

# 秸秆热解气化技术在提高秸秆利用率方面的优势分析

林青山<sup>1</sup>, 何艳峰<sup>1</sup>, 刘金森<sup>1</sup>, 马欣欣<sup>1</sup>, 刘广青<sup>1</sup>, 贾立敏<sup>2</sup>, 宋英豪<sup>2\*</sup>

(1. 北京化工大学环境科学与工程系, 北京 100029; 2. 北京化工大学高新技术研究院, 北京 100029)

**摘要** 农作物秸秆是重要的可再生资源, 秸秆未被充分利用, 既浪费资源又对环境造成严重污染。对秸秆利用的方式进行了初步分析, 认为秸秆的能源化利用是目前秸秆利用中应用范围最广、适应能力最强的一种途径。以目前秸秆利用过程中存在的主要问题作为影响因素, 经过对能源化利用技术的详细分析, 认为秸秆热解气化技术在提高秸秆利用率方面具有明显的比较优势, 适于在具有条件的城郊或农村地区进行大规模推广。

**关键词** 秸秆; 热解气化; 秸秆利用率; 比较优势

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)14-04399-05

## The Comparative Advantage Analysis of Straw Pyrolysis and Gasification Technology in Utilization of Straw

LIN Qing-shan, SONG Ying-hao et al (Department of Environmental Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029; High and New Technology Research Institute, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

**Abstract** Straw is an important renewable resource. Straw is not made full use, which wastes resource and pollutes environment heavily. This paper expounds a preliminary analysis of the use of straw, it was thought that straw energy utilization is the widest and the strongest adaptability way. Selecting the main problems in the use of straw as influencing factors, a detailed analysis of energy utilization technology was conducted, it was thought that pyrolysis and gasification of straw energy utilization has a clear comparative advantage in improving straw utilization rate, which is suitable for large-scale promotion in suburban or rural areas with conditions.

**Key words** Straw; Pyrolysis and gasification; Utilization of straw; Comparative advantage

农作物秸秆是籽实收获后剩下的作物残留物, 包括禾谷类、豆类、薯类、油料类、麻类以及棉花、甘蔗、烟草、瓜果等多种作物的秸秆<sup>[1]</sup>。我国是农业大国<sup>[2]</sup>, 具有丰富的秸秆资源。近年来我国秸秆的利用率大幅提高, 减少了对农村地区环境的污染。但在很多地区仍然存在秸秆利用率不够, 随意堆弃和焚烧的现象<sup>[3]</sup>, 对周围农村和城市环境造成了不利影响。

### 1 我国秸秆利用现状和存在的主要问题

据《全国农作物秸秆资源调查与评价报告》的统计, 2010年我国秸秆理论年产量约为 8.2 亿 t, 可收集资源量约为 6.87 亿 t<sup>[1]</sup>, 其中玉米秸 2.65 亿 t, 稻草约为 2.05 亿 t, 麦秸 1.50 亿 t, 油料作物秸秆约为 0.37 亿 t, 其他作物秸秆 0.49 亿 t<sup>[4]</sup>。秸秆的利用途径中秸秆还田利用约占秸秆总量的 14.8%; 农村居民的炊事取暖和能源化利用约占总量的 18.7%; 作为养殖饲料使用的约为 30.7%; 其他使用途径的为 4.5%; 剩余约 31.3% 被焚烧或废弃。目前, 我国秸秆的利用率达到了总量的 2/3 以上<sup>[5-8]</sup>, 但全国农村每年秸秆消费量约 3 亿 t 之多, 其主要利用方式为直接燃烧<sup>[9]</sup>, 其转换效率仅为 10% 左右<sup>[10]</sup>, 仍然存在很多问题。例如, 山西省年产农作物秸秆约为 1 200 万 t<sup>[11]</sup>, 而约有 400 万 t 农作物秸秆没有得到充分利用。

**1.1 秸秆利用存在着严重的种类差异** 从统计结果来看, 我国的秸秆种类相对比较集中, 主要是稻草、麦秸和玉米秸

秆<sup>[12]</sup>。其中玉米秸秆可以作为养殖饲料和食用菌栽培基料<sup>[13]</sup>。而养殖业是我国一个重大的农业分支, 每年的饲料需求量大, 可解决玉米秸秆的利用问题。同时玉米秸秆易于腐烂的特点也促进了其大量还田利用。麦秸可以作部分牲畜的饲料, 也可以进行还田, 但在效果上与玉米秸秆相比存在差距, 其利用率也相对较低。稻草的利用率更低, 而部分油料作物秸秆则几乎无法利用, 比如在湖北, 油菜秆几乎无人收购。因此, 我国的秸秆利用存在严重的种类差异。

**1.2 秸秆利用存在严重的地区差异** 秸秆有两种主要利用途径: 还田和作饲料<sup>[14]</sup>。除受到种植作物种类即种植结构的影响外, 气候条件对秸秆利用率的影响也非常巨大。首先, 气候条件影响种植作物的种类, 如种植的是易于饲料化利用的作物秸秆, 利用率将非常高, 甚至出现争抢秸秆资源的问题。其次, 气候条件影响秸秆的还田利用率, 在我国没有轮休种植条件的情况下, 秸秆的还田需要在较温暖的地方实施, 因此能够进行秸秆还田的地区, 秸秆利用率也明显提高。比如, 在河北、河南和山东, 夏秋季的玉米秆很少存在焚烧的问题, 不是作为饲料就是直接还田。而在玉米的主产区东北, 由于气候寒冷, 玉米秆的还田利用存在一定问题, 因此利用率低。在湖北、湖南等地, 主要以水稻和油菜种植为主, 其还田和饲料利用均不理想, 其秸秆利用率也存在偏低的问题。

**1.3 秸秆利用受地区经济发展水平的影响巨大** 我国目前除北京、上海等特大城市第三产业比较发达外, 其他地区的经济结构还是农业和工业二元化结构。经济发展水平高的地区多是工业比较发达的地区, 农业所占比重比较小。但是秸秆利用的主要途径还是农业利用, 比如养殖业、还田等, 这样就造成了在经济发展水平高的地区, 秸秆利用率反而偏低。同时, 经济发达地区农村居民生活城市化进程大大加

**基金项目** 国家高技术研究发展计划(“863”计划)项目(2012AA101809); 北京市自然科学基金资助项目(3123039)。

**作者简介** 林青山(1987-), 男, 重庆人, 硕士研究生, 研究方向: 生物质焦油的催化。\* 通讯作者, 教授, 从事生物质能源转化与利用方面的研究和难降解废水处理方面的研究。

**收稿日期** 2014-04-23

快,首先体现的就是生活用能的改变,从传统的秸秆转变为煤或液化气等化石能源,实现了环境卫生条件的提高<sup>[15]</sup>。但是,该地区秸秆的能源利用率反而大大降低,造成了总体秸秆利用率也存在下降的趋势。

## 2 秸秆的能源化利用分析

农作物秸秆中的碳含量为40%~46%,能源密度为13~15 MJ/kg。每2 t 秸秆的热值相当于1 t 煤<sup>[16]</sup>,且其平均含

硫量只有0.38%,而煤的平均含硫量约达1%<sup>[17]</sup>。较高的热值及较低的含硫量使秸秆作为能源具备极大的可行性。生物质能源利用途径主要包括直接燃烧、物化法、生化法、液化法等<sup>[1]</sup>(见图1),可转化为二次能源,如热量或电力、固体燃料(木炭或成型燃料)、液体燃料(生物柴油、生物原油、甲醇、乙醇和植物油等)和气体燃料(氢气、生物质燃气和沼气)等<sup>[13]</sup>。

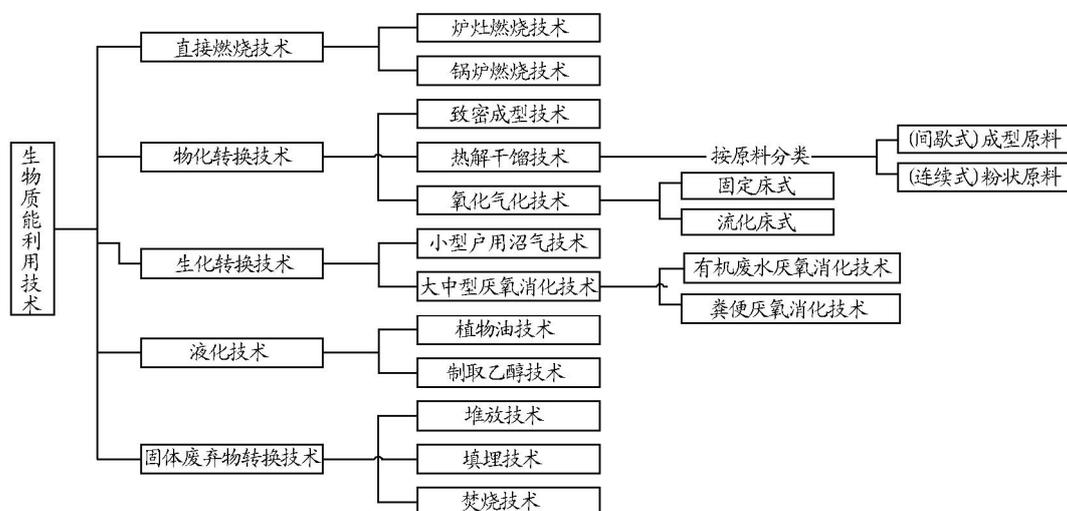


图1 生物质能源利用技术路线

**2.1 直接燃烧利用** 直接燃烧利用是在我国农村地区秸秆能源化利用的主要形式,其利用量占到了能源化利用秸秆的绝大部分<sup>[18]</sup>。直燃利用把秸秆的收储运问题分散到了每家农户中,解决了集中处置收集堆放困难的问题<sup>[19]</sup>。通过节能炉灶的推广,直燃利用的效率也得到了一定程度的提高。但是,到目前为止,直燃利用的卫生条件比较差、存在二次污染的问题还没有得到解决。同时,随着农村城市化进程的推进,地区经济发展到一定程度后,越来越多的农民放弃了直燃利用秸秆。

**2.2 发电利用** 发电利用主要是应用于大中型生物质发电厂。发电利用是最近几年来,大型企业进入秸秆利用领域的主要形式,是规模化利用秸秆的主要方法,是符合我国可再生能源发展政策的一种方式。该种利用方式,秸秆利用效率高,秸秆利用彻底,基本无二次污染。但是由于发电利用必须达到一定规模才能实现发电上网和盈利运行,并得到国家补贴<sup>[20]</sup>,因此在利用过程中原料的收储运问题严重。发电利用由于其规模比较大,在提高局部地区的秸秆利用率方面作用巨大。我国目前发电利用的市场化运作并不成功,已建的很多秸秆发电厂都处于停产状态<sup>[21]</sup>。

**2.3 气化利用** 近几年,生物质气化技术很快发展成为一种重要的生物质热化学处理技术<sup>[22]</sup>。从规模来看,气化利用是介于直燃利用和发电利用之间的一种利用方式。这种利用方式解决了农村居民生活城市化与秸秆燃烧利用相矛盾的问题,促进了农村居民生活水平的提高。气化利用的规模与发电利用相比较小,收储运问题相对较少,同时气化供气给周围农村居民使用,与周围农村居民的生活联系在一

起,在一定程度上弥补了收储运市场化不足的问题。气化主要包括热解气化和氧化气化两种。目前,国内已有10多个省市将秸秆气化站投入使用<sup>[23]</sup>,但由于生物质气化气使用费用与城镇居民燃气费用水平相当,气化利用适用范围必须在具有一定经济基础的农村地区或城市近郊,以及急需解决秸秆焚烧问题的地区。而生物质热解技术的研究同样作为生物质有效利用的理论依据得到重视与发展<sup>[24-27]</sup>。

**2.4 沼气利用** 秸秆产沼气是秸秆能源化利用的重要途径,但是由于技术和经济原因,秸秆单独产沼气效率比较低,维护工作量比较大,采用分散的小型沼气比较困难。沼气利用也需要与气化利用一样达到一定的规模进行集中产气和供气。沼气的热值比较高,品质好,用途比较广泛<sup>[28]</sup>,除炊事使用也可以工业化利用。但是沼气利用存在着沼气产率和秸秆利用率低,二次污染严重的问题需要解决。

**2.5 液化利用** 液化利用是最彻底以及能源利用效率非常高的一种方式。该技术是在改进传统利用方式的基础上研发出来的新技术,主要包括生物化学法生产燃料乙醇和热化学法生产生物油,而液化制取生物油将具有很强的市场竞争力<sup>[29]</sup>。但是液化利用技术目前还不成熟,同时成本比较高,还不具备大规模推广的条件,在提高秸秆利用率方面还无法起到明显作用。

**2.6 成型利用** 成型利用是近年来发展迅速的一种利用方式。成型利用存在比较大的收储运问题,成型一般都需要进行集中收储运然后加工,而终端用户一般都是分散用户,二者之间的矛盾比较大。同时,由于成型燃料<sup>[30]</sup>的成本大幅增加,也妨碍了成型利用的推广。从国外的经验来看,成型

利用是经济发展达到很高水平后才能采取的一种方式,而不是在农村等非发达地区可选择的利用方式。

### 3 秸秆热解气化技术与其他能源化利用技术的比较分析

秸秆的能源化利用中主要包括以热解气化和氧化法气化为的气化技术,以生物发酵产沼气为主的沼气利用技术,以生物质直燃发电为主的发电利用技术,以压缩成型为主的成型利用技术和以家庭炉灶为主的直燃利用。由于液化利用技术还不成熟,没能真正进入市场,同时,家庭炉灶直燃利用与目前我国大部分地区的经济发展水平不相符<sup>[31]</sup>,因此不参与下述讨论。这些技术适用于不同的运行条件,但在运行过程中也存在较多问题,下面将根据生物质利用过程中的问题结合这些技术的特点进行分析,找出不同技术在解决这些问题上的比较优势,并给出其适应性。

**3.1 对原料的适应性** 从目前使用的情况来看,生物质直燃发电对生物质原料的种类和性状要求比较低,能够适应玉米、麦秆、稻草以及稻壳等原料<sup>[32]</sup>,主要是由于直燃发电是把秸秆进行简单粉碎后喷入炉膛内燃烧,只要易于粉碎甚至切碎的秸秆均可以使用。同时,由于喷入或加入炉膛内秸秆的数量可以自由调节,秸秆的热值对其影响也比较少,秸秆的种类影响也比较少。

压缩成型技术主要依靠在高压下秸秆中的木质素和纤维素变形搭接,形成密度更高的颗粒。压缩成型技术主要适用于玉米秸秆、麦秆等热值较高、木质素含量高并易于粉碎和成型的秸秆,其适用性一般。

与压缩成型技术相反,生物发酵产沼气主要采用玉米秆、稻草等<sup>[13]</sup>木质素含量较少、易于被产气微生物利用的秸秆<sup>[33]</sup>。

对于氧化法气化技术,生物质在热解炉中需要一定的停留时间,以保证其温度上升和产气的充分,因此需要颗粒较大的秸秆。同时在中小型氧化法气化反应器中需要具有一定热值的秸秆,否则反应器的运行控制非常困难。氧化法气化目前主要使用玉米芯、稻壳等<sup>[34]</sup>热值较高的秸秆中的一部分。

热解技术是一种高效的生物质热转化技术<sup>[35-36]</sup>,且随着技术的进步,传统的釜式间歇干馏已经发展为连续制气的热解气化技术。在连续制气的情况下,对原料的要求不再像釜式间歇干馏一样需要成型原料,而是采用粉状原料,粉碎的粒度适中即可。同时,连续制气的热解气化技术其进料系统与生物质直燃发电技术系统的进料系统类似,可以进行实时调节,因此可以适应各种热值和木质素含量的秸秆,如玉米秆、麦秆、稻壳、稻草、油菜秆等<sup>[31,37]</sup>。

从原料的适应性来看,适应能力的大小排序为:生物质直燃发电 > 热解气化 > 压缩成型 > 氧化法气化 > 生物发酵产沼气。

**3.2 原料的收储运难度** 影响原料收集的因素主要包括两个方面,所需原料的数量和原料的收集半径<sup>[18]</sup>。秸秆因其蓬松、比重小、占空间等特点使收集运输成本高,且收集涉及到千家万户,面积较广,收集难度较大<sup>[38]</sup>。生物质直燃发电

一般以都是大型项目,其要求生物质资源集中,数量巨大,一般以数十万吨计,其收集半径也在十几公里<sup>[19]</sup>。压缩成型项目由于加工过程比较简单,附加值低,需要达到一定规模才能实现盈利,其规模一般以万吨计,收集半径也在几公里左右。热解气化原料的数量一般都是根据项目所在地的用气量来确定,一般情况下项目所在村或镇的生物质数量就可以满足气化项目的需要。当然氧化法气化由于对原料的要求偏高,收集半径稍大。生物发酵产沼气由于一般要掺入其他畜禽粪便<sup>[33]</sup>,秸秆原料用量相对比较少,收集问题也比较小。

影响原料储存难度的因素主要包括两个方面,所需原料的数量及储存形式。储存形式对原料的储存和运输影响比较大<sup>[18]</sup>。与使用需求相结合,堆积密度比较大的原料储运形式较好,如生物质直燃发电、热解气化和压缩成型均为粉碎储存运输,其堆积密度比大,易于储存运输。氧化法气化和生物发酵产沼气技术,原料不需要进行精细粉碎,堆积密度比较小,储存难度比较大<sup>[1]</sup>。而项目所有原料数量对储运也有较大影响,数量越多储运难度越大。

从原料收储运难度来看,收储运从容易到困难的排序为:生物发酵产沼气 > 热解气化 > 氧化法气化 > 压缩成型 > 生物质直燃发电。

**3.3 对所在地区农村居民生活的正面影响** 我国农村的土地制度决定了秸秆原料的来源必须要与分散的农村居民紧密联系在一起。但是与农村居民生活的联系紧密程度对不同技术类型的项目差别也比较大。生物质直燃发电项目,从农村居民手中收购秸秆原料,所产出的产品电直接上网,在由于产品价格受控而导致原料价格比较低的情况下,与农村居民生活联系非常松散,对农村居民生活正面影响比较少,农村居民并不关心其项目的成败。

压缩成型技术在很多地方都是在向农村地区推广,但是一些脱离了贫困的农村居民并不愿意接受这种方式,根本原因是由于其形式仍然是在烧柴,并没有城市化,同时还需要他们支出一定量的现金。从生物质发展的经验来看,这种节能环保的利用方式在发达国家一般也是从具有一定环保意识的富裕阶层开始的。因此压缩成型技术对农村居民生活影响比较小。

热解气化、氧化法气化和生物发酵产沼气这3种利用方式一般都是向周围农村居民供气,改变了农村居民的用能方式,改善了环境卫生条件,生活方式更加城市化<sup>[39]</sup>。同时,由于向村民供气,供气已完全市场化,对原料价格的忍受程度比较大,原料收购价格远高于生物质直燃发电和压缩成型,因此收购农民手中的原料也对农民的现金收入有一定贡献<sup>[3]</sup>。这3种方式对农村居民的正面影响比较大。当然,生物发酵产沼气由于秸秆用量少,秸秆收入比较少,影响也比较小。氧化法气化的产气质量不高,农村居民的使用体验比较差,存在一定的负面影响。

对所在地区农村居民生活的正面影响来看,正面影响的大小排序为:热解气化 > 氧化法气化 > 生物发酵产沼气 > 压缩成型 > 生物质直燃发电。

**3.4 原料价格的稳定性** 由于秸秆收储运的市场化还没有达到应有的程度,形成完整的收储运体系,因此原料价格的形成机制也不健全,原料价格的稳定性比较差。但是,由于对原料的适应性和原料需求量不同,以及项目对原料来源农村居民生活正面影响大小的不同,各种处理技术中原料价格的稳定性也不同。

在生物质直燃发电项目中经常存在着周围农户利用其卖方市场的支配地位提高原料收集价格的现象,这是非常正常的市场行为,完全符合市场的发展规律,无可厚非。该项目对农村居民生活正面影响比较小,能够接受产品销售不出去带来的损失和不利影响。压缩成型项目也存在同样的问题。

与前两种利用方法相比,热解气化、氧化法气化和生物发酵产沼气这3种利用方式由于与农村居民的生活息息相关,价格的传导也非常快,一般情况下,随意抬高价格行为比较少。当然,生物发酵产沼气项目原料的需求量少,可能处于买方市场,价格非常稳定。氧化法气化可能由于其原料的适应性差,增加了其收集半径,因此对其价格稳定性有一定影响。

从原料价格的稳定性来看,稳定程度大小排序为:生物发酵产沼气>热解气化>氧化法气化>压缩成型>生物质直燃发电。

**3.5 二次污染治理的难易程度** 目前的这些秸秆能源化利用技术中,很多技术存在二次污染问题,只是在污染的程度和治理的难易上有区别。生物质直燃发电主要是烟尘污染的控制<sup>[40]</sup>,控制技术成熟,治理难度也比较小。压缩成型主要是生产过程中的粉尘污染,也比较容易治理。热解气化技术在生产过程中会产生焦油,但是经过改进的热解气化技术<sup>[41]</sup>可以把焦油的产量降低90%<sup>[42]</sup>,污染治理难度大大减少,同时热解气化过程中会产生大量的秸秆碳,与有机农业种植结合起来,可以完成固碳的使命,实现秸秆利用与二氧化碳减排的双重作用。氧化法气化技术由于气量比较大,焦油的去除难度较大<sup>[43]</sup>,基本靠水洗降低焦油含量,产生难以处理的含大量焦油的污水<sup>[42]</sup>。但目前也有人研究将150~205℃的秸秆气化焦油蒸馏产物与柴油以一定比例混合以替代柴油的可能性,结果表明其作柴油机燃料具有良好的动力性与排放性<sup>[44]</sup>。生物发酵产沼气技术在沼液和沼渣的处理上存在严重二次污染。

从二次污染治理的难易程度来看,其从易到难的排序为:生物质直燃发电>压缩成型>热解气化>氧化法气化>生物发酵产沼气。

**3.6 投资与推广的难易程度** 秸秆能源化利用技术中,不同的技术其适宜的投资规模和推广的难易程度是不一样的。当然,投资规模将会影响到推广的难易程度,并且是“线性的”,即适宜的投资规模越大推广的难度也就越大。生物质直燃发电技术从秸秆利用的角度来看,属于大规模的项目<sup>[45]</sup>,其投资一般在5000万元以上。中小型秸秆利用企业很难进行这种规模的投资,其推广的难度就比较大。

压缩成型技术从投资来看,一般的投资规模都不大,在几百万元到上千万元之间,从规模上来讲属于中等。由于压缩成型技术主要是成套设备的采购,因此其推广的难度比较小。但是目前市场上的成型设备存在质量比较差,单台产量低的问题,影响了压缩成型技术的推广。

热解气化技术在投资规模上处于中等位置,从几百万元到上千万元,涉及到的农户也从一两百户到二三千户。投资规模是一般的城镇和村镇能够筹措的<sup>[15]</sup>。由于热解技术对生物质燃气中焦油的去除非常好,热值高,燃气的用户体验与液化气没有区别<sup>[15]</sup>,因此在推广过程中难度非常小。同时热解气化技术的副产品——秸秆碳可以作为土壤固碳的重要手段,有利于减排目标的实现。

氧化法气化技术在投资规模上一般在100万~500万元<sup>[21,31,37]</sup>,投资规模比较小。但是由于氧化法气化技术所生产的产品热值低,焦油多,用户体验比较差,目前来看,该技术的推广难度比较大<sup>[46]</sup>。

生物发酵产沼气技术在投资规模上比较小<sup>[28]</sup>,一般都是与畜禽粪污沼气项目结合在一起。由于生物发酵产沼气技术,在发酵产气完成后还是有大量的未发酵秸秆,秸秆的利用率比较低,产生大量的沼渣,影响了该技术的推广。但是该技术产品生物质热值高,使用效果好,在一定程度上对其缺点有一定的弥补。

从投资与推广的难易程度来看,其从易到难的排序为:热解气化>生物发酵产沼气>氧化法气化>压缩成型>生物质直燃发电。

**3.7 运行成本控制与盈利的实现难易程度** 在目前的能源价格水平下,作为可再生能源的秸秆能源化利用成本相对较高,即使在有少量国家补贴的情况下,项目的盈利都存在一定的难度。

生物质直燃发电的运行成本比较明确,主要是原料成本。在目前的情况下,相对其上网电价,原料成本是非常高的,在高于200元/t的情况下<sup>[20]</sup>,发电项目就处于亏损状态。而由于发电项目的原料处于卖方市场<sup>[18]</sup>,价格非常不稳定,高于200元/t非常正常。尽管国家对生物质发电的上网电价进行了一定水平的补贴,但是这种补贴仍然不能保证项目的正常运转。目前,全国生物质发电项目处于停运状态的原因就在于此。

压缩成型项目的运行成本主要是原料成本和加工成本。目前的问题是销售比较困难,主要是由于在未能改善农村居民生活条件的情况下,农村居民难以接受压缩成型秸秆作为燃料。从经济学的角度来看,只有经济水平达到非常富裕的程度,农村居民的环保意识才可能提高,达到花钱保护环境的水平。因此,该技术产品推广比较困难,即使国家进行补贴,项目盈利也比较困难。

热解气化技术所生产的产品直接销售给达到一定富裕程度的农村居民<sup>[47]</sup>,替代他们使用的液化气,产品的销售比较稳定。由于改善了农村居民的环境卫生条件,向城市化方向发展,农村居民易于接受。同时由于生产燃气的原材料与

用户的燃气价格可存在挂钩机制,原料买卖双方处于平等地位,因此原料价格也比较稳定。同时,由于热解气化技术的产品附加值高,产生可用于有机肥制作的秸秆碳和木醋液<sup>[47]</sup>,燃气产品的品质好,对原料成本的忍受程度也比较高,可以达到400元/t。从总体来看,虽然盈利比较困难,但是在政府的适当扶持下可以保证不亏本运行。

氧化法气化技术由于其产品的用户体验比较差,产品销售比较困难,难以形成规模化生产,单位产品的价格比较高。在现行的国家生物质补贴情况下,一般的氧化法气化项目很难得到补贴。从盈利的角度来看,盈利比较困难。

生物质发酵产沼气技术其产品品质非常好,销售并不困难。在目前的技术水平下,如果沼渣和沼液能够用于肥料<sup>[28]</sup>,产品生产的成本比较低,盈利能力也比较好。但是由于在现行的包产到户的土地政策下<sup>[18]</sup>,沼渣和沼液作为肥料使用的难度也比较大,一般的农户更喜欢用化肥。如果沼渣和沼液找不到很好的出路则需进行处置以避免二次污染,产品的成本将大幅提高,在现行的燃气价格体系下,生物质发酵产沼气项目将出现大幅亏损。因此生物质发酵产沼气项目的盈利存在非常大的不确定性。

从运行成本控制与盈利的实现难易程度来看,其从易到难的排序为:热解气化>氧化法气化>压缩成型>生物质直燃发电>生物发酵产沼气。

**3.8 综合比较** 把上述7个因素按相等的权重进行综合后的排序为:热解气化>氧化法气化>生物发酵产沼气>压缩成型>生物质直燃发电。从最终的综合排序来看,热解气化技术优势比较明显。

从最终的结果来看,秸秆能源化利用技术优势排序与对周围农村居民生活的影响排序是一致的,这也从侧面说明了秸秆的能源化利用应与周围农村居民的要求相一致,否则很难协调与周围农村居民的关系,进而影响项目的正常进行。

#### 4 秸秆热解气化技术对提高秸秆利用率的作用与建议

秸秆热解气化技术能够照顾到周围农村居民的生活体验和经济收入,而且在投入上并不大,也不存在二次污染,其推广难易程度比其他秸秆能源化利用方式要容易得多。因此在提高秸秆利用率的过程中,秸秆热解气化技术能够起到积极的作用。但是必须从以下几个方面考虑实施过程中的实际问题,解决项目的建设和正常运转问题。

**4.1 在城郊或经济相对比较发达的农村地区推广秸秆热解气化技术<sup>[47]</sup>** 提高当地的秸秆利用率。由于秸秆热解气化技术在农村地区推广,需要农村居民用现金购买燃气,这是农村居民最不愿意采取的方式<sup>[15]</sup>。所以应因地制宜<sup>[10]</sup>,只有在城郊或经济相对比较发达的农村地区<sup>[48]</sup>,现金购买液化气已经成为习惯后,用适当便宜的管道秸秆气替代化石能源液化气,这样农村居民才能更好地接受。当产品的销路没有问题时,才能消耗相应数量的原料——秸秆,提高当地的秸秆利用率。

**4.2 从建设城市基础设施的高度看待农村地区的秸秆热解气化项目** 保证当地的秸秆利用率提高。在城市中燃气设施

属于城市基础设施,在建设过程中可以得到相应的市政建设资金和相应的补贴资金。我国改革开放30年来,一直都是农村居民以低价供应粮食和低价供应土地。在经济发展到目前的人均GDP 5 000美元的阶段,城市从各个方面应提高对农村的反哺力度。因此农村秸秆热解气化项目的建设也应得到与城市基础设施建设同等重要的对待,作为城市反哺农村的一个重要途径,所得到的资金支持也应达到相应的强度。

**4.3 在运行过程中按照城市居民的方法保证秸秆热解气化项目的运行<sup>[50]</sup>** 维护当地秸秆的利用率。在我国的大中城市中,都有对低收入家庭提供相应水电暖燃气等涨价的补贴,而农村居民大部分比城市中低收入家庭收入更低,因此,更加有理由得到使用相应管道燃气的使用补贴,保证燃气价格的相对稳定,保证秸秆价格的稳定,维护当地秸秆的利用率。

目前,保守估计我国气化炉生产厂家就达2 000多家<sup>[49]</sup>,但多数厂家产品质量不过关,所以政府及相关部门应加强提高生物质能源化利用的进程。在一个地区只有秸秆利用率真正提高了并得到长期的维护<sup>[50]</sup>,才能保证农村生活环境的卫生和便利,同时,也大量减少农村对城市环境的不利影响,比如,减少秸秆的焚烧,减少城市中空气污染的程度。

#### 5 结论

秸秆利用率的提高需要相应的秸秆利用技术来保证。在秸秆的多种利用途径中,能源化利用是应用范围广、适应能力强的秸秆利用技术。而在秸秆的能源化利用的众多技术中,秸秆热解气化技术具有比其他技术明显的比较优势,适于在具有条件的城郊或农村地区进行大规模推广,以提高当地的秸秆利用率,减少秸秆随意堆放和焚烧造成的环境问题。在推广秸秆热解气化技术的过程中原料的收储运应采用市场化操作,确定收储运价格;按照城市基础设施的标准,对项目的建设和运行提供资金支持,保证项目的建设和稳定运行,稳定对原料秸秆的消耗量,保持秸秆的利用率,减少因秸秆无序管理和利用造成的环境和社会问题。

#### 参考文献

- [1] 王红彦. 秸秆气化集中供气工程技术经济分析[D]. 北京: 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 2012.
- [2] 钟银燕. 生物质发电可持续发展路在何方[N]. 中国能源报, 2009-07-06(23).
- [3] 田金宝. 浅谈秸秆气在大港农村小城镇的应用[J]. 天津科技, 2013(1): 79-81.
- [4] 王亚静, 毕于运, 高春雨. 中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1852-1859.
- [5] 翁伟, 杨继涛, 赵青玲, 等. 我国秸秆资源化技术现状及其发展方向[J]. 中国资源综合利用, 2004(7): 18-21.
- [6] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2006[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [7] 金洪奎. 秸秆气化技术及设备研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [8] 张雪松, 朱建良. 秸秆的利用与深加工[J]. 化工时刊, 2004, 18(5): 1-5.
- [9] 钟华平, 岳燕珍, 樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 62-67.
- [10] 尹濯生. 秸秆气化技术应用实践与前景思考[J]. 农村牧区机械化, 2010(4): 44-45.

(下转第4410页)

关研究,了解云南不同品种烟叶的质量特色及其品种特点,对不同品种烟叶香气风格和质量标准进行定位,找到适合的规范栽培调制技术,形成具有风格特色、工业可用性和安全性强的特色优质烟叶,为卷烟企业在云南科学地建设烟叶生产基地、合理利用各种烤烟原料进行叶组配方提供了有价值的参考,这对保障卷烟原料上水平具有重要意义。

#### 参考文献

- 肖协忠,李德臣,郭承芳,等.烟草化学[M].北京:中国农业科技出版社,1997:225-226.
- 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998:68-70.
- 周恒,许自成,赵会纳,等.烟草多酚类物质的研究进展[J].浙江农业科学,2009(5):949-955.
- 于存峰,张峻松,闫洪洋,等.烟草中多酚类化合物的研究进展[J].河南农业科学,2008(4):10-14.
- 李从民.植物多酚对烟草制品品质的影响[J].烟草科技,2000(1):27-28.
- 徐晓燕,孙五三,王能如.烟草多酚类化合物的合成与烟叶品质的关系[J].中国烟草科学,2003(24):3-5.
- 苏德成,王承训,刘树杰,等.烟草化学与分析[M].北京:中国财政经济出版社,1992:114-115.
- 庄亚东,张映,王芳,等.卷烟中多酚类物质的分析[J].烟草科技,2004(1):23-26.
- 李应金,吴玉萍.烟草中多酚总含量的检测[J].光谱实验室,2006,23(5):1127-1130.
- 吴玉萍,陈萍,李应金,等.近红外光谱法快速检测烟草中总多酚含量[J].光谱实验室,2008,25(3):465-467.
- 李应金,刘彦红,吴玉萍,等.烟草中多酚类化合物测定方法比较[J].光谱实验室,2010,27(6):2396-2401.
- 周冀衡,王勇,邵岩,等.产烟部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(2):128-132.
- 白长敏,钟科军,黄建国,等.高效液相色谱-二极管阵列检测同时测定烟草中多酚类[J].分析化学研究简报,2006,34(11):1619-1621.
- 谷劭刚,董军华.应用高效液相色谱法同时测定烟草中6种多酚类化合物[J].安徽农业大学学报,2006,33(1):134.
- 李福娟,蔡文生,邵学广.反相高效液相色谱法分离测定烟草中的多酚类化合物[J].色谱,2007,25(4):565-568.
- WILLIAMSON R E, GWYNN G R. Variation of polyphenols in flue-cured tobacco cultivars attributed to location, stalk position and year [J]. Crop Sci, 1982, 22(1): 144-146.
- 赵会纳,潘文杰,陈懿,等.不同烤烟品种发育过程中多酚物质动态变化分析[J].江西农业学报,2011,23(8):76-78.
- 刘阳,尹启生,宁纪真,等.不同品种烤烟多酚含量和组成的差异分析[J].烟草科技,2007(8):32-34.
- 柴俊杰,白慧磊.秸秆气化炉能否大面积推广——从山西平定县秸秆气化炉推广“草草收兵”谈起[EB/OL].(2007-05-21) <http://www.daynews.com.cn/sxnm/190128.html>.
- 杨肖.低焦油·高热值农村秸秆气化技术的开发与应用[D].天津:天津大学,2010.
- 曾科.商用秸秆气化炉的设计与试验研究[D].镇江:江苏大学,2009.
- 董玉平.农作物秸秆热解气化技术与装备探讨[J].江苏农机化,2010(5):9.
- 吕忠志,张沈生.农村秸秆气化项目的经济性分析[J].现代农业科学,2008(8):86-87.
- 刘渊,闫立衡.浅谈秸秆气化供气技术[J].现代化农业,2009(9):34-35.
- 张小东,刘敏.秸秆气化技术及其应用浅析[J].科技情报开发与经济,2007,17(23):151-153.
- 陈百明,陈安宁,张正峰,等.秸秆气化商业化发展的驱动与制约因素分析[J].自然资源学报,2007,22(1):62-69.
- 郑舜.秸秆热解气化技术简介[J].农民科技培训,2008(8):17.
- 王爱军,张小桃.秸秆气化与煤混燃发电成本分析[J].农机化研究,2011,33(8):188-192.
- 曹光乔,张宗毅.秸秆气化集中供气项目的外部性影响因素及发展对策[J].可再生能源,2008,26(3):38-42.
- 张小桃,黄明华,王爱军,等.玉米秸秆气化特性研究[J].华北水利水电学院学报,2011,32(1):46-49.
- 朱德文,陈永生,张宗毅.浅谈秸秆气化集中供气技术与我国农村能源可持续发展[J].农业机械,2008(11B):72-73.
- 李莉,宋景慧,马晓茜,等.桉树类生物质热解及产物释放特性研究[J].可再生能源,2013,31(1):50-56.
- WORASUWANNARAK N, SONOBE T, TANTHAPANICHAKOON W. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk and corncob by TG-MS technique [J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2007, 78(2): 265-271.
- YANG H, YAN R, CHEN H, et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis [J]. Fuel, 2007, 86(12): 1781-1788.
- RANZI E, CUOCI A, FARAVELLI T, et al. Chemical kinetics of biomass pyrolysis [J]. Energy & Fuels, 2008, 22(6): 4292-4300.
- 杨海玉.沼气与秸秆气化集中供气综合评价[J].中国沼气,2007,25(2):41-42.
- 陈冠益,方梦祥.生物质固定床热解特性的试验研究与分析[J].太阳能学报,1999,20(2):122-129.
- 武德俊.秸秆气化炉是福祉还是梦魇[J].节能与环保,2009(12):11-12.
- 吴京达,葛素君,林琴,等.秸秆气化技术在温岭市的应用[J].现代农业科技,2011(5):257-258.
- 林琳,赵黛青,魏国平,等.生物质直燃发电系统的生命周期评价[J].水利电力机械,2006(12):18-23.
- 于玲,张海涛.秸秆沼气集中供气工程和秸秆气化集中供气工程比较与分析[J].北京农业,2012(21):141.
- 王正碧.秸秆气化技术及中试分析[J].贵州农机化,2011(1):9.
- 阎维平,陈吟颖.生物质混合物与煤共热解的协同特性[J].中国电机工程学报,2007,27(2):80-85.
- 任强强,赵长遂.稻秆热解及催化热解的试验研究[J].太阳能学报,2009,30(1):116-121.
- 朴哲.秸秆气化集中供气站消防安全问题及解决对策[J].消费导刊,2012(1):125-126.
- 吴华杰,严益民.对秸秆气化的思考[J].农业装备技术,2009(4):51-53.
- 顾树华,姚向阳.秸秆气化集中供气系统经济和外部效益评价[J].农业工程学报,1999,15(2):172-176.
- 崔和瑞,艾宁.秸秆气化发电系统的生命周期评价研究[J].技术经济,2010,29(11):70-74.
- 纪桂花.秸秆气化燃气的净化及提高燃烧热值的研究[J].山东工程学院学报,2002,16(2):28-30.
- 刘庆玉.秸秆气化工程技术评估[J].农业工程技术·新能源产业,2009(3):15-19.
- 贾晓静,张维强,步春媛,等.秸秆气化集中供气技术应用现状与发展对策[J].农技服务,2011(12):1661-1662.
- 范振山,张彦.秸秆气化焦油蒸馏产物内然机燃烧试验研究[J].农机化研究,2013,35(11):180-183.
- 艾宁.秸秆发电相关问题研究[D].北京:华北电力大学,2011.
- 谢琪琪,刘建辉.发展秸秆气化技术是我国秸秆能源化利用的有效途径[J].当代农机,2007(9):11-13.
- 高春雨,李铁林,王亚静,等.中国秸秆气化集中供气工程发展现状·存在问题·对策[J].安徽农业科学,2010(4):2181-2183.
- 南方.秸秆气化站存在的问题及改进意见[J].太阳能,2007(1):4-6.
- 王勇,郝娜.秸秆气化炉产业关键问题取得突破[J].中国经贸导刊,2010(12):26.
- 南方.秸秆气化集中供气工程存在问题及改进建议[J].中国建设动态:阳光能源,2007(1):63-64.

(上接第4403页)