

竹废料用于分布式生物质发电的发展前景

周承杰，张旺

摘要：中国竹产业发展迅速，竹材消耗量也逐年上升，同时产生了越来越多的竹废料无法得到有效利用。目前全世界面临着能源短缺和环境保护的双重压力，大力开发生物质能源是实现经济社会可持续发展的必然选择。文章概述了竹材作为生物质能原料的优势、传统生物质发电项目存在的问题以及生物质发电领域新技术的应用，可为产竹区、竹产业聚集区的竹废料应用于分布式生物质热电联供提供一种高效、先进、可推广的模式。

中国是全球竹资源最丰富的国家。近年来，中国竹产业发展迅速，竹材消耗量逐年上升，同时产生了越来越多的竹废料没有得到有效的利用。与其他植物相比，竹类植物具有品种多、生长速度快、再生能力强、一次造林成功即可持续利用等特点。竹材的热值明显高于常见草本植物和农作物秸秆，是生物质能源的优质原料。在当前全球面临着能源短缺和环境保护的双重压力下，大力开发生物质能源是实现经济社会可持续发展的必然选择。竹材作为生物能源产业的新原料，必将成为当地竹产业发展的增长点和带动当地脱贫致富的新途径。

1 生物质能源发展前景

1.1 生物质能是新能源产业的重要组成部分

生物质是地球上存在最广泛的物质，具有取之不尽、用之不竭的优势。生物质能源是重要的可再生能源，具有高效、低碳、节能、惠农等优点，是除石油、煤炭、天然气之后的第4大能源，在整个能源系统中占有重要地位。随着全球变暖趋势加剧、环境保护压力增加和化石能源日益匮乏，可再生能源发电将逐步替代不可再生能源发电，成为人类社会所依赖的主要能源。将生物质原料用于发电也是目前生物质能源应用中最普遍、最有效的方式之一，在减少碳排放、改善能源供需、保护生态环境、增加农民收入等方面发挥着重要作用，是国家发展新能源产业的重要组成部分。

1.2 生物质发电是节能减排重要手段

自20世纪80年代以来，生物质发电成为我国控制碳排放的主要手段，对生物质电站的建设越来越重视。特别是近年来，国家越来越注重低碳经济、循环经济的发展，将生物质能的综合利用作为新能源开发的重要途径，加大了对生物质能开发的政策支持和资金投入。随着《中华人民共和国可再生能源法》和相关能源电价补贴政策的出台和实施，吸引了大量资本流入生物质能源行业。但相对于欧美等发达国家的生物质发电利用水平和在能源中的占比，我国的生物质发电产业还有很长的路要走，具有广阔的市场空间。

1.3 生物质发电有利于降低农村和农业污染

相比石油化工燃料，生物质资源种类繁多、储藏量巨大、广泛分布。其主要有竹木废料、农林秸秆废弃物、牲畜粪便、能源植物、城市垃圾等，目前生物质发电是大规模处理农林废弃物的有效方式。生物质发电有2大好处：首先，秸秆热值高，平均值约为1.5万kJ/kg，相当于标准煤的50%，可以有效替代煤电，加快改善地区能源结构；其次，生物质发电环保，可以有效避免农民焚烧秸秆造成的严重空气污染，发电过程中的一氧化碳排放量为零、硫氧化物仅为46 mg/m³、烟尘少于127mg/m³，均远低于国家标准。我国对农林废弃物发电采用了“以能源补贴为主、辅以环境效益补助（综合利用税收优惠）、并允许其无限制电量上网”的鼓励机制。如果能在农村地区广泛开展直燃秸秆电站建设，对广大农村地区能源结构的调整和资源环境保护意义重大。

2 竹材作为生物质能原料的优势

2.1 竹资源丰富，产业发达

中国是全球主要的产竹国，是竹资源最丰富的国家，享有“竹子王国”之誉。据统计，中国有竹类植物39属500多种，分布广泛，以珠江流域和长江流域最多；全国16个主要产竹省（区）的竹林面积约672.73万hm²，占全世界竹林总面积的21%，占全国土地总面积的0.70%，占森林面积的3.48%。

自20世纪末起，中国竹产业得到了快速发展，竹产品类型日益丰富，除传统的竹笋、竹材、竹工艺品和竹浆造纸外，竹纤维纺织、竹提取物制药等新兴产品已进入日常生活中。同时，竹产业的不断发展也拉动了下游相关产业的发展

。随着全球经济一体化，国内外市场对竹产品的需求日益加大，竹产业的发展具有很大的空间。

中国目前约有6000万人直接从事竹产业生产经营活动，其中从事加工商贸的有755万人，竹产业发展较好的省份有浙江、福建、江西、四川、湖南等，产业特色比较明显的县市有浙江安吉、龙游，福建南平、三明，湖南桃江，江西宜春，四川宜宾等地。中国已开发出竹家具、竹建材、竹类生活用品、竹纤维制品、竹炭和竹醋液、竹食品、竹景观等10大类几千个品种的竹产品。

2.2竹材是优质的生物质能原料

与其他植物相比，竹类植物具有品种多、生长速度快、再生能力强、一次造林成功即可持续利用等特点。研究表明，竹材的平均燃烧热值达19331.26kJ/kg，其中毛竹热值为18996.60kJ/kg，明显高于常见的草本植物和农作物秸秆，是生物质能源的优质原料。而且，以竹类为原料发电还具有相对农作物秸秆组成更简单、热值更稳定、对环境污染更低等优点。

目前，我国在竹材加工环节的利用率较低，不足40%，形成了大量的加工废料，从而为生物质能源提供了优质原料。同时，竹种的多样性和丰富的竹林资源为竹材用于生物质发电产业的发展提供了坚强的物质保证。

以四川主要竹产区宜宾市为例，楠竹材、杂竹材、竹笋的采集量分别仅占可采集量的41.0%、36.2%、35.3%，有大量竹资源闲置，无人砍伐，利用不充分。2017年宜宾市有竹片加工厂132家，合计产能90万t，每天消耗竹材约2500t。竹材生产加工环节中约有60%为加工剩余物，随着国内竹产业的快速增长，这部分废料数量也越来越庞大。竹材资源全方位综合利用必须有效利用这些竹废料。因此，拓展竹材作为生物能源产业的新原料，也成为当地竹产业发展的增长点和带动当地脱贫致富的新途径。

2.3竹产业集中区发展生物质发电具有成本和环保优势

1) 减少运输成本，提高生物质电厂效益。可就近收集竹林砍伐阶段的旁支、笋壳、自然枯死的竹材等废料加工成生物质颗粒，收集竹材加工企业生产环节的各类废料。生物质发电的成本主要源于原材料的成本，而原材料的运输成本在其中占很大比例。所以，降低原料的运输距离，是提高生物质电厂效益的有效途径。

2) 污染物排放少，发电成本低。竹废料的热值高于多数草本植物和农作物秸秆。竹废料燃烧后的灰分含钾较高可以直接回田作为肥料，也可出售给农肥加工企业。相比现有的垃圾发电排放的污染物更少，发电成本更低。

3) 减少环境污染。在竹产业集中区域建设生物质热电联产项目可以为周边的加工企业提供供电和供热服务，也可以吸收消化周边村庄的其他农林废料，解决秸秆散乱焚烧污染环境的问题。

3生物质发电产业现状

3.1传统生物质发电项目存在的问题

传统生物质发电项目能源利用率低，占地面积大，装机容量较大，设备投资巨大，往往电站周边的生物质原料不能满足生产，需要从较远距离运输生物质原料，这也是目前传统的生物质发电电价较高的主要原因。

1) 原材料成本高。相比风能、光能直接获取利用的便利性，生物质能其原料不能直接利用，需要再次加工转化。在生物质原料的获取和加工过程中需要额外投入人力和物力，导致原料成本较高。

2) 单位造价高。传统的生物质电站的特点决定了其项目投资巨大和建设周期长。目前单位千瓦投资超过1万元以上，首个投产的国家级示范项目——国能单县项目单位千瓦造价高达1.3万元。

3) 原料距离远，物流成本高。与传统工业原料不同，生物质原料除了购买成本外，原材料分散在农村的千家万户，加工、储运和损耗成本占燃料总成本的比重较大。以秸秆发电为例，经济收购半径不宜超过50km，否则在远距离收购过程中车损、燃油及人力消耗会大大增加原料成本。另外，目前尚未形成大规模的产业链，缺少专业的原材料收购和运输从业人员。生物质电站的大部分原材料是定点收购，少部分是直接向分散的农户收购。

3.2竹废料用于生物质发电的现状

自20世纪90年代，直燃式生物质项目在欧美等发达国家备受推崇。在丹麦和瑞典等欧洲国家，以生物质为燃料的小型热电联产已成为重要的发电和供热方式，但欧美国家竹资源并不丰富，所使用的生物质原料多为农作物秸秆和果木枝等原料。巴西、印度和部分东南亚国家，根据气候条件和自身情况使用甘蔗渣、稻壳、棕榈壳等为燃料发展生物质发电。非洲地区竹资源丰富，加纳和埃塞俄比亚将竹类资源作为可再生能源的重要部分，这两个国家竹产业的快速发展促进了非洲其他国家对竹类生物质燃料的投资和开发。但目前尚未有建成使用竹废料为生物质原料的分布式热电联供发电站。

目前我国建成的生物质发电项目多数以农作物秸秆、果木等为原材料，主要集中在水稻、小麦、花生等农作物主产区。由于发电设备技术没有新的突破，国内现有的生物质发电项目建设规模都较大，生物质原料需要远距离运输供给，导致生物质发电技术推广较慢，也无使用竹废料用于分布式热电联供。

4 生物质发电新技术的研发

为了解决目前生物质发电项目存在的弊端，启迪控股旗下公司研发了一种直燃式热气机。该热气机可依靠燃烧农林废料和竹林废弃物等释放的热量直接发电，适用于村镇级的分布式热电联供能源站的建设，为打造村级能源互联网提供了技术支持。



图1 10千瓦级清洁热气机

热气机原理及结构基于美国NASA自由活塞式斯特林发动机（图1），主要参数见表1。该机型有效降低了气体泄漏率，大幅降低了制造难度和制造成本。目前已拥有包括活塞制造工艺、动密封技术、多缸非均匀加热的稳定输出等多项核心技术专利。设备经过2000h不间断运行，性能稳定可靠。

4.1 技术攻关

直燃式热气机（斯特林发动机）攻克了以下技术难点：

- 1) 发动机密封技术。为保证发动机实现持续稳定的功率输出，发动机的气密性要求十分苛刻。
- 2) 活塞制造工艺。为提升发动机效率，需要让活塞在28MPa的高压下尽可能做到轻量化，活塞一般为因科镍合金制造的多孔介质材料，制造工艺复杂。
- 3) 燃烧工艺。由于燃烧过程不可控，造成发动机气缸表面温度分布极不均匀，发动机气缸缸压不平均，影响发动机效率和寿命。
- 4) 发动机装配和调试工艺。装配和调试工艺直接影响发动机运行参数，是发动机制造的核心技术，需要长期的技术积累才能掌握。

表 1 热气机技术参数和性能指标

指标		型号(XY020110)
结构参数	形式	自由活塞式
	工质	空气/氦气
	气缸数/个	6
	缸径/ mm	230
	行程/ mm	120
	气缸总容积/ cm ³	6 * 29899
	平均有效压强/ kPa	50
	加热器管壁温度/℃	700
	净重/ t	0.38
外形规格	长/mm	1 080
	宽/mm	1 080
	高/mm	1 710
性能参数	额定活塞运动频率/(次/min)	220
	最大功率/kW	10.56
	最大推力/N	12 000
	运行速度/(m/s)	0.88
	最大有效效率/%	38.6

4.2直燃式热气机的技术优势

- 1) 成本低。设备结构简单，零件数量比其他发动机减少了60%，采用模块化设计，大幅降低发动机制造成本，比同类产品制造成本下降50%。
- 2) 寿命长。活塞和气缸有0.2mm的气隙，避免气缸和活塞之间的摩擦，延长了设备寿命。
- 3) 可靠性高。多缸联动技术可以确保缸体受热不均匀时各气缸内缸压相同，提高了设备可靠性。
- 4) 效率高。活塞轻量化设计，活塞质量减轻80%，提升了发动机效率。

4.3行业应用优势

直燃式热气机应用与生物质发电行业，区别于大型汽轮机组，可实现100千瓦级的小规模发电，从而大幅降低燃料运输成本，降低电站运维费用，因为燃料成本每变化10%，运维成本即变化15%；且无需水源，对场地要求低，特别适合于沙漠干旱地区或者生物质原料集中地区做分布式生物质电站。

5小结

在竹产区建设分布式热电联供能源站，不仅可以收集处理周边竹加工企业产生的竹废料，还能通过燃烧竹废料为竹加工企业提供生产所需的电能和蒸汽。直燃式热气机技术的运用能够避免传统生物质发电中的原料运输成本较高的问题，将竹废料变废为宝转化为清洁能源。此外，一个分布式电站的运转和维护需要多名具有一定相关知识或学习能力的劳动力，可以为当地退伍军人、专科学校毕业生等提供新的工作机会。在产业化的过程中，能源转型类项目的应用

和推广将有效地吸纳就业，特别是农村人口、退伍军人等重点群体；在资源综合利用、低碳减排等生态方面，更是做到了充分的实践和引领作用，有利于推动区域竹产业规模化发展，带动当地竹农增收致富。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/145194.html>