

表1 PS转炉锅炉基本设计参数

锅炉型号	蒸发量/ $t \cdot h^{-1}$	设计压力/ MPa	运行压力/ MPa	蒸汽 温度/ $^{\circ}C$	给水 温度/ $^{\circ}C$	进口烟气流 量/ $Nm^3 \cdot h^{-1}$	进口烟气 温度/ $^{\circ}C$	出口烟气 温度/ $^{\circ}C$	循环方式
QCF57/800-14.3-3.83	14.30	3.82	3.82	饱和	104.00	57 562.00	800.00	660.40	强制循环

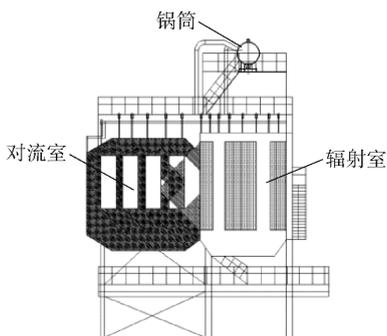


图1 PS转炉锅炉基本结构示意图

重。目前4#锅炉第一对流管束的36组已经封堵了50%，5#锅炉第一对流管束的36组已经全部封堵，且对流室左右两侧的水冷壁也进行了大面积换管。与之形成鲜明对比的是，2016—2018年平均破管次数仅为24次/年。依据管道材料的出厂合格证及化学成分分析报告，破裂的管道现场使用的材料与原设计相符，符合《锅炉和压力容器用钢板》(GB 713—2014)标准。

### 1.3 转炉锅炉故障原因分析

破管故障的出现有多种原因，主要集中在工艺、水质、设备管理三个方面，具体分析如下。

#### 1.3.1 工艺方面

1) PS转炉最大的特点是间歇性操作，导致经常停炉开炉，故吹炼时与非吹炼时的烟气温度相差较大(正常吹炼时，辐射室进口烟气温度的约 $500^{\circ}C$ ，非吹炼时即炉口转出时，进口烟气温度的约 $200^{\circ}C$ )，导致锅炉运行时热负荷波动较大、频率高，锅炉容易产生较大震动，且热源不稳定，结构件应力变化大，对锅炉管道不利。

2) 转炉吹炼是一个周期往复过程，用风量发生周期性变化，其中造渣期的用风量很大，含大量铜焦块、粉尘的烟气易在这个时期发生喷溅。

3) 冷料冷铜的加料量偏大，造成锅炉辐射室及锅炉下灰斗出现大量焦块与含铜杂质。

4) 锅炉处理的是高含尘烟气，具有部分收尘功能，而锅炉的振打设备由于转炉现场环境恶劣且酸性烟气腐蚀性较大，维护保养难度高，部分振打设备长期处于故障状态，清焦效果难以保障，易造成水冷

壁、管束结焦较多，影响烟气降温，辐射室、对流室局部也会形成厚厚的焦块层；而烟气流通过管道的收窄会导致高含尘烟气局部流速加快，管道内壁受到的冲刷加大，受热管的使用寿命缩短。

5) 炉膛出口压力控制在正压状态或未达到 $-120$  KPa时，抽力不够，造成烟气大量堆积从而产生结焦。

#### 1.3.2 水质管理方面

1) 锅炉水质管理不到位，取样化验未严格按照规范执行，导致水质不受控制，各种指标不能保证在要求范围内， $PO_4^{3-}$ 含量为 $5 \sim 15$  mg/L，pH值为 $9 \sim 11$ ，锅炉水质不断波动。当水质较差时，易引起部分受热管积垢，导致管道受热不均匀，降低锅炉热效率，缩短锅炉的使用寿命。

2) 锅炉加药系统因故障失效、排污操作不尽规范等原因导致炉水含盐量高且盐分未及时排出，影响汽化效果，造成结垢。

3) 锅炉除氧器长期未投入使用，除氧头内部的喷淋头、滤料腐蚀严重，补水热力系统的除氧能力不足，导致锅炉水中的溶解氧含量偏高，造成受热管内壁发生氧腐蚀<sup>[3]</sup>。

#### 1.3.3 设备管理方面

1) 清焦设备故障率较高。锅炉采用的清焦设备为刚性振打锤。由于部分工作门旁温度高造成金属蠕变，且酸性烟气腐蚀性较大，现场刚性锤、振打杆缺失，变形严重，没有起到清灰作用。

2) 锅炉格筛强度不够，且间隙太小。大焦块掉落时，无法落至刮板机，造成堆积，导致格筛变形，久而久之，格筛处出现习惯性堵塞，严重影响清灰效果。

## 2 转炉锅炉故障解决思路及措施

### 2.1 恢复关键部件的功能

解决转炉锅炉故障的主要措施是恢复及优化锅炉关键部件的使用，主要涉及4个设备：振打装置、格筛、除氧器、加药装置。

1) 改造机械振打装置。虽然转炉高温烟气含

有大量粉尘,很容易在余热锅炉受热面上积灰、结焦,但只要振打装置正常运行就可以解决这个问题。因此,逐步采用弹性振打装置代替刚性振打装置。弹性振打装置的振打频率为3次/min,击振力为30~450 kN,振打力度加大。此外,安装可燃气体爆燃清灰设备(俗称乙炔炮),与机械振打装置搭配使用,清灰效果会更好。

2)修复、改造5台转炉格筛。将格筛间隙尺寸由原来的300 mm×300 mm改为400 mm×400 mm,将原120#槽钢改为160#槽钢,加大筋板强度,保证小焦块顺利掉落,提高清灰效果。

3)恢复除氧器的使用。根据原设计标准,除氧器恢复使用后,给水中的溶解氧由5~11 mg/L降低至20~50 μg/L,可大幅减少溶解氧腐蚀导致的受热管泄露问题。

4)恢复加药装置的使用。采用自动加药装置,及时高效,有利于水质的平稳受控。

## 2.2 完善水质管理

加强PS转炉锅炉水质管理工作,走出误区<sup>[4]</sup>,坚持进行排污和除氧工作。

1)严格执行锅炉定期排污和连续排污工作,减少锅筒内的盐分、泡沫及浮在表面的污垢,避免出现汽水共腾现象<sup>[5]</sup>,稳定锅筒内水位,避免发生水冲击。

2)重视除氧工作,降低炉水中的溶解氧含量,使溶解氧不易到达金属表面,从而减少金属构件的氧腐蚀现象。

## 2.3 强化操作管理

1)严格执行相关的参数控制要求。除氧器温度需控制在104~105℃;汽包压力控制在1.3~

1.5 MPa;汽包水位控制在-200~+250 mm;定期排污,每天白班一次,每个排污点排污时间不能超过30 s全开时间;当pH值<9时,关小连续排污门,减小连续排污量;当pH值>11时,开大连续排污门,增加连续排污量。

2)在PS转炉工艺控制方面,尽量减少间歇操作频次,在转炉转出时应采取必要的锅炉热保养措施。PS转炉的生产应有计划性,减少非正常停炉时间,避免锅炉换热管内部温度波动过大。

## 3 结束语

综上所述,从PS转炉锅炉的工艺条件、水质管理及设备管理方面分析了2019年运行过程中锅炉频发的破管问题的产生原因,提出了保证PS转炉锅炉稳定安全运行的措施,包括恢复、优化锅炉关键部件——振打装置、格筛、除氧器、加药装置的使用,坚持进行排污和除氧工作,加强锅炉和转炉的操作管理,并逐步实施,实现了余热锅炉的良好运行。

### [参考文献]

- [1] 陈文飞,陈虎,王杜,等. 生物质锅炉炉管开裂失效分析[J]. 压力容器,2020,37(3):41-49.
- [2] 李曼. 以大数据分析为载体的锅炉水冷壁失效分析[J]. 工业加热,2019,48(4):65-66,69.
- [3] 国玲玲. 除氧技术在锅炉给水中的工业应用[J]. 化工管理,2019(26):128-129.
- [4] 赵立章. 浅谈锅炉给水水质管理方面存在的六大误区[J]. 工业锅炉,2001(4):56,35.
- [5] 李铃. 谈谈低压蒸汽锅炉汽水共腾现象的成因和预防措施[J]. 大陆桥视野,2015(24):105-106.