

CFB锅炉节能减排措施及优化燃烧调整和矸石掺烧最佳比例以及各类事故处理分析

苗锐

国投大同能源有限责任公司电厂锅炉主任工程师
中电联及CFB协作网专家委员会成员



- 循环流化床锅炉是目前我国最广的洁净煤燃烧技术之一，但是在实际生产中仍存在不少问题，困扰着循环流化床机组长周期安全经济运行。
- 本文作者根据在山西朔州 $2 \times 50\text{MW}$ 煤矸石电厂以及吕梁中钰热电 $2 \times 135\text{MW}$ 和国投大同电厂 $2 \times 135\text{MW}$ 上取得的实际经验，从循环流化床锅炉的燃烧调整与运行调整方面进行了较为深入的比较和研究，在循环流化床锅炉启动运行、优化燃烧调整及煤矸石掺烧比例等方面提出了许多实用性的方法和措施。



关键词

循环流化床锅炉 运行调整 优化措施 煤矸石掺烧



目录

一

选题背景

二

锅炉简介

三

投产后运行情况

四

优化燃烧调整手段及措施

五

关于#1炉运行中经常性塌灰的分析及预防措施

六

流化床锅炉最佳矸石掺烧量分析



一 选题背景

- 任何一家发电企业最终追求的是企业利润的最大化，同时还要满足国家日益提高的环保要求，如何使得机组既能安全经济长周期运行又能达到环保的要求，就是每个电厂从事流化床锅炉运行值得研究的课题。



二、锅炉简介

- 国投大同能源有限责任公司电厂2×480t/h锅炉是采用哈尔滨锅炉厂有限责任公司设计制造的HG-480/13.7L.MG31型循环流化床锅炉，采用单汽包、自然循环、高温超高压一次中间再热、高温绝热旋风分离器、单炉膛平衡通风、前墙给料、固态冷却排渣。配两台国产135MW高温超高压直接空冷凝式汽轮发电机组。



三、投产后运行情况

- 国投大同电厂2×135MW机组于2010年10月份投产，从运行三年综合情况看，由于煤价偏高负荷偏低，机组整体效率不高，机组投产以来存在发、供电煤耗、厂用电率偏高，#1炉还存在塌灰等诸多问题。



四、优化燃烧调整手段及措施

- 1、优化煤粒粒径级配措施

- 循环流床锅炉的床料内循环及外循环方式增加了灰粒（煤粒）在炉内停留时间，有利于煤粒燃尽，参与内循环的床料直径约为0.3~1mm，而参与外循环的床料直径约在0.09~0.3mm，它们均能在炉内停留足够时间而燃尽。在上述范围以外的粗粒子，只能在密相区翻腾，时间过长（10~30min），它会石墨化，反应活性下降而“失活”；而 $d < 0.09\text{mm}$ 的细粒子大部分以飞灰形式一次经过分离器而离开锅炉，由于停留时间短，飞灰含碳量也会高。因此，必须根据该煤质的成灰特性，调整入炉煤的粒度级配，尽量减少粒径偏大或偏小的床料，其中，控制入炉煤中 $d < 0.2\text{mm}$ 粒子的份额对降低飞灰含碳量尤为重要。

四、优化燃烧调整手段及措施

- 输煤专业加大对细碎机的设备管理，提高细碎机效率，增加煤粒取样化验次数，对煤的粒度提出了更高的要求：
- （1）入炉煤粒度为0-7mm；
- （2）中位粒径 $d_{50}=0.6\text{mm}$ （ $d_{50}=0.6\text{mm}$ 代表的意义是煤的粒度以0.6mm为分界各占50%）；
- （3）煤的粒度小于 $200\ \mu\text{m}$ 的不大于25%。
- 通过这些措施合理调整且优化了煤的粒度级配，减少煤粒中大过小的成份，使煤在炉内的燃尽程度有了较大提高，有效降低了飞灰可燃物和底渣含碳量，大大提高了循环流化床锅炉的燃烧经济性。



四、优化燃烧调整手段及措施

- 2、降低风机电耗
- 对于典型的循环流化床锅炉，为适应其燃烧方式的特殊性，在炉膛底部布置了高阻力的布风板，并辅有较厚的床料，这就需要风机有足够的压头将燃烧风送入炉膛内燃烧，一次风机电耗较高；另外，炉内循环物料量大、浓度高，旋风分离器的存在也增加了烟气的流动阻力，因而引风机的全压也较高，引风机的电耗也较高。



四、优化燃烧调整手段及措施

- 因此，循环流化床锅炉的风机电耗相对较高，为降低风机电耗宜采取以下措施：
- 1、采用四项有效的循环流化床锅炉燃烧措施即：低床压、低氧量、高炉膛压力、优化煤粒粒径级配措施，提高锅炉燃烧效率的同时也降低了风机电耗。
- 2、低负荷时采用单风机运行：因循环流化床机组的调峰能力强，经常在较低负荷下运行（50%），一、二次风机、引风机的风机容量裕度大，因此低负荷时积极探索单风机运行方式，合理分配风量，优化风机出力，也直接降低了风机电耗。在最低负荷时二次风机为单风机运行方式。



四、优化燃烧调整手段及措施

- 3、降低飞灰可燃物
- 飞灰可燃物是循环流化床锅炉主要性能指标之一，降低飞灰可燃物的措施有以下几点：
- （1）采用“三低两高”的优化燃烧措施即：低流化风量、低床压、低氧量、高炉膛压力、高蒸汽参数，提高锅炉燃烧效率的同时也降低了飞灰可燃物。



四、优化燃烧调整手段及措施

- (2) 提高炉膛温度：循环流化床锅炉的飞灰中，粒径 $d=40\sim 50\ \mu\text{m}$ 的灰粒含碳量最高， $d>70\ \mu\text{m}$ 灰粒的飞灰含碳量则比较低。 $d=40\sim 50\ \mu\text{m}$ 的灰粒多为分离器分离不下来而一次通过分离器的灰粒，与煤粉炉中的灰粒直径为一个数量级，其含碳量与炉膛温度有很大关系，在确保 SO_2 及 NO_x 排放指标合理的前提下，适当提高床温是降低飞灰含碳量的有效措施，将控制床温由 840°C 提高到 890°C 。



四、优化燃烧调整手段及措施

- (3) 解决循环流化床锅炉炉膛中心缺氧问题：循环流化床锅炉的燃烧是分级燃烧，密相区氧量的供给主要是靠一次风，一次风不能满足燃烧用风量，因此在密相区处于还原性气氛中；在稀相区，二次风的补充使其处于氧化性气氛，但稀相区的气固两相流在横向的混合比较差，因此周围的氧气很难扩散到欠氧区以帮助燃烧，造成欠氧区在狭长通道内向上延伸，不利于不完全燃烧产物的燃尽，炉内缺氧区高。为使缺氧区顶部下降，前述四项有效的燃烧措施的采用均可改善炉内扰动条件，使炉内传热、传质过程得到强化，大大改善炉内缺氧区的分布，提高了锅炉燃烧热效率，延长了物料在炉内的停留时间，并改善物料燃烧环境，使物料在密相区得以较充分的燃烧，提高了密相区燃烧份额，稀相区的不完全燃烧成份降低，飞灰可燃物得到明显的降低。

四、优化燃烧调整手段及措施

- 4、煤质的控制：
- 煤粒：煤粒度过大，煤粒表面易石墨化，造成煤粒不能破碎与燃尽，大量大颗粒床料积攒，床料粒度增大，为保证床料的流化必增加一次风量，造成燃烧上移；煤粒度过小，大量细颗粒来不及燃烧就被流化风吹起，在稀相区燃烧造成稀相区燃烧份额增加。因此煤粒度即不能过大也不能过小。



四、优化燃烧调整手段及措施

- 挥发份：煤中挥发份的含量直接影响挥发份在燃烧室中不同区域的燃烧放热量，由于挥发份的热值较高，因而对燃烧份额分布的影响较大。对于高挥发份的易燃煤种来说，其在炉膛上部释放的热量较多，炉膛上部的燃烧份额比较大，需要较高比例的二次风来补充燃料燃尽所需的氧量。在实际运行表现：锅炉下层床温偏低，运行调整中适当降低一次风量来提高床温，提高二次风率以保证燃烧稳定；对于低挥发份的难燃煤种来说，其热量较多地释放在炉膛下部，炉膛下部的燃烧份额比较大，因此需要较高比例的一次风率来提供一定的氧气并将释放出来的热量带到炉膛上部。在实际运行表现：锅炉下层床温偏高，运行调整中适当提高一次风率来降低床温，降低二次风率以保证燃烧稳定。



四、优化燃烧调整手段及措施

我电厂因煤质变化较大，不同煤质的燃烧特性差别大，煤的粒度及煤中挥发份、灰份含量对炉内燃烧工况影响很大，因此在运行中及时了解煤质变化情况，并根据不同煤质及时调整运行方式，保持炉内最佳燃烧工况也是降低飞灰含碳量的有效措施（见表5）。



四、优化燃烧调整手段及措施

表5 飞灰可燃物分析对比表

序号	项目	单位	采取措施前		采取措施后
1	床温	°C	840	890	
2	一次风量 (110MW)		Nm3/h	245000 (110MW)	165000
3	二次风量 (110MW)		Nm3/h	108700 (110MW)	185000
4	过量空气系数			1.4	1.2
5	粒径级配 超7		mm	≥7的份额有时占18%	D50=0.6,严控不
6	氧量	%	4-6	2.8-3.2	
7	床压	Pa	10-11	8-9	
8	炉膛压力	Pa		0--100	+100-+200
9	飞灰含碳量	%		6-7	3-4
10	底渣含碳量	%		1-2	0.5-0.85



四、优化燃烧调整手段及措施

- 5、减少循环流化床锅炉的非计划停炉次数
- 投产初期，由于风量配比差异，煤粒径不符合要求、除渣系统运行不稳等不利因素，引起的被迫停炉次数较多。
- 针对排渣困难采取的技术措施有：
 - 1、排渣方式为勤排少排，增加排渣次数，降低排渣温度；
 - 2、改善煤质，燃烧低灰份燃料，降低冷渣器负荷；
- 流化床锅炉磨损一直是制约机组长周期运行的一大顽疾，为此我们做了以下工作，并取得了双机连续运行过220天的长周期安全运行记录。



防止受热面磨损采取的措施有：

- （1）加装了十一道防磨梁，每次停炉对受热面进行全面检查，重点磨损部位受热面进行喷涂。
- （2）采用“三低两高”有效的优化燃烧措施，合理组织炉内燃烧工况，降低风速运行，减轻了磨损；
- （3）控制炉内屏式二级过热器、高温再热器壁温，防超温引起的蠕变；
- （4）通过运行调整控制运行参数不超规定，如床温、汽温、汽压等。
- 总之，通过采取以上积极措施，去年全年无非停，双机连续运行时间最长达210天。。



四 优化燃烧调整手段及措施

- 6、降低循环流化床锅炉点火耗油量
- 在锅炉冷态启动过程中，我们采用底部加热的办法缩短整个启动的时间，并在启动过程中只启动一台高流风机，暂时不启动二次风机，在达到投煤温度前再启动二次风机的办法，在严格按照升温升压曲线的同时，减少冷灰进入密相区造成床温升温缓慢，并适当控制油压的办法，这样冷态启动使用的燃油大幅下降。



四 优化燃烧调整手段及措施

- 下面是具体举措：
 - （1）点火前的准备：点火前炉内加入的初始床料粒度由试运初的0~7mm降为0~3mm，厚度由试运初的750mm降为600mm，点火初期采用较细的床料可增强炉内床料加热的均匀性和燃油热量的热利用率，较少的床料可减少加热床料所必需的热量。
 - （2）保证点火期间油枪的可靠性：点火过程中每只油枪均能可靠投用且燃烧雾化良好，保证炉内热源的均匀性。
 - （3）合理投用床上油枪：因炉膛前墙布置二级过热器和高温再热器，为尽快提升汽温达汽机冲转条件，投用床上油枪时先投用两只靠近前墙的油枪，可缩短油枪投用时间，同时尽可能的投用两只床上油枪完成点火启动过程，减少其他两只床上油枪的点火风量，减少床上油枪的用油量。



四 优化燃烧调整手段及措施

- (4) 投煤操作：床温达投煤条件后，及早投用给煤机且严格按规程要求脉动给煤，保证床温稳步上升，避免出现床温大幅波动。
- (5) 降低流化风量和投煤温度：最低流化风量由试运初的129520 Nm³/h降为90000 Nm³/h，投煤温度由试运初的560℃降为450℃。
- (6) 加强运行调整，减少点火期间不必要的风量，二次风保持最低风量运行，以减少风量带走的热量损失。
- (7) 及早停油：每次点火总结经验，在保证床温稳步上升的前提下，及时停止油枪运行，缩短油枪投用时间，停油时的下部床温由试运初的800℃降为760℃。



四 优化燃烧调整手段及措施

- 通过以上措施和多次点火的经验总结，点火耗油量有了明显降低，从试运初期的30t/次降到了18t/次，有效降低了点火耗油量，其对比见表6。

- 表6 点火耗油量对比表

• 序号	项目	单位	采取措施前	采取措施后
• 1	初始床料厚度	mm	750	600
• 2	初始床料粒度	mm	0-7	0-3
• 3	流化风量	Nm ³ /h	129520	100000
• 4	投煤时床温	°C	560	520
• 5	停用油枪时床温	°C	800	750
• 6	点火耗油量	T/次	20	12



四 优化燃烧调整手段及措施

- 7、点火油枪试验：每月点火油枪试验改为先单独试验油枪推进装置是否到位，打火是否可靠，然后拆下油枪对油枪头和雾化片进行清理，最后做油枪雾化试验，这样可以达到最直观的检查油枪雾化效果，同时又大幅度的降低了油枪试验用油，油枪试验用油由2t降低到了0.2t。



四 优化燃烧调整手段及措施

- 8、床温降低和甩负荷后的操作：运行中出现床温大幅降低时，摒弃原来直径投入油枪的方法，采取加大一次风量增加床层厚度，置换床料的办法提升床温。并根据煤种不稳定且颗粒度偏大有时还带有部分石头的具体情况，采取前夜班在大负荷段置换床料，其他时间段降低一次风量的措施，有效的保证了床温的稳定。因其他原因引起的机组跳闸甩负荷后，原来通常保持床温的方法是投入床下或者床上油枪，现在通过长期对锅炉运行人员的技术培训，遇到以上故障时，首先将给煤量减少至20t，一次风量降低至140000Nm³/h，二次风量降低至刚好满足给煤机密封风的要求，尽量延缓床温的下降速度，待故障消除后迅速增加给煤量和一次风量，并在负荷稳定后加大一次风量至240000Nm³/h达到床料再流化的目的，防止出现流化不良导致结焦的危险。



四 优化燃烧调整手段及措施

- 9、通过燃油竞赛：各值员工节油的积极性有了很大提高。在机组启动等环节中专工把关、锅炉员工认真调整，适时的更换雾化片和控制油门开度，极大的降低了点火油量。
- 通过以上举措使我厂全年燃油用量明显减少。截止到12月31日，我厂燃油总用量为174.28吨，较全年燃油使用计划455吨节省了280.72吨。按照8300元/吨计算，全年节省燃油开支
 $280.72 \times 8300 = 232.9976$ 万元。



五、关于#1炉运行中经常性塌灰的分析及预防措施

- #1炉运行中经常出现塌灰，即一次风量和水冷风室压力经常出现反向波动，一次风量减小水冷风室压力增加，必须频繁的根据床压变化进行冷渣器的及时调整，才能稳定运行，下面是原因分析：



五、关于#1炉运行中经常性塌灰的分析及预防措施

- 现象1、#1炉负荷113MW时一次风机出口风压分别为14.19KPa、14.27KPa，空预器出口一次风压力分别为10.2KPa、10.1KPa，停炉后检查预热器没有堵塞现象，水冷风室也没有堵塞或者异常情况。
- #2炉负荷113MW时一次风机出口风压分别为13.1KPa、12.87KPa，空预器出口一次风压力分别为11.2KPa、11.1KPa，



五、关于#1炉运行中经常性塌灰的分析及预防措施

- 现象2、下面是#1、2炉冷态布风板阻力试验数据
- #1炉一次风量 (Nm³/h) 48 55 93 144 161
192
- #1炉水冷风室压力 (KPa) 0.9 1.07 1.2 1.8 2.2
2.9
- #2炉一次风量 (Nm³/h) 42 60 90 146 165
192
- #2炉水冷风室压力 (KPa) 0.25 0.5 0.66 1.14 1.35
1.79



五、关于#1炉运行中经常性塌灰的分析及预防措施

- 现象3、#、1、2#机组同时运行时，在使用同样的煤质、同样的石灰石粉的情况下，1#炉的石灰石粉用量几乎是2#炉的2倍，两台炉同时运行时，不论从石灰石粉用量还是烟气排放so₂含量上，#1炉均比#2炉差许多。



冷态布风板阻力试验结论：

- #1炉布风板阻力大，造成#1炉一次风速高于#2炉一次风速，由于较高的一次风速把部分石灰石粉携带至炉膛稀相区，没有和入炉煤进行充分的混合发生化学反应，另外有部分石灰石粉被旋风分离器捕捉随烟气排走，这就是1#炉的石灰石粉用量几乎是2#炉的2倍的原因，那么在炉膛稀相区聚集的石灰石粉和较细的入炉煤粒在自身重力大于一、二次风的推举力后产生集中的下落，形成塌灰。
- 另外由于较高的一次风速也是造成#1、2#机组同时运行时，在使用同样的煤质、同样负荷的情况下，1#炉的床温始终低于2#炉的原因。
- 实际运行显示#1炉的调节性好于#2炉，即加减负荷#1炉更快些，这也佐证了#1炉一次风速高，造成烟气流速快易于调节的特点。



塌灰的预防措施：

- 运行中根据负荷大小保持流化风量在14.5-18.5万Nm³之间，水冷风室压力维持在8.5-10.5KPa。
- 增加负荷时，先增加风量后增加给煤量，反之，降负荷时，先减少给煤量，后减小风量，以维持尾部烟气中的含氧量不变。
- 锅炉升负荷，在增加燃料量和风量的同时，应减小冷渣器转速，或通过石灰石系统增加石灰石量，以此来提高床层高度。
- 锅炉降负荷时，在减小燃料量和风量的同时，利用排渣系统排除炉内大颗粒床料（#2、3冷渣器转速大于#1、4冷渣器），以降低床层高度，这样，在床温波动较小的范围内，可平稳的增减负荷，保证锅炉稳定运行。



预防措施：

- 要求锅炉负荷在较小范围变化时，也可仅增减燃料量和二次风量，保持正常运行的床压，通过床温的变化达到增减负荷的目的，但由于床温受多方面因素的制约，变化幅度有限。
- 一、二次风的调整原则是：一次风调整流化、床温及料层差压；二次风控制总风量及氧量。
- 运行中应密切监视炉内流化工况、燃烧情况、返料情况，发现异常及时采取措施予以消除。
- 每班上煤时到皮带就地查看入炉煤粒度情况，以便调整燃烧。



六、流化床锅炉最佳矸石掺烧量分析

- 在循环流化床(CFB)锅炉运行中合理地掺烧一定量的煤矸石,可以有效地利用煤矸石资源发电,降低发电成本,具有良好的社会效益和可观的经济效益。通过我们国投电厂三年多的实际运行工况看效果还是不错的。



六、流化床锅炉最佳矸石掺烧量分析

- 流化床锅炉最为重要的指标是入炉煤粒度，也就是说一切调整手段离不开合适的粒度，我们的炉型适合0~7mm的粒度，其中3-6mm给煤粒度占到40%左右，入炉热值只要控制在2700~3100大卡即可满足日常负荷的携带需要。



六、流化床锅炉最佳矸石掺烧量分析

- 循环流化床的特点是煤种适应性强，燃烧效率高，但对一台给定的锅炉来说，要使其能够经济运行，只有燃用与锅炉设计相适应的煤种才能有较高的燃烧效率。燃用挥发分较高和煤种较松软的煤种，燃煤锅炉内挥发分析出较快，煤粒易变成多孔的松散结构，使周围的氧分子向内部迅速补充，燃烧产物迅速向外扩散，从而提高燃烧速率和燃烧效率。燃用挥发分较低、结构较密实的煤种（如无烟煤、矸石）煤受热分解后不易变成松散结构，内部挥发分不易析出，周围的氧分子就难以向粒子内部扩散，燃烧速率较低。因此燃烧不同煤种有不同的调整方法，当燃用挥发分高、热值高、结构松软的优质煤时，易出现床温升高，超温现象比较严重，运行调整只能提高床压和一次风量，同时减小二次风量，才能得到较高的燃烧效率，但是流化床锅炉的磨损和一次风量是有直接关系的，基本上磨损是一次风量的3次方的关系，因此为了保证机组长周期安全经济运行必须选择较为适当的一次风量，通过我们三年来的运行摸索，总结出较为适应目前机组的运行方式即：三低两高：低一次风量、低氧量、低床压、高参数、高炉膛压力（微正压）。

六、流化床锅炉最佳矽石掺烧量分析

- 那么在日常运行中矽石的掺烧量如何控制，是我们研究和实验的课题：



理论分析:

- 煤矸石是一种劣质燃料，含碳量少，发热量低、且较坚硬，一般发热量约在700-2800大卡，灰分含量高一般为60-90%，灰分中主要成分为氧化硅和氧化铝，有的矸石含硫高，由于这些特点掺烧率过高时，灰量增加明显，会带来锅炉燃烧、传热、燃料破碎、排渣和炉内磨损等方面的系列问题，如飞灰含碳量增高，含灰量大的矸石，底部排渣不畅，易发生除渣系统堵塞和床内结焦，同时含硫量高要增加Ca/S比，使石灰石系统容量增大，因脱硫剂增加使锅炉灰量进一步增加。



理论分析：

- 因掺烧矸石及入炉煤量的增加，这就要求燃料保证最佳的破碎系统、保证良好的筛分出力，这样才能保证合格的入炉煤粒度，以防止入炉煤里粒度过大而使床内流化恶化、排渣口堵渣造成的故障。



理论分析：

- 由于掺烧矸石必然造成入炉总灰量增加，排底渣量相应增加，这就要求除渣系统正常可靠的工作。



实践验证：

- 2004年我在朔州煤矸石电厂50MW机组上做过半年的掺烧试验，矸石来源两个：安太堡煤矿800-1000大卡矸石，安家岭煤矿1400-1600大卡矸石，拉一车只要10元，基本等于白给，两台50MW流化床锅炉也是哈锅的，设备形式和我们的差不多，因此入炉煤热值都选择在2800-3200大卡，我们采取了几种掺烧方式：
- 800-1000大卡的掺烧



实践验证：

- 方式一：，
- 热值 大卡 矸石掺烧量30%
- 矸石 1000左右 燃烧效率基本达到锅炉厂家的要求，平均床温达到900℃，给煤机、输渣机尚有余量，可以满足负荷携带
- 混煤 4000左右
- 平均 3000左右
- 矸石 1000左右 矸石掺烧量50% 入炉热值3000大卡左右



实践验证：

- 方式一：，
- 热值 大卡 矸石掺烧量30%
- 矸石 1000左右 燃烧效率基本达到锅炉厂家的要求，平均床温达到900℃，给煤机、输渣机尚有余量，可以满足负荷携带
- 混煤 4000左右
- 平均 3000左右
- 矸石 1000左右 矸石掺烧量50% 入炉热值3000大卡左右



实践验证:

- 原煤 5000左右 燃烧效率也达到锅炉厂家的要求, 平均床温达到 900°C , 给煤机、输渣机出力增加, 一次风量增加, 磨损有所增加, 原煤价格偏高, 可以满足负荷携带
- 矸石 1000左右 矸石掺烧量70% 入炉热值2340大卡
- 原煤 5000左右 燃烧效率明显降低, 平均床温大幅降低至 830°C , 给煤机、输渣机、除灰系统满出力运行, 床压大幅升高最高至18KPa, 为了保证流化良好大幅增加一次风量, 磨损急剧增加, 冷渣器频繁故障, 无法满足正常负荷携带



实践验证:

- 方式二:
- 热值 大卡 矸石掺烧量30%
- 矸石 1500左右 燃烧效率基本达到锅炉厂家的要求, 平均床温达到900℃, 给煤机、输渣机尚有余量, 可以满足负荷携带
- 混煤 3500左右
- 平均 2800左右
- 矸石 1500左右 矸石掺烧量50% 入炉热值2750大卡
- 原煤 4000左右 燃烧效率也达到锅炉厂家的要求, 平均床温达到900℃, 给煤机、输渣机出力增加, 一次风量增加, 磨损有所增加, 原煤价格偏高, 可以满足负荷携带
- 矸石 1500左右 矸石掺烧量70% 入炉热值2660大卡
- 原煤 5000左右 燃烧效率明显降低, 平均床温明显降低, 给煤机、输渣机、除灰系统接近满出力运行, 原煤价格偏高, 冷渣器频繁故障, 影响部分负荷



实践得出以下结论：

- 我们知道煤进入炉膛后，首先是挥发分的析出，然后就是爆裂后固定碳的燃烧过程，如果1000大卡左右的矸石掺烧的话即使煤种的热值较高，掺混后可以达到3000大卡左右的热值，但是矸石这一过程较煤慢得多，由于一半的矸石进入炉膛，运行工况就会恶化，先后不同燃烧过程就会造成燃烧工况的恶化，具体表现在床温偏低，而且由于矸石较煤的质量重、硬度大需要更多的一次风量进行流化，这样就会加大受热面的磨损。
- 以1000大卡左右热值的矸石来说，最大掺烧量不能超过50%，掺烧30%不论经济性和安全性以及对受热面的磨损都是较为适宜的，以1200-1500大卡的矸石最佳掺烧额度是30%，这样的话可以和3500大卡的混煤掺烧，3500大卡的混煤价格相对便宜。



根据理论和实践以及国投矸石情况，综合经济性、稳定性及对锅炉的磨损，我们可以得出这样的结论：

- 2013年8月27日煤场矸石采样数据：
 - 热值：2897 灰份：52.5% 含硫量：0.47
- 2013年8月28日煤场矸石采样数据：
 - 热值：2601 灰份：54.8% 含硫量：0.29
- 2013年8月30日煤场矸石采样数据：
 - 热值：2030 灰份：56% 含硫量：0.28便宜。



根据理论和实践以及国投矸石情况，综合经济性、稳定性及对锅炉的磨损，我们可以得出这样的结论：

- 1000大卡热值作为一个临界点，热值在此之下的掺烧弊大于利，之上的有利用价值，热值在1500大卡以上的利用价值较高，800大卡以下的矸石慎用，800-1400大卡的以掺烧30%为宜，1500-2000大卡的掺烧量40-50%为宜，2000-2800大卡的掺烧量70%为宜，2800大卡的只要粒度保证了可以全部直接燃烧。



新机组设计上、调试中存在的问题探讨

- 问题1就是新机组投产时点火风量的运用和浇注料的保护问题，我接触的都是哈锅的机组，在初次启动期间会遇到点火风道浇注料脱落的问题，究其原因大致有两点：第一浇注料作为流化床锅炉最为重要的组成部分，低温烘炉后在和吹管前有个温度衔接的问题，雾化片只能采用400kg或者更小的，这样才能和低温烘炉段达到衔接，而这个问题有时会被忽略，吹管时直接上700kg的，这样点火风道筒壁温度很难按照升温曲线进行控制；其次是点火风道因冷却风量不足造成的局部过热、筒壁浇注料脱落问题，造成冷却风量不足的原因是因为主一次风开度偏大造成的点火风量和冷却风量减少，以上双重原因叠加造成点火风道浇注料严重脱落，重新返工进行可塑料的回补，误工误事，希望有新机组投产的考虑一下这个问题。

- 第二个问题是给煤方式问题，哈锅的机组给煤方式分为两种，一种为前墙皮带称重给煤机给煤，一种为后墙返料腿给煤，其中后墙返料腿给煤的原理是为了通过返料灰提前预热一下给煤，实际应用中不是非常理想，因为返料灰温度基本上达到 800°C 以上，而给煤温度只有十几度，如此大的温差造成煤粒在返料腿上大量的粘接，而且呈渐进性粘接，返料腿流通面积逐渐缩小，最终导致下煤不畅甚至堵塞，我们在吕梁中钰热电上大受其苦，运行一周就因返料腿堵塞被迫停炉，最后我们请来哈锅厂家和设计院的同志一起研究，最终我们提出在返料腿下部开9个孔通上二次风进行疏通，最终解决了这一难题。
- 另外我不清楚为什么要上两级给煤系统，即第一级皮带称重给煤机和第二级刮板给煤机，从皮带给煤机上的煤下到刮板给煤机上再从两个下煤口分配，原理和煤粉炉制粉系统输粉绞龙一样，非常繁琐而且容易堵煤，设备也存在重复浪费问题。

- 第三个问题是脱硫系统问题，我不知为什么石灰石给料口选择在二次风口上，而不选择在给煤口上？在实际运行上我们把石灰石给料口接在给煤口上石灰石用量明显较少，还有的设计在返料腿上，假如排渣口正好在后墙的话离返料腿很近就会存在部分石灰石粉随着底渣一起排出去的可能，因此这个设计似乎也应该值得商榷或者考虑。



- 最后一个问题是：哈锅的135MW机组设置的床上油枪系统，实际用处不大而且设置较多，有的4支油枪有的6只油枪，我的理解是床上油枪如此密集的设置还是受到煤粉炉的影响，而循环流化床锅炉床料巨大的蓄热能力，基本上不会形成煤粉炉概念里的灭火概念，因此运行中即使下煤不畅或者严重堵煤，甚至是甩负荷，只要及时投入床下油枪就基本可以满足入炉煤燃烧的要求，而且运行中投入床上油枪对布袋除尘器的布袋的伤害是致命的，在日益重视环保的今天哪家电厂敢白天冒黑烟？而床下油枪由于床料的过滤对布袋影响不大，因此希望哈锅能重视这一问题。



The end,thank you!

针对循环流化床锅炉炉内燃烧这一个非常复杂的过程，通过对燃烧的理论研究和大量运行经验总结，针对每一问题、每一环节，电厂上下齐努力，主要从设备改造和运行调整两方面积极探索解决方法，使我们较准确地把握了炉内燃烧工况，较精确地对燃烧进行了调整，既提高了运行水平，又保证了循环流化床锅炉的安全、稳定、经济运行。

The end,thank you!

参考文献：刘德昌《流化床燃烧技术的工业应用》中国电力出版社1999
党黎军《流化床锅炉启动调试和安全运行》中国电力出版社

作者简介：苗锐（1967-5-20），男，籍贯：山西阳高，所在单位：国投大同能源有限责任公司。职务：锅炉主任工程师。从事各种类型锅炉运行岗位工作29年，毕业学校：太原理工大学热动专业，2004年开始从事流化床锅炉专工职务，参加过6台机组的整体调试工作，有丰富的理论和实际经验，根据不同机组特点总结制定出最佳运行方式，使机组达到长周期安全经济运行，发供电煤耗在同类机组名列前茅，并有丰富的新员工培训经验，2006年为大同二电厂、同煤集团电厂、北京二热进行过为期3个月的大型培训工作。2008-2009年为大同热电公司、吕梁中钰热电进行过半年的上岗前特殊培训。在中国循环流化床营运管理和循环流化床发电杂志分别发表专业论文6篇。在中国节能协会论文集发表专业论文2篇。

工作单位：国投大同能源有限责任公司电厂

单位地址：山西省大同市南郊塔山工业园区 邮政编码037001

联系方式：电子邮箱1048326986@qq.com 电话 18203526511