生物质能与多种能源协同发电

王双[1]，任红梅[1]，曹琼[2]，孙蓉[3]

（1.马鞍山焓谷能源审计有限公司，安徽马鞍山243000；2.马鞍山安质环科技咨询服务有限公司，安徽马鞍山243000；3.东南大学能源与环境学院能源热转换及过程测控教育部重点实验室，江苏南京210096）

[摘要]当前社会的快速发展消耗了大量化石能源，大力开发可再生能源成为人们迫切的需求。生物质能作为一种洁净的可再生能源已引起广泛关注，阐述了生物质能与太阳能、垃圾和煤联用发电工艺与应用现状，旨在为多种可再生能源的应用寻求更好的发展途径。

0引言

随着化石燃料的消耗殆尽，大力发展可再生能源是当前的迫切要求。可再生能源主要包括风能、太阳能、水能、生物质能、地热能等能源。风能、太阳能、水能等能源的稳定性与地质环境息息相关，因此，其不稳定性也大大提高。生物质是有机物质，具有一定能量、养分、机械强度。代表性生物质包括动物粪便、农作物废弃物、木材、固体废弃物等[1]
。而作为一个农业大国，我国年产农作物秸秆约7
亿t，列世界之首[1]
。因此，在多种可再生能源中，生物质能由于其丰富的资源、低污染性以及广泛的分布性越发受到众多研究者的关注。在2016年我国发布的《能源发展“十三五”规划》中，提到要“积极发展生物质液体燃料、气体燃料、固体成型燃料”。

生物质能源的利用技术主要有沼气技术、生物质燃料酒精、生物质发电、生物质热裂解液化技术等，其中生物质发电对环境污染程度低[2]
，前景广阔。因此，生物质能源的应用符合国家能源战略多元化和发展绿色低碳经济的需求。2013年我国的生物质发电设备已经达到750万kW装机容量。因此，大力发展生物质发电，使之产业化，将进一步优化我国能源利用结构，促进可再生能源发展。目前生物质发电还存在许多挑战，如原料易受到天气、季节性的影响，原料分布不集中，且运输成本较高，产业链与行业规范不完善等，这些因素严重阻碍了我国生物质能源的发展。本文针对生物质发电与多种可再生能源联合发电进行综合讨论，以期发现生物质发电利用的优良方法，促进生物质发电的进一步发展。

1生物质能与太阳能联合发电

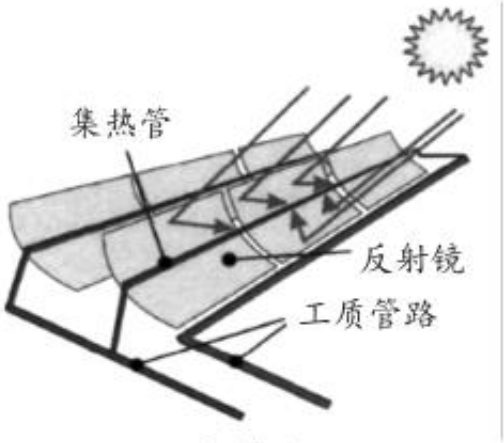
多种可再生能源中，太阳能是所有可再生能源发展的基础，开发利用太阳能对节约常规能源、保护自然环境及减缓气候变化均具有重要的意义，然而太阳能发电的弊端同样不可忽视，其弊端之一在于太阳能的低能流密度，太阳能发电过程中需要大面积光学反射装置和昂贵的接收装置，这使得应用成本大大增加；其次，独立太阳能热发电系统的发电效率低，年太阳能净发电效率不超过15%；最重要的是，由于受到昼夜、天气等因素的影响，太阳能供应具有间歇性与不连续性[3]
。另外，由于受到地理环境的影响，不同地区的太阳能资源相差较大。根据国家气象局风能太阳能评估中心划分标准，我国不同地区太阳能分布情况如表1所示。

表 1　我国不同地区太阳能分布

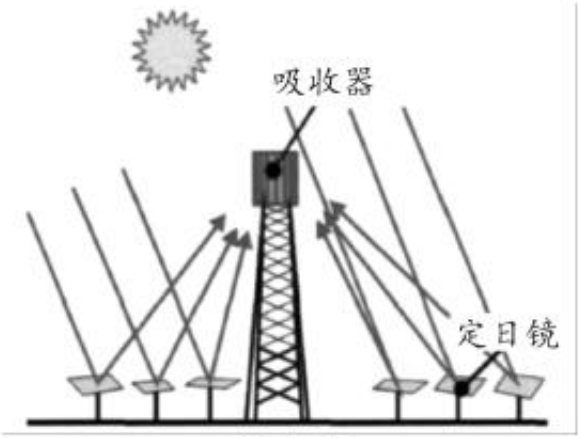
太阳能资源等级	太阳能条件	年辐射总量/(MJ/m²)	分布地区
一级	贫乏	<4 200	四川、贵州
二级	普通	4 200～5 400	长江中下游、福建、浙江、广东
三级	较丰富	5 400～6 700	山东、河南、河北东南部、吉林、辽宁等
四级	丰富	6 700～8 370	青藏高原、甘肃北部、宁夏北部等西北地区

从表1可知，地理因素对太阳能的供应具有显著影响。昼夜交替与天气变化同样会造成太阳能来源不稳定。为降低太阳能发电对太阳能来源稳定性的依赖程度，考虑采用将生物质发电与太阳能发电联合的方式来获得稳定的电量输出。联合发电可为用户提供连续稳定的电能，还能使生物质能得到更合理的应用。

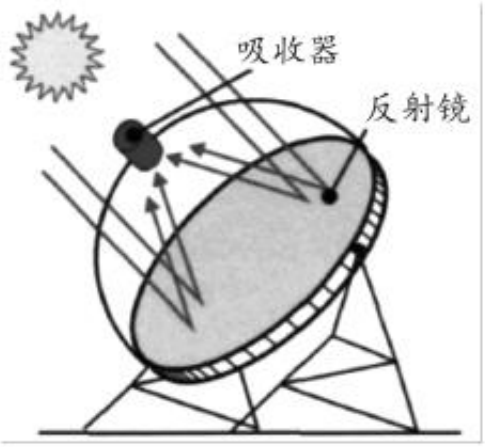
太阳能发电方式包括槽式、塔式和碟式3种。3种发电方式的集热装置如图1所示。



(a) 槽式



(b) 塔式



(c) 碟式

图 1　太阳能发电集热装置

塔式太阳能发电系统目前处于商业示范阶段，技术开发风险较高；碟式太阳能发电系统则处于试验阶段，且运行规模较小；槽式太阳能发电系统已实现商业化，电站规模较大。因此，槽式太阳能发电系统更适合与生物质发电系统联合应用。

生物质能太阳能联合发电系统可分为3个部分：太阳能集热装置、循环流化床锅炉以及汽轮机发电系统。当太阳能

来源稳定时，可通过相关设置将太阳能集热装置与循环流化床锅炉进行联合，以实现太阳能和生物质能的共同发电。在太阳能来源不稳定或没有太阳能来源的条件下，可单独采用生物质发电系统。槽式太阳能与生物质联合发电同样采用该原理，其联合发电系统由生物质能辅助锅炉、槽式太阳能辅助系统及动力系统组成，如图2所示。

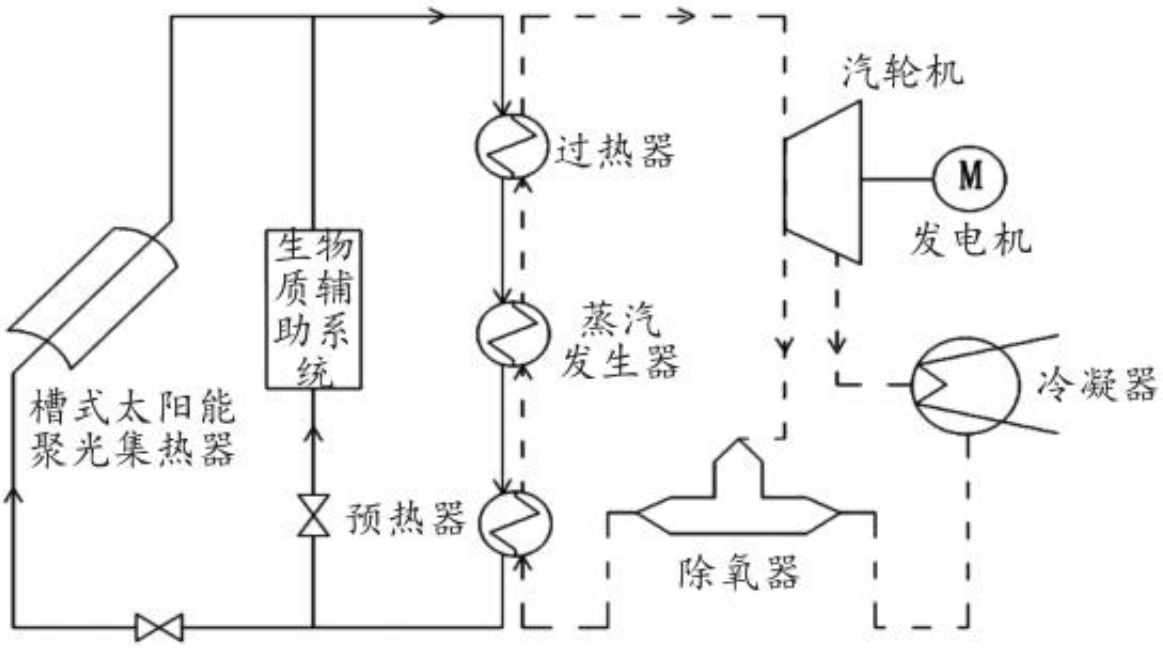


图 2　生物质能和太阳能联合发电系统

由图2可看出，太阳辐射条件较好时，太阳光线聚集到集热装置上，对集热装置中的导热油进行加热。当导热油被加热到一定温度时，高温导热油依次流经过热器、蒸汽发生器以及预热器，以热交换方式将热量传递给锅炉循环水，对其进行加热，此时被冷却的导热油再次回到太阳能集热器中，等待再次被加热。被加热的锅炉循环水受热蒸发，形成水蒸汽，带动汽轮机做功发电。如光照条件较差或在夜间，启动生物质辅助系统以维持对外电力输出的稳定。

2生物质与垃圾联合发电

据统计，我国主要城市年产生活垃圾为1.5×108t [4]，大量垃圾所造成的“垃圾围城”和“邻避效应”对环境造成巨大的危害。如果能将垃圾充分有效地用于发电，每年将能节省煤炭资源5000～6000万t。然而，我国城市生活垃圾的一些特性，如含水率高、热值低等，会造成炉膛内垃圾燃烧效率低与烟气成分复杂等问题。另外，垃圾燃烧所需要的助燃油又增加了发电成本。

因此将生活垃圾与生物质混合燃烧进行发电或可解决垃圾发电存在的一系列问题。国内解海卫[4]等使用垃圾焚烧发电厂的设备对城市生活垃圾与棉花秸秆混烧发电的燃烧特性进行了研究。

研究结果表明，混合物热值随棉秆掺入量增多而增大，使得炉膛温度有所增加。棉秆质量百分比为15%左右时，锅炉的燃烧状况最佳。在炉膛温度不变时，增加棉秆掺混比例可降低烟气中HCl、颗粒物以及二恶英的排放浓度。另外，飞灰和底渣中Pb、Cr、Zn、Cu等重金属含量同样有所降低。

生物质与垃圾不仅能通过混合燃烧的方式发电，还可采用生物质与垃圾气化发电。研究表明，生物质与许多固体废弃物的共热解具有较强的协同作用，因此，可将生物质原料与垃圾的混合物进行气化转换为生物质燃气，经净化、降温后进入燃气发电机组发电。生物质-垃圾水蒸汽全气化工艺流程如图3所示[5]。

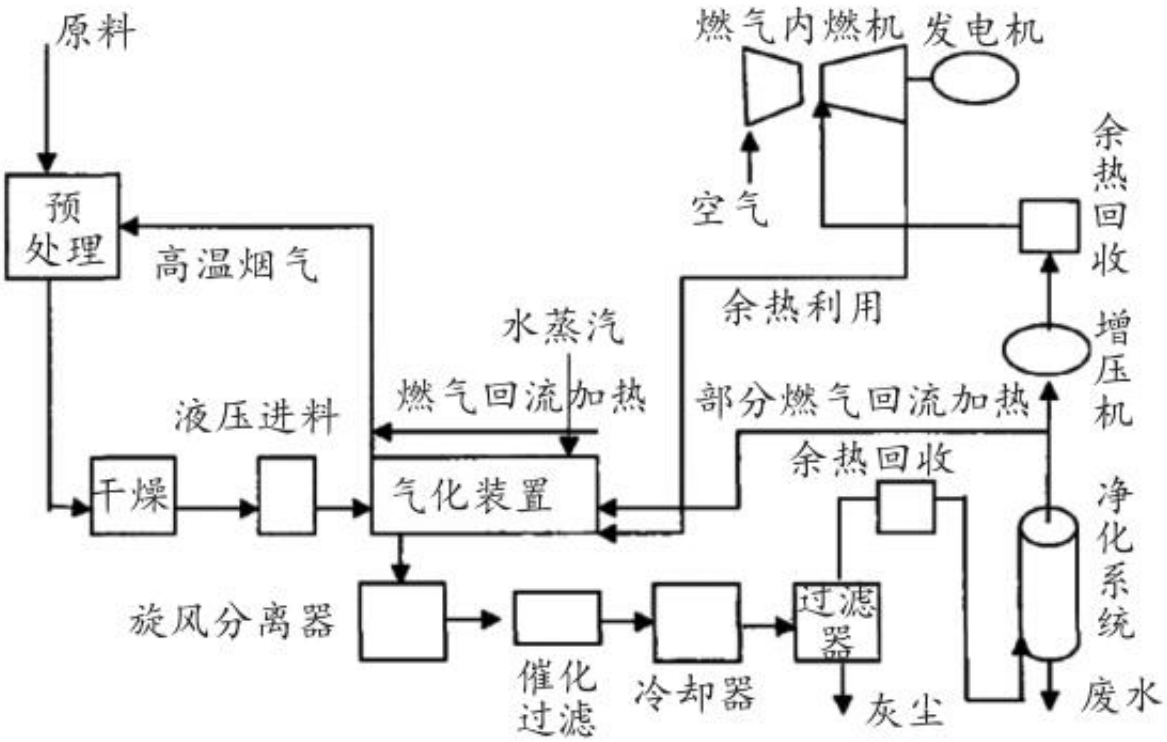
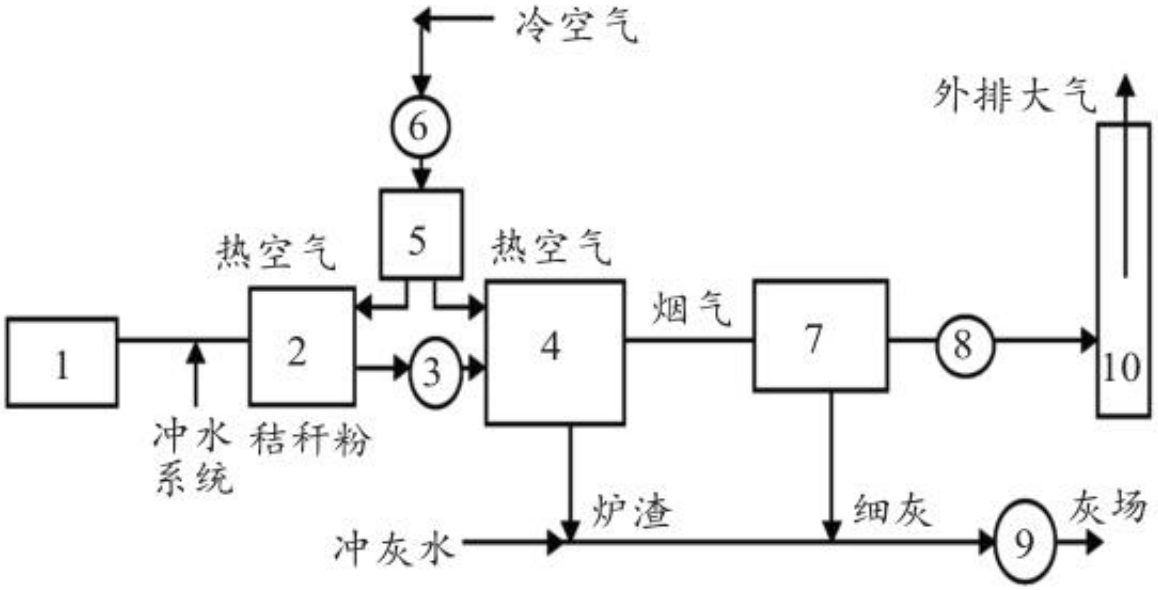


图 3　生物质 - 垃圾水蒸汽全气化系统流程

从图3可知，生物质和垃圾的混合燃烧经粉碎和干燥后通过液压进料系统进入卧式干馏管进行气化，气化完成后进行催化过滤、冷却、净化等一系列工序，最终洁净的可燃气进入发电系统进行发电。

3生物质与煤联合发电

化石能源是不可再生能源，截至2011年底，世界原煤探明储量为8615.3亿t。目前，煤炭作为我国能源中的主体地位在未来相当一段时间内难以撼动。然而，煤炭燃烧所产生的环境污染问题亟待解决。生物质资源具有分布广泛、资源丰富的特点，也是清洁无污染的低碳资源，有较高的挥发组分和炭活性，硫、氮等有害成分少，灰尘少的优点，在燃烧过程中产生的有害气体少。因此，将生物质与煤联用发电可以有效地缓解我国污染物排放过多的问题。生物质与煤联用发电系统如图4所示。



1.生物质储料区;2.生物质原料粉碎系统;3.排粉风机;4.锅炉;
5.空气预热器;6.送风机;7.除尘器;8.引风机;9.灰渣泵;10.烟筒

图4　生物质与煤联用发电系统

研究发现将生物质加入煤中，其燃烧过程可明显划分为挥发分燃烧和焦炭燃烧2个阶段。另外，由于生物质挥发分初析温度远低于煤的挥发分初析温度，因此，在煤中添加生物质燃料可降低煤的着火点，以改善煤的着火性能，并增加燃料的燃烧发热量。有国外研究者[6]
认为，当生物质与煤混烧时，烟气中SO_2
可被有效吸附在颗粒物中并以硫酸盐
的形式存在于颗粒物中。因此，烟气中SO_2
排放量明显降低。王泉斌等[7]通过生物质与煤的混烧实验，研究混烧条件下颗粒物中矿物元素的演变规律，研究结果同样表明，硫元素易与Ca、Mg等碱土金属结合。

4结论

在能源日益匮乏的今天，大力发展可再生能源迫在眉睫。然而由于当前技术有限，单一可再生能源的利用途径均存在问题，阻碍了可再生能源的发展，而不同能源的联合利用则可解决这些问题。其中生物质与太阳能、垃圾、煤联用发电不仅可以使生物质、垃圾等废弃物得到有效回收利用，充分利用自然界中无穷无尽的太阳能，而且能缓解煤炭燃烧所带来的污染。因此，发展生物质能与其他多种可再生能源的联合应用，可为其发展提供更广阔的空间。

[参考文献]

[1] 郝德海. 生物质发电技术产业化研究[D].济南：山东大学，2006.

[2] 高立，梅应丹. 我国生物质发电产业的现状及存在问题[J].生态经济，2011(8)：123-127.

[3] 李洪梅，杨超玉，孟令杰，等. 太阳能和生物质能联合热发电技术研究[J].能源研究与利用，2010，(6)：1-2.

[4] 解海卫. 城市生活垃圾与生物质混烧发电及烟气净化的研究[D].天津：天津大学，2007.

[5] 郭培红. 生物质 - 垃圾水蒸汽全气化发电工艺及应用前景[C]// 中国金属学会能源与热工分会.2010 年全国能源与热工学术年会论文集.北京：中国金属学会能源与热工分会，2010.

[6] Spliethoff H，Hein K R G.Effect of co-combustion of biomass onemissions in pulverized fuel furnaces [J]. Fuel Processing Technology，1998，54(1)：189-205.

[7] 王泉斌，徐明厚，夏永俊. 煤与生物质混烧时可吸入颗粒物中的矿物质元素演变研究[J].中国电机工程学报，2006(16)：103-108.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/152214.html