

# 首钢冷轧废水处理工程实例介绍

宋 艳

(上海东振环保工程技术有限公司, 上海 201203)

**摘 要:**介绍了首钢冷轧废水处理工程的废水性质、主要工艺流程、相关设备及构筑物设计运行参数及工程实际运行效果。首钢冷轧废水处理工程采用了超滤、催化氧化、膜生物反应器等多种新技术处理废水,出水达到 COD < 60mg/L。

**关键词:**光平整液;催化氧化;膜生物反应器

**中图分类号:**X703

## 1 工程概况

首钢冷轧薄板厂位于北京顺义区李桥镇,是首钢战略搬迁新建首个实施项目,年生产规模 170 万 t,其中普通冷轧产品质量 90 万 t,热镀锌产品 80 万 t,配有酸洗-轧机联合机组、连续退火机组、连续热镀锌机组、汽车板重卷检查机组、半自动化包装机组等 8 条生产机组和磨辊、检化验、酸再生及中水站、循环水站等其他公辅设施。

首钢冷轧废水处理站作为其配套公辅设施工程,于 2006 年开始设计,2007 年 11 月建成投

运。该废水站主要处理生产线机组产生的含油、含酸、碱、光整液废水,同时厂区生活污水、中水站及循环水站等部分排污水也进入废水站进行处理。本废水处理站的总设计规模为 400m<sup>3</sup>/h,按废水不同性质分系统单独或混合处理后最终合并排放,出水水质要求达到《北京市水污染排放标准》(DB11/307-2005)中“排入地表水体及其汇水范围的水污染物排放限值”的二级限值。各废水处理系统进水水质见表 1,废水处理站出水水质要求见表 2,废水处理工艺流程如图 1 所示。

表 1 各废水处理系统进水水质

废水类别	来源	主要成分
含酸废水	酸洗机组,酸再生站,检化验	HCL:10~15g/l;FeCl <sub>2</sub> :5~20g/l;T=50~60℃
含浓碱、油废水	热镀锌机组、连退机组(碱洗槽)	NaOH:30~50g/l;Oil:5~7g/l;T=70~80℃,iron fine:2g/l
含稀碱废水	热镀锌机组、连退机组(喷淋清洗)	NaOH:10g/l;Oil:2g/l,T=70~80℃;iron fine:1g/l
含乳化液、油废水	酸洗-轧机(乳化液间),热镀锌、连退、酸洗(液压)	Oil:5000mg/l;Fe:500mg/l;pH=5~7;COD:15000mg/l;T=30~70℃
含光整液废水	热镀锌、连退(光整段)	含 0.25%~5% 光整液
生活污水	全厂食堂、浴室排水	COD:300mg/l
其他废水	中水站、净水站、循环水站	过滤排污水

表 2 废水处理站出水水质要求

污染因子	色度	COD	pH 值	悬浮物	矿物油
排放限值	50 倍	60mg/l	6.0~8.5	50mg/l	4mg/l

## 2 主要工艺单元

### 2.1 调节池

共 6 组,用于接收冷轧各生产机组及设施连续或间断排放的废水,其中含酸废水池和含油废水池为一组两格。含酸废水池中设有曝气管,用于对金属离子进行预氧化和防止杂质沉淀。含浓油废水池

设有蒸汽加热,以提高刮油机撇油效率,降低后续负荷。考虑冷轧废水水量水质多变,设有变频提升泵以适应水量变化的要求。

### 2.2 两级曝气中和

含酸废水在两个串联的曝气中和罐中,与石灰乳进行反应,使金属离子转化成可沉淀金属氢氧化物,再进入澄清池进行沉淀去除。因重金属离子氢

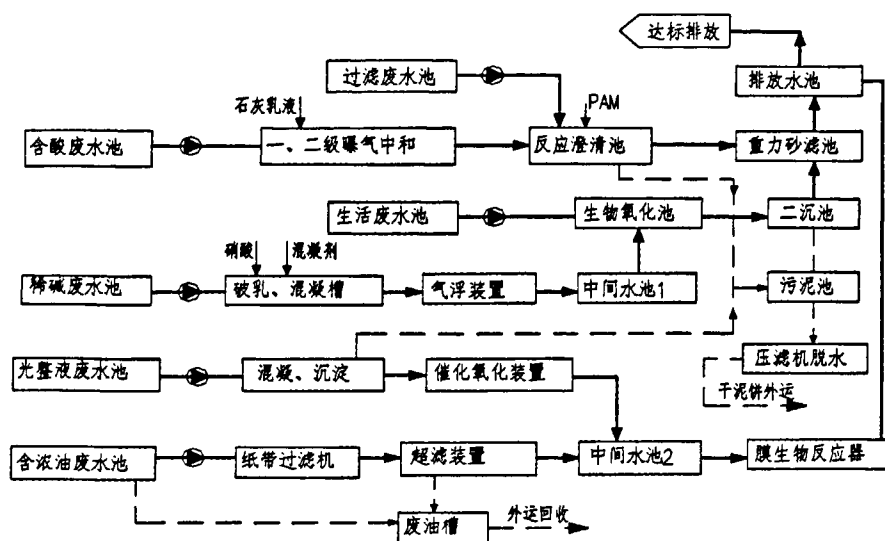


图1 工艺流程

氧化物在不同 pH 值溶解度不同,故分阶段设置两级中和且控制在不同 pH 值范围反应,有利于去除多类金属离子。设自动投药系统与在线 pH 检测连锁。

### 2.3 反应澄清池

反应澄清池的主要作用是去除悬浮物,其结构形式采用辐流式沉淀池,增设反应区。废水在进入沉淀区前可先投加助凝剂反应,从而提高沉淀效率。澄清池设有一座,表面负荷  $0.6\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,配有反应筒、刮泥刮渣机、排泥泵等设备。

本工程采用了污泥回流技术,将澄清池部分污泥经由专利设备高密度污泥反应器回流至一级中和罐。此污泥回流措施可改善废水处理效果,减少石灰乳用量,提高污泥沉降性能。因为回流污泥在金属离子与石灰乳反应过程中起着晶核作用,故中和罐中不会产生大量新的微细晶核,而是包裹在回流污泥晶核上,使得回流污泥晶核增大,从而产生的沉淀物沉速大,沉降及浓缩脱水性能提高。且回流污泥的部分吸附作用,也提高废水处理效果。

### 2.4 破乳混凝与气浮装置

稀碱废水通过加硝酸破乳及投加混凝剂,为气浮处理创造有利条件。采用溶气气浮装置一套,  $80\text{m}^3/\text{h}$ ,回流比 35%,溶气压力  $0.42\text{MPa}$ 。废水中悬浮物及破乳分离出的油分被转变成气浮浮渣得到大量去除。气浮对溶解性有机物无法去除,故出水还需进行生物氧化降解 COD。

### 2.5 生物氧化池

稀碱气浮出水进入生化池前,先在中间水池微调 pH 值后再经冷却塔降温。厂区生活废水经收集

直接进入生化池。生化池采用接触生物氧化法,池内设置组合填料并充氧曝气。为提高其处理负荷,采用多级串联的运行方式,共设 4 组并联,每组 2 级串联,总水力停留时间约 12h,特选用专有菌种,以适应废水低 B/C 和含油的特性。每池均配有溶解氧检测仪,在线监测 DO。

### 2.6 二沉池

两座辐流式沉淀池,表面负荷  $0.8\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,结构与含酸澄清池相同,并列布置。考虑活性污泥沉降性能较差,故预留混凝剂和助凝剂投加管,以提高沉淀及后续污泥脱水效率。配污泥泵 4 台,2 用 2 备,定期排泥。

### 2.7 重力砂滤器

一座方形钢质滤池,分 4 格并联,单格处理能力  $100\text{m}^3/\text{h}$ ,配有自动阀门及差压计,过滤和反洗均为全自动运行。滤速  $8 \sim 10\text{m}/\text{h}$ ,反冲洗空气强度  $12\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ,采用滤后水反洗。滤料选用石英砂和无烟煤,粒径级分别为  $0.6 \sim 1.2\text{mm}$  和  $2 \sim 4\text{mm}$ 。四格滤池出水均流至上部贮水箱,再通过各连通管阀开启自流入滤池进行反洗,或溢流至排放水池。该型式砂滤器操作简便、出水效果极佳,尤适合大量量的废水处理工艺末端进行深度过滤。

### 2.8 催化氧化单元

光平整废液含碱和表面活性剂,为高浓度有机废水,以往工程多与浓油及乳化液废水一并处理的,因水量不多且间断,姑且尚能满足当前废水处理 COD  $< 100\text{mg}/\text{L}$  的排放标准,但随着汽车钢板生产技术不断发展,采用新配方清洗液使产生废水性质改变,已无法用含油乳化液废水的常规超滤方法来

获得预定处理效果,况且国家污水排放标准 COD 也日趋严格。催化氧化处理技术就是在这种背景下开发出来的,其核心技术是在常温、常压下实现羟基自由基 $\cdot\text{OH}$ 的生成,兼有超强氧化、三维多相催化和吸附、过滤等处理功能一体。

光整液废水先经过混凝沉淀预处理,再进入催化氧化反应器进行深度氧化。反应器内循环废水在催化剂/电磁/曝气等作用下,产生的大量羟基自由基将高分子有机物逐步氧化分解,极大降低 COD 同时提高废水可生化性。中试及实际运行测试结果表明,经催化氧化反应器处理出水的 B/C 可由 0.15 提高至 0.45 以上,极好地为后续生化处理创造有利条件。

催化氧化装置设计为两级反应,共两套,序批式连续处理水量为  $16\text{m}^3/\text{h}$ 。每套配现场控制箱,采用西门子 SF200PLC 与废水站主控室通讯,可实现泵阀机旁手操和联动操作。该催化氧化反应器是上海东振专有设备。

## 2.9 超滤单元

超滤是目前处理含油废水最为有效和先进的方法,与传统气浮相比,药耗较低,系统自动化程度高,设备运行稳定效果可靠。超滤装置共设 8 套,单套平均出水通量  $2\text{m}^3/\text{h}$ ;膜管采用进口无机陶瓷膜,37 通道,膜孔径  $50\text{nm}$ ,膜管通道孔径  $3.6\text{mm}$ ,设计通量  $100\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,设计运行压力:  $0.32\text{MPa}$ ,运行温度:  $30 \sim 60^\circ\text{C}$ 。废水先经纸带过滤机粗滤再进超滤装置,可以起到保护膜管和减轻超滤处理负荷。超滤装置对应构筑物为 1 座循环槽、1 座清洗槽(分 3 格,分别酸洗/碱洗/清水漂洗),所有池内设有蒸汽加热装置,并设温度自动控制,保证运行温度稳定。

## 2.10 膜生物反应器

该系统由微滤膜装置和生物反应池构成,用无机微滤膜组件替代沉淀池实现泥水分离可大大提高反应装置内的污泥浓度,有利于提高反应器的容积负荷,减小占地面积。生物反应池则采用水解+生物接触氧化,微生物选用专有菌种,进一步确保生化处理效果。生化池两座,每座两格串联,均设有 PVC 填料,前段水解池,后段好氧曝气,并设活性污泥回流设施。微滤膜装置共 7 套,总处理水量  $32\text{m}^3/\text{h}$ ,采用进口无机陶瓷膜,膜孔径  $200\text{nm}$ ,设计通量  $200\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。微滤膜装置与超滤膜装置共用 1 套清洗系统。经膜生物反应器处理出水直接送排放水池达标排放。

## 2.11 排放水池

一座容积  $200\text{m}^3$  水池分成两段,前段接收重力砂滤池出水,设酸碱投加微调废水 pH 值至排放范围后,溢流至后段排放池,膜生物反应器出水直接至后段。排放水池溢流水,排放口设有文丘里流量渠及 COD 在线检测。配 2 台水泵,用以回流不达标废水至调节池重新处理和利用达标水回用至装置清洗(催化氧化反应器)。

## 2.12 污泥及废油处理

两座污泥池,直径  $7\text{m}$ ,因含油和生物污泥,在污泥池设有助凝剂投加,以提高污泥脱水效率。3 台全自动厢式压滤机,单台过滤面积  $200\text{m}^2$ ,滤室容积  $3\text{m}^3$ ,滤板  $1250\text{mm} \times 1250\text{mm}$ ;正常情况按每天工作 3 批次,压滤机二用一备考虑,当酸再生站事故时,产生的污泥量将极大增加,此时可通过三台压滤机同时运作,并相应增加工作批次,来应对该事故状态。

含油废水池、超滤系统去除的油及气浮油渣收集至一座  $40\text{m}$  废油槽中,通过加热静置使油水分离,降低废油含水率后由不定期外运回收。

## 3 工程实际运行情况

该工程于 2007 年 11 月处理达标排放第一批废水后,遂进入全面运行,处理效果一直较稳定,除因设备故障及外力因素影响外,废水站排放水质值未出现过较大波动。由废水站日常运行检测数据得知,膜生物反应器出水 CODCr 基本在  $46 \sim 70\text{mg}/\text{L}$ , COD 去除率  $>90\%$ ;接触生物氧化池出水 CODCr 为  $97 \sim 132\text{mg}/\text{L}$ , COD 去除率  $>75\%$ 。废水站最终排放出水悬浮物  $19 \sim 42\text{mg}/\text{L}$ , CODCr 为  $32 \sim 68\text{mg}/\text{L}$ , pH 值在  $8.1 \sim 8.9$ ,达到本工程设计预期处理效果。

## 4 结论

1) 采用物化和生化组合工艺处理钢铁厂冷轧废水的工艺路线是可行的。催化氧化—膜生物反应器的工艺可以达到处理出水 COD  $<60\text{mg}/\text{L}$ 。

2) 采用催化氧化工艺处理难生物降解的光平整有机废液,可有效去除油和 COD,并通过破坏断链极大提高了废水 B/C,不矢为高浓度难降解有机物进行生化处理前的极有效预处理手段。但目前该系统设备存在成本较高,电耗大,操作繁琐的缺点,有待完善改进。

3) 本工程中膜生物反应器与超滤装置共用 1 套化学清洗装置。

(下转第 150 页)

单位面积上高羊茅的株数增加,与优势种草地早熟禾相互争夺空间,竞争养分。而草地早熟禾从发芽到苗期生长比较缓慢,且不耐阴,若并存于生长较快、密度较大且耐干旱、耐热、适宜干旱荒漠区生长的高羊茅群落中竞争,往往容易失败,造成伴生种替代优生种,使草坪达不到预期的观赏效果。

2)混播草坪草种的选配比例无标准和原则,什么草种便宜则草种比例提高,而且混播草坪的均一性,不论从色泽上,还是各草种或品种的分布上都表现得很差。

3)草坪播种量大小的选择无科学性。

#### 2.1.4 草坪播种后覆盖技术存在问题

草坪播后覆沙太厚。夏季高温期覆沙过厚,容易灼烧幼苗;春秋季覆沙过厚,虽不致烧苗,但幼芽生长较慢,播种一个月后,相当部分的黄色幼芽弯曲曲埋在细沙层中透不出地表而腐烂死亡。

#### 2.2 管理中存在的问题

1)干旱荒漠区大多建植的观赏草坪采用漫灌浇水,因坪床不平整,旱涝现象十分严重。

2)草坪越冬水过早,大多在 10 月下旬,致使草坪绿期缩短。

3)观赏草坪的修剪管理粗放,刈割时间间隔过长,使草坪草生长过高,在 15cm 以上,修剪时不遵循“三分之一”法则,一次割去三分之二即 10cm,使草坪的再生性降低,由于切去了地上全部或大部分的茎叶光合器官,而仅留茎秆部分,使得这部分草坪在短期内很难恢复正常,甚至有的慢慢退化死亡,造成草坪秃斑严重。

4)草坪施肥不结合实际。不论春季或秋季,草坪草缺 N 肥还是缺磷肥,或者不缺肥,管理者仅是施 N 肥,而且很少有施肥适宜时间和适宜量的选择。如在盛夏施肥,会倒致草坪枝叶枯黄,甚至有死苗现象;初秋施肥,会导致草坪草在这适宜条件下突长,增加草坪修剪次数,过量消耗草坪根系养分,不

利于根系发育。

### 3 修补复壮技术

#### 3.1 秃斑处理

大秃斑用铁锹翻,小秃斑用三铁耙翻,深度均为 30cm 以上,深翻后整平、补播、覆沙。草种用高羊茅猎狗 5 号(Houndog5)占 30%,草地早熟禾用枪手股(Bluechip)占 70%,播种量  $25\text{g}/\text{m}^2$ ,覆沙厚度 0.2 ~ 0.4cm。

#### 3.2 喷灌浇水

喷灌每个地方最少浇 2h,这样可以使水渗透土壤 8 ~ 10cm 深。在正常情况下要经常保持土壤湿润,这样才能保证草坪按时出苗及出苗后不干枯死亡,生长旺盛。

#### 3.3 松土打孔

因过度践踏而生长不旺盛的草坪,只要用三铁耙松土打孔,改善土壤条件及时喷水施肥便可。

#### 3.4 追施肥料

补播的地块最好能施羊粪  $2\text{kg}/\text{m}^2$  和磷二铵  $50\text{g}/\text{m}^2$ ,保存的原草坪要结合补播过程中的喷水进行追施化肥尿素  $20\text{g}/\text{m}^2$ 。

#### 3.5 适时修剪

草坪修补复壮后,当草坪生长高度达到 12cm 时,就要及时修剪,高度保持在 8cm 以上。

### 4 效果

草坪补播后,转入正常管理,经过 40d 左右的时间,秃斑消除,面貌焕然一新,生长良好。

#### 参考文献:

- [1] 韩烈保,孙吉雄. 草坪建植与管理技术[M]. 北京:中国农业大学出版社,1998:55-69.
- [2] 金英芬,杨斌. 建植草坪应注意的问题[J]. 草业科学,1999(5):55-56.

(上接第 131 页)

根据以往工程超滤运行经验及无机陶瓷膜管特点,化学清洗液温度在  $70^\circ\text{C}$  时清洗效果较好,膜通量恢复快。超滤作为含油废水处理工艺,废水运行温度维持在  $50 \sim 60^\circ\text{C}$ ,故无影响。但膜生物反应器的正

常运行温度在  $20 \sim 32^\circ\text{C}$ ,膜管清洗时温差较大,长时骤冷骤热运行必然对系统产生一定影响。目前现场实际运行情况已经表现膜生物反应器的膜损耗率远高于超滤。建议膜生物反应器系统单独配清洗装置。