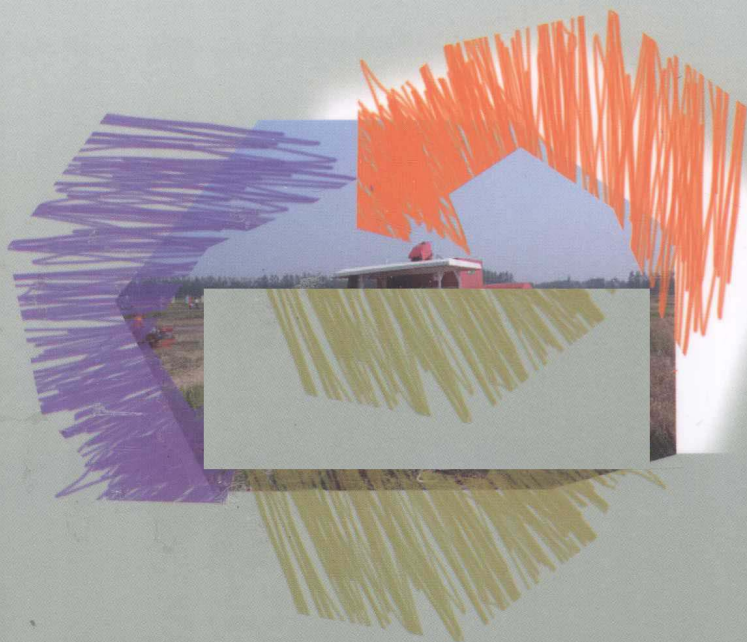


农作物秸秆 综合利用技术与装备

肖宏儒 范伯仁 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农作物秸秆综合利用技术与装备/肖宏儒, 范伯仁编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-80233-913-2

I. 农… II. ①肖…②范… III. 秸秆—综合利用 IV. S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 095465 号

责任编辑 莫小曼

责任校对 贾晓红

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) 82106630 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106636

社 网 址 [http:// www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京华正印刷有限公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 14.25

字 数 280 千字

版 次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定 价 50.00 元

序

秸秆作为我国农村居民的主要生活燃料、大牲畜饲料和有机肥料，千百年来，一直发挥着不可替代的作用。随着农民生活水平的提高，农村燃料结构的改变，耕作机械化程度的进步，秸秆逐渐丧失了作为生活燃料和饲料的功能。与此同时对秸秆的综合利用没有能及时跟上，使许多地区出现了季节性、结构性的秸秆过剩。特别是在粮食主产区和沿海经济发达的部分地区，过剩的秸秆任意露天堆放，随便燃烧的现象尤其严重。不仅浪费能源、污染环境、降低空气质量，还给机场、高速公路等带来交通安全隐患。初步估算，现有秸秆利用率为30%左右，如果将秸秆作为一种可再生资源，使秸秆经济成为各地区经济发展新的增长点，秸秆综合利用技术将大有所为。

鉴于此，国家有关部门一直非常重视秸秆综合利用技术的研究，2008年7月27日，国务院办公厅下发了《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》，提出以技术创新为动力，以制度创新为保障，加大政策扶持力度，发挥市场机制作用为指导思想。这对加快推进秸秆综合利用工作，实现秸秆商品化和资源化，形成秸秆资源开发利用良性循环，促进资源节约型和环境友好型社会建设，具有十分重要的意义。

由于秸秆自身的特点，要真正达到秸秆高效综合利用的目的并非一朝一夕能够完成，需要国家和各地政府的共同努力。对科研人员来说，亟待加强现有秸秆综合利用技术与设备的集成配套，并进一步总结创新，推动秸秆综合利用科技知识的全面普及。

《农作物秸秆综合利用技术与设备》一书，正是在这样的宏观背景下应运而生。全书通过大量的实例和详实的数据，生动地介绍了我国秸秆的资源产量与分布，秸秆利用现状、存在问题和发展趋势以及秸秆各种综合利用技术。阅读本书，读者不仅可以了解我国秸秆综合利用的现状，还可以对秸秆固体、气体燃料

的加工技术，秸秆发电技术，各种秸秆加工机械，秸秆饲料及其他副产品加工技术有全新的认识。全书深入浅出，循序渐进，既可以作为专家学术交流资料，又可以为公众普及秸秆利用科技知识，是一本不可多得的好书。

本书的出版，对扩大秸秆综合利用知识的普及，推动秸秆综合利用的研究，促进环境保护、经济发展、社会进步具有重要的意义。

国务院参事
原农业部副部长



二〇〇九年六月

前言

我国是粮食生产大国，也是秸秆生产大国。据统计，我国每年秸秆的产量为6亿多吨，蕴藏着丰富的能量和大量的营养物质，开发利用潜力巨大，发展前景十分广阔。为此，世界各国普遍重视农作物秸秆的综合利用。利用的途径主要集中在能源、饲料、肥料、建材等方面。与发达国家相比，我国虽然在这些领域分别开展了秸秆的开发利用，但我国秸秆综合利用水平还比较低，秸秆综合利用的政策不完善，综合利用技术研发水平落后，秸秆利用研究与推广脱节，目前还有大量秸秆没有开发利用，已经利用的也是粗放的低水平利用。进一步开发利用秸秆，已经成为农业生产资源开发和环境保护的热点。

为了总结农作物秸秆综合利用的成功经验，进一步提高秸秆综合利用的科技水平，指导农作物秸秆综合利用工作，我们结合承担科技部“十一·五”重大科技支撑项目“农林生物质工程”中“生物质成型燃料产品及装备开发”课题所取得的研究成果，以及三年来参加江苏省农机局“农作物秸秆机械化还田与综合利用机械化专家组”的工作实践，编著了《农作物秸秆综合利用技术与装备》一书。本书系统地介绍了农作物秸秆资源产量、分布、利用现状与发展趋势，开发利用技术与装备，包括机械化秸秆还田、秸秆燃料、秸秆饲料、秸秆工业化利用和秸秆综合利用典型案例等开发利用技术与装备，以及最新研究的技术与装备进展。内容丰富，融科学性、先进性和实用性于一体。可供从事此项工作的干部、技术人员和广大农民阅读，也可供大专院校师生参考。

全书由肖宏儒、范伯仁主持编著与统稿。参加编著的人员有（以姓氏笔画排序）：丁为民、王和平、任彩红、陈新、张瑞宏、张永春、张明远、宋卫东、沈来宏、赵庚福、钟成义、高翔、钱胜峰、崔军、郝波、蔡国芳、糜南宏等。在此特别感谢潘嘉亮先生，他在本书的编写过程中提出很多宝贵的建议。

目前，秸秆综合利用技术与装备发展较快，由于时间仓促和作者水平所限，书中难免存在不足和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者
2009年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 秸秆的结构与组成.....	2
第二节 秸秆资源的产量与分布.....	5
第三节 秸秆综合利用的意义与途径.....	8
第四节 当前我国农业秸秆综合利用中存在的问题及发展趋势	14
第二章 秸秆机械化还田技术	17
第一节 秸秆还田的作用	17
第二节 秸秆在土壤中的分解	22
第三节 秸秆还田条件下水稻田间管理技术要点	31
第四节 秸秆还田的方式与技术路线	33
第五节 秸秆还田作业机工作原理及主要结构	37
第六节 秸秆还田耕整地工艺流程及操作方法	49
第七节 秸秆还田田间作业条件和还田后的状态	58
第八节 秸秆全量还田作业质量判定	59
第九节 秸秆还田作业机具维护保养	61
第三章 秸秆收集处理技术与装备	65
第一节 农作物秸秆等生物质原料的收集与贮存	66
第二节 秸秆收获处理设备及相关技术	68
第四章 秸秆燃料加工利用技术	78
第一节 秸秆热解汽化技术	78
第二节 秸秆沼气技术.....	104
第三节 秸秆发电技术.....	111
第四节 秸秆制取液体燃料技术.....	117

第五节 秸秆成型燃料加工技术·····	139
第六节 秸秆成型燃料加工机械·····	149
第五章 秸秆饲料工业化加工技术·····	162
第一节 秸秆饲料利用概述·····	162
第二节 秸秆饲料化利用技术·····	163
第三节 秸秆饲料工业化生产设备配置方案与关键设备开发·····	175
第六章 秸秆建筑与包装材料加工利用技术·····	183
第一节 秸秆建筑材料加工利用技术·····	183
第二节 秸秆可降解包装材料加工利用技术·····	197
第七章 秸秆栽培食用菌与编织制品加工技术·····	201
第一节 秸秆栽培食用菌加工技术·····	201
第二节 秸秆编织制品加工技术·····	208
第八章 秸秆造纸新技术·····	213
参考文献·····	218

第一章 绪 论

农作物秸秆是地球上第一大可再生资源。据不完全统计，我国每年农作物秸秆产量为6亿多吨，居世界第一。农作物秸秆是农业生产的副产品，农作物光合作用的产物约有一半存在于秸秆中，秸秆富含有机质和氮、磷、钾、钙、镁、硫等多种养分，也是一项重要的生物质资源，可用作肥料、饲料、燃料及工业生产的原料等。农作物秸秆作为一种资源，搞好综合利用可以转化为财富，成为农民增收的重要渠道，否则，就会变成社会负担。近年来，随着我国农村经济的发展，一些城市郊区和粮食主产区，农民对秸秆作为传统生活燃料的需求减少，导致剩余秸秆难以处理。为了赶农时、图方便，农民采取了在田间焚烧的方式处理秸秆，不仅浪费了宝贵的资源，而且造成了大气污染、土壤矿化、火灾和引发交通事故等大量的社会、经济和生态问题，成为政府关心、社会关注的热点和难点。农作物秸秆的综合利用，既可缓解农村肥料、饲料、能源和工业原料的紧张状况，又可保护农村生态环境、促进农业农村经济可持续协调发展。因此，研究农作物秸秆综合利用机械化技术具有重要的现实和深远意义。

在农业生产过程中，小麦、玉米、水稻等农作物收获以后残留不能食用的根、茎、叶等废弃物统称为秸秆。广义上讲，农作物秸秆不仅包括农业生产过程中的废弃物，还包括农产品加工过程中的副产品，具体包括以下几类：①农作物秸秆，包括大麦秸、燕麦秸、小麦秸、黑麦秸、高粱秸、玉米秸、棉花秸以及稻草、薯类藤蔓等；②豆类茎秆，包括黄豆秸、蚕豆秸、豌豆秸、豇豆秸、羽扇豆秸和花生藤蔓等；③亚热带植物副产品，包括甘蔗渣、麻渣、香蕉秆和叶等；④农作物加工过程中的副产品，包括玉米芯、各种麦类的糠麸，各种水稻的谷壳和米糠等。

第一节 秸秆的结构与组成

一、农作物秸秆的结构

水稻、小麦、玉米、高粱等农作物的植株由根、茎、叶、花和子实等器官组成。

1. 茎

农作物的茎呈圆筒状，茎中有髓或有空腔。茎可分为若干节，节与节之间的部分叫节段，节段的数目随不同作物品种而不同。水稻和小麦的茎秆比较细软，地上部分有5~6节，节间中空，曲折度大，有弹性。玉米、高粱和甘蔗的茎为实心，茎高大，地上部分节数有17~18节，节间粗、坚硬、不易折断。茎是发生和支持果穗的器官，玉米植株顶端有雄穗，植株中间有雌穗，穗外有苞叶。

农作物茎的节间横切面上有三种系统：表皮系统、基本系统和维管系统。农作物表皮只有初生结构，一般为一层细胞，通常角质化或硅质化，以防止水分的过度蒸发和病菌侵入，并对内部其他组织起保护作用。各种器官中数量最多的组织是薄壁组织，也叫基本组织，它是光合作用、呼吸作用、养分贮藏、分化等主要生命活动的场所，是作物组成的基础。维管束埋藏于薄壁组织内。在韧皮部、木质部等复合组织中，薄壁组织起着联系作用。

在维管系统中，除薄壁组织外，主要有木质部和韧皮部，两者相互结合。农作物维管束中木质部、韧皮部的排列多属于外韧维管束。小麦、大麦、水稻、黑麦、燕麦茎中维管束排成2圈，较小的一圈靠近外围，较大的一圈插入茎中。玉米、高粱、甘蔗茎中的维管束则分散于整个横切面中。木质部的功能是把茎部吸收的水和无机盐，经茎输送到叶和植株的其他部分。韧皮部则把叶中合成的有机物质（如碳水化合物和氮化物）输送到植株的其他部分。

2. 叶

农作物的叶分为叶鞘和叶片两部分。叶鞘包在茎的四周，有支持茎和保护茎的作用。叶鞘基部膨大的部分叫叶节。农作物的叶上有的有叶耳、叶舌，有的则没有。例如，高粱有叶舌而无叶耳，小麦的叶耳小。

叶是进行光合作用的主要器官。叶的组织与茎的组织相同，分为表皮系统、基本系统和维管系统。表皮在叶的最外层，维管组织则分布在基本组织之中。

叶的表皮结构比较复杂，有泡状细胞（即运动细胞）、附属毛、似纤维的细胞。表皮细胞有长细胞、短细胞。短细胞分为硅质细胞、栓质细胞，前者充满硅

质体，后者细胞壁木栓化。表皮上、下面还有气孔。表皮可以保护叶肉组织，防止水分蒸散，起机械支持叶的作用。表皮细胞质有硅质、细胞外壁有角质层是农作物的特点。

叶肉是由表皮下团块状薄壁组织细胞所组成的。叶肉组织中含有大量的叶绿体，因此这些起同化作用的器官为绿色。进行光合作用时，叶绿体内有聚集淀粉的作用。

二、秸秆的组成

农作物秸秆主要由植物细胞壁组成，它含有大量的粗纤维和无氮浸出物以及粗蛋白、粗脂肪、灰分和少量其他的成分。植物细胞壁中的纤维素和半纤维素较易被生物降解，而木质素除本身难以分解外，在植物细胞壁中，还常与纤维素、半纤维素、碳水化合物等成分混杂在一起，阻碍纤维素分解菌的分解作用，使秸秆难以被生物分解利用。如何使作物秸秆中的木质纤维素得到有效的分解，是作物秸秆处理和综合利用的关键。秸秆的主要有机组分见图 1-1。

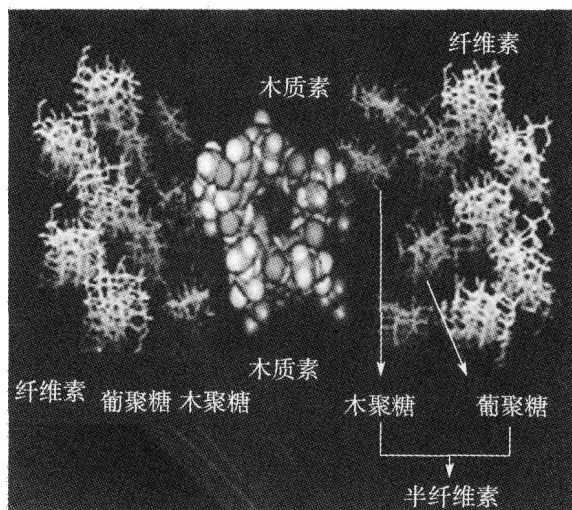


图 1-1 秸秆的主要有机组分及其结构

作为极其特殊的一种“废弃”资源，农作物秸秆具有产量巨大、分布广泛而不均匀、利用规模小而分散、利用技术传统而低效等特点。同时，从作物秸秆的营养特点分析，其蛋白质、可溶性碳水化合物、矿物质和胡萝卜素含量低，而粗纤维含量高，因而其适口性不好，家畜采食量小、消化率低。由于作物品种和产地的不同，农作物秸秆在物质组成、理化性质和利用上的工艺技术不同，其特

性也有所不同（表 1-1 ~ 表 1-3）。

表 1-1 几种主要农作物秸秆的化学组成（干重）

单位：%

秸秆种类	粗纤维	灰分	果胶质	木质素	纤维素	半纤维素
稻秸	35.6	13.39		12.50	32.00	24.00
麦秸	36.7	6.04	0.30	18.00	30.50	23.50
玉米秸	29.3	4.66	0.45	22.00	34.00	37.50
大豆秸	38.7				33.00	18.50

表 1-2 几种主要作物秸秆中的元素成分（质量分数）

单位：%

秸秆种类	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Si
稻秸	0.60	0.09	1.00	0.14	0.12	0.02	7.99
麦秸	0.50	0.03	0.73	0.14	0.02	0.003	3.95
大豆秸	1.93	0.03	1.55	0.84	0.07		
油菜秸	1.52	0.03	0.65	0.42	0.05	0.004	0.18

表 1-3 几种主要作物秸秆的营养成分（干重）

单位：%

秸秆种类	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
稻秸	85	4.8	1.4	35.6	39.8	12.4
麦秸	85	4.4	1.5	36.7	36.8	6.0
玉米秸	94.4	5.7	16.0	29.3	51.3	6.6
大豆秸	85	5.7	2.0	38.7	39.4	4.2
花生藤蔓	90	12.2		21.8		
蚕豆秸	8.65	2.9	1.1	37.0	35.9	9.8

由表 1-1 ~ 表 1-3 可知，不同作物秸秆的有机质成分基本相似，但其化学组成和营养成分有所不同。在后续利用中，应根据各自性质和组成而分别利用。玉米秸秆外皮中所含纤维强度高、韧性好，可用来造纸、制人造板和一次性植物纤维餐具，而且内容物的营养成分较高，可用来加工饲料。

农作物秸秆利用，就是根据其物质组成、结构构造或物理技术特性的某一特点，通过一定的加工而得以充分利用，来满足人们的某一特殊需求。

根据利用目的不同，其价值主要体现在如下几方面。

（1）利用其含热量和可燃性生产能源材料，要求秸秆的纤维素、木质素的含量和热值要高，而与蛋白质、脂肪、无氮浸出物的含量关系不大。

（2）利用其营养成分制作肥料和饲料，以及加工生产淀粉、糖、酒、醋、酱油、食品等生化制品，要求秸秆的粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物的含量要高，而木质素和灰分的含量要低。

（3）提取其有机化合物和无机化合物，生产化工原料和化学制品。

(4) 利用其物理技术特性, 生产轻质、绝热、吸声的植物纤维增强材料。

(5) 利用其特殊的结构构造, 生产吸附脱色材料、保温材料、吸声材料、催化剂载体等。

第二节 秸秆资源的产量与分布

一、秸秆的产量与分布

由于农作物秸秆产量不列入统计部门的统计项目, 实地调查的困难又很大, 所以一般情况下对秸秆的产量只能进行推算。但是, 每年秸秆产生的数量又取决于当地气候条件、土壤条件和采用的农业技术, 其中差异非常大。一般根据农作物产量和各种农作物的草谷比, 大致估算出各种农作物秸秆的产量, 即农作物秸秆产量 = 农作物产量 × 草谷比, 农作物产量又等于播种面积乘以单位面积产量。我国不同地区常见农作物的草谷比见表 1-4。

表 1-4 我国不同地区常见农作物的草谷比

地区	小麦	水稻	玉米	棉花	油菜
北京	1.123 6	0.980 4	1.587 3	3.448 3	1.492 5
天津	1.123 6	0.980 4	1.587 3	3.448 3	1.492 5
河北	1.123 6	0.980 4	1.587 3	3.448 3	1.492 5
山西	1.515 2	0.980 4	1.234 6	3.448 3	1.492 5
内蒙古	1.587 3	0.909 1	1.351 4	3.448 3	1.492 5
山东	1.351 4	0.980 4	1.010 1	3.448 3	1.492 5
河南	1.333 3	0.970 9	1.149 4	3.448 3	1.492 5
辽宁	1.587 3	0.909 1	1.351 4	3.448 3	1.492 5
吉林	1.587 3	0.909 1	1.351 4	3.448 3	1.492 5
黑龙江	1.587 3	0.909 1	1.204 8	3.448 3	1.492 5
上海	1.052 6	1.041 7	1.010 1	3.448 3	2.740 1
江苏	1.052 6	1.041 7	1.010 1	3.448 3	2.740 1
浙江	1.075 3	0.885 0	1.010 1	3.448 3	2.740 1
安徽	1.052 6	1.041 7	1.010 1	3.448 3	2.740 1
福建	1.075 3	0.885 0	1.010 1	3.448 3	2.740 1
江西	1.333 3	0.970 9	1.149 4	3.448 3	2.740 1
湖北	1.333 3	0.970 9	1.149 4	3.448 3	2.740 1
湖南	1.333 3	0.826 4	1.149 4	3.448 3	2.740 1
广东	1.333 3	0.970 9	1.149 4	3.448 3	2.740 1

续表

地区	小麦	水稻	玉米	棉花	油菜
广西	1.333 3	1.030 9	1.149 4	3.448 3	2.740 1
海南	1.333 3	0.970 9	1.149 4	3.448 3	2.740 1
四川	1.162 8	0.854 7	0.952 4	3.448 3	2.740 1
贵州	1.265 8	0.833 3	1.265 8	3.448 3	2.740 1
云南	1.538 5	1.250 0	1.190 5	3.448 3	2.740 1
陕西	1.408 5	0.980 4	1.428 6	3.448 3	2.740 1
甘肃	1.351 4	1.351 4	1.282 1	2.18	1.492 5
青海	1.351 4	1.351 4	1.282 1	2.18	1.492 5
宁夏	1.351 4	1.351 4	1.282 1	2.18	1.492 5
新疆	1.351 4	1.351 4	1.282 1	2.18	1.492 5
平均	1.280 2	0.951 5	1.247 2	3.136 1	2.212 2

目前,各地均按粮食产量的一定比例关系来推算秸秆产量,并把这个系数值逐步统一到1或1.2。但是,这个1或1.2的系数值没有出处,用1或1.2乘上某地粮食产量来推算该地的秸秆总量,忽略了作物品种之别。也就是说,不同农作物的秸秆与籽实比差异是很大的。因此,这种计算方法是否准确,需要进一步商榷。

现在我国许多专家在推算秸秆产量时,一般使用的是1992年由(中国)农业统计年鉴提供的秸秆折算系数乘以相应的农作物产量求得。主要农作物秸秆折算系数如下:水稻0.9,小麦1.1,玉米1.2,高粱1.5,其他谷类1.6,大豆1.5,薯类0.5,棉花3.4,花生0.8,油菜籽1.5。通过对山东、江苏和吉林的农作物产量和秸秆的比例情况调查,我国统计年鉴提供的秸秆折算系数更适合对秸秆实际收获量的统计,即不包括掉落在田间、收获剩茬的农作物地上茎叶。

我国是一个农业大国,地域辽阔,土地总面积居世界第三位。但人均土地面积仅有 0.78hm^2 (11.65亩),相当于世界平均数的 $1/3$,人均耕地 0.09hm^2 (1.4亩),只相当于世界平均水平的44%。人口多、人均土地占有量和人均耕地占有量少、耕地后备资源不足,是我国土地资源的基本国情。

我国农作物种植生态区多样而复杂,东西海拔差距悬殊,南北温差大,季节及气候早晚差异大。南方地区水域多、气温高,适合水稻、甘蔗和油料等农作物的生长;北方地区四季温差大,适合玉米、豆类和薯类等农作物的生长;小麦可在我国各地区普遍种植,但播种面积以华中、华东地区最多;棉花产地主要集中在新疆和西北地区。

我国是一个农业大国,2006年主要农产品产量为5.25亿吨,按草谷比计算秸秆产量约为6.77亿吨,主要分布在河北、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江

苏、河南、山东、湖北、湖南、江西、安徽、四川、云南等粮食主产区。

通过分析,可以得出以下结论:

(1) 中国的主要农作物秸秆为玉米、小麦和水稻,分别占 2006 年农作物秸秆总资源量的 42.95%、21.07% 和 16.79% (图 1-2);

(2) 依据秸秆资源量的不同对地区进行分类(表 1-5),最高的地区为山东和河南,年产秸秆超过 5 000 万吨;其次为河北和四川,年产量超过 3 000 万吨;吉林、黑龙江、江苏、安徽、湖北和湖南等地区农作物秸秆年产量均超过 2 100 万吨;

表 1-5 按秸秆资源量进行分类

秸秆资源量 (万吨/年)	地 区
40 ~ 1 090	北京、天津、上海、浙江、福建、海南、西藏、甘肃、青海、宁夏
1 090 ~ 2 140	山西、内蒙古、辽宁、江西、广东、广西、重庆、贵州、云南、陕西、新疆
2 140 ~ 3 190	吉林、黑龙江、江苏、安徽、湖北、湖南
3 190 ~ 4 240	河北、四川
4 240 ~ 5 300	山东、河南

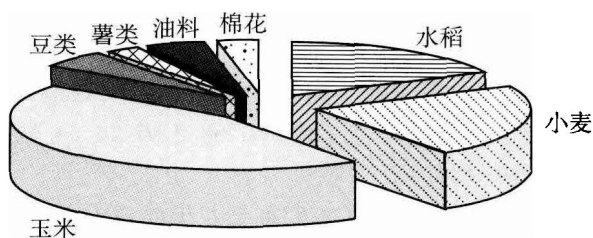


图 1-2 2006 年中国不同农作物秸秆资源量分布图

(3) 按照国土面积,单位国土面积秸秆资源量高的省份(直辖市)依次为山东、河南、江苏、安徽、河北、上海、吉林、湖北等。山东省最高,为 $330.26\text{t}/\text{km}^2$;河南省次之,为 $305.68\text{t}/\text{km}^2$;新疆维吾尔自治区单位国土面积秸秆资源量很低,为 $9.34\text{t}/\text{km}^2$;除西藏自治区外,青海省的单位国土面积秸秆资源量最低,约为 $1.84\text{t}/\text{km}^2$,与山东省相差几百倍。因此,从资源分布密度的角度来看,山东省农作物秸秆资源化利用的经济性要明显好于青海省;

(4) 中国农作物秸秆资源量与粮食产量密切相关。数据表明,自 1978 年起,随着中国粮食产量的增加,秸秆资源量逐年上升。1999 年秸秆资源量达到顶峰,为 6.18 亿吨。近年来,粮食连续增产,秸秆资源量也随之增加,但尚未

发生较大的变化。

二、农产品加工业副产品的产量

农产品加工业是通过各种工程措施将农业生产产出的原料如粮、油、果、蔬、肉、蛋、奶、水产品、棉、麻、糖、烟、茶等加工成人们吃、穿、用的成品或半成品。农作物收获后进行加工时也会产生副产品，如稻壳、玉米芯、花生壳、甘蔗渣和棉籽壳等。这些农业废弃物由于产地相对集中，主要来源于是粮食加工厂、食品加工厂、制糖厂和酿酒厂等，数量巨大，容易收集处理，可作为燃料直接燃烧使用，也是我国农村传统的生活用能。

稻壳是稻米加工过程中数量最大的副产品，约占水稻质量的 20% 以上。2005 年，我国水稻产量为 18 059.2 万吨，加工后产生的稻壳产量约为 5 417.8 万吨。稻壳可燃物达 70% 以上，热值为 12 560 ~ 14 650 kJ/kg。稻壳是一种既方便又廉价的能源，特别是在碾米厂，获得能源的同时又处理了稻壳。

甘蔗渣是蔗糖加工业的主要废弃物之一，甘蔗渣与蔗糖的比例为 1:1。我国甘蔗的主产区为广东、广西、台湾、福建、云南和四川等地，2001 年我国的甘蔗产量为 8 664 万吨，产生的甘蔗渣的产量约为 8 664 万吨。甘蔗渣的热值为 8 039 kJ/kg。目前，我国的甘蔗渣除少量用于造纸和制造纤维板、木糖和糠醛外，绝大多数用作制糖厂锅炉燃料。

玉米芯是将玉米穗剥去子粒的穗轴，占玉米穗质量的 75% ~ 85%。我国玉米的主产区是辽宁、吉林、黑龙江、河北、山东和四川等地，2005 年我国玉米产量为 13 936.5 万吨，玉米芯产量约为 6 968.3 万吨。玉米芯的平均热值为 14 400 kJ/kg，主要作为燃料使用。

花生壳是花生初加工的剩余物，不同种类花生的花生壳含量是不同的，一般情况下占总质量的 35%。我国花生的主产区是山东、四川、广东、广西、江苏、河北、辽宁和台湾等地。花生壳的平均热值为 19 200 kJ/kg，除少部分作为黏结剂原料外，绝大多数作为燃料使用。

第三节 秸秆综合利用的意义与途径

一、农作物秸秆综合利用的意义

农作物秸秆作为重要的生物质资源，总能量基本和玉米淀粉的总能量相当。秸秆燃烧值约为标准煤的 50%，秸秆蛋白质含量约为 5%，纤维素含量在 30%

左右,还含有一定量的钙、磷等矿物质,1t普通秸秆的营养价值与0.25t粮食的营养价值相当。专家测算,每生产1t玉米可产2t秸秆,每生产1t水稻和小麦可产1t秸秆。

江苏省是我国农业大省,主要农作物有水稻、小麦、玉米和油菜等,种植制度以稻麦(油)两熟制为主,农作物秸秆资源丰富。按每年可产农作物秸秆3700万吨计算。如全部用来燃烧,可折合约1800万吨标准煤的热值。如全部用作饲料,折算相当于近600万吨粮食。经过科学处理,秸秆的营养价值还可大幅度提高。秸秆蕴藏着丰富的能量,含有大量的营养物质,开发利用潜力巨大,发展前景十分广阔。

世界各国普遍重视农作物秸秆的综合利用,利用的途径主要集中在肥料、饲料和能源三个方面,这是世界上秸秆资源利用的普遍趋势。

国外农作物秸秆的综合利用主要是围绕着生态农业的发展而展开的。由于生态农业不仅可以充分利用自然资源,有效提高农业生产力,而且可以保护农业生态环境,促进良性循环的形成,一些发达国家均进行了相关的理论研究和实践试验。在美国有2万多个生态农场遍布全国各地,在实践中采用的主要技术措施有:应用现代农业机械技术、作物新品种、水土保持技术以及先进的有机废弃物和作物秸秆的利用技术。在美国,秸秆还田十分普遍,不但小麦、玉米等秸秆大量还田,而且大豆、番茄等秸秆也尽量还田。据美国农业部门统计,美国年生产作物秸秆4.5亿吨,占整个美国有机废弃物生产量的70.4%,秸秆还田量占秸秆生产量的68%(USDA,1978)。这是一项了不起的成就,对于保持美国的土壤结构与肥力起着十分重要的作用。

我国自古以农立国,历史上就有着许多优良传统和生产经验。千百年来,我国农民在生产实践中始终强调土地的用养结合,强调“天地人合一”,强调人和大自然结合。与发达国家相比,我国虽然在这些领域分别开展了秸秆的开发利用,但我国秸秆综合利用水平还比较低。秸秆综合利用的政策不完善,综合利用技术研发水平落后,秸秆利用研究与推广脱节,大量宝贵的秸秆资源沉睡、废弃和流失。目前还有1/3以上的农作物秸秆没有被很好地开发利用,已经利用的也是粗放的低水平利用。农业投入要素的50%左右转化为农作物秸秆,秸秆资源的浪费,实质上是耕地、水资源和农业投入品的浪费。我国耕地资源有限,灌溉用水、化肥和农药有效利用率均不足40%,我们必须改变这种状况。应该充分认识到,在现代农业技术和加工技术条件下,农作物秸秆是发展农村循环经济的重要物质基础。农作物秸秆综合利用是保护生态环境、实现农业可持续发展的需要,是发展农村经济和增加农民收入的宝贵资源。加大秸秆综合利用力度,是提高农业综合生产能力的重要方面,是扩大农村就业、增加农民收入的重要途径,

是改善和提高我国农业资源利用效率的重大举措，是开辟新的农业资源和拓宽农业经营领域的战略选择。

二、秸秆利用的主要途径

现阶段中国农作物秸秆资源的主要利用途径是肥料、饲料、燃料和工业原料。作为肥料的利用方式主要是秸秆还田；作为饲料的利用方式主要是作为草食家畜的粗饲料；作为燃料的利用方式主要包括传统的秸秆直燃以及秸秆汽化、致密成型技术及秸秆发电等新的能源利用途径；作为工业原料的利用方式包括造纸、建材、轻工原料及秸秆基质培养食用菌等。目前秸秆用作饲料和农村生活用能的比重较大，工业原料所占比例较小。

1. 秸秆还田利用

秸秆还田是目前主要的利用方法之一，1993 年我国秸秆粉碎还田的面积达到 491 万公顷。秸秆还田的方法分为秸秆直接还田技术、秸秆间接还田技术和秸秆生化腐熟快速还田技术。

秸秆直接还田的方式比较方便、快速，可大大减少用工，且还田数量较多。所以，近几年采用直接还田的方式比较普遍。直接还田又分为高茬还田、覆盖免耕还田、粉碎翻压还田等方式。

间接还田技术又分为高温堆沤还田、过腹还田、沼渣还田等方式。其中，过腹还田是一种综合效益较高的秸秆利用生产技术模式。

秸秆生化腐熟快速还田技术包括催腐堆肥技术、酵菌堆肥技术等。秸秆生化腐熟技术具有机械自动化程度高、易实现产业化；腐熟周期短、产量高；采用好氧发酵，环境污染小；肥效高且稳定等特点。

目前，经过对秸秆还田技术和配套操作规程等研究，秸秆直接还田在我国已有一定面积的推广应用。在“八五”期间，秸秆直接还田技术规程研究取得了重要突破，已经制定出包括华北、西南、长江中游区、江苏水旱轮作区和浙江三熟制种植区的麦秸、玉米秸、稻草直接翻压还田的技术规程，包括还田方式、秸秆数量、施氮量、土壤水分、粉碎程度、还田时间及防治病虫害、防治杂草等方面的技术要求，并分析秸秆还田增产效果的作用机制。秸秆还田增产因素是多方面的，概括起来主要是养分效应、改良土壤效应和农田环境优化效应三个方面。实践证明，秸秆还田后，土壤中氮、磷、钾养分都有所增加，尤其是速效钾的增加最为明显，土壤活性有机质也有一定增加，对改善土壤结构有重要作用。秸秆覆盖和翻压对土壤有良好的保墒作用并可抑制杂草生长。实践证明，秸秆还田能有效增加土壤的有机质含量，改良土壤，培肥地力，特别是对解决我国氮、磷、钾比例失调的矛盾，补充磷、钾化肥不足有十分重要的意义。