煤粉锅炉过热器积灰结焦问题处理及分析

胡晓晴
（江苏四方锅炉有限公司 江苏 徐州 221000）

摘要：燃煤锅炉在设计前都需要充分分析煤质特性，而锅炉运行时，如温控不当，过热器区域的高温烟气达到煤质软化温度，飞灰软化黏连，会造成过热器大面积结焦，严重的甚至会造成过热器过热爆管等事故发生。本文主要是针对煤粉锅炉运行结焦的问题处理及分析，以期对防止锅炉烟气侧超温结焦等类似情况的发生起到借鉴作用。

关键词：煤粉锅炉；过热器；煤灰软化温度；结焦

0 引言

锅炉的分类有很多种，其中按燃烧方式可分为火床燃烧锅炉、火室燃烧锅炉、流化床燃烧锅炉和旋风燃烧锅炉。煤炭高效清洁利用可划分为三个发展方向，煤炭洗选、煤炭转化与煤炭清洁燃烧。煤粉锅炉是火室燃烧锅炉的一种。现代煤粉锅炉正式利用煤炭清洁燃烧技术。在煤粉锅炉中，煤粉是在一次风的携带下以 100μm 风粉混合物的形式通过燃烧器喷入炉膛，煤粉在炉膛内呈悬浮状态燃烧。所以煤粉锅炉被广泛地应用在热电联产领域。

1 锅炉结构介绍

本锅炉是为新疆某电厂配套园区新增两台 260t/h 高温高压燃煤启动、备用、调峰锅炉，燃用沙尔湖煤质设计，采用较低的炉膛断面热负荷及炉膛容积热负荷。燃烧器设计采用浓淡分离技术以及一次风喷口相对分散布置，以保证燃料着火的稳定性和燃尽。该锅炉采用现有锅炉的成熟系统，是在传统煤粉锅炉结构基础上进行新设计的优化炉型。

本锅炉为高温高压自然循环锅炉，π 型布置，全钢锅炉构架，双排柱布置。前烟道为燃烧室，后烟道布置

表 煤质分析资料

检测项目	符号	单位	设计煤质	校核煤质 1	校核煤质 2
全水分	Mt	%	23.8	14.7	5.5
空气干燥基水分	Mad	%	17.12	10.95	5.47
收到基灰分	Aar	%	12.00	18.10	12.58
干燥无灰基挥发分	Vdaf	%	41.07	39.60	38.32
收到基碳	Car	%	48.84	51.02	65.50
收到基氢	Har	%	2.63	3.29	3.92
收到基氮	Nar	%	0.26	0.34	0.44
收到基氧	Oar	%	12.24	11.75	10.72
全硫	St,ar	%	0.23	0.80	1.34
收到基高位发热量	Qgr,v,ar	MJ/kg	18.07	21.82	25.88
收到基低位发热量	Qnet,v,ar	MJ/kg	16.98	18.90	24.95
哈氏可磨指数	HGI	/	102	79	53
煤灰熔融特征温度 / 软化温度	ST	×103℃	1.06	1.11	1.23
煤灰熔融特征温度 / 半球温度	HT	×103℃	1.065	1.12	1.24
煤灰熔融特征温度 / 流动温度	FT	×103℃	1.08	1.13	1.25
煤中氯	Clar	%	0.139	0.113	0.132
煤中汞	Hgar	μg/g	0.074	0.119	0.095
煤中游离二氧化硅	SiO2(F)	%	1.32	1.44	1.50
煤的冲刷磨损指数	Ke	/	0.4	1.6	2.0

对流受热面，回转式空气预热器布置于炉后烟道，布置在后烟井之后，设置独立钢架支撑。受热面采用吊和搁相结合的方式，即除预热器和出渣设备是搁置外，其余所有受压的部组件均为悬吊式，通过吊杆吊挂在炉顶大板梁上。

为了解决锅炉脱硝工艺带来的 SCR 反应器之后受热面腐蚀和堵塞问题，每台锅炉设置 1 台回转式空气预热器，每台空气预热器烟气侧设有水冲洗装置。空气预热器低温段传热元件喷涂搪瓷，防止受热面腐蚀。当发生受热面堵塞时，可停运锅炉，对预热器受热面进行水冲洗，将堵塞物清除。

2　燃料情况

本工程设计煤质采用沙尔湖煤质，校核煤质 1 采用沙尔湖和长草东的混煤，混煤比例为 5 ：5，校核煤质 2 采用长草东煤质。煤质分析资料如表所示。

入炉煤需控制 $Na_2O+K_2O \leqslant 1.5\%$，煤中氯＜ 0.2%，如入炉煤超过此指标买方将通过试烧试验后确定最佳掺烧比例。

3　三种燃料的设计工况

三种不同煤质对应锅炉的启炉运行工况不同，具体详见图 1 ～图 3。

4　现场情况分析

现场反映 2# 炉停炉后发现高温过热器严重积灰并已经连接成片。由于 B 磨煤在进行检修，所以锅炉是投用 ACD 磨在运行。

高温过热器积灰的主要原因是锅炉在低负荷时由于吹灰器未能及时达到使用状态引起的。还有一种可能，如果是结焦，引起结焦的主要原因应该是烟气在到达高温过热器时温度超过了灰的软化温度，锅炉在初期设计就考虑了此处的温度，使烟气在到达高温过热器时低于软化温度。

运行画面中高过后的两个测点现场实际为高过前的测点，即现在结焦或积灰严重的位置。提供资料燃料灰的变形温度为 1050℃左右，可以看出现场运行 ABD 磨时高过之前测得的温度为 957℃，运行 ABC 磨时高过之前测得的温度为约 761℃，在此温度下高过不具备大量结焦的条件。在近期，由于 B 磨的检修，现场投用 ACD 磨运行锅炉，此后几天内就出现了引风机出力不足的情况，可以认为是由于此处结焦或积灰严重引起的。

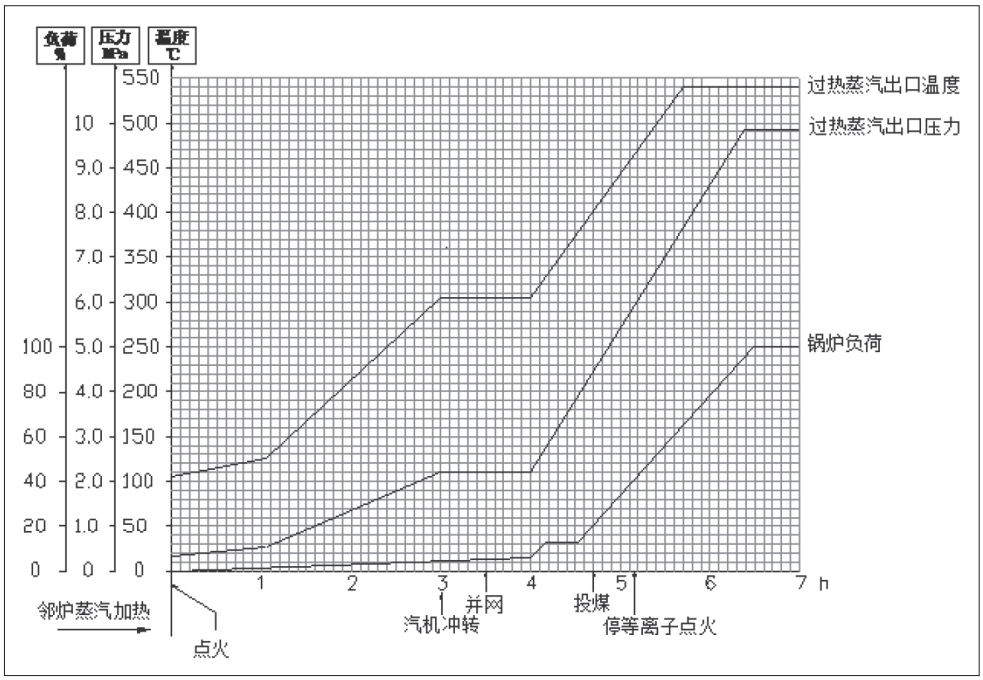

图 1　设计煤种运行工况模拟图

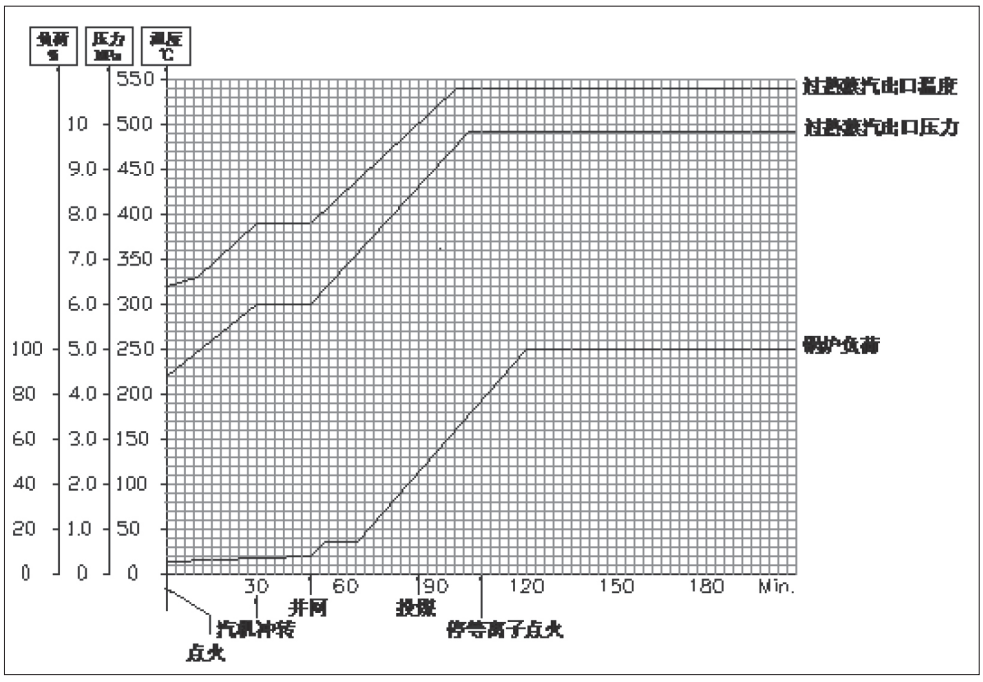

图 2　校核煤质 1 运行工况模拟图

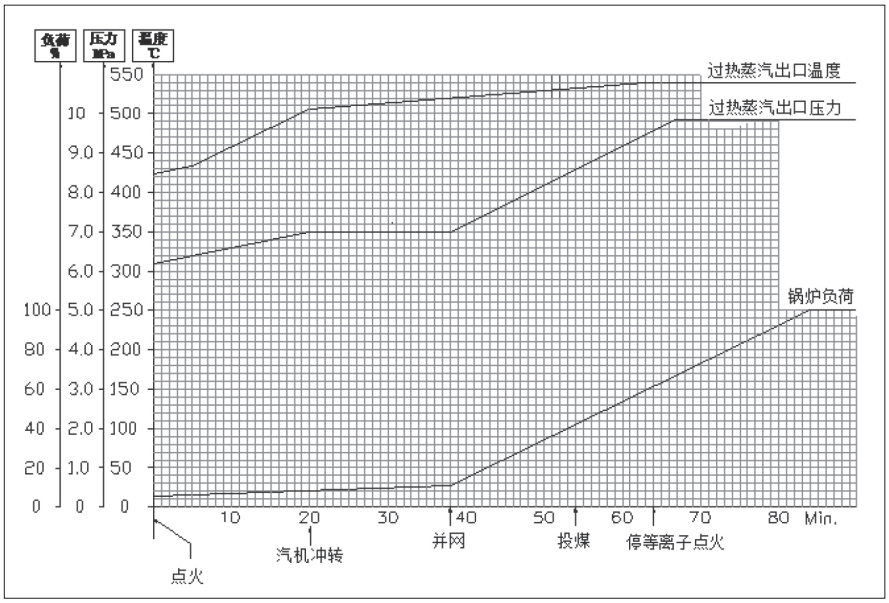

图 3 校核煤质 2 运行工况模拟图

锅炉在设计确定 ABC 磨 3 磨运行，如果 1 台故障，提出低负荷运行的方式，后期用户在 C 磨的上方新增了一层 D 磨，目的是减少锅炉的燃烧热负荷，但是未按锅炉设计及校核煤种进行配煤燃烧。

5 问题分析和解决

5.1 控制高温过热器结焦

（1）设置温度报警。结焦的首要条件为烟气温度，在高温过热器前的温度测点通过设置报警温度，使冲刷高温过热器的烟气中的灰达不到软化温度可以有效地避免结焦。同时此处的温度也是其他锅炉运行调整的重要依据。运行时无论在何种情况下都要将此处温度控制在 900 ～ 960℃以下（设计时的满负荷条件），以便防止结焦，保证在炉膛宽度方向烟气温度均不超过 1050℃。

（2）较高负荷时配风优先考虑结焦问题。根据现场燃料成分，燃料的燃烧应尽量在主燃烧区域完成，要保证主燃烧区域的氧气充足，在现场调试时已多次指出这点。倒三角的配风方式不适合现场燃料。现场出现引风机出力不足时现场的配风仍然为“两边大中间小”的模式。大量的燃尽风使大量的燃料在炉膛顶部才能进行燃烧，甚至在炉膛外燃烧导致炉膛出口温度的升高，产生结焦现象。

现场的配风应在投用的一次风附近既把足够的燃料送入炉膛，保证燃料能在第一时间燃烧，又能同时保证整个炉膛的氧气量充足。现场的一次风量仍未达到设计值。

（3）限制最高负荷防止结焦。就目前而言，锅炉在运行 ABC 磨时，炉膛出口的烟气温度相对较低，这种工况最适合加 SOFA 风，以满足排放需要。

在运行 ABD 磨或 ACD 磨时，炉膛出口的烟气温度开始提高，尤其时运行 ACD 磨时，如果此时炉膛出口温度场已经高至灰软化温度，已经不适合满负荷运行，也不适合投运 SOFA 风，可以适当关闭燃尽风（SOFA）层，此时不能同时考虑排放和负荷的需要。而更多地是要看炉膛出口的温度是否达到烟气软化温度。

因此，在非 ABC 磨运行的工况时完全可能出现无法运行到额定负荷的情况，此时应限制锅炉的负荷而不是强行提升负荷。同时在低负荷情况下可以投运 D 磨以提高炉膛出口温度。

5.2 加强吹灰器吹灰防止积灰结焦

锅炉启动时积灰结焦情况并不严重，但如果锅炉处于低负荷状态或者锅炉在高负荷状态下不吹灰，很有可能导致管子与管子之间的积灰或者结焦的搭桥，引起换热变差，导致后面受热面的烟气温度上升，如果不加强吹灰，会造成大量的结焦，因此及时地吹灰可以减少积灰和严重结焦的问题。

5.3 通过调节火焰来调节燃烧温度

燃烧器可向上向下倾角摆动 15° 调节火焰，从而调节燃烧温度。

5.4 更换水冷壁及过热器管

根据强度计算，锅炉额定压力运行时，水冷壁管弯管内弧的计算厚度为 4.293mm，高温过热器弯管的最小需要厚度为 4.293mm。为保证安全运行，现场根据实测的水冷壁管厚度更换水冷壁及过热器管。

6 结语

每台锅炉在运行初期都有一个调整和摸索的过程，为满足锅炉长期运行的需要，在锅炉运行初期可以进行不同工况的运行调试，如果出现极端不正常现象需要降负荷运行，检查锅炉发生问题的情况对比设计运行条件。煤粉锅炉运行需要按照设计工况进行，以免出现锅炉的结焦等运行事故。

参考文献：

[1] 韩殿营，李耀荣，董俊生．工业锅炉及锅炉房设计指导手册 [M]．天津：天津科学技术出版社，2010.
[2] 岑可法，周昊，池作和．大型电站锅炉安全及优化运行技术 [M]．北京：中国电力出版社，2002.

作者简介：胡晓晴（1985.12-），女，汉族，江苏徐州人，本科（工学学士），工程师，研究方向：工业锅炉、电站锅炉。