秆燃料乙醇为目标产品，同时通过生物炼制技术实现秸秆分层多级联产沼气、纸浆、木质素基酚醛树脂、生态肥等产品的生态产业链。该生态产业链实现了无废水、废弃物排放的秸秆全生物量利用。本项目年利用秸秆 2.4 万吨，在生产 3000 吨乙醇的同时，联产沼气  $3.12 \times 10^6 \text{m}^3$ 、木质素 1920 吨、纸浆 3840 吨，发酵渣 6000 吨。为万吨级秸秆纤维素酶解发酵燃料乙醇示范生产线建设提供了可行性参考和基础数据。

### 主要工艺原理

本项目采用汽爆耦合机械梳分技术和固相酶解发酵技术，主要工艺原理如下：秸秆切断后进行汽爆梳分分级，得到半纤维素、长纤维和短纤维。半纤维素用于发酵生产沼气。长纤维通过稀碱萃取得到纤维素和木质素；纤维素用于制备纸浆，木质素替代苯酚生产酚醛树脂。短纤维通过固相酶解发酵技术生产乙醇和二氧化碳，产生的酶解残渣用于燃烧供热。

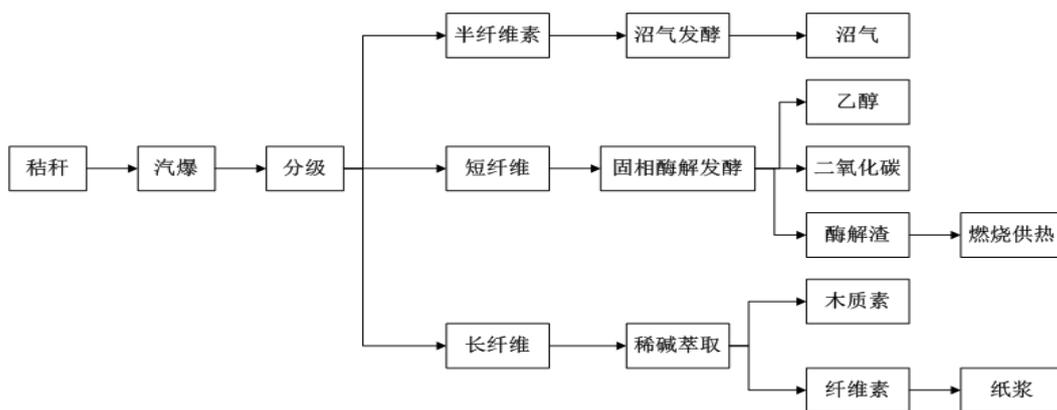
### 关键技术或设计创新特色

- 建立了汽爆-机械分梳-组合预处理新工艺与成套装置，实现了半纤维素、木质素与长纤维的综合利用，通过组分全利用使

降低了秸秆乙醇的综合成本。

● 发明适于秸秆固相物料特性的固相酶解发酵耦合分离新技术，充分发挥固态发酵节水节能优势及酶解发酵分离三重耦合作用，在工程上为降低纤维素酶用量和乙醇蒸馏成本开创新途径。

● 建成与 3000 吨秸秆乙醇配套的半纤维素发酵沼气、高纯度木质素提取及其膜分级分离转化酚醛树脂胶、长纤维制浆、短纤维酶解发酵乙醇中试生产线，实现了秸秆的资源化综合利用。



秸秆燃料乙醇多联产生态产业链工艺原理图

### 主要技术指标

本项目各产品质量均达到国家或行业标准要求。秸秆燃料乙醇多联产生态产业链示范工程的配套生产线，使秸秆酶解发酵燃料乙醇的综合成本降低 15%左右。



固相酶解发酵设备现场图

### 投资及运行效益分析

3000 吨乙醇联产沼气、纸浆、木质素胶项目总投资为 3500 万元。

本项目水、电、汽、人工等直接生产成本为 1510.7 万元，设备折旧费 175 万元/年，年利税为 978.728 万元，投资利税率为 27.9%，回收期为 3-4 年。

## 用户意见

本项目自投产运行，各项技术指标优良，无任何环保事故。秸秆得到综合利用，农民增收，同时为农民提供了新的就业岗位。具有显著的社会效益和环境效益，具有一定的经济效益，是值得推广应用的示范工程。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国科学院过程工程研究所

通讯地址：北京市海淀区中关村北二街1号

邮政编码：100190

联系人：王宁

联系电话：13811932032

E-mail: wangning8403@163.com

## 9. 秸秆热解制备生物柴油工程

### 案例名称

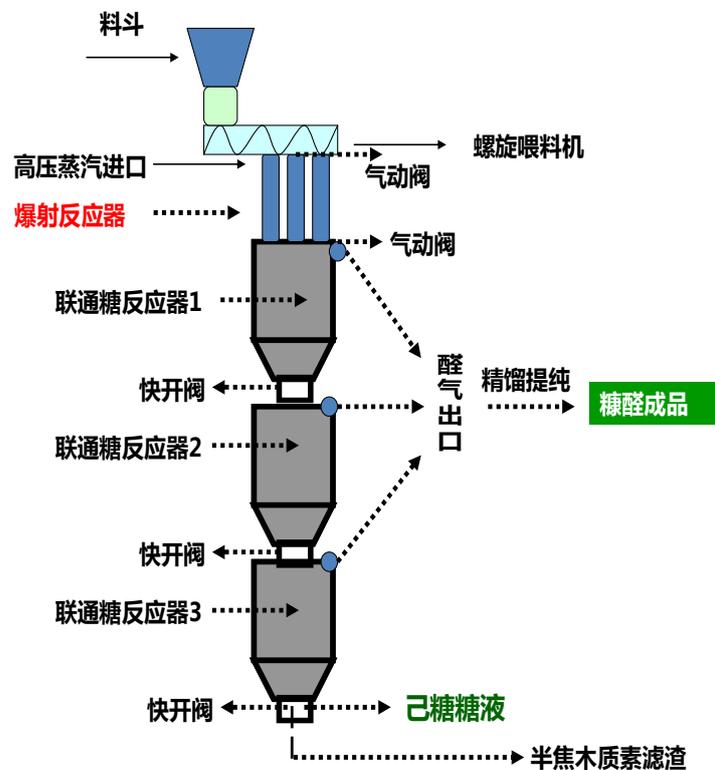
秸秆炼制生物柴油及其综合利用产业化示范工程

### 项目概况

本项目是以秸秆类生物质为原料，经连续水解工艺生产己糖糖液、副产糠醛；己糖糖液用于生产微生物油脂；微生物油脂经亚临界酯交换反应器生产脂肪酸甲酯生物柴油。利用以上工艺，完成产业化生产线建设。形成万吨级生物质水解、万吨级亚临界酯交换生产规模。

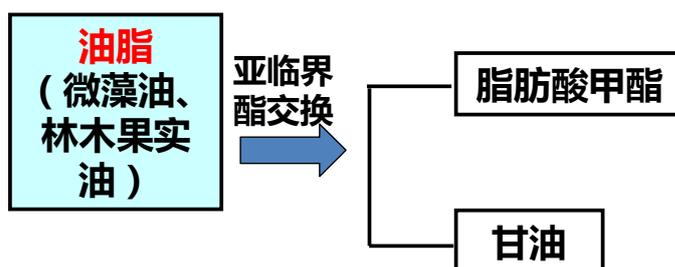
### 主要工艺原理

● 秸秆水解工艺：利用气爆和水解原理，将秸秆中的半纤维素转化为糠醛，纤维素转化为己糖糖液。反应原理图如下：



水解流程图

● 油脂亚临界酯交换生产生物柴油



油脂亚临界酯交换生产生物柴油流程图

### 关键技术或设计创新特色

●原料廉价易得、可大容量进料，快速、连续地将半纤维素和纤维素转化为糠醛和乙酰丙酸。

●过程绿色、能耗低、产率高、成本低。纤维素转化己糖的产率达到理论值的 90%，戊糖转化糠醛的产率达到理论值的 72-85%。

●秸秆水解效率达到 100%，生物质中的戊聚糖转化为糠醛（达到理论转化率的 70%），聚己糖转化为己糖糖液。

●油脂转化率接近 100%，产品回收率达到 95%以上。

### 主要技术指标

（1）秸秆水解效率达到 100%，生物质中的戊聚糖转化为糠醛（达到理论转化率的 70%），聚己糖转化为己糖糖液。

（2）油脂转化率接近 100%，产品回收率达到 95%以上。

### 投资及运行效益分析

项目总投资 3200 万元，包括生产线建设、辅助设施建设。

1 吨生物柴油的生产成本是 6500 元，同时副产甘油、糠醛

等产品，综合成本低于 3600 元，市场竞争力较大。

### 用户意见

本装置投运至今，各项技术指标优良，产品综合成本较低，是值得推应用的示范工程。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：金骄特种新材料（集团）有限公司

通讯地址：内蒙古包头稀土高新区万水泉

邮政编码：014030

联系人：张维

联系电话：13811667375

E-mail: [beijingjinjiao@sina.com](mailto:beijingjinjiao@sina.com)



**连续沸腾水解车间**

连续沸腾水解车间

## 10. 生物航空燃油制备工程

### 案例名称

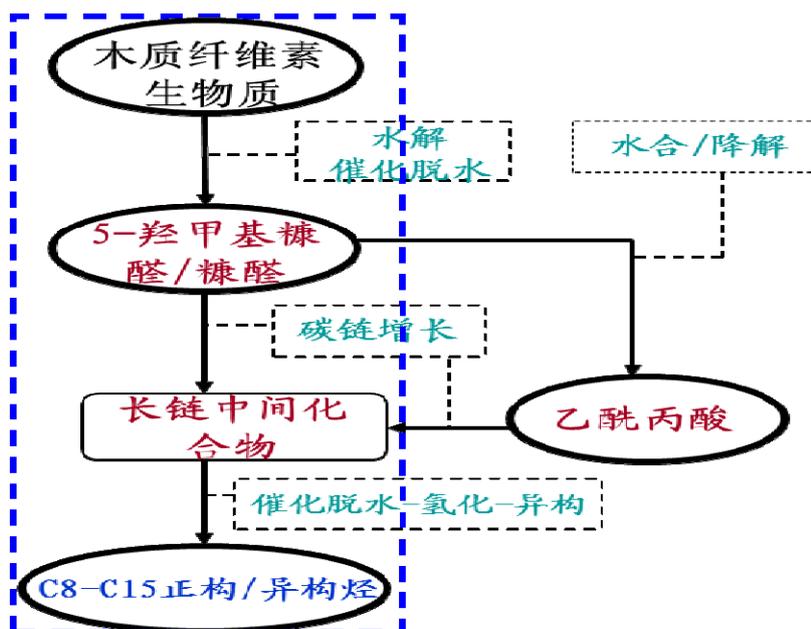
生物质水相催化合成生物航空燃油百吨级示范工程

### 项目概况

本工程于 2012 年 1 月开工建设，2014 年 12 月研制成功国际首套纤维素类生物质水相催化合成生物航空燃油中试系统，首次开车成功并试运行；以玉米秸秆等木质纤维素类生物质及木薯等非粮生物质为原料，产出首批油品经国家权威机构-石油石化产品质量监督检验中心（广东）检测达到国际生物航空燃油 ASTM7566 标准，整体技术水平达到国际领先。

### 主要工艺原理

采用木质纤维素类生物质高效水解及水解液水相催化合成生物航空燃油技术路线。主要工艺原理如下：采用稀酸水解工艺，将木质纤维素分级解聚为糠醛/5-羟甲基糠醛等水溶性平台化合物，再经碳链增长合成长链中间化合物（生物航空燃油前体），而后在油水两相中催化脱水-氢化-异构合成 C8-C15 正构与异构烃为主的生物航空燃油。利用烃与水不互溶的特性，实现与水相反反应体系相分离以及水循环重复利用。整个课题采用的是先定向解聚木质纤维素大分子为目标功能性单体（糠醛/5-羟甲基糠醛），而后在水热环境下分子拼接组合制取分子碳数在航油范围内的长链异构烃。



本项目技术路线图

### 关键技术或设计创新特色

- 采用木质纤维素类生物质的水解液直接羟醛缩合碳链增长与控制新技术，五碳糖和六碳糖经酸催化脱水以及碱催化羟醛缩合控制碳链增长分布在航空燃料的碳链长度范围内，高选择性合成水溶性C8-C15中间化合物的系统工艺；使用生物质水解产物乙酰丙酸为缩合模板，避免石油化工原料丙酮的使用，碳链增长中间体易于分离，降低了分离成本和能耗，同时提高了生物质原料的利用率。

- 采用碳链异构化调控新技术，调控金属/酸双功能催化剂，利用连续式脱水-氢化-异构化反应系统，实现 C8-C15 中间化合物异构化的调控，调变生物航空燃油的低温流动、喷雾燃烧等综合性能。

- 采用具有完全自主知识产权的纤维素生物航空燃油工艺的集成工艺系统，偶联集成稀酸水解工艺反应系统、水解液羟醛

缩合和碳链增长反应系统、催化脱水-氢化-异构合成生物航空燃油反应系统以及高压氢循环系统，通过单元过程匹配优化，建立年产百吨级生物航空燃油生产集成示范中试系统，开发C8-C15中间化合物低温高效分离，氢化与异构化反应在供氢溶剂中进行的新路线，显著降低加氢过程能耗，大大提高系统的总能效，降低生物航空燃油生产成本。



案例现场中试装置图

### 主要技术指标

建成百吨级的生物航空燃油中试示范系统，获得了具有完全自主知识产权的整套工艺系统，初步实现了8吨干基生物质生产1吨生物航空燃油，生物航空燃油中C8-C15正构及异构烷烃选择性达85%以上，油品经国家权威机构检测达到国际生物航空燃油ASTM7566标准。

### 投资及运行效益分析

本项目总投资约1840万。

本工程为生物质水相催化合成生物航空燃油百吨级示范工程，根据2014年12月至今的实际运行情况，水、电、气、生物质原料、催化剂、燃料、管理、人工等运行费用77.7万/年，固

定投资成本 95.7 万/年，年折旧维修费用约 18.0 万/年（15 年使用年限），生物质航油成本约 0.96 万/t。

#### 用户意见：

本项目投产运行后，各项技术指标优良，无任何环保和安全事故，系统运行效率达到设计要求；航油油品各项指标检测合格，达到生物航空燃油标准；目前正与美国波音公司展开合作，建立生物质水相化学催化合成生物航空燃油的 ASTM 国际标准，为生物航空燃油的飞机发动机性能测试和试飞奠定基础，为产业化提供保障。

#### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国科学院广州能源研究所

通讯地址：广州市天河区五山能源路 2 号

邮政编码：510640

联系人：王铁军

联系电话：13533210960

E-mail: wangtj@ms.giec.ac.cn

## 11. 生物质裂解液化工程

### 案例名称

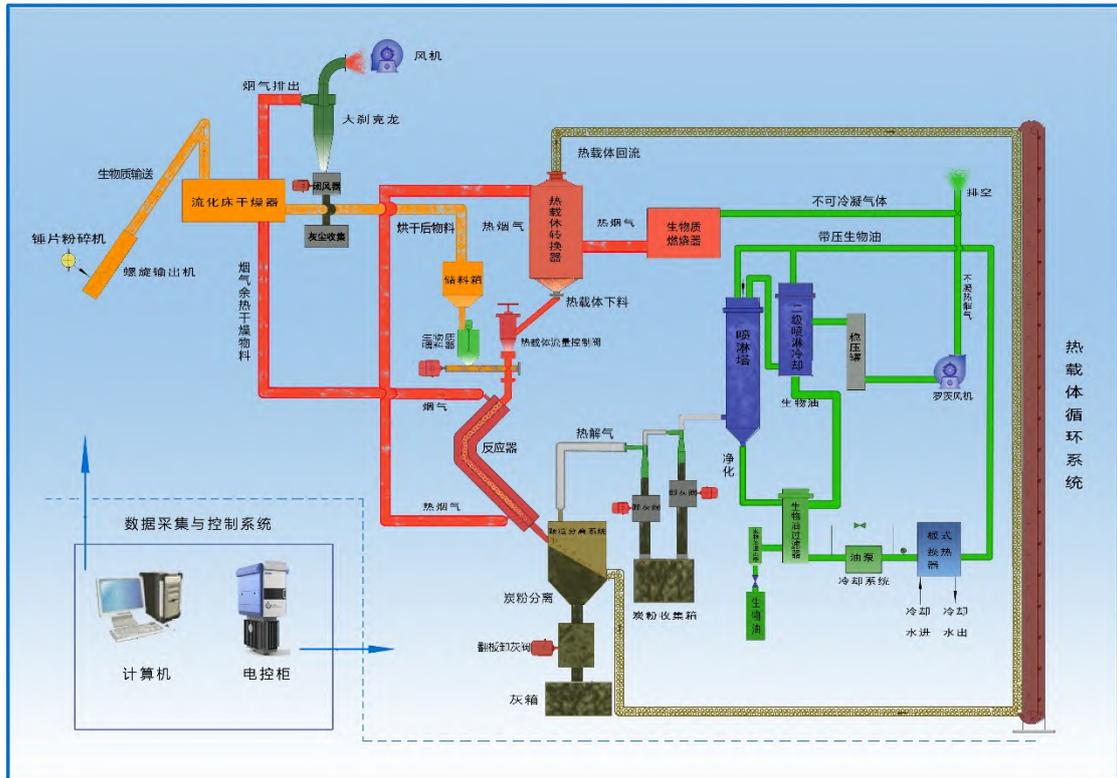
300kg/h 生物质裂解液化工程

### 项目概况

本工程于 2012 年 6 月开工建设，采用独创的具有完全自主知识产权固体热载体循环加热下降管生物质裂解液化工艺，于 2013 年 12 月完成试运行。本项目的核心关键技术获 2013 年教育部高等学校科技奖励技术发明奖二等奖和全国商业科技进步奖一等奖。

### 主要工艺原理

研发了一种具有完全自主知识产权、自动化程度高、可靠性和稳定性强的固体热载体循环加热生物质热裂解液化工艺，主要工艺原理如下：生物质原料首先经过粉碎机粉碎成粉状，通过加热热载体后排出的废烟气余热去除生物质中游离水分，利用燃烧生物质以及热解炭、不可冷凝热解气将陶瓷球固体热载体加热到 550℃ 以上，热载体与粉碎、干燥后的粉状生物质一起被送入反应管，二者在反应器中混合流动传热实现生物质快速热裂解，热解气经分离除尘后被迅速冷却，得到液体生物油。热解后的炭粉和不可冷凝气体作为加热固体热载体的热源加以利用，同时反应管以系统自身产生的废弃热烟气加热，确保反应温度。本系统环保、运行经济，反应条件易控制，有利于产物稳定，可处理农作物秸秆、林业废弃物等原料，每年可处理 5 千吨以上农林生物质。



300kg/h 生物质裂解液化系统工艺原理图

### 关键技术或设计创新特色

- 采用独创的陶瓷球热载体循环加热下降管生物质裂解液化工艺，实现低成本连续稳定生产生物油，生物油收率高、组分稳定性好，可适应不同原料、场地条件、应用目的的需要。

- 开发了裂解系统所需关键功能组件。生物质粉刮板式喂料机攻克了粉体生物质稳定喂入的难题；射流冷却器和生物质热解液化用层流冷凝器确保了生物油高效收集。攻克了系统热密封、热解炭高温分离技术和热载体循环加热技术，促进了系统节能。

- 创建了生物油/柴油乳化以及发动机应用技术，获得了乳化燃油的配方和乳化工艺，实现发动机稳定可靠燃烧。乳化燃油稳定时间长，发动机排放达到国家标准。

●开发出环保型生物油酚醛胶制备工艺技术，技术和环保指标达到国家标准。

●突破副产品生物炭改良土壤技术，实现生物质综合无害化利用。



案例现场图



### 生物质裂解固体副产品大田施播机 生物油酚醛树脂胶合板制造主要技术指标

生物质裂解液化装置可实现稳定可控生产生物油，液体转化率 $>50\%$ ；生物油乳化燃料稳定性 $>30$ 天，发动机燃用排放特性和动力特性达到国家标准(0#柴油标准)。生物油提质后  $\text{pH}>5$  以上，热值 $>24\text{MJ/kg}$ 。酚醛树脂胶生物油替代率 $>30\%$ ，游离苯酚 $<1\%$ ，

游离醛 < 0.2%，贮存期 > 30 天；生物油酚醛树脂制备的胶合板胶合强度 > 0.70MPa，甲醛释放量 < 0.2mg/L。生物炭施播机施播量：1500-4500 公斤/公顷，播深：5-10 厘米，作业速度：5-10 公里/小时；土壤保墒能力提高 5%以上。

### 投资及运行效益分析

本项目总投资约 2500 万元。

按年处理生物质 5000 吨计算，水、电、原料、管理等运行费用约为 320 万元/年，年折旧费用和维修费用合计约 80 万元，生物油炼制高附加值化学品和液体燃料销售额 800 万元，副产物生物炭销售额 100 万元，年实际经济净效益约为 500 万元。

### 用户意见

本项目在山东高青建立示范装置并实现运行，无任何环保事故。该技术的推广，消耗大量生物质秸秆，一方面增加了农民收入，防止了农民露天燃烧秸秆造成的环境污染，同时也节约了化石能源，社会和经济效益明显。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：山东理工大学

通讯地址：山东省淄博市张店区新村西路 266 号

邮政编码：255000

联系人：易维明

联系电话：0533-2786558

E-mail: yiweiming@sdut.edu.cn

## 12. 生物质微米化高温燃烧工程

### 案例名称

生物质微米化高温技术在工业锅炉中的应用

### 项目概况:

自主开发生物质微米燃料（简称为霄）高效生产及其粉尘云高温燃烧技术，分别在微米燃料外加热生物质裂解气化制备高品质燃气和工业锅炉蒸汽生产中。在工业锅炉应用方面，已经形成生物质燃料生产示范及其在工业锅炉蒸汽生产中的应用示范。

### 主要工艺原理

生物质微米燃料流态化自动化输送和高温高效与无焦油无黑炭清洁燃烧的“固体天然气”燃料技术的优势，代替天然气和燃煤，用作工业锅炉的燃料。

### 关键技术或设计创新特色

生物质微米燃料 1450 度的高温燃烧，达到了固体生物质燃料无焦油无黑炭清洁燃烧的生物质能源技术的最高境界。生物质微米燃料能源瞬间释放，形成生物质高温燃烧，高温促进了燃烧副产物焦油和黑炭瞬间燃尽，从而达到生物质的清洁和高效燃烧；同时，根据斯蒂芬-波尔兹曼理论，生物质微米燃料 1450 度的高温又促进了高效的工业锅炉能源利用效率。其锅炉热效率可以达到 90%，生物质微米燃料的燃烧效率可以达到 97%，总能源效率可以达到 87%，比常规炉排固体燃料锅炉的总能源效率提高 30%。全国工业锅炉保有量为 60 万台，每年消耗国家 7 亿吨标煤的能源，占国家年煤炭产量的 20%。生物质微米化高温技术在工

业锅炉中的应用如果推广彻底，每年可以为国家节约 2 亿吨标煤的能源消耗，直接经济效益 2000 亿元以上，减少 7 亿吨标煤的化石燃料，使国家总的二氧化碳减排量减少 15%以上，并促进国家能源安全，与此同时，工业大量的生物质燃料需求彻底带动三农发展。



霄燃料锅炉系统



霄燃料锅炉先进的燃料供给方式



霄燃料在锅炉中的燃料温度可以到达 1446 度，比燃煤炉排工业锅炉高 300 度，霄燃料的高温保证高的锅炉热效率



霄燃料生产线

### 主要技术指标

生物质微米燃料燃烧温度可以达到 1450 度以上  
锅炉热效率可以达到 90%以上

生物质微米燃料燃烧效率可以达到 97%以上

总能源效率可以达到 87%

环保排放指标达到天然气锅炉的排放指标。

### 投资及运行效益分析

(1) 投资费用：以全国平均锅炉吨位 4t/h 的工业锅炉为例，全套生物质微米燃料高效锅炉系统投资 60 万元，一年收回投资。

(2) 运行费用；每吨蒸汽的生产成本为 180 元左右，比天然气锅炉蒸汽生产成本减少 40%左右。

### 用户意见

在武汉美太康医药材料有限公司应用，用户满意。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：华中科技大学环境学院

通讯地址：武汉市珞瑜路 1037 号

邮政编码：430074

联系人：肖波

联系电话：13607137746

E-mail: xiaobo1958@hust.edu.com

## 五、 材料化工程

### 1. 木塑复合材料制造工程

#### 案例名称

高强度功能化木塑复合材料制造技术

#### 项目概况

以农作物秸秆/木材加工剩余物和废旧塑料为主要原料，通过熔融复合制备高性能木塑复合材料，用于绿色建材和木材加工产业升级换代产品。在十余年木塑基础理论系统研究的基础上，2012年1月启动关键技术、装备和重点产品的产业技术研发，2014年12月形成了高强度功能化木塑复合材料的制造技术体系，阶段性成果获2012年度国家科学技术进步奖二等奖。

#### 主要工艺原理

秸秆等木质纤维原料经定向制备和废旧塑料经再生改性后，通过熔融复合挤出成型制造木塑型材，其中门窗型材进行增强、表面修饰、无缝连接、组装而制造木塑门窗，地板型材进行功能化、表面修饰和二次加工制造木塑功能型地板。

#### 关键技术或设计创新特色

- 研制了木塑复合材料专用木质纤维的定向制备技术，开发了干法木质纤维加工设备和脉冲气流-旋流干燥改性设备。
- 突破高强度有机纤维增强、废旧塑料共混接枝改性等关键技术，改进挤出机螺杆和模具的结构，系统集成建立了高强度木塑复合材料连续挤出成型制造技术。

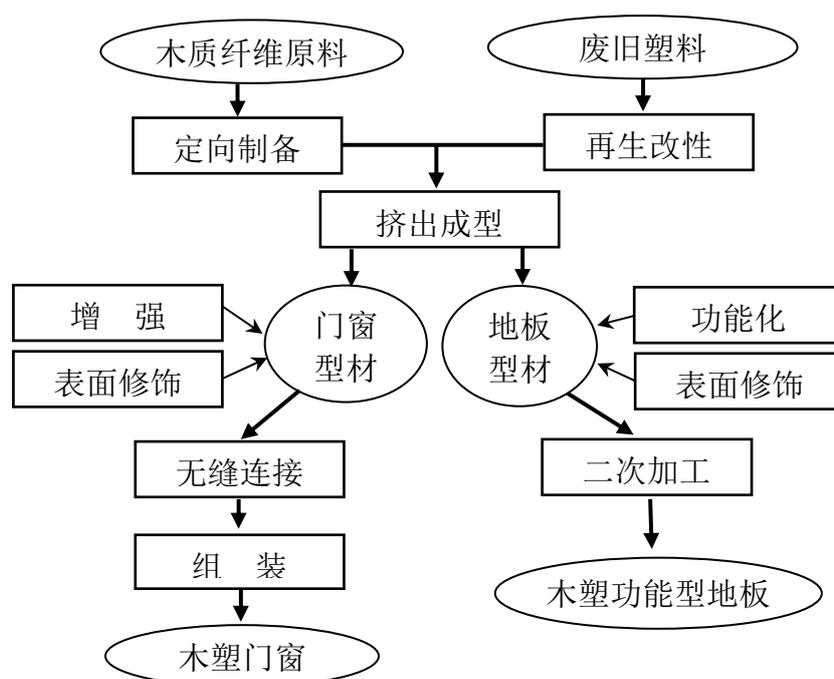
- 构建基于催化成炭的木塑阻燃抑烟协效体系，解决了聚烯烃木塑的高效阻燃抑烟难题；利用导电材料与和膨胀阻燃的协同作用解决了木塑抗静电难题，建立了木塑阻燃抗静电功能化技术体系。

- 通过电阻调控、电磁加热等热熔方法，解决了木塑熔焊难题；采用低温等离子体-偶联剂协同表面处理，解决了木塑快速胶接难题，建立了基于焊接和胶接的木塑快速无缝连接技术。

- 研发了阻燃抗静电功能型木塑地板和木塑门窗。

### 主要技术指标

生产的纤维增强型木塑复合材料抗弯强度达到 78.0MPa、弯曲弹性模量达到 7.0GPa、冲击强度达到 23.8KJ/m<sup>2</sup>，通用型木塑抗弯强度 45MPa 以上。木塑阻燃地板燃烧性能达到 GB8624-2012 规定的 B1 级。



本项目工艺原理示意图



## 木塑型材生产线及木塑门窗和功能性地板产品

### 投资及运行效益分析

建设年产 1 万吨木塑复合材料生产装置总投资 5200 万元。

年产 1 万吨木塑型材装置满负荷运行的成本为 5620 万元，其中原材料成本 4600 万元、设备折旧 200 万元、燃料动力费 320 万元、劳务费 150 万元、其他支出 350 万元。

### 用户意见

采用本项目技术以秸秆、锯末和废旧塑料为主要原料生产的高性能木塑复合材料，生产线运行稳定，产品具有力学强度高、不开裂变形、防腐防蛀、防水防潮、无污染、可循环利用等优点，性价比优于国际同类技术产品。项目以较低的成本实现了制备高性能乃至功能化的木塑复合材料，市场前景好。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：生物质材料教育部重点实验室（东北林业大学）

通讯地址：哈尔滨市和兴路 26 号

邮政编码：150040

联系人：王清文

联系电话：13845066250、0451-82191993

E-mail: qwwang@nefu.edu.cn

## 2. 秸秆人造板工程

### 案例名称

年产 5 万 m<sup>3</sup> 秸秆人造板项目

### 项目概况

以麦秸、稻草和棉花秆等农业剩余物为主要原材料，建设年产能为 5 万 m<sup>3</sup> 的秸秆人造板项目，该项目主要原材料为麦秸等农业剩余物，采用无醛或低醛胶粘剂，制造绿色建材。目前该项目在“十一五”国家重大科技支撑项目的大力支持下已经在河南等地建设了多条生产线。

### 主要工艺原理

以麦秸、稻草等主要农作物秸秆为原材料，以异氰酸酯树脂为胶粘剂，采用热压工艺制造无醛或低醛人造板：秸秆→切断→单元制备→干燥→筛分→施胶→铺装→热压→裁边→成品。

### 关键技术或设计创新特色

通过集成秸秆原材料与处理技术、秸秆纤维分离与制备技术和通过采用二次纤维分离技术以及单元化的复合处理技术等关键技术，采用自动化和连续化生产设备，开发出绿色无醛环保型建材，实现了农业秸秆剩余物的高值化利用。

### 主要技术指标

采用本项技术所生产的秸秆人造板产品的性能指标可以达到《纤维板》、《刨花板》等国家标准，产品在使用过程中可以做到无甲醛释放。具体指标如下：

密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) 890;

板内密度偏差 (%) +3.4, -2.2;

含水率 (%) 4.1;

内结合强度 (Mpa) 0.57;

静曲强度 (Mpa) 28.5;

弹性模量 (Mpa) 2999;

握螺钉力 (N) 1570 (板面)。

### 投资及运行效益分析

年产 5 万  $\text{m}^3$  的生产线实际投资费用约 6000 万元。

年运行费用大约 8550 万元,其中秸秆原材料费用 2500 万元;  
合成树脂费用: 3750 万元; 人工、水、电等: 2000 万元; 设备  
折旧费: 300 万元。年产值 12500 万元, 年毛利润 3850 万元。



## 用户意见

目前本项目运行至今，鉴于板材本身具有的环保概念和特点，应用市场已经逐步打开，特别受欧美市场的接受度以及国内大品牌家居企业接受度越来越高。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

通讯地址：北京市海淀区颐和园后香山东小府 1 号

邮政编码：100091

联系人：于文吉

联系电话：010-62889427；13901119711

E-mail: yuwenji@caf.ac.cn

### 3. 聚羟基烷酸酯（PHA）开放式发酵生产工程

#### 案例名称

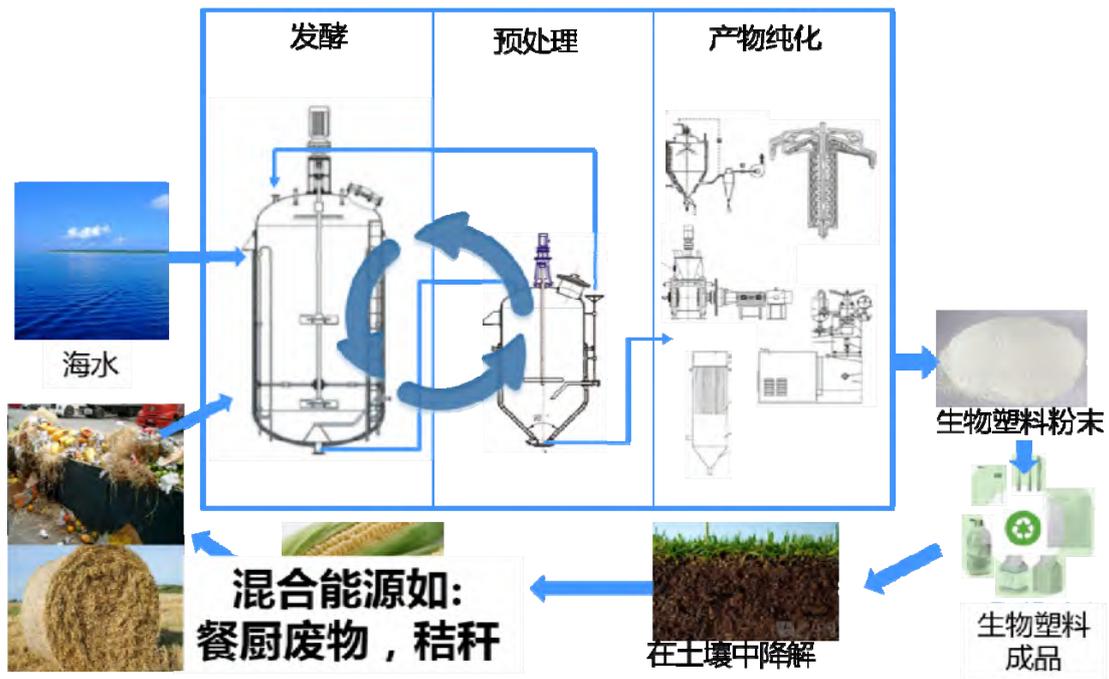
以混合有机废弃物为原料开放式发酵生产聚羟基烷酸酯（PHA）

#### 项目概况

本工程开发了一套以混合有机废物（包括餐厨废物、秸秆纤维素、废糖液等）为原料的聚羟基烷酸酯（PHA）生产工艺。由于所使用的菌种的特殊性，可实现以混合有机废物为原料的开放式、连续发酵过程。本项目于2012-2014年，在山东蔚蓝生物集团及山东百盛生物科技有限公司完成1000L-5000L中试实验及试生产。

#### 工艺原理

采用从特殊盐碱环境中筛选出的一株可以利用纤维素、淀粉、油脂、蛋白等廉价碳氮源的嗜盐耐碱盐单胞细菌 *Halomonas campaniensis* LS21 为菌种，利用其耐受极端盐碱环境的生物学特性，建立了一套以海水为介质，利用餐厨废物、秸秆纤维素及其他废弃有机物为原料的PHA开放式生产工艺。通过对该菌种的遗传改造，进一步提高了其PHA生产能力和混合有机废弃物利用效率，从而达到了降低底物成本、减少发酵过程能耗和人力成本、节约淡水、有效利用农业废弃物的目的。与传统PHA生产过程相比，具有明显优势。中试实验结果表明，该工艺可将PHA生产成本降低一半以上。



工艺流程图

### 关键技术或设计创新特色

- 采用海水作为发酵介质，极大降低了淡水用量，节约水资源。
- 采用混合有机废弃物为原料，在生物催化作用下，将废弃物转化为 PHA 产品，极大节约了原料成本，实现“变废为宝”的循环经济体系。
- 开发了开放式、连续发酵过程，节约了发酵的运行成本、能耗、人力资源。
- 通过对该菌株的遗传改造，提高了原料的利用效率及产品稳定性，建立了可用于盐单胞菌的质粒系统和遗传操作方法。



车间效果图

### 主要技术指标

开放式、连续发酵过程可持续 65 天，无染菌及菌种退化现象，PHA 产率稳定。稳定期细胞干重 40g/L，PHA 积累量为细胞干重量的 70%以上。

### 投资及运行效益分析

中试实验在既有设备基础上改造而来，改造费用 300 万元人民币。

中试期间满负荷运转运行费用为 1.5 万元/月，其中人力成本 1 万元/月，原料成本 3000 元/月，水、电、蒸汽及其他运行

费用 2000 元/月。依照同等条件工艺放大后，可降低 PHA 生产成本 50%以上。

## 用户意见

本项目在如下公司进行了吨级实验：山东蔚蓝生物集团、山东百盛生物科技有限公司、天津国韵生物材料有限公司。本项目自实验以来取得了非常好的效益，各项指标优于设计要求，简化了生产工艺，并极大节约了成本。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：清华大学生命科学学院

通讯地址：北京市海淀区清华大学生物新馆 101

邮政编码：100084

联系人：陈国强

联系电话：13901026792

E-mail: [chengq@mail.tsinghua.edu.cn](mailto:chengq@mail.tsinghua.edu.cn)

## 4. 秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备工程

### 案例名称

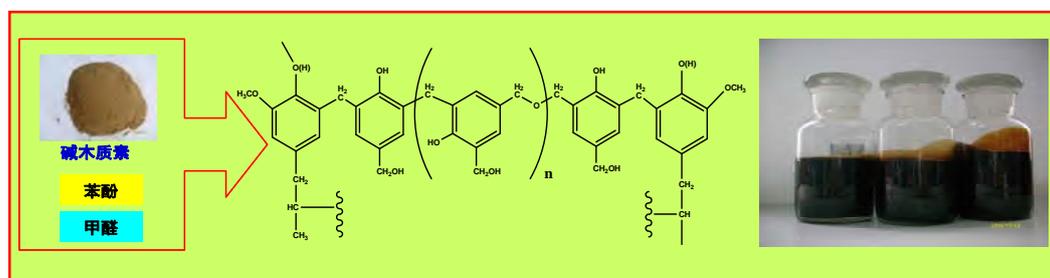
秸秆木质素-酚醛树脂胶黏剂制备技术

### 项目概况

本工程于 2013 年开始设计，2014 年 10 月建立了年产 5000 吨木质素-酚醛树脂胶黏剂示范生产线；2015 年 6 月完成木质素-酚醛树脂胶黏剂及应用的中试试验。

### 主要工艺原理

以秸秆乙醇（丁醇）副产物木质素或造纸工业碱木质素为原料替代苯酚，采用羟甲基化和逐步共缩聚技术，制备高活性、低游离苯酚、低游离甲醛的新型木质素基酚醛树脂胶黏剂。主要工艺原理如下：采用高邻位羟甲基多酚结构的二价金属离子和碱复合催化技术，提高羟甲基化木质素反应活性；通过木质素-酚醛-甲醛多元共缩聚树脂分子结构的设计，实现共缩聚生物质大分子反应体系的分子量控制技术，制备木质素高替代率下制备室外级人造板用酚醛树脂胶黏剂；利用生物质基胶黏剂预压、固化及人造板制备技术，实现木质素-酚醛树脂胶黏剂在人造板中的应用。



木质素-酚醛树脂胶黏剂制备原理

## 关键技术或设计创新特色

- 采用二价金属离子和碱复合催化技术，实现木质素高配比使用和全质化利用。
- 通过羟甲基化木质素共缩聚机理以及结构与性能关系的研究，实现多元共聚高分子的结构设计。
- 提高胶黏剂的预压和固化性能。



木质素-酚醛树脂胶黏剂示范生产线

## 主要技术指标

木质素对苯酚的替代量达到 30%-50%；木质素-酚醛树脂游离甲醛 < 0.2%，游离苯酚 < 0.3%；用木质素-酚醛树脂压制的胶合板甲醛释放量达到 E<sub>0</sub> 级，胶合强度达到国家 I 类板要求。

## 投资及运行效益分析

本项目总投资约 500 万元。

以木质素替代 30% 的苯酚制备酚醛树脂，每吨产品直接生产

成本下降约 400 元-500 元。

## 用户意见

本项目投运至今，各项技术指标优良，无任何环保事故，生产设备达到设计要求，各项产品指标达到设计要求。该制备技术带来了显著的经济和环境效益，是值得推广应用的示范工程。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：中国林科院林产化学工业研究所

通讯地址：南京市玄武区锁金五村 16 号

邮政编码：210042

联系人：王春鹏

联系电话：025-85482476

E-mail: wangcpg@163.com

## 六、 基料化工程

### 1. 秸秆栽培食用菌工程

#### 典型案例（一）

##### 案例名称

菌渣高效循环栽培食用菌工程

##### 项目概况

在邹城市建设了 30 个鸡腿菇大棚，开展菌渣肥料化、能源化、饲养化及二次种菇研究，建立了多级、循环利用模式，完善了秸秆从田里来到田里去的循环链条，初步建立了以秸秆菌业为纽带，联合种植、养殖、能源等多学科的大农业循环模式，丰富了低碳农业内涵；制定了菌渣有机肥质量体系、菌渣肥料化、能源化工艺。

##### 主要工艺原理

利用工厂化秸秆栽培金针菇的菌糠，经过粉碎、补料、发酵等流程，二次利用秸秆原料，生产鸡腿菇，增加了经济效益，减少了秸秆对环境的污染，延长了秸秆循环的链条，促进了秸秆物质的进一步循环利用。

##### 关键技术或设计创新特色

- 合理配料：金针菇菌糠废料 59%，玉米芯粉 35%，石膏粉 1%，过磷酸钙 1.5%，生石灰 3.5%。

- 发酵处理：采用圆堆扎孔鼓风发酵法，料堆升温快而高，发酵均匀，效率高，翻堆次数少，用时短。

- 秸秆栽培食用菌病害综合防控技术：以预防为主，从生产源头和关键栽培环节综合防控，应用高效、安全防控病害的配套菌剂、预防消毒剂 and 生物源药物，替代传统化学药剂，保障了菇品、食用菌生长和生产人员的安全性。

### 主要技术指标

通过对金针菇接种环节和菇房消毒防病技术应用示范，菌袋杂菌污染率从 3% 以上降到 0.2% 以下，子实体病害发生率控制到零。利用秸秆原料代替价格较贵的棉籽壳，工厂化栽培金针菇，节约了生产成本提高了经济效益，生物效率达到 110%，与常规的棉籽壳原料比，每袋节约成本 0.14 元。

### 投资及运行效益分析

在邹城市建设了 30 个鸡腿菇大棚、合计示范区应用面值 800 余亩、获得经济效益 180 万元、提高经济效益 1600 万元。

### 用户意见

实现食用菌栽培区域的产业链条延伸，降低生产成本、废弃物处理成本，提升经济效益，降低运行成本，促进食用菌栽培产业的健康可持续发展。推动了秸秆菌渣的循环利用。

## 典型案例（二）

### 案例名称

农作物秸秆标准化高效生产食用菌工程

### 项目概况

万吨秸秆标准化生产食用菌工程项目实施以来，先后引进选育了 30 多个食用菌优良品种；研究开发出白灵菇、杏鲍菇、灰树花、香菇蘑菇、草菇、鸡腿菇、鲍鱼菇等 63 项具有国内先进水平的食用菌秸秆生产新技术，2006 年在许昌县苏桥镇禄马村建成百亩国家级标准化食用菌种植基地，2013 年又投资 5000 万元全资成立了许昌世纪香生物科技有限公司，建成了全国珍稀食用菌工厂化液体代料瓶栽生产示范基地——世纪香食用菌公司万吨珍稀食用菌工厂化现代化生产基地。基地采用了国际领先的液体菌种培养和接种技术，研发并运用了整套自动化瓶装食用菌生产线，配备了全自动化控温，控湿，通风和光照设施及设备，达到天天生产，天天出菇，周年有机鲜菇供应市场，实现了农业生产工业化，现代化，自动化，集约化，规模化，使规模种植的食用菌品种达到 20 个以上。率先走出了一条“以科技为先导，公司+农民合作社+农户+基地+标准化”的产业化快速发展之路。建成了河南省出口食品农产品质量安全示范区，2014 年，河南世纪香食用菌产业化集群日利用玉米芯、麦秸、棉籽壳等农作物秸秆 260 吨，日产食用菌 200 吨以上、日产食用菌废料有机肥 50 吨。达到年产鲜菇 13 万吨，利用农作物秸秆 18 万吨，直接

为农民带来近 3000 万元的收益，而利用农作物作为培养基生产出来的各类鲜菇为集群带来 1.36 亿元收益。

### 关键技术或设计创新特色

首先是小麦秸秆栽培草腐菌技术、栽培原料预处理技术的改进，在推广实践过程中，结合河南省日光温室大棚多的特点，推广的双孢蘑菇、鸡腿菇、草菇、平菇大棚多为半地下式的日光温室大棚和标准式的日光温室大棚。在日光温室大棚内利用阳光自然升温的二次发酵技术，大大节省了燃料的费用，也节约大量的人工劳动。

其次是玉米秸秆栽培平菇技术、玉米秸秆栽培白灵菇技术，形成了配套的栽培工艺。利用秸秆工厂化生产珍稀食用菌技术，形成了配套的栽培工艺。采用国际领先的液体菌种培养和接种技术，研发并运用整套自动化瓶装食用菌生产线。

### 主要技术指标

2014 年河南世纪香食用菌工厂化年产鲜菇 7 万吨，利用农作物秸秆 9.3 万吨

### 投资及运行效益分析

以生产双孢菇为例，如果菇床面积 3 万多  $m^2$ ，采用大棚立体栽培模式，全年生产蘑菇 4000 多吨，年生产需各类秸秆 8000 多吨。根据实际出菇测算，每公斤秸秆可产菇 0.5 公斤，年产值 2000 多万元，年实际效益 800 多万元。以生产白灵菇为例，使用玉米秸秆 10 吨，能产出 6 吨左右的鲜白灵菇，白灵菇价格按

照 15 元/公斤计算，年收益 9 万元的收益，而且玉米秸秆能为农民带来近万元的收益。据测算，每公斤秸秆可生产鸡腿菇 1 公斤以上，1kg 秸秆产 1kg 鲜食用菌，生物转化率达 100%。根据近年来的实践证明，半亩地的菇棚，每年将消耗 15-20 亩作物秸秆，产生 1 万公斤的鲜菇，形成 3 万元左右的产值效益。

### 用户意见

以秸秆为原料栽培食用菌的技术已经成熟，双孢菇、平菇、草菇、姬松茸、白灵菇和鸡腿菇草腐菌类，是以吸收禾草秸秆(如稻草、麦秸)等腐草中的有机质作为主要营养来源的菌类，草腐菌所需栽培主要原料为作物秸秆，以及禾木科秸秆原料，草腐菌生产的本身无需消耗林木资源。这些草腐菌类菌丝具有旺盛的分解能力，特别是对维生素的分解能力更强。可充分利用各种农作物秸秆进行栽培，带来巨大的生态、经济、社会效益。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：河南世纪香食用菌开发有限公司

通讯地址：河南省许昌市许繁路北段

邮政编码：461100

联系人：李彦增

联系电话：13937403636

E-mail: zgsjx@zgsjx.cn

## 典型案例（三）

### 案例名称

东南地区农田秸秆菌业循环生产工程

### 项目概况

建立了以优化丘陵区农田复合生产结构为核心的大球盖菇-种植业合理循环模式、以充分利用资源与规模开发为目标的双孢蘑菇工厂化高效循环栽培模式、以南方农村专业户集约开发为重点的姬松茸立体栽培循环模式、以规模化养猪场种养结合为载体的高效循环利用模式、以菌渣制肥与合理应用为环节的环境友好型循环利用模式、以村庄为单元的农田“种植-菌业开发”资源匹配型循环利用模式等6类推广模式。

### 关键技术或设计创新特色

- 双孢蘑菇培养料隧道式二次发酵的工艺研究；
- 草生菌工厂化栽培工艺与研发配套机械；
- 菌渣再生栽培食用菌技术；
- 优质高效菌渣肥发酵生产的工艺控制技术；
- 草生菌下脚料的深加工技术

### 主要技术指标

构建了农田秸秆-菌业开发的耦合体系；建立草生菌种质资源库1个，选育出高产优质的双孢蘑菇新菌株1个、低镉姬松茸新菌株1个、适宜降解稻草等秸秆的大球盖菇菌株1个；改进秸秆培养料集中式隧道发酵及配套的翻堆、上架机械等；改进了猪粪渣代替牛粪栽培草生菌、菌渣微生物发酵及制肥等系列技术，研究出了蘑菇菌渣代替高岭土等作为复混肥粘合剂的配方与工艺。

## 典型案例（四）

### 案例名称

农作物秸秆工厂化栽培食用菌关键技术及应用示范

### 项目概况

项目采用世界上最先进的食用菌生产线、生物技术和优良菌种，以麦秆、玉米芯、玉米秆等农作物秸秆为主要原料，通过现代生物技术、工业技术的有机结合，实行标准化、机械化、自动化的食用菌工厂化栽培，最终将农作物秸秆“变废为宝”，转化为营养价值高、绿色、健康的食用菌鲜品，达到全年均衡生产和供应。

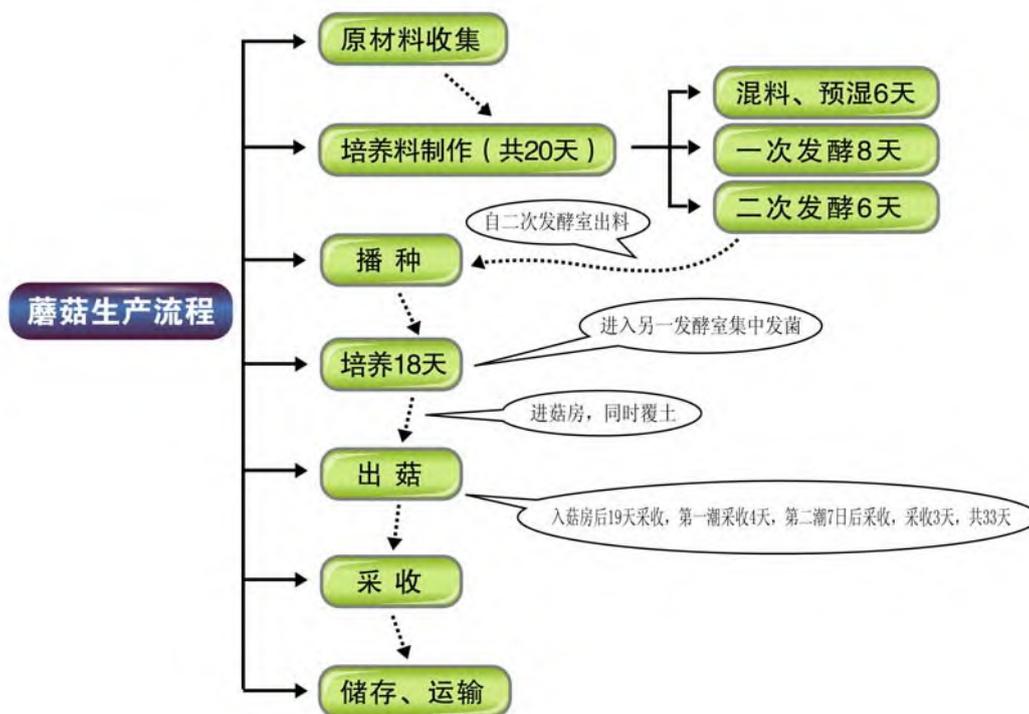
原料收集方面，采用“公司”+“基地”+“农户”模式，在食用菌生产基地 300 公里半径范围内建立稳定的原材料供应基地，与农户签订协议，指定专人进行收集、加工、储存，以保护价收购麦秆、玉米芯、玉米秆等农作物秸秆，每年利用秸秆 11 万吨。

### 主要工艺原理

食用菌栽培要求原料新鲜、无霉变，限于麦秆、玉米芯、玉米秆等原料的收集、储存、运输等因素，每个是食用菌基地的原料收集半径为 300 公里左右，同时需要制定一套科学的原材料验收质量标准，确保原料的质量符合生产要求。



以秸秆工厂化栽培金针菇工艺流程图



以秸秆工厂化栽培双孢蘑菇工艺流程图

## 关键技术或设计创新特色

### ● 关键技术

#### 适合食用菌栽培的配方研发

根据生产基地的实际情况，通过玉米芯、麦秆、玉米秸秆等原材料质量的控制以及对环境有较大影响的固体废弃物进行调查，通过大量实验筛选最适合当地的栽培配方，降低生产成本。

#### 食用菌数字化栽培环境中央监控系统建立

依据研究成果，通过对发菌期、现蕾期、出菇期的环境条件控制，得出最适合的控温、控湿技术，建立食用菌数字化栽培环境中央监控系统。

#### 热能交换技术在调节温湿度方面的应用

热能交换技术已经广泛应用于各大工业领域，是一项成熟的技术。热能交换技术在食用菌生产中还较少使用，将热能交换技术应用于食用菌的栽培中，不仅在生产中有效地降低能耗，同时由于热能交换设备的自身的特点，可以减少库房内温度的频繁变化，降低病害发生率。

#### 液体菌种技术在工厂化瓶栽金针菇规模化生产中的应用

食用菌菌丝液体发酵技术在食用菌工厂化栽培中逐步开始应用，该技术具有菌丝萌发点多、菌丝生长速度快等优点，项目实施单位 2012 年就液体菌种的研发获得国家星火计划项目立项，在金针菇液体菌种的研发上获得了较大突破，目前该技术已应用于生产并不断完善。

## ● 创新特色

食用菌行业主要存在三种经营模式，即传统农户生产模式、公司+农户生产模式和工厂化生产模式。食用菌工厂化栽培是具有现代农业特征的产业化生产方式。其采用工业化的技术手段，利用生物及工业技术控制光、温、湿、气等环境要素，在相对可控的环境条件下，组织高效率的机械化、自动化作业，实现食用菌的规模化、集约化、标准化、周年化生产。

工厂化生产实现了不受区域和季节变化限制的食用菌周年生产，产品可全年均衡生产和供应，产品品质高、产量稳定。食用菌生产除需具备农业知识外还涉及其他多学科知识，如微生物学、遗传学、生态学、栽培学、气象学等，而食用菌工厂化生产在此基础上还需具备制冷、机械、建筑、保温等工业技术，并应用农业企业化管理方式，属于现代化高科技农业生产模式。

### 主要技术指标

本技术以麦秆、玉米芯、玉米秸秆等农作物下脚料作为栽培食用菌的原料，其中每吨玉米芯和玉米秸秆可生产 0.8 吨鲜金针菇及 0.8 吨有机肥，每吨麦秆可以生产双孢菇 0.3 吨及 0.8 吨有机肥。

### 投资及运行效益分析

本项目总投资约 5.3 亿元人民币，建成年产 2 万吨金针菇工厂化基地 2 个（年利用秸秆 5 万吨），年产 1 万吨双孢蘑菇工厂化基地 1 个（年利用秸秆 6 万吨），创造就业岗位 1200 个，每年利用农作物秸秆 11 万吨以上。

该项目属于现代农业中的食用菌工厂化栽培，生产所需原材料主要为农户废弃的麦秆、玉米芯、玉米秆等农作物下脚料，将这些农业废弃变废为宝，避免秸秆燃烧造成的环境污染，保护农村生态环境。该项目栽培后的废渣统一外售做农业种植有机肥料，实现农业大循环。

本项目的实施，将建立起一个辐射整个农业生产，同时带动周边如生产、加工、销售、交通运输等产业的庞大网络。因项目的建设需要采购大量的农作物下脚料作为原材料，公司通过向周边的农户大量采购，为当地农户带来了稳定、可靠的销售收入。

		金针菇	双孢蘑菇
1	总投资	33000 万元	20000 万元
2	年产量	4 万吨	1 万吨
3	平均售价	7 元/kg	12 元/kg
4	销售收入	28000 万元	12000 万元
5	总成本	19000 万元	6000 万元
6	年利税	9000 万元	6000 万元
7	年净收益(建成后)	27%	30%
8	投资回收期(不含建设期)	3.7 年	3.3 年

#### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：江苏华绿生物科技股份有限公司

通讯地址：江苏省泗阳县绿都大道 88 号

邮政编码：223700

联系人：余养朝

联系电话：18936939060

## 2. 绿化基材工程

### 典型案例（一）

#### 案例名称

岩土渣场秸秆植生带绿化工程

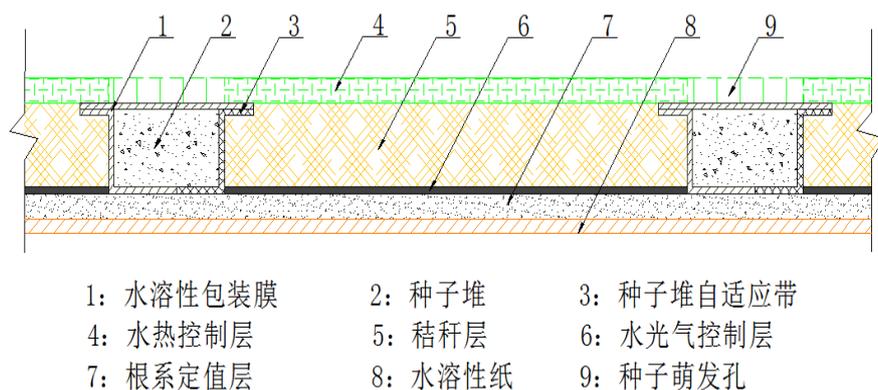
#### 项目概况

工程建设形成的工程弃渣在无其它工程措施及植物措施的防护下，为裸露无覆盖的堆积体，渣体松散、表面完全裸露，水土流失严重。本项目是水电站渣场植被恢复与绿化工程项目之一，于2009年5月开始实施，2009年6月工程实施完毕，渣场坡比为1:1，工程总面积5万m<sup>2</sup>。

#### 主要工艺原理

本项目产品主要构造原理如图所示，其中主要部分功能原理为：第（4）水热控制层为无纺布通过一定工艺处理后制作而成，其孔隙结构合理，具有良好的渗水性和透气性，以减少热量吸收达到抑制水分蒸散，显著提高水分利用率，并可使土壤温度处于适宜植物生长的范围；第（5）秸秆层是通过秸秆预处理产物揉丝、加工制作成网。由于秸秆的物理特性，因而利用秸秆制成的网垫具有蓬松、质轻的特点，并具有大量的孔隙，因而透水性及透气性良好，且能有效改善土壤表层微气候环境，减少水分的蒸散，与水热控制层共同发挥作用，更能起到保水保墒的作用；第（2）种子堆中包含有植物种子和各种功能材料，具有较强吸水、保水能力，其孔隙结构合理，并含有种子萌发和生长调控物质，

提供了适合于植物幼苗生长的营养条件，其作为种子萌发和幼苗初期生长的基质载体，可有效保证植物的快速萌发和幼苗安全建成；第（7）根系定植层为植物根系初期生长的空间，具有引导根系生长及发挥其功能作用，可以促进植物根系的快速建成。



产品构造原理图

### 关键技术或设计创新特色

开发了植生带多孔复合结构的新构造，突破了现有技术产品的层状结构且无法保障多数双子叶植物萌发生长的缺陷。

提出了节水布-秸秆网复合构造模式，并通过节水布材料筛选、形态构造试验，实现了水分入参与蒸发效应的耦合优化，可在不影响水分入渗条件下最大效率的控制水分蒸发，为提高秸秆植生带产品的降水适应性及减少后期人工养护管理提供了有效技术保障。

### 主要技术指标

- (1) 单位面积重量：2kg/m<sup>2</sup>；
- (2) 饱和吸水量：10kg/m<sup>2</sup>；
- (3) 植物群落盖度（3个月）：90%；

(4) 植物物种数 (1 年): > 3 种。

### 投资及运行效益分析

本项目投资费用依据工程成本费用进行核算，成本费用为 13.6 元/m<sup>2</sup>，工程总投资为 68 万元。

本项目运行费用指工程 1 年内的养护费用，根据实际测算，第一年费用为 2.5 元/m<sup>2</sup>，第二年开始已不需要养护管理。



工程现状图

## 用户意见

秸秆植生带技术在提高植被恢复与绿化施工速度、增加水分调控能力、降低后期人工管护成本等方面发挥了良好的效果，目前工程应用地区植被生长良好，渣场稳定，综合效益显著。

## 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位：四川大学

通讯地址：四川省成都市一环路南一段 24 号生命科学学院

邮政编码：610065

联系人：白林含

联系电话：13982033280

E-mail: [bailinhan@scu.edu.cn](mailto:bailinhan@scu.edu.cn)

## 典型案例（二）

### 案例名称

汶川地震灾后边坡绿化基材护坡工程

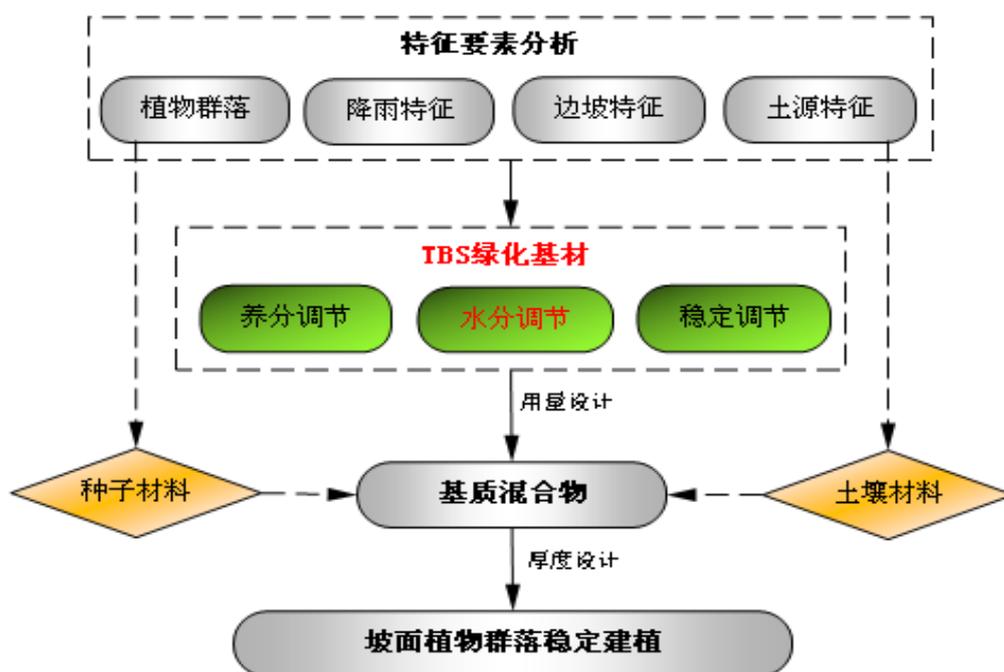
### 项目概况

汶川强烈地震造成山坡岩土体松动变形与植被破坏，形成大量的岩土破坏面，给区域人民的生命财产带来严重威胁，也给生态环境带来严重影响，如何对灾区的岩土破坏面进行有效治理，是灾后重建必须考虑的重大问题。本项目是地震灾后边坡植被恢复工程项目之一，于2010年6月开始实施，2010年8月工程实施完毕，边坡坡比为1:0.5，工程总面积7.5万m<sup>2</sup>。

### 主要工艺原理

岩土创面生境条件下，要实现植被的稳定建植，需要提供给植被稳定生长所需的物质基础，除水分过程外，养分、稳定性等均是重要的调控对象。秸秆经预处理后，对土壤具有较强的物质调节能力，与一些功能材料进行组合应用后，可以实现边坡植被建植过程的水分、养分及稳定性调控功能。

整体工艺原理为：根据工程地的降雨特征、边坡特征、土壤特征及现有植物群落特征，分析计算进行边坡植被护坡过程水分、养分、稳定性调控所需的参数，依据参数进行秸秆TBS绿化基材的组分及功能配方设计，同时结合种子材料、土源材料的设计分析，形成用于工程施工的秸秆TBS绿化基材混合物的配比与用量，最后依据工程构造设计图纸进行工程应用施工。



技术原理图

### 关键技术或设计创新特色

- 以秸秆为主要功能材料来源之一，针对秸秆预处理产物的功能效应过程与规律，从水分过程及稳定过程进行了量化研究，优化了秸秆预处理产物控制参数，减少了 TBS 绿化基础其他功能物质的投入，降低了 TBS 绿化基材成本。

- 依据工程区岩土创面植被恢复过程水分、养分功能调控和基质稳定保持为重点，通过不同功能组分的效应评估试验，进行了功能配方的量化评估，最终通过进一步的筛选验证，确定工程应用条件下的秸秆 TBS 绿化基材功能复合组分，研制了适合区域特征的秸秆 TBS 绿化基材产品，提高了技术产品的可靠性与适宜性。



现场图



工程现状图

### 主要技术指标

- (1) TBS 绿化基材用量:  $6\text{kg}/\text{m}^2$ ;
- (2) TBS 绿化基材混合物厚度:  $10\text{cm}$ ;

(3) 植物群落盖度 (3 个月): 90%;

(4) 植物物种数 (1 年): > 5 种。

### 投资及运行效益分析

本项目投资已完成工程所有施工的成本进行测算, 费用为 52.6 元/m<sup>2</sup>, 工程总投资为 394.5 万元。

本项目运行费用指工程 1 年内的养护费用, 根据实际测算, 第一年费用为 1.6 元/m<sup>2</sup>, 第二年开始已不需要养护管理。

### 用户意见

秸秆 TBS 绿化基材护坡技术在节省土源材料、增加水分调控能力、增强植物养分供应能力、稳定边坡等方面发挥了良好的效果, 极大的降低了工程成本, 节省工程投资近 100 万元, 目前工程应用区边坡植被生长良好, 坡面稳定, 具有较好的生态效应和经济效益。

### 技术信息咨询单位及联系方式

联系单位: 四川沃尔宜环保科技有限公司 (原四川省励自生态技术有限公司)

通讯地址: 四川省成都市东大街东方广场 A 座 1802

邮政编码: 610031

联系人: 孙海龙

联系电话: 13981819638

E-mail: 250735083@qq.com

## 附表 1: 相关标准

### 一、原料收割装备标准

1. 《GB 16151.3-1996 农业机械运行安全技术条件》
2. 《GB 16151.1-1996 农业机械运行安全技术条件轮式拖拉机》
3. 《JB/T 6682-2008 联合收割机 橡胶履带 系列参数》
4. 《GB 10938-1989 旋转割草机术语》
5. 《GB/T 20790-2006 半喂入联合收割机 技术条件》
6. 《NF U31-200-1990 收割机械. 联合收割机. 试验规程》
7. 《GB/T 24675.6-2009 保护性耕作机械 秸秆粉碎还田机》
8. 《GB/T 9480-2001 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 使用说明书编写规则》
9. 《GB 7681-1997 铡草机安全技术要求》
10. 《GB 12265.2-2000 机械安全防止下肢触及危险区的安全距离》
11. 《GB/T 15372-1994 往复式割草机术语》
12. 《JB/T 5171-1991 铡草机刀片》

### 二、原料运输装备标准

13. 《JB/T 8657-2008 手扶变型运输机 通用技术条件》
14. 《EN 13876-2002 运输 后勤和服务 物品运输线 货物运输服务规定实用规程》
15. 《GB/T 1332-1991 载货汽车定型试验规程》
16. 《GB 4330-84 农用挂车》

17. 《JB/T 50107-1998 四轮农用运输车机械式变速箱可靠性考核试验规范》
18. 《JB/T 50096-1997 三轮农用运输车可靠性考核评定方法》
19. 《JB/T 50106-1998 四轮农用运输车钢板弹簧可靠性考核试验规范》
20. 《JB/T 50109-1998 四轮农用运输车前轴可靠性考核试验规范》
21. 《JB/T 50110-1998 四轮农用运输车传动轴总成可靠性考核试验规范》
22. 《JB/T 8405-1996 四轮农用运输车型式检验规则》
23. 《JB/T 8552-1997 四轮农用运输车半轴技术条件》
24. 《JB/T 8553-1997 四轮农用运输车变速箱技术条件》

### 三、原料储存装备标准

25. 《JIS K6377-2010 输送带. 储存和装卸指南》
26. 《BS 5502 Pt. 22-1993. 农用建筑物和结构. 第 22 部分: 设计、制造和装载实施规程 [S]》

### 四、青贮饲料标准

27. 《NY/T 2088-2011 玉米青贮收获机 作业质量》
28. 《DB61/T 367.17-2005 青贮饲料调制和使用技术规范》
29. 《GB/T 25882-2010 青贮玉米品质分级》
30. 《DB62/T 1438-2006 玉米秸秆青贮技术规范》
31. 《DB34/T 650-2006 青贮饲料技术规范》

32. 《DB51/T 667-2007 青贮玉米地面堆贮技术规程》
33. 《DB23/T 1097-2007 袋式青贮饲料生产工艺规范》
34. 《DB51/T 1084-2010 牛羊青贮饲料制作技术规程》
35. 《DIN11622 Bb 1-2006 青贮塔和肥料罐. 底部基础/墙缝设计的说明和结构草图》
36. 《DIN EN 703-2005 农业机械. 青贮饲料装载、混合和/或铡碎及分配机械. 安全》

## 五、压块及颗粒饲料标准

37. 《GB/T 26552-2011 畜牧机械 粗饲料压块机》
38. 《GB/T 16765-1997 颗粒饲料通用技术条件》
39. 《GB/T 25699-2010 带式横流颗粒饲料干燥机》
40. 《NY/T 1930-2010 秸秆颗粒饲料压制机质量评价技术规范》

## 六、氨化（碱化）饲料标准

41. 《JB/T 7136-2007 秸秆化学处理机》
42. 《DB13/T 806-2006 秸秆氨化、碱化和盐化处理制作技术规程》
43. 《DB64/T 495-2007 氨化饲料调制技术规程》

## 七、揉丝饲料标准

44. 《NY/T 509-2002 秸秆揉丝机》
45. 《DB23/T 905-2005 秸秆饲料揉碎质量》

## 八、秸秆还田技术及农用机械标准

46. 《NY/T 1004-2006 秸秆还田机质量评价技术规范》

47. 《DB13/T 1045-2009 机械化秸秆粉碎还田技术规程》
48. 《DB34/T 899-2009 稻麦两熟制麦秸秆还田机械化作业技术规范》
49. 《NY/T 500-2002 秸秆还田机作业质量》
50. 《DB34/T 244.8 -2002 水稻生产机械化技术规范 第八部分：秸秆还田机械化》
51. 《GB/T 24675.6-2009 保护性耕作机械秸秆粉碎还田机》
52. 《JB/T 6678-2001 秸秆粉碎还田机》
53. 《JB/T 10813-2007 秸秆粉碎还田机·锤爪》

## 九、 有机肥标准

54. 《NY 525-2012 有机肥》
55. 《NY 884-2012 生物有机肥》
56. 《GB/T8576 复混肥料中游离水含量测定真空烘箱法》
57. 《GB18382 肥料标识 内容和要求》
58. 《QB/T 2849-2007 生物发酵肥》
59. 《DB21/T 1895-2011 棚室秸秆生物反应堆内置式技术规程》

## 十、 腐熟剂相关标准

60. 《GB 20287-2006 农用微生物菌剂》

## 十一、 沼气相关标准

61. 《GB/T 7637-1987. 农村家用沼气管路施工安装操作规程 [S].》
62. 《NY/T 1912-2010. 沼气物管员 [S].》

63. 《NY/T 2372-2013. 秸秆沼气工程运行管理规范 [S]. 》
64. 《GB/T 30393-2013. 制取沼气秸秆预处理复合菌剂 [S]. 》
65. 《NY/T 2141-2012. 秸秆沼气工程施工操作规程 [S]. 》
66. 《NY/T 2142-2012. 秸秆沼气工程工艺设计规范 [S]. 》
67. 《NY/T 667-2011. 沼气工程规模分类 [S]. 》
68. 《NY/T 2374-2013. 沼气工程沼液沼渣后处理技术规范 [S]. 》
69. 《NY/T 2141-2012 秸秆沼气工程施工操作规程》
70. 《NY/T 2372-2013 秸秆沼气工程运行管理规范》
71. 《NY/T 2373-2013 秸秆沼气工程质量验收规范》
72. 《NY/T 2142-2012 秸秆沼气工程工艺设计规范》

## 十二、 合成气相关标准

73. 《NY/T 443-2001 秸秆气化供气系统技术条件及验收规范》
74. 《NYJ/T 09-2005 生物质气化集中供气站建设标准》
75. 《NY/T 1017-2006 秸秆气化装置和系统测试方法》
76. 《NY/T 1417-2007 秸秆气化炉质量评价技术规范》
77. 《NY/T 1561-2007 秸秆燃气灶》
78. 《NB/T 34004-2011 生物质气化集中供气净化装置性能测试方法》
79. 《NB/T 34011-2012 生物质气化集中供气污水处理装置技术规范》

80. 《GB 50762-2012 秸秆发电厂设计规范》

### 十三、 燃料乙醇标准

81. 《GB/T 16663-1996 醇基液体燃料》

82. 《NY 311-1997 醇基民用燃料》

83. 《GB/T 23510-2009 车用燃料甲醇》

### 十四、 成型燃料标准

84. 《NY/T 1915-2010 生物质固体成型燃料 术语》

85. 《NY/T 1878-2010 生物质固体成型燃料技术条件》

86. 《NY/T 1881-2010 生物质固体成型燃料试验方法》

87. 《NY/T 1879-2010 生物质固体成型燃料采样方法》

88. 《NY/T 1880-2010 生物质固体成型燃料样品制备方法》

89. 《NY/T 1882-2010 生物质固体成型燃料成型设备技术条件》

90. 《NY/T 1883-2010 生物质固体成型燃料成型设备试验方法》

91. 《NY/T 2369-2013 户用生物质炊事炉具通用技术条件》

92. 《NY/T 2370-2013 户用生物质炊事炉具性能试验方法》

93. 《NB/T 34006-2011 民用生物质固体成型燃料采暖炉具通用技术条件》

94. 《NB/T 34005-2011 民用生物质固体成型燃料采暖炉具试验方法》

95. 《NB/T 34007-2012 生物质炊事采暖炉具通用技术条件》

96. 《NB/T 34008-2012 生物质炊事采暖炉具试验方法》

97. 《NB/T 34009-2012 生物质炊事烤火炉具通用技术条件》

- 98. 《NB/T 34010-2012 生物质炊事烤火炉具试验方法》
- 99. 《NB/T 34015-2013 生物质炊事大灶通用技术条件》
- 100. 《NB/T 34014-2013 生物质炊事大灶试验方法》
- 101. 《DB13/T 1175-2010 生物质成型燃料》
- 102. 《DB11/T 541-2008 生物质成型燃料》

#### 十五、 炭化燃料标准

- 103. 《LY/T 1973-2011 生物质棒状成型炭》
- 104. 《GB/T 17664-1999 木炭和木炭试验方法》

#### 十六、 热电联产标准

- 105. 《GB/T 6423-1995 热电联产系统技术条件》

#### 十七、 秸秆制板相关标准

- 106. 《BS DD CEN/TS 15534-2-2007 木塑复合材料(WPS). 木塑复合材料特征》
- 107. 《BS DD CEN/TS 15534-1-2007 木塑复合材料(WPS). 木塑复合材料和产品特征试验方法》
- 108. 《GB/T 21723-2008 麦(稻)秸秆刨花板》
- 109. 《GB/T 23471-2009 浸渍纸层压秸秆复合地板》
- 110. 《GB/T 23472-2009 浸渍胶膜纸饰面秸秆板》
- 111. 《GB/T 27796-2011 建筑用秸秆植物板材》
- 112. 《GB/T 29500-2013 建筑模板用木塑复合板》
- 113. 《GB/T 24137-2009 木塑装饰板》
- 114. 《LY/T1613-2004 挤压木塑复合板材》

- 115. 《DB44/T349-2006 木塑复合材料技术条件》
- 116. 《GB/T 18262-2000 人造板机械 通用技术条件》
- 117. 《GB/T 17657-1999 人造板及饰面人造板理化性能试验方法》
- 118. 《HJ 571-2010 环境标志产品技术要求. 人造板及其制品》
- 119. 《GB/T 19367.1-2003 人造板板的厚度、宽度及长度的测定》
- 120. 《GB/T 29903-2013 人造板工业清洁生产技术要求》

## 十八、 清洁制浆

- 121. 《HJ/T 317-2006 清洁生产标准造纸工业(漂白碱法蔗渣浆生产工艺)》
- 122. 《HJ/T 340-2007 清洁生产标准 造纸工业(硫酸盐化学木浆生产工艺)》
- 123. 《HJ/T 339-2007 清洁生产标准 造纸工业(漂白化学烧碱法麦草浆生产工艺)》

## 十九、 木糖醇标准

- 124. 《GB 13509-2005 食品添加剂木糖醇》

## 二十、 食用菌栽培相关标准

- 125. 《NY 5099-2002 无公害食品 食用菌栽培基质安全技术要求》
- 126. 《NY/T 2064-2011 秸秆栽培食用菌霉菌污染综合防控技术规范》

127. 《NY/T 2375-2013 食用菌生产技术规范》
128. 《NY 5358-2007 无公害食品食用菌产地环境条件》
129. 《GB/T 21125-2007 食用菌品种选育技术规范》
130. 《NY/T 1731-2009 食用菌菌种良好作业规范 》
131. 《NY/T 1742-2009 食用菌菌种通用技术要求》



## 附表 2: 相关政策

### 一、 国家法律

1. 《中华人民共和国农业法》
2. 《中华人民共和国退耕还林条例》
3. 《中华人民共和国可再生能源法》
4. 《中华人民共和国节约能源法》
5. 《中华人民共和国循环经济促进法》
6. 《中华人民共和国清洁生产促进法》(2012 年修订)

### 二、 发展规划及产业指导政策

7. 《“十二五”农作物秸秆综合利用实施方案》
8. 《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》
9. 《生物质能发展“十二五”规划》
10. 《农业科技发展“十二五”规划(2011-2015)》
11. 《全国现代农业发展规划(2011-2015)》
12. 《可再生能源中长期发展规划(2007-2020)》
13. 《全国现代农业发展规划(2011-2015)》
14. 《可再生能源中长期发展规划(2007-2020)》
15. 《国家粮食安全中长期规划纲要(2008-2020 年)》
16. 《生物质能源十二五规划》
17. 《全国现代农业发展规划(2011-2015)》
18. 《可再生能源产业发展指导目录》
19. 《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020 年)》

20. 《可再生能源发展“十二五”规划》
21. 《生物能源技术发展“十二五”规划（2011-2015）》
22. 《农业装备产业科技发展“十二五”专项计划（2011-2015）》
23. 《国家能源科技“十二五”发展规划（2011-2015）》
24. 《能源发展“十二五”规划》
25. 《农业科技发展规划（2006-2020）》
26. 《农业生物质能产业发展规划》
27. 《全国农业可持续发展规划（2015-2030年）》
28. 《生物产业发展“十二五”规划》
29. 《全国农村沼气服务体系建设方案（试行）》
30. 《“十二五”现代农业科技发展专项规划（2011-2015）》
31. 《全国农业和农村经济发展第十一个五年规划》
32. 《关于加大改革创新力度加快农业现代化建设的若干意见》
33. 《关于加强农作物秸秆综合利用和禁烧工作的通知》
34. 《关于加强农村环境保护工作的意见》
35. 《关于印发养殖小区和联户沼气工程试点项目建设方案的通知》
36. 《国家“十一五”基础研究发展规划（2006-2010）》
37. 《国家农业综合开发办公室关于支持有机肥生产试点的指导意见》
38. 《农业部重点实验室发展规划（2010-2015）》

39. 《关于“加强农田基础设施建设”提案的答复》
40. 《国家重点基础研究发展计划（973 计划）“十一五”发展纲要（2006-2010）》
41. 《国家发展改革委关于生物质发电项目建设管理的通知》
42. 《林业科学和技术“十一五”发展规划》
43. 《国家重点基础研究发展计划（973 计划）“十一五”发展纲要（2006-2010）》
44. 《国家农业综合开发部门项目管理办法》
45. 《中国科学院创新工程项目》

### 三、 财税政策

46. 《国家税务总局关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知》
47. 《关于有机肥产品免征增值税的通知》
48. 《关于组织实施好 2015 年财政支农相关项目的通知》
49. 《生物能源和生物化工非粮引导奖励资金管理暂行办法》
50. 《生物燃料乙醇弹性补贴财政财务管理办法》
51. 《关于对利用废弃的动植物油生产纯生物柴油免征消费税的通知（2008）》
52. 《中央重点环境保护专项资金项目申报指南（2006）》
53. 《关于发布享受企业所得税优惠政策的农产品初加工范围（试行）的通知》
54. 《关于支持循环经济发展的投融资政策措施意见的通知》

55. 《可申请新农村建设国家补贴资金》
56. 《企业所得税法》
57. 《关于支持循环经济发展的投融资政策措施意见的通知》
58. 《关于“改进农业补贴政策”建议的答复》
59. 《关于发展生物能源和生物化工财税扶持政策的实施意见》
60. 《关于调整完善农业三项补贴政策的指导意见》
61. 《国家电监会关于可再生能源电价进行补贴和配额交易方案》
62. 《秸秆能源化利用补贴资金管理暂行办法》
63. 《关于完善农林生物质发电价格政策的通知》
64. 《绿色能源示范县建设补助资金管理暂行办法》
65. 《可申请能源综合利用及产业发展资金》
66. 《关于自由综合利用及其他产品增值税政策的通知(2008)》
67. 《可再生能源发展专项资金管理暂行办法(2006)》
68. 《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》
69. 《可再生能源电价附加收入调配暂行办法(2007)》
70. 《关于调整完善资源综合利用产品及劳务增值税政策的通知》

#### 四、 地方政策

71. 《杭州市人民政府办公厅关于进一步推进农林牧废弃物资源化综合利用的实施意见》

72. 浙江省《关于进一步推进农林牧废弃物资源化综合利用的若干意见》
73. 《河南省人民政府办公厅关于加强秸秆禁烧和综合利用工作的通知》
74. 《河南省十二五农作物秸秆综合利用规划》
75. 《河南省财政厅关于在生物质能领域开展清洁发展委托贷款的通知》
76. 《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西循环经济发展实施方案的通知(桂政办发〔2014〕11号)》
77. 《浙江省畜禽养殖污染防治办法》
78. 《山东省人民政府办公厅关于印发山东省耕地质量提升规划(2014-2020年)的通知》
79. 《上海市2015年-2017年环境保护和建设三年行动计划》
80. 《武汉市实施〈中华人民共和国循环经济促进法〉办法》
81. 浙江省《关于加强农业农村污染防治工作的意见》
82. 《浙江省人民政府办公厅关于印发浙江省发展生态循环农业行动方案的通知》
83. 《广东省全面深化新时期爱国卫生运动实施方案(2015-2020年)》
84. 《青海省以西宁市为重点的东部城市群大气污染防治2015年度实施方案》
85. 《湖北省现代农业发展规划(2013-2017年)》

86. 《厦门市清洁空气行动计划 2015 年实施方案》
87. 《中共河北省委办公厅 河北省人民政府办公厅关于加快现代农业园区发展的意见》
88. 天津市《关于改善我市农村人居环境加快美丽乡村建设的实施意见》
89. 《杭州市畜禽养殖污染治理设施建设运行管理办法(试行)》
90. 《衢州市人民政府关于加快现代生态循环农业发展的意见》
91. 《百色市人民政府办公室关于印发百色市现代特色农业(核心)示范区建设管理暂行办法的通知》
92. 《2014 年甘肃省建设国家循环经济示范区工作方案》
93. 福建省《关于扎实做好农村环境保护工作的实施意见》
94. 《长治市节能攻坚三年实施方案》
95. 《浙江省十二五及中长期能源发展规划》
96. 《浙江省循环经济“991”行动计划(2011—2015)》
97. 《浙江省控制温室气体排放实施方案》
98. 《2014 年河南省节能减排工作安排》
99. 《古浪县 2015 年秸秆青贮利用工作实施方案》
100. 淄博市《关于做好 2014 年全市玉米秸秆转化与禁烧工作的通知》