

生物质气化技术与煤粉锅炉耦合利用研究及工程应用

孙向文¹，王君峰²，姜孝国²

(1.哈尔滨锅炉厂有限责任公司，黑龙江哈尔滨150046；2.高效清洁燃煤电站锅炉国家重点实验室(哈尔滨锅炉厂有限责任公司)，黑龙江哈尔滨150046)

摘
要：随着《巴黎协定》的生效，碳排放成为煤电发展的制约因素。特别是2020年大型发电集团单位供电CO₂排放控制在550克/千瓦时以内的目标给发电企业带来巨大的压力。根据目前降低碳排放的技术发展情况，在燃煤机组采取耦合生物质发电技术是最经济有效的实施路线。本文结合目前某容量最大、技术含量最高的燃煤耦合生物质气化发电项目介绍燃煤耦合生物质气化技术工程应用情况。

0引言

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国，电力工业煤炭消耗量占工业部门煤炭消耗总量的一半以上^[1]，燃煤发电量长期占全国总发电量的60%以上，我国以燃煤发电为主的电力生产格局在相当长的时期内难以发生根本改变。

随着《巴黎协定》的生效，碳排放成为煤电发展的制约因素。特别是2020年大型发电集团单位供电CO₂排放控制在550g/Kw·h以内的目标给发电企业带来巨大的压力。目前受到材料等因素的限制提高燃煤机组发电效率的难度越来越大，因此为应对严格的碳排放压力需要采取其他技术路线来降低燃煤碳排放。

CO₂

捕集与封存技术是最直接、有效的降低碳排放的方式，但现阶段该技术还存在投入高成本、运行高能耗的问题，无法大规模应用。另外一种技术路线是利用生物质燃料具有闭式碳循环碳排放为零的特点，在燃煤机组中耦合生物燃料维持同等发电量的情况下降低燃煤消耗，进而减少碳排放^[2]。因此在燃煤机组采取耦合生物质发电技术是目前最经济有效的降低碳排放的实施路线。

生物质的种类很多，植物中最主要的有木材和农作物秸秆等。植物生物质中含硫很少，因此是一种清洁可再生能源。我国拥有巨大的农林废弃物产量，可以为生物质发电提供有力的原料支持，保障电力的充足供应^[3]。燃煤耦合生物质发电技术还可有效破解秸秆在田间直接燃烧造成环境污染及资源浪费难题，因此在我国发展燃煤耦合生物质发电技术具有双重效益。

1燃煤耦合生物质发电技术路线

燃煤耦合生物质发电技术是将生物质利用与燃煤机组相结合，借助于燃煤机组高参数、低排放的特点实现生物质发电的高效利用。目前有生物质气化混燃发电及生物质直接混燃发电两种技术路线。

生物质直接与煤混合燃烧发电是指将生物质燃料应用于燃煤电厂中，和煤一起作为燃料发电^[4]。生物质直接与煤混合燃烧，产生蒸汽，带动蒸汽轮机发电。采用生物质直接混燃发电时，生物质直接参与锅炉燃烧需要克服以下问题：

1)生物质燃料引起的结渣和腐蚀问题。掺烧一定量的生物质，由于生物质的灰熔点较低，燃烧过程中设备容易产生结渣问题。特别是燃用含氯较多的生物质如秸秆和稻草等，当热交换器表面温度超过400℃时，还会产生高温腐蚀^[5]

2)催化剂失活问题。用于控制NO_x排放的烟气净化系统，在燃烧生物质时，生物质中碱金属的存在，容易引起NO_x催化剂老化或失效。

生物质气化耦合发电技术是在燃煤电厂的基础上增加一套生物质气化设备，将生物质燃气直接送入锅炉中燃烧。采用生物气化发电时，是生物质气化后的生物质气参与锅炉燃烧，因此对锅炉的运行影响较小，从锅炉运行可靠性角度生物质气化混燃发电技术更适合与燃煤锅炉进行耦合，特别是在改造现有机组上优势更加明显。

2 生物质气化及燃煤耦合实施方案

生物质气化混合燃烧发电技术需要改造现有燃煤锅炉燃烧器，增加生物质燃气喷口。将生物质燃气净化后通入，与煤进行混烧，产生的蒸汽进入原有汽轮发电机发电。本技术利用了大型燃煤发电厂的高效率，生物质发电效率较高；同时通过进行在线监测燃气流量、热值、燃气温度以及电站锅炉的发电效率，可实现生物质燃气发电部分的单独核算。哈锅以大唐长山热电厂生物质耦合发电技术改造国家级示范项目为依托，设计开发了出力为20MW的燃煤耦合生物质气化发电设备。该项目设计燃料为玉米秸秆。

本工程生物质气化炉选用循环流化床气化炉，根据气化炉运行特点，气化炉正常运行时需要设置：给料系统、气化系统、点火系统、加沙系统、除渣系统、返料系统、除灰系统、换热降温系统、燃气输送系统、燃气燃烧系统、氮气吹扫系统、蒸汽吹扫系统、冷却水系统、压缩空气系统等系统。整体系统的核心设备为生物质气化炉和燃气燃烧器。

3 实施方案的关键技术

3.1 流化床气化炉

本工程生物质气化炉选用循环流化床气化炉，燃料选用玉米秸秆压块燃料，采用正压气化方式。压型燃料被送入炉内，在炉体底部以较大压力通入气化剂，使炉内呈沸腾、鼓泡等不同状态，物料和气化剂充分接触，发生气化反应。气化炉设计有如下特点：气化炉绝热炉膛，钢架支撑、内设耐火浇注料耐磨保温；空气作为气化剂；床下设油点火启动；设置床料加料系统；设一级旋风分离、二级旋风除尘、燃气换热降温等装置；布风板中心一点排渣；气化炉本体、尾部烟道采用分层支撑的固定方式，分离器采用整体支撑的固定方式。

3.2 生物质给料系统

给料系统分上料系统及正压给料系统两部分组成。上料系统流程：秸秆颗粒经过上料斗 螺旋给料机 皮带输送机 除铁器 在线计量系统 气化炉炉前仓。

从炉前料仓到气化炉为正压给料系统，正压给料系统采用两级中间仓进行密封。该设备用来将制备好的燃料及时准确地送入炉内，且送入量与气化炉运行负荷的要求一致。因此，要求该系统输送量应连续可调，调节应灵敏可靠，输送过程中应保证密封。为满足以上要求，正压给料系统设计中需考虑以下因素：系统在一定正压环境下维持密封特性；给料系统的连续运行特性；原料密度小，形状复杂、易碎、流动性差、易搭桥的特性；原料仓下料，中间仓下料，炉前下料问题；如何避免气化炉内热燃气反窜造成高温或二次燃烧的问题；系统运行安全检测及保护措施等。

3.3 燃气降温系统

为了实现燃气系统的输送，需要降低燃气温度，同时为了防止燃气中的焦油析出，燃气冷却温度不能过低，通常在420℃以上。根据气化炉的运行特点及燃气特性，燃气冷却系统需要具有较高的可靠性以及较好的调节性。

冷却器采用导热油 - 凝结水换热器，采用该换热器的原因是导热油换热器可在工质在低压条件下单相换热可靠性高，系统稳定性较好。导热油再与锅炉给水进行换热，由锅炉吸收高温燃气显热。

油 - 气换热器设计特点如下：采用导热油为换热工质；采用光管结构；采用烟道内吊挂方式固定；优化受热面布置导热油入口处于中部区域；采用蒸汽吹灰器。

油 - 水换热器设计特点如下：通过控制循环油量和给水流量，避免烟气温度的低于420℃；油罐内充满氮气，避免了高温导热油与空气接触发生危险；水侧工作压力高于导热油侧压力。

3.4 燃气燃烧系统

在设计燃气燃烧器时充分考虑本项目锅炉的自身特点，实施方案如下：后墙上层煤粉燃烧器以上新增一层燃气燃烧器；新增大风箱配风，调节风箱两侧挡板控制二次风量；单只燃气燃烧器配有风量调节装置，达到均匀配风；燃气分支管均设有阀门，气源可全部或部分切断，满足运行及检修要求。为了达到最好的设计效果，采用数值模拟技术以校核设计方案。

数值模拟表明掺烧生物质燃气后，炉内速度场和温度场分布均匀，炉膛充满度良好，煤粉燃烧比较充分，炉内无明显的火焰尖峰区。总体来看，掺烧生物质燃气后对炉内速度场和温度场影响不大，下炉膛出口温度略有上升。为了准确预估掺烧生物质燃气后对锅炉汽水侧参数和锅炉效率的影响，哈锅对100%BMC R和50%THA两个工况进行了热力计算核算。本次生物耦合改造对原锅炉影响较小。

表 1 锅炉性能计算结果

	BMCR 工况	50% THA
排烟温度	+ 3℃	+ 5℃
锅炉效率	- 0.24%	- 0.43%
烟气量	+ 1.61%	+ 3.52%

4 总结

随着碳排放要求越来越严格，传统燃煤发电设备面临越来越大的压力。生物质气化耦合燃煤发电技术是目前较有竞争力的减少碳排放的技术措施。本文介绍了生物质耦合发电国家示范项目的实施方案及关键设计内容。通过对生物质气化技术与煤粉锅炉耦合利用研究及工程应用，哈锅突破了大型煤粉锅炉生物质耦合发电的工程应用技术，为国内同类机组的改造提供了技术支持及参考经验。

参考文献

- [1] 张晓鲁, 杨仲明, 王建录.《超超临界燃煤发电技术》[M].北京：中国电力出版社，2014.
- [2] 严鑫, 吴明峰.生物质发电及能源综合化利用[J].山西电力，2014.12：52 - 55.
- [3] 蒋大华, 孙康泰, 等.我国生物质发电产业现状及建议[J].可再生能源，2014.04：542 - 546.
- [4] 刘炳池, 陆王琳.大容量煤粉锅炉生物质混燃技术探讨[J].新能源及工艺，2013.02：36 - 41.
- [5] 陈汉平, 李斌, 等.生物质燃烧技术现状与展望[J].工业锅炉，2009.02：1 - 7.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/150830.html>