



新农村建设集成技术丛书

农村废弃物综合利用技术

科学技术部中国农村技术开发中心

组织编写



中国农业科学技术出版社



新农村建设工程系列丛书

农村废弃物综合利用技术

科学技术部中国农村技术开发中心

组织编写



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农村废弃物综合利用技术/朱明主编. —北京: 中国农业
科学技术出版社, 2007

(新农村建设集成技术丛书)

ISBN 978-7-80233-258-4

I. 农… II. 朱… III. 农业废弃物—废物综合利用
IV. X71

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 045858 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红 康苗苗

整体设计 孙宝林 马 钢

出版发行 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 68919704 (发行部) (010) 68919708 (编辑室)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68975144

社 网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京雅艺彩印有限公司

开 本 850 mm × 1168 mm 1/32

印 张 12.75

字 数 320 千字

版 次 2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

定 价 79.00 元

版权所有 · 侵权必究

《新农村建设集成技术丛书》

编辑委员会

主 任：刘燕华

副 主 任：杜占元 吴远彬 刘 旭

委 员：（按姓氏笔画排序）

方智远	王 喆	石元春	刘 旭
刘燕华	朱 明	余 健	吴远彬
张子仪	李思经	杜占元	汪懋华
赵春江	贾敬敦	高 潮	曹一化

主 编：吴远彬

副 主 编：王 喆 李思经

执行编辑：（按姓氏笔画排序）

于双民	马 钢	文 杰	王敬华
卢 琦	卢兵友	史秀菊	刘英杰
朱清科	闫庆健	张 凯	沈银书
林聚家	金逸民	胡小松	胡京华
赵庆惠	袁学国	郭志伟	黄 卫
龚时宏	翟 勇		

《农村废弃物综合利用技术》 编写人员

主 编：朱 明

副 主 编：张玉华 孟海波

编 委：（按姓氏笔画排序）

万小春 刘东生 刘 贤

李冰峰 孙丽英 张克强

郭宪章 高新星



朱 明

男，1958年1月出生，现任农业部规划设计研究院（中国农业工程研究设计院）院长、研究员，兼任中国农业工程学会理事长、中国农村能源行业协会会长等职。长期从事农业工程领域的研究开发、工程设计、技术推广、工程咨询和科技管理工作，主持完成多项国家重点科研、推广和工程咨询项目，涉及农畜产品加工工程、种子加工工程、农业有机废弃物与城镇生活垃圾处理利用工程、农村能源与环保工程、设施农业（集约化种养殖业）工程及农业科技园区规划、农业综合开发规划、农业产业化发展与现代农业建设规划等。先后获国家科技进步一等奖、全国发明展览会金牌奖，第二届中国青年科技奖等奖项；在国家一级学报和国内国际重要学术会议上发表论文50多篇。

序

丹心终不改，白发为谁生。科技工作者历来具有忧国忧民的情愫。党的十六届五中全会提出建设社会主义新农村的重大历史任务，广大科技工作者更加感到前程似锦、责任重大，纷纷以实际行动担当起这项使命。中国农村技术开发中心和中国农业科学技术出版社经过努力，在很短的时间里就筹划编撰了《新农村建设系列科技丛书》，这是落实胡锦涛总书记提出的“尊重农民意愿，维护农民利益，增进农民福祉”指示精神又一重要体现，是建设新农村开局之年的一份厚礼。贺为序。

新农村建设重大历史任务的提出，指明了当前和今后一个时期“三农”工作的方向。全国科学技术大会的召开和《国家中长期科学技术发展规划纲要》的发布实施，树立了我国科技发展史上新的里程碑。党中央国务院做出的重大战略决策和部署，既对农村科技工作提出了新要求，又给农村科技事业提供了空前发展的新机遇。科技部积极响应中央号召，把科技促进社会主义新农村建设作为农村科技工作的中心任务，从高新技术研究、关键技术攻关、技术集成配套、科技成果转化和综合科技示范等方面进行了全面部署，并启动实施了新农村建设科技促进行动。编辑出版《新农村建设系列科技丛书》正是落实农村科技工作部署，把先进、实用技术推广到农村，为新农村建设提供有力科技支撑的一项重要举措。

这套丛书从三个层次多侧面、多角度、全方位为新农村建设

提供科技支撑。一是以广大农民为读者群，从现代农业、农村社区、城镇化等方面入手，着眼于能够满足当前新农村建设中发展生产、乡村建设、生态环境、医疗卫生实际需求，编辑出版《新农村建设实用技术丛书》；二是以县、乡村干部和企业为读者群，着眼于新农村建设中迫切需要解决的重大问题，在新农村社区规划、农村住宅设计及新材料和节材节能技术、能源和资源高效利用、节水和给排水、农村生态修复、农产品加工保鲜、种植、养殖等方面，集成配套现有技术，编辑出版《新农村建设集成技术丛书》；三是以从事农村科技学习、研究、管理的学生、学者和管理干部等为读者群，着眼于农村科技的前沿领域，深入浅出地介绍相关科技领域的国内外研究现状和发展前景，编辑出版《新农村建设重大科技前沿丛书》。

该套丛书通俗易懂、图文并茂、深入浅出，凝结了一批权威专家、科技骨干和具有丰富实践经验的专业技术人员的心血和智慧，体现了科技界倾注“三农”，依靠科技推动新农村建设的信心和决心，必将为新农村建设做出新的贡献。

科学技术是第一生产力。《新农村建设系列科技丛书》的出版发行是顺应历史潮流，惠泽广大农民，落实新农村建设部署的重要措施之一。今后我们将进一步研究探索科技推进新农村建设的途径和措施，为广大科技人员投身于新农村建设提供更为广阔的空间和平台。“天下顺治在民富，天下和静在民乐，天下兴行在民趋于正。”让我们肩负起历史的使命，落实科学发展观，以科技创新和机制创新为动力，与时俱进、开拓进取，为社会主义新农村建设提供强大的支撑和不竭的动力。

中华人民共和国科学技术部副部长

刘燕华

前 言

我国是一个农业大国，随着农村经济的快速发展和农民生活水平的不断提高，农业生产和农村居民生活产生的农村废弃物数量不断增加。大量的农村废弃物既是严重的污染源，又是宝贵的可再生资源，当前，由于得不到及时有效的处理利用，已成为农业面源污染的主要来源之一。

农村废弃物主要来源于各种农作物秸秆、畜禽粪便、农副产品加工废弃物、农村生活垃圾、农村污水等。据统计，我国每年农作物秸秆的产量高达 6 亿 t，随着传统农业向现代化农业的转变以及经济、社会的发展，农村能源、饲料结构等发生了深刻变化，大量过剩的秸秆被遗弃田间或者焚之一炬，不仅造成资源浪费，而且严重污染环境，甚至影响民航交通正常运行，给国家造成重大损失。再如，规模化畜禽养殖业的快速发展，产生了大量的畜禽粪便，据初步测算，我国生猪、家禽年产粪便总量高达 5.8 亿 t，粪水年排放总量高达 60 亿 t，由于处理措施不力，许多猪场臭气熏天、蚊蝇成群，地下水的硝酸盐含量严重超标，不仅严重污染周边环境，还制约了自身持续稳定发展。农村和乡镇居民的生活垃圾与污水未经处置随便堆放或直接排放，垃圾围村转、臭水满河塘的景象随处可见。党的十六届五中全会通过的关于制定国民经济和社会发展的“十一五”规划建议，明确提出了建设社会主义新农村的重大战略目标，描绘出新农村建设的宏伟蓝图，积极开展农村废弃物综合利用，对建设“生产发展、生活富裕、

村容整洁、乡风文明、管理民主”的新农村具有十分重要的意义。

本书全面系统地阐述了农村废弃物的资源现状、国内外农村废弃物综合利用现状、我国农村废弃物综合利用技术以及农村废弃物综合利用产业化前景和对策。全书共分七章。内容涉及农作物秸秆、畜禽粪便、农村生活垃圾、农村污水及人粪尿等综合利用技术。

本书适合农业技术人员、县乡镇领导干部、企业管理人员以及从事农业环境保护的科技工作者阅读。

由于时间和水平所限，书中疏漏和错误之处在所难免，敬请批评指正。

编 者

2007年9月

目 录

第一章	概 论	1
第一节	农村废弃物	1
第二节	农村废弃物综合利用现状	3
第三节	农村废弃物综合利用存在的问题	32
第二章	农作物秸秆综合利用技术	35
第一节	概 述	35
第二节	秸秆还田技术	40
第三节	秸秆饲料利用技术	57
第四节	秸秆能源技术	115
第五节	秸秆的工业应用技术	130
第六节	秸秆的其他应用技术	136
第三章	畜禽粪便综合利用技术	139
第一节	畜禽粪便资源及其污染	139
第二节	畜禽粪便的综合利用技术	152
第三节	畜禽养殖场污水处理及综合利用技术	189
第四章	农村垃圾处理与综合利用技术	204
第一节	农村垃圾的特征与收集	204
第二节	农村垃圾卫生填埋技术	218
第三节	农村垃圾好氧堆肥处理技术	227
第五章	农村污水综合处理技术	243
第一节	概 述	243
第二节	农村污水处理原则和排放标准	247
第三节	无动力多级厌氧复合生态处理系统	253
第四节	农村污水沼气净化池	261

第五节	小型分散式一体化污水处理设备	284
第六节	厌氧+潜流人工湿地组合处理系统	304
第七节	稳定塘处理系统	316
第六章	粪便管理与无害化处理	343
第一节	粪便管理	343
第二节	粪便无害化处理技术	352
第三节	卫生厕所	359
第七章	农村废弃物综合利用产业化前景与对策	376
第一节	农村废弃物综合利用产业化前景	376
第二节	农村废弃物综合开发利用的建议与 对策	382
参考文献		385

第一章 概 论

第一节 农村废弃物

一、农村废弃物的概念

农村废弃物也称农村垃圾，按其成分，主要包括植物纤维性废弃物（如农作物秸秆、谷壳、果壳、树叶及甘蔗渣等）、农产品加工废弃物、畜禽粪便、农村生活垃圾、污水、人粪尿等，是农业生产和再生产链环中资源投入与产出在物质和能量上的差额，是资源利用过程中产生的物质能量流失份额。一般意义上的农村废弃物，主要是指农业生产和农村居民生活中不可避免的一种非产品产出。从资源经济学的角度上看，农村废弃物是某种物质和能量的载体，是一种特殊形态的农村资源。

二、农村废弃物的分类及特性

（一）分类

农村废弃物按其来源不同可分为以下 4 种类型：

1. 种植业生产废弃物

主要是指农田和果园残留物，如作物秸秆、果树枝条、杂草、落叶、果实外壳等。

2. 养殖业生产废弃物

主要是指畜禽粪便和栏圈垫物等。

3. 农产品加工后的废弃物

如稻壳、玉米芯、果汁渣等。

4. 农村居民生活废弃物

包括人粪尿、生活污水及生活垃圾等。

(二) 特性

虽然农村废弃物品种类繁多且形态不同，但它们却有着许多共同的特性，主要有如下4点：

1. 可再生性

农村废弃物主要来源于种植业、养殖业和农村家庭生活，伴随着农业的发展和农民生活水平的提高，农村废弃物会循环再生，永不枯竭。

2. 可利用性

农村废弃物属于生物质资源，从生物学角度而言，生物质的主要成分是纤维素、半纤维素和木质素。理论上讲，只要通过一定的方法或技术，即可将这些有机物转化成有用的可再生资源，并可生产出各种各样人们所需要的产品。

3. 可存储性

每种农村废弃物，无论是固态的还是液态的，虽然分布分散，但基本上都可以收集、存储和运输，为开发利用创造了条件。

4. 污染性

农村废弃物如果处置不合理，均会对自然环境造成污染。主要表现在对大气的污染、对土壤的污染、对水源的污染。尤其是养殖场大量的畜禽粪便污水，如不能妥善处理，会严重污染环境，传播疾病，危害人体健康。

农村废弃物是生物质资源的重要组成部分，每种生物质的基本元素都是由碳、氢、氧、硫以及水分、灰分组成，又是太阳能在自然界的能量和物质载体，因此总可以以一定形式将能量释放出来。



第二节 农村废弃物综合利用现状

一、国外农村废弃物综合利用现状

(一) 农村废弃物开发作为能源

德国政府重视可再生资源的开发利用,并制定了专门的政策,鼓励用可再生能源发电上网,因此,近年德国沼气发电的数量迅速增加,其国内沼气发电工程的数量已由 1992 年的 139 家发展到 2003 年底的 2 000 家,沼气发电的装机总量也由 1999 年的 50MW 猛增到 2002 年的 150MW。德国政府在沼气发电上给予了极大的重视,在不断加强宣传的同时,继续加强内燃机研发,提供技术和设备上的保障等。

德国为了促进沼气的研究开发,已建立起从中央到地方两级完善的研发体系,包括农业、环境保护、效能运输、建设和统计等方面。研发体系的建立充分考虑到了沼气生产的技术、环境保护方面的要求,沼气利用所涉及的居民供电、供暖以及沼气作为汽车动力燃油利用等方方面面的协作。在德国,以前世代沿袭的农民,现已成为沼气的网上经营者,一个新产业——沼气产业正在产生和发展之中。

能源农业将成为 21 世纪农业的一个新经济增长点,发达国家利用可燃气体发电的经验可供我国借鉴。例如,德国最早利用秸秆发电的 Thuringian 发电厂,现在可年处理 3 000t 秸秆,电费只需 5 美分/(kW·h),而当地其他电厂电费为 16 美分/(kW·h);美国目前约有 150 家发电厂全部利用短时轮作木质作物、草质作物等生物质燃料发电。另外,还有 365 家发电厂联合利用生物质和矿物质燃料发电。

（二）农村废弃物用作饲料原料、发电燃料及用来生产液体燃料

美国的 Amoco 技术使用公司与 Stone & Webster 工程公司合作开发利用农村废弃物生产乙醇。他们利用一种遗传控制细菌发酵生物原料，只需在生物原料发酵池内加入几种糖类物质同时发酵，即可比相同的生物原料生产的乙醇量增加 30%。可用于生产乙醇的农村废弃物有玉米纤维、稻草、废旧报纸、从森林地面收集来的枝杈、树皮等，但大规模的乙醇生产将需要专门为生产而种植的能源作物。美国橡树岭国家实验室开发了几种能源作物，如杂交杨和软草。美国约有 33.33 万 hm^2 （500 万亩）空置庄稼地，据专家预算，若用于种植能源作物，经过科学管理，每年提供的生物质原料能够生产 270 亿 gal 乙醇（折合 1 022 亿 L）。

（三）农村废弃物制作复合材料

把废旧农膜、编织袋、食品袋、旧轮胎再生胶等经过一定的工艺处理后可作为基体材料，同时加入适当的添加剂，通过一定的处理和复合工艺形成以球—球、球—纤维堆砌体系为基础的复合材料。

（四）农村废弃物用于处理废水

传统的废水处理系统是利用从原油中分离出的聚合物及粒状活性炭转移废水中的有毒有害物质等。美国北卡罗来纳州 A&T 大学的畅·塞欧先生一直在探索利用农村废弃物提高水质的方法，他认为玉米芯、豆荚一类农副产品下脚料可用于处理废水。



(五) 农村废弃物用于清洁油污地面

美国密西西比州佛罗拉的 ERT 公司开发了棉花废弃物的一种全新用途：利用棉籽棉绒吸收碳氢化合物生物降解，其主要的是利用棉籽加工废弃物纤维素中固有的一种细菌。ERT 公司通过创造某种特殊的环境营养细菌，促其繁殖，从而制成一种具有生物活性的吸收剂。这种产品外形像精细的木屑，对动植物无毒害，把它施放到受油类污染的地表面、水面或土壤中，它将如同胶囊一样包裹住碳氢化合物或其他有毒物质，然后产品中的细菌被破裂出来降解油类、清除污染。此产品常被用来清洁人们难以清除的有油类溢出物的湿软地区（如沼泽地）、汽车事故地或车库，并可附带用在运油车上。

面对世界资源日益紧张的严峻形势，对农村固体废弃物这种资源的利用就显得更为重要。随着科学技术的进步和人类认识的提高，对其进行资源化利用也是可行的。人们应遵循经济效益、生态效益和社会效益最大限度相统一的原则，因地制宜地选择综合利用技术。

二、我国农村废弃物综合利用现状

(一) 农作物秸秆综合利用现状

作物秸秆是农作物生产系统中一项重要的生物质资源。作物秸秆的综合利用，既涉及广大农村的千家万户，也涉及整个农业生态系统中土壤肥力、水土保持、环境安全以及再生资源有效利用等可持续发展问题，近年来已引起世界各国的普遍关注，并逐步成为发展可持续农业的重要方面。

中国是农业大国，也是秸秆资源最为丰富的国家之一，每年生产 6 亿多吨的秸秆，且随着农作物单产的提高，秸秆产量也将随之增加。历史上，中国有利用秸秆的优良传统，农民用