

# 水垢引起水冷壁爆管和锅筒鼓包 爆破的原因及预防

田玲琦, 邝平健

(哈尔滨市劳动局 锅炉压力容器检验研究所, 黑龙江 哈尔滨 150076)

关键词: 水冷壁爆管; 锅筒鼓包爆破; 预防措施

中图分类号: TK226 文献标识码: B

## 1 前言

锅炉是一种承压、受热, 有爆炸危险的特种设备。在运行时会因为操作和管理不当而出现各种事故, 其中由于水垢的生成而引起水冷壁爆管和锅筒鼓包爆破是低压锅炉较常见的一种事故。

低压锅炉用水不纯净, 其中含有许多杂质, 如果这种水不经过水处理或水处理方法不当, 直接注入锅炉内, 再加上排污不及时, 就会在锅筒内壁结生水垢。由于水冷壁和锅筒位于燃烧室直接受高温烟气的辐射和火焰冲刷, 所以一旦水冷壁管和锅筒底部结生水垢, 就很容易引起管壁、筒壁温度升高, 过热变形, 甚至发生爆管或鼓包破裂事故。

## 2 水冷壁爆管和锅筒鼓包爆破的原因分析

案例1——锅炉水冷壁爆管事故。某锅炉水冷壁管发生爆管。经检查, 爆口呈横向, 水冷壁局部胀粗, 表面发兰, 氧化皮很厚, 爆口处管壁明显减薄, 其管壁外侧严重脱碳; 爆口长约80 mm, 表面氧化皮很厚, 约为2.0 mm。氧化皮剥落后, 管壁表面有一道裂纹, 裂纹沿痕纹裂开。管内结垢约2.0~3.5 mm, 整个管壁均已减薄, 向火面管壁厚约为1.5 mm, 爆口边缘只有0.6 mm, 其管壁内外侧完全脱碳。

案例2——锅筒鼓包爆破事故。根据事故分析, 分为两种型式: 一种是在锅筒底部由于水垢、水渣堆积而产生约210×160 mm范围的鼓包。鼓包处筒壁逐渐减薄, 最后爆破形成了30×20 mm的破口, 破口边缘的金相组织是珠光体完全球化。

另外一种在锅筒底部, 水垢堆积厚约为100 mm, 使该处产生鼓包并形成裂纹, 裂纹长120 mm, 宽1.0~1.5 mm, 其裂纹边缘的金相组织珠光体完全球化。

## 3 机理分析

引起管壁脱碳或筒壁珠光体球化的前提条件之一是管壁、筒壁温度升高。锅炉是一种热交换设备, 水垢的生成会极大地影响锅炉的导热能力。锅炉结生水垢时, 水垢的导热系数很小, 约是锅炉钢板的1/20~1/400, 致使锅炉传热性能变差, 燃料燃烧的热量不能迅速地传给锅水, 致使炉膛和烟气温度进一步升高, 因此, 受热面两侧温差增大, 壁温升高。

在同一台锅炉中, 锅炉的传热面积和钢板厚度是一个固定不变的值。锅炉水侧的温度在一定工作压力下也是一个固定值。锅炉的工作压力和蒸发量固定的情况下, 每小时所需热量也是固定值, 这样介质的导热系数与锅炉火侧与水侧的温度差成反比。如果锅炉一旦结生水垢, 导热系数会大大减少, 为了保持热量值不变, 势必要增大火侧与水侧温度差。因此, 水垢愈厚, 导热系数愈差, 锅炉火侧的温度就得愈高。如此长期运行, 致使管壁、筒壁过热, 并使其金相组织发生变化。

综上所述, 由于水冷壁内结生水垢, 引起水冷壁壁温升高。在高温下, 管子内侧发生氧化脱碳现象。

## 4 预防措施

以上事故是由于水垢引起, 预防措施就应加强水处理的科学性。

(1) 根据地区水质情况, 锅炉用水量及锅炉用途选择合适的锅外水处理设备。如果水质较差, 锅

炉用水量大,用户对蒸汽品质要求较严,可采用二级钠离子交换。

(2) 配置专职水处理化验员。化验员素质要高,责任心要强,每班至少一人。严格按《低压锅炉水质标准》控制锅炉给水,锅水等各项指标符合标准要求。

(3) 在锅外水处理的基础上可配置锅内加药作为辅助处理,以进一步消除给水中的残余硬度,调节锅水碱度。

(4) 建立科学的排污制度,化验员可根据水质变化情况指导司炉排污。

(5) 锅炉水侧一旦结生水垢,要采用化学清洗方法将垢除掉。清洗完后,要对锅炉认真冲洗,防止残垢堆积在水冷壁、锅筒和集箱等处。

如果能做到上述几条,就可以避免或减少这类锅炉事故的发生。

参考文献:

[1] 李正华. 工业锅炉检验[M]. 北京: 北京科技出版社, 1992.  
 [2] 许兴伟. 低压锅炉水处理技术[M]. 北京: 劳动出版社, 1991.  
 [3] 杨世明. 传热学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1980.

( 辉 编辑 )

(上接第 655 页)

需要实验次数为 $3^4 = 81$ 次。意味着必须制造 81 个不同结构参数的装置,逐一实验,这在实际中既浪费,实验工作量又大。即使采用正交实验法设计实验,仍需要 9 个不同结构参数的装置,制造费用高、实验工作量大。

表 1 结构参数的水平

叶片切向角 $\omega / (^\circ)$	3	5	7
叶片数目 $N / \text{片}$	15	18	21
叶片高度 $H / \text{mm}$	180	230	280
旋流装置内径 $D / \text{mm}$	250	350	420

若采用数值模拟方法,应用 C 语言编制的计算程序,只需输入全面实验设计下的各结构参数组合及其它条件,可以迅速计算出每种装置的涡核局部阻力系数与气体带水量。小粒径的液滴即使在除水器内也不易被收集,若涡核出口处烟气带水量大,即烟气中含有大量吸收了  $\text{SO}_2$  的酸性小液滴,它们对脱硫装置后的烟道和风机有很强的腐蚀作用,以至出现钢制烟道和烟囱使用寿命不长,风机叶轮“飞车”事故等问题。湿式脱硫后烟气带水问题将造成很大的经济损失,因此把尽量降低气体带水量作为优化设计的主要目标。气体流量保持  $2\ 900\ \text{m}^3/\text{h}$ ,碱液量保持  $1\ 500\ \text{L}/\text{h}$ ,经计算,81 种结构参数组合中,叶片切向角  $\alpha = 3^\circ$ 、叶片数目  $N = 21$  片、叶片高度  $H = 180\ \text{mm}$ 、旋流装置内径  $D = 250\ \text{mm}$  时,烟气带水量最小为  $203.9 \times 10^{-3}\ \text{kg}/\text{m}^3$ ,涡核局部阻力系数虽不是最小值,但也在中下水平为 0.301。所以,结构参数取为叶片切向角  $\alpha = 3^\circ$ 、叶片数目  $N = 21$  片、

叶片高度  $H = 180\ \text{mm}$ 、旋流装置内径  $D = 250\ \text{mm}$ 。

5 结论

建立了湿式旋流烟气脱硫装置涡核区气流场及液滴在气流场中运动的数学模型,分别采用  $\kappa-\epsilon$  双方程模型及单颗粒动力学求出数学模型的数值解,用实验验证了数学模型及求解方法的正确性。

将数值模拟方法应用于旋流装置结构参数的设计,寻求烟气带水量低、阻力小的优化结构参数组合,大大节省了实验费用和工作量。数值模拟程序可用于相同结构的大、中、小型湿式旋流烟气脱硫装置的优化设计。

参考文献:

[1] 柳吉祥. 旋流分选的理论及应用[M]. 北京: 煤炭工业出版社 1985.  
 [2] 帕坦卡 S. V. 传热与流体流动的数值计算[M]. 北京: 科学出版社 1984.  
 [3] 周力行. 湍流气粒两相流动和燃烧的理论及数值模拟[M]. 北京: 科学出版社, 1994.  
 [4] 林 玮. 旋风分离器内气固两相流动的数值模拟及实验研究[D]. 上海: 上海工业大学, 1997.  
 [5] 陶文铨. 数值传热学[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1988.  
 [6] 刘永平. 旋流脱硫装置脱硫性能的研究[D]. 上海: 同济大学, 1999.  
 [7] 中国科学院数学研究所统计组编. 方差分析[M]. 北京: 科学出版社, 1977.

( 辉 编辑 )