

循环流化床锅炉 安全经济性若干问题探讨

蔡新春
山西电力科学研究院

主要内容

- 给煤机下煤不畅问题
- 塌灰问题
- 水冷壁磨损问题
- 飞灰含碳量高问题

1. 给煤机下煤不畅问题

- 原煤斗运行现状

随着原煤斗容量和高度的增加，下部煤炭所受到的压力不断增大，流动性差，滞流或堵煤的情况时有发生，煤斗的棚煤、粘煤、积煤都会造成出口落煤不畅，造成煤斗的有效容积减小、给煤机和磨煤机断煤等不利影响，尤其是含水份高时更为严重。

1. 给煤机下煤不畅问题

- 给煤不畅的危害

给煤机下煤不畅是锅炉给煤系统中存在的较严重问题。给煤系统发生断煤会引起锅炉负荷较大变化、锅炉结焦、水冷壁应力巨变、助燃油量增大等一系列安全经济方面的问题。

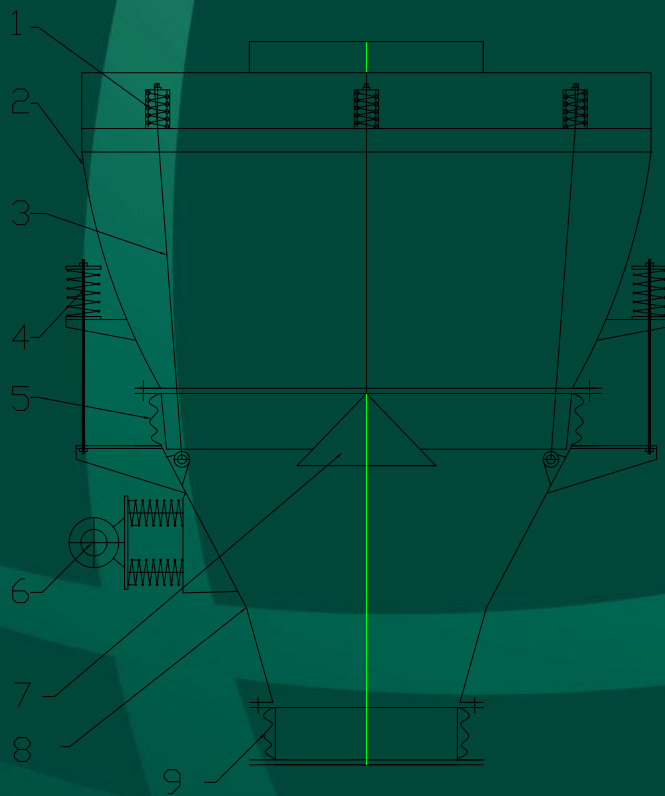
1. 给煤机下煤不畅问题

- 防止堵煤的措施

- 1) 不对称煤仓设计、加大出口设计
- 2) 采用圆形煤斗，夹角大于70度
- 3) 在煤斗内层加装光滑耐磨的特种树脂板材
- 4) 在原煤斗上安装压缩空气炮
- 5) 在原煤斗上安装振动装置
- 6) * 在煤仓出口处增设破拱机

1. 给煤机下煤不畅问题

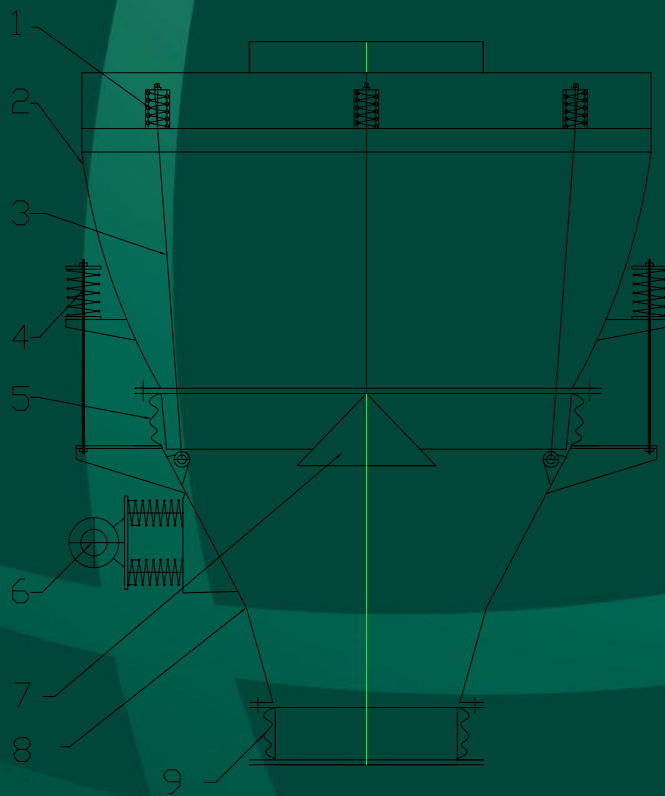
- 破拱机的应用



1. 钢缆悬吊弹簧组件
2. 原煤斗
3. 悬吊钢缆
4. 破拱机主体悬吊弹簧组件
5. 软连接
6. 弹性激振源
7. 内破拱锥
8. 多曲线破拱机本体

1. 给煤机下煤不畅问题

- 破拱机的优点



- 原煤仓下部出口大大加大
- 上下为软连接
- 弹簧激振器的振动作用
- 内部为特殊流线型设计
- 敲打撞击特性

1. 给煤机下煤不畅问题

- 圆型破拱机
- 在山西蒲洲电厂
(30万机组) 的应用



1. 给煤机下煤不畅问题

- 长方形破拱机
- 在山西神头一电厂（20万机组）的应用



破拱机在神头一电厂的应用

为了降低燃煤成本燃用部分煤泥、减少助燃油量、防止因断煤锅炉负荷大幅波动及引起水冷壁鳍片拉裂等问题，在5#和6#直吹式制粉系统锅炉8个原煤斗上全部装了破拱机，6个多月来运行效果非常好，达到节油和掺烧煤泥降低燃煤成本的目的。

2. 塌灰问题

- 床料太薄
- 料层太厚

料层厚度是CFB锅炉运行中非常重要的控制参数，与煤质、粒度、飞灰和大渣的比率、锅炉效率、磨损等均有关系，一般情况料层厚度在500~900mm。料层厚度控制的不当也会造成大幅波动，甚至引起床料结焦而停炉。

2.1 塌灰问题（料层太薄）

- 某电厂两台240t/hCFB锅炉，型号为WGF240/9.8-1。自投产以来，两台锅炉由于频繁发生塌灰、结焦、灭火等方面的事故，造成锅炉的多次起停，特别当在塌灰的同时发生大面积结焦时，经济损失巨大，另外由于频繁的起停，也造成了锅炉设备和浇注料急剧的温度升降，温度波动幅度达500℃，加大了承压部件的交变应力，影响了锅炉的寿命。

2.1 塌灰原因（料层太薄）

- 料层太薄风室压力最小时为6.6KPa 左右，床料中间极易发生局部吹穿，形成短路风，同时伴随着前后墙床料流化减少而减弱，严重时流化停滞，形成前后侧墙塌灰，当给煤较湿给煤不畅时，发生的机会更大。
- 前后侧布风板上取消一排风帽后留下的平台（高200mm、宽300mm、长8800mm的平台）。

2.1防止塌灰措施

- 运行中控制料层厚度，一次风量 ~ 10 万 Nm^3/h ，维持风室压力在 $8\sim 11\text{KPa}$ ，不能低于 7.8KPa 。
- 将前后墙存在的平台，用浇注料填充，形成角度大于 45° 的斜坡，保证运行中前后墙不会结大量不流化的床料。

改进以来再未发生塌灰结焦事故。

2. 2塌灰问题（料层太厚）

- 某厂两台130t/hCFB锅炉，燃用煤泥和煤矸石，型号UG130/3.82M11。去年底投产以来，多次发生床料塌灰现象，处理不及时就造成结焦。2008年7月31日和8月26日就发生两次因塌灰而结焦并造成停炉事故。

2. 2塌灰原因（料层太厚）

- 正常运行中风室压力偏高，在13.5kPa左右。在降负荷过程中当床料迅速增加时，风室压力增大到15kPa以上，一次风压从16.5kPa升高到18kPa以上，最高到19.5kPa，一次风机的压力超限，床料流化困难，造成停炉。
- 降负荷过程中二次风量降的太快，二次风量在10分钟内95000Nm³/h降到38000Nm³/h。
- 随着风室压力的迅速增大，返料风室压力也迅速增大，返料量也增大。

2.2防止塌灰措施

- 运行中控制料层厚度，一次风量 $10 \sim 12$ 万 Nm^3/h 时，维持风室压力在 $9 \sim 12\text{KPa}$ ，不能高于 12.5KPa 。
- 降负荷过程中，应控制降低一、二次风量的速度。

调整以来再未发生塌灰结焦事故。

3. CFB锅炉水冷壁磨损问题

水冷壁磨损是CFB锅炉最头痛的事情，影响因素很多，下面仅从三方面谈一些看法：

- 炉膛截面积设计偏小
- 燃用煤种发热量偏低
- 二次风速不均匀

3. 1 水冷壁磨损（炉膛截面积）

- 风速的大小对水冷壁的磨损影响很大。在炉膛截面积一定时，较大的风量会大大加快磨损速度；在运行总风量一定的情况下，截面积越小，流化风速和炉膛风速就越大，磨损就越快（见下表）。

国内几个220~240t/h CFB锅炉结构及磨损情况

锅 炉 型 号	HG- 220/9.81	WGF- 240/9.8	YG- 240/3.82	YG- 240/9.8	CG- 220/9.81
炉膛截面 面积m ²	41.07	53.15	53.93	54.067	53.20
炉膛烟气 速度m/s	≈4.29	≈3.61	≈3.56	≈3.55	≈3.31
v 3.3	122.21	69.15	66.04	65.43	51.93
磨损情况	严重	较轻	轻微	轻微	轻微

3.2 燃用煤种发热量的影响

- 对于一台具体的循环流化床锅炉，只能适应一定范围热值的煤种。当燃料变化偏离设计值较大时，床料的循环量会发生较大的变化，对水冷壁的磨损速度也不一样。某厂设计煤种的低位发热量为 19.7MJ/kg （灰份 32.02% ），实际运行时约 15MJ/kg （灰份 $\sim 50\%$ ），随着煤种灰份的增加，炉内循环灰的浓度也增加，水冷壁磨损的速度也加快。投产 1.9 万多小时，就有 270 多根水冷壁磨损厚度超过 2 mm ，有些超过 3 mm 。

3.3 二次风速不均匀

- 冷态试验最小的只有8m/s左右，最大的超过50m/s。二次风速的不均匀，导致烟气和循环物料严重扰动，从而导致炉内水冷壁局部磨损加快。

从就地风门执行机构检查，发现有的开关销脱开，有的门销焊口开裂，有的风门全开，有的风门全关，二次风出口速度严重不均匀。

4. 飞回含碳量高问题

- 根据燃烧理论和实际经验，在流化床燃烧室中要获得理想的燃烧效果必须遵循强烈的扰动、高的温度和长的停留时间。对于循环流化床锅炉飞灰含碳量的大小，主要由锅炉的设计特性、燃煤特性和运行参数决定。

4. 飞回含碳量高问题

- 炉膛高度和炉膛截面积影响（停炉时间）
- 床料温度（床温）
- 炉膛中心局部缺氧的影响
 - *二次风速不均匀
 - *二次风口的数量（二次风口之间的距离）
 - *二次风口离布风板的高度
- 给煤粒度
- 煤质种类

4.1 炉膛高度和炉膛截面积的影响

- 在烟气量一定时，对于分离器不能与捕集的细颗粒在炉内的停留时间与炉膛高度和截面积有关。本质上就是分离器捕捉不到一次通过炉膛的细煤颗粒在炉内的停留（或燃烧）时间，对飞灰含碳量的影响很大。

4.1 炉膛高度和炉膛的截面积（停炉时间）

- 下表是国内几个220~240t/h CFB锅炉的炉膛高度和炉膛的截面积，及运行中的飞灰含碳量情况，炉膛截面积和炉膛高度对飞灰含碳量的大小影响很大，从细煤颗粒在炉内的停留时间看，若大于9秒钟就可保证较小的飞灰含碳量。

炉膛高度和炉膛截面积（停炉时间）

锅 炉 型 号	HG- 220/9.81	WGF- 240/9.8	YG- 240/3.82	YG- 240/9.8	CG- 220/9.81
炉膛截面积m ²	41.07	53.15	53.93	54.067	53.20
炉膛高度m	30.98	33.55	27.9	32.02	33
Vdaf %	26~28	26~28	26~28	≈8	25.5
Cfh %	≈19	≈3	≈10	≈5	≈5
炉内停留时间 s	≈7.22	≈9.29	≈7.84	≈9.02	≈9.97

炉膛高度和炉膛的截面积（停炉时间）

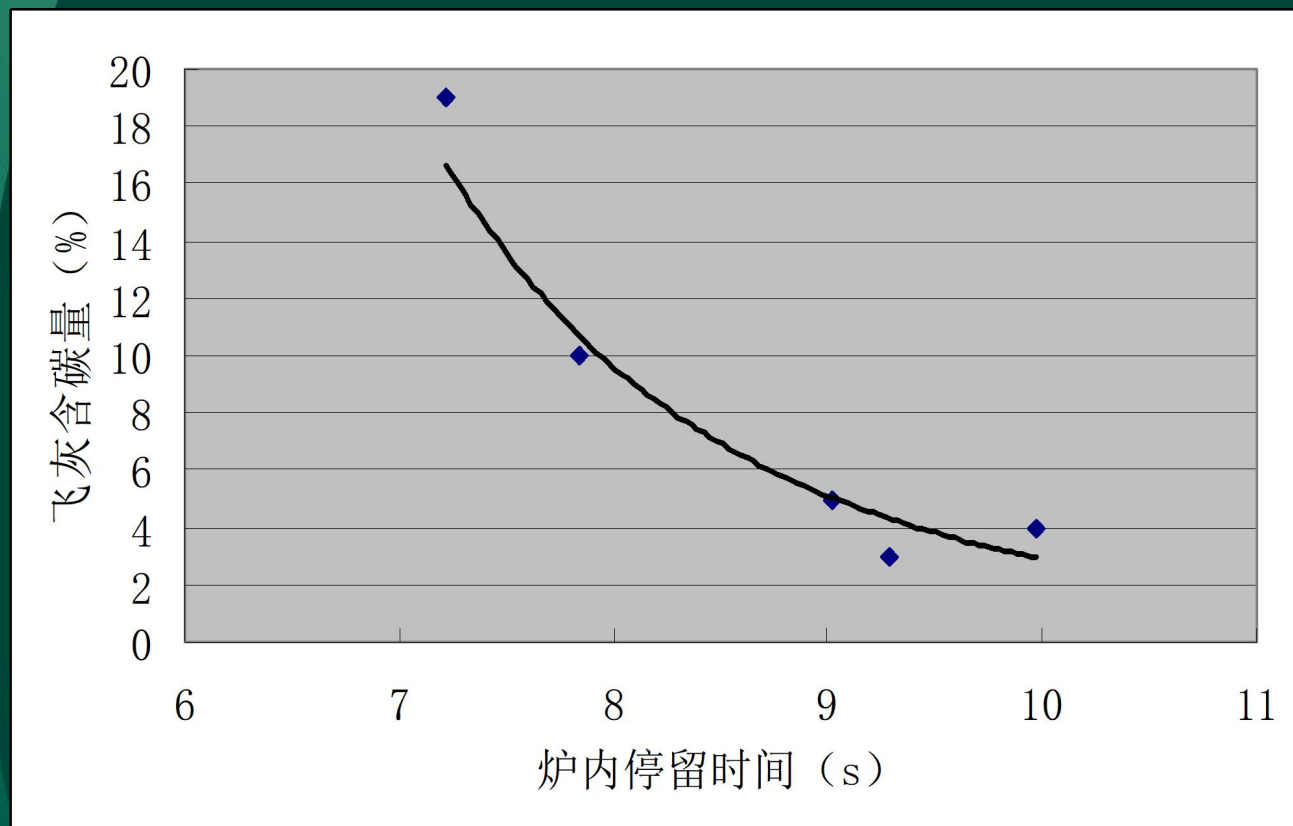


图 飞灰在炉内停留时间与含碳量关系

4.2 床料温度的影响

- 通常认为CBF锅炉运行床温根据煤种的不同而有所区别，一般在 $850\sim 1050^{\circ}\text{C}$ ，对于难燃的贫煤和无烟煤取上限，但要根据煤种的结焦特性，应防止密相区床料结渣。而对于含硫较高的煤种，考虑到最佳脱硫效果，运行床温应控制在 870°C 左右。
- 提高运行床温可有效地降低飞灰含碳量，图2和图3分别是在75t/h锅炉上的试验结果。从实际测试结果可见，随着运行床温的升高，飞灰含碳量明显下降。

床料温度

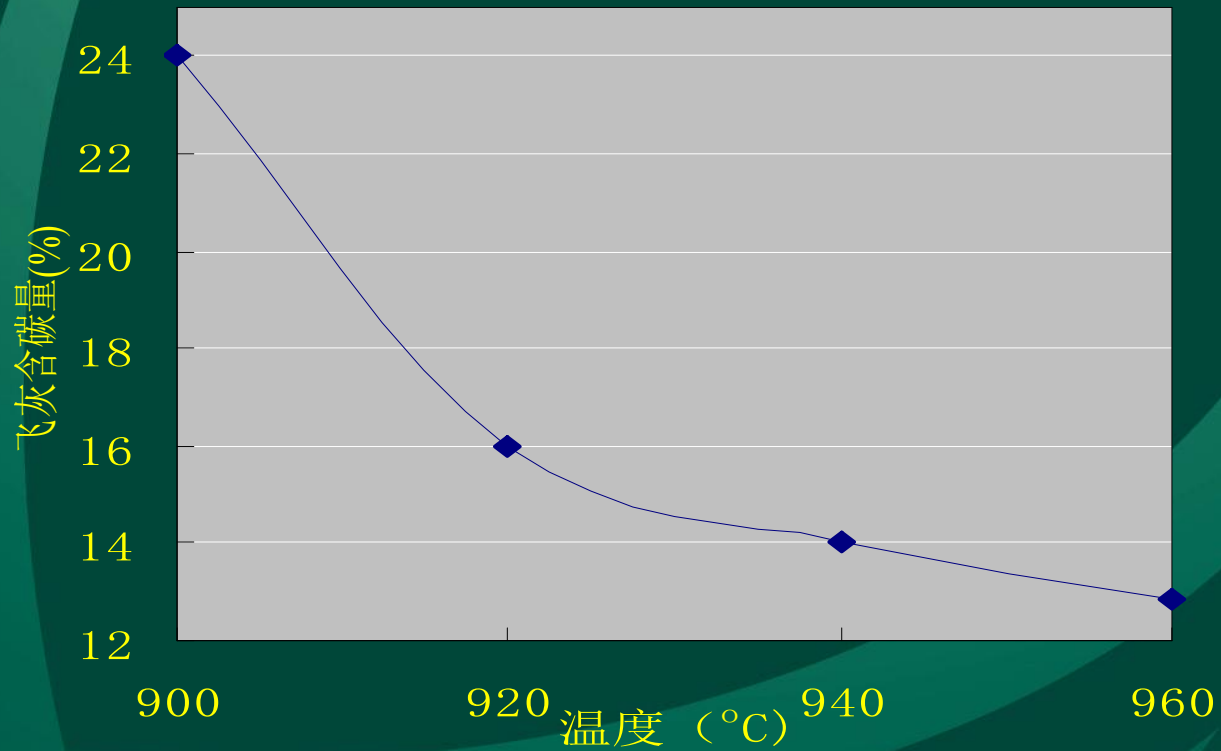


图2：煤种1床温与飞灰可燃物含量的关系

床料温度

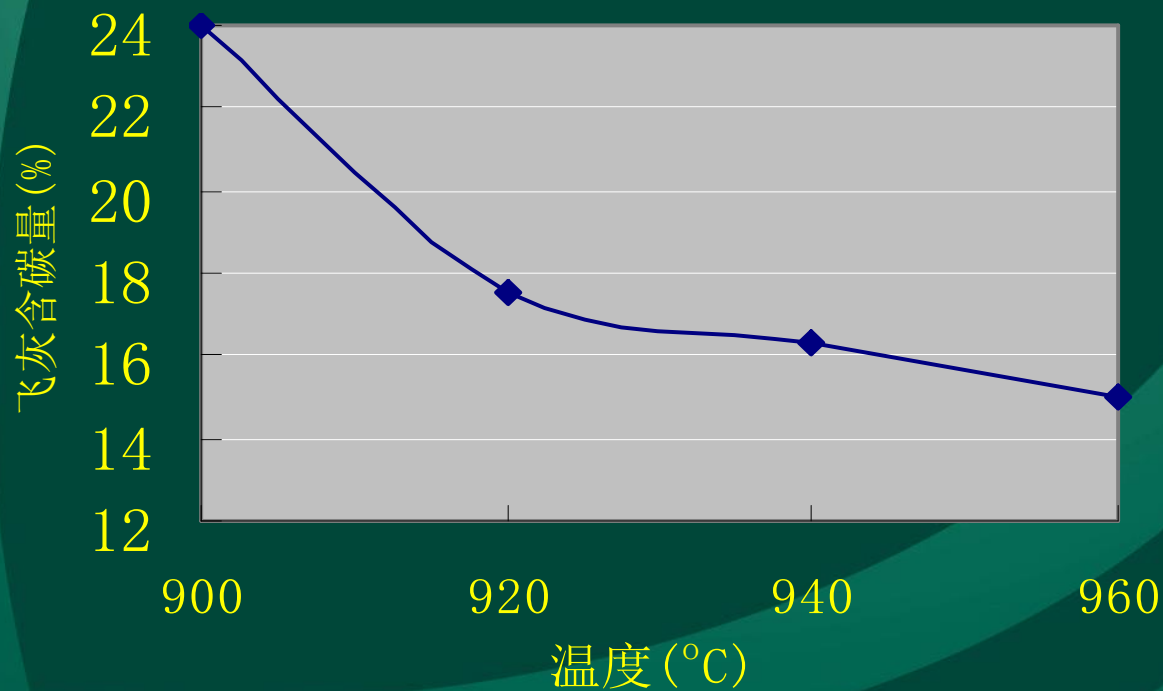


图3：煤种2床温与飞灰可燃物含量的关系

4.3 炉膛中心局部缺氧的影响

- 二次风速不均匀
- 二次风口的数量(二次风口之间的距离)
- 二次风口离布风板的高度

某厂220t/h CFB飞灰含碳量高的实例

- 二次风出口速度最小的只有8m/s左右，最大的超过50m/s，严重不均匀。
- 前后墙的4个下层二次风口距离布风板800mm，偏近。
- 两侧墙的上层二次风口与布风板的距离分别为5015mm和4800mm，偏远。
- 二次风口之间的距离最长达2.16m，偏远。

4. 4给煤粒度的影响

- 适当的燃料粒径和级配是循环流化床锅炉正常运行的前提和保证，入炉煤中的细颗粒偏多，会造成飞灰含碳量的偏高。
- 循环流化床锅炉飞灰中的颗粒主要来源有：一部分为燃煤颗粒燃烧过程的破碎和磨损形成的，它与煤种的挥发份和灰份的含量有关，是煤种的特性决定的，另一部分是给煤中细颗粒带入锅炉的，与原煤的破碎设备有关。

给煤粒度不同对Cfh影响的实例

mm	< 1	1~2	2~4	4~8	>8	Cfh %
SG130 %	13.46	19.66	7.88	33.29	25.83	< 5
KD410 %	38.76	24.56	8.93	14.85	12.5	≈15
HG220 %	34.98	24.26	27.47		13.29	≈19

造成给煤粒度过粗过细的原因

- 造成入炉煤颗粒过细的原因：
 - * 没有筛分装置，来煤全部经过破碎机
 - * 选择了破碎率很高的环锤式破碎机
 - * 燃用煤种热值较高
 - * 燃用煤种挥发分较高
- 造成入炉煤粗颗粒偏多的原因：
 - * 选择了破碎率很低的齿辊式破碎系统
 - * 燃用煤种热值较低、煤矸石较多
 - * 燃用煤种挥发分较低

谢谢