

# 中国农林生物质工业化收集应用模式的研究

庄会永<sup>1,2</sup>, 张雁茹<sup>1</sup>, 田雅林<sup>3</sup>, 王革华<sup>3</sup>

(1. 国能生物发电集团有限公司, 北京 100083; 2. 山东省科学院, 济南 250014;

3. 清华大学核能与新能源技术研究院, 北京 100084)

[摘要] 以现有中国生物发电项目的生物质资源规模化应用研究为基础, 总结理论和实践经验, 在技术路线选择、模式建设以及体系完善等方面开展研究分析, 结合中国具体项目实践, 建设和完善中国农林生物质工业化收集应用模式。

[关键词] 农林生物质; 工业化; 收集应用模式

[中图分类号] TK6 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)02-0101-06

## 1 前言

随着化石能源的日渐枯竭和全球气候变化, 世界各国都将发展可再生能源提到很重要的位置。目前全球一次性能源利用中可再生能源占 13%, 其中 77% 是由生物质能源来提供, 约占全球一次性能源消费总量的 10%<sup>[1]</sup>。生物质能是人类的重要能源来源, 在不发达国家中, 生物质长期被用作生活中的主要燃料。随着现代转换技术的发展, 生物质可以转化为固体、液体、气体燃料, 替代部分化石燃料提供电、热能以及驱动交通工具等。生物质能在国际上越来越受到重视, 目前欧洲和美国等地的生物质能源产业化发展较为成熟, 在未来发展中其也将占据重要的位置。

2006 年 1 月《中华人民共和国可再生能源法》实施以来, 中国生物质资源的能源化应用得到了较快的发展, 越来越多的外资、国有或者民营企业都陆续投资生物质资源的综合开发事业, 生物质发电等资源工业化利用项目成为投资热点。

我国生物质资源虽然很丰富, 拥有相对廉价的劳动力和费用低廉的运输工具, 但由于生物质资源种类多、分布不均、能量密度小, 工业化应用时单位时间原料消耗量相对较大。生物质资源在收集、运

输、储存等方面所面临的模式选择和建设、成本及质量控制问题, 也制约着我国生物质资源的开发利用。

根据调查、研究和产业化实践发现, 可以被农林生物质直燃供热发电项目符合成本效益所利用的秸秆资源的可供量, 要小于秸秆资源理论总量。其中, 国内虽然有一些关于秸秆资源总量等数据的分析研究和调查, 但是由于以前较少有生物质资源的大规模的工业化应用实践, 一些数据和研究结论已经与现实情况有较大的差别。我们需通过科学的理论分析, 加上深入、广泛、长久的调查研究, 辅以积极的产业化实践经验, 通过总结、应用实践、回馈修正优化然后再实践的路线, 对生物质资源可供应量、收储运系统的运营模式、收储运成本费用、到厂价格及变化趋势等问题进行科学研究, 总结适合中国国情的理论和实践经验, 指导中国农林生物质产业化的健康发展。

文章重点以我国生物质直燃发电工业化应用研究和丰富的实践经验为基础, 以农林生物质资源物流体系的设计为主, 通过农林生物质资源物流供应体系的调研、总结和设计优化, 探讨农村生物质资源的收集、运输、储存等工业化应用的合理模式。

[收稿日期] 2010-12-06

[基金项目] 国家 863 重点项目(2010AA101605, 2009AA043606); 世界银行 Cresp 基金

[作者简介] 庄会永(1971-), 男, 山东莒南县人, 研究员, 研究方向为现代生物质能源开发与利用; E-mail: hyzhuang@163.com

## 2 符合中国国情的生物质资源物流体系建设

### 2.1 需要考虑的主要因素

根据生物质资源工业化应用的实践,中国农村地区生物质资源工业化利用项目的原料部分工作原则总结为“依靠地方,以我为主;发动群众,建好队伍;管好质价,长抓不懈”。该原则充分考虑中国家庭联产承包责任制的特点,利用中国农村现有的收购、运输体系,借用农区相对较为廉价的劳动力和成本低廉的自有加工、运输工具,来完成农村农林生物质资源的汇集、调拨、储存等任务。

积极有效利用地方政府的组织和协调能力,在前期市场培育方面,发挥地方政府的积极性,结合地方秸秆焚烧治理、新农村建设与地方政府开展合作;在具体的项目运营方面,可以“依靠政府”但是不能“依赖政府”,要根据不同的地域情况,与地方基层的行政力量和组织积极合作并一定保持有效距离,以免陷入地方复杂的政企关系网中难以有效管理。一定要选拔并培养熟悉农村基层的组织协调人员,了解中国农村基层组织的特点,有效合作,扬长避短,走一条符合中国国情的农林生物质资源的规模化收、储、运利用之路。根据各地区情况不同,灵活采用区域承包、设备租赁、经纪人委托等方法,发挥多方面的积极性。做好经纪人的管理,结合基层政府的安保组织,同时要利用农村保险部门来协助保障农林生物质资源的供应与存储的安全。

要全面控制好质量和价格。其中质量的控制必须未雨绸缪,提前建立系列燃料标准并长期坚持遵循实施,促成行业惯例,形成区域的行业标准,便于质量和价格的长效管控。

### 2.2 中国农林生物质资源的工业化供应过程分解

中国农林生物质资源的工业化供应的全过程,大致可依次划分为“有、收、包、运、存、保”6个部分,根据重点部分,分别分析如下。

1)有。狭义的“有”意思是指目标区域的农林生物质资源存量以及可获得量等问题。在项目设置最初期,要重点考察落实几个指标:目标区域的生物质原料的存量、年生产产量、可利用量、可获得量等问题,然后根据具体的项目,考证农林生物质资源的可经济获得量,同时还要深入研究生物质资源在不同的获得量情况下的特征、品质、种类等是否适合项目需求的问题。

广义的“有”还要根据具体项目的投资发展战略,进一步调查、研究适合发展生物质资源工业化应用的不同区域,根据调研收集、整理的可用材料,研究编制生物质资源工业化应用发展的基本战略和规划。

同时研究确定项目拟投资建设的具体地区、县、市等,重点调研该地区具体投资的软硬环境。主要有:地区经济发展状况,包括经济发展规划、农、牧和林业发展规划以及电力发展规划等;自然地理、气候、交通概况;扶持可再生能源发展的财税政策;当地已经规划建设的生物质资源工业化应用项目概况;当地农林废弃物资源的主要品种、数量及其利用概况。

2)收。指农林生物质资源的收集问题,该部分需要关注目标生物质资源价格体系的建设和完善,要尽早形成合理的品级标准、质量控制体系,有利于市场完善和项目可持续发展。以直接燃烧发电项目为例,需要对可用范围内的目标生物质原料制定品级上下限标准,这个上下限十分重要。同时在这个上下限范围内,还要依据品种、预处理、含水量、综合热值等因素进行分级,根据级别不同,兑现不同的价格。这两步是统一、有序的可行管理与项目实施的关键之一。

比如原料含水量的管理中,如果设置含水量要求下限过低(即合格原料的含水量标准过高),再加上原料采购没有合理分级定价,就可能一方面出现燃料存储加工等障碍,另一方面出现“奖劣罚优”的局面,优质不能优价将可能导致人工掺假降质。

当然,系统分级复杂了管理,更多的自由裁量权也容易导致人为操作。这个需要具体问题具体分析,综合平衡成本和效益、投入和产出,实现投资者项目的最佳运行效果。

另外,关于专职原料收集工作人员的管理,这是一个老问题。在粮食、烟草、造纸等行业都有一些成功经验可以借鉴。比如收购和验级工作人员随机上岗、随机换岗,他们的通信工具工作时间统一留置管理,实行原料鉴定与送货人隔离,原料来源可设回溯定位跟踪体系等具体措施,以最大限度实现公平合理和可控在控发展。

关于燃料供应和国内工业化应用系统之间体系管理是个需要结合具体投资者和项目总体规模认真思考的问题。总体而言,如果条件具备,原料的收集供应系统应尽可能做到单独运作、独立管理,并设计

和搭建维护成为一种与项目之间互相制约、监督促进、共同发展的局面,这样有利于项目整体的成本精细化管理。当然,单独的管理还有利于借用我国支持的现代农业农村组织管理体系和优惠政策,有利于项目健康发展。

原料的收集是个需要认真实践并不断总结完善相应装备和体系的过程。我们通常认为有了自己管控的能源林基地,燃料成本一定就很低。但根据实践经验,已有的能源林基地,如相关的装备不完善以及采集、加工、运输体系没有建设完成,成本反而很高。以治沙治盐碱的沙地能源林、盐碱地能源林基地为例,在收集、加工、运输软硬件体系没有完善之前,其成本要高于收集购买的其他生物质原料成本。因为农区的空车配货、原料收集系统、人工等方面具有一定优势,形成规模化效益,成本反而要低。

由于生物质原料供应体系不完善,没有形成成熟的产品市场,这就需要投资方积极努力、认真投入去促成和建设这一系统,“坐等上门”是一个不可控的管理模式,不利于工业化供应体系建设。

3)包。农林生物质资源的包装或者预加工等问题,其中打包或者预处理的规格、标准等,需要根据项目的技术路线和具体经济性分析等来研究制定。打包、预处理以及载货卸货是一块比较大的成本,需要研究并予以合理优化。

4)运。农林生物质资源的运输,包含跨区协调、调运等问题。运输是目前生物质资源应用中认识误区比较多的一块。大多数人第一印象会认为由于生物质能量密度低,所以生物质资源工业化应用成本高主要是由于运输成本高。但实践中发现,原料的收集、预处理及载货、卸货占成本比例较大,货物上了车,运输大于或小于 35 km 对成本影响很小。认真研究该问题,对合理的项目布点至关重要:其核心是如何尽可能地兼顾多个可能的优质原料供应区域,而不是“独霸一方”地完全占据一个区域。

5)存。农林生物质资源存储点设置、存储标准和具体要求。一般的粮食、烟草、造纸等生产和工业设计安装领域都有成熟案例可以学习参考,此文不再多叙。

6)保。是指生物质原料存储的质量、安全保障,防范霉烂、虫、鼠、火、人为破坏等。防品质下降重点是防潮防雨,其次是防火防盗。规划设计合理的燃料进出动态管控调度体系,不同的季节、原料品质阶段都要有不同的库存量、调度使用量,可以采

用软硬件的信息化动态监控系统。同时要在可控的情况下,发挥经纪人和农民自身的存储和防护潜力,最大限度降低成本,提高质量。

### 2.3 中国农林生物质原料的物流运输相关部分分解

根据中国农村现状,农林生物质原料物流运输相关部分可分解为“收购”、“加工、存储”、“运输”三大部分,见图 1。

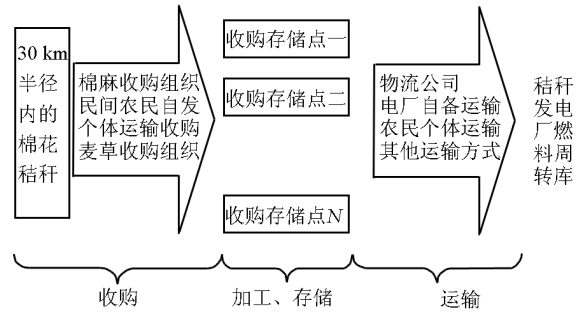


图 1 农林生物质原料物流运输分解图

Fig. 1 Logistics transportation breakdown map of agricultural and forestry biomass feedstock

农林生物质原料的收购工作、收购后运至存储仓库部分可以由农村以下主体承担:各种农区收集组织和原有体系都要积极利用,如棉麻收购组织、民间农民自发、个体运输收购、麦草收购组织等。

农林生物质原料由存储仓库运送中央原料周转仓可由以下主体承担:当地的物流公司、企业自备运输队伍、农民个体运输、其他运输方式。

### 2.4 中国农林生物质原料供应保障主体分类

农林生物质原料保障供应部分可以依赖的组织和个人有:地方自备收购、运输队伍、国营或者民间的专业物流公司及运输专业户、造纸厂的麦草收购体系、烟草公司烟叶收购体系、煤炭储运机构、民间个人自发的收储人员、个体运输专业户、农村经纪人、供销社、棉麻公司收购体系等。上述燃料供应主体,可以把生物质燃料从农村田间地头供应到电厂的多个收购存储点(见图 2)。

### 2.5 关于原料收购的具体措施

设厂地点首先秸秆量要充足:在可利用范围内(至少要求在中心加工需求区 50 km 半径内),可以收购的原料年供应量至少要达实际年需求量的 3 倍以上。

农民个人自发发动燃料原有的收购运输队伍或者组织,要结合政府部门的现有政策和支持,最大化利用地方资源解决当地问题。

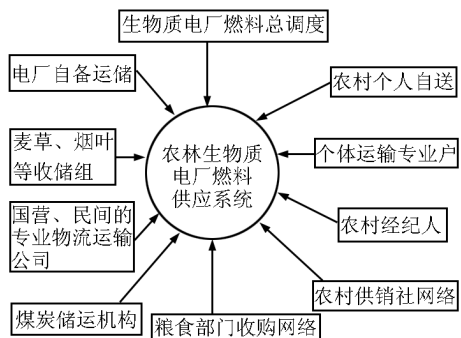


图2 农林生物质电厂燃料保障主体分类示意图

Fig.2 Classification diagram of fuel supporting main body for agricultural and forestry biomass power plant

农林生物质加工设备可租赁、赊购给农村经纪人,设备成本费用从农民出售的农林生物质费用中分期扣除。支持组建农业合作组织,符合国家补贴制度的设备可享受补贴。

建议将所有参与农林生物质资源供应的农民纳入集中的会员管理系统,或对规模化的供应农民经纪人定位跟踪。由计算机数据库系统管理,根据资源缴售量,进行积分累计。定期或不定期地对原料供应者进行积分返利,同时也有利于建立信用档案记录。

建立“生物质资源供应预警管理系统”:根据不同种类生物质原料供应的不同预警期限,提供动态的库存和收购监控,保障库存和供应。各收购点以电话或者短信报送燃料存量和预测可收购量,汇总到中央燃料预警管理系统,统筹计算收购存储点和工厂周转仓适宜的库存量,指导生物质资源的收购、存储和加工。随时监控燃料收购情况,分析资源供应市场情况,确定针对的临时应急收购方案并实施。

品质分级和质量控制:用技术设备和大量人工进行严格的约束,培养良好的习惯;选用当地有经验的人协助参与管理和质量控制;供应生物质原料的质量与原料收集基层管理人员的利益挂钩。

燃料安全保障:原料存储和运输要注意防火、防盗和防霉。建立料场和储运加工点的规范防火制度,通过对企业员工和经纪人等参与人员的规范管理、宣传教育保障原料安全。对于较为集中的料场,可以通过投入商业保险来保障企业利益。

收集点的设置:乡镇设一个大的生物质原料加工、收购、存储点,各村通过指导培训设置小的原料集中点。分散存储,集中管理。待原料供应市场培

育逐渐成熟,可以逐渐减少集中存储量。鼓励农民和经纪人时段性地存储晾晒,并对原料优质优价。

价格平抑:形成买方市场,发展多种渠道的生物质原料供选择,改善原料供应;逆涨而降,短时跨区采购原料,平抑本地不合理的高价垄断市场;鼓励多元主体适当竞争供应原料,避免原料供应大户出现。与关系单位甚至竞争对手形成区域协调联盟,规范市场价格,避免不正当竞争。

燃料包打包后不容易查验质量,建议原料规模化收购业主建立标签单号回馈制度,以便追踪管理,惩劣奖优,有利于行业标准推行。

建立燃料验货人员特殊管理制度:上岗随机,手机留置,随时调换,电脑抽号。通过设备技术提升、科学调度来尽量避免原料缴售排长队。

建立独立的、快速反馈的举报、查证体系。

### 3 因地制宜地发展中国生物质资源生产与收获模式

根据具体的项目点、生物质资源品种和资源情况等做调查、总结,获取该目标区域的生物质资源收获区间,并在实践中总结出最佳的经济和质量平衡点。在此基础上,结合经过一到两年实践而总结出来的经济合理的原料存储量,在选定不同的原料收获期间采用不同的管理政策开展工作,实现项目效益最大化和项目的可持续发展。图3为山东省某区秸秆等生物质资源的最佳收获期区间示意图,可作为生物质资源收获期区间划分的参考。

### 4 因地制宜的农林生物质原料的存储

为方便储运,减少储运运输成本,麦草、稻草、玉米秸秆等松散秸秆要打包压缩;秸秆存储要盖棚,或露天存放雨天遮盖。干燥地区可以堆放在抬高的脊形地面,备遮雨工具,晴天晾晒。

林业修剪树枝等剩余物、棉花秸秆、桑树修剪枝条等原料,保持原样或者简单压缩捆扎后堆放,再由农民或者收购点集中粉碎装袋运至原料中央周转仓库。粉碎后的秸秆可以切碎直接堆放,或用可回收的袋子袋装堆放。

根据具体情况,在30 km范围内择地设置10个左右主要的收购存储点,可以由企业、政府、农村经纪人、农民自发等因地制宜灵活设置,分散存储的成本,也缓解了集中存储的安全压力。

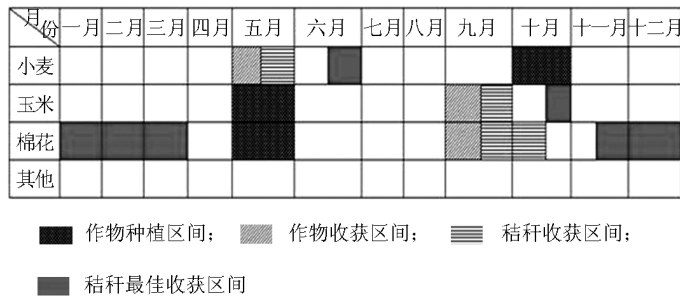


图3 山东省某区秸秆品种和收获期间示意图

Fig. 3 Diagram for stalk types and collection period in one district of Shandong Province

## 5 收集量和价格控制

根据实践,刻意压低原料收购价格或者放任其上涨都是对项目可持续发展十分不利的,关键是要让各阶段的参与者有合理的利润空间,这也是这类项目实施最重要的环节之一。原料收购是否量越少越便宜,量越多越贵?针对这个问题,我们通过实践和大量的数据进行分析,发现原料的收购量和价格并不呈线性关系,生物质原料收购量和价格关系示意图见图4。

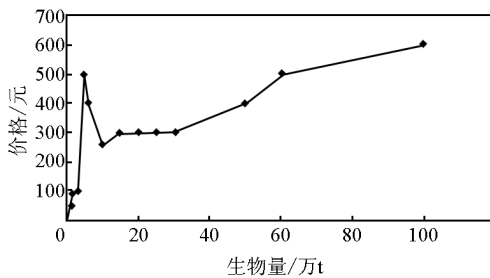


图4 生物质原料收购量和价格关系示意图

Fig. 4 Diagram for relationship between biomass feedstock collection amount and price

根据图4发现在原料收购量和价格的关联曲线中,有一段价格较低的底端平台区(图中数据仅供示意参考,不是具体数量),该区域就是相对较经济生物质资源工业化应用量。根据现有的工业化实践,大体可以认为:以一个县为中心,加上邻边县范围,20万~40万t的工业化应用量,根据目前的经济和社会发展,当前价格可以控制在每吨300~400元,这与2006年贾小黎先生测算数据基本相符<sup>[2]</sup>。

## 6 结语

作为农民的生活用能,秸秆燃烧效率只有20%左右,而生物质直燃发电热电联产可以将能源利用

效率提高到80%以上。我国广大农村每年焚烧大量废弃农作物秸秆,既浪费资源,又污染环境。生物质发电燃料是农作物秸秆,不仅可提供清洁能源,而且能变废为宝,这将非常有利于建设资源节约型和环境友好型社会。生物质发电健康快速发展,为节能减排开辟了一条新路。

目前我国通过引进消化吸收和自主创新,生物电厂内相关主要设备均实现了国产化,目前已基本掌握了生物质发电的关键技术,每千瓦时造价已经降低到8000~9000元人民币。生物质发电电能质量稳定,利用小时数高。以国能单县生物发电厂为例,装机容量为30MW,2007—2009年累计发电量为6.64145亿kW·h,3年中每年满负荷发电利用都超过7000h。其中2007年发电运行达8200多小时,发电2.29亿kW·h,机组利用小时数达7600h以上,处于世界先进水平(来源:国能单县生物发电项目实际运行数据)。

生物质发电产业对于上下游产业链多方向技术发展具有显著的带动效应,并且大部分是覆盖农业农村建设,大量资金、人才将流向国内市场和农村建设。

从总体降低原料收集成本和农业农村现代化发展方向看,农林生物质资源收集要走“工业化、规模化、机械化”发展道路,只有这样,农业农村才能留下更多的人才、资金,才能有自我良性循环发展的机会。

以一个装机容量为25MW左右的电厂为例,一般燃料收储运所需要的农机装备投资在1500万~2000万元。而且这些农业机械装备大部分是引进技术国产化生产,或者是国内现有装备升级换代,普遍机械化、自动化程度较高,技术含量较高。这些装备的完善和配置是降低农林生物质收集成本、解决农林生物质资源规模化集储加工瓶颈的

必由之路。同时,这些装备在农村具有通用性,巨大的农机需求将大大促进我国农村农业机械化程度的提高,有利于积极地促进现代农村农业合作组织的发展,也有助于农业现代化发展。

因为产业不成熟、模式不清晰、装备不配套,生物质资源工业化收集面临困难。但是无论生物质资源的收集有多么困难,都赶不上粮食籽粒的收集难度大。产业链、利益链的逐渐完善健全以及未来的生物质液体燃料、气体燃料的工业化开发,生物质发电将为这些绿色产业的发展提供绿色的电能和热能,以绿色的能源生产绿色的能源,真正地实现可持续发展的健康环保发展。

快速的工业化发展带来环境和资源压力。随着我国农村城镇化发展进程,农林剩余物生物质、城镇分类垃圾生物质的热电联产(直燃纯烧、直燃混烧),太阳能,风能等将是未来小城镇分布式供热、供电的重要支撑,也是城镇产业工业发展的必备热源。农林生物质能的开发和应用,将是我国农业农村发展的一次难得机遇。

#### 参考文献

- [1] Annual report 2009[R]. IEA Bioenergy: ExCo, 2001.
- [2] 贾小黎,丁航. 秸秆直接燃烧供热发电项目上网电价初步测算[J]. 可再生能源, 2006, 1: 50 - 55.

## Research and experience on industrial collection and application model for agricultural and forestry biomass in China

Zhuang Huiyong<sup>1,2</sup>, Zhang Yanru<sup>1</sup>, Tian Yalin<sup>3</sup>, Wang Gehua<sup>3</sup>

(1. National Bio Energy Co., Ltd., Beijing 100083, China; 2. Shandong Academy of Sciences, Jinan 250014, China; 3. Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

[Abstract] Based on existing biomass resources industrial application research in biomass power generation projects, the theoretical and practical experience were summarized. And the technology choice, model construction and system perfection were analyzed in order to achieve the goal of constructing and perfecting China agricultural and forestry biomass industrial collection application model.

[Key words] biomass; industrial; collection model