

# 浅谈钢铁企业工业污水处理现状和存在的问题

金亚颀

(上海宝钢工程技术有限公司, 上海 201900)

**摘要:**文章对钢铁企业工业污水处理现状和存在的问题进行了初步的分析和探讨。指出我国钢铁工业要进一步降低钢铁企业吨钢耗用新水量、提高钢铁企业水的重复利用率, 需要积极推广应用少水或不用水的工艺技术装备, 并应强化合理串级用水, 以及加强工业污水的综合处理回用。

**关键词:**钢铁企业; 工业污水; 脱盐

**中图分类号:**X703   **文献标志码:**A   **文章编号:**1006-5377 (2009) 01-0031-04

近年来, 我国钢铁工业处于高速发展阶段, 钢年产量增幅在15%~22%。2007年全国钢铁产量达到4.89亿吨, 比上年增长15.66%。

钢铁工业作为高能耗、多排放的行业, 在全国节能减排的工作中承担着重大的责任。我国重点钢铁企业2005~2007年的吨钢耗用新水量分别为 $8.6\text{m}^3/\text{t}$ 、 $6.43\text{m}^3/\text{t}$ 、 $5.31\text{m}^3/\text{t}$ , 表明我国钢铁工业用水量已从高速增长逐步转变为缓慢增长。2007年全国重点钢铁企业水重复利用率达到了96%。目前, 国外先进钢铁企业吨钢耗用新水量是: 日本鹿岛为 $2.1\text{m}^3/\text{t}$ 、阿萨洛为 $2.4\text{m}^3/\text{t}$ 、德国蒂森克虏伯为 $2.6\text{m}^3/\text{t}$ 。我国要进一步降低钢铁企业吨钢耗用新水量、提高钢铁企业水的重复利用率, 需要积极推广少用水或不用水的工艺技术装备, 并应该强化合理串级用水以及加强工业污水的综合处理回用。

## 1 钢铁企业工业污水的来源及分类

钢铁企业工业污水按其来源来分, 可以分为循环冷却水系统排污水; 脱盐水、软化水及纯水制取设施产生的浓盐水; 钢铁厂各工序在生产运行过程中产生的废水等。

### 1.1 循环冷却水系统排污水

钢铁企业循环冷却水系统包括敞开式净循环水系统、密闭式纯水或软化水循环水系统以及敞开式浊循环水系统。

(1) 敞开式净循环水系统的排污水一般作为浊循环冷却水系统的补水。

(2) 密闭式纯水或软化水循环水系统一般只有渗水和漏水, 基本不用考虑平时运行的排污水。

(3) 浊循环水系统常用于炼铁、炼钢、连铸、热轧等单元的煤气清洗、冲渣、火焰切割、喷雾冷却、淬火冷却、精炼除尘等。

因此就循环冷却水系统排污水而言, 主要就是指敞开式浊循环水系统的排污水。

### 1.2 脱盐水、软化水及纯水制取设施产生的浓盐水

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间接冷却密闭式循环水系统以及锅炉、蓄热器等的补充用水。

随着全膜法水处理系统造价和运行成本的日益降低, 超滤加二级反渗透工艺已广泛应用于钢铁企业脱盐水的制取。但在制成脱盐水、软化水及纯水的同时, 也将产生约占脱盐水、软化水及纯水水量40%~50%的浓盐水。

目前,浓盐水一般不做处理,串级使用或直接排放。浓盐水也没有真正列入企业工业污水处理的范畴。

### 1.3 钢铁厂各工序在生产运行过程中产生的废水

钢铁厂各工序在生产运行过程中产生的废水包括:

#### (1) 烧结厂的废水

主要为湿式除尘器产生的废水和冲洗地坪、输送皮带产生的废水,以夹带固体悬浮物为主,主要成分是烧结混合矿料。

#### (2) 焦化厂的废水

主要为剩余氨水、产品回收及精制过程中产生的高浓度焦化废水、蒸氨废水、低浓度焦化废水,废水中酚氰化物、COD物质含量较高。

#### (3) 冷轧厂的废水

主要为中性盐及含铬废水、酸性废水、浓碱及乳化液废水、稀碱含油废水、光整及平整废液等。

随着环境保护技术的发展,焦化废水、冷轧废水均能够处理至钢铁厂工业污水排放的纳管标准或是可以直接接入钢铁厂的回用水系统,水中COD等有毒有害物质都能得到有效地回收和控制。烧结废水为常规性工业污水。

表1是某大型钢铁集团工业污水控制水质表。进入钢铁厂干管的各单元工业污水应达到纳管水质标准,否则应在单元内进行预处理。

## 2 钢铁企业工业污水的主要污染物分析

对于钢铁企业来说,循环用水量占总用水量的比例常常在95%以上,其它如焦化、冷轧废水等特种废水均在相应主工艺单元处理达到钢铁厂工业污水纳管标准后排至钢铁厂工业污水管网或是直接接入钢铁厂回用水管网,因此无论从水质还是水量上来说,钢铁厂工业污水主要为循环水系统的排污水(浊循环水系统排污水),根据浊循环水系统排污水的特点,钢铁厂工业污水一般含有以下主要污染物:浊度、COD、硬度与碱度、油类、盐类等。表2列举了国内几个钢铁厂工业污水的主要水质参数。

#### (1) 浊度

浊度主要是由水中的悬浮物和胶体物质引起的。工业循环水中存在由泥土、砂粒、尘埃、腐蚀产物、水垢、微生物粘泥等不溶性物质组成的悬浮物和铁、铝、硅的无机胶体物质以及一些有机胶体物质。悬浮物和胶体物质有从空气进入的,有由补充水带入的,也有的是在循环水系统运行中生成的。这些悬浮物通过排污,由

表1 某大型钢铁集团工业污水控制水质情况

| 类别 | 污染物                      | 纳管标准<br>控制值<br>(mg/L) | 回用水水质<br>控制值<br>(mg/L) | 全厂废水处理<br>站排放控制值<br>(mg/L) |
|----|--------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| 一类 | 总汞(按Hg计)                 | 0.02                  | 0.02                   | 0.02                       |
|    | 总镉(按Cd计)                 | 0.1                   | 0.1                    | 0.1                        |
|    | 总铬(按Cr计)                 | 1.5                   | 1.5                    | 1.5                        |
|    | 六价铬(按Cr <sup>6+</sup> 计) | 0.5                   | 0.5                    | 0.5                        |
|    | 总砷(按As计)                 | 0.5                   | 0.5                    | 0.5                        |
|    | 总铅(按Pb计)                 | 1.0                   | 1.0                    | 1.0                        |
|    | 总镍(按Ni计)                 | 1.0                   | 1.0                    | 1.0                        |
| 二类 | pH                       | 5~10                  | 6~9                    | 6~9                        |
|    | 色度(稀释倍数)                 | 60                    | 50                     | 50                         |
|    | 悬浮物                      | 200                   | 10                     | 70                         |
|    | 生化需氧量(BOD)               | 40                    | 20                     | 20                         |
|    | 化学需氧量(COD)               | 120                   | 80                     | 100                        |
|    | 氨氮                       | 15                    | 10                     | 10                         |
|    | 石油类                      | 30                    | 5                      | 5                          |
|    | 挥发酚                      | 0.5                   | 0.5                    | 0.5                        |
|    | 总氰化物                     | 0.5                   | 0.5                    | 0.5                        |
|    | 硫化物                      | 5                     | 1.0                    | 1.0                        |
|    | 氟化物(以F计)                 | 12                    | 10                     | 10                         |
|    | 总铜                       | 1.0                   | 0.5                    | 0.5                        |
|    | 总锌                       | 4                     | 2.0                    | 2.0                        |
|    | 总锰                       | 4.0                   | 2.0                    | 2.0                        |
|    | 苯胺类                      | 1.0                   | 1.0                    | 1.0                        |
|    | 硝基苯类<br>(按硝基苯计)          | 3                     | 2                      | 3.0                        |
|    | 阴离子表面活性剂<br>(LAS)        | 10                    | 5                      | 5                          |

表2 国内部分钢铁厂工业污水水质参数

| 水质参数项目                  | 太原<br>钢铁厂         | 武汉<br>钢铁厂   | 天津<br>钢铁厂 | 首钢京唐<br>钢铁厂 |
|-------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------------|
| pH                      | 7~8               | 7.8~8.8     | 11.14     | 6~9         |
| 浊度(NTU)                 | 30~40<br>(最大到100) | 37~244      | 45        | 200         |
| 电导率(μs/cm)              | <3300             | 614~669     | —         | 2000        |
| SiO <sub>2</sub> (mg/L) | 18                | —           | 9         | —           |
| 总硬度<br>(mg/L)           | 1200<br>(最大到2200) | 194~282     | 325       | 500         |
| 钙硬度<br>(mg/L)           | 1100<br>(最大到2000) | 148~214     | 207       | 330         |
| 碱度<br>(mg/L)            | 130               | 50~120      | 171       | 200         |
| 硫酸根<br>(mg/L)           | 540               | —           | 878       | —           |
| 氯化物<br>(mg/L)           | 280<br>(最大到700)   | —           | 464       | 300         |
| 铁(mg/L)                 | 3~6               | 4.88~18.8   | 0.36      | 0.4         |
| 油(mg/L)                 | 5~10              | 0.133~1.244 | —         | 10          |
| COD<br>(mg/L)           | 30~40<br>(最大到60)  | 30.44~107.9 | 114.2     | 150         |

循环水系统进入了工业污水。

另外,工业污水中还存在着由氧化铁皮、金属粉尘等组成的悬浮物,这些悬浮物主要是在煤气清洗、冲渣、火焰切割、喷雾冷却、淬火冷却、精炼除尘等生产过程中进入循环水系统的,这些悬浮物通过排污也由循环水系统进入到了工业污水中。

#### (2) COD

COD是表示水中还原性物质数量的一个指标。水中的还原性物质有各种有机物、亚硝酸盐、硫化物、亚铁盐等,主要是有机物。COD主要是通过补水进入工业循环水系统的,在运行过程中,原水中的COD会被不断浓缩。

另外,工业循环冷却水系统需投加水质稳定药剂如缓蚀剂、阻垢剂、分散剂、杀菌剂、混凝剂、助凝剂等。该部分水处理药剂中有相当一部分是高分子有机药剂,也有部分是还原性较强的物质。投加水处理药剂也会增加循环水系统的COD,一般增量为1~10mg/L。

#### (3) 硬度与碱度

对于循环水系统而言,随着循环冷却水被浓缩,冷却水的硬度和碱度会增大。循环水系统排污水进入工业污水系统,导致工业污水系统的硬度和碱度相对原水而言也大幅度提高。

#### (4) 油类

工业污水中的油主要是由于连铸、热轧等主工艺设备泄漏的液压油进入了浊循环水系统,从而也进入了工业污水系统。油类包括浮油、乳化油和溶解油。

#### (5) 盐类

盐类物质随补水进入循环水系统并不断被浓缩,随排污水由工业循环水系统进入工业污水系统。

### 3 国内工业污水处理现状

随着国家对节能减排工作的要求日益提高,即将实行的新版《钢铁工业水污染物排放标准》也对现有企业和新建企业的工业污水排放提出了更为严格的要求(对于烧结、炼铁、炼钢单元要求总排口零排放)。钢铁厂工业污水作为非传统水资源,已经越来越受到各大钢铁企业的重视。

利用工业污水制成回用水是目前各大钢铁企业对于工业污水的常见处理方式。目前主要是将工业污水收集处理后制成回用水用于生产。工业污水经过常规水工艺(如混凝、沉淀、除油、过滤等)处理后制成回用水,原工业污水中的悬浮物、杂质等均得到了有效的去

除,但其含盐量并没有降低,因此回用水中的含盐量远高于工业净循环水和浊循环水,同时水中还含有少量的乳化油和溶解油等。

表3列举了国内几个钢厂工业污水经过常规处理后出水的主要水质参数。

表3 国内部分钢铁厂工业污水处理后的出水水质参数

| 参数项目             | 武汉钢铁厂       | 鞍山钢铁厂   | 本溪钢铁厂   | 首钢京唐钢铁厂 |
|------------------|-------------|---------|---------|---------|
| pH               | 6.83~9.21   | 7.5~8.5 | 7.0~8.5 | 6.5~9   |
| 浊度 (NTU)         | 3~9         | ≤5      | ≤5      | ≤2      |
| 电导率 (μs/cm)      | 576~755     | —       | —       | 1800    |
| SiO <sub>2</sub> | —           | —       | —       | —       |
| 总硬度 (mg/L)       | 172~252     | —       | <200    | 350     |
| 钙硬度 (mg/L)       | 110~186     | —       | <150    | —       |
| 碱度 (mg/L)        | 30~70       | —       | <150    | —       |
| 硫酸根 (mg/L)       | —           | —       | —       | —       |
| 氯化物 (mg/L)       | —           | —       | 150~361 | —       |
| 铁 (mg/L)         | 0.144~0.406 | 0.4     | —       | ≤0.1    |
| 油 (mg/L)         | 0.103~0.894 | ≤1      | 3~4     | ≤1      |
| COD (mg/L)       | 10.38~21.19 | ≤50     | 30~40   | ≤20     |

鉴于回用水上述水质特点,因此只能用于烧结、炼铁、炼钢、轧钢等工艺单元的直流喷渣或浇洒地坪等,无法作为循环水系统的补充水,而直流喷渣或是浇洒地坪这部分的用水量又是相当有限的。而将工业污水制成脱盐水、软化水及纯水等用于生产的水量也仅占工业污水水量的很小一部分。因此将全部工业污水进一步深度处理,采取脱盐工艺制成工业新水,已成为工业废水利用的发展趋势。

采用脱盐工艺制取的工业新水,其含盐量远低于采用河水等其他自然水体制取的工业新水。工业新水作为钢铁企业循环水系统的补充水,含盐量的降低可以直接提高循环水系统的浓缩倍数,同时可以有效地减少循环水系统强制排污量,从而控制整个钢铁厂工业水系统的排污量和补水量。采用水质较好的工业新水,对节能减排有利。

### 4 钢铁工业污水深度脱盐处理中存在的问题

近两年来,国内大型钢铁企业,如首钢、济钢、太钢、天钢等,均在原有工业污水处理设施的基础上增建了采用双膜法制取脱盐水回用的水处理设施,对工业污水做进一步深度处理。从实际运行效果看,在不同程度上存在着系统易污堵、清洗频繁以及由于此造成的反渗透脱盐率下降、频繁更换保安过滤器滤芯等现象。这主要是由于进入脱盐深度处理系统的原水中含有油及一定的COD造成的。原水中含有少量的油主要是连铸和热

轧油循环排污水所致。据统计, 由这些有机物造成的反渗透系统故障占全部系统故障的60%~80%。一般反渗透膜要求进水油的含量应低于0.5mg/L, COD不大于20mg/L (采用低污染膜)。

工业污水经常规处理后, 其出水的COD、油含量虽然仍难以满足反渗透的要求, 但已经处于低值, COD含量一般为每升水几十毫克, 油含量一般为1~5mg/L, 再进一步采用生化处理或是气浮法等做到满足反渗透常规进水的要求难度很大。针对上述情况, 在现有工业污水常规处理后有的也采取活性炭过滤等方法做进一步处理。

首钢、济钢、太钢、天钢等大型钢铁企业最后都采取了将连铸、热轧等浊循环水系统强制排污水 (含油) 单独撇开, 不让其进入工业污水深度脱盐处理系统的方法。

表4为2006年全国重点钢铁企业各工序水耗、耗新水量情况表。从中可以看出连铸 (属于炼钢) 和热轧也为耗水量大户, 同时也是排污大户, 如果长期不把连铸、热轧所排污水纳入工业污水深度脱盐处理系统, 将会成为工业污水回用的一大瓶颈, 影响工业水系统的节能减排。

表4 2006年全国重点钢铁企业各工序水耗、耗新水量

| 项目                          | 选矿   | 烧结   | 球团   | 炼铁    | 焦化   | 炼钢    | 转炉    | 电炉    | 钢加工   | 热轧    | 冷轧    | 镀层    | 涂层   | 钢丝    | 铁合金   | 耐火   |
|-----------------------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 工序水耗<br>(m <sup>3</sup> /t) | 7.06 | 0.54 | 1.13 | 29.65 | 5.91 | 17.06 | 12.29 | 38.99 | 19.44 | 18.28 | 30.46 | 20.90 | 8.61 | 26.10 | 21.40 | 9.83 |
| 耗新水量<br>(m <sup>3</sup> /t) | 0.88 | 0.26 | 0.42 | 2.38  | 2.09 | 2.05  | 0.93  | 2.27  | 2.02  | 2.47  | 1.61  | 0.89  | 0.73 | 6.54  | 17.62 | 2.07 |

## 5 浓盐水的处置和利用

超滤加二级反渗透工艺中的超滤反洗水、超滤化学清洗液、反渗透冲洗水、反渗透化学清洗液等, 都有现成的处置方法可以参照; 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 (一级反渗透的回收率一般在75%左右, 因此将有25%的超滤产水会变为一级反渗透浓水), 溶解氧含量低、硫化氢含量高而且偏酸性, 直接排放会对环境产生不利影响。但传统的水处理工艺, 如混凝、沉淀、过滤、气浮等, 目前都无法有效解决这个问题。

对于一级反渗透浓水目前常用的处置方法有:

(1) 用于烧结、炼铁、炼钢、轧钢等工艺单元的直流喷渣或是浇洒地坪等;

(2) 将浓水与其它水或废水进行混合后排放;

(3) 对反渗透浓水进行蒸发干燥, 水分回收利用, 将固体渣排放收集;

(4) 将反渗透浓水回用冲洗多介质过滤器后排放;

(5) 增设专门的废水处理装置 (如过滤装置) 对反渗透浓水进行处理等。

在上述方法中, 尽量将浓盐水串级消耗掉应是发展的主要方向。在钢铁企业内部建立独立的浓盐水串级管网, 将浓盐水用于钢铁厂, 将工业污水或是原先的工厂回用水做深度处理, 可使两者有效地结合在一起, 实现排水量的最小化。

## 6 小结

国内钢铁企业现正通过各种技术创新和技术改造, 落实工业用水的节能减排, 并且已经得到了良好的效果。为不断提高节水减污水平, 须不断研究

开发新技术和新装备。其研究重点应是如何合理地将含油工业污水引入深度脱盐处理系统, 最大程度地提高现有工业污水的利用率, 全面促进工业污水的资源化。

## Discussion on Present Status and Problems of Industrial Sewage Treatment in Iron and Steel Enterprises

JIN Ya-biao

(Shanghai Baosteel Engineering & Technology Co., LTD, Shanghai 201900, China)

**Abstract:** The article analyzes and probes into the present status and existing problems of industrial sewage treatment in iron and steel enterprises, pointing out that in case iron and steel enterprises in our country want to reduce water consumption of ton steel and increase the reuse rate of water, they should promote to use technology equipment which uses less waters, and enforce to implement the comprehensive treatment and reuse industrial sewage.

**Keywords:** iron and steel industry; industry waste water; desalinization