

关于高炉冷却水循环系统的分析及建议

许国峰,侯志广

(首钢迁安钢铁有限责任公司能源管理中心,河北迁安,064404)

【摘要】对首钢迁钢公司生产水新水供应系统进行了调研,提出修改建议,并制定了迁钢生产新水供给方案,一方面可以提高供水可靠性,另一方面可以获得较好的直接、间接经济效益。

【关键词】水循环;水压;软化水

【中图分类号】TF085

【文献标识码】B

【文章编号】1006-6764(2008)04-0062-04

Analysis and Suggestions on Cooling Water Circulation System of Blast Furnace

XU Guo-feng, HOU Zhi-guang

(Energy Sources Management Center, Shougang Qian'an Iron & Steel Co., Qian'an, Hebei 064404, China)

【Abstract】An investigation was made on the fresh water supply system for production of Shougang Qian'an Iron & Steel Co. Some improving suggestions were raised, and the fresh water supply scheme for the production was worked out. The scheme may increase reliability of water supply, and obtain better direct and indirect economic benefits.

【Key words】water circulation; water pressure; softened water

1 引言

目前国内钢铁企业吨钢综合耗新水的水平不均衡,与钢铁生产工艺流程、技术装备水平、给排水系统设置有关系,即水质处理程度越高,密闭循环率越高,自动化水平越高,水耗越低。涟钢2200 m³/h高炉工程总投资10.5亿元,2002年6月1日正式开工建设,只用了18个月时间顺利完工,该高炉是全国第二座采用软化水联合密闭循环水系统的高炉,武钢1号高炉是第一座。该系统总循环水量3650 m³/h,补充软水量1.83 m³/h,循环率99.95%。系统供水温度40℃,回水温度52℃。工艺流程如图1所示。

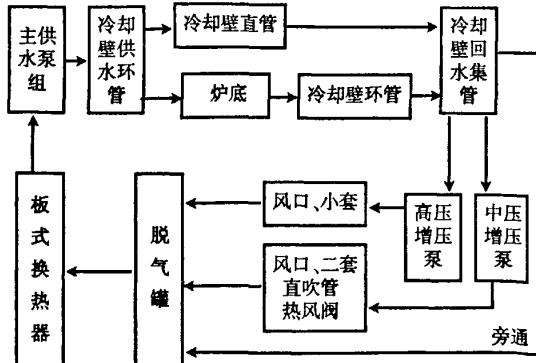


图1 高炉软化水联合密闭循环水系统流程图

主供水泵组将冷却后的软水送至冷却壁供水环管,一部分水冷却冷却壁直管,一部分水先经过炉底再冷却冷却壁蛇型管,两部分回水回至冷却壁回水管;回水中的一部分经高压增压泵组加压供风口小套冷却,一部分经中压增压泵组加压供风口二套、直吹管及热风阀冷却,其余回水采用旁通,三部分回水均进入脱气罐脱气后,再经回水总管进入板式换热器,经冷却后循环使用。

高炉冷却水循环系统的正常运行对生产起着重要的作用,按首钢设计院设计,迁钢一期吨钢综合耗新水5.62 m³/t(含焦化厂和回用水),迁钢二期设计吨钢综合耗新水5.07 m³/t(含焦化厂和回用水,不含电厂),吨钢综合耗新水5.93 m³/t(含焦化厂和回用水,含电厂)。迁钢指标设计处于先进水平。下面针对迁钢高炉循环水系统的组成及系统运行情况进行分析,并提出相应的改进建议。

2 高炉循环水系统介绍

2.1 高炉循环水系统组成

迁钢高炉冷却水循环系统由常压水、二、三段高压、风口高压、冷媒水、炉体软化水、热风炉软化水及软化水自动补水等几个系统组成(见图2),系统庞大,循环水量较大,具体情况如下:

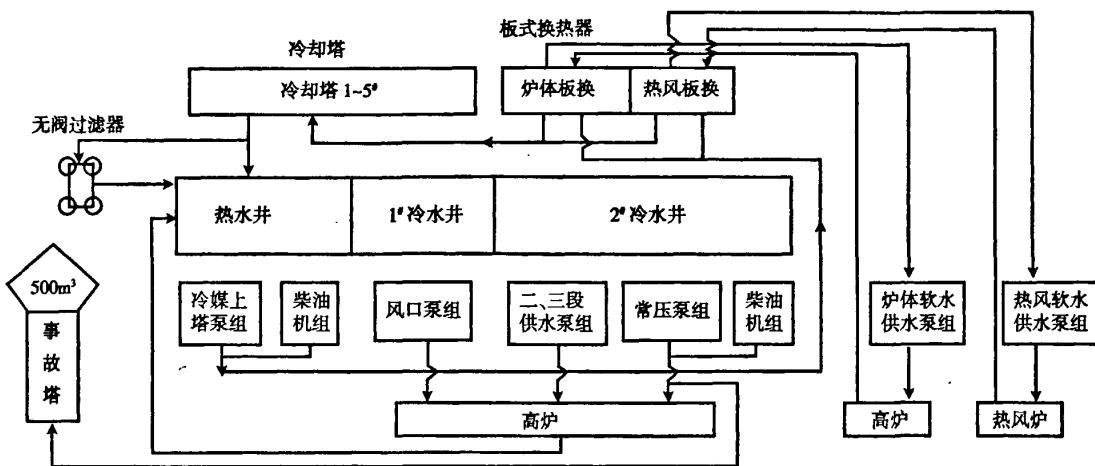


图2 迁钢1#高炉冷却水循环系统流程图

(1)常压水系统

冷却循环水量 $1934 \text{ m}^3/\text{h}$, 出铁场标高零米处压力 0.65 MPa , 主要供给炉体一段、四段、五段、十六段冷却壁、风口大套、炉体软化水密闭循环、热风炉软化水密闭循环的工业备用水, 同时负责炉体及热风炉系统各个液压站、上料系统稀油站的冷却水; 出铁场及上料除尘等净循环用水, $350S125B$ 水泵 4 台, 流量 $1100 \text{ m}^3/\text{h}$, 水泵扬程 96 m , 功率 500 kW , 柴油机事故泵 1 台, 2 用 2 备, $DN600$ 管道双进双出架空。回水进入压力回水井后进入联合泵站热水池。

(2)二、三段高压水系统

冷却循环水量 $3250 \text{ m}^3/\text{h}$, 出铁场标高零米处压力 1.1 MPa , 主要供给炉体二、三段冷却壁用水, $350S125$ 水泵 4 台, $1260 \text{ m}^3/\text{h}$, 125 m , 710 kW , 三用一备, $DN700$ 管道单进单出。回水进入压力回水井后进入联合泵站热水池。

(3)风口高压水系统

冷却循环水量 $1850 \text{ m}^3/\text{h}$, 出铁场标高零米处压力 1.7 MPa , 主要供给炉体风口中套、小套冷却用水, $250DK240A$ 水泵 3 台, $1000 \text{ m}^3/\text{h}$, 191 m , 694 kW , 两用一备, $DN600$ 管道单进单出。回水进入压力回水井后进入联合泵站热水池。

(4)冷媒水系统

冷却循环水量 $7012 \text{ m}^3/\text{h}$ (最大 $7862 \text{ m}^3/\text{h}$), 出水压力 0.42 MPa , 主要供给板式换热器冷媒水并对以上三种水进行上塔冷却。 $700S45$ 水泵 3 台, $4200 \text{ m}^3/\text{h}$, 42 m , 710 kW , 柴油机事故泵 1 台, 两用一备, $DN1200$ 管道单进单出, 从热水池取以上三个系统回水, 通过板换吸收软化水热量、冷却塔降温进入冷水池作为以上三个系统的出水。

(5)炉体软化水系统

冷却循环水量 $4500 \text{ m}^3/\text{h}$, 出铁场标高零米处压力 1.0 MPa , 主要供给炉体 6~8 段(铜)、9~15 段冷却壁用水, $t_1 \leq 45 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 \leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$, $500S59$ 水泵 5 台, $2016 \text{ m}^3/\text{h}$, 59 m , 450 kW , 柴油机事故泵 1 台, 两用三备, $DN700$ 管道双进双出, 架空, 密闭循环。

(6)热风炉软化水系统

冷却循环水量 $650 \text{ m}^3/\text{h}$, 供水压力 1.3 MPa , 主要供给热风炉热风阀、回压阀、混风阀冷却用水, $t_1 \leq 45 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 \leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$, $250S65A$ 水泵 3 台, $462 \text{ m}^3/\text{h}$, 53 m , 110 kW , 柴油机事故泵 1 台, 2 用 1 备, $DN400$ 管道单进单出, 架空, 密闭循环。

2.2 存在的问题**2.2.1 水压问题**

正常情况下, 高炉冷却系统的给水压力应以满足下列要求为原则: 冷却设备内的水压(串联时应为最后一个冷却设备)应比它所处部位的炉内煤气压力大 $0.03\sim0.05 \text{ MPa}$; 风口、渣口内的水压应比它所处部位内煤气压力大 $0.08\sim0.1 \text{ MPa}$ 。在事故情况下, 应保证高炉炉体最高最后一个冷却设备不断水和风口冷却部位入口水压不低于 $0.08\sim0.12 \text{ MPa}$ 。见表 1、表 2。

表1 不同炉容高炉要求的给水压力

高炉有效容积/ m^3	给水压力 P/MPa
255	0.2~0.4
620	0.38~0.45
1000	0.5~0.58
1500	0.55~0.6
2000	0.55~0.6
2000以上	≥ 0.65

注:给水压力以高炉前轨面标高为基准

表2 一些大型高炉要求的给水压力

高炉有效容积/m ³	风口冷却/MPa	炉体冷却/MPa	热风炉冷却/MPa
1260	1.5	0.6	0.3
1350	1.7	0.7	0.7
2500	1.4	0.54	0.54
3500	1.5	0.65	0.60
4063	1.6	0.65	0.70
4350	1.45	1.28	0.70

注:给水压力以高炉前轨面标高为基准。

风口前端热负荷大,当冷却水流量太小,水压不够时,不但不能带走产生的热量,而且易形成局部过热而汽化,甚至带来重大事故。所以风口冷却水供水压力要求达到1.5 MPa或更高些,一般风口冷却应设单独供水以满足其压力要求。

水的饱和蒸汽压力,即在一定水温下,防止液体汽化的最小压力,其值与水温有关。水的汽化随压力的下降以及水温的升高而加剧,水的汽化伴随着原先溶解在水里的气体自动逸出,形成的气泡中充满蒸汽和溢出的气体,如气泡被四周水压压破,水流因惯性以高速冲向气泡中心,在气泡闭合区内产生强烈的局部水锤现象,其瞬间的局部压力可以达到几十 MPa,即汽穴现象。

金属表面承受局部水锤作用,其频率可达20 000~30 000次/秒之多,就象水力楔子那样集中作用在以平方微米计的小面积上,经过一段时期后,金属就产生疲劳,金属表面开始呈蜂窝状,随之,应力更加集中,金属表面出现裂缝和剥落,与此同时,在水和蜂窝表面间歇接触下,蜂窝的侧壁与底之间产生电位差,引起电化腐蚀,使裂缝加宽,最后几条裂缝互相贯穿,达到完全蚀坏的程度,即产生汽蚀,危害巨大。

实际上一些高炉水冷却系统损毁主要由此原因造成。

2.2.2 工业冷却水系统设置问题

设计风口高压水、二、三段高压水、常压水单独设置经高炉冷却系统后均进入高炉底部的压力回水井后进入DN1400管道后直接进入联合泵站热水池,经冷媒水泵加压到板式换热器后上冷却塔冷却进入冷水池作为以上三个冷却水系统的水源,问题该三个冷却系统经高炉部分冷却流程后,富裕水头分别为0.3~1.3 MPa,能源浪费,经济损失巨大。

同时由于巨大的势能转化动能,流速瞬间很大,对集水井的水造成强烈冲击,形成气液两相流从透气管冲出,给迁钢1#高炉的生产造成很大影响,被迫采取投加消泡剂等措施。

经研究,认为可采取以下措施:

(1)停常压水泵运行,二、三段高压水系统冷却后的水靠余压(0.7 MPa左右)进入常压水供水管道冷却循环,常压水泵(正常运行2台)处于备用状态。流量、压力均能匹配。进行适当改造即可。

(2)三个冷却水系统的回水不能直接进入DN1400管道,其中风口高压回水经减压阀后进入管道,直接上板换和冷却塔,冷媒水泵(正常运行2台)停运,热水池做冷水池使用,节能效益巨大,并增加了冷水池的储水容积。

则年节电效益:330×24×(500×2+710×2)×0.7×0.5元/kWh=668万元(330为年工作日,因每年高炉检修改造等问题时,水泵组需要少开或者停泵的情况;24为一天的工作时数;500为常压水泵组额定功率500 kW/h;710为冷媒水泵组额定功率710 kW/h;因水泵不一定总在额定功率工作,正常情况要稍小于额定功率,所以取0.7的功率系数;0.5元/kWh为用电单价)

还有其它效益,并由于在二、三段高压冷却流程后增加了管道长度和水的输送高度,管道特性参数改变,二、三段高压的供水压力更能有保证。

2.2.3 串级使用关于水温的问题:

二、三段高压供、回水的温度分别为33℃、35℃,这样常压水的供、回水温度分别为35℃、37℃,是完全可以的。在高炉给水温度一般要求不大于35℃,高炉冷却循环的实践证明,被保护的高炉砌体(内衬)和设备,在汽化冷却的温度条件下,没有不良的影响。因此合理提高冷却水的排水温度不只是允许,而且是节约用水的重要途径。

迁钢2650 m³高炉,分工业水、软化水两部分循环冷却系统,工业水系统又分常压水、二三段冷却和风口高压三个独立系统,总循环水量11 000 m³/h(包含软水),为炼钢的3.01倍,生产水补水量60 m³/h左右,软化水补水量6 m³/h左右。相比较迁钢高炉水循环冷却系统设计不够先进、合理,即可以按炉体各部位供水及回水温度由低及高合理串级使用(需要进一步论证及试验),有巨大的技改空间和节水潜力。炉体各部位水温允许范围及供回水温度见表3、表4所示。

表3 炉体各部位水温差允许范围 ℃

冷却部位	255m ³	620m ³	>1000m ³
炉身上部	10~14	10~14	10~15
炉身下部	10~14	10~14	8~12
炉腰	8~12	8~12	7~12
炉腹	10~14	8~12	7~10
风口带	4~6	3~5	3~5
炉缸	<4	<4	<4
风、渣口大套	3~5	3~5	5~6
风、渣口二套	3~5	3~5	7~8

表4 高炉各部位供回水温度 ℃

高炉容积	高炉炉体	高炉风口	风、渣口
1260m ³	50~60.6	35~41	35~41
1350m ³	55~62.5	55~60.5	35~45
2500m ³	45~56	33~38	33~38
3500m ³	49~58	49~58	49~58
4063m ³	35.5~41	33~41	33~41
4350m ³	45~56.5	45~60	33~40

3 结论

高炉冷却水循环系统水压和循环水量同等重要,循环水量对于冷却的意义重大,对水压有必要进行深刻阐述,对于高炉冷却水系统,迁钢1#高炉的冷却水流量要保,压力需认真测算,综合考虑,确定最低供水压力,以便使热风炉软化水和炉体软化水

自动补水系统尽快投入。

[参考文献]

[1]王笏曹主编.钢铁工业给水排水设计手册[M].北京:冶金工业出版社,2002.

收稿日期:2008-03-08

作者简介:许国峰(1968-),男,给排水高级工程师,现从事给排水专业技术管理工作。

(上接第61页) D型滤池反冲洗废水回到污水处理系统进行再处理。

反应沉淀池排泥直接排入污泥处理站进行压滤脱水,制成泥饼回收利用。

D型滤池采用气水联合冲洗。反洗空气由罗茨风机提供,反洗水则来自清水池。

6 结束语

“零排放”是工业水资源利用的理想目标,积极

开发非传统水资源,例如:海水淡化及废水利用,但都因地制宜,综合考虑,为钢铁工业可持续发展作贡献。

收稿日期:2008-03-12

作者简介:孙志宝(1974-),男,1998年毕业于湖南大学土木工程系给排水专业,大学本科,工程师,现从事给排水设计工作。