

节水与回用

炼钢生产用循环冷却水系统的节水改造

谭立国, 刘金, 郭春艳, 黄晓家
(中国中元国际工程公司, 北京 100089)

摘要: 某钢铁企业循环冷却水系统正常运行一年多后,循环水开始产生大量泡沫,并愈发严重。分析了该循环冷却水系统的起泡原因,介绍了所采取的处理措施,经过研究讨论提出了改造方案。2年多的运行实践表明,采取的改造方案经济合理,循环冷却水系统实现了安全经济运行,出水水质指标达到了用水水质目标,彻底解决了循环水产生大量泡沫的问题。该钢铁企业循环冷却水系统的改造案例,可为类似工程提供借鉴和参考。

关键词: 循环冷却水; 节水改造; 运行实践

中图分类号: TU99 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2011)10-0085-04

Energy-saving Reconstruction Case of Circulating Cooling Water System for Steel Production

TAN Li-guo, LIU Jin, GUO Chun-yan, HUANG Xiao-jia
(China IPPR International Engineering Corporation, Beijing 100089, China)

Abstract: After more than one year of normal operation of circulating cooling water system of a steel enterprise, large amount of foam began to appear in circulating cooling water system and became more serious. The causes of foam formation were analyzed, the treatment measures were introduced, and the reconstruction scheme was proposed. The operation practice for more than two years shows that the scheme is economic and reasonable, the circulating cooling water system achieves the safe and economic operation, the effluent indexes reach the water quality requirement, and the problem of circulating water bubble is completely solved. The reconstruction case of circulating cooling water system of the steel enterprise can provide reference for similar projects.

Key words: circulating cooling water; water saving reconstruction; operation practice

在钢铁企业炼铁、炼钢中,工业循环冷却水系统对于正常的生产和设备的安全起着至关重要的作用^[1]。随着钢铁工业技术装备的不断提高,对其用水水质、水量等都提出了更严格的要求。目前,由于国家对环境保护的重视及企业考虑生产运营成本、产品质量等因素,钢铁企业对水处理的运行及相应的设施投资也愈发重视和加大。在工业循环冷却水系统设计和运行过程中,贯彻节水节能措施,将有助于控制整个项目的能耗,对于节能减排具有积极的意义。

1 工程概况

1.1 循环冷却水系统概述

某炼钢企业生产用循环冷却水系统主要用于保证电炉和钢包精炼炉等设备的安全冷却。该企业的循环冷却水系统的总循环量为 3 000 m³/h,设备冷却水的出入口温差为 8~10℃,冷却水入口压力为 0.60 MPa,冷却水出口压力为 0.20 MPa,出水经集水槽泄压后重力流入热水池,通过循环泵将热水送至冷却塔降温后流入冷水池,冷却水为软化水。

循环冷却水工艺流程如图 1 所示。电炉用冷却

水的水质指标见表1。

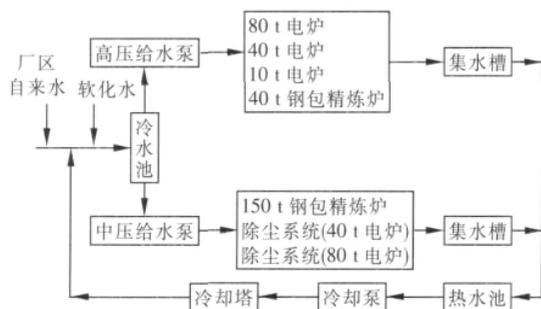


图1 循环冷却水流程

Fig. 1 Flow chart of circulating cooling water system

表1 电炉用冷却水的水质指标

Tab. 1 Index of cooling water quality for electric furnace

项目	自来水水质	电炉冷却水水质
pH 值	7.2	7~9
CaCO ₃ 硬度/(mg·L ⁻¹)	262.5	30~240
MgCO ₃ 硬度/(mg·L ⁻¹)	102.9	≤80
CaCO ₃ 碱度/(mg·L ⁻¹)	384.4	50~200
Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹)	11.3	≤200
硫化物/(mg·L ⁻¹)	67.9	150
Fe/(mg·L ⁻¹)	0.02	0.5
SiO ₂ /(mg·L ⁻¹)	17.69	≤50
TDS/(mg·L ⁻¹)	444	≤100

该工程于2003年开始设计和施工,2005年9月正式投产运行,运行效果良好,水质监测各项工艺指标均在正常范围之内。但是,自2006年底开始,循环冷却水系统出水开始产生大量泡沫,加入杀菌剂后反应更加剧烈。到2007年初此现象愈发严重,常常从水池中溢出大量泡沫覆盖在水池的盖上。尤其是投入杀菌剂后,反应剧烈时会向外强力喷射水柱,威胁行人安全。循环水结垢明显增大,引起换热器的结垢并影响换热设备的热交换效果,以至最后导致换热设备因温度过高而损坏。

1.2 原因分析

笔者经过现场实际调研考察以及听取业主的介绍,认为水质恶化原因如下:

① 循环冷却水中投加的杀菌剂含有少量表面活性剂助剂,引起了泡沫的产生。

② 循环水的pH值和碱度升高,也促进了泡沫的产生。循环水系统经过一年多的运行,其pH值和碱度等指标呈逐步上升趋势,具体见表2。

以前由于施工原因,多个水管阀门都在不停地漏水,水流失量很大,相当于循环水系统连续排污,

再通过不断补充软化水,使循环水的碱度通常维持在500 mg/L以下。自从2007年1月车间停产检修,将循环水池排空、检修管道并堵漏后,系统因漏水而自动排污的功能丧失,同时系统又很少主动排污。这样就造成水中的浊度、COD_{Mn}、生物粘泥和表面活性剂(虽然有少量损失)的循环累计增长,为循环水产生泡沫创造了有利条件。

表2 循环水的水质指标

Tab. 2 Index of circulating cooling water quality

项目	2005年 9月	2006年 6月	2007年 4月	2007年 6月	备注
pH 值	8.67	8.94	9.04	9.1	月平均
Ca 硬度/(mg·L ⁻¹)	214.33	126.13	129.48	159.36	月平均
碱度/(mg·L ⁻¹)	456.02	513.06	596.95	659.26	月平均

③ 循环冷却水系统的补充水为阳离子交换树脂水,此水硬度低、碱度高,经运行蒸发浓缩后循环冷却水成为负硬水(尤其在循环水系统未及时排污时)。此时循环水的pH值为9.1左右,碱度中CO₃²⁻含量已达30 mg/L以上,同时循环水中的Ca²⁺(CaCO₃计)约200 mg/L。在这种情况下,即使循环水中投加了阻垢缓蚀剂,也不能阻止系统结垢。

④ 循环冷却水系统的设计不合理。首先该系统的冷却介质(软化水)应为闭式系统,需经过二次换热后供炼钢炉冷却用,软化水直接进入冷却塔冷却不仅会造成软化水的污染,而且补水成本也会增大;循环水通过冷却塔时,将空气中的灰尘、炼钢排出的三氧化二铁等粉尘洗涤在水中,并进入循环水系统,从而导致循环冷却水系统的pH值和碱度升高。同时循环水的浊度、COD、生物粘泥等含量也会大幅增加,水中易沉降的悬浮物会在冷却水中水流速度较小的部位沉降下来,并粘附在金属表面。若该现象发生在换热器内,则会影响传热效果,造成污垢沉积和腐蚀。其次,该系统无旁流处理设施。一般来说循环冷却水系统皆应设旁流处理设施,旁流量为循环冷却水量的1%~5%^[2],旁流处理可保持循环水水质,使循环水系统在较高的浓缩倍率下安全经济运行。

1.3 解决措施

针对循环冷却水起泡现象,业主先后采用以下几种方式来解决。

① 采用更换或去掉杀菌剂中的表面活性剂,同时采取投加消泡剂的办法来降低循环水中的泡

沫,但效果不是很理想,且消泡剂的大量使用会增大循环水系统的运行成本。

② 通过投加硫酸降低循环水的碱度和 pH 值(7.0~9.2)。实际运行显示,该系统硫酸投量需 100~150 kg/d,不但加酸量大且运行成本高。

③ 通过大排大补的方式降低循环水的 pH 值和碱度。由于循环冷却水系统没有旁滤器,因此通过系统排污来降低循环水的碱度、pH 值、浊度、COD_{Mn}、生物粘泥和表面活性剂等,保障了循环冷却水系统的良好运行,解决了循环水产生泡沫的问题。

虽然通过大排大补的方式在一段时间内解决了泡沫频繁产生的问题,但其补水量相应增大,补水水源为厂区自来水和软水混合勾兑的方式。笔者在考察时测试并采集到平均补水量为 75 m³/h,约占循环水总量的 2.5%,该补水量折算成设计浓缩倍数 $N=2$,远小于国家设计规范规定的最小值($N=3$)^[3]。可见,该方式并不能保证循环冷却水系统的安全经济运行。

为了达到既安全可靠又经济运行的目的,经过方案研究讨论后决定对其循环冷却水系统进行改造,改造后的循环冷却水流程如图 2 所示。

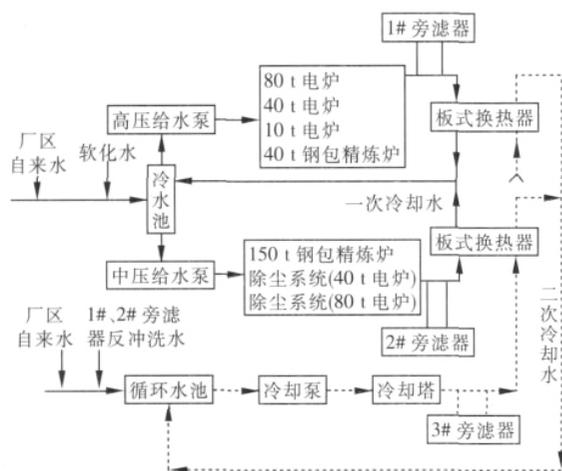


图 2 改造后的循环冷却水流程

Fig. 2 Flow chart of reconstructed circulating cooling water system

改造后的电炉冷却水系统采用二次换热方式,设备用循环冷却水(一次循环水)系统为封闭式,取集水槽,利用设备冷却水出水约 0.20 MPa 的余压直接进入板式换热器降温,一次冷却水经板式换热器换热给二次循环冷却水系统;二次冷却水系统为

开放式,将经过板式换热器的热水通过机械通风逆流冷却塔散放到大气中。

为了保证循环冷却水的水质,改造后的循环冷却水系统增设了旁流处理设施,即 1#~3#全自动反冲洗网式过滤器,一次循环冷却水补充水仍采用厂区自来水和软水混合勾兑的方式,设计补水量为循环水总流量的 0.1%^[1],二次冷却水系统的补充水为厂区自来水和 1#、2#旁滤器的反冲洗水,从而达到了一次循环冷却水零排放的标准^[4]。根据以往设计经验,设计浓缩倍数取 5,即设计补水量为 45 m³/h,占循环水总量的 1.5%。

2 运行效果及经济分析

2.1 运行效果

改造后的循环冷却水系统于 2008 年 5 月投产,经过两年的运行实践,其出水浊度、pH 值、碱度、COD_{Mn}及异养菌等指标达到用水水质要求。循环水系统运行又恢复了正常,彻底解决了循环水中产生大量泡沫的问题。该系统的一次循环冷却水平均补水量为 2.5 m³/h,小于设计值;由于将一次冷却水的旁滤系统反冲洗水作为二次冷却水的补水水源,二次循环冷却水平均补水量(工业新水消耗量)仅为 30 m³/h,低于设计值。

2010 年 6 月的循环水月平均取样测试结果见表 3。

表 3 循环水取样分析结果

Tab. 3 Analysis result of circulating cooling water quality

项目	改造前循环水	改造后循环水
浊度/NTU	4.21	2.63
pH 值	9.17	8.98
碱度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	670	150
CaCO ₃ 硬度/(mg·L ⁻¹)	200	185
MgCO ₃ 硬度/(mg·L ⁻¹)	85	84
Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹)	67.93	41.57
Fe/(mg·L ⁻¹)	1.53	0.50
亚硝酸根离子/(mg·L ⁻¹)	0.27	0.19
铵离子/(mg·L ⁻¹)	0.85	0.53
COD _{Mn} /(mg·L ⁻¹)	4.46	2.72
异养菌/(10 ⁵ 个·mL ⁻¹)	4.6	1.2
总磷/(mg·L ⁻¹)	6.20	4.94
TDS/(mg·L ⁻¹)	444	300

2.2 经济分析

循环冷却水系统的改造充分利用原有设备及设施,本次改造新增了 3 台自动反冲洗网式过滤器及(下转第 92 页)

青虹路(SN1路~SN3路)高架全长为600m,道路面积为13200m²,设计80%的高架道路雨水进行蓄渗处理。根据上海市降雨特性,采用式(1)和式(2),计算得到调蓄雨水量 U_1 为30mm,蓄水层有效高度取0.4m,孔隙率为0.8,所需蓄渗装置面积为1238m²。

2.4 效益分析

本工程采用在高架道路地面景观隔离带下设置蓄渗装置的方式,就地处理了5倍于装置面积的高架道路全年80%的路面径流。若扩大雨水蓄渗的收集面积,可有效削减该区域的径流量,提高排水标准,减轻排水系统的运行负荷。

3 结语

雨水综合利用的推广,除了传统理念的转变和技术进步外,关键在于政府相关政策的扶持,采取强制性和优惠性并举的措施,有利于雨水综合利用工作的健康发展。上海市政府目前尚未出台有关雨水回用的政策,建议虹桥综合交通枢纽等大型公共设施的管理部门可以先参考国内外的一些做法,结合区域建设的实际情况,推陈出新、因地制宜。具体可包括:

- ① 区域内新开发建设的基建项目,在报建时,

(上接第87页)

1000m²的板式换热器,设备一次性投资费用为40万元,补水量节省近45m³/h,按照当地工业用水价格为1.7元/m³计算,该钢铁企业年节省费用为60.588万元,一年内即可收回设备投资成本。

3 结论

该工程通过两年多的运行,系统的节能性、经济性及安全性在一定程度上有所体现。通过循环冷却水系统节水改造实施方案,可以得到如下启示:

① 设计质量直接关系到系统运行的合理与否,进而影响到工程全面。在设计的全过程中,对设备工艺的了解以及与业主方技术人员不断进行系统方案的交流及设计细节的探讨,对于系统的精确计算和完善设计是十分重要的。

② 日常运行中需要与用水单位密切联系,掌握动态用水情况,避免和减少循环水任意外排造成的补充水和药剂浪费,做到充分利用水资源、节省药耗、降低运行成本。

必须同时上报使用回用水的设计内容,大型公共设施中可同时设置饮用水管和回用水冲厕水管,未提交以上内容的基本建设规划不予审查。

② 大型公共设施周边的园林绿化浇灌、景观水池水体置换、能源中心冷却补充水、市政道路除尘降温用水等低水质用户必须使用回用水。

③ 在广泛宣传再生水的基础上,利用经济杠杆,合理调整区域内部自来水价格,给回用水的推广留有价格竞争的空间。

④ 成立回用水运作机构,在政策的指导下,以市场经济模式开展回用水的运作。

⑤ 加大对回用水的宣传力度,增强全民节水意识,有利于回用工作的开展和建设生态城市。

参考文献:

- [1] 赵昕,刘鹏. 国家体育场雨水收集池设计[J]. 给水排水, 2006, 32(9): 73-76.
- [2] 邹伟国,张辰,陈嫣. 城市雨水浅层地下蓄渗技术及其应用研究[J]. 给水排水, 2008, 34(增刊): 145-148.

E-mail: franktan@163.com

收稿日期: 2010-12-29

③ 日常运行中,管理是关键。建立健全规章制度,提高岗位人员的技术水平,严格工艺纪律,是做到安全、平稳运行的基础保证。

参考文献:

- [1] 华东建筑设计研究院有限公司. 给水排水手册: 第4册工业水处理(第2版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] GB 50050—2007, 工业循环冷却水处理设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [3] GB/T 50102—2003, 工业循环冷却水设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [4] GB 50505—2009, 钢铁企业节水设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.

E-mail: tanliguo@ippr.net

收稿日期: 2011-03-20