

NONGZUOWU JIEGAN
ZONGHE LIYONG JISHU

农作物秸秆 综合利用技术

■ 梁文俊 刘佳 刘春敬 等编著



化学工业出版社

NONGZUOWU JIEGAN
ZONGHE LIYONG JISHU

农作物秸秆 综合利用技术

■ 梁文俊 刘佳 刘春敬 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统介绍了农作物秸秆利用现状、综合利用技术,主要包括用于肥料、能源、饲料和材料等的开发利用技术以及最新进展。其中,第一章介绍秸秆种类、利用途径、意义以及存在问题;第二至七章围绕秸秆还田利用技术、秸秆饲料化利用技术、秸秆能源化技术、秸秆制备绿色环保抑尘剂技术、秸秆建筑技术、秸秆食用菌栽培基料化利用技术进行了详细介绍。

本书内容丰富,具有较强的技术性和应用性,可供环境工程、能源工程、农业工程等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也供高等学校相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

农作物秸秆综合利用技术/梁文俊等编著. —北京:化学工业出版社, 2015.9

ISBN 978-7-122-24862-6

I. ①农… II. ①梁… III. ①秸秆-综合利用 IV. ①S38

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第184219号

责任编辑:刘兴春
责任校对:边涛

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张16 字数377千字 2015年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 80.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

我国是一个农业大国、粮食生产大国，也是一个秸秆生产大国。据估计，每年产农作物秸秆 7 亿多吨。随着农业的发展，农作物产量的增加，秸秆产出量不断增加。但是，在我国一些相对较发达地区，随着农村经济发展和农民收入增加，农村居民用能结构正在发生着明显变化。煤、油、气和电等商品能源得到越来越普遍应用；长期以来作为主要燃料的农作物秸秆已成为废弃物或占用一定的农田常年堆积，或就地焚烧，尤其是在大中城市周围和国家重点公路沿线，焚烧秸秆成为愈演愈烈的普遍现象。秸秆焚烧不仅浪费大量资源，还会降低土壤有机质含量，烧死土壤表层微生物与动物，破坏土壤生态系统，而且会严重污染大气环境，制约农村经济可持续发展。随着人们对居住环境提出越来越高的要求，如何解决农村随意焚烧秸秆的问题已成为解决环境污染，提高农民生活质量的一项重要课题。因此，秸秆优化利用的途径和合理的利用，对综合利用秸秆资源、改善和保护环境、实现农业和农村的持续发展十分必要。

本书系统介绍了农作物秸秆利用现状、综合利用技术，主要包括用于肥料、能源、饲料和材料等的开发利用技术以及最新进展。第一章介绍秸秆种类、利用途径、意义以及存在问题；第二章至七章围绕秸秆还田利用技术、秸秆饲料化利用技术、秸秆能源化技术、秸秆制备绿色环保抑尘剂技术、秸秆建筑技术、秸秆食用菌栽培基料化利用技术进行了详细介绍，具有较强的技术性和工程应用性，可供环境工程、能源工程、农业工程等领域的技术人员、科研人员和管理人员参考，也可供高等学校相关专业师生参阅。

本书主要编著人员有：北京工业大学梁文俊、刘佳，河北农业大学刘春敬。全书最后由北京工业大学李坚教授统稿、审阅。特别感谢北京工业大学金毓峯教授、河北农业大学谢建治教授在本书编著过程中所提供的资料和建议。

本书获得北京市教委青年拔尖人才项目和北京工业大学日新人才项目的出版资助，在编著过程中得到了化学工业出版社大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

在本书的编著过程中参考并引用了部分文献资料，在此向所有参考文献的作者们致以诚挚的谢意！

由于时间紧迫，编著者专业知识和实践经验均有限，书中难免出现疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

2015 年 5 月于北京



◎ 第一章 概述

1

第一节 秸秆种类和利用价值	1
一、秸秆种类	1
二、秸秆的利用价值	1
第二节 秸秆综合利用主要途径	3
一、秸秆肥料利用	3
二、秸秆制饲料	3
三、秸秆能源化利用	4
四、秸秆的工业化应用	5
第三节 农作物秸秆综合利用的意义	6
一、秸秆综合利用是改善农村卫生条件的清洁工程	6
二、秸秆综合利用是建设资源节约型、环境友好型社会的能源工程	6
三、秸秆综合利用是实现国家减排目标的环境工程	7
四、秸秆综合利用是优化畜牧业结构的节粮工程	7
五、秸秆综合利用是提高土壤综合生产能力的沃土工程	7
六、秸秆综合利用是实现农业可持续发展的生态工程	8
七、秸秆综合利用是增加农民收入的富民工程	8
第四节 秸秆综合利用现状及问题	9
一、秸秆综合利用现状	9
二、秸秆综合利用存在的问题	9

◎ 第二章 秸秆还田利用技术

11

第一节 秸秆还田机理	11
一、秸秆还田机理	11
二、秸秆还田方式	12
三、秸秆还田的优点	13
四、秸秆还田注意事项	15

第二节	秸秆还田机械化技术	15
一、	秸秆还田机械化技术简介	15
二、	秸秆粉碎还田机械化技术	20
三、	玉米根茬粉碎直接还田机械技术	22
四、	秸秆整秆还田机械化技术	23
第三节	秸秆堆沤还田技术	24
一、	农作物秸秆自然发酵堆沤还田技术	24
二、	秸秆堆沤腐熟技术	26
三、	常见秸秆腐熟菌剂及使用	28
四、	代表性农作物秸秆堆沤还田技术流程	30
五、	秸秆堆沤进程判定	31
第四节	秸秆生物反应堆技术	33
一、	秸秆生物反应堆技术原理及应用	33
二、	秸秆生物反应堆技术流程	37
三、	秸秆生物反应堆制作	39
四、	秸秆生物反应堆技术操作要点	47

◎ 第三章 秸秆饲料化利用技术

50

第一节	秸秆饲料化利用简介	50
一、	秸秆饲料化利用价值	50
二、	秸秆饲料化利用方式	50
三、	秸秆饲料化利用前景	50
第二节	秸秆青储技术	51
一、	青储机理	51
二、	青储饲料的特点	51
三、	秸秆青储方式	52
四、	青储工艺技术	53
五、	青储饲料的品质鉴定	55
六、	青储饲料饲喂方法	57
七、	工程实例	57
第三节	微储技术	61
一、	微储技术与机理	61
二、	秸秆微储饲料的特点	62
三、	微储工艺	63
四、	微储饲料品质鉴定	64
五、	饲喂方法	65
第四节	秸秆碱化处理技术	65

	一、技术原理	65
	二、碱化技术分类	65
第五节	秸秆氨化技术	67
	一、氨化技术简介	67
	二、氨化技术分类	68
	三、工艺过程	70
	四、品质鉴定	71
	五、饲喂方法	71
	六、工程实例	72
第六节	秸秆揉搓加工技术	75
	一、技术原理	75
	二、工艺过程	75
	三、秸秆揉搓饲料评价标准	76
第七节	秸秆饲料热喷技术	76
	一、技术原理	76
	二、工艺过程	77
	三、热喷饲料的效果	77
	四、品质鉴定	78
第八节	秸秆压块饲料技术	79
	一、技术原理及应用	79
	二、技术流程及关键设备	80
	三、技术操作要点	81
	四、适宜区域	82

◎ 第四章 秸秆能源化技术

83

第一节	秸秆成型燃料技术	83
	一、秸秆成型燃料技术原理与特点	83
	二、秸秆成型燃料制备技术	84
	三、秸秆成型燃料的应用	91
	四、秸秆成型燃料关键问题	91
	五、工程实例	92
第二节	秸秆制沼气技术	94
	一、技术原理与应用	94
	二、技术流程	94
	三、秸秆沼气技术操作要点	103
	四、秸秆沼气工程应用案例	105
第三节	秸秆直接燃烧发电技术	107

一、技术原理与应用·····	107
二、秸秆直燃发电工艺流程·····	107
三、技术操作要点·····	109
第四节 秸秆炭化技术·····	110
一、技术原理与应用·····	110
二、技术流程·····	110
三、技术操作要点·····	114
第五节 秸秆气化技术·····	115
一、秸秆气化技术简介·····	115
二、秸秆气化集中供气工程·····	117
三、秸秆气化发电技术·····	122
四、秸秆炭-气-油联产技术·····	123
五、工程实例·····	127
第六节 秸秆降解制取乙醇技术·····	130
一、技术原理与应用·····	131
二、技术流程·····	137
三、技术操作要点·····	147
四、纤维素燃料乙醇的示范工程与应用·····	149

◎ 第五章 秸秆制备绿色环保抑尘剂技术

158

第一节 抑尘剂概述·····	158
一、城市扬尘污染和其危害·····	158
二、国内外扬尘抑尘剂技术·····	164
第二节 绿色环保抑尘剂技术·····	173
一、绿色环保抑尘剂原料及理化特性·····	173
二、抑尘剂制备及特性研究·····	176
第三节 绿色环保抑尘剂示范应用·····	192
一、拆迁工地示范应用·····	192
二、大规模喷洒应用·····	194

◎ 第六章 秸秆建筑技术

195

第一节 概述·····	195
一、秸秆建筑的优点·····	195
二、秸秆建筑的产生及发展·····	199
第二节 秸秆作为建筑材料·····	201
一、概述·····	201

	二、秸秆砖·····	201
	三、秸秆护墙板·····	202
第三节	利用秸秆砖的墙体结构·····	204
	一、结构体系介绍·····	204
	二、承重秸秆砖墙·····	204
	三、非承重秸秆砖墙·····	205
	四、秸秆层的隔热·····	206
第四节	秸秆建筑的物理性质·····	206
	一、热存储性和热传导性·····	206
	二、保温隔热·····	208
	三、防风性和气密性·····	208
	四、防火与隔声·····	208
第五节	案例·····	209
	一、实用案例一——澳大利亚布莱克希思的 Vipassana 禅室·····	209
	二、实用案例二——美国科罗拉多州卡本山谷的沃尔多夫学院·····	210
	三、实用案例三——2010 上海世博会科技馆·····	210

◎ 第七章 秸秆食用菌栽培基料化利用技术

213

第一节	农作物秸秆基料化利用技术原理·····	213
	一、秸秆栽培食用菌技术原理与应用·····	213
	二、秸秆栽培食用菌意义·····	216
第二节	秸秆栽培草腐生菌类技术·····	216
	一、秸秆栽培双孢菇技术·····	216
	二、秸秆栽培草菇技术·····	224
第三节	秸秆栽培木腐生菌类技术·····	232
	一、技术原理与应用·····	232
	二、常见平菇栽培方式·····	233
	三、平菇栽培技术流程·····	235
	四、注意事项·····	240
	五、适用区域·····	241
第四节	秸秆食用菌基料化利用工程实例·····	241

◎ 参考文献

245

第一章

概 述

目前，世界人口持续增长，人民消费水平不断提高，这就要求有更多的食物供给。人类为了从有限的土地资源中获得尽可能多的粮食产量，更多地使用化肥、农药、农业机械等现代农业生产方式。虽然粮食产量明显提高，但增加了单位面积上矿物能的投入，而且农作物秸秆的产量也大幅度增加。与过去明显不同的是，由于农业高效化肥的使用，牲畜饲料的日益丰富，农村中电力、煤气等洁净能源的普及等原因，一部分秸秆资源没有被充分资源化利用，被直接丢弃或者焚烧，这样一方面会浪费资源，另一方面会间接污染环境。因此，如何开发利用这类秸秆资源，使其在农业生产系统中实现物质的高效转化和能量高效循环，是发展循环农业和低碳农业的重要实现途径。农作物秸秆资源高效利用不仅可以提高土壤肥力，保障环境安全，还可以实现农民生活系统中的家居温暖和环境清洁，是建设社会主义新农村的必经之路。

第一节 秸秆种类和利用价值

一、秸秆种类

农作物秸秆是指各类农作物在收获了主要农产品后剩余的地上部分的所有茎叶或藤蔓，一般主要包括禾本科和豆科类作物秸秆：属于禾本科的作物秸秆主要有麦秸、稻草、玉米秸、高粱秸、荞麦秸、黍秸、谷草等；属于豆科作物秸秆主要有黄豆秸、蚕豆秸、豌豆秸、花生藤等。此外还有红薯、马铃薯和瓜类藤蔓等。

二、秸秆的利用价值

秸秆的综合利用途径主要有五种：一是用作肥料；二是用作饲料；三是用作燃料；四

是用作工业原料；五是用作食用菌基料。

1. 秸秆的肥料价值

秸秆中含有大量的有机质、N、P、K 和微量元素，是农业生产中重要的有机质来源之一。据统计，每 100kg 鲜秸秆中含 N 0.48kg、P 0.38kg、K 1.67kg，折合成传统肥料相当于 2.4kg 氮肥、3.8kg 磷肥、3.4kg 钾肥。将秸秆还田可以提高土壤有机质含量，降低土壤容重，改善土壤透水、透气性和蓄水保墒能力，除此之外，还能够改变土壤团粒结构，有效缓解土壤板结问题。若每公顷土壤基施秸秆生物肥 3750kg，其肥效相当于碳酸氢铵 1500kg、过磷酸钙 750kg 和硫酸钾 300kg。因此，充分利用秸秆肥料价值还田，是补充和平衡土壤养分的有效措施，可以促进土地生产系统良性循环，对于实现农业可持续发展具有重要意义。

2. 秸秆的饲料价值

农作物秸秆中含有反刍牲畜需要的各种营养成分，这为其饲料化利用奠定了物质基础。测试结果表明，玉米秸秆含碳水化合物约 30%、蛋白质 2%~4% 和脂肪 0.5%~1%。草食动物食用 2kg 玉米秸秆增重净能相当于 1kg 玉米籽粒，特别是采用青储、氨化及糖化等技术处理玉米秸秆后，效益更为可观。为了提高秸秆饲料的适口性，还可对农作物秸秆进行精细加工，在青储过程中加入一定量的高效微生物菌剂，密封储藏发酵后，使其变成具有酸香气味、营养丰富、适口性强、转化率高、草食动物喜食的秸秆饲料。

3. 秸秆的燃料价值

作物秸秆中的碳使秸秆具有燃料价值，我国农村长期使用秸秆作为生活燃料就是利用秸秆这一特性。农作物秸秆中碳占很大比例，其中粮食作物小麦、玉米等秸秆含碳量可达 40% 以上。目前科学利用秸秆这一特性主要有两种途径：一种是将秸秆转化为燃气，1kg 秸秆可以产生 2m³ 以上燃气；另一种是将秸秆固化为成型燃料。

4. 秸秆的工业原料价值

农作物秸秆的组成成分决定其还是一种工业原料，除了传统可以作为造纸原料外，秸秆工业化利用还有多种途径：第一，在热力、机械力以及催化剂的作用下将秸秆中纤维与其他细胞分离出来制取草浆造纸板；第二，以秸秆中纤维作为原料加工成汽车内饰件、纤维密度板、植物纤维地膜等产品；第三，将作物秸秆制成餐具、包装材料、育苗钵等，这是近几年流行的绿色包装中常用原材料；第四，利用秸秆中的纤维素和木质素作填充材料，以水泥、树脂等为基料压制成各种类型纤维板、轻体隔墙板、浮雕系列产品等建筑材料。

5. 秸秆的食用菌基料价值

农作物秸秆主要由纤维素、半纤维素和木质素三大部分组成，以纤维素、半纤维素为主，其次为木质素、蛋白质、树脂、氨基酸、单宁等。以秸秆纤维素为基质原料，利用微生物生产单细胞蛋白，是目前利用秸秆纤维素最为有效的方法之一。用秸秆做培养基栽培食用菌就是该原理的实际应用。

第二节 秸秆综合利用主要途径

一、秸秆肥料利用

秸秆肥料化利用的主要形式是秸秆还田，该技术是我国秸秆资源化利用中最原始的技术，尤其是秸秆直接还田，因其易被掌握，在目前仍被大量应用。直接还田主要包括秸秆覆盖还田和秸秆粉碎翻压还田两种形式。秸秆间接还田中的沤制还田、过腹还田、过圈还田等技术在农村地区仍普遍使用；而高温堆肥和厌氧消化后的高效清洁利用由于存在许多因素的制约，目前应用还不够成熟。

除可以采用留高茬、覆盖、堆沤还田、机械还田和过腹还田形式外，还可以采用特殊工艺科学配比，将秸秆经过粉碎、酶化、配料、混料、造料等工序后生产秸秆复合肥，其成本与尿素接近，施用后对于促进土壤养分转化、改善土壤物理性质、增强农作物抗病能力，优化农田生态环境都有良好的效果。同普通复合肥相比，粮食可以增产10%~20%，蔬菜增产30%~40%，水果增产25%~40%，且水果含糖量可以提高1%~3%。此外，秸秆生物反应堆、秸秆粉碎后经一系列加工处理后制成固体棒状炭，燃烧后产生的二氧化碳可以作为气体肥料用于大棚或温室的蔬菜水果种植。秸秆还田不仅有利于农作物增产，而且降低了劳动强度，培肥了地力，还可以减轻病虫害。

1. 直接还田

直接还田方法简便，能促进土壤养分转化，改善土壤物理性质，保持土壤水分，平衡土温，提高作物产量。直接还田特别适于我国北方旱作农业持续发展。

2. 过腹还田

把秸秆作饲料喂养家畜，再利用家畜粪便还田作肥料，此法可节约饲料量和牧草，既发展养殖业，又能提高土壤肥力。养畜过腹还田，带动了养殖业的快速发展。

3. 秸秆堆沤还田

采用堆沤等形式，经过微生物作用产生多种酶，促进作物秸秆中有机物降解，发酵分解转化为可供植物生长发育需要的有机肥料。

二、秸秆制饲料

秸秆饲料化利用方式主要包括秸秆青储、氨化、微储、碱化-发酵双重处理、膨化饲料、热喷及生产单细胞蛋白等加工技术，从而使农作物秸秆中的纤维素、半纤维素、木质素等转化为含有丰富菌体蛋白、微生物等成分的生物蛋白质饲料。其中碱化-发酵双重处理和热喷技术是目前较为理想的秸秆饲料化利用技术。

1. 氨化饲料

秸秆氨化是指用含氮源的物质（液氨、氨水、尿素、碳酸氢铵等）处理作物秸秆，使秸秆更适合草食牲畜饲用的一种方法。秸秆经过氨化后，其消化率、含氮量、适口性、能量价值、饲喂安全性、保存性等都得到不同程度的提高。

2. 青储饲料

秸秆青储是在适宜的条件下,加入发酵菌,通过厌氧发酵,使秸秆变成具有酸香味、草食家畜喜食的饲料。秸秆青储可提高饲料的适口性和消化率;有效减少秸秆晒干后营养成分的大量流失,而且形成的酸性环境能抑制微生物的繁衍,防止霉变,从而达到保存饲料的目的。

3. 秸秆制生物蛋白饲料

陈庆森等以玉米秸秆为原料,发酵制取生物蛋白饲料,发酵液中秸秆纤维素利用率可达70%,粗蛋白质得率在23%以上,大大提高了玉米秸秆的营养价值,为替代饲用粮生产蛋白富集饲料提供了很好的基料。

三、秸秆能源化利用

秸秆能源化利用技术主要有秸秆直燃发电、秸秆气化、秸秆发酵制沼气、秸秆成型压块及炭化技术等。

1. 秸秆直燃发电技术

作为传统的能量转换方式,秸秆直接燃烧具有经济方便、成本低廉、易于推广等特点,可在秸秆主产区为中小型企业、政府机关、中小学校和相对比较集中的乡镇居民提供生产、生活热水和冬季采暖。目前,秸秆锅炉供暖、发电或热电联产已在英国、荷兰、丹麦等国家应用。我国秸秆直燃供热技术起步较晚,适合我国农村特点的、运行费用低廉的小型秸秆直燃锅炉正在研发中。

2. 秸秆气化集中供气技术

秸秆气化是秸秆资源高附加值利用的一种生物能转化方式。秸秆粉碎后,在气化装置内不完全燃烧即可获得理论热值为 $5724\text{kJ}/\text{m}^3$ 的燃气,燃气主要成分为:CO 20%, H_2 15%, CO_2 12%, CH_4 2%, O_2 1.5%, N_2 49.5%。燃气经降温、多级除尘和除焦油等净化和浓缩工艺后,由风机加压送至储气柜,然后经管道输送供用户使用。秸秆气化集中供气系统主要包括秸秆处理装置、气化机组、燃气输配系统、燃气管网和用户燃气系统五部分。秸秆气化具有经济方便、干净卫生等特点,但存在投资高,燃气热值偏低以及燃气中氮气与焦油含量偏高等问题,还不能大规模推广应用。

3. 秸秆发酵制沼气

秸秆制沼气是指多种微生物在厌氧条件下,将秸秆转化成沼气和副产物沼液和沼渣的过程。沼气的主要成分是甲烷,占50%~70%,是高品质清洁燃料。甲烷可在略高于常压的状态下,通过PVC管道输送到农户,用于炊事、照明、果品保鲜等。

4. 秸秆成型压块及炭化技术

秸秆成型压块是指秸秆经粉碎后在 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 高温下软化,然后添加适量黏结剂与水混合,施加一定压力使其固化成型,即得到棒状或颗粒状“秸秆炭”,还可进一步经炭化炉加工处理使其成为具有一定机械强度的“生物煤”。

秸秆成型燃料具有以下优点:①制作工艺简单、可加工成多种形状、体积小,储运方便;②品位较高,利用率可提高到40%左右;③使用方便、干净卫生,燃烧时污染极小;

④除民用锅炉外，还可用于热解气化产煤气、生产活性炭及各类“成型”炭。

四、秸秆的工业化应用

秸秆工业用途广泛，不仅可用作保温材料、纸浆原料、菌类培养基、建筑材料、各类轻质板材和包装材料的原料，还可用于编织业、酿酒制醋、生产人造棉、人造丝、饴糖等，或从中提取淀粉、木糖醇、糖醛等。

1. 秸秆编织制品加工技术

秸秆用于编织业最常见的是稻草编织。草帘、草苫等可用于种植蔬菜的温室大棚中，草席、草垫既可保温防冻，又具有吸汗防湿的功效。而品种繁多的草编织品、工艺品和装饰品，由于工艺精巧，透气保暖性好，装饰性佳，深受国内外消费者的喜爱。

2. 秸秆制建筑材料技术

将粉碎后的秸秆按一定比例加入黏合剂、阻燃剂和其他配料，进行机械搅拌、挤压成型、恒温固化，可制得高质量的轻质建材。这些装饰板成本低、质量轻、美观大方，且在生产过程中无污染。目前，秸秆在建材领域内的应用已相当广泛，秸秆消耗量大、产品附加值高，又能节约木材，很有发展前景。

3. 秸秆制备扬尘覆盖剂技术

随着我国经济建设的飞速发展，大规模的土地开发和道路改造形成的建筑裸露地、建筑弃土，成为二次扬尘的源头，对大气环境质量带来极大的影响。据北京市环保局 2014 年对北京地区 $PM_{2.5}$ 源解析显示，排放源以机动车、燃煤、工业生产、扬尘为主，分别占比 31.1%、22.4%、18.1% 和 14.3%，因此可以看出，控制扬尘污染已经成为改善空气质量的重要手段。

利用废弃的农作物秸秆制成扬尘覆盖剂，喷洒于建筑工地的裸露土堆及工厂等地的裸露煤堆，形成一个覆盖层，以固定沙尘、降低空气中的可吸入颗粒物，提高空气质量。目前应用的绿色环保扬尘覆盖剂主要是由玉米秸秆制作而成。传统的控制施工工地扬尘的方法常采用密目网和化学覆盖剂等方法，这些方法不是控制扬尘效果不理想，就是会对土壤造成不良影响。而绿色环保覆盖剂不仅对环境没有影响，而且喷洒后覆盖扬尘效果好，有效弥补了原有方法的不足。

4. 用作食用菌基料

秸秆营养丰富、来源广泛、成本低廉，非常适合作为食用菌的培养基料。目前国内外用各类秸秆生产的食用菌品种已达 20 多种，不仅可培育草菇、香菇、凤尾菇等一般品种，还可培育黑木耳、银耳、猴头、毛木耳、金针菇等名贵品种。相关数据表明：100kg 稻草秸秆可生产平菇 160kg 或黑木耳 60kg；100kg 玉米秸秆可生产平菇或香菇等 100~150kg，生产银耳或猴头、金针菇等 50~100kg。

5. 生产工业原料

秸秆作为工业原料在国内开发利用起步较晚，但由于其来源丰富，价格低廉且经济效益显著，目前已经成为极具潜力的发展领域。经过碾磨处理后的秸秆纤维与树脂混合物在金属模具中加压成型处理，可以制作装饰板材和一次成型家具，具有强度高、耐腐蚀、阻

火阻燃、美观大方及价格低廉的优点。这种秸秆板材的开发对于缓解我国木材供应数量不足和供求趋紧的矛盾，节约森林资源，发展人造板产业具有十分重要的意义。秸秆还可以采取爆破制浆等技术，代替木材和棉花生产高质量的人造纤维浆粕，可以作为化纤制品和玻璃纸生产的主要原料，亦可以广泛应用于抽丝织布、无毒塑料、胶片、火药、无毒食品包装袋、一次性卫生筷、快餐饭盒的生产。特别是利用秸秆纤维生产的快餐饭盒保温隔热效果好，强度、挺度佳，制造工艺简单可靠，生产成本低，产品附加值高，使用后可以自然生物降解，无毒无害，还能用作饲料和肥料，不产生任何环境污染，可以成为塑料材质制成的快餐饭盒的理想替代产品。

第三节 农作物秸秆综合利用的意义

一、秸秆综合利用是改善农村卫生条件的清洁工程

目前，我国正在大力推进社会主义新农村建设，要使广大农村走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。党的十七大明确提出建设生态文明的战略任务，要求到2020年全面建成小康社会，把中国建设成为生态环境良好的国家。党的十八大首次单篇论述生态文明，把“美丽中国”作为未来生态文明建设的宏伟目标。因此，要建设社会主义新农村，必须走建设生态乡镇的道路，推进农村环境保护工作，守住农村的“青山绿水”，着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展。

目前，随着农村小城镇建设的逐渐加快，农民的经济状况和居住环境有所改观，但秸秆乱垛、粪土乱堆、垃圾乱倒、污水乱泼、畜禽乱跑等“五乱”现象在农村还普遍存在。尤其是秸秆随意堆放在房前屋后这种传统收集储藏方式，不仅导致秸秆资源大量浪费，而且成为鼠、蚊、蝇等病虫害的滋生场所和火灾隐患，非常不利于社会主义新农村的建设。因此，搞好秸秆的综合利用工作，改善农村脏、乱、差的公共卫生状况，解决农村环境问题，是保障社会主义新农村建设的重要举措。秸秆的综合利用，不仅可以促进农民传统生活方式改变，提高农民生活质量，还可以减轻农民劳动强度，使广大农民走向清洁、卫生、健康的生活之路。

二、秸秆综合利用是建设资源节约型、环境友好型社会的能源工程

改革开放以来，我国的经济建设取得了巨大进步，与此同时，也带来了严重的资源和环境问题。尤其是能源短缺问题，已成为我国人口众多基本国情下限制经济可持续发展的主要瓶颈问题。据《2007年度全国农村可再生能源统计汇总表》（农业部科技教育司和农业部能源环保技术开发中心）统计：2007年我国农村能源消费量（主要由煤炭、火电、成品油、天然气、液化气、煤气等化石能源和水电、秸秆、薪柴、沼气等可再生能源构成）为 89697.69×10^4 tce（标准当量煤），约为全国能源消费总量的30%。但农村人均能源消费量仅为城镇人均的1/3。假如我国农村人均能源消费量达到目前城镇人均消费水平，将使全国商品能源消费量在现实基础上净增1/2以上，这会进一步加剧我国的能源供给压力。因此，农村能源问题的解决必须因地制宜的开发农村资源潜力。我国秸秆资源丰富，属于可再生资源，具有非常大的新型能源化开发潜力。秸秆可用于生产沼气、成型燃

料、木炭、生物酒精和生物柴油等。若将现有秸秆产量的 1/3 用于新能源开发，可以为社会提供约相当于 1×10^8 tce 的商品能源。此外，我国每年农村秸秆直接燃用量约为 2.2×10^8 t，占全国秸秆可利用量的近 1/3。秸秆直接燃烧能源效率低，不仅浪费资源，还会污染农村大气环境和家居环境。

将秸秆资源新型能源化开发利用既可提高秸秆资源的燃用效率，又可替代煤、石油、天然气等化石能源，对于增加农村能源供应，不断改善农村能源消费结构，解决农村能源供应问题具有重要的现实意义。

三、秸秆综合利用是实现国家减排目标的环境工程

气候变暖已经成为世界瞩目的环境问题，我国 CO_2 排放势头迅猛。2009 年 11 月 26 日我国正式对外宣布温室气体减排的行动目标，到 2020 年单位国内生产总值 CO_2 排放比 2005 年下降 40%~45%。在我国农业生产过程中，由于化肥农药的大量施用以及农业机械化的推行，我国粮食产量逐年增加，与此同时，我国农作物秸秆越来越多，但是，由于在农村地区液化气等清洁燃料的普及，秸秆的利用率越来越低。尤其是在农村夏、秋收“双抢”季节，大量秸秆得不到及时和妥善处置，最终被付之一炬。尤其是一些经济和农业比较发达的大中城市郊区，在田间地头随意焚烧秸秆的现象十分普遍。这不仅浪费了宝贵的生物质资源，而且会污染大气环境，增加 CO_2 排放量。我国农村地区每年燃用煤炭约 5.6×10^8 t，消耗天然气约 $2.65 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、液化石油气 $0.36 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、煤气 $2.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、电力 $2524.55 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 、成品油 5571.46×10^4 t。这些化石燃料的燃烧是我国 CO_2 排放总量迅猛增长的重要原因之一。

将农作物秸秆新型能源化开发利用，不仅可以解决秸秆的焚烧问题，还可以有效地替代煤炭、“三气”等化石能源的消耗和秸秆的直接燃用，降低农村地区 CO_2 的排放量，减轻大气污染。另外，通过秸秆还田培肥地力，可以减少化肥施用量，进而减少化肥生产对煤炭、石油、天然气等化石能源的消耗，促进国家减排目标的顺利实现。

四、秸秆综合利用是优化畜牧业结构的节粮工程

据统计，2013 年我国肉类人均年消费量为 59.8kg，人均年消费牛奶约 25.23kg，而且，人均消费奶量到 2020 年需要提高到 36kg。由此可以看出，我国将长期面临饲料粮短缺的问题。为了保障我国粮食安全和生态安全，必须广辟饲料（草）来源。但目前我国主要牧区天然草地超载过牧问题严重，部分地区的当务之急是禁牧、休牧、限牧，因此，在现有条件下进一步增加我国天然草地载畜量空间不大；此外，我国耕地资源稀缺，人工饲草地的开辟只能在部分地区进行。因此，充分利用秸秆的饲料价值，采用秸秆养畜是保障畜牧业健康发展的重要举措。

五、秸秆综合利用是提高土壤综合生产能力的沃土工程

建设现代农业，就是要转变农业增长方式、促进农业又好又快发展。发展现代农业，必须有效地减少化肥、农药等投入，积极发展循环农业、有机农业、生态农业。秸秆资源是发展现代农业的重要物质基础，农作物光合作用的产物一半在籽粒中，一半留在秸秆。秸秆含有丰富的有机质、氮磷钾和微量元素。以我国每年秸秆产量 7×10^8 t 计算，这些秸

秆中含氮 460 多万吨, 含磷约 125 万吨, 含钾 1100 多万吨, 是农业生产重要的有机肥源。在现有农业生产条件下, 如果每公顷耕地秸秆还田量 3.0~4.5t, 可使粮食平均增产 15% 以上; 若连续 3 年秸秆还田, 可使土壤理化性状明显改善。

六、秸秆综合利用是实现农业可持续发展的生态工程

在社会主义新农村的建设过程中, 充分开发利用秸秆的“五料”(燃料、饲料、肥料、工业原料、养殖基料) 价值, 因地制宜地推行秸秆还田、秸秆饲料化、秸秆压块、秸秆气化等具有高附加值的新型能源化利用技术, 对于保护农村的生态环境具有重要作用。秸秆新型能源化开发利用可有效地减少农村薪柴的燃用消耗, 保护我国有限的森林资源。利用秸秆作为工业原料替代木材造纸和加工板材, 也可有效地减少木材消耗。秸秆饲料化利用可减轻草原超载过牧压力, 有利于保护草原生态环境, 此外, 秸秆资源综合利用可以避免秸秆焚烧, 有利于保护大气环境。综合来看, 秸秆综合利用是实现农业和农村经济可持续发展的生态工程。

七、秸秆综合利用是增加农民收入的富民工程

秸秆综合利用增加农民收入主要从以下几方面实现。

(1) 种植增收 秸秆还田可以培肥地力, 节约农民化肥投入, 改善农产品质量。秸秆作为食用菌种植基料是其综合利用的重要途径之一。山东省种植实践证明: 2005 年山东省食用菌总产量达 130×10^4 t, 消耗农作物秸秆、农产品下脚料、废弃树枝和木屑等农业废料 221.3×10^4 t, 建成了以烟台九发、聊城奥登、泰安天野、济南奥利、济宁华源、淄博七河、滨州科力等为代表的 20 多家国家级、省级大型食用菌龙头加工企业, 带动全省 300 万农民致富。

(2) 养殖增收 截至 2008 年年底, 全国已建成 8 个国家级秸秆养畜示范区, 604 个国家级养畜示范县。农业部调查资料显示: 每出栏 1 头肉牛、1 只肉羊农户可分别获纯利约 1000 元和 150 元, 每产 1kg 牛奶农户可获纯利约 0.5 元, 以 2008 年牛羊出栏量和奶类产量计算, 此三项产生的直接效益约为 1025.85 亿元。

(3) 秸秆加工增收 随着科技水平的不断提高, 秸秆综合利用的途径越来越广泛。秸秆造纸、秸秆板材加工、秸秆编织、秸秆饲料加工、秸秆发电、秸秆炭化、秸秆气化等秸秆综合加工利用技术和新型商品能源开发技术, 可使秸秆综合利用形成一个门类众多的产业化体系。

(4) 秸秆销售收入 目前, 1t 秸秆的价格在 200 元左右。若我国秸秆综合利用率每提高 10%, 即可多销售秸秆 $7000 \times 10^4 \sim 8000 \times 10^4$ t, 可直接为农民带来 140 亿~160 亿元的收入。

此外, 秸秆综合利用是促进农民就业的有效措施。若建设一条 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的秸秆人造板生产线, 可提供 200 个就业岗位, 同时带动周边秸秆收集、运输等服务业发展, 间接增加就业岗位约 400 个。

总之, 农作物秸秆综合利用具有良好的经济效益、生态效益和社会效益。秸秆综合利用的发展方向应以秸秆饲料化、新型能源化、肥料化、工业原料化为基础, 以科技为支撑, 从优化秸秆利用结构和提高秸秆资源利用效率两方面入手, 构建以秸秆资源为支撑的