

文章编号: 1674- 6139(2011)02- 0020- 05

钢铁企业工艺节水的技术途径研究

石岩^{1,2}, 唐运平¹, 季民², 许丹宇¹

(1. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191; 2. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘要: 水资源短缺是中国钢铁企业发展的瓶颈, 大力推广节水技术对促进企业的可持续发展具有积极意义。针对中国钢铁企业生产工艺与设备普遍落后、用水量、水循环回用率低、水资源严重浪费的用水现状, 从开发利用非常规水源、推广节水型工艺技术、强化串级用水和循环用水、废水处理技术等几方面探讨了钢铁企业工艺节水的技术途径, 并对钢铁企业节水工作提出了几点建议。

关键词: 钢铁企业; 节水技术; 非常规水源; 串级用水; 循环用水

中图分类号: X383

文献标识码: B

Study on Technical Ways of Saving Water in Iron and Steel Enterprise

Shi Yan^{1,2}, Tang Yunping¹, Ji Min², Xu Danyu¹

(1. Tianjin Academy of Environmental Science, Tianjin 300191, China)

2. School of Environment Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract Water resources shortage has been the bottleneck in the development of iron and steel enterprises in our country. Therefore, it was positive significant to popularize water-saving technology in order to promote sustainable development of enterprises. According to the water usage situation of backward production processes and equipments, excessive water consumption, low water recycling rate and serious waste of water resources, technical ways of saving water in iron and steel enterprises were discussed, such as exploitation and utilization of non-conventional water resource, popularizing water-saving technology, strengthening water in series and water recycling, wastewater treatment technology and so on. Also some suggestions of water-saving in iron and steel enterprises were proposed.

Key words iron and steel enterprise; water-saving technology; non-conventional water resource; water in series; water recycling

前言

钢铁工业作为耗能、耗水大户, 已被国家发改委、水利部、建设部联合发布的《节水型社会建设“十一五”规划》划定为“十一五”期间七大节水工业之一。从中国整个钢铁工业布局来看, 有近 50% 的钢产量在北方是严重缺水地区, 尤其是华北地区, 水资源短缺将成为中国钢铁企业发展的瓶颈, 大力推广节水技术对促进中国钢铁企业可持续发展具有积极意义。目前, 中国钢铁企业在节水方面与国外发

达国家有一定程度的差距。有关研究指出^[1], 一些工业发达国家的废水回收利用率达到 95% 以上, 中国宝钢、首钢、济钢等部分大型钢铁企业近年来通过技术改造, 废水回收利用率也达到 90% 以上, 但从全国总的情况看, 钢铁企业废水回收利用率仅为 75% 左右。因此, 在当前世界范围内水资源紧缺的情况下, 在钢铁企业中开展节水、治水、提高水的重复利用率具有重大的现实意义, 任重而道远。

1 钢铁企业工艺节水技术

节水技术的核心是提高水的利用效率。钢铁企业用水要节流与开源并重, 节流优先, 治污为本, 取消直排水, 提高用水效率, 实现多级、串级用水, 提高水的循环利用。国内外专家学者研究表明^[2], 运用目前先进的节水技术和方法, 在不影响经济发展和降低生活水平的前提下, 完全可以实现工业节水

收稿日期: 2010-08-11

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2008ZX07314-001), 天津市科技创新专项资金项目 (08FDZD SH0120)

作者简介: 石岩 (1980-), 女, 天津市环境保护科学研究院和天津大学联合培养博士后, 主要从事污水处理与再生回用技术的研究工作。

40% ~ 90%。“十五”期间,许多工艺节水技术如非常规水源利用技术、干法除尘与干熄焦技术、串级用水和循环用水技术、钢铁生产废水处理技术等,在钢铁企业各个生产工序中得到了不同程度的应用,取得了显著的节水效果。

1.1 开发利用非常规水源

在水资源短缺问题严重制约企业发展的当今社会,开发利用污水、雨水、海水等非常规水源是钢铁企业摆脱水资源束缚的瓶颈、实现可持续发展的出路,具有广阔的市场需求和应用前景,对中国钢铁企业的可持续发展和建立资源节约型社会具有积极深远的战略意义。

将企业自产污水或区域过境污水经处理后回用于钢铁企业,主要有两个途径:一是回用到水质要求不高的工序中,如冲渣水、洗涤水、除尘水等,这在中国已有较成熟的经验;二是回用到循环水系统补充水等要求比较严格的生产工序中,这需要使污水经过二级处理后,按照企业用水工序的要求,进行深度处理后方可回用。

海水的利用途径主要是直接利用和海水淡化。海水直接利用,就是以海水直接替代淡水作为工业用水或生活用水。海水淡化方法主要有多级闪蒸(MSF)、多效蒸发(MED)、压汽蒸馏(VC)、反渗透(RO)和电渗析(ED)等。当前,中国海水直接利用和海水淡化已是成熟工艺,在天津、大连、青岛等沿海城市的电力、石油、化工等行业均有成功应用的实例。与常规水处理工艺相比,海水淡化所需的能量要高出 10 倍,达到 $6 \sim 10 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。按目前国内的技术条件、淡化规模和管理水平,即使考虑各地相关情况以及优惠政策,海水淡化的最低成本也在 $5 \sim 7 \text{ 元}/\text{m}^3$ ^[3]。因此,在海水利用方面,应以直接利用为主,海水淡化为辅,同时积极改进海水淡化工艺,并通过海水淡化和相关产业节能组合的方式来降低成本。

钢铁企业对雨水的利用主要是通过建设雨水收集系统,将一定汇水面积上的雨水通过收集系统收集起来,贮存于雨水收集池,经处理后回用。钢铁企业建立雨水收集系统,投资少、处理费用较低,能为企业带来较好的经济效益。北方地区雨水量偏少,降雨多集中在夏季三个月内,只能作为补充水源,而且需要较大的调节容量,可以与污水利用相结合。但对于长江以南地区,雨水充沛,钢铁企业利用雨水后节水效果显著。

为鼓励钢铁企业开发利用非常规水源,《工业企业取水定额国家标准》规定,海水用量和雨水用量等不作为钢铁企业用水定额考核指标。

1.2 积极推广节水型工艺技术

1.2.1 高炉干法除尘技术

传统的高炉煤气清洗系统需要大量的水和较为复杂的水处理系统。干法除尘技术省却了湿法除尘的洗涤塔和沉降池,具有除尘效率高、基建费用低、无污水排放、节水省电、煤气显热高、可增加 TRT(高炉炉顶煤气余压发电)发电量等优点,是集多重效益为一体的钢铁企业节水减排新技术。

目前,中国高炉煤气采用的干法除尘技术主要有两种:高压静电除尘和布袋除尘。其中,布袋除尘效果较好,运行成本较低,在钢铁企业中应用比较普遍。布袋除尘的原理是:高炉煤气经重力除尘器除尘后,进入布袋除尘器本体,经过滤袋的过滤,煤气中较细尘粒被粘附在滤袋表面形成灰膜,当除尘器工作一段时间后,滤袋吸附的灰层厚度增加,阻力增大,此时对滤袋进行清灰,使除尘器又可以恢复正常工作。据统计,中国重点大中型钢铁企业现有大于 1000 m^3 的高炉 110 座以上,随着钢铁产业政策的进一步落实,大型高炉的比例还会增加,按大型高炉年产铁能力 3 亿 t 估算,全国大中型高炉普遍采用干法除尘技术后,每年可节约新水 0.81 亿 m^3 、循环水 16.2 亿 m^3 、节电 $45.5 \text{ 亿 kW} \cdot \text{h}$ 、节省焦炭 150 万 t 直接创造经济效益 30 多亿元^[4]。

1.2.2 干法熄焦技术

传统的湿法熄焦工艺不仅由于急冷产生的热应力造成焦炭破裂,机械强度下降,使高炉冶炼条件恶化,而且由于焦炭中的水分含有大量的硫化物,易产生腐蚀等一系列不利影响。干法熄焦是相对于湿法熄焦而言的,其基本原理是利用冷的惰性气体(燃烧后的废气或氮气),在干熄炉中与炽热红焦换热,从而冷却熄灭红焦,并将余热回收发电。干法熄焦技术具有节能节水、改善焦炭质量,减少环境污染等优点,但与湿熄焦相比,存在投资高和本身能耗高的问题。目前,干熄焦装置工程投资在 $110 \sim 120 \text{ 元}/\text{t}$ 焦,本身能耗约为 $29 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 焦,而湿熄焦装置工程投资仅为 $10 \sim 15 \text{ 元}/\text{t}$ 焦,本身能耗约为 $2 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 焦^[5]。然而,干熄焦带来的资源效益、环境效益和经济效益足以抵消其投资高和本身能耗高的不足,特别是在国家对环保要求越来越严格、能源价格

越来越高、能源供应越来越紧张的大环境下,干熄焦的优点就越发的显著。

1.2.3 加热炉汽化冷却技术

上世纪 50 年代初期,在工业上开始以汽化冷却方式代替传统水冷却方式。一般来说,加热炉汽化冷却系统主要由汽包、炉底管道、上升管和下降管等部分组成。汽包内有汽水分离装置和自动调节装置,汽包的作用是通过给水管接受外界的给水,同时将汽水分离装置分离出来的蒸汽输出,从而维持汽化冷却系统内的压力平衡和物质平衡;上升管和下降管将汽包和炉底管道连接起来使整个系统形成一个封闭的回路,上升管的作用是将炉底管道中流出的介质送回到汽包,下降管的作用是将汽包流出的介质输送到炉底管道。加热炉汽化冷却系统具有提高炉底管使用寿命、节省工业用水用电、回收余热、提高轧材质量等显著优点,特别是自然循环汽化冷却方式,目前已在中国钢铁厂的加热炉上广泛采用,显示出良好的经济效益。但是,自然循环汽化冷却系统中,由于汽水两相流的流动阻力要大于单相液体,容易造成汽堵,导致系统稳定性变差。在今后工作中,除了对气化冷却系统进行改进和优化,合理确定运行参数值外,还要严格按照操作规程操作,以确保生产安全。

1.2.4 高效空气冷却器

高效空气冷却器是一种以热管为导热元件,以空气为热管散热翅片流体的热管换热设备。其工作原理为^[6]:热的工质由进料口进入冷却器的箱体,通过热管与冷端的空气进行热交换。热管光管段(热端)吸收的工质热量(换热),通过热管内的流体快速循环流动,迅速传到翅片端(导热),并被有一定压力的流动空气带走(散热)。这样通过换热、导热、散热三个过程的平衡达到快速散热冷却工质的目的,体现了其高导热系数、高热流密度以及高散热性能的优越效果。目前,常用空气冷却器的形式有:翅片管式、板翅式、管壳式、螺旋板式和热管式等。与水冷换热设备相比,高效空气冷却器节水率达到 90% 以上,节电率达到 37%^[7],具有传热效率高、运行稳定、节水节电和维护费用低等优点,在钢铁企业高炉、转炉等设备中应用较广,技术较成熟,在连铸结晶器、加热炉等设备冷却中应进一步推广应用。

1.3 强化串级用水和循环用水

目前,中国钢铁企业用水“低水质高用途”和

“高水质低用途”现象严重,低质高用容易造成生产设备寿命的降低和运行维护费用的增加,高质低用则严重浪费了水资源。除此之外,还存在水循环利用率低、大部分工业新水一次使用后未经处理回用直接排放等问题。可见,科学供水、按质供水、强化串级用水和循环用水是钢铁企业实现节水减排的重要途径。

串级用水是指废水不回到原来的生产过程中使用,而是转送到可以接受的生产过程或系统中使用。串级用水过程中不需要对废水进行深度处理甚至不处理就能用于其他生产工序,实现了水的串级使用,也就实现了在更大范围内水的间接循环使用,可以减少水处理构筑物、节省占地、节能节水、甚至可以达到废水的“零排放”,是水处理中最简洁、最经济、最科学的一项技术。

钢铁企业中常见的串级用水模式有^[8]:(1)焦化厂冷却器用水-冷却塔用水-制冷机用水-湿熄焦用水或高炉冲水渣用水;(2)高炉冷却水-高炉除尘用水-高炉冲水渣用水;(3)转炉冷却用水-转炉除尘用水等。以宝钢为例,铁厂高炉炉体间接冷却水循环系统、炉底喷淋冷却水循环系统、高炉煤气洗涤水循环系统的排水,作为补充水依次串接使用;高炉煤气洗涤循环系统的排水,作为高炉冲渣水循环系统的补充水;冲渣水循环系统则密闭不排污。这种多系统串接用水最终可使炼铁、炼钢、连铸、轧钢、原料和成材等工序的废水和冷却水高效利用,基本实现无外排废水^[9]。

循环用水是指废水经过处理后,回用于原生产工序的用水模式。钢铁企业循环用水以循环冷却用水为主,通常可分为密闭式循环冷却水系统、敞开式净循环冷却水系统和敞开式浊循环冷却水系统等。其中,密闭式循环冷却水系统内循环水基本与外界隔绝,常用于高炉、转炉等关键设备的间接冷却;敞开式净循环冷却水系统内循环水是通过冷却器(热交换设备)间接地冷却物料、工艺介质或装置,循环水除水温升高外水质几乎不受污染,故不必另设净水设备;敞开式浊循环冷却水系统中循环水直接同被冷却物料、工艺介质或装置接触,因而使循环水中夹带大量杂质和污垢,如轧钢厂浊循环冷却水中含有大量的氧化铁、油、污垢等,循环水除需进行降温冷却处理外,还需视具体情况进行除浊、除油之类的处理^[10]。循环冷却水系统与直流冷却水系统相比,

不仅节约了大量的冷却水,而且减少了排污量,更有利于保护环境。因此,从节水、经济和环保等方面综合考虑,应限制直流冷却水系统的使用,推广使用循环冷却水系统。

1.4 废水处理技术

钢铁企业工业废水按其来源来分,可分为各生产工序产生的废水和脱盐水、软化水及纯水制取设备产生的浓盐水等。钢铁企业废水处理要针对不同的水质,采取不同的水处理技术,处理后的水回用到

不同的用户,以实现水资源最大限度的合理利用。

钢铁企业主要生产工序产生的废水种类、水质特征及其处理技术如表 1所示。其中大部分废水为浊循环冷却水系统的排污水,如高炉煤气洗涤水、冲渣废水、转炉除尘废水、连铸机废水等。对生产工序产生的废水进行处理,钢铁企业内部应建立多个规模小、管路短的废水处理设施,对不同种类废水分而治之,虽然一次性投资可能要大些,但是节水效果好,可进一步提高水的重复利用率和浓缩倍数。

表 1 钢铁企业主要生产工序产生的废水种类及其处理技术

生产工序	主要废水种类	水质特征	处理技术
选矿	矿山酸性废水	酸性,含有大量的悬浮物、选矿药剂、重金属离子等	中和法、硫化法、沉淀浮选法、生化法、萃取电积法等
烧结	湿式除尘废水 地坪冲洗水	含大量悬浮物	沉淀分离-过滤
焦化	含酚废水 焦化废水	含大量酚、氨及化合物、氰化物、油类等有毒物质 含有大量悬浮物	生化法 沉淀分离-过滤
炼铁	高炉煤气洗涤水 冲渣废水	含有大量悬浮物 含有大量悬浮物	沉淀-冷却-水质稳定 沉淀分离-过滤
炼钢	转炉除尘废水 冲渣废水	含有大量悬浮物、硬度较高 含有大量悬浮物	混凝沉淀-水稳定剂 沉淀分离-过滤
连铸	连铸机废水 除尘废水 热轧废水 除尘废水	含氧化铁皮和油、温度高 含大量悬浮物 含氧化铁皮和油、温度高 含大量悬浮物	沉淀-除油-过滤-冷却-水质稳定 沉淀分离-过滤 沉淀-除油-过滤-冷却-水质稳定 沉淀分离-过滤
轧钢	含油及乳化液废水 含铬废水 含酸或含碱废水	含油和乳化液、成分波动大 具有很强毒性 含大量悬浮物和油	破乳-混凝-气浮-过滤 还原-中和 中和-沉淀-过滤

脱盐水、软化水及纯水常用于钢铁企业炼铁、炼钢、连铸等单元关键设备的密闭式循环冷却水系统以及锅炉、蓄热器等的补充用水。随着膜法水处理技术的成熟和运行成本的日益降低,超滤加两级反渗透工艺已广泛应用于钢铁企业脱盐水的制取,但在制取过程中将产生占脱盐水、软化水及纯水水量 40% ~ 50%左右的浓盐水。二级反渗透浓水,可回流至超滤产水箱,以提高反渗透系统的回收率。一级反渗透浓水量较大,常采用的处理处置方法有:①用于烧结、炼铁、炼钢、轧钢等生产工序的直流喷渣或冲洒地坪用水;②用浓水替代自来水进行多介质过滤器的反洗;③蒸发处理,将水分回收利用,定期清理残余固体送到垃圾填埋场处置;④将浓水集中回收处理,利用石灰软化法等去除钙镁硬度,处理后再利用或达标排放。

2 关于中国钢铁企业节水工作的几点建议

目前,中国钢铁企业生产工艺与设备普遍落后,用水量大,水循环回用率低,还有不少企业采用直供直排系统,造成了水资源的严重浪费。为了缩短与国外钢铁企业的差距,实现企业的可持续发展,必须采取相应的节水对策,节水工作应从水源、管网、生产工艺、废水处理回用等多方面形成一个系统工程。针对中国钢铁企业的用水现状,提出以下几点建议:

(1)钢铁企业要彻底转变过去“按需供水”的观念,将“节水减排”贯彻到各个生产环节中。要加大力度进行节水宣传工作,使企业员工充分认识到水是一种战略资源,不是取之不尽,用之不竭的;要建立健全企业的节水管理机制,全面统筹规划、管理协调企业的节水工作;要完善节水减排法律法规体系,

尽快制定相关的法规,规范企业用水,将节水纳入法制化、规范化管理。

(2)地处中国丰水地区和沿海地区的钢铁企业,应积极利用雨水、海水等非常规水源;地处北方缺水地区的钢铁企业,应积极利用城镇污水、企业自身废水等非常规水源,以减少新水用量,缓解中国水资源短缺的局面,使钢铁企业摆脱水资源的束缚。

(3)逐步淘汰资源能源消耗大、污染物排放多的落后工艺,大力开发和推广能够使资源能源最大限度地转化为产品、污染物排放少的节水型工艺技术,实现以末端治理为主向源头控制为主的战略转移。

(4)优化工艺流程,对各生产工序的用水点和排水点进行系统研究,科学规划,提出按质供水、串级用水和循环用水方案,最大限度地降低废水处理量和排放量,最终实现钢铁企业废水的“零”排放。

(5)为了更好地规范和加强钢铁企业的节水管理,急需建立一套合理完善的节水统计指标体系,并加强行业节水统计信息的专业数据库建设。

参考文献:

- [1]郑晓萍,单为春. 济钢工业节水的若干措施[J]. 冶金动力, 2005(4): 57-58
- [2]王维兴. 钢铁工业用水现状和节水思路[J]. 金属世界, 2005(6): 6-9
- [3]李理,张兴文,李付林,等. 海水利用:大连市水资源可持续发展的有效途径[J]. 环境保护, 2008(24): 62-63
- [4]樊波,张春霞,许海川. 煤气干法除尘技术在大型高炉的应用及节能分析[J]. 冶金能源, 2009 28(1): 10-13, 17.
- [5]李光强,朱诚意. 钢铁冶金的环保与节能[M]. 北京:冶金工业出版社, 2006
- [6]田立书,陈茂涛. RKL系列高效空气冷却器原理及应用[J]. 中国铸造装备与技术, 1998(4): 45-52
- [7]宿新天. 空气冷却器在热处理行业中的应用:第一讲 空气冷却器的原理及其特点[J]. 金属加工:热加工, 2008(3): 73-74, 77
- [8]王绍文,钱雷,邹元龙,等. 钢铁工业废水资源回用技术与应用[M]. 北京:冶金工业出版社, 2008
- [9]黄导. 钢铁行业节水工作及技术措施分析[J]. 冶金环境保护, 2005(5): 1-4
- [10]崔玉川. 城市与工业节约用水手册[M]. 北京:化学工业出版社, 2002

(上接第 19 页)

违法排污,强化环境执法监管的重要手段。目前,河北省环保厅已将 2009 年第一批省级挂牌督办环境违法案件、2008 年典型环境违法案件近 40 起,以及全省 726 家重点监控企业环境信用等级评价结果报送银行业监管部门。这些举措的推出,使环保与金融部门的信息沟通实现制度化、日常化。前不久举行的河北省第三届环保与金融论坛非政府组织就参与了评价工作。

河北省环境保护宣传教育中心主任祝晓光告诉记者:这种评估在全国也尚属首次,开创了环保 NGO 组织和新闻媒体对绿色信贷评价的先河。特别是金融部门的参与,对于优化产业结构,建立现代产业体系,同时优化产业布局,都具有深远的意义。我们通过这个评估,使这个信贷的质量进一步提高,同时也使公众更加关注,我们投资的环境,是更加绿色,我们的产业机构是更加合理,我们的布局是更加优化。

据了解,在河北省绿色信贷取得成效的同时,将开展绿色保险试点工作。河北省环保厅将联合河北省保监局,针对重点区域及化工、石化等重点行业,

探索开展环境污染责任保险试点工作,充分发挥环境污染责任保险的社会管理和经济补偿功能。

3 结束语

发展绿色经济是时代赋予我们的责任,金融部门肩负着重要的历史使命,承担着义不容辞的社会责任。现代金融服务业作为当今世界资源配置的主要力量,也必将成为环境保护的重要角色。金融与环保的结合,让问题变得清晰起来。正如媒体阐释排放权交易所的价值所言“该交易所的宗旨是应对环境污染和能源紧缺的挑战,探索具有中国特色的节能减排市场体制机制,改善环境质量,实现环境效益和经济效益的统一。”

参考文献:

- [1]河北环境保护. 河北省绿色信贷政策效果评价办法(试行)[J]. 2009, 12 14
- [2]中国环境报. 金融如何支持节能减排[N]. 2009, 5093, 6