

# 循环流化床锅炉的发展现状及前景

赫耀兰 陈云飞

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司,黑龙江 哈尔滨 150046)

**摘要:**循环流化床燃烧技术是国际 20 世纪 80 年代在锅炉上得到成功应用的清洁煤燃烧技术。提高可靠性、经济性和文明生产程度贯穿了循环流化床燃烧技术的发展历史。围绕分离器的形式和整体布置,循环床燃烧技术已经历了三代的发展,冷却型紧凑布置的循环床燃烧技术是未来的发展方向。

**关键词:**循环流化床锅炉;分离器;发展方向

## 引言

循环流化床锅炉(CFB)燃烧技术是一项近 20 年来发展起来的燃煤技术。它具有燃料适应性广、燃烧效率高、氮氧化物排放低、负荷调节比大和负荷调节快等突出优点。主循环回路是循环流化床锅炉的关键,其主要作用是将大量的高温固体物料从气流中分离出来,送回燃烧室,以维持燃烧室的稳定的流态化状态,保证燃料和脱硫剂多次循环、反复燃烧和反应,以提高燃烧效率和脱硫效率。

## 1 循环流化床的发展现状

气固分离器是 CFB 系统的核心部件之一。其之所以关键,从运行机理上来讲,只有当分离器完成了含尘气流的气固分离并连续地把收集下来的物料回送至炉膛,实现灰平衡及热平衡,才能保证炉内燃烧的的稳定与高效;就系统结构而言,分离器设计、布置得是否合理直接关系到锅炉系统制造、安装、运行、维修等各方面的经济性与可靠性。

### 1.1 第一代循环流化床燃烧技术——绝热旋风分离循环流化床锅炉

德国 Lurgi 公司较早地开发出了采用保温、耐火及防磨材料砌筑成筒身的高温绝热式旋风分离器的 CFB 锅炉。分离器入口烟温在 850℃ 左右。应用绝热旋风筒作为分离器的循环流化床锅炉称为第一代循环流化床锅炉。这种分离器具有相当好的分离性能,使用这种分离器的循环流化床锅炉具有较高的性能。据统计,目前除中国大陆外,有的 CFB 全部采用了高温绝热旋风分离器,但这种分离器也存在一些问题,主要是旋风筒体积庞大,因而钢耗较高,锅炉造价高,占地较大,旋风筒内衬厚、耐火材料及砌筑要求高、用量大、费用高;启动时间长、运行中易出现故障;密封和膨胀系统复杂;尤其是在燃用挥发份较低或活性较差的强后燃性煤种时,旋风筒内的燃烧导致分离后的物料温度上升,引起旋风筒内或回料腿回料阀内的超温结焦。

Circofluid 的中温分离技术在一定程度上缓解了高温旋风筒的问题,炉膛上部布置了较多数量的受热面,降低了旋风筒入口处的烟气温度和体积,旋风筒的体积和重量有所减小,因此相当程度上克服了绝热旋风筒技术的缺陷,使其运行可靠性提高,但炉膛上部布置有过热器和高温省煤器等,需要采用塔式布置,炉膛比较高,钢耗量大,使锅炉造价提高。同时,它的 CO 排放及检修问题在一定程度上限制了该技术的发展。

### 1.2 第二代 CFB 燃烧技术——水(汽)冷分离循环流化床锅炉

为保持绝热旋风筒循环流化床锅炉的优

点,同时有效地克服该炉型的缺陷,Foster-Wheeler 公司设计出了堪称典范的水(汽)冷旋风分离器。应用水(汽)冷分离器的循环流化床锅炉被称为第二代循环流化床锅炉。该分离器外壳由水冷或汽冷管管制、焊装而成,取消绝热旋风筒的高温绝热层,代之以受热面制成的曲面及其内侧布满销钉涂一层较薄厚度的高温耐磨浇注料。壳外侧覆以一定厚度的保温层,内侧只敷一层薄层防磨材料。水(汽)冷旋风筒可吸收一部分热量,分离器内物料温度不会上升,甚至略有下降,较好地解决了旋风筒内侧防磨问题。

### 1.3 水冷方形分离器

为克服汽冷旋风筒制造成本高的问题,芬兰 Ahlstrom 公司创造性地提出了 Pyroflow Compact 设计构想。Pyroflow Compact 循环床锅炉采用其独特专利技术的方形分离器,分离器的分离机理与圆形旋风筒本质上无差别,壳体仍采用 FW 式水(汽)冷管壁式,但因筒体为平面结构而别具一格。这就是第三代循环流化床锅炉。它与常规循环流化床锅炉的最大区别是采用了方形的的气固分离装置,分离器的壁面作为炉膛壁面水循环系统的一部分,因此与炉膛之间免除热膨胀节。同时方形分离器可紧贴炉膛布置从而使整个循环床锅炉的体积大为减少,布置显得十分紧凑。此外,为防止磨损,方形分离器水冷表面敷设了一层薄的耐火层,这使得分离器起到传热表面的作用,并使锅炉启动和冷却速率加快。

水冷或汽冷的方形旋风分离器与不冷却的钢板卷成的旋风筒制造成本基本相当,考虑到

前者所节省的大量的保温和耐火材料,最终的实际成本有所下降。此外它还减少了散热损失,提高了锅炉效率。另外由于保温厚度的减少,可以提高启停速度,启停过程中床料的温升速率不再取决于耐火材料,而主要取决于水循环的安全性,使得启停时间大大缩短。

## 2 循环流化床锅炉的发展方向分析

Ahlstrom 公司的方形分离器紧凑型设计推出之后,立即引起了广泛的重视,人们对该技术一直持观望态度。但经过 5 年的多台锅炉运行实践,已被人们所接受。Fosterwheeler 公司和 Ahlstrom 公司合并后即将方形分离器循环流化床锅炉作为大型化方向予以重点发展。时至今日,FosterWheeler 公司采用方形分离器技术的紧凑型循环流化床锅炉已有 68t/h 至 410t/h 多台锅炉成功运行,150MW 机组正在建设中,300MW 和 600MW 容量的紧凑布置 CFB 已经完成设计。采用方形分离器的紧凑型布置循环流化床锅炉的市场份额逐年增加。

## 3 结论

采用第三代技术的循环流化床锅炉除了具有常规循环流化床锅炉的优点外,还具有结构紧凑、占地面积小、钢耗量小、制造成本低、分离器内无磨损等突出优点,因此第三代循环流化床锅炉将成为燃烧技术发展的主流,并且在大型化方面将发挥其优势。

**作者简介:**赫耀兰(1979~),男,汉族,辽宁省瓦房店市人,助理工程师,2003 年毕业于辽宁工程技术大学,从事锅炉设计开发工作。

