

我国农作物秸秆离田多元化利用现状与策略

毕于运¹，高春雨¹，王红彦²，王萍³，王亚静¹

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所，北京100081；2. 中国农业科学院农业信息研究所，北京100081；3. 中国热带农业科学院，海南海口571101)

摘要：[目的] 对全国秸秆堆沤肥料化利用量、秸秆新型能源化利用量、农户秸秆直接燃用量、秸秆新型产业化利用量进行系统估算，并结合问题分析和需求，提出进一步提升我国秸秆离田多元化利用水平的策略，以期为国家秸秆综合利用提供决策支持。[方法] 以全国“十二五”秸秆综合利用情况终期评估结果为基础，通过实地调研和文献分析，对全国秸秆离田利用量进行估算和分析。[结果] (1) 2015年，全国秸秆离田利用总量为3.46亿t，占全国秸秆已利用量的47.99%；(2) 全国秸秆饲料化利用量为1.69亿t，占秸秆离田利用总量的48.84%；(3) 全国秸秆堆肥利用量约为1400万t，其中工厂化堆肥利用秸秆量约为400万t；(4) 秸秆新型能源化利用量约为2000万~2400万t，农户直接燃用秸秆量约为0.85亿t；(5) 全国秸秆新能源、工厂化堆肥、原料化等新型产业利用量约为0.48亿~0.52亿t，占秸秆离田利用总量的12.24%~13.37%。[结论] 未来，我国秸秆离田多元化利用应建立新型的农牧结合制度和具有中国合肥，秸秆对秸秆产业化，秸秆离田机械作业质量和秸秆新型产业高值化利用水平。

0引言

“农业优先，多元利用”是我国农作物秸秆（简称秸秆）综合利用的重要指导原则。国务院办公厅《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》（国办发[2008]105号）、国家发改委、农业农村部（原农业部）和财政部联合印发的《京津冀及周边地区秸秆综合利用和禁烧工作方案（2014—2015年）》（发改环资[2011]2615号）、国家发改委和农业农村部（原农业部）联合印发的《关于编制“十三五”秸秆综合利用实施方案的指导意见》（发改办环资[2016]2504号）、农业农村部《关于全面做好秸秆综合利用工作的通知》（农办科[2019]20号）等国家行政规范性文件，都将“布局合理、多元利用的秸秆综合利用产业化格局”确立为我国秸秆综合利用的总体发展目标。

在我国秸秆直接还田水平稳步提升的同时，如何有效地提高秸秆离田多元化、产业化、高值化利用水平，推动形成“布局合理、多元利用的产业化发展格局”，促进秸秆综合利用水平的全面提升，减少秸秆废弃和露天焚烧，同时缓解局部地区连续多年秸秆全量还田所带来的压力，已经成为我国秸秆综合利用的现实需求。文章主要从秸秆离田多元化利用现状和构成分析入手，首先使人们对我国秸秆离田多元化利用现实情景和不足有一个清醒的认识，进而结合问题分析和需求，提出进一步提升我国秸秆离田多元化利用水平的策略，以期为国家秸秆综合利用提供决策支持。

1农作物秸秆利用现状与构成

秸秆综合利用的途径有5种，即肥料化利用、饲料化利用、燃料化利用、基料化利用、原料化利用，简称“五料化”利用。

2016年，国家发改委、农业农村部（原农业部）共同组织各省有关部门和专家，对全国“十二五”秸秆综合利用了终期评估[11]，结果显示：2015年，全国农作物秸秆理论资源量为10.4亿t，可收集资源量为9.0亿t，利用量为7.21t，秸秆综合利用80.1%。由图1可见，全国秸秆肥料化、饲料化、基料化、燃料化、原料化利用量分秸秆集资源量的43.2%，18.8%，4.0%，11.4%和2.7%；废弃焚烧量占19.89%。



图1 2015年全国农作物秸秆资源量及其利用与废弃焚烧

2农作物秸秆离田利用现状

秸秆离田利用的途径多样。在秸秆“五料化”利用中，秸秆饲料化、能源化、基料化、原料化利用都属于秸秆离田利用，可简称秸秆离田“四料化”利用。由图1可见，2015年全国秸秆离田“四料化”利用之和为3.32亿t，占秸秆可收集资源量的36.89%。

秸秆肥料化利用分为秸秆直接还田和秸秆堆肥还田。秸秆堆肥还田亦属于秸秆离田利用。由此，秸秆离田利用的途径亦为5种、即秸秆饲料化利用、能源化利用、基料化利用、原料化利用和秸秆堆肥还田。

2.1秸秆堆肥利用量与秸秆离田利用总量

2.1.1秸秆堆肥利用量

2.1.1.1我国有机肥工厂化生产情况

有机肥工厂化生产是社会进步和科技进步共同作用的必然结果。在国家各项扶持政策的推动之下，全国有机肥企业数量由2002年的近500家[2]增加到2015年的2800家[3]，年均增加177家。据农业农村部全国农业技术推广服务中心统计，在全国有机肥企业总量中，纯有机肥企业占43%，生物有机肥企业占13%，有机无机复混肥企业占35%，其他企业占9%；目前，全国有机肥企业设计年产能3482万t，年实际产量1630万t，产能发挥率为46.81%[4]。

2.1.1.2全国有机肥企业堆肥利用秸秆量

通过对江苏、山东、安徽、河北、河南、湖南、四川、吉林等省的有机肥生产调研表明，秸秆有机肥企业数量占有有机肥企业总量的比重在9%-27%之间，平均比重为15.6%。据比比重推算，2015年在全国2.800家有机肥企业中，秸秆有机肥企业数量大致在440家左右。

全国2800家有机肥企业年实际产量1630万t，平均每个企业年实际产量5821t。据此推算，全国440家左右的秸秆有机肥企业，年实际产量约为256万t。

实践表明，有机肥工厂化堆沤，每10t有机物料可生产7t有机肥。据此推算，全国440家左右的秸秆有机肥企业，年实际消纳有机物料约为366万t。

目前，我国秸秆有机肥生产厂大多采用混合原料工艺，在秸秆中添加猪粪、牛粪、城镇污泥、农产品加工有机废弃物等低碳物料，来调节秸秆堆肥的碳氮比。各厂家秸秆与其他物料的调配比例在8：2到3：7不等，粮食主产区有机肥厂家秸秆比例大多高一些，城镇郊区有机肥厂家秸秆比例一般低一些。但对上述各省的调查显示，秸秆物料的总体比重可达到2/3左右。据此推算，全国440家左右的秸秆有机肥企业，年实际消纳秸秆量在250万t左右。

除秸秆有机肥企业外，其他的有机肥企业，尤其是以猪粪、城镇污泥等低碳物料为主要原料的有机肥企业，也经常用秸秆来调节堆肥的碳氮比，秸秆添加比例为10~30%，乃至更高。这部分有机肥企业占到全国有机肥企业总量的40%以上，年消纳秸秆量也达到130万~150万t。

通过上述估算可见，目前。全国有机肥工厂化生产利用秸秆量总体上达到近400万t。

2.1.1.3全国有机肥生产利用秸秆总量

按照国家发改委办公厅、农业农村部（原农业部）办公厅《关于开展农作物秸秆综合利用规划终期评估的通知》（发改办环资[2015]3264号）的要求。全国各省（市、自治区）对秸秆综合利用“十二五”规划实施情况进行了终期评估。由分省报告看，明确绝出难肥秸秆利用量和/或利用率的省市有5个，分别是北京、上海、安徽、四川和贵州，具体如表1所示。5省市有机肥堆沤利用秸秆量合计为174.84万t，占秸秆可收集利用量的平均比重为1.61%。

表1 2015年部分省市秸秆堆肥利用量及其占秸秆可收集利用量的比重

地区	合计	北京市	上海市	安徽省	四川省	贵州省
秸秆可收集利用量（万t）	10 831.26	88.00	160.52	4 842.30	4 380.00	1 360.44
堆肥利用秸秆量（万t）	174.84	1.00	2.24	81.20	70.00	20.40
堆肥利用比重（%）	1.61	1.14	1.40	1.68	1.60	1.50

江苏、山东是我国秸秆有机肥工厂化生产水平较高的省，2015年秸秆有机肥企业数量分别达到38家和77家，堆肥利用秸秆量(包括秸秆有机肥厂利用秸秆量和非秸秆有机肥厂调节堆料碳氮比利用秸秆量)约为50万t和80万t。通过对江苏、山东两省秸秆综合利用主管部门的咨询了解，将工厂化堆肥、农业生态园区堆肥、农户堆肥（主要是设施蔬菜水果种植户就地堆肥）都包括在内，江苏省年堆肥利用秸秆量约为70万t，占秸秆可收集利用量的1.85%；山东省年堆肥利用秸秆量约为125万t，占秸秆可收集利用量的1.58%。

相比较而言，我国经济欠发达的中西部部分地区，虽然有机肥工厂化生产发展相对滞后，但考虑到这些地区部分农户仍保留看堆肥还田尤其是秸秆垫圈准肥还田的习惯，区域化的秸秆堆肥利用率应不低于江苏、山东以及表1中所列的各省市。由此进行综合评到，将我国的秸秆堆肥利用率确定为1%~2%，应当比较接近实际。

2015年，全国秸秆可收集资源量为9.0亿t，按1%-2%的比重计。全国秸秆堆肥利用量为900万1800万t，取中值为1350万t。

2.1.2全国秸秆离田利用总量

前文已述，2015年全国秸秆离田“四料化”利用量为3.32亿t，加上秸秆堆肥利用量（取中值），全国秸秆离田利用总量可估算为3.46亿t。

2015年全国秸秆肥料化利用量为3.89亿t，扣除秸秆堆肥利用量（取中值），全国秸秆直接还田量可估算为3.75亿t至此，可绘制出2015年全国秸秆直接还田量与秸秆离田利用量及其构成图，见图2所示。

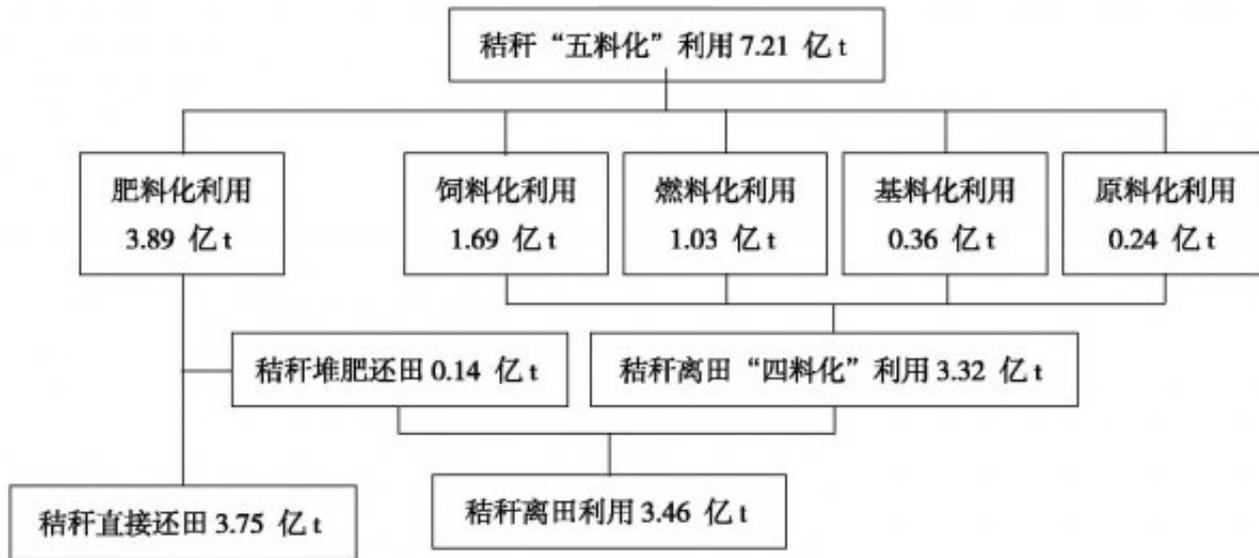


图2 2015年全国秸秆直接还田量与秸秆离田利用量及其构成

由上可知，2015年全国秸秆离田与直接还田量之比为48:52。

2.2 秸秆养畜项目与秸秆饲料化利用量

我国秸秆养畜历史悠久，以秸秆养畜、过腹还田为重要表现形式的农牧结合，早已成为我国农业的优良传统。

人均资源不足是我国的基本国情，但人们对畜产品的需要日益增长也是摆在我们面前的现实问题。大力发展秸秆养畜，是我国现代畜牧业持续发展的根本出路。1991年，李鹏总理指出：“要大力发展饲养业，由秸秆直接还田到‘过腹还田’，利用粮食、秸秆养猪、养牛，然后猪粪、牛粪还田，减少化肥施用量，民可以提高土壤肥力，又可以降低生产成本，使农业生产进入良性循环，做到既高产又高效。”

1992年，国务院办公厅以国办发[192]30号文的形式转发了农业农村部（原农业部）《关于大力开发秸秆资源发展农区草食家畜的报告》，决定实施秸秆养畜示范项目，并于当年在河南、山东等10省安排了10个秸秆养牛示范县。从此，我国秸秆养牛业结束了几十年发展较为缓慢的局面，进入高速发展的新时期。

1996年国务院办公厅又以国办发[1996]43号文的形式转发了农业农村部（原农业部）《关于1996-2000年全国秸秆养畜过腹还田项目发展纲要》，明确提出要加快秸秆养畜示范基地建设，在秸秆养牛取得成功的基础上，加快发展秸秆养羊、养木牛和其他草食家畜，进一步扩大秸秆养畜的范阴。同时提出要加快秸秆养畜、过腹还田项目建设，把秸秆养畜、过腹还田的项目纳入国家农业综合开发计划，并根据国家财力增长的情况，逐年增加农业综合开发资金中用于秸秆养畜、过腹还田项目建设的资金，促进秸秆养畜目标的顺利实现。至此，“秸秆畜牧业”开始形成，并成为国家的政策和广大农民的实践，在经济、生态以及社会效益方面取得了显著的成效[5]。

时至今日，国家农业综合开发农业农村部（原农业部）专项秸秆养畜示范项目已实施了20多年，秸秆饲料化利用在秸秆离田利用中也已占据主导地位。根据全国“十二五”秸秆综合利用情况进行了终期评估结果，2015年全国秸秆饲料化利用量为1.69亿t，占秸秆离田利用总量的比重达到48.84%。

2015年全国草食牲畜存栏量为9.36亿个羊单位。按照每个羊单位年消耗460kg粗饲料（饲草）的定额估算。2015年全国草食畜饲草活耗量约为4.31亿t。由此可见，2015年全国秸秆间用量占到饲草清耗总量的39.21%。而且，这部分秸秆还不包括全国约1亿t（解重。折风干重约3500万t）的青饲玉米等青饲料秸秆。

2.3 秸秆新型能源化利用量与农户直接燃用量

依据国家发改委、农业农村部（原农业部）“十二五”秸秆综合利用规划情况终期评估结果，2015年全国秸秆燃料化利用量为1.03亿t。秸秆燃料化利用包括秸秆新型能源化利用和农户直接燃用两部分。

2.3.1 秸秆新型糖源化利用量

秸秆新型能源化利用包括秸秆圈化、秸秆气化、秸秆炭化、秸秆液化和秸秆发电，简称“四化一电”。秸秆气化又可分为秸秆沼气（秸秆厌氧消化）和秸秆热解气化，秸秆液化亦可分为秸秆水解液化（生产纤维素乙醇）和秸秆热解液化（生产生物油），故而又可简称为“六化一电”。

2.3.1.1 秸秆“四化”利用秸秆量

依据《中国农业统计资料2015》统计的秸秆优质化能源利用规模进行折算，2015年全国秸秆热解气化、秸秆沼气、秸秆固化成型燃料、秸秆炭化利用秸秆量分别为6.76万t、23万t、542.84万t和54.27万t，合计为612.10万t具体折算标准和结果详见表2。

表2 2015年秸秆气化、固化、炭化利用秸秆量

项目	单位	合计	秸秆热解气化集中供气	秸秆沼气集中供气	秸秆固化成型燃料	秸秆炭化
运行数量*	处	1 997	314	387	1 190	106
供气户数*	万户	20.48	12.34	8.14	/	/
产品产量*	万t	509.77	/	/	493.49	16.28
折算标准	/	/	空气气化, 1kg 秸秆气化燃气 2m ³ ; 燃气低位热值 4.8MJ/m ³ , 平均每户每天用气 3m ³	中温发酵, 秸秆产气率 35%; 沼气比重 0.97kg/m ³ ; 沼气低位热值 21MJ/m ³ , 平均每户每天用气 1m ³	1.1t 秸秆生产成型燃料 1t	1t 秸秆生产生物炭 0.3t
秸秆利用量	万t	612.10	6.76	8.23	542.84	54.27

资料来源^[6]: 农业部编《中国农业统计资料2015》(中国农业出版社, 2016年11月)

除秸秆沼气工程外,我国尚有其他各类沼气工程11万处,年处理各类农业废弃物630万t。在《全国农村沼气发展“十三五”规划》编制准备阶段,国家有关部门委托专家对沼气原料多元化等系列问题进行专门调研,结果表明,秸秆物料约占混合原料物料总量的20%~30%。据此推算,2015年全国混合原料沼气工程利用秸秆量约为130万~190万t。

目前,我国秸秆热解生物质油尚处于试验研究阶段,秸秆水解纤维素乙醇处于试生产阶段,尚未实现规模化、商品化生产。因此,秸秆液化利用秸秆量可以忽略不计。

综上所述,2015年全国秸秆“四化”利用秸秆量约为740万~800万t。

2.3.1.2 农林生物质发电利用秸秆量

按照燃料类别,生物质发电主要有三大类,即农林生物质发电、垃圾焚烧发电和沼气发电。秸秆发电属于农林生物质发电。农林生物质发电燃料亦主要有三大类:一是农作物秸秆;二是农产品初加工副产物,包括蔗渣、稻壳、玉米芯、花生壳等;三是林木剩余物。

(1) 全国农林生物质并网发电处理农林生物质量。我国农林生物质发电起步较早,在20世纪60年代中期就投产了以稻壳为燃料的煤气发电但在2006年以前,我国农林生物质发电全部是以蔗渣和稻壳为主要燃料的自备电厂气化发电。

自2006年我国第一家农林生物质直燃发电项目正式投产以来,我国农林生物质并网发电实现快速发展。到2010年,全国有90多家农林生物质并网发电厂投产运行,并网装机容量达到190万kW(表3)。由2010—2017年,全国农林生物质并网发电装机容量又由190万kW增长到700.90万kW(表3),新增2.69倍,年均增长7.98%。

表3 2016—2017年全国农林生物质并网发电装机容量、发电量与农林生物质燃用量

年份	项目数量(个)	装机容量(万kW)	发电量(亿kWh)	燃料消耗量(万t)	资料来源
2010	/	190	/	/	国家能源局《生物质能发展“十二五”规划》(国能新能[2012]216号)
2015	/	530	/	/	国家能源局《生物质能发展“十三五”规划》(国能新能[2016]291号)
2016	254	635.90	333.33	/	国家能源局《2016年度全国生物质能源发电监测评价通报》
2017	272	700.90	397.30	5 400	国家能源局《2017年度全国可再生能源电力发展监测评价报告》(国能发新能[2018]43号)

2017年全国农林生物质发电量为397.30亿kW·h,农林生物质燃用量约5400万t(表3),燃料产电率为0.7357kW·h/

kg。

2016—2017年，全国农林生物质并网发电装机年平均利用小时数分别为5242h和5668h，平均为5466h。按此平均数计算，2015年全国农林生物质并网发电发电量约为289.70亿kW·h。

按0.357kW·h/kg的燃料产电率计算，2015年和2016年，全国农林生物质并网发电燃料利用量分3938万t和4531万t。

(2) 全国农林生物质并网发电利用秸秆量。生物质发电项目是典型的“小电厂、大燃料”[8-9]，燃料成本经常占发电总成本的60%-70%[10-12]，燃料的稳定供应和适宜的价格是项目正常运行的前提。

在我国已投产的农林生物质并网发电项目中，有七成以上将秸秆规划为主要燃料，不少项目将秸秆利用比重规划为70%-80%以上，“纯秸秆”项目规划也不罕见。但由于两季作物之间抢收抢种、秸秆收集时间短；农作物收获机械强制配备秸秆粉碎装置，经过机械粉碎和均匀抛撒后的秸秆田间收集困难；秸秆“堵料”问题较难解决，燃烧性能又劣于林木剩余物和农产品初加工副产物，发电厂对后两种燃料的收购和使用存在一定偏好；局部地区扎堆建厂哄抢原料，秸秆收购价格不断提升等方面的原因，致使不少农林生物质发电厂实际利用秸秆比重远低于规划预设。

齐志攀、范嘉良(2012)撰文指出[13]：我国农林生物质发电所用的燃料主要分为软质燃料和硬质燃料两种，软质燃料主要是各种软皮农作物秸秆，硬质燃料主要是硬直的棉秆、树枝、桑条等。在目前我国农林生物质发电厂之中，软质燃料占整个燃料利用总量的41%；在软质燃料中，水稻秸秆占53%，小麦秸秆占47%。

据国家能源局《2017年度全国可再生能源电力发展监测评价报告》(国能发新能[2018]43号)，安徽、江苏农林生物质发电量分别居全国各省(市、自治区)第2位和第4位。此两省是我国主要农区，秸秆资源总量大、分布密度高。由该两省农林生物质发电秸秆利用比重可管窥全国状况之一斑。

通过对于学华(2017)[14]、杨圣春等(2017)[15]两文献的归纳分析，2014年、2015年和2016年上半年，安徽省农林生物质发电燃料消耗量分别为396万t、440万t和278万t，秸秆收购量分别为100万t、163万t和81万t，分别占燃料消耗总量的25.25%、37.05%和29.14%。

另据国家能源局《2016年度全国生物质能源发电监测评价通报》，2016年安徽省农林生物质发电量为41.31亿kWh。按0.7357kWh/kg的燃料产电率计算，燃料消耗总量为561万t当年度，安徽省农林生物质发电实际利用秸秆189万t[14]，占燃料消耗总量的33.69%。

2015年，江苏省15家农林生物质直燃电厂消耗稻麦秸秆数量仅5家达到或超过8万t，接近半数企业不足5万t，其中大丰都市和东海龙源生物质电厂分别仅为1.88万t、0.16万t，中电洪泽生物质电厂使用稻麦秸秆数量更是为零[16]。2015年、2016年和2017年第1季度，江苏省农林生物质发电燃料消耗量分别为401.03万t、456.64万t和109.56万t，其中，稻麦秸秆分别占22.06%、18.30%和15.10%[1717]。

另外，利用“CNKI中国知网”，在有关农林生物质发电和秸秆发电的2000多篇文献中，共寻到有5篇论文[18-22]，其在农林生物质发电案例分析中，明确给出了发电量和/或燃料消耗量、秸秆利用量和/或比重等相关信息，具体整理结果如表4所示。由之可见，除东北地区某30MW生物质电厂和山东鱼台长青生物质电厂秸秆利用比重分别在1/3左右和1/2左右外，其他发电厂秸秆利用比重大都在1/5以下。

表4 某些农林生物质发电厂燃料消耗量及其秸秆利用比重

资料来源	电厂名称	年份	发电量 (亿 kW·h)	燃料消耗 量 (万 t)	秸秆利用 量 (万 t)	秸秆利用 比重 (%)
梁建国、马晓晖 (2011)	安徽省砀山县光大新能源有限公司生物质能发电项目	/	/	/	/	约 10 ^①
	江西省彭泽县 30MW 生物质发电工程	/	/	24.41	/	15.7 ^②
黄少鹏 (2014)	安徽五河县凯迪生物质发电厂	2011	1.72	22.9 ^③	1.56 ^④	6.81 ^⑤
		2012	1.46	20.9 ^③	2.24 ^④	10.72 ^⑤
		2013	1.65	23.6 ^③	4.90 ^④	20.76 ^⑤
王婷然 (2018)	东北地区某 30MW 生物质电厂	2015	2.2	27	/	1/3 左右
姚金楠 (2018)	山东鱼台长青环保能源有限公司生物质电厂	2017	/	/	33	1/2 左右
丁亮 (2015)	江苏省国能射阳县生物质发电项目	2008	1.84	29.73	5.13	17.26 ^⑤
		2009	2.30	29.62	4.71	15.90 ^⑤
		2010	2.30	35.97	5.56	15.46 ^⑤
		2011	2.24	36.10	4.46	12.35 ^⑤
		2012	2.05	33.02	4.53	13.72 ^⑤
		2013	2.05	35.33	4.38	12.40 ^⑤
		2014	2.17	27.89	4.84	17.35 ^⑤

表注：①主要为硬质燃料，包括果树碎片、杨树碎片、棉秆等，约占 90%；另外，有少量的软质燃料，包括玉米秸秆和豆秸，约占 10%；②小山竹、棉秆、菜秆及林木加工剩余物混合比例为 82.28:11.33:4.37:2.02，棉秆与菜秆合计占 15.7%；③按 0.7357kW·h/kg 的燃料发电率计算；④麦秸、玉米秸秆、花生秸秆利用量合计；⑤根据燃料消耗量与秸秆利用量计算

利用参加生物质能研讨会的机会对 10 多位生物质能发电专家进行咨询，大多数专家认为，目前我国已经投产的 200 多家农林生物质发电厂，虽然有不少家秸秆利用比重达到 50% 以上，但大多数秸秆利用比重在 30% 左右，利用该比重估算我国的农林生物质发电秸秆利用量较为接近实际。

上文指出，2015 年全国农林生物质并网发电燃料利用量估算结果约为 3938 万 t 该文按照 30%-40% 的高比重进行估算，则 2015 年全国农林生物质发电利用秸秆量约为 1200 万~1600 万 t。

2.3.1.3 秸秆新型能源化利用量

综上所述，2015 年全国秸秆“四化”利用量约为 740 万~800 万 t，农林生物质发电利用秸秆量约为 1200 万~1600 万 t，秸秆“四化一电”利用量合计约为 2000 万~2400 万 t。

2.3.2 农户直接燃用秸秆量

据国务院第三次全国农业普查领导小组办公室、国家统计局《第三次全国农业普查主要数据公报（第四号）：农民生活条件》，第三次全国农业普查共对 2.3027 亿农户的生活能源利用状况进行了调查，其中，主要使用柴草的农户为 1-0177 亿户，占 44.2%（表 5）。

表 5 全国及各地区^①以柴草为主要生活能源的农户比重

全 国	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
44.2	27.4	40.1	58.6	84.5

表注：①东部地区包括京、津、冀、鲁、沪、苏、浙、闽、粤、琼；中部地区包括晋、豫、皖、湘、鄂、赣；西部地区包括桂、渝、云、贵、川、藏、陕、甘、青、内蒙古、宁、新；东北地区包括辽、吉、黑

根据该项目组完成的 2013-2015 年农业农村部（原农业部）省柴节煤炉灶炕专项调研，全国以柴草为主要燃料的农户，平均每户柴草燃用量约为 110 t 其中东部地区、中部地区、西部地区、东北地区分别约为 0.67 t、0.90 t、1.43 t、2.93 t；秸秆燃用量与薪材燃用量之比约为 63:37。据此推算：全国主要使用柴草的 1.0177 亿农户，柴草燃用量约为 1.12 亿 t 加上以柴草为辅助燃料的农户柴草燃用量，全国农户柴草燃用量约为 1-35 亿 t。其中，东部地区、中部地区、西部地区、东北地区分别占 11%，18%，43%，28%；全国农户秸秆直接燃用量约为 0.85 亿 t。

根据上述估算，全国农户秸秆直接燃用量与秸秆新型能源化利用量之和约为 1.05 亿~1.09 亿 t，比全国“十二五”秸秆综合利用情况终期评估结果的秸秆燃料化利用量（1.03 亿 t）高出 200 万~600 万 t。

2.4 秸秆离田新型产业化利用量

秸秆饲料化利用、基料化利用、农户直接燃烧和堆肥属于传统的秸秆离田利用方式。当然，我国现实秸秆化利用和基料化利用技术已经全面改进，并涌现大量现代型的秸秆饲料企业、秸秆处理饲喂养殖场和秸秆食用菌企业。

秸秆新型能源化利用、原料化利用和工厂化堆肥，除秸秆造纸和编织外，大都兴起于最近20~30年，属于典型的秸秆离田新型产业化利用方式。根据上文的估算分析，2015年全国秸秆离田新型产业化利用量约为0.48亿~0.52亿t（图3），约占秸秆可收集利用量的5.33%-5.78%和秸秆离田利用总量的12.24%~13.37%。如果扣除秸秆造纸和编织，其占秸秆离田利用总量的比重不到10%。

秸秆新型产业化利用能力严重不足，是我国秸秆离田产业化利用的突出问题。

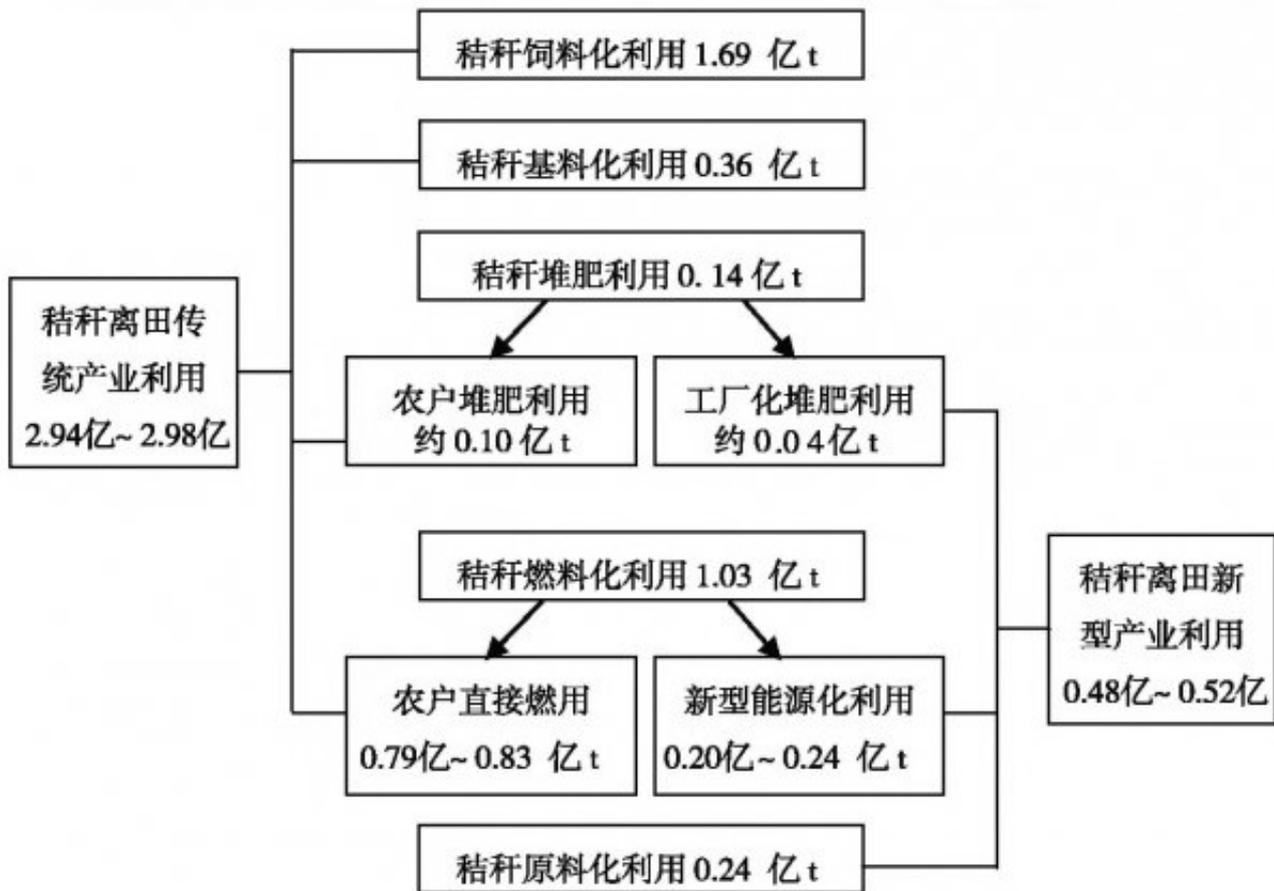


图3 2015年秸秆离田传统产业利用与新型产业利用

3 秸秆离田多元化利用策略

基于上述秸秆离田多元化利用现状和构成分析，结合其存在的现实问题和发展需求，特提出进一步提升我国秸秆化利用如下策略。

3.1 建立新型的农牧结合制度

改革开放以来尤其是近20多年来，随着城市化进程加快和土地快速流转，大量青壮年劳动力进城就业，越来越多的农户放弃种养，或只种不养，又或只养不种，导致我国以农户为单元的农牧结合制度快速解体。然而，受农业和农村经济总体发展水平的制约，我国仍处在由农户分散经营向新型经营主体适度规模经营过渡的初期阶段，以农业龙头企业、农业合作组织、家庭农场为经营主体的新型农牧结合制度尚未有效形成，从而导致较为严重的种养脱节。据调查，目前全国90%以上农业园区为单一种植业或单一养殖业，即使是在长江三角洲、京津塘等经济发达地区，能够充分

实现种养一体化的生态循环农业园区也不到1/10。而欧美国家，现代种植制度的设计大都考虑了土地载畜量的要求，不仅使部分土地(如英国1/3左右的土地)种植从属于畜牧业生产，而且对一般的农作物种植也要考虑到可饲用秸秆的出路问题[5]。

以秸秆饲料化利用为主导的秸秆离田利用，不仅是种养结合循环农业发展的关键环节，而且必将成为现代生态农业发展的重要物质基础。按照我国节粮型畜牧业长远发展的需求，如果我国的畜产品自给率足够高，秸秆饲料化利用量应占到秸秆总产量的1/5-1/4，而目前只有16.25%，尚有5%-10%的增长空间。

另外，我国的秸秆处理饲喂水平有待进一步提升。据农业农村部(原农业部)《全国节粮型畜牧业发展规划(2011—2020年)》(农办牧[2011]52号)，全国秸秆饲用处理率由1992年的21%提升到2010年的46%，力争到2015年和2020年再分别提升5个百分点和10个百分点。农业农村部于康震副部长《在全国畜禽标准化规模养殖暨秸秆养畜现场会上的讲话》(2013年7月21日)中指出，2012年全国经过加工处理的秸秆饲喂比例达到48%。由之可见，如要达到中等发达国家不低于80%的秸秆饲用处理率，需要再提升25个百分点以上。

为了促进我国由过度依赖化肥等无机物质的现代农业向有机与无机相耦合的现代生态农业转变，应以农业龙头企业尤其是大型农牧综合体、农业合作组织、家庭农场等新型农业经营主体为依托，以现代生态农业园区为载体，以种养一体化、规模化、标准化为主要经营组织方式，构建系统完善的生态循环农业链条，将秸秆、畜禽粪便等农业废弃物完全消纳在农业生产体系内(园区内)，从而建立起全新的农牧结合制度，实现农业的园区化、高效化、生态化发展。

同时，在不断提升秸秆饲料化利用率的情况下，积极发展秸秆饲料工业，并逐步普及规模化牛羊养殖场和养殖大户的秸秆处理饲喂，力争到2030年将全国秸秆饲用处理率提高到70%以上。

3.2 建立具有中国特色的多元组合施肥制度

现代农业发展历程，是一个由现代农业生产要素对传统农业生产要素不断替代的过程，同时也是一个由注重无机物质投入，到有机、无机物质投入相匹配的发展过程。目前，世界上农业发达的国家都很注重施肥结构，基本形成了秸秆直接还田+厩肥(粪便与垫圈秸秆混合堆肥)+化肥的“三合制”施肥制度。美国和加拿大的土壤氮素3/4来自秸秆和厩肥；德国每施用1.0t化肥，要同时施用1.5~2.0t秸秆和厩肥[23]。

借鉴发达国家的“三合制”施肥制度，在国家秸秆综合利用试点、畜禽粪污资源化利用行动、果菜茶有机肥替代化肥行动的推动下，针对畜禽粪便碳氮比偏低、秸秆碳氮比偏高的资源特性，积极发展秸秆与畜禽粪便混合堆肥。同时，充分考虑我国各类农作物种植的现实经济性和广大农户购买和施用商品有机肥的主要利益驱动，以粮食、棉花等大田作物“秸秆直接还田+化肥”、大田高价值经济作物“秸秆直接还田+有机肥+化肥”、设施蔬菜水果“有机肥+化肥”为主要组合方式，建立具有中国特色的多元组合施肥制度。

3.3 努力提高秸秆打包离田机械作业质量

秸秆打包离田是秸秆离田多元化利用的基础作业。我国秸秆打包离田机械作业主要存在两大问题：一是，秸秆打包离田要经过搂草集条、捡拾打捆、抓捆装车运出农田3个主要环节的机械作业，在此过程中农田要经过搂草机(或割草搂草一体机)、打捆机、抓草机和运输车的4次碾压，这对于我国广大农区经过长期旋耕整地、耕层“浅、实、少”的农田无疑是雪上加霜。二是，对经过农作物收获机械粉碎后抛撒在田间的秸秆进行捡拾打捆，含土率一般在10%~15%，打包后的秸秆只能用于发电、堆肥、压块燃料等用途，无法满足秸秆饲用含土率不高于5%的要求。每进行1次秸秆捡拾打捆，保守估计，每公顷农田将损失450-600kg的土壤，而且这部分土壤都是熟土、肥土。虽然其数量看起来微不足道，但经过3~4次的秸秆捡拾打捆，其所带走的土壤就相当东北黑土区、北方土石山区等地区一年的土壤轻度侵蚀；而在黄淮海平原区，一般需要10~20年才会损失这么多的土壤。

针对秸秆打包离田机械作业存在的上述问题：一要尽快研发并推广秸秆搂草、打捆一体机和抓草、运输一体机，以尽可能地减少农田碾压；二要大力推行农作物收获、秸秆打捆一体化作业，实现对秸秆的不落地“无土”打包，满足秸秆养畜等离田利用的高质量要求；三要适度降低秸秆捡拾作业强度，将打包秸秆的含土率控制在10%以下，减少农田土壤流失，同时提高秸秆质量。

3.4 建立以废弃秸秆为主要消纳对象的秸秆产业化体系

我国秸秆利用存在两大问题，一是露天焚烧，二是废弃。经过近20年的不懈努力，除东北地区外，我国各主要农区

的秸秆露天焚烧都已得到有效控制。

我国现实秸秆废弃量占可收集利用量的1/5。这部分秸秆主要散布在田边、路边、村边和沟渠中,不仅造成严重的面源污染,而且导致农村环境脏乱差。

一方面倾注大量资金施行秸秆打包离田,另一方面又将大量的秸秆弃如敝屣。秸秆打捆离田对保障我国秸秆产业化利用、缓解秸秆禁烧压力的作用是有目共睹的。但在华南、长江中下游、黄淮海、汾渭谷地等主要农区秸秆机械化还田水平显著提升、秸秆露天焚烧得到有效控制的良好局面下,必须不失时机地开展秸秆产业化利用的结构调整,在进一步发挥秸秆打捆离田利用潜能的基础上,将秸秆产业化发展的扶持重点逐步转向废弃秸秆的消纳和利用,以解决瓜菜秸秆(如瓜秧、茄果类蔬菜秸秆、马铃薯秧、蒜秸、姜秆等)和蔬菜尾菜污染为目标,重点发展秸秆堆肥、秸秆沼气、秸秆养畜等秸秆循环利用产业;以解决棉秆、油菜秆、烟秆等木质秸秆废弃为重点,重点发展秸秆成型燃料、秸秆“炭气热”联产等秸秆新能源产业,逐步建立以废弃秸秆为主要消纳对象的秸秆利用产业化体系。

3.5 努力提高秸秆新型产业高值化利用水平

根据秸秆打包机保有数量进行计算,目前我国秸秆机械打包作业能力已达到近4亿t,而目前我国的秸秆新型产业化利用量仅占可收集利用量的1/10左右。因此,我国秸秆离田利用的突出问题,不是秸秆打包离田能力不足,而是秸秆离田利用能力尤其是新型产业化利用能力低的问题。

在我国秸秆离田利用中,除发展较为长久的秸秆养畜和秸秆食用菌外,秸秆发电、秸秆成型燃料、秸秆沼气和生物天然气、秸秆热解气化、秸秆炭化、秸秆纤维素乙醇、秸秆板材和复合材料、秸秆清洁制浆、秸秆商品有机肥等新型秸秆产业门类,即使在相对比较弱质低效的农业产业化体系中,其总体经济效益预期也不具备明显的比较优势,离开国家政策性扶持和补贴都较难实现持续和快速发展。

未来我国秸秆离田产业化利用,要在进一步推进秸秆养畜和秸秆食用菌良性发展的基础上,按照中共中央办公厅、国务院办公厅《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》(中办发[2017]56号)提出的“开展秸秆高值化、产业化利用”的要求,以产业门类的技术成熟度、产业经济的内在效益和外在效用为评判标准,对秸秆离田利用的各新型产业门类进行详尽的技术性、经济型和生态性评价,明确其高值化利用的优先序,并据其给予有重点扶持和积极推进,逐步将我国秸秆新型产业化利用推向一个新台阶。

参考文献

- [1] 农业农村部新闻办公室. 我国主要农作物秸秆综合利用率超过80%. 2016-05-26.
- [2] 马常宝. 我国有机肥料工厂化现状及发展前景. 磷肥与复肥, 2004, 19 (1): 7-11.
- [3] 观研天下北京信息咨询有限公司. 2018年我国有机肥料行业发展现状以及未来展望. 2017-12-26.
- [4] 符纯华, 单国芳. 我国有机肥产业发展与市场展望. 化肥工业, 2017, 44 (1): 9-12, 30.
- [5] 毕于运. 秸秆资源评价与利用研究. 中国农业科学院研究生院, 2010.
- [6] 农业部. 中国农业统计资料2015. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [7] 赵明. 稻壳煤气发电技术受到国际重视. 能源, 1983 (1): 43.
- [8] 边光辉. 我国生物质发电企业发展战略研究. 北京交通大学, 2012.
- [9] 董少广. 生物质发电存在哪些问题. 中国环境报, 2014-07-01 (2).
- [10] 曹玉英. 生物质发电 好项目一哄而上让人忧. 常德日报, 2012-06-19 (4).
- [11] 胡健, 贾冰, 许雪记. 江苏省生物质发电产业现状问题及解决对策研究. 可再生能源, 2015, 33 (2): 283-288.
- [12] 黄忠友. 试析生物质发电发展现状及前景. 科技风, 2019 (2): 185.
- [13] 齐志华, 范嘉良. 探讨秸秆发电燃料输送系统设计要点. 科技与企业, 2012 (24): 168.
- [14] 于学华. 安徽发展秸秆发电成效显著. 中国电力报, 2017-07-29 (3).
- [15] 杨圣春, 邵兵, 李森. 安徽省生物质发电产业存在问题与对策. 国网技术学院学报, 2017, 20 (2): 63-66.
- [16] 宋晓华. 成本高企、收储不畅制约生物质电厂经济效益——秸秆发电, 为何“叫好不叫座”. 新华日报, 2017-01-24 (6).
- [17] 燕丽娜. 促进生物质发电可持续发展的建议——以江苏省为例. 科技经济导刊, 2017 (23): 130, 143.
- [18] 丁亮. 射阳县秸秆发电的分布式秸秆储运系统研究. 南京大学, 2015.
- [19] 黄少鹏. 影响秸秆发电产业发展的制约因素分析——基于五河凯迪生物质能发电厂调研. 再生资源与循环经济, 2014, 7 (8): 17.
- [20] 梁建国, 马晓晖. 生物质发电工程燃料输送系统的优化配置. 能源与节约, 2011 (6): 62, 82.
- [21] 王婷然. 燃料收购不同模式下生物质发电供应链的多目标优化. 华北电力大学, 2018.
- [22] 姚金楠. 秸秆在门口堆放腐烂, 生物质发电厂弃用原因很无奈. 2018-12-11.

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/195168.html>