

# CFB 锅炉石灰石破碎机的选型探讨

陈 斌

(四川宜宾发电有限责任公司, 四川 宜宾 644000)

**摘 要:**对宜宾发电公司石灰石制粉工艺存在的一些问题进行探讨, 并就国内的石灰石破碎系统进行调研, 提出目前 CFB 锅炉石灰石破碎机选型提供参考。

**关键词:**循环流化床; 石灰石; 破碎; 选型

**Abstract:** This article discuss the problem of the limestone coal-pulverizing technology in the Yibin generate Co., Ltd. and carried on the research of the limestone crushing system, afford the reference on the limestone crusher type choice of CFB boiler.

**Key word:** Limestone crushing Type choice.

**中图分类号:** TK223 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2008)04-0027-03

四川华电宜宾发电有限责任公司现装机两台循环流化床锅炉, 机组分两期建设, 分别于 2004 年 1 月和 2006 年 1 月投产。使用的石灰石见表 1。

表 1 石灰石资料 (11、12 号锅炉)

项目	符号	单位	数值
碳酸钙	CaCO <sub>3</sub>	%	90.45
碳酸镁	MgCO <sub>3</sub>	%	4.06
水	H <sub>2</sub> O	%	0.15
其它		%	5.34

## 1 电厂原有石灰石系统介绍

循环流化床锅炉作为一种环保炉型, 采用的是燃煤与石灰石混燃脱硫, 石灰石的入炉粒度要求有严格要求。本电厂一期、二期工程均采用购买经初破至一定粒度的石灰石粉, 在厂区西侧设置的制粉站进行二级破碎。破碎系统共两套, 每套破碎系统设计出力为 30 t/h, 破碎机采用的是德国奥贝玛破碎装置, 出力为 30 t/h。

原有的石灰石破碎系统主要是出力小, 粒度不能满足入炉要求。

## 2 破碎方式的选择

据了解目前国内用于石灰石破碎的设备类型主要有球磨机、振动磨、锤击磨、辊压磨、冲旋式制粉系统等, 从这些破碎设备生产的产品粒度来讲, 上述设

备生产的石灰石粉剂, 均能满足电厂 CFB 锅炉炉内脱硫工艺的要求石灰石粒度, 但其粉碎机理、产品活性、粒度组成、生产成本、以及辅机配置均不相同。

### 2.1 球磨机

球磨机的粉碎机理是钢球与物料之间研磨和撞击, 生产的石灰石粉料颗粒呈球形为主, 颗粒内部少裂纹, 属于实心体。用于循环流化床锅炉的脱硫反应, 与 SO<sub>2</sub> 的接触面较小, 不利于脱硫反应, 即其活性不够理想。而且球磨机本身结构庞大, 运行噪音、功率消耗都很大, 与之配套的辅助设备也复杂, 既需要有提升较高的进料设备, 又需要有风机、分级机、除尘器等, 相应的需要建设较大的建筑物, 投资、生产成本都很大。

但球磨机有其特有的优点: 比较成熟, 可靠性较高。

### 2.2 辊压磨

辊压磨的粉碎机理是挤压和研磨, 生产的石灰石粉料颗粒呈扁平状为多, 颗粒内部有裂纹。用于循环流化床锅炉的脱硫反应, 与 SO<sub>2</sub> 的接触面要比球磨机生产的石灰石粉料大, 其活性相对较好。

但是, 用辊压磨磨细石灰石, 需要有多对辊子组合, 才能使石灰石粒度达到锅炉脱硫工艺的要求, 而且辊子的齿形通常为长条形, 比较容易磨损, 辊子被磨成腰 (或鼓) 形后, 其石灰石粒度难以控制, 粒度组成更难保证; 辊压磨运行时噪音较大, 运行中有振动, 设备本身的密封难做好, 漏粉或扬尘情况较严重, 设备周围的环境较差。

辊压磨单机设备的小时产量较低, 生产成本也较大。辊压磨自身的优点是: 设备本身的整机结构较

小, 能耗相对较小。

### 2.3 振动磨

振动磨的粉碎机理是电机通过联轴器带动偏心块旋转, 产生激振力, 驱动弹簧上的磨筒同频率振动, 磨筒带动筒内的磨介振动, 冲击物料, 把物料磨细。而且由于物料的料压, 物料边被粉碎、边向出料口移动, 直至由出料口移出机体。

振动磨的开发和研究在国内已有 50 多年的历史, 性能和可靠性都比较稳定。特别是在矿物料的超细粉磨制行业, 应用十分广泛。

振动磨机生产的石灰石粉料颗粒呈球形为主, 颗粒内部少裂纹, 属于实心体, 细粉含量很高。细粉含量高不符合 CFB 锅炉对石灰石颗粒分布的要求。CFB 锅炉脱硫需要的石灰石活性是指炉内反应时石灰石粉与含  $\text{SO}_2$  气体间接触面积的大小, 即为脱硫反应机会的多少, 而不是细粉越多越好。细粉多了并不好, 由于 CFB 锅炉二次风的作用, 造成细粉在炉内的滞留时间偏短, 减少了石灰石细粉在炉内进行脱硫反应的机会, 增加了石灰石粉的消耗量, 同时也加重了锅炉尾部电除尘器或布袋除尘器、乃至后续输灰设备的压力。

振动磨运行时噪音很大, 这与振动磨运行时的参振质量很大有关, 也与磨介、磨筒、物料相互之间均有撞击有关, 要降低噪声就得设置隔音罩或隔音房。

用振动磨磨制石灰石粉, 因石灰石在磨筒中一次穿过, 后续没有筛分设施, 石灰石粉的粒度相对难以控制。

### 2.4 锤击式破碎机

锤击式破碎机工作原理是: 石灰石块在进入转子的振荡范围后, 被运转的锤头席卷, 接着就被击向磨碎壁而破碎, 在转子和磨碎壁之间的下半部区间, 石灰石块被进一步地破碎。锤击式破碎机生产的石灰石粉料颗粒呈扁平状为多, 颗粒内部有裂纹, 部分颗粒成蜂窝状, 活性好。

锤击式破碎机优点是: 设备本身的整机结构紧凑, 能耗相对较小, 产量大。

锤击式破碎机对石灰石块的入料粒径、含水量、杂质含量以及入料布置的均匀性的要求高。

### 2.5 冲旋式制粉机组

冲旋式制粉系统并非是一台设备, 而是多台设备的组合, 以此来保证产品的粒度和粒度分布, 它的主要工艺由数个步骤组成, 分别是高速冲击粉碎、气料旋流分离、高频振动筛分、封闭管流输送和自动料流启闭。

冲击式粉碎机结构见图 1。

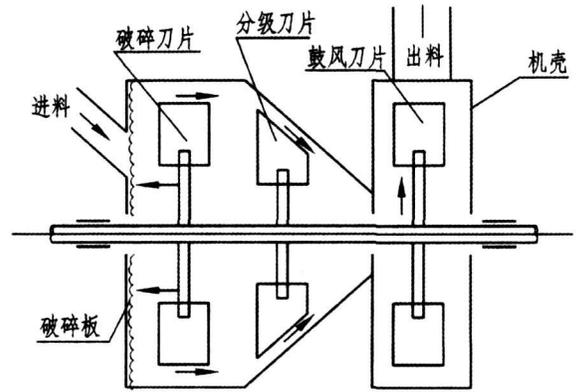


图 1 冲旋式粉碎机结构图

高速冲击粉碎——利用高速旋转的破碎刀片储存动能, 形成高速的旋转力场, 其刀片在冲击时, 将能量以极高的速度和压强传给物料, 形成刀片对物料的打击、破碎板对物料的反击和物料之间的撞击, 在物料颗粒内部产生散发的应力波, 形成枝形发展的应力集中, 使得物料“变脆”, 沿着细微的裂纹网络崩开, 获得粉碎的效果。

该粉碎方式同捣碎、研磨、挤压相比, 能量消耗可降低 30%, 对于体内裂纹发育充分的物料尤为明显。这种粉碎法可按粉末粒度需要实行控制, 也可按物料的性质和宜宾发电公司的要求, 调整机组参数, 使物料经粉碎而分离 (选择性粉碎), 实施干法提纯。如在石灰石粉碎中, 可分离出石英, 减少有害成分, 提高粉剂活性。此法提供的粉粒呈多棱体蜂窝态形貌, 用于电厂的脱硫反应, 其活性具有独到之处。

1) 气料旋流分离——物料在粉碎机腔内受分级刀片驱动, 始终随着空气流作螺旋状运行, 显现气料的旋流动态。转子使得气料处于粉碎、分级和排料三股旋流之中, 由此形成旋流场, 将物料在粉碎过程中粗分级, 达到预定的细度后即排送出机体, 并免除腔内湿料粘结。随后, 旋风分离器借助气料旋流将粗细料分开, 达到相当高的分选效率。

2) 高频振动筛分——采用双电机驱动的方式, 形成高频率、低振幅的振动翻滚料流, 使粉末通过单层或多层筛网, 保证获得给定粒度范围的粉, 筛分的最小粒度为 200 目, 效率达到 95% 以上。

3) 封闭管流输送——粉碎、分选、分离、收集各环节间以管道相连, 组成封闭系统, 粉料在其间顺序运行, 并保持一定负压和相应流速, 排除湿粉在管内粘结。

4) 自动料流启闭——旋风分离器采用极简单的料封技术, 自动启闭、实用可靠。

简言之,冲旋式制粉机的粉碎机理是:顺应石灰石的组织结构,运用凌空冲击的方法,促使其众多薄弱环节受抗拉应力作用,发育成裂纹,并迅速扩大,从而形成形状复杂、表面积大、裂纹迭起、粒度合理的冲旋粉。

该机组生产的石灰石粉(简称冲旋粉)具有以下特点:

冲旋粉的活性高,粉粒形貌呈蜂窝状,纹理发育充分,比表面积大,有利于同 SO<sub>2</sub> 反应,其活性超过传统方法生产的粉末;节能效果好,比一般磨机能耗低 30% 左右;产品粒度调节范围广,只需变动该机组的有关参数,即可得到不同粒度组成的粉料。在电厂脱硫装置中,可按锅炉的运行要求,调整石灰石的粒度,以取得最佳的脱硫效果;机组中设有筛分设备,保证产品的最大粒度 < 1.2 mm,设有旋风分离器,保证石灰石粉的细粉含量接近 10%,设有布袋除尘器,既可

分离出用于烟气脱硫需要的细石灰石粉,又能保证排入大气的空气含尘量达到要求;整套装置密封作业,粉碎、分旋、分离、收集各环节间以管道相连,组成封闭系统,粉料在其间循环运行,并保持一定负压和相应流速,排除湿粉在管内粘结,产品纯净,出粉率高;车间环境、劳动条件好,噪音、粉尘低,均符合城市环保规定,并具有良好的防爆性能;设备重量轻,体积小,建设投资低,所用厂房面积小,操作方便;自动料流启闭。旋风分离器或旋离粗粒分选器的出口,采用简单的料封技术,自动启闭、实用可靠。

冲旋式制粉系统在制粉过程中,只有刀片和破碎板的磨损(损耗),因其特有的结构设计和运行原理,在刀片和衬板的磨耗过程中不会影响产品的粒度、形貌和性能。而且更换非常方便。现用的刀片使用寿命

表 2 五种制粉设备的性能参数对比

序号	项 目	振动磨	球磨机	冲旋式机组	辊压磨	锤击磨
1	比表面积 (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	1 457		1 409		
	产 品 粒 范 围 (mm)	中 3 级	3 级	2 级	中 3 级	中 3 级
	质 量 级 < 0.1 粉量 (mm)	0~1.2	0~1.2	0~1.2	0~1.2	0~1.2
	颗粒形貌	~50%	~53%	~30%	~20%	~20%
2	制(磨)粉机产量 (t/h)	细粉球面、粗粉有裂纹	球面、少裂纹	蜂窝、多裂纹	扁面、少裂纹	扁面、蜂窝、少裂纹
3	单元机组功率 (kW)	~8	~11	~12	~8	~20
4	单位能耗 (kW / t h)	2×75+2×5.5		90+30	74+37	160
5	刀磨具 (kg)	+60		+2×2.2	+0.25	
	破碎板 (kg)	13.8	27~35	10.36	13.9	11.5
6	比钢耗 (kg/t)	2 400		30		
7	设备使用可靠性	磨棒: 0.0 476		刀片: 0.0 156		
		衬板: 0.008		衬板: 0.003		
8	原料含水率要求	主机可靠、产量试验推断 < 7%	可靠、产量证实 < 7%	可靠、产量证实 < 6%	可靠、产量证实 < 3%	可靠、产量证实 < 2%
9	环保	振动大、单机噪音超标需隔音处理隔音后环境好转。	振动小、噪音大、无法隔音环境差。	振动很小、噪音达标环境好。	振动小、噪音达标需防尘处理环境差。	振动小、噪音达标需防尘处理环境差。
10	石灰石制粉业绩	目前无	少	多	少	少
11	粗细粉收集方式	在机组中,输送设备过渡三分离选粉机分选粗、细粉,有粗料要回棚。		在机组中,旋风分离器收集粗粉,布袋除尘器收集细粉,无粗料回棚。		
12	价格					

(下转第 72 页)

来,运行良好。

#### 2.4 500 kV 悬吊管母线的成功应用

合理确定了母线型式。针对悬吊管母线方案和软母线方案进行技术经济比较,悬吊管母线主要具备如下优点:

(1) 悬吊管母线在电气特性上具有载流量大、电晕起始放电电压高、无线电干扰电压低、电晕损失小等优点,在机械特性上具有对构架水平拉力小的优点,可使构架结构简单,节省钢材和投资,同时没有软导线的非同期摇摆问题;

(2) 同时,对悬吊管母线和支撑管母线进行比较,悬吊管母线具有抗震性能好,特别适用于 8 度及以上的高烈度地震区域,同时抗微风振动性能好、且便于加强绝缘及更换绝缘子;

(3) 悬吊管母线拉力较小,节约构架投资;

(4) 悬吊管母线管径尺寸对构架拉力影响较小,有利于母线扩容。

经过上述比较,采用了悬吊管型母线的设计方案。针对悬吊管母线的挠度、静应力计算、悬挂绝缘子串结构型式的选择、悬挂尺寸的确定开展细部工作,最终选择铝镁合金管(可氩弧焊对接、加补强衬管)、斜挂双 V 型绝缘子串的结构型式。该结构型式在各种工况下的水平和垂直偏移均较小,都能满足母线下单柱垂直折臂式隔离开关钳夹范围。现场实际安装效果较好,能满足母线隔离开关对管母线的可靠钳夹,多串母线安装后整齐美观。

#### 2.5 高土壤电阻率接地优化设计

所区实测的土壤电阻率推荐值高达  $1500\Omega \cdot m$ ,年平均雷暴日为 77 天,属多雷区;因此,要将全所的

接地电阻、接触电势差、跨步电势差降低到规程允许值难度很大。经利用接地程序计算优化接地网的布置,最终采用了不等间距接地网格方式,在改善所区电位梯度分布的同时减少了钢材的用量。垂直接地极采用 3 m 垂直接地极和 30 m 长垂直接地极两种;3 m 垂直接地极布置在所区内避雷针、设备接地和主控楼附近,以降低冲击接地电阻;30 m 长垂直接地极布置在所区周围及所区内地下水较集中的地方,降低接地电阻。同时,在设计上综合考虑了利用深井取水管、线路出线避雷线、水平接地体周围换土、外引所区附近泉眼、加人工降阻材料等综合治理措施。接地网施工的原则是边施工边测量,逐项采取措施直至满足要求。现场施工的实际情况是未采取人工降阻材料前,全所的接地电阻、接触电势差、跨步电势差已满足规程要求。

### 3 结束语

宝峰 500 kV 变电站是投产时国内海拔最高的采用户外敞开式设备的 500 kV 变电站,且位于 8 度地震区,电气专业在配电装置布置、设备绝缘配合、设备选择、母线型式选择、接地设计等方面进行了大量优化,使工程的可靠性和经济性明显提高。该工程投产后,剪刀开关配悬吊铝管母线、500 kV 高抗中性点绝缘等级采用 66 kV、高海拔地区的外绝缘水平修正方法以及高土壤电阻率变电站接地处理措施方法等新技术均在西南地区的 500 kV 变电站中得到了推广应用,对 500 kV 变电站设计起到了一定的指导作用。

(收稿日期:2008-06-15)

(上接第 29 页)

命一般为 200 h 冲旋机破碎板的使用寿命为 1 年。

综合比较上述五种制粉设备的数据,在 CFB 锅炉下使用的石灰石破碎系统主机,可以在锤击磨和冲旋式制粉机组中选择。

### 4 关于石灰石入料的选择

石灰石的原料情况同样会影响石灰石破碎机的出力,通过对来料的调查石灰石原料应控制以下几方面的指标。

#### 4.1 石灰石的含钙量。

作为炉内脱硫希望含钙量越高越好,但是往往含钙量高的石灰石都形成年代较长难破碎,一般取含钙量在 95% 左右的石灰石即可。

#### 4.2 石灰石的抗压硬度

石灰石的抗压硬度直接关系到石灰石的破碎,一般要求来料在 50 MPa 以下。

#### 4.3 石灰石的含硅量

石灰石中含有  $SiO_2$  提高了石灰石的耐磨性,同时  $SiO_2$  进入炉膛会同碳酸钙反应消耗碳酸钙,降低脱硫效率。故含硅量一般要控制在 2% 以下。

总之 CFB 锅炉石灰石破碎是锅炉脱硫的关键,各厂认真总结提高石灰石破碎的能力保证机组的环保排放。

(收稿日期:2008-05-10)