

生物质锅炉炉渣热量回收系统研究及工程应用

陈伟¹，毕武林¹，李德波²，李定青¹，冯永新²

(1.广东粤电湛江生物质发电有限公司，广东湛江524300；2.广东电网有限责任公司电力科学研究院，广东广州510080)

摘要：因管式冷渣器、风水联合冷渣器和干式除渣设备等传统设备不适用于生物质锅炉的除渣系统，对生物质电厂传统滚筒式冷渣设备进行改良及对冷渣器进渣口进行独特设计，开发了一种可靠的集热、换热、利用热的生物质锅炉炉渣热量回收系统和防卡、堵装置，改进后的炉渣热量回收效果显著，每年节约生物质燃料约3500t，折算到标煤量为2857t，节约燃料成本225.7万元。

随着一次能源储量日益枯竭以及矿物能源的无节制利用引发的环境污染问题日趋严重，以高新技术开发清洁、可再生的新能源以替代煤炭、石油和天然气等不可再生能源，是解决能源危机和环境问题的有效途径。农林废弃物、秸秆和树皮等生物质能源因为具有储量丰富、低污染和可再生等特点，逐渐成为研究和利用的热点。近年来，生物质直燃发电技术在国内得到了快速的发展^[1-6]。

在生物质燃料收集过程和存储时，受条件限制不可避免地造成生物质燃料中含有大量的泥沙及石块、砖块和铁块等大块不可燃杂质（不可燃杂质颗粒尺寸小于或等于150mm，占98%比例）。在运行中为了稳定燃烧，必须排出约5t/h的600~800℃炉渣，排渣热量无法回收，造成极大的热量浪费；多管式水冷冷渣器内部为多个六边形管道（长L=1500mm、直径D=80mm），燃料进入炉内的大块不可燃杂质造成冷渣换热管严重卡涩、堵塞（通道长而小无法清理通畅），锅炉无法正常排渣，出现锅炉主机受限于辅机的情况。锅炉排渣系统冷渣器失去了排渣能力，热渣由人工直排，热量损失、人工拉渣、环境污染、人身安全隐患、人工清洁费用等非常突出的问题直接影响了生物质直燃发电机组安全生产。国内相关学者开展了生物质锅炉底渣余热利用技术研究，取得了一定工程应用效果^[1-6]。

相关研究表明，管式冷渣器、风水联合冷渣器和干式除渣设备等传统设备均不适用于生物质锅炉的除渣系统，由于无适用的冷渣设备，国内已投产的生物质电厂锅炉除渣均采用热渣直排到炉底地面上，经人工淋水冷却后，利用斗车进行人工拉渣。采用人工直排锅炉高温热渣，热量损失大，还极易造成排渣人员的高温烫伤，存在极大的安全隐患。为此，对广东某生物质电厂开展了炉渣热量回收系统的分析与研究，为同类型电厂的炉渣热量利用及其排渣难题提供了重要的技术手段。

1 设备概况

广东某生物质电厂为2×50MW纯烧生物质发电机组，1号、2号HX220-9.8-IV1型锅炉为高温、高压、单汽包、汽水自然循环、平衡通风锅炉，华西能源工业股份有限公司生产，露天布置；锅炉采用循环流化床燃烧技术，设计燃料为桉树皮、叶、根、枝，木材边角料，甘蔗叶、渣，其他的农林废弃物；循环物料分离采用绝热式旋风分离器。锅炉主要参数见表1。

表 1 锅炉主要参数

内容	数值
额定蒸发量/(t·h ⁻¹)	220
额定蒸汽出口压力/ MPa	9.8
额定蒸汽出口温度/℃	540
给水温度/℃	224
一次风预热温度/℃	132
二次风预热温度/℃	175
冷风温度/℃	30
排烟温度/℃	140
燃料热值/(kJ·kg ⁻¹)	13 706
热效率/%	90.67 (按低位发热量)
燃料消耗量/(kg·h ⁻¹)	(额定蒸发量时)约 49 000
燃料的外形颗粒度要求	≤150 mm×80 mm×50 mm
汽包中心线标高/mm	40 500
炉膛外形尺寸/ mm	宽度 14 500 深度(包括平台) 5 500

锅炉采用固定式排渣，设计底渣占总灰量比例的5%，风室底部布置有2根直径为273mm的排渣管及2台多管式水冷渣器（单台冷渣4t/h），冷却水取自凝结水，经冷渣器换热后升压回到凝结水；前墙水冷壁靠布风板的根部布置了2根直径为219mm的紧急人工排渣管^[7-8]。

2炉渣热量回收系统研究

2.1生物质燃料排渣堵塞原因分析

生物质燃料中大量的泥沙及石块、砖块和铁块等大块不可燃杂质进入炉膛被加热至600~800℃，在布风板排渣动力下排至冷渣器；多管式水冷渣器内部为六边形管道，容易造成大块杂物严重卡涩、堵塞，从而失去排渣能力，运行中需要人工进行热渣直排。生物质燃料在收储运过程中携带部分大颗粒不可燃杂质（石头、铁块等），在燃料预处理过程中无法根除，大颗粒不可燃杂质随燃料输送系统进入锅炉，最终造成排渣堵卡。

2.2 技术改造措施

目前国内已投产生物质电厂锅炉除渣均采用热渣人工直排，热量损失大，还极易造成排渣人员高温烫伤，安全隐患大。为此，本文从锅炉炉渣热量回收系统、冷渣器设计、防堵装置设计、热量回收系统设计、自动控制系统设计等5个方面进行了相关探讨，提出整改措施。

2.2.1 生物质锅炉炉渣热量回收系统

提出采用一种可靠的集热、换热、利用热的生物质锅炉炉渣热量回收系统进行防卡、堵，具体装置如图1所示。

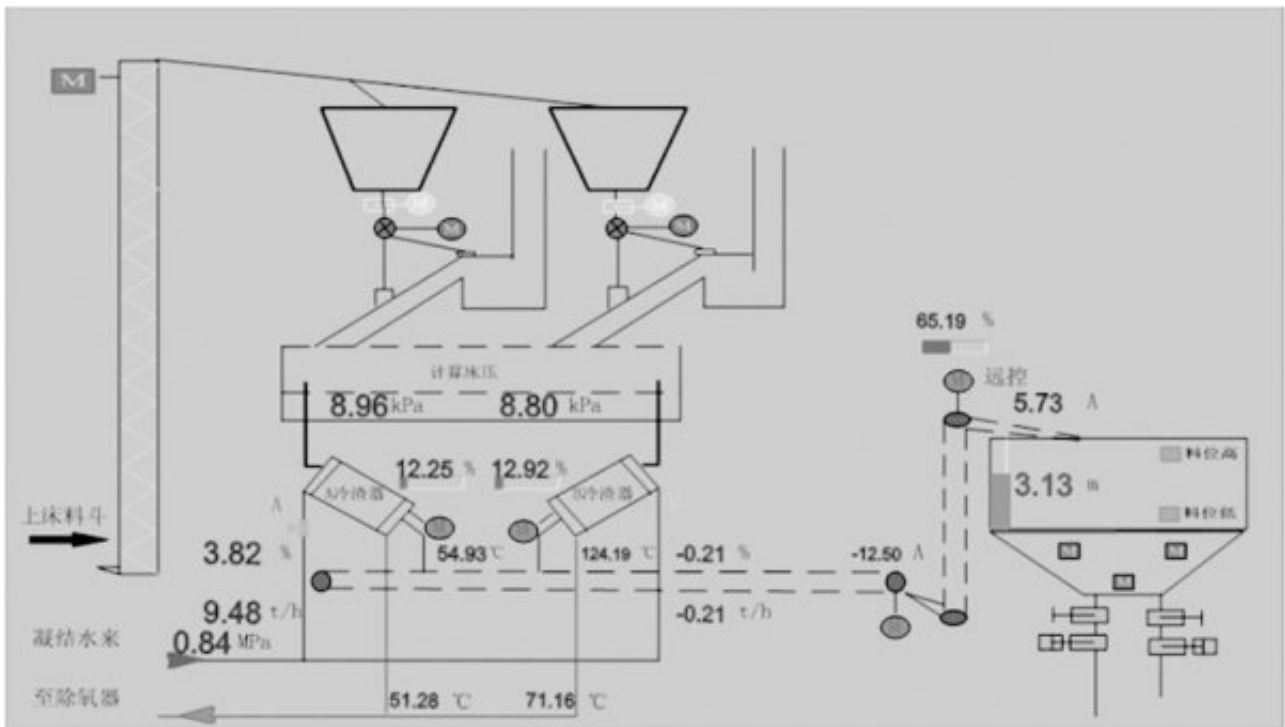


图 1 生物质炉渣热量回收系统

热量回收系统具体功能如下：

- 集热设备采用一种内部空间大冷渣器，不堵塞，能可靠、稳定地长期使炉渣通过冷渣器，不用外排渣而损失热量；
- 换热设备为一种高效换热冷渣器，主要功能是热量交换；
- 利用废渣的热量来加热凝结水并送至热力系统的除氧器；
- 小于或等于150mm（约占98%）的颗粒能通过防卡、堵装置，前置过滤装置能过滤拦截大于150mm的大块杂质、大片状铁板、长条状铁棒；
- 全自动控制系统可自动调节出渣量及冷却水出水温度；
- 扬尘引入锅炉省煤器，系统密封。

2.2.2 冷渣器的设计

滚筒式冷渣器的滚筒直径为1.65m，内部空间大，大块渣块、石块及其他不可燃杂质进入冷渣器后，不会造成冷渣器内部堵塞。冷渣器进渣管采用特殊结构设计，如图2所示，可避免由于大块石块在冷渣器进渣管造成卡涩，最大允许入料粒度可达150mm。由于生物质燃料收集过程中不可避免夹杂少量石块及其他不可燃杂质，滚筒冷渣器可彻底解

决由于大块石块及不可燃杂质造成冷渣器堵塞无法排渣的问题，满足锅炉正常排渣的需求。



图 2 冷渣器进口管防堵装置

受电厂锅炉0m空间位置限制，采用了膜式水冷滚筒冷渣器，其内部为分仓结构设计，大大减小了冷渣器体积，保证了足够的安装空间的同时，增大了换热面积，在减小冷渣器体积及确保冷渣器出力的同时，可保证排渣温度在80左右^[9-10]。

冷渣器增加负压风吸尘管，负压风管连接在锅炉空气预热器与省煤器之间，使冷渣器内部形成微负压，确保内部粉尘不外扬。

电厂锅炉排渣量约为4t/h，为满足锅炉正常排渣的要求，改造后的滚筒冷渣器设计出力为6t/h，每台锅炉配2台冷渣器，确保在一台冷渣器发生故障时，另外一台冷渣器依然可以满足锅炉排渣的正常需求。

开发了一种布风板排渣防堵装置，如图3所示，解决布风板排渣口堵塞、锅炉无法排渣、主机安全运行受限于辅机的问题。

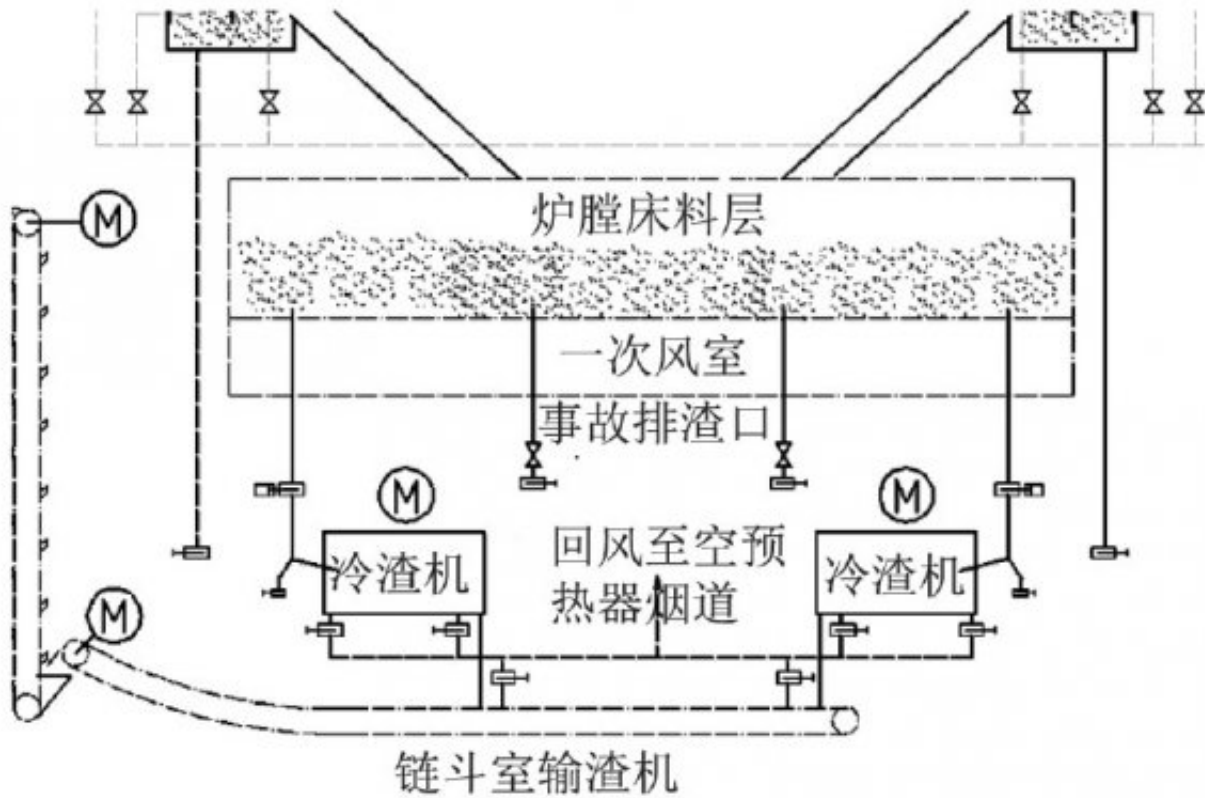


图 3 布风板排渣防堵装置

2.2.3冷渣器进、出口增加事故排渣旁路

为保证冷渣器故障时锅炉正常排渣的需求，在冷渣器进渣管上增加事故排渣旁路，当冷渣器发生故障时，由事故排渣管排放热渣。为了保证冷渣器下游输渣设备故障时不影响锅炉正常排渣，在冷渣器出口增设事故排渣旁路，当下游设备故障时，可由冷渣器出口事故排渣旁路排冷渣。

2.2.4热量回收系统设计

热量回收系统如图4所示。

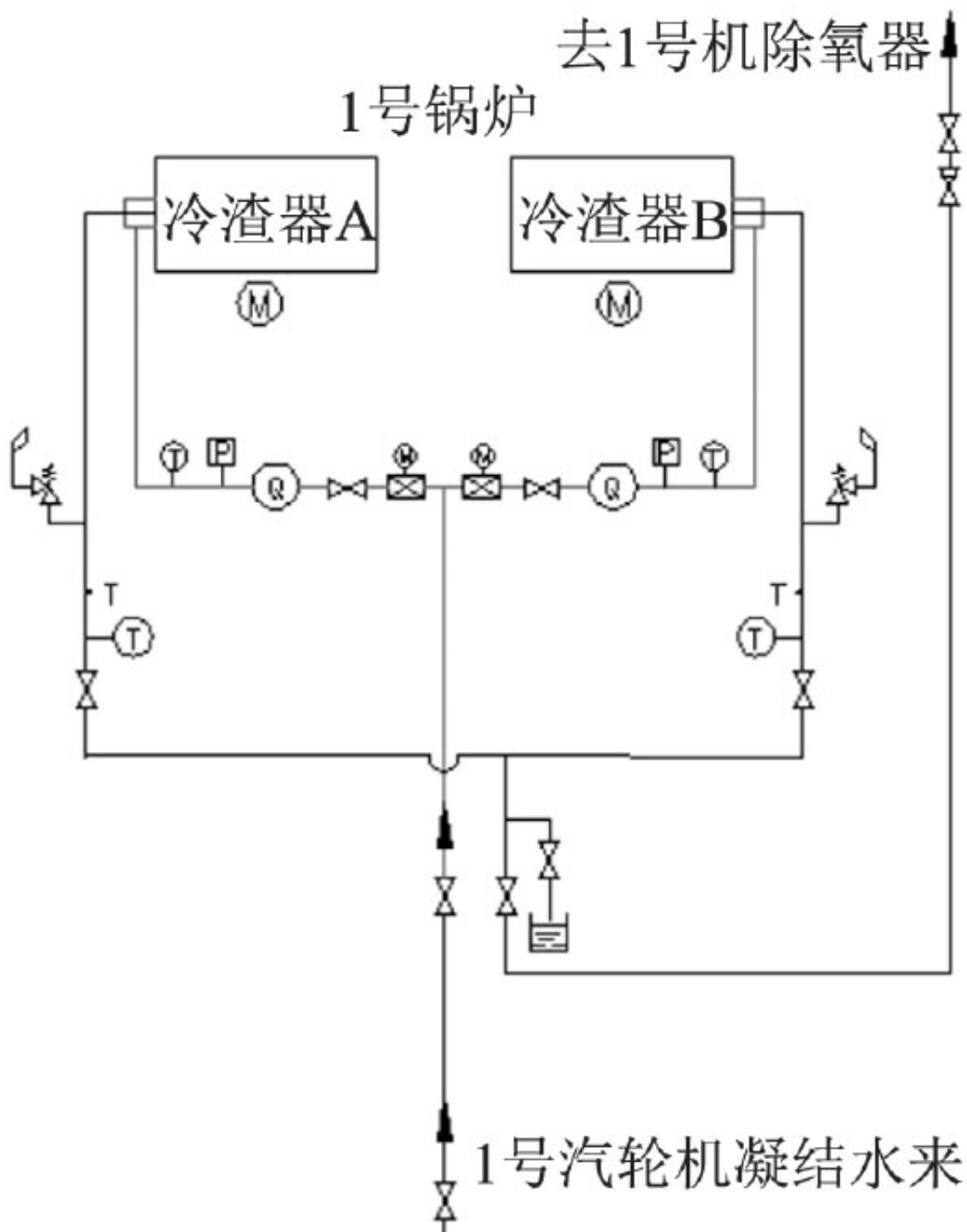


图 4 热量回收系统

热量回收系统设计成将炉渣热量重新回收至热量系统，提高了能源利用效率。重新设计热量回收路径：凝结水（除盐水）经换热升温后直接回收到热力系统（除氧器）。

2.2.5 自动控制系统的设计

水温、渣量自动调节控制系统的开发，实现了系统冷却水温度与渣量的自动协调，提高了自动化水平；排渣系统设计远方控制，根据进渣量、出渣温度、回收水温全自动调节，保证回收水温达到80℃，降低发电成本。

2.2.5.1冷渣器的联锁保护

联锁保护未投入运行的情况下，可手动启、停操作冷渣器。冷渣器（A或B）允许启动条件：冷渣器母管水压正常大于0.5MPa（正常工作水压范围为0.6~0.8MPa）；冷渣器冷却水流量正常大于3t/h；链斗输送机已启动；斗式提升机已启动。冷渣器（A或B）跳闸的条件（只要有1个条件成立）：链斗输送机跳闸；斗式提升机跳闸；冷渣器启动后20s判断冷却水流量异常（小于2t/h）；冷渣器回水温度大于90℃。

2.2.5.2冷渣器排渣门的控制

联锁保护未投入运行的情况下，可手动启、停操作冷渣器排渣门。联锁投入情况下，冷渣器排渣门打开的允许条件是对应冷渣器在运行；冷渣器排渣门联锁关闭的条件是对应冷渣器停止，延时20s关闭。

2.2.5.3链斗输送机的控制

联锁保护未投入运行的情况下，可手动启、停操作链斗输送机。联锁投入情况下，跳闸条件是斗式提升机跳闸或链斗输送机自身保护动作（发故障信号）；启动条件是斗式提升机在运行。

2.2.5.4斗式提升机的控制

斗式提升机的跳闸条件是斗式提升机断链。

3工程应用效果分析

本文对生物质锅炉炉渣热量回收热力系统进行了研究，通过对传统滚筒式冷渣设备进行改良及对冷渣器进渣口进行独特设计，开发应用了可通过大块杂质的膜式壁滚筒冷渣器，技术独特，全自动运行。经过近5年的运行，技术条件满足了锅炉全负荷范围内排渣需求，100%回收排渣的热量到热力系统（向除氧器提供约10t/h温度大于80℃的热水），取得了很好的应用效果，节约标煤量2857t，按标煤单价0.079万元/t计算，可节约燃料成本225.7万元。显然，炉渣热量回收效果显著，每年节约生物质燃料约3500t。锅炉炉渣热量回收系统的应用大大提高了机组运行的安全性、经济性，解决了生物质直燃发电的排渣热损失及排渣的难题。

4结论

本文针对生物质锅炉炉渣热量回收进行了研究，提出了一种新的热量回收系统，主要结论如下：

- a) 采用凝结水作为冷渣器的冷却介质，在冷却高温炉渣的同时将热量回收至热力系统；
- b) 膜式滚筒冷渣器内部采用分仓结构设计，内设导流肋片，冷却受热面采用膜式壁设计，最大限度的减小了冷渣器体积、增加了换热面积，显著提高了换热效果；
- c) 生物质锅炉整个炉渣热量回收系统根据进渣量和出渣温度，实现了冷却水自动调节；
- d) 在冷渣器进渣管采用特殊结构设计，避免由于大块石块在冷渣器进渣管造成卡涩，可实现最大允许入料粒度达150mm。

生物质锅炉炉渣热量回收系统的应用，对于其他生物质电厂具有很好的借鉴意义，具有十分重要的工程应用价值。

参考文献：

- [1]陈永亮.480t/hCFB锅炉冷渣系统改造研究[J].发电技术，2015（8）：49-50.
- [2]苏银皎，苏铁熊，李永茂，等.CFB机组底渣余热回收方案的分析比较[J].热能动力工程，2016，31（1）：76-80.
- [3]方顺利，蒙毅，杨忠灿，等.乌拉盖褐煤半焦燃烧特性试验研究[J].热力发电，2017（1）：56-61.
- [4]李德波，徐齐胜，岑可法.大型电站锅炉数值模拟技术工程应用进展与展望[J].广东电力，2013，26（11）：54-61.

3.

[5]肖志前, 宋杰, 宋景慧. 生物质锅炉混煤掺烧对锅炉经济性及稳定性的影响[J]. 广东电力, 2015, 28(7): 10-16.

[6]李莉, 宋景慧, 李方勇, 等. 桉树类生物质燃烧飞灰可燃物含量分析方法研究[J]. 广东电力, 2015, 35(2): 160-165.

[7]费芳芳, 毕武林. 生物质直燃发电锅炉NO_x排放特性与调整试验[J]. 广东电力, 2015, 28(8): 15-18.

[8]王波, 王夕晨, 袁益超, 等. 高炉炉渣余热回收技术的研究进展[J]. 热能动力工程, 2014, 29(2): 113-120.

[9]沈亚洲, 付忠广, 石黎, 等. 当量比对干式低排放燃烧室燃烧及NO_x生成影响的数值研究[J]. 热力发电, 2017(7): 46-53.

[10]许华, 张华伦, 王仕能, 等. 干、湿式除渣系统对锅炉效率影响的研究[J]. 中国电力, 2013, 46(6): 1-4.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/159957.html>