蒸发式空冷器喷淋系统技术改造

苏海清,孔丽丹

(内蒙古包钢钢联股份有限公司动供总厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章阐述了包钢6#高炉密闭循环水系统降温设施蒸发式空冷器的工作原理、结构及冬季运行过程中出现的问题,并针对问题提出解决方案。通过改造,优化空冷器水箱装置,降低生产新水损失量,提高6#高炉循环水利用率,并将成果进一步推广。

关键词: 高炉; 空冷器; 喷淋系统

中图分类号: TF573 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)03-0086-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.03.023

Technological Transformation for Spraying System of Evaporative Air Cooler

Su Hai-qing, Kong Li-dan

(*Power Supply General Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the working principle, structure and the problems of evaporative air cooler, the cooling facility for closed-cycle water system of 6# blast furnace in Baotou Steel in operation in winter are elaborated as well as the solutions are put forward. The loss of new water in production is reduced and the utilization rate of circulating water for 6# blast furnace is improved through transforming and optimizing the water tank of air cooler, which is further generalized.

Key words: blast furnace; air cooler; spraying system

蒸发式空冷器作为一种高效冷却设备,因其能耗低、效率高、节水、投资少、占地面积小、安装维护方便、操作稳定可靠等优点,在包钢6#高炉软水密闭循环系统中得以应用。但在运行过程中,喷淋水系统出现的问题较为突出,失水现象严重,制约着6#高炉吨铁水耗指标的提升,文章通过试验,对该系统进行了技术改造,有效的解决了此类问题。

1 工作原理及特点

蒸发式空冷器利用管外水膜的蒸发强化管外传热,通过水泵加压将设备下部在水箱当中的冷却循环水输送到管束上方的喷淋水分配装置,通过喷淋水分配装置进行均匀的喷水,覆盖传热管的表面,在传热管表面形成均匀的连续性的薄水膜,安装在管束上部的风机运行,空气在风机的作用下,由底部进风口进入空冷器内,空气自下而上形成流体,通过水平放置的管束外表面。传热管束的管外通过水膜和空气流动进行热交换,薄水膜吸收了大量的热量,加强了热交换的效率,起到降温作用。

空冷器主要由风机系统、管束系统、喷淋系统、构架水箱系统组成[1]。

收稿日期: 2018-01-18

作者简介: 苏海清(1978-),男,内蒙古通辽市人,工程硕士,高级工程师,现从事给排水管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

2　冬季运行出现的问题

30#泵站负责 6#高炉循环冷却水的供给，其中高炉冷却壁、炉底、热风阀、风口二套以及风口小套为密闭系统，降温设施为蒸发式空冷器。水箱补水水源为 6#高炉敞开式系统内的循环水，敞开式系统补水水源为生产新水（饱和指数为 7.15）和包钢总排回用水（饱和指数为 6.75），因新水含盐量明显低于回用水，为了降低空冷器管束垢下腐蚀速率，控制管束外壁结垢倾向，运行时根据饱和指数，对系统的浓缩倍数进行调整，将饱和指数维持在 $3.9 < SI < 6.0$ 之间，故补水选用生产新水。

选取 8 月份生产新水及回用水水质指标均值与系统运行环境对比进行了饱和指数计算，饱和指数系数选取值见表 1。

表 1　空冷器喷淋系统水源饱和指数系数选取值

项目	总溶解固体系数 A	温度系数 B	钙硬度系数 C	M 碱度系数 D
生产新水	0.2	1.8	1.7	2.0
回用水	0.2	1.8	1.4	2.1

生产新水、回用水饱和指数计算如下：

$$SI = 2pH_s - pH \quad (1)$$

式中：pH——水在使用温度下的实际 pH 值；

pH_s——水在使用温度下的饱和 pH 值。

$$pH_s = (9.3 + A + B) - (C + D) \quad (2)$$

式中：A——总溶解固体系数；

B——温度系数；

C——钙硬度系数；

D——M 碱度系数。

$$SI_{新水} = 2pH_s - pH = 2 \times 7.8 - 8.45 = 7.15$$

$$SI_{回用水} = 2pH_s - pH = 2 \times 7.6 - 8.45 = 6.75$$

30#泵站空冷器位于室外，由于冬季北方室外气温较低，空冷器运行时喷淋水飞溅，喷淋水在百叶窗内表面结冰严重，百叶窗进风口被冰柱封闭，进风量减小，同时进风不均匀，降温能力下降明显。

为解决此问题，从管理上要求操作人员每天两次强行除去百叶窗表面所结的冰块，保证进风均匀，虽然通风效果得以保证，但催生出新的问题：

（1）百叶窗材质为 PVC，大部分百叶窗由于表面附着的冰块使其变形，加上除冰使百叶窗损坏无法使用；

（2）喷淋水结冰后使空冷器屋顶静载荷增加。

3　存在问题及解决方案

3.1　通风问题

为了改善空冷器百叶窗结冰现象，提高空冷器降温效果，将空冷器四周百叶窗更换为单片 $\delta = 6$ mm 钢质挡板。观察更换单片挡水板后的效果：空冷器钢质挡板能将喷淋水很好地收集起来，但进风量不足，通风效果不好，空冷器降温能力受到限制，对运行调整不利[2]。

为解决通风问题，根据机械通风冷却塔结构设计原理，将进风口挡水板进行优化，由从前 1 块板设计为与水平方向呈 40°～45°的 2～3 块板，不仅削弱外界侧风的不利影响，均匀塔内通风，且改善空冷器的冷却性能，更符合北方冬季室外空冷器水冷设计，避免了因散水在进风口上结冰影响通风风量。

由此，将挡水板分割成两块，按与水平方向 40°夹角进行平行安装。通过运行检验，挡水板结冰现象基本消失，且通风效果良好，降温能力明显提高，但水箱内喷淋水外溅现象严重。

3.2　水损失量增大

以 7#空冷器为例，计算外溅水量。水箱体积：13.5 m^3；10 min 损失量：0.27 m^3；1 h 损失量：1.62 m^3。对 4#、6#、8#、9#、13#、15#空冷器进行跟踪，采集损失量数据见表 2。

表 2　空冷器喷淋系统损失水量　　m^3

设备编号	4#	6#	8#	9#	13#	15#
10 min 损失水量	1.4	2.4	2.7	2.2	1.9	1.6

每台空冷器每小时外溅损失水量均值约 2 m^3 左右，18 台空冷器每天损失水量约 864 m^3。根据高炉运行状况，整个高炉运行需要进行交换的热值是一定的，密闭系统本身耗水量很小，循环率可达 99.5%，而整个 6#高炉间接冷却水系统耗水量基本集中在蒸发、飞散、渗漏等途径，而整个系统中，蒸发损失的水量是必要的，通过运行观察，空冷器水箱喷淋水外溅是此系统飞散损失的重要途径。

3.3　喷淋水外溅

为了解决空冷器水箱喷淋水外溅问题，根据喷水冷却池回水台的设计原理，在空冷器上加装收水沿，可有效防止喷溅水的浪费。在空冷器水箱侧面加钢质收水装置，将外溅的喷淋水收集起来。于 2013 年 11 月选取 7#空冷器进行实验，将空冷器水

中国知网　https://www.cnki.net

箱三面均加钢收水装置，调整收水装置的坡度为 $i = 0.02 \sim 0.05$，并在收水装置底部加槽钢立柱。

经过一个冬天的验证，水箱内溅出的水基本上收于收水装置内，于2014年6月初开始，为所有空冷器安装收水装置[图]，2014年6月末安装完毕，结构见图1、图2。

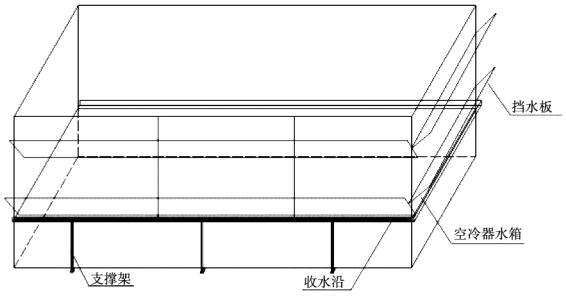


图1 空冷器钢质收水沿结构示意图

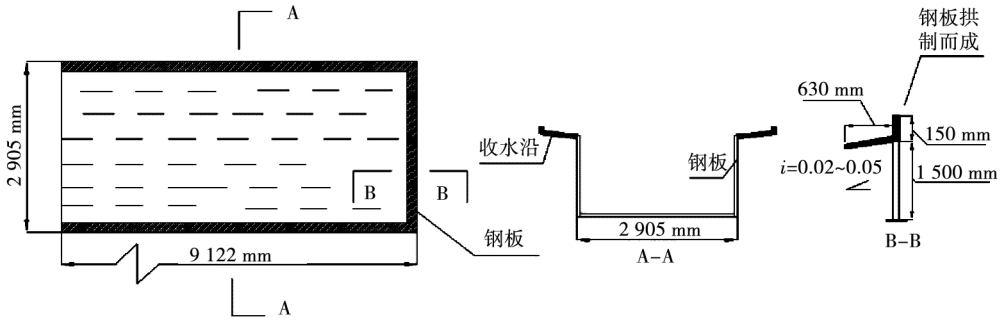


图2 空冷器钢质收水沿剖面示意图

说明：各部分组成单元用焊接。收水沿材质Q235B，名称：钢板 $\delta = 6$ mm，起集水作用，钢板拱制，收水沿坡度为 $i = 0.02 \sim 0.05$。支撑架材质Q235B，名称：10#槽钢，起支撑固定作用。

4 取得的效果

钢质收水装置节水效果明显，水箱内喷淋水外溅现象几乎杜绝，补水量较少，每台空冷器可节水1.7万 m^3/a，收水装置将空冷器外溅的喷淋水收集起来，重复使用，外溅喷淋水减少的同时，点巡检路线安全系数得以提高，屋面结冰问题杜绝，6#高炉循环水利用率提高0.4%，空冷器喷淋系统补水量及6#高炉循环水利用率见表3。

表3 改造前、后补水量及循环水利用率对比

季节	补水量/($m^3 \cdot h^{-1}$)		循环水利用率/%	
	改造前	改造后	改造前	改造后
夏季(2、3季度)	316	280	96.2	96.6
冬季(1、4季度)	170	134	97.9	98.3

5 结束语

通过对空冷器百叶窗进行改造，加装收水沿，在保证空冷器降温效果的同时，将空冷器外溅的喷淋水收集起来回流至水箱，重复使用，空冷器每天减少损失工业新水量约864 m^3，6#高炉循环水利用率提高0.4%，为包钢工业循环水重复利用率的提高、吨钢耗新水量的降低奠定了基础，同时此项改造成果在包钢4#高炉大修同步水系统改造中得以应用。

参 考 文 献

[1] 严煦世，范瑾初. 给水工程[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2006.
[2] 黄廷林，范瑾初. 水工艺设备基础[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2006.
[3] 孙文策，刘宏升. 工程流体力学[M]. 大连：大连理工大学出版社，2012.

中国知网 https://www.cnki.net