包钢7#、8#高炉炉顶打水枪的结构优化*

曲云玉,吴建光,罗海泉,高靖文,沈后望,李明烨

(内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章着重介绍了高炉炉顶打水枪的结构优化过程。通过将枪体由原来复杂的内部双通道结构改为结构相对简单的水气合用通道,优化后可以利用现有材料制作炉顶打水枪,实现降低备件费用、提高冷却效果、降低生产成本、保证高炉安全稳定顺行的目的。

关键词: 打水枪; 单管式结构; 生产成本

中图分类号: TF325.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)06-0063-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.06.003

Structure Optimization for Water Gun on Top of 7# and 8# Blast Furnaces of Baotou Steel

Qu Yun-yu, Wu Jian-guang, Luo Hai-quan, Gao Jing-wen, Shen Hou-wang, Li Ming-ye

(*Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the structure optimization process for water gun on top of blast furnace is mainly introduced. It could be manufactured with the existing materials by changing its original complex internal double-channel structure to the relatively simple water-gas joint-use channel so as to reduce the cost of spare parts, improve cooling effect, reduce production cost as well as ensure the safe and trouble-free operations of blast furnace.

Key words: water gun; single channel structure; production cost

炼铁工艺是将含铁原料、燃料以及其他辅料按一定比例自高炉炉顶装入高炉,并在高炉下部沿圆周的风口向高炉内鼓入热风,在高温下焦炭与热风燃烧生成一氧化碳等还原性气体,下降的炉料与上升的高温煤气发生一系列的物理化学变化最终生成铁水和炉渣由铁口排出炉外的过程[1]。上升的高温煤气在发生一系列反应后经过重力、旋风以及布袋除尘等一系列工序最终进入煤气管网。高炉炉顶存在布料器、布料溜槽、料罐、阀箱等设备,如果炉顶温度控制失常,会给炉顶设备的安全运行带来严重隐患。同时炉顶温度过高还会烧毁干法除尘的布袋,一旦布袋烧坏,煤气含尘量就会显著升高,导致煤气系统管道和阀门损坏,影响高炉正常生产,因此控制合理的炉顶温度是十分重要的[2]。

目前7#、8#两座高炉控制炉顶温度的方法是采用炉顶打水系统对高炉炉顶温度进行控制,该系统的工作原理是使用雾化喷嘴向高炉内喷射雾化的、颗粒细小的水滴,与高温煤气结合后迅速蒸发并带

* 收稿日期: 2021-08-10

作者简介: 曲云玉(1976-),男,山东省牟平县人,高级技师,现从事高炉炉前技术与管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

走热量，最终实现高温煤气的降温，以保证炉顶设备和布袋除尘设备的安全运行[3]。

最初设计每座高炉设12根炉顶打水枪，使用过程中其中一根炉顶打水枪的位置被用于安装炉顶摄像，目前7#、8#高炉共有22根炉顶打水枪。

1 优化前的技术特点及存在的问题

1.1 优化前打水枪的技术特点

优化前使用的炉顶打水枪为套管式结构，主要由控制阀、枪体和螺旋喷头几部分组成，枪体由两根同心的管组成，分为内管和外管，如图1所示。

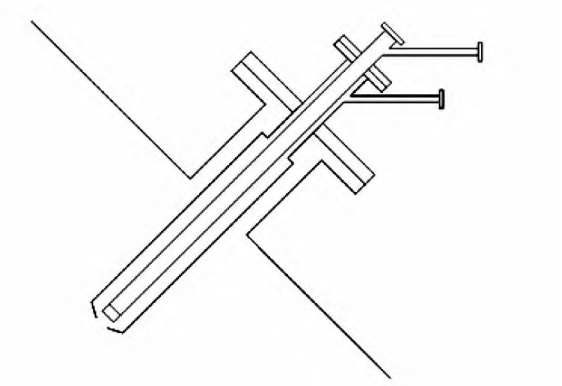


图1 改进前使用的炉顶打水枪示意图

炉顶打水枪内管为水路通道，在炉顶煤气温度超过规定值需要打水时，会根据程序自动开启炉顶高压水主管阀门，此时高压水通过炉顶打水枪前端螺旋喷头充分雾化后均匀地喷洒到炉内，冷却炉料和煤气[4]。当炉顶温度低于规定值时，炉顶打水会自动停止，通过炉顶打水枪将炉顶温度控制在一个合适的范围内。高炉炉顶煤气为荒煤气，粉尘含量较高，粉尘进入打水通道会造成打水通道堵塞。在高炉不打水时，为了避免粉尘堵塞打水通道，在外管与内管之间始终通入氮气进行吹扫。氮气通道的前端成锥体型向内收，使吹出的氮气在枪头前端形成一道锥型的气幕，将靠近枪头的煤气和粉尘隔离，起到防止炉顶打水枪堵塞的作用[5]。

1.2 优化前打水枪存在的问题

在生产过程中发现，优化前的炉顶打水枪存在以下缺陷：

(1) 优化前的炉顶打水枪为套管式结构，整体较为复杂，制造难度和成本相对较高。目前使用的炉顶打水枪采购成本为1.1万元/根，设计使用寿命为1年；

(2) 为了防止粉尘进入打水管道造成炉顶打水枪堵塞，在外管与内管之间需要始终通入氮气进行吹扫，氮气耗费大，造成氮气的浪费；

(3) 在内管通水打水时，外管与内管之间吹出的氮气气流会干扰水流的喷出，影响雾化效果；

(4) 氮气冷却效果差，炉顶打水枪前端的螺旋喷头容易被高温煤气流烧坏，造成炉顶打水枪不能雾化。在浪费水资源的同时，水流直接喷射在料面上引起料面温度剧烈变化，影响炉况顺行。此外水流打在料面上还会分解产生氢气，当氢气浓度达到一定数值时还会引起爆震，威胁高炉安全[6]。

2 炉顶打水枪的优化设计及特点

2.1 设计思路

优化前的炉顶打水枪主要存在结构复杂、使用寿命短、雾化效果差以及中压净环水与氮气浪费的问题。在炉顶打水枪优化设计过程中针对性地解决了上述问题，具体设计思路如下。

优化前的炉顶打水枪为套管式，整体结构较为复杂。重新设计的打水枪结构由套管式改为单管式，由内到外分为三层。第一层是水气合用通道；第二层用于固定螺旋喷头，二者通过螺纹连接；第三层为外壳，全部由无缝钢管制作，结构简单，材料易得。优化前炉顶打水枪采用氮气冷却，如遇高炉炉顶温度剧烈变化时氮气的冷却效果不能有效地保护炉顶打水枪，容易造成炉顶打水枪烧损。优化后的炉顶打水枪第二层与第三层之间填充耐火材料，用于保护水气通道，耐火材料的填充可以有效保护炉顶打水枪，大幅延长其使用寿命。

对打水枪前端的螺旋喷头进行了优化，优化后螺旋喷头的独特结构能够实现以较小喷头出口尺寸达到较一般喷头数倍大的液体流通截面。由于没有内芯结构，因此喷嘴的通道更加畅通，最大程度地减少堵塞现象。优化后的螺旋喷头液体喷射效率高，在同等喷射条件下，所需要的水量更少，起到节能增效的效果。

优化后的炉顶打水枪包括枪体、螺旋喷头以及连接阀门等几部分，优化后的炉顶打水枪总体及局部示意图如图2所示。

在实际使用过程中，连接阀一端与枪体连接，另外一端分别与中压净环水管和高压氮气管相连接。中压净环水管和高压氮气管分别由控制阀控制，当炉顶需要打水，中压净环水管控制阀开启，高压氮气

中国知网 https://www.cnki.net

控制阀关闭，中压净环水通过雾化喷头形成水雾对炉顶进行有效冷却；当炉顶不需要打水时，中压净环水控制阀关闭，高压氮气控制阀开启，可有效防止粉尘进入枪体内，造成喷头堵塞。

2.2　优化后炉顶打水枪的特点

优化后的炉顶打水枪在经过实际生产使用后取得了良好的效果，其特点主要包括以下几个方面：

（1）备件费用降低。优化后的炉顶打水枪结构简单，可利用高炉炉前区域现有材料进行制作。7#、8#两座高炉共有 22 根炉顶打水枪，原有炉顶打水枪的价格为 1.1 万元/根，计使用寿命为 1 年，而优化后的炉顶打水枪的成本只有 0.1 万元/根，预计使用寿命能够达到 3 年，每年可以节约备件费用 23.5 万元。

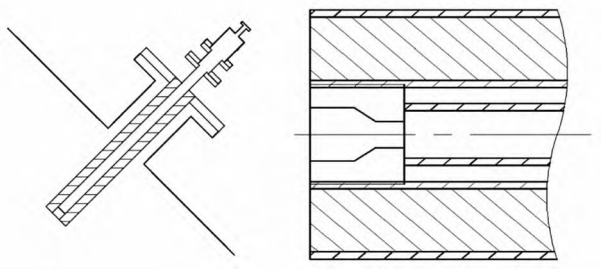


图 2　改进后的炉顶打水枪总体及局部示意图

（2）中压净环水用量减少。优化前的炉顶打水枪使用氮气冷却，冷却效果差，如果出现管道行程等异常炉况，就会烧坏喷头和炉顶打水枪本体。一旦烧坏喷头，经过炉顶打水枪的水不能雾化，导致冷却效果变差，用水量大幅增加。优化后的炉顶打水枪所使用的耐火材料能够有效保护螺旋喷头。经过测算，相同的冷却效果下优化后的炉顶打水枪所消耗的水量只有原来的三分之一。2018—2020 年，7#、8#高炉炉顶年均打水量为 145 263 t，中压净环水的价格为 0.95 元/t，每年节约费用13.8 万元。

（3）氮气用量减少。优化后的炉顶打水枪使用水气共用通道，只有在不需要打水时才通氮气，对喷头进行冷却、防尘。喷头出口直径较小，氮气耗费量也随之减少。通过生产统计，氮气量较优化前降低了约 2/3。2018—2020 年，氮气吹扫平均量为 375 m^3/h，优化后节约 250 m^3/h，每年可以节约氮气 219 万 m^3，氮气价格为 942.9 元/万 m^3，每年可节约费用 20.65 万元。

（4）保证高炉安全、稳定运行。螺旋喷头损坏后，经过炉顶打水枪的水不能雾化，水流直接打在料面上，在高温条件下会分解产生氢气，如果氢气浓度达到一定范围，还会引起爆震，威胁高炉安全。水流直接喷射在料面上引起料面温度剧烈变化，影响炉况顺行。优化后的炉顶打水枪可以保证雾化效果，消除上述问题。

3　结束语

以前使用的炉顶打水枪在使用过程中存在较多问题，结合现场实际情况对炉顶打水枪进行了优化，优化后的炉顶打水枪大幅降低了备件费用，中压净环水、氮气成本也明显下降。由于雾化效果好，冷却效果较优化前有明显改善，因此更加快速、有效地控制炉顶温度，对于保护高炉炉顶设备、保障高炉的稳定顺行和安全生产都有较大的作用。

参　考　文　献

[1] 王迎光，赵颖. 高炉冶炼炼铁技术工艺及应用[J]. 百科论坛，2020，(17)：586.

[2] 董国强，杨晓韬，徐艳丽，等. 唐钢 3 号 2 560 m^3高炉大修停炉实践[J]. 炼铁，2008，(4)：28－30.

[3] 胡佳. 3#高炉煤气喷淋降温装置控制系统改造及应用[J]. 能源研究与管理，2012，(4)：83－85.

[4] 梁利生，韩明明，王麟. 一种高炉炉顶打水降温装置[P]. 中国专利：CN203007286U，2013－06－19.

[5] 卫计刚，徐纪山，路振毅，等. 高炉降料线打水枪[P]. 中国专利：CN102286649A，2011－12－21.

[6] 刘全兴. 高炉开炉与停炉操作知识问答[M]. 北京：冶金工业出版社，2013.

中国知网　https://www.cnki.net