

130t/h燃生物质超高压再热CFB锅炉设计

张瑞¹, 王博录¹, 焦培训², 林洪涛²

(1.济南锅炉集团有限公司, 济南250023; 2.山东琦泉集团有限公司, 济南250000)

摘要: 对一台燃生物质燃料的130t/h高温超高压带中间一次再热的CFB锅炉的设计及运行进行了分析, 实现了生物质CFB燃烧技术在小容量、高参数发电机组上的运用, 该技术在节能、减排、增效方面具有明显优势。

生物质发电是生物质能源规模化利用的重要方式之一。规模化的生物质燃烧发电技术是利用生物质作为锅炉的原料产生蒸汽, 用蒸汽驱动汽轮发电机发电。近几年国家出于节能减排、提高资源利用率的考虑, 号召开发生物质能源的再生利用技术。国内外也有众多研究机构和锅炉制造厂家对燃生物质的锅炉进行了深入的研究, 相继开发出了水冷振动炉排、联合炉排等类型的较大机组, 但受制于炉排炉的热效率较低、污染物排放难以达标、锅炉高参数难以发展等多方面因素的影响, 燃生物质的炉排炉大型化高参数均受到限制, 因此燃用生物质燃料的CFB锅炉便应运而生。

由于生物质燃料的多样性与成分复杂性, 生物质锅炉极易出现高温积灰、高低温腐蚀等影响锅炉安全稳定运行的现象, 且锅炉经常出现非正常性停机现象, 因此为保证锅炉安全, 锅炉运行参数也比较低, 从而造成电厂整体效率低下。

从整个机组的热经济性角度分析, 要提高一次能源(生物质燃料)的转换效率, 对热效率相同的锅炉投入的燃料量与产生的焓值成正比, 但从对蒸汽动力装置(如汽轮机)的循环热效率研究表明, 在蒸汽动力装置排汽压力不变时, 提高做功蒸汽的初参数(压力、温度)对节能降耗有着重要意义。采用超高压机组比高压机组少耗燃料, 汽轮机多发电, 企业效益显著。笔者对燃料为生物质的130t/h超高压再热CFB锅炉进行设计, 分析其结构布置及运行情况。

1设计燃料的特性

设计燃料为混合生物质(树皮+木片+黄杆), 其燃料分析见表1。

表 1 混合燃料元素分析

项目	数值
$w(C_{ar})/\%$	25.95
$w(H_{ar})/\%$	3.16
$w(O_{ar})/\%$	24.3
$w(N_{ar})/\%$	0.53
$w(S_{ar})/\%$	0.14
$w(A_{ar})/\%$	5.77
$w(W_{ar})/\%$	40
$w(V_{daf})/\%$	84.3
$Q_{net,ar}/(kJ \cdot kg^{-1})$	8 548

生物质燃料与煤比较有以下特性：氯及碱金属含量高、挥发分含量高、水分含量高、固定碳含量低、灰分含量低、热值低、硫含量低。所以锅炉的设计必须根据燃料特性进行。设计要充分考虑炉膛结焦、锅炉磨损、受热面高温腐蚀、锅炉实时清灰等因素，同时要达到燃烧高效与有害烟气低排放的最佳统一。

2主要技术参数

锅炉主要技术参数见表2。

表 2 锅炉主要技术参数

项目	数值
额定过热蒸发量/(t·h ⁻¹)	130
额定过热蒸汽压力/MPa	13.7
额定过热蒸汽温度/℃	540
额定再热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	101
额定再热蒸汽进口温度/℃	540
额定再热蒸汽进口压力/MPa	2.52
额定再热蒸汽出口温度/℃	331
额定再热蒸汽出口压力/MPa	2.36
额定给水温度/℃	245

3主要部件结构布置

设计以混合生物质燃料为主燃料，设计过程中充分考虑了生物质燃料的独有特点，对过热器及再热器系统、锅炉灰循环系统、锅炉实时在线清灰系统、低氮燃烧等关键环节进行设计。

3.1锅炉的布置

对燃生物质燃料的锅炉而言，对尾部受热面积灰的及时清除尤为重要。传统CFB锅炉尾部受热面烟气流程短，各级受热面都布置在一个竖井烟道内，只在锅炉最下端留有一个放灰斗。但由于生物质燃料的灰具有黏结性，不松散，上一级受热面上被吹灰器吹落的灰往往散落在下一级受热面上，时间长了积灰搭桥聚集，造成烟气阻力大增甚至必须停炉清灰。设计采用全新理念将锅炉由传统三跨布置改为四跨布置，尾部对流受热面低温再热器、低温过热器、省煤器、空气预热器占用两跨空间，将烟气流程拉长，在每一级对流受热面下都设计灰斗，蒸汽吹灰器吹落的灰能及时得到清除，避免了下一级受热面的二次积灰，保证锅炉的长期、高效、安全运行(见图1)。

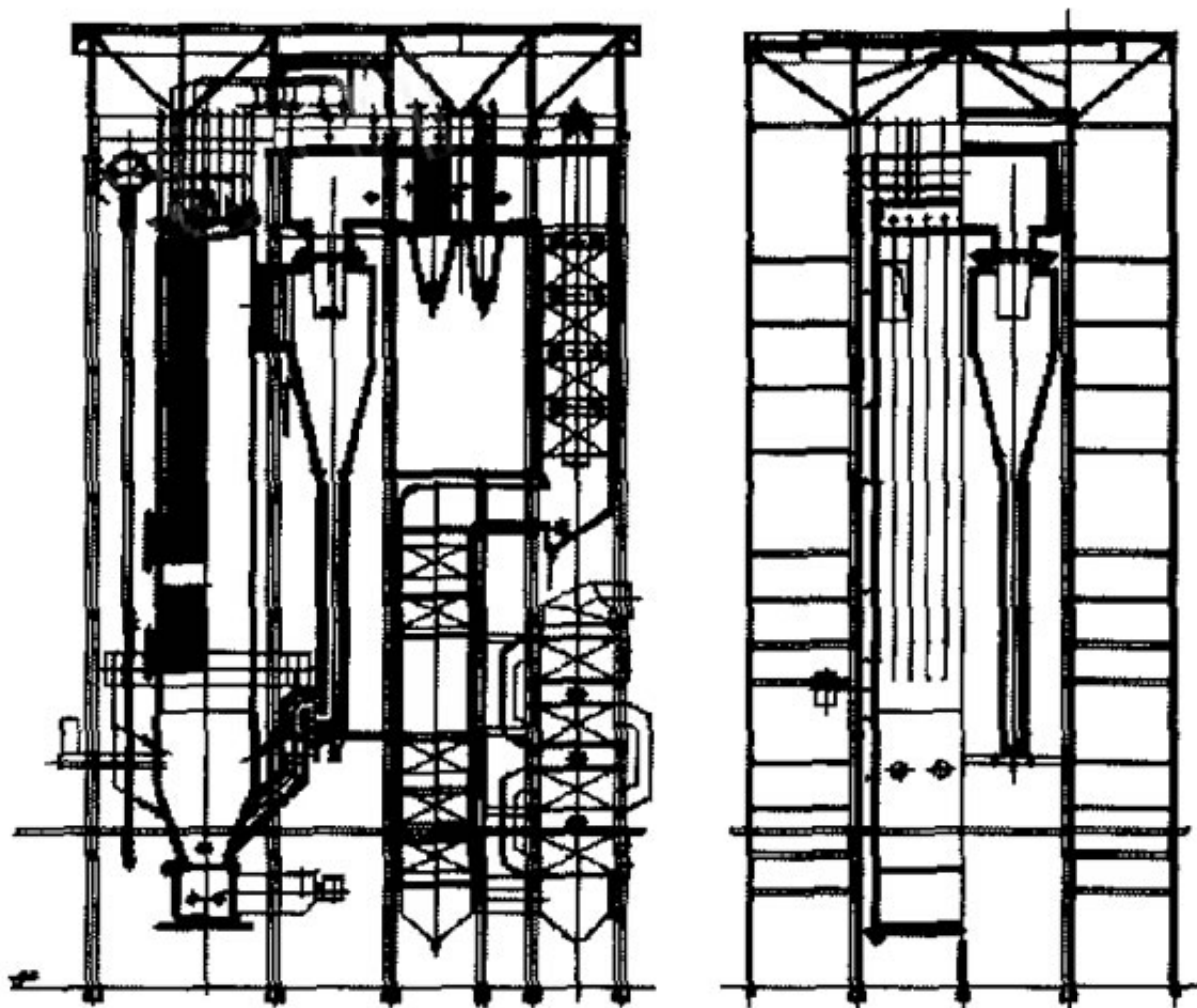


图 1 130 t/h 超高压再热 CFB 锅炉结构外形图

3.2 过热器与再热器系统

高参数级别的CFB锅炉各吸热部件的比例分配与低参数级别的锅炉相差很大(见表3)。因此，高参数的CFB锅炉在确定合理的炉膛截面情况下，炉内须布置大量的高温屏，依此将蒸发吸热减少的部分用过热或再热的形式来吸收。

表 3 不同参数锅炉各受热面吸热分配比

项目	高温超高压带中间一次再热	高温超高压(不带再热)	高温高压	次高温次高压	中温中压
压力/MPa	13.7/2.52	13.7	9.8	5.29	3.82
温度/℃	540	540	540	485	450
蒸发热量/总吸热量	0.37	0.40	0.49	0.57	0.62
过热热量/总吸热量	0.31	0.33	0.30	0.22	0.20
再热热量/总吸热量	0.15				
加热热量/总吸热量	0.17	0.27	0.21	0.21	0.18

同时，燃生物质燃料所带来的高温腐蚀问题也是设计过程中应该重点考虑的。研究表明，燃生物质燃料受热面腐蚀速率与壁面的沾污和壁温有直接关系(见图2)。

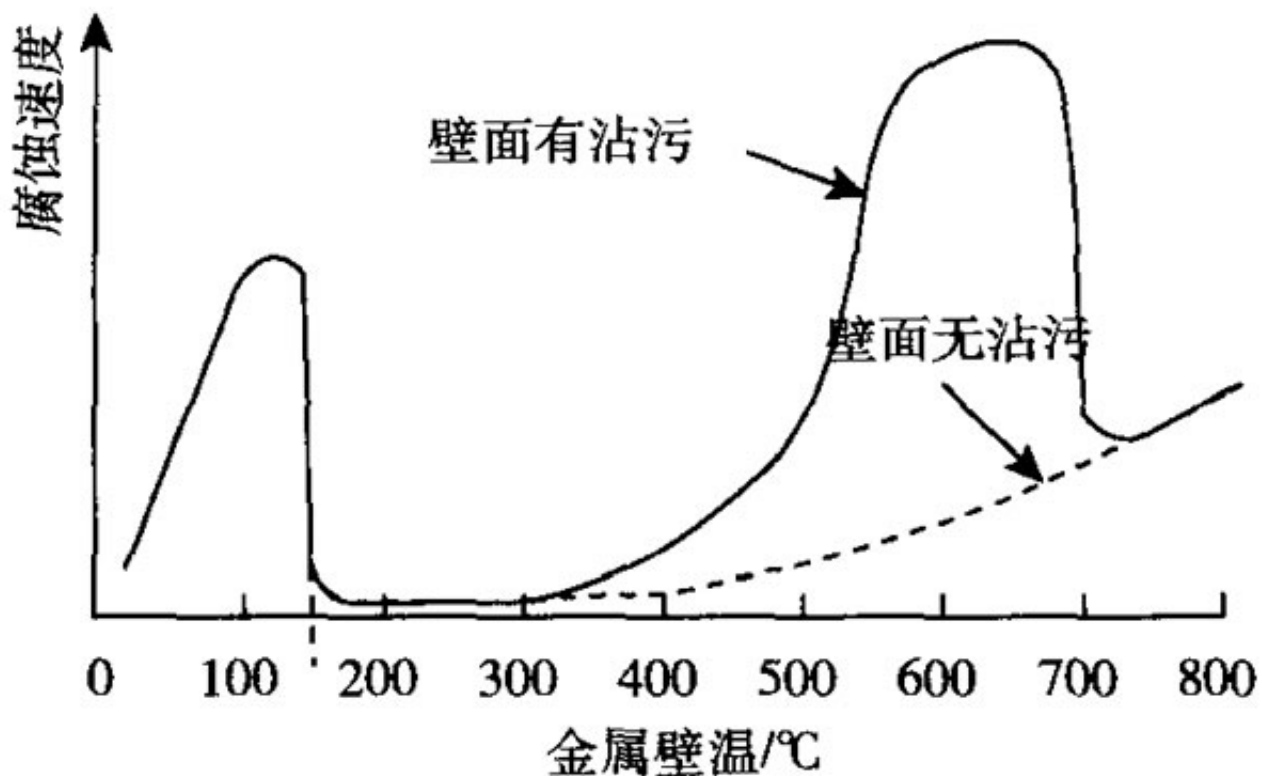


图 2 腐蚀速度与管壁温度关系图

因此，将过热系统和再热系统的低温段布置在尾部烟道内，通过对流传热来完成；高温段以屏的形式布置在炉膛内，一方面吸收炉膛辐射热，另一方面利用CFB锅炉炉内高浓度的循环灰对高温屏的冲刷来减低高温腐蚀的发生。同时，高温段采用了耐腐蚀的奥氏体不锈钢TP347H材料。

3.3锅炉循环系统

对CFB锅炉而言，炉膛→分离器→返料器→炉膛所构成的循环系统尤为重要。循环系统的好坏直接影响锅炉的床温、床压调节，锅炉负荷及 NO_x 排放。考虑到燃料灰分含量较低，为保证足够的循环灰量，优化了分离器结构，入口段烟气加速，中心筒偏置，具有较高的分离效率。同时考虑由于生物质含有较多的碱金属杂质，造成灰熔点降低，往往会带来分离器结焦风险，因此，采用了汽冷膜式分离器的结构形式。

3.4低氮燃烧设计

为达到日益严格的环保要求，设计中采用了最新的低氮燃烧设计思路，从给料位置、一二次风配比、二次风位置、分离器效率等与低氮燃烧相关的各方面入手，确保燃烧区的还原氛围，最大限度降低 NO_x 的生成，同时为确保锅炉效率不因低氮燃烧而降低，在分离器出口布置补燃风系统，降低烟气中CO的含量，确保低氮燃烧与热效率高度统一。

4经济效益

2016年10月，机组投运后，各项参数与设计参数相符，厂用电率低至8左右，发电原杆单耗降至 $1.1\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，全厂热效率初步估计在38%左右，在未上任何脱硫脱硝设施的情况下， SO_2 排放质量浓度低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ， NO_x 排放质量浓度低于 $80\text{mg}/\text{m}^3$

，CO排放质量浓度低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，锅炉能够实时在线清灰，连续运行时间大大延长，极大提高了电厂的经济效益。

5结语

通过分析，可得出以下结论：

(1)在130t/h级别的CFB锅炉上采用超高压带一次中间再热的技术是完全可行的，实现了CFB高参数小容量的技术突破。

(2)通过合理布置受热面并注重解决生物质特殊燃料给燃烧带来的一系列问题，该锅炉实现了锅炉的连续长周期运行和烟气中有害物质的低排放。

(3)实现了高效、节能、环保三者的统一，具有较高的经济、社会与环保效益，可显著降低实际生产运行成本，为进一步提高中小发电机组效率提供了有效的技术途径。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/136311.html>