

农林生物质直燃发电项目主要技术问题及解决方案

李政

(中国华电集团电力建设技术经济咨询中心有限公司, 北京100031)

摘要：本文阐述了农林生物质发电项目目前存在的主要技术问题，如参数效率问题、积灰沾污问题、高低温腐蚀问题、给料堵料问题、排渣堵渣问题、炉膛内壁结垢问题、实现超低排放问题等。针对上述问题，提出了解决方案，供项目实施过程中参考。

我国是农业大国，也是秸秆资源最为丰富的国家之一，秸秆资源包括稻谷、小麦、玉米、豆类、薯类油料作物、棉花、甘蔗。我国农作物秸秆主要集中分布在粮食主产区，包括河北、吉林、黑龙江、江苏、安徽、山东、河南、湖北、湖南、四川等^[1, 2]。除了作为造纸原料、畜牧饲料、还田外，剩余部分用于农村生活燃料或者在田间地头白白烧掉了，既浪费了资源，也污染了环境。

林业生物质能资源包括林木生物质能资源和林业废弃物资源及林地内其他的生物质资源。我国具有各类林木生物质资源量200亿t以上，每年通过正常的灌木平茬复壮、森林抚育间伐、果树绿篱修剪以及收集森林采伐、造材、加工剩余物等，可获得生物质资源量约8亿~10亿t。今后随着造林面积的扩大和森林覆盖率的提高，生物质资源量将会不断扩大，预计到2020年，全国每年可获得生物质资源量约20亿t^[3]。

生物质燃烧发电技术可以分为3种类型：生物质直燃发电、生物质与煤混合燃烧发电、生物质气化发电^[4]。

1 生物质发电技术路线

1.1 生物质直燃发电

运用生物质锅炉直接燃烧生物质，形成蒸汽，推动蒸汽轮机作功发电，是生物质直燃发电的主要技术路线，是我国和各国利用生物质能的主要方式。生物质锅炉是生物质直燃发电技术的核心装备，对发电系统能效影响最大，国内多以秸秆为燃料开展燃烧技术的研究，并取得了较好的成果。当前，更高参数和热效率的循环流化床锅炉已在国内生物质发电领域得到研发和应用^[4]。

1.2 生物质与煤混合燃烧发电

生物质与煤的混合燃烧有两种形式：一种是两类资源直接混合燃烧；另一种是生物质气化处理后，燃气与煤混合燃烧^[4]。

1.3 生物质气化发电

生物气化的方式主要有两种，一种是反应性气化，一种是热解气化，气化气体经净化和过滤后直接送入燃气机燃烧作功发电。其中反应性气化是指通过水蒸汽或等离子为反应载体进行气化反应；热解气化是通过绝氧高温加热生物质使其可燃物以气体析出。这种发电技术具有更高的热能利用率，但对燃气机的设计和制造有着苛刻的要求^[4]。

生物质直燃发电系统主要包括农林生物质燃料收集、储运和预处理系统、物质连续化输送和上料系统、生物质专用锅炉燃烧及辅机系统、汽轮发电机系统、变配电系统、余热以及灰渣收集利用系统等。其关键技术主要有以下3项：一是生物质收集、供应、加工与管理成套技术与装备。国内在这一方面相关管理技术和成套设备都不成熟，目前随着国内生物质规模化高效应用产业的发展，相关的技术和设备有广阔的市场。二是生物质原料输料、进料系统技术与设备。主要指在实现生物质工业化应用转化过程中，多种生物质物料规模化的输料、进料技术和成套设备。通过国内一些生物质直燃发电厂运行实践表明，生物质原料输送、进料系统是瓶颈关键技术。能够适应不同的生物质原料、稳定可靠的输送技术及系统设备目前国内尚不成熟。三是生物质能高效燃烧等转化技术。在生物质直燃发电项目中是指生物质燃烧锅炉和辅机设备。目前国内有国产的和引进丹麦技术在国内生产的锅炉设备。锅炉的主要类型一般分为炉排炉、循环流化床锅炉^[5]。

2 农林生物质直燃发电项目主要技术问题

通过对已投运项目的经验总结，生物质直燃发电项目目前在运行中存在如下技术问题。

2.1 参数效率问题

目前生物质直燃机组主要采用高温高压、高温超高压、高温超高压带一次再热等参数。如需进一步提高效率，需相应提高主蒸汽参数。但生物质锅炉受到耐腐蚀材料的限制，目前更高参数难以实现。对于中小型汽轮机，提高参数后高压级叶片缩短较多，设计存在一些困难。

2.2 积灰沾污问题

农林生物质原料中Na、K等碱金属含量高，燃烧生成的碱金属化合物熔点低（ < 801 ）、粘接性强，容易造成炉内水冷壁积灰或沾污、结团、结渣，以及循环流化床旋风分离器内高温返料灰结团粘附和积灰塔桥，造成堵塞或回流不畅。

2.3 高低温腐蚀问题

农林生物质原料中Na、K等碱金属及Cl含量高，燃烧产生氯气、氯化氢及碱金属氯化物，高温环境下存在氯腐蚀和碱金属硫酸盐腐蚀。在低温烟道内，由于烟气中硫酸酸雾、盐酸酸雾的存在，易造成低温受热面腐蚀。

2.4 给料堵料问题

农林生物质密度小，热值低，纤维含量高，易缠绕，容易造成给料系统堵塞或给料不足，影响锅炉安全连续运行。

2.5 排渣堵渣问题

入炉生物质原料中可能含有石块、铁丝等杂质，以及燃烧产生的碱金属化合物结团作用形成较大物块，容易造成床体排渣管堵塞。

2.6 炉膛内壁结垢问题

燃烧生物质时，炉膛内表面容易形成一层很薄的白色CaO，其反射性强，降低了炉膛吸热，影响锅炉效率。

2.7 实现超低排放问题

目前列入国家能源局生物质示范项目目录的项目，均要求实现超低排放。农林生物质原料灰份、硫份含量低，可以实现尘、硫的超低排放；最难达标的环节在氮氧化物的处理上。脱硝环节最主流的两种技术是选择性催化还原（SCR）和非选择性催化还原（SNCR），一般而言选择性催化还原（SCR）效率更高。但在生物质项目上，采用选择性催化还原脱硝，易造成催化剂中毒甚至失效，还原剂会造成尾部受热面腐蚀以及堵塞，对温度窗口要求严格，炉温波动会造成脱硝效率低

，无法达到超净排放要求。对于循环流化床锅炉，炉内SNCR脱硝可以实现 NO_x 达标排放（ $< 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），但要达到超低排放（ $< 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），缺少工程实践经验。

3 主要解决方案

针对生物质直燃发电项目目前存在的主要技术问题，从业的设计单位、项目单位、设备制造厂进行了大量的研究工作，并在某些项目上取得了成功经验，对存在的问题提出了有效的解决方案。

3.1 参数效率问题解决方案

从目前情况看，循环流化床锅炉较炉排炉更易进一步实现高参数、大容量发展。目前部分国内锅炉制造厂正在同发电集团一起，研究实现更高参数（如超高温亚临界）的可能性。如某锅炉厂提出了外置式高温换热器设计方案，利用灰渣换热而不与烟气接触，可以达到超高温参数，也避免了烟气腐蚀。

根据某汽机厂的研究分析，若原料有保证或考虑生物质成型燃料应用，亚临界汽轮机在50MW等级及以上容量，性

价比较高。与此同时，部分项目采用高转速汽轮机。根据某汽机厂提供的数据，相同条件下，高转速汽轮机效率较常规转速汽轮机提高约2%。

3.2 积灰沾污问题解决方案

针对生物质锅炉积灰沾污问题，可采用如下技术方案进行优化：设置汽冷旋风分离器，降低循环灰温度；利用中温燃烧低温分离技术，采用大炉膛设计，控制水冷壁烟气流速3~3.6m/s，同时将分离器进口、回料处烟温控制在550左右；炉膛水冷管束采用大节距，高温受热面选用抗腐蚀好的钢材，采用高效旋风分离器、非机械回料阀、光管省煤器；选取较低的燃烧温度（860）、适当加大尾部受热面节距及烟速、采用多回程对流烟道。

3.3 高低温腐蚀问题解决方案

针对生物质锅炉高、低温腐蚀问题，各设备厂家结合自身工艺，提出下述优化方案：空气预热器低温段采用陶瓷或考登钢等耐腐蚀性材质，以减轻低温腐蚀；采用中温燃烧，降低炉膛燃烧温度（特别是密相区炉膛），减少碱金属盐进入气相的量；高温受热面布置在颗粒浓度较高的区域，利用烟气的自冲刷作用，减轻碱金属化合物在高温受热面上的沉积；采用顺流、顺列受热面布置，降低高温蒸汽出口段的金属壁温，选择耐腐蚀特殊金属材料或喷涂；在低温烟道内，采用烟冷器和给水加热式空预器方案解决低温烟道腐蚀；在炉内添加石灰石，固化部分氯及氯化氢，降低腐蚀气体量；添加煤灰、高岭土等添加剂固化碱金属氯化物，提高高温受热面金属材料等级；低温受热面采用搪瓷管，优化烟气换热流程；采用较低的床温，减少碱金属析出量。在尾部烟道入口布置水冷管束，降低烟温。

3.4 给料堵料问题解决方案

针对给料堵料问题，可采用如下技术方案进行优化：结合原杆特性设计给料口尺寸，并合理确定给料口播料风和密封风设计；采用特殊给料口配风设计，保证给料均匀，防止堵塞；选择螺旋给料机机械输送方式，减少播料风，利于炉膛内床温床压的调节及燃料的混合燃烧。

3.5 排渣堵渣问题解决方案

针对排渣问题，可采用如下技术方案进行优化：将排渣口位置前移，较重异物直接落入排渣口，同时采用空气炮辅助手段消除异物；采取特殊的布风板渣坑设计，可收集随燃料带入的杂质并排除；利用倾斜式布风板设计及风帽和定向风管技术，并采用滚筒冷渣器，可方便大渣和铁丝等杂物的排出；增加一套在线加料系统，补充循环灰量的不足，稀释碱金属含量，减小结焦倾斜。

3.6 炉膛内壁结垢问题解决方案

某锅炉厂提出采用水力吹灰，降低炉膛内壁结垢，但应合理设计，避免对炉膛燃烧的影响。

3.7 超低排放解决方案

某循环流化床项目采用SCR技术。在催化剂层前，采用大颗粒收集器避免催化剂的堵塞问题；根据数值模拟，设置百叶窗式稳流器有效地防止催化剂的磨蚀问题；适当地增大催化剂表面的流速，减少细颗粒粘附，缓解催化剂失活。通过上述技术手段，实现氮氧化物的超低排放[6]。

对于生物质锅炉，建议首先采用SNCR技术，降低氮氧化物的排放，再通过SCR、COA、PNCR等技术实现氮氧化物超低排放。

目前生物质氮氧化物实现超低排放技术上尚无成熟的工程实践经验，同时目前方案的运行成本很高，对项目经济性影响很大。关于生物质发电项目超低排放，各从业单位应该持续关注，探索最有利的技术方案。同时主管部门应有一定的政策倾斜，保证项目的正常运营。

4 结语

（1）充分利用广蕴的可再生生物质资源用于发展生物质发电，对我国创建资源节约型、环境友好型、生态循环型社会和经济形态大有裨益。生物质直燃发电技术成熟可靠，是我国和各国利用生物质能的主要方式。

(2) 针对生物质直燃发电存在的参数效率、积灰沾污、高低温腐蚀、给料堵料、排渣堵渣、炉膛内壁结垢、实现超低排放等问题，各有关单位提出了技术解决方案。各从业单位应进一步关注相关问题，总结经验教训，在工程中论证解决方案的合理性，并持续研究技术可靠、经济合理的更优解决方案。

(3) 对于采用某些技术方案导致建设投资、运行成本的提高，在优化方案的同时，建议有关部门制定具有可操作性的财税优惠政策，建立各种形式的示范项目，以保证项目的顺利实施。

参考文献

- [1]我国农业生物质能资源评价概要报告[C].生物质能开发利用背景资料.全国生物制能开发利用工作会议.2006.
- [2]《非常规饲料资源的开发与利用》研究组.非常规饲料资源的开发与利用[M].北京：中国农业出版社.1996：14-18.
- [3]黄锦涛，王新雷，徐彤.我国农林生物质发电相关问题研究[J].沈阳工程学院学报（自然科学版），2008，4（1）：7-13.
- [4]黄忠友.试析生物质发电发展现状及前景[J].水利电力，2019（1）：5.
- [5]鄢烈松.如何提高生物质中直燃发电效率的分析[J].科技视界，2015（11）：5-7.
- [6]薛军.130t/h全烧生物质锅炉脱硝技术研究及应用[J].锅炉制造，2017，2（3）：24-26.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/160997.html>