

附件三：

HJ-BAT-006

# 环境保护技术文件

## 钢铁行业轧钢工艺

### 污染防治最佳可行技术指南（试行）

**Guideline on Best Available Technologies for Pollution Prevention and Control  
for Rolling Process of the Iron and Steel Industry (on Trial)**

环境保护部

2010年12月

# 目 次

前言	I
1 总则	1
1.1 适用范围	1
1.2 术语和定义	1
2 生产工艺及污染物排放	1
2.1 生产工艺及产污环	1
2.2 污染物排放	7
3 轧钢工艺污染防治技术	10
3.1 工艺过程污染预防技术	10
3.2 大气污染治理技术	11
3.3 水污染治理技术	13
3.4 固体废物综合利用及处理处置技术	17
3.5 噪声污染治理技术	18
3.6 轧钢工艺污染防治新技术	18
4 轧钢工艺污染防治最佳可行技术	19
4.1 轧钢工艺污染防治最佳可行技术概述	19
4.2 工艺过程污染预防最佳可行技术	19
4.3 大气污染治理最佳可行技术	21
4.4 水污染治理最佳可行技术	26
4.5 固体废物综合利用及处理处置最佳可行技术	31
4.6 最佳环境管理实践	32

# 前 言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》，加快建立环境技术管理体系，确保环境管理目标的技术可达性，增强环境管理决策的科学性，提供环境管理政策制定和实施的技术依据，引导污染防治技术进步和环保产业发展，根据《国家环境技术管理体系建设规划》，环境保护部组织制订污染防治技术政策、污染防治最佳可行技术指南、环境工程技术规范等技术指导文件。

本指南可作为钢铁行业轧钢工艺生产项目环境影响评价、工程设计、工程验收以及运营管理等环节的技术依据，是供各级环境保护部门、规划和设计单位以及用户使用的指导性技术文件。

本指南为首次发布，将根据环境管理要求及技术发展情况适时修订。

本指南由环境保护部科技标准司提出。

本指南起草单位：中冶建筑研究总院有限公司、北京市环境保护科学研究院、中钢集团天澄环保科技股份有限公司。

本指南由环境保护部解释。

## 1 总则

### 1.1 适用范围

本指南适用于具有轧钢工艺的钢铁生产企业。

### 1.2 术语和定义

#### 1.2.1 最佳可行技术

是针对生产、生活过程中产生的各种环境问题，为减少污染物排放，从整体上实现高水平环境保护所采用的与某一时期技术、经济发展水平和环境管理要求相适应、在公共基础设施和工业部门得到应用、适用于不同应用条件的一项或多项先进、可行的污染防治工艺和技术。

#### 1.2.2 最佳环境管理实践

是指运用行政、经济、技术等手段，为减少生产、生活活动对环境造成的潜在污染和危害，确保实现最佳污染防治效果，从整体上达到高水平环境保护所采用的管理活动。

## 2 生产工艺及污染物排放

### 2.1 生产工艺及产污环节

轧钢工艺是指以钢坯为原料，经备料、加热、轧制及精整处理，最终加工成成品钢材的生产过程。轧钢工艺主要分为热轧和冷轧，产品包括板带材、棒/线材、型材和管材等。典型的轧钢工艺流程见图 1，各主要工序工艺流程及产污环节见图 2。

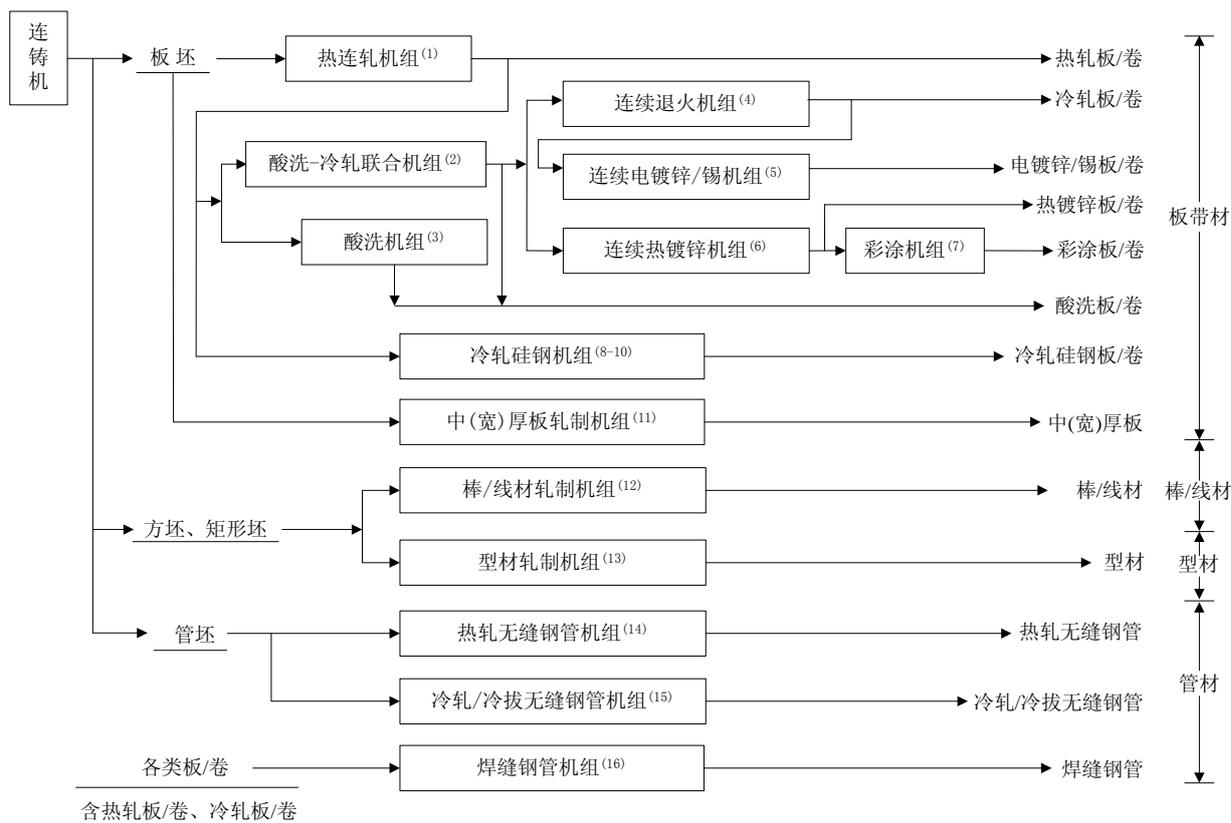


图 1 轧钢工艺流程

注：图中所示为碳钢产品生产工艺流程；在不锈钢产品生产中，为获得更好的产品质量，通常还需在轧制前/后进行退火、酸洗（硝酸+氢氟酸）等处理。

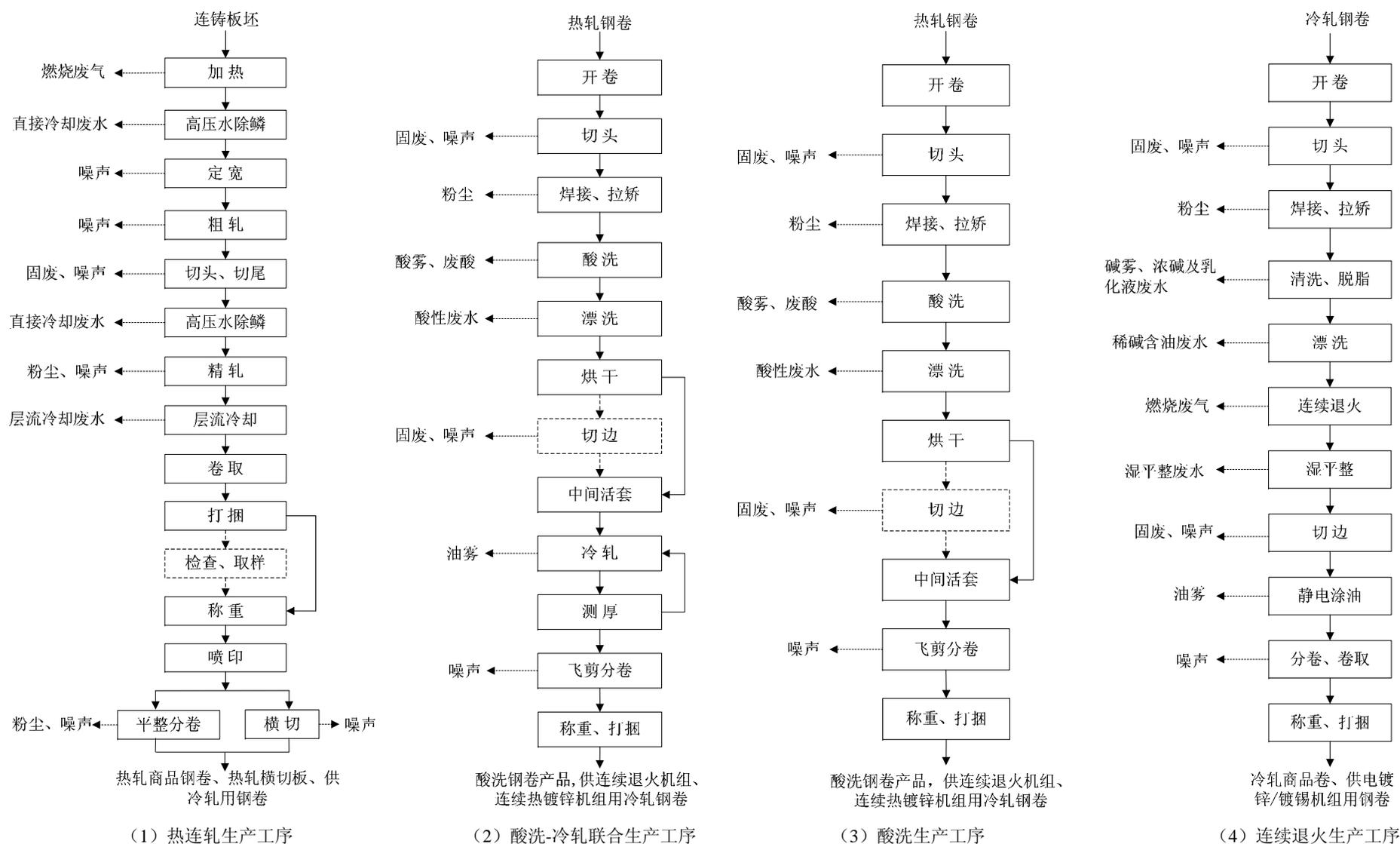


图 2 轧钢工艺各主要工序工艺流程及产污环节

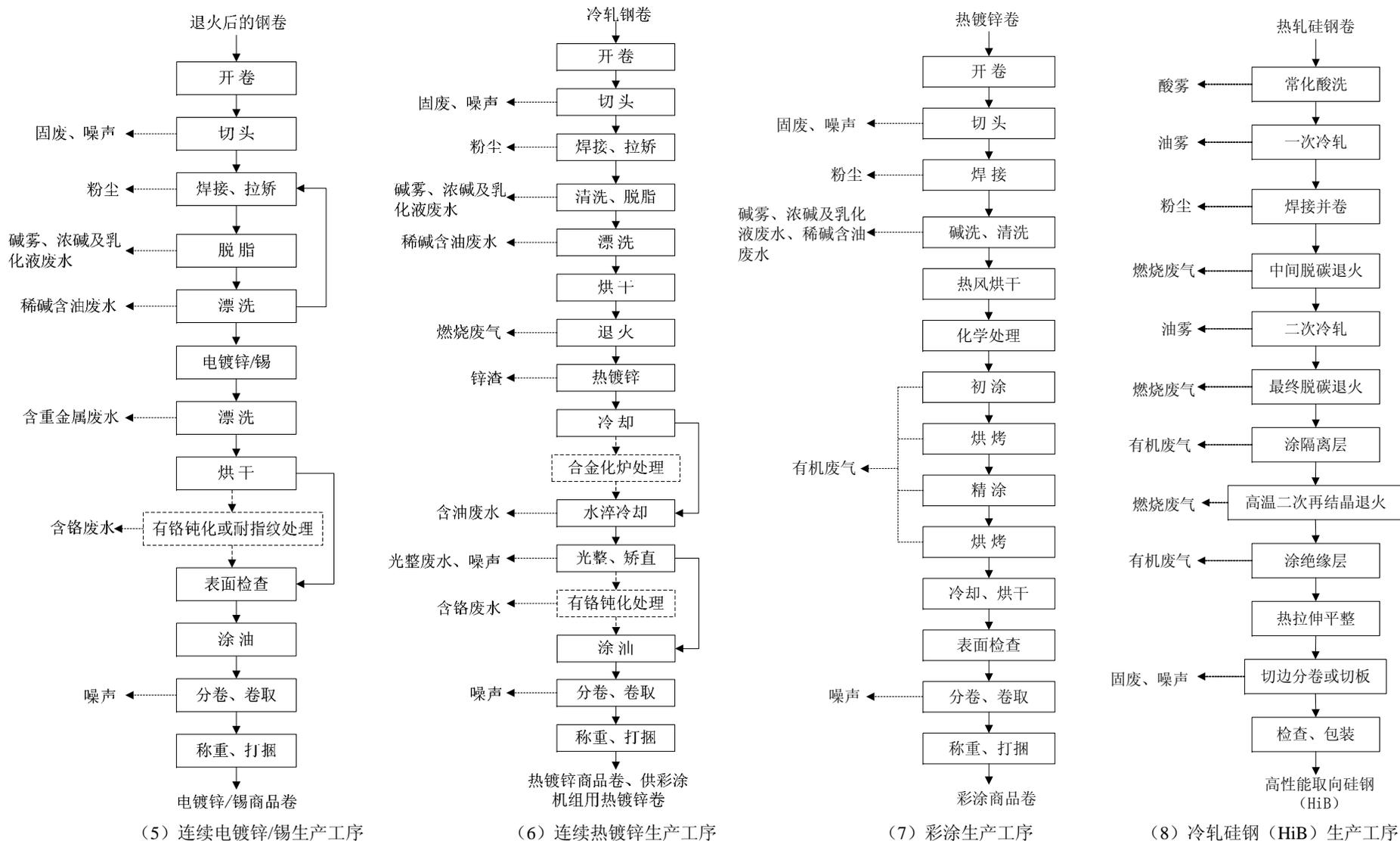
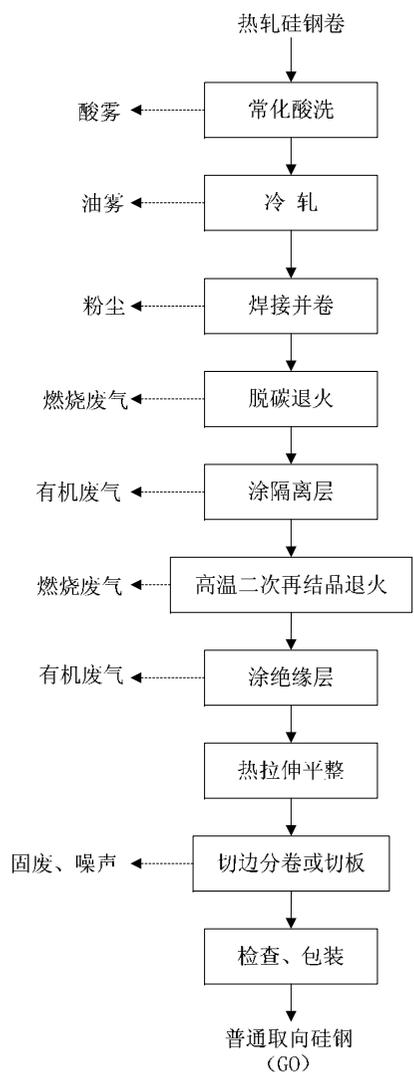
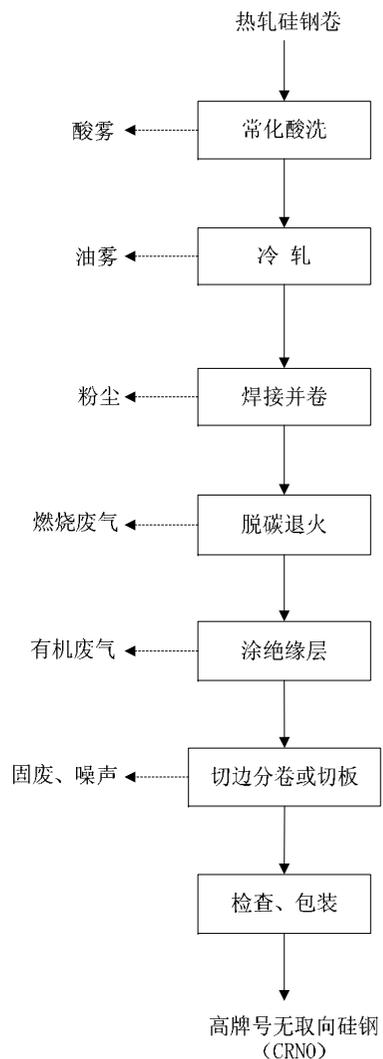


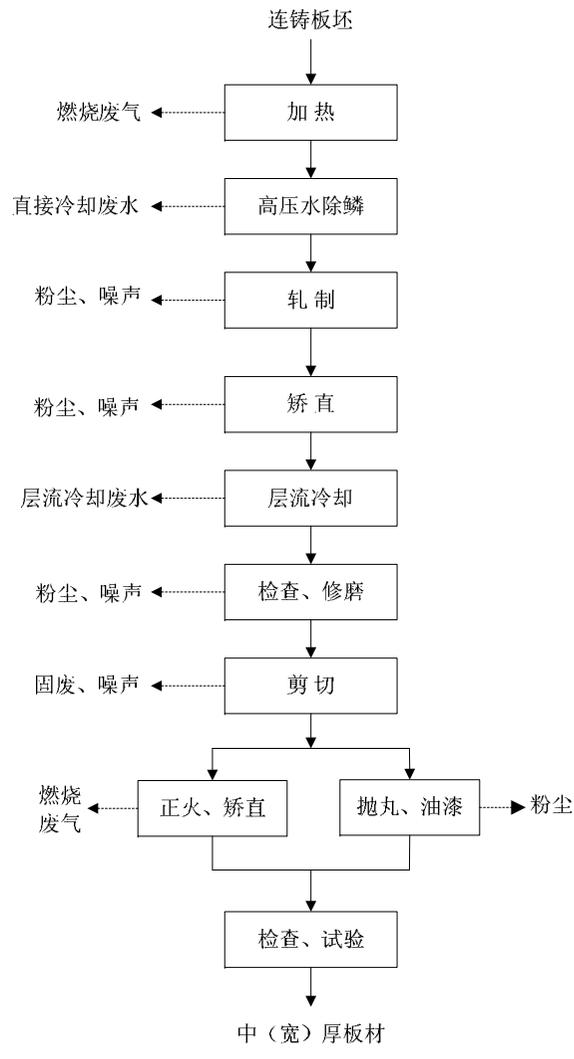
图 2 轧钢工艺各主要工序工艺流程及产污环节 (续)



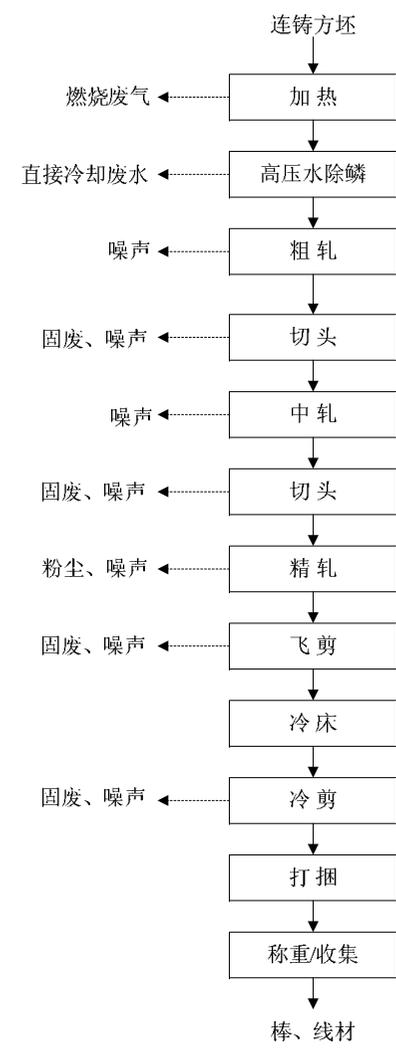
(9) 冷轧硅钢 (GO) 生产工序



(10) 冷轧硅钢 (CRNO) 生产工序

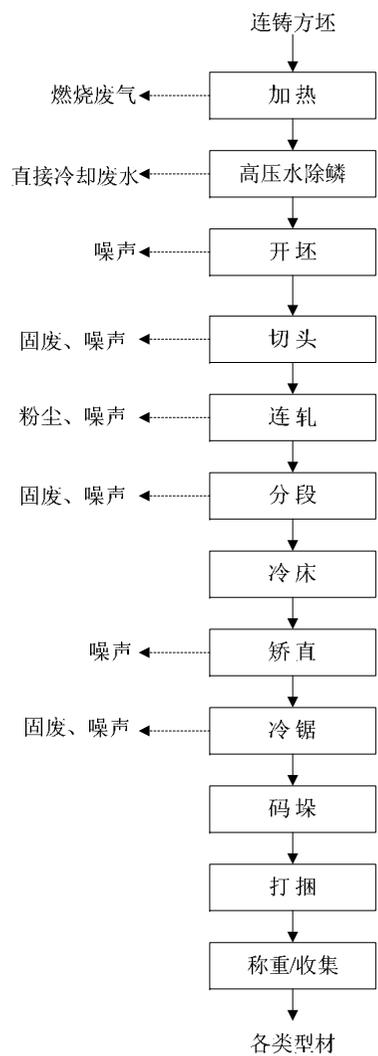


(11) 中 (宽) 厚板轧制生产工序

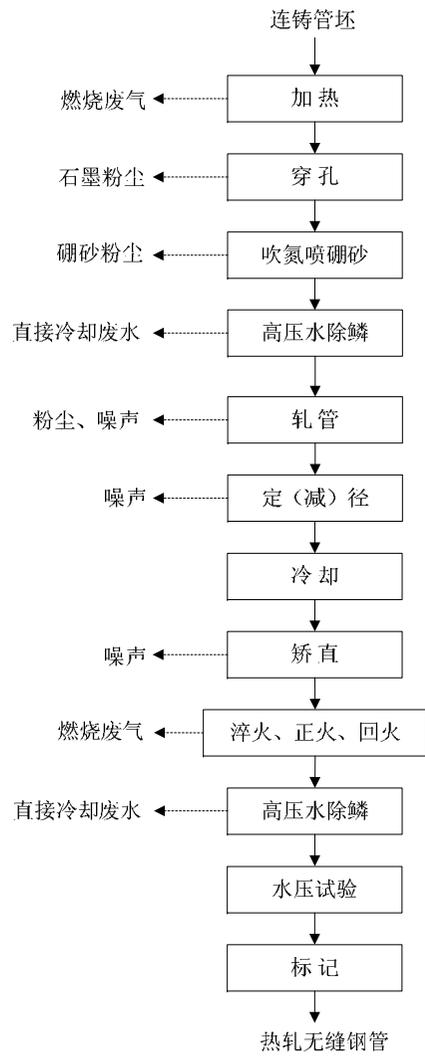


(12) 棒/线材轧制生产工序

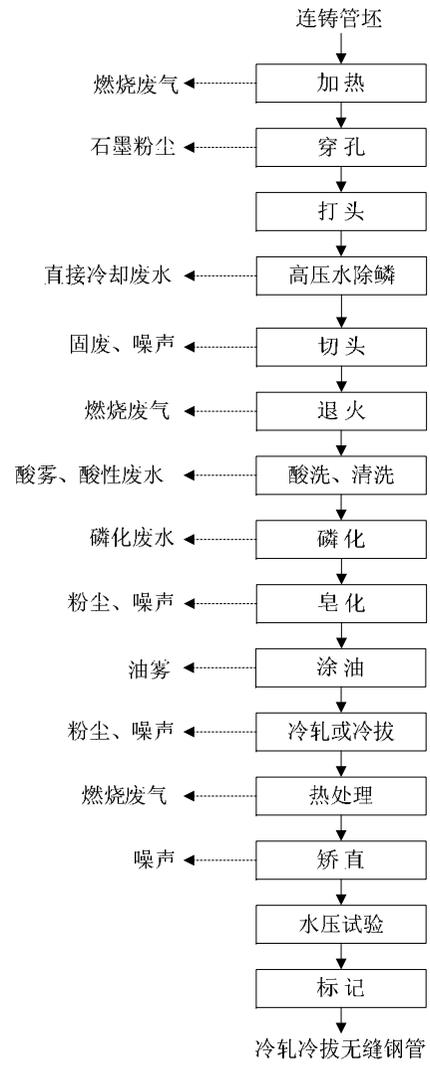
图 2 轧钢工艺各主要工序工艺流程及产污环节 (续)



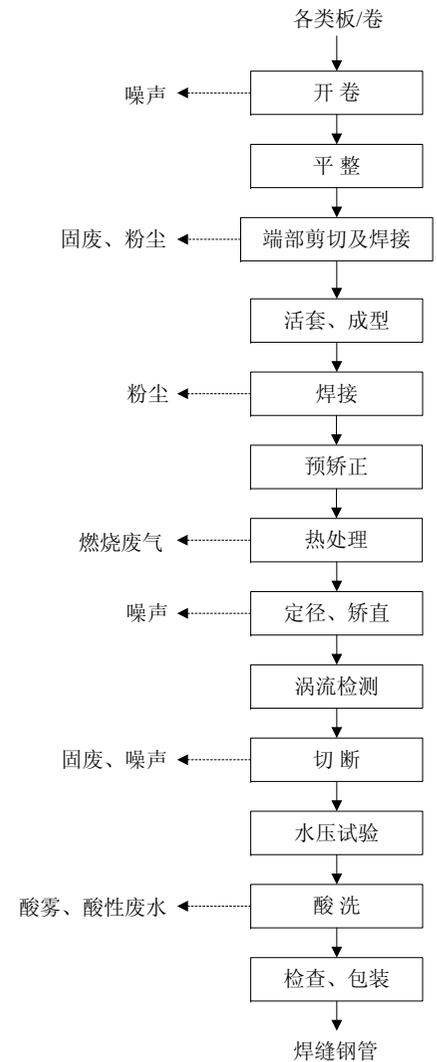
(13) 型材轧制生产工序



(14) 热轧无缝钢管生产工序



(15) 冷轧/冷拔无缝钢管生产工序



(16) 焊缝钢管生产工序

图 2 轧钢工艺各主要工序工艺流及产污环节 (续)

## 2.2 污染物排放

轧钢工艺产生的污染包括大气污染、水污染、固体废物污染和噪声污染，其中水污染（冷轧废水）是主要环境问题。

### 2.2.1 大气污染

轧钢工艺产生的大气污染为少量的燃烧废气（含烟尘、二氧化硫、氮氧化物等）、粉尘、油雾、酸雾、碱雾和挥发性有机废气（VOC）等。

### 2.2.2 水污染

轧钢工艺产生的废水分为热轧废水和冷轧废水，其中以冷轧废水为主。

热轧废水主要为轧制过程中的直接冷却废水，含有氧化铁皮及石油类污染物等，且温度较高；热轧废水还包括设备间接冷却排水、带钢层流冷却废水，以及热轧无缝钢管生产中产生的石墨废水等。

冷轧废水主要包括浓碱及乳化液废水、稀碱含油废水、酸性废水，还包括少量的光整废水、湿平整废水、重金属废水（如含六价铬、锌、锡等）和磷化废水等。

### 2.2.3 固体废物污染

轧钢工艺产生的固体废物主要为冷轧酸洗废液（包括盐酸废液、硫酸废液、硝酸-氢氟酸混酸废液），还包括除尘灰、水处理污泥（包括少量含铬污泥、含重金属污泥）、锌渣和废油（含处理含油废水中产生的废滤纸带）等，其中含铬污泥、含重金属污泥、锌渣及废油属危险废物。

#### 2.2.4 噪声污染

轧钢工艺产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括各类轧机、剪切机、卷取机、矫直机、冷/热锯和鼓风机等。在采取噪声控制措施前，各主要噪声源源强通常在 85 ~ 130dB(A) 之间。

轧钢工艺主要污染物及来源见表 1。

表 1 轧钢工艺主要污染物及来源

工序	废 气						废 水											固体废物					噪声			
	燃烧 废气 <sup>[1]</sup>	粉 尘	油 雾	酸 雾	碱 雾	有 机 废 气	直 接 冷 却 废 水	间 接 冷 却 排 水 <sup>[2]</sup>	层 流 冷 却 废 水	石 墨 废 水	酸 性 废 水	浓 碱 及 乳 化 液 废 水	稀 碱 含 油 废 水	光 整 废 水	湿 平 整 废 水	磷 化 废 水	含重金属废水			除 尘 灰	水 处 理 污 泥	废 酸		废 油	锌 渣	
																	六 价 铬	Zn	Sn							
板材 带材	热连轧机组	●	●	●			●	●	●											●	●		●		●	
	酸洗-冷轧联合机组		●	●	●						●									●	●	●	●		●	
	酸洗机组		●		●						●									●	●	●			●	
	废酸再生机组 <sup>[3]</sup>	●	●		●						●									●					●	
	连续退火机组	●	●	●		●						●	●		●					●	●		●		●	
	连续电镀锌机组		●			●						●	●						● <sup>[4]</sup>	●			●		●	
	连续电镀锡机组		●			●						●	●						● <sup>[4]</sup>		●		●		●	
	连续热镀锌机组	●	●			●						●	●	●					● <sup>[4]</sup>	●			●	●	●	
	彩涂机组	●	●	●		●	●					●	●						● <sup>[4]</sup>				●		●	
	冷轧硅钢机组	●	●	●	●		●					●									●	●	●	●		●
中(宽)厚板轧制机组	●	●	●				●	●	●											●	●		●		●	
棒材 线材	棒/线材轧制机组	●	●	●			●	●													●		●		●	
型材	型材轧制机组	●	●	●			●	●													●		●		●	
管材	热轧无缝钢管机组	●	●	●			●	●		●										●	●		●		●	
	冷轧冷拔无缝钢管机组	●	●	●	●		●	●			●					●				●	●	●	●		●	
	焊缝钢管机组	●	●	●	●						●									●	●	●	●		●	
不锈钢产品		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>[4]</sup>			●	●	●	●		●

注：[1] 燃烧废气通过工艺过程污染预防技术即可得到有效控制，通常无需治理；  
 [2] 间接冷却排水水质较好，通常经冷却处理即可返回系统循环使用；  
 [3] 废酸再生机组为酸洗废液的处理处置设备，属环保设备，但运行中有废气产生；  
 [4] 采用无铬钝化工艺无含铬废水产生。

### 3 轧钢工艺污染防治技术

#### 3.1 工艺过程污染预防技术

##### 3.1.1 加热炉/热处理炉污染减排技术

加热炉/热处理炉污染减排技术是在钢坯加热及热处理过程中，为节省燃料和减少污染物排放采用的一类技术，包括蓄热式燃烧技术、富氧燃烧技术、低氮氧化物燃烧技术和燃用低硫燃料等。各种技术的原理及特点见表 2。

该类技术适用于轧钢工艺各类加热炉及热处理炉（含退火炉、淬火炉、回火炉、正火炉和常化炉等）。

表 2 各种加热炉/热处理炉污染物减排技术原理及特点

技术名称	技术原理及特点
蓄热式燃烧技术	以高温燃烧技术为核心，利用烟气或废气的余热预热助燃空气，可间接减少污染物排放。
富氧燃烧技术	以含氧浓度高于21%的富氧气体替代空气参与燃烧，加快燃烧速度、减少废气排放。
低氮氧化物燃烧技术	采用低氮燃烧器、空气或燃料分级燃烧等方式，减少NO <sub>x</sub> 的产生与排放。
燃用低硫燃料	燃用含硫率低的燃料，减少SO <sub>2</sub> 产生与排放。

##### 3.1.2 浅槽紊流酸洗技术

浅槽紊流酸洗技术是在浅槽酸洗的基础上，在槽内形成良好的紊流流态，强化酸洗效果。

该技术加强了酸洗中的紊流、热导率和物质传动，可缩短反应时间，减少酸雾的排放。

该技术适用于各类冷轧产品的酸洗处理。

### 3.1.3 低铬/无铬钝化技术

低铬/无铬钝化技术是以低浓度铬酸盐或钛盐、硅酸盐、钼盐等替代传统的高浓度铬酸盐进行钝化。

该技术可减轻或避免六价铬对环境的污染。

无铬钝化技术钝化后膜层的耐蚀性已接近甚至在某些方面超过铬酸盐钝化，但成本相对较高。

### 3.1.4 水基涂镀技术

水基涂镀技术是以水基涂料替代常规有机溶剂进行钢材表面的涂镀处理。

该技术可减少有毒有害气体排放，适用于对表面涂层要求不高的冷轧板带的彩涂处理。

## 3.2 大气污染治理技术

### 3.2.1 粉尘治理技术

#### 3.2.1.1 塑烧板除尘技术

塑烧板除尘技术是利用塑烧板内部的多微孔结构阻留含尘废气中的粉尘，阻留下来的粉尘再经压缩空气反吹，落入灰斗进行收集。

该技术除尘效率高，维护费用低，但一次性投资较高。

该技术适用于轧钢工艺热轧工序火焰清理机和精轧机等设备的除尘。

#### 3.2.1.2 袋式除尘技术

袋式除尘技术是利用纤维织物的过滤作用对含尘气体进行净化。

该技术除尘效率高，适用范围广，可附带去除吸附在颗粒物上的重金属。

该技术适用于轧钢工艺冷轧工序干式平整机、拉矫机、焊机、抛丸机、修磨机等设备的除尘，以及钢管穿孔吹氮喷硼砂工序、矫直及精整吸灰工序等的除尘。

### 3.2.1.3 湿式电除尘技术

湿式电除尘技术是以放电极和集尘极构成静电场，使进入的含尘气体被电离，荷电的含尘微粒向集尘极运动并被捕集，在集尘极释放电荷，并在水雾作用下冲入灰斗，排入循环水池。

该技术除尘效率大于 95%，外排废气含尘浓度低于  $50\text{mg}/\text{m}^3$ ；但设备耗电量大，且有废水产生。

该技术适用于轧钢工艺热轧工序火焰清理机等设备的除尘。

## 3.2.2 酸雾、碱雾、油雾治理技术

### 3.2.2.1 湿法喷淋净化技术

湿法喷淋净化技术是利用水或吸收剂清洗或吸收酸、碱、油雾。

该技术除雾效果好，方法简单，操作方便。

该技术适用于轧钢工艺酸雾、碱雾和油雾的治理。

### 3.2.2.2 湿法喷淋+选择性催化还原（SCR）净化技术

湿法喷淋+选择性催化还原（SCR）净化技术是在湿法喷淋净化技术的基础上增加选择性催化还原处理来脱除氮氧化物，即利用氨（ $\text{NH}_3$ ）对氮氧化物的还原作用，将氮氧化物还原为氮气和水。

该技术适用于轧钢工艺不锈钢酸洗产生的硝酸-氢氟酸混酸酸

雾和混酸再生装置含酸尾气的治理。

### 3.2.2.3 过滤式净化技术

过滤式净化技术是利用滤网的阻留作用脱除废气中的油类物质。

该技术设备结构简单，操作方便，适用于轧钢工艺油雾的治理。

### 3.2.3 挥发性有机物（VOCs）净化技术

#### 3.2.3.1 高温焚烧净化技术

高温焚烧净化技术是利用辅助燃料燃烧产生的热量，分解有机废气中的可燃有害物质。

该技术处理效率高，应用范围广，但处理中需消耗辅助燃料。

该技术适用于轧钢工艺有机废气的治理。

#### 3.2.3.2 催化焚烧净化技术

催化焚烧净化技术是在催化剂的作用下，焚烧分解有机废气中的有害物质。

该技术处理效率高，起燃温度低，能耗小，适用于轧钢工艺有机废气的治理。

## 3.3 水污染治理技术

### 3.3.1 热轧废水治理技术

#### 3.3.1.1 三段式热轧废水处理技术

三段式废水处理技术是废水先后流经一次沉淀池（旋流井）和二次沉淀池（平流沉淀池或斜板沉淀池）去除其中的大颗粒悬浮杂质和油质，出水进入高速过滤器，进一步对废水中的悬浮物和石油类污染物进行过滤，最后经冷却塔冷却后循环使用。

该技术可去除废水中的大部分氧化铁皮和泥沙，适用于轧钢工艺热轧直接冷却废水的处理。处理后的出水经冷却返回热轧浊环水系统循环使用。

#### 3.3.1.2 稀土磁盘热轧废水处理技术

稀土磁盘热轧废水处理技术是通过磁场力的作用，去除废水中的可磁化悬浮物。

该技术不添加化学药剂，避免二次污染；占地面积小，工艺流程短，投资低。

该技术适用于轧钢工艺热轧直接冷却废水的处理。处理后的出水经冷却返回热轧浊环水系统循环使用。

#### 3.3.1.3 两段式热轧废水处理技术

两段式热轧废水处理技术是利用一次铁皮沉淀池与化学除油器组合的方式进行废水的处理。

该技术出水悬浮物浓度低于 30mg/L，石油类污染物浓度低于 5mg/L；但沉降效果不稳定，出水水质波动大。

#### 3.3.1.4 旁滤冷却层流冷却废水处理技术

旁滤冷却层流冷却废水处理技术是针对层流冷却系统对水质要求不高的特点，仅对层流冷却后的部分废水进行过滤、冷却处理；处理后的出水再与未经处理的层流冷却废水混合，返回层流冷却系统循环使用。

该技术可减少废水中污染物含量、降低水温，出水水质可达到层流冷却回用水要求。

### 3.3.1.5 混凝沉淀石墨废水处理技术

混凝沉淀石墨废水处理技术是通过投加混凝剂使废水中的悬浮物以絮状沉淀物形式从废水中分离。

该技术处理后的出水悬浮物浓度低于 200mg/L，出水与清水混合后可返回浊环水系统循环使用。

### 3.3.2 冷轧废水治理技术

冷轧废水治理通常采用分质预处理与综合处理结合的方式。根据不同水质，通常采用超滤、化学破乳、化学还原沉淀、化学沉淀、中和等预处理技术；综合处理常采用生化处理技术和混凝沉淀处理技术等。

#### 3.3.2.1 超滤预处理技术

超滤预处理技术是利用超滤膜只透过小分子物质的特性，截留废水中的悬浮物、胶体、油类等物质。

该技术适用于轧钢工艺浓碱及乳化液废水、光整废水和湿平整废水的预处理。

#### 3.3.2.2 化学破乳预处理技术

化学破乳预处理技术是通过投加化学药剂使废水中的乳化液脱稳，在混凝剂或气浮作用下从水体中分离。

该技术适用于轧钢工艺浓碱及乳化液废水的预处理，破乳处理前需调节 pH 值。

#### 3.3.2.3 化学还原沉淀预处理技术

化学还原沉淀预处理技术是在酸性条件下，将六价铬还原成三

价格，再调节 pH 值使三价铬以难溶于水的氢氧化铬沉淀形式从废水中分离。

该技术适用于轧钢工艺含铬废水的预处理。

#### 3.3.2.4 化学沉淀预处理技术

化学沉淀预处理技术是将废水中的重金属物质转化为相应的难溶性沉淀从水体中分离。

该技术适用于轧钢工艺重金属（主要是锌、锡）废水的预处理。

#### 3.3.2.5 中和预处理技术

中和预处理技术是向混合后的酸、碱废水中投加碱类或酸类物质，调节废水的 pH 值。

该技术适用于轧钢工艺酸性废水、磷化废水的预处理及各类冷轧废水预处理前的 pH 值调节。

#### 3.3.2.6 生化处理技术

生化处理技术是利用微生物的新陈代谢作用，降解废水中的有机物。轧钢工艺废水处理中常采用的生化处理技术主要有膜生物反应器（MBR）和生物滤池等。

生化处理技术适用于轧钢工艺浓碱及乳化液废水、光整废水和湿平整废水预处理后的综合处理，以及稀碱含油废水的处理。

#### 3.3.2.7 混凝沉淀处理技术

混凝沉淀技术是通过投加絮凝剂，使水体中的悬浮物胶体及分散颗粒在分子力的作用下生成絮状体沉淀从水体中分离。

该技术适用于轧钢工艺冷轧废水的综合处理。

### 3.4 固体废物综合利用及处理处置技术

#### 3.4.1 酸洗废液再生技术

轧钢产品酸洗中，碳钢产品主要采用盐酸酸洗工艺，酸洗后的废酸采用喷雾焙烧等技术进行再生处理；还有少部分产品采用硫酸酸洗工艺，酸洗后的废酸采用蒸喷真空结晶、冷冻结晶和浸没燃烧等技术回收硫酸亚铁。

不锈钢产品通常采用硝酸-氢氟酸混酸酸洗工艺，酸洗后的废酸采用喷雾焙烧和减压蒸发等技术进行再生处理。

##### 3.4.1.1 喷雾焙烧废酸再生技术

喷雾焙烧废酸再生技术是将废酸液喷入焙烧炉中与高温气体通过逆流方式接触，蒸发分解生成氧化铁粉末和酸性气体，再利用水吸收酸性气体制成再生酸，返回酸洗机组继续使用；氧化铁粉经收集后综合利用。

该技术操作稳定，生成的氧化铁粉呈空心球形，粒径较小，可用作生产磁性材料等。

该技术适用于轧钢工艺废酸（主要为盐酸废液、硝酸-氢氟酸混酸废液）的再生处理。

##### 3.4.1.2 减压蒸发废酸再生技术

减压蒸发废酸再生技术是在真空状态下低温蒸发、冷凝回收混酸酸液，再利用硫酸置换金属盐中的硝酸与氢氟酸并进行回收。

该技术对硝酸和氢氟酸的回收率均大于 95%，同时还可回收硫酸亚铁。

该技术适用于轧钢工艺硝酸-氢氟酸混酸废液的再生处理。

### 3.4.2 其他固体废物综合利用及处理处置技术

轧钢工艺中产生的废钢可用作电炉炼钢原料或转炉炼钢冷却剂；各类干式除尘器收集的除尘灰，可用作烧结工艺配料；高压水除鳞产生的氧化铁皮，可用作生产还原铁粉原料、造球用作炼钢冷却剂或焙烧用作烧结配料；水处理中产生的污泥，经板框压滤机脱水处理后，焙烧用作烧结配料。

### 3.5 噪声污染治理技术

噪声污染主要从声源、传播途径和受体防护三个方面进行防治。尽可能选用低噪声设备，采用设备消声、隔振、减振等措施从声源上控制噪声。采用隔声、吸声、绿化等措施在传播途径上降噪。

### 3.6 轧钢工艺污染防治新技术

#### 3.6.1 钢带铸造技术

钢带铸造技术是将熔融的钢水引至成对的铸造辊之间进行冷却凝固形成钢带。该技术实现了铸造钢带的直接冷轧，可缩短液态钢到最终产品的生产周期，减少中间环节的污染物排放。

#### 3.6.2 催化氧化废水处理技术

催化氧化废水处理技术是利用强氧化剂的氧化性和活性炭等催化剂的催化作用，将光整废水或湿平整废水中的高分子有机物分解为二氧化碳和水。

该技术适用于光整废水或湿平整废水的处理。

#### 3.6.3 隔膜渗析酸洗废液处理技术

隔膜渗析酸洗废液处理技术是利用离子交换膜只允许通过一种离子的特性分离废酸中的硫酸亚铁，分离后得到的酸液可返回酸洗工段继续使用。

## 4. 轧钢工艺污染防治最佳可行技术

### 4.1 轧钢工艺污染防治最佳可行技术概述

按整体性原则，从设计时段的源头污染预防到生产时段的污染防治，依据生产工序的产污节点和技术经济适宜性，确定最佳可行技术组合。

钢铁行业轧钢工艺污染防治最佳可行技术组合见图 3。

### 4.2 工艺过程污染预防最佳可行技术

轧钢工艺过程污染预防最佳可行技术见表 3。

表 3 轧钢工艺过程污染预防最佳可行技术

最佳可行技术	技术特点	技术适用性
加热炉/热处理炉污染物减排技术 (含蓄热式燃烧、富氧燃烧、低氮氧化物燃烧、燃用低硫燃料)	降低燃烧废气中大气污染物浓度，其中使用低硫燃料时要求焦炉煤气含硫率 $\leq 200\text{mg}/\text{m}^3$ 。	轧钢工艺各类加热炉及热处理炉
浅槽紊流(喷流)酸洗技术	提高酸洗速度，减少酸雾产生量	轧钢工艺冷轧酸洗处理
低铬/无铬钝化技术	减少或消除含铬废水、含铬污泥的产生量	轧钢工艺镀锌/锡板卷、彩涂板卷的钝化处理
水基涂镀技术	减少挥发性有机废气的产生量	轧钢工艺对表面涂层要求不高的彩涂板生产

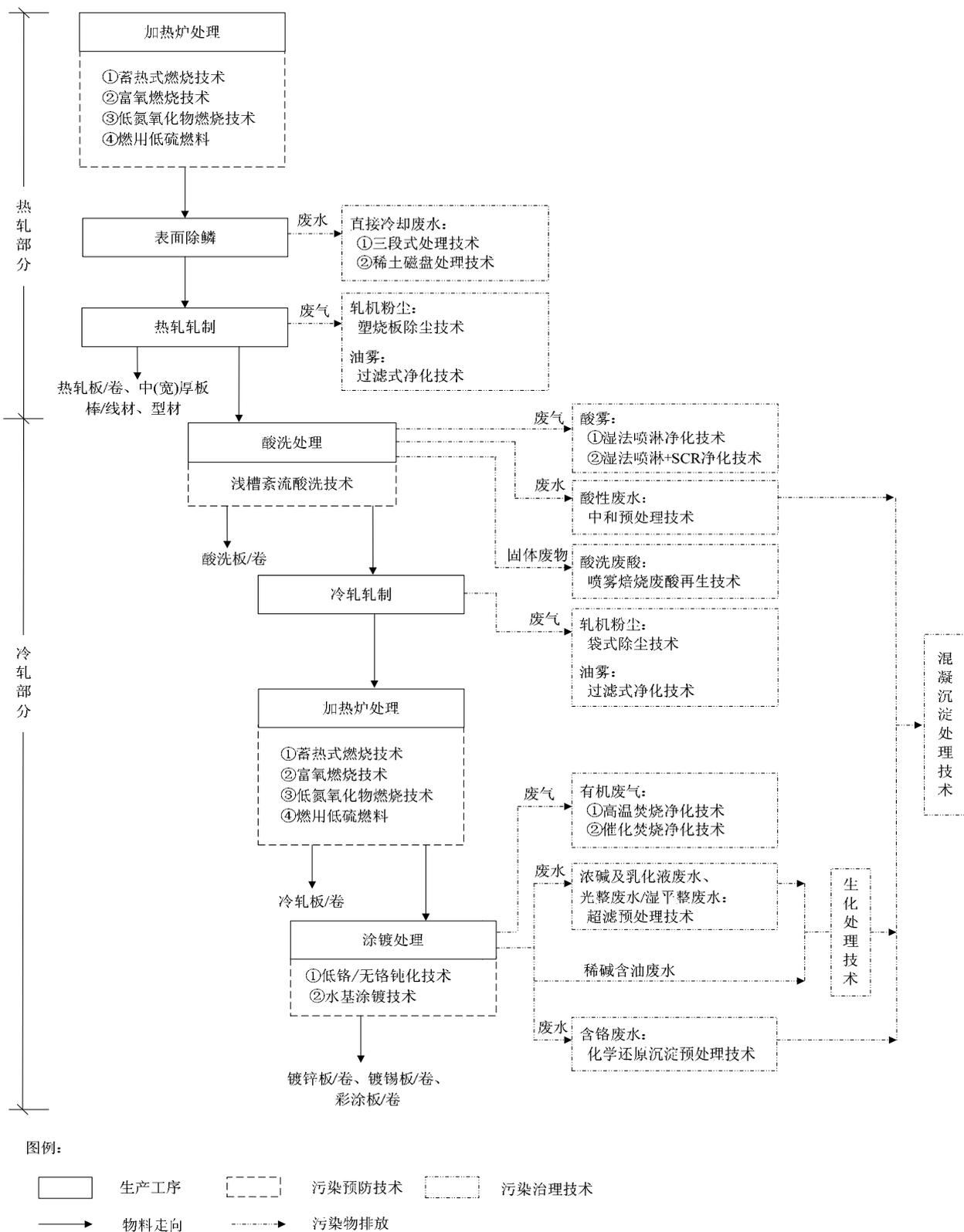


图 3 钢铁行业轧钢工艺污染防治最佳可行技术组合

### 4.3. 大气污染治理最佳可行技术

#### 4.3.1. 粉尘治理最佳可行技术

##### 4.3.1.1 塑烧板除尘技术

###### 4.3.1.1.1 最佳可行工艺参数

烟温低于 200℃，过滤风速 0.8 ~ 2m/min，设备阻力 1300 ~ 2200Pa；采用 0.4 ~ 0.6MPa 压缩空气反吹清灰。

###### 4.3.1.1.2 污染物削减和排放

除尘效率大于 99%，外排废气含尘浓度 10 ~ 20mg/m<sup>3</sup>。

###### 4.3.1.1.3 二次污染及防治措施

采用该技术收集的粉尘经卸灰后，可用作烧结配料。

###### 4.3.1.1.4 技术经济适用性

因塑烧板价格偏高，该技术的一次性投资较湿式电除尘高约 20%；但该技术不用水，无需进行污水处理，运行费用较低。

该技术适用于轧钢工艺热轧工序火焰清理机及精轧机等设备的除尘。

##### 4.3.1.2 袋式除尘技术

###### 4.3.1.2.1 最佳可行工艺参数

脉冲袋式除尘的过滤速度通常为 0.5 ~ 2m/min，设备阻力损失约 980 ~ 1700Pa。

烟气温度低于 120℃时，可选用涤纶绒布和涤纶针刺毡；烟气温度为 120 ~ 250℃时，可选用石墨化玻璃丝布；为进一步提高除尘效率，还可选用覆膜滤料。

#### 4.3.1.2.2 污染物削减和排放

对粒径大于  $0.1\mu\text{m}$  的微粒，去除率大于 99%，外排废气含尘浓度低于  $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

#### 4.3.1.2.3 二次污染及防治措施

采用该技术收集的粉尘经卸灰后，可用作烧结配料。

#### 4.3.1.2.4 技术经济适用性

该技术除尘效率高，适用范围广，并可附带去除吸附在颗粒物上的重金属。

该技术适用于轧钢工艺冷轧工序干式平整机、拉矫机、焊机、抛丸机、修磨机等设备的除尘，以及钢管穿孔吹氮喷硼砂工序中产生的硼砂粉尘、矫直及精整吸灰等的除尘。

### 4.3.2. 酸雾、碱雾、油雾治理最佳可行技术

#### 4.3.2.1 湿法喷淋净化技术

##### 4.3.2.1.1 最佳可行工艺参数

喷淋装置可采用洗涤塔或填料洗涤塔型式，装置内部断面气流速度  $0.6 \sim 1.5\text{m}/\text{s}$ 。

##### 4.3.2.1.2 污染物削减和排放

用水喷淋、清洗的净化效率大于 90%；用碱液净化酸雾的净化效率大于 95%。

外排废气中酸、碱含量低于  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

##### 4.3.2.1.3 二次污染及防治措施

洗涤后气体中的酸、碱类物质进入洗涤废水，洗涤废水送冷轧

废水预处理单元与酸性废水一同处理。

#### 4.3.2.1.4 技术经济适用性

该技术除雾效果好，方法简单，操作方便；适用于轧钢工艺酸雾、碱雾的净化。

#### 4.3.2.2 湿法喷淋+选择性催化还原（SCR）净化技术

##### 4.3.2.2.1 最佳可行工艺参数

湿法喷淋装置采用洗涤塔或填料洗涤塔型式，断面气流速度 $0.6 \sim 1.5\text{m/s}$ ；SCR 装置以五氧化二钒等作为催化剂，氨的逃逸浓度低于 $2.5\text{mg/m}^3$ 。

##### 4.3.2.2.2 污染物削减和排放

湿法喷淋装置中氢氟酸净化效率大于 90%，硝酸净化效率大于 60%；SCR 装置的脱硝效率最高可达 90%；处理后外排废气中硝酸雾浓度低于 $150\text{mg/m}^3$ ，氟化物浓度低于 $6\text{mg/m}^3$ 。

##### 4.3.2.2.3 二次污染及防治措施

洗涤后气体中的酸、碱类物质进入洗涤废水，洗涤废水送冷轧废水预处理单元与酸性废水一同处理。

##### 4.3.2.2.4 技术经济适用性

该技术适用于轧钢工艺不锈钢产品生产中硝酸-氟氟酸混酸酸雾的治理。

#### 4.3.2.3 过滤式净化技术

##### 4.3.2.3.1 最佳可行工艺参数

滤网规格 $60 \sim 200$ 目/ $\text{cm}^2$ ，换气次数 $5 \sim 20$ 次/h。

#### 4.3.2.3.2 污染物削减和排放

净化效率大于 80%，外排废气中油类物质浓度低于  $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

#### 4.3.2.3.3 二次污染及防治措施

处理中收集的废油属危险废物，用密闭容器收集，委托有危险废物经营许可证的机构集中处置。

#### 4.3.2.3.4 技术经济适用性

该技术设备结构简单，操作方便，适用于轧钢工艺油雾的治理。

### 4.3.3. 有机废气治理最佳可行技术

#### 4.3.3.1 高温焚烧净化技术

##### 4.3.3.1.1 最佳可行工艺参数

焚烧温度高于  $700^{\circ}\text{C}$ ，停留时间大于 2 秒；同时控制进入装置有机废气浓度低于其爆炸极限下限的 25%。

##### 4.3.3.1.2 污染物削减和排放

处理效率大于 95%。

##### 4.3.3.1.3 二次污染及防治措施

有机废气完全燃烧后生成二氧化碳和水。

##### 4.3.3.1.4 技术经济适用性

该技术处理效率高，应用范围广，但处理中需消耗辅助燃料。

该技术适用于轧钢工艺有机废气的治理。

#### 4.3.3.2 催化焚烧净化技术

##### 4.3.3.2.1 最佳可行工艺参数

以铂、钯等作为催化剂，催化起燃温度可降至  $230\sim 370^{\circ}\text{C}$ ；控

制进入装置的有机废气浓度低于其爆炸极限下限的 25%。

#### 4.3.3.2.2 污染物削减和排放

净化效率大于 98%。

#### 4.3.3.2.3 二次污染及防治措施

有机废气燃烧后生成二氧化碳和水。

#### 4.3.3.2.4 技术经济适用性

该技术处理效率高，起燃温度低，能耗小，适用于轧钢工艺有机废气的治理。

### 4.3.4 轧钢工艺大气污染治理最佳可行技术及主要技术指标

轧钢工艺废气治理最佳可行技术及主要技术指标见表 4。

表 4 轧钢工艺大气污染治理最佳可行技术

污染物	最佳可行技术	主要技术指标	技术适用性
粉尘	塑烧板除尘技术	除尘效率 $\geq 99\%$ ，出口粉尘浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ ，烟气温度 $\leq 200^\circ\text{C}$ 。	热轧机组、中（宽）厚板轧制机组等设备产生的含湿量较高、含油且颗粒较细粉尘的治理。
	袋式除尘技术	对粒径大于 $0.1\mu\text{m}$ 的微粒，去除率 $\geq 99\%$ ，出口粉尘浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ 。	酸洗-冷轧联合机组、连续退火机组、热镀锌机组、电镀锌/锡机组、冷轧硅钢机组等设备粉尘的治理。
酸雾 碱雾 油雾	湿法喷淋净化技术	净化效率 $\geq 90\%$ ；以吸附剂净化酸雾，净化效率 $\geq 95\%$ ；出口酸、碱类物质浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 。	酸洗机组、酸洗-冷轧联合机组、冷轧硅钢机组等设备酸洗工段酸雾的治理；连续退火机组、电镀锌/锡机组、热镀锌机组等设备脱脂工段碱雾的治理；废酸再生机组经吸收塔吸收后的尾气的治理。
	湿法喷淋+SCR 净化技术	出口硝酸雾（以 $\text{NO}_2$ 计）浓度 $\leq 150\text{mg}/\text{m}^3$ ，氟化物（以 F 计）浓度 $\leq 6\text{mg}/\text{m}^3$ 。	不锈钢产品酸洗工段硝酸-氟酸混酸酸雾的治理
	过滤式净化技术	净化效率 $\geq 80\%$ ，出口石油类污染物浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。	冷轧轧机、湿平整机等设备产生油雾的治理

污染物	最佳可行技术	主要技术指标	技术适用性
有机废气	高温焚烧技术	焚烧温度高于 700℃，停留时间大于 2 秒；同时控制进入装置有机废气浓度低于其爆炸极限下限的 25%；净化效率大于 95%。	彩涂机组、冷轧硅钢机组等设备有机废气的治理
	催化焚烧技术	以铂、钯等作为催化剂，催化起燃温度可降至 230~370℃；控制进入装置有机废气浓度低于其爆炸极限下限的 25%；净化效率大于 98%。	彩涂机组、冷轧硅钢机组等设备有机废气的治理

#### 4.4. 水污染治理最佳可行技术

##### 4.4.1 热轧废水处理最佳可行技术

###### 4.4.1.1 三段式热轧废水处理技术

###### 4.4.1.1.1 最佳可行工艺参数

一次沉淀：旋流池水力负荷  $25 \sim 30 \text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，停留时间  $8 \sim 10 \text{min}$ ；

二次沉淀：采用平流沉淀池时，水力负荷  $1 \sim 3 \text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，停留时间  $1 \sim 3 \text{h}$ ；采用斜板沉淀池时，水力负荷  $3 \sim 5 \text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，停留时间约  $0.5 \text{h}$ 。

###### 4.4.1.1.2 污染物削减和排放

出水悬浮物浓度低于  $20 \text{mg/L}$ ，石油类污染物浓度低于  $3 \text{mg/L}$ 。

###### 4.4.1.1.3 二次污染及防治措施

处理后收集的污泥经压滤、脱水处理后，焙烧用作烧结配料，避免随意处置对环境的影响。

出水经冷却后返回热轧油环水系统循环使用。

#### 4.4.1.1.4 技术经济适用性

该技术可去除废水中的大部分氧化铁皮和泥沙，适用于轧钢工艺热轧直接冷却废水的处理。

#### 4.4.1.2 稀土磁盘热轧废水处理技术

##### 4.4.1.2.1 最佳可行工艺参数

磁盘用永磁稀土制成，磁盘转速 0.125 ~ 5r/min，处理量 200 ~ 3000m<sup>3</sup>/h，进口悬浮物浓度低于 400mg/L。

##### 4.4.1.2.2 污染物削减和排放

出水悬浮物浓度低于 30mg/L，石油类浓度低于 3mg/L，废水循环利用大于 95%。

##### 4.4.1.2.3 二次污染及防治措施

处理后收集的污泥经压滤、脱水处理后，焙烧用作烧结配料，避免随意处置对环境的影响；

出水经冷却后应返回热轧浊环水系统循环使用。

##### 4.4.1.2.4 技术经济适用性

该技术不添加化学药剂，可避免二次污染；占地面积小，工艺流程短，投资小；适用于轧钢工艺热轧机组直接冷却废水的处理。

#### 4.4.2 冷轧废水预处理最佳可行技术

##### 4.4.2.1 超滤预处理技术

##### 4.4.2.1.1 最佳可行工艺参数

滤膜采用无机陶瓷膜，操作压力低于 0.8MPa，渗透率 50 ~ 120L/(m<sup>2</sup>·h)，并在处理前用机械除油设备（如撇油机等）去除表层浮油；

进入滤膜的废水温度宜低于 60℃。

#### 4.4.2.1.2 污染物削减和排放

超滤系统出水 COD 浓度低于 400mg/L。

#### 4.4.2.1.3 二次污染及防治措施

经机械除油设备及超滤装置收集的废油属危险废物，用密闭容器收集，委托有危险废物经营许可证的机构集中处置；出水送冷轧废水生化处理单元继续处理。

#### 4.4.2.1.4 技术经济适用性

该技术适用于轧钢工艺冷轧浓碱及乳化液废水、光整废水和湿平整废水的预处理。

### 4.4.2.2 化学还原沉淀预处理技术

#### 4.4.2.2.1 最佳可行工艺参数

优先采用碳钢酸洗废酸或亚硫酸氢钠进行还原处理；还原池 pH 值 2~4，停留时间 15~20min，氧化还原电位（ORP）约 300mV；并应严格控制投药量，监控反应槽出口处重金属物质的含量，当六价铬浓度低于 0.5mg/L 时，才能进入中和单元继续处理，否则废水必须返回系统中重新处理。

#### 4.4.2.2.2 污染物削减和排放

出水六价铬浓度可低于 0.5mg/L。

#### 4.4.2.2.3 二次污染及防治措施

废水处理产生的含铬污泥属危险废物，经压滤、脱水处理后，委托有危险废物经营许可证的机构集中处置；出水送冷轧废水混凝

沉淀处理单元继续处理。

#### 4.4.2.2.4 技术经济适用性

该技术适用于轧钢工艺低浓度含铬废水的预处理。

#### 4.4.2.3 中和预处理技术

##### 4.4.2.3.1 最佳可行工艺参数

选用石灰、石灰石、白云石或废酸等做中和剂；小型冷轧厂也可采用氢氧化钠做中和剂。

##### 4.4.2.3.2 污染物削减和排放

出水 pH 值 6~9。

##### 4.4.2.3.3 二次污染及防治措施

处理中产生的污泥经压滤、脱水处理后，分别按一般工业固体废物（碳钢产品水处理污泥）或危险废物（不锈钢产品含重金属的水处理污泥）进行处理处置；出水送冷轧废水混凝沉淀处理单元继续处理。

##### 4.4.2.3.4 技术经济适用性

该技术适用于冷轧酸洗和漂洗工段酸性废水的预处理及各类冷轧废水预处理前的 pH 值调节。

#### 4.4.3 冷轧废水综合处理最佳可行技术

##### 4.4.3.1 生化处理技术

##### 4.4.3.1.1 最佳可行工艺参数

可采用膜生物反应器或生物滤池等生化处理技术，生化池好氧段水温 20~30℃，pH 6.5~8.5。

#### 4.4.3.1.2 污染物削减和排放

出水 COD 浓度低于 70mg/L。

#### 4.4.3.1.3 二次污染及防治措施

处理中产生的污泥经压滤、脱水处理后，按一般工业固体废物（碳钢产品水处理污泥）或危险废物（不锈钢产品含重金属的水处理污泥）进行处理处置；出水送冷轧废水混凝沉淀处理单元继续处理。

#### 4.4.3.1.4 技术经济适用性

膜生物反应器处理效率高，出水水质好，设备紧凑，占地面积小，易实现自动控制，运行管理简单；但膜组件需要定期清洗和更换，运行成本较高。生物滤池处理效率高，维护方便，能耗低；但系统抗冲击负荷能力较差，运行效果不稳定。

该技术适用于轧钢工艺浓碱及乳化液废水、光整废水和湿平整废水预处理后出水的综合处理，及稀碱含油废水的处理。

#### 4.4.3.2 混凝沉淀处理技术

##### 4.4.3.2.1 最佳可行工艺参数

絮凝剂通常选用聚丙烯酰胺（PAM），投药量 1~3mg/L，停留时间 3~5min。

##### 4.4.3.2.2 污染物削减和排放

出水悬浮物浓度低于 30mg/L。

##### 4.4.3.2.3 二次污染及防治措施

处理中产生的污泥经压滤、脱水处理后，按一般工业固体废物

(碳钢产品水处理污泥)或危险废物(不锈钢产品含重金属的水处理污泥)进行处理处置。

#### 4.4.3.2.4 技术经济适用性

该技术适用于轧钢工艺冷轧废水的综合处理。

#### 4.4.4 轧钢工艺水污染治理最佳可行技术及适用性

轧钢工艺水污染治理最佳可行技术及适用性见表 5。

表 5 轧钢工艺水污染治理最佳可行技术及适用性

污染物类别		最佳可行技术	技术适用性
热轧废水	直接冷却废水	三段式处理技术	热连轧机组、中(宽)厚板轧制机组、棒/线材轧制机组、型材轧制机组等设备直接冷却废水的处理
		稀土磁盘处理技术	热连轧机组、中(宽)厚板轧制机组、棒/线材轧制机组、型材轧制机组等设备直接冷却废水的处理
冷轧废水	浓碱及乳化液废水	超滤+生化+混凝沉淀	连续退火机组、热镀锌机组、电镀锌/锡机组、彩涂机组等设备脱脂工段浓碱及乳化液废水的处理
	稀碱含油废水	生化+混凝沉淀	连续退火机组、热镀锌机组、电镀锌/锡机组、彩涂机组等设备漂洗工段稀碱含油废水的处理
	光整废水、湿平整废水	超滤+生化+混凝沉淀	热镀锌机组光整工段光整废水的处理、连续退火机组湿平整工段湿平整废水的处理
	含铬废水	化学还原沉淀+混凝沉淀	热镀锌机组、电镀锌/锡机组等设备钝化工段含铬废水的处理
	酸性废水	中和+混凝沉淀	酸洗机组、酸洗-冷轧联合机组、冷轧/冷拔无缝钢管机组、焊缝钢管机组等设备酸洗及漂洗工段酸性废水的处理

#### 4.5 固体废物综合利用及处理处置最佳可行技术

##### 4.5.1 喷雾焙烧酸洗废液再生技术

###### 4.5.1.1 最佳可行工艺参数

反应炉炉顶温度约 500℃，炉体温度约 650℃。

#### 4.5.1.2 污染物削减和排放

用于盐酸废液的处理，盐酸回收率大于 99%；用于硝酸-氢氟酸混酸废液的处理，氢氟酸回收率大于 97%，硝酸回收率大于 60%，金属盐回收率大于 90%。

#### 4.5.1.3 二次污染及防治措施

酸洗废液经吸收塔吸收后，会有少量酸性尾气（酸雾）排出，此部分尾气需采用湿法喷淋净化技术（盐酸废液再生）或湿法喷淋+SCR 净化技术（硝酸-氢氟酸混酸废液再生）进行治理；回收氧化铁粉末可用于生产磁性材料。

#### 4.5.1.4 技术经济适用性

该技术操作稳定，生成的氧化铁粉呈空心球形，粒径较小，可用作生产磁性材料等；适用于轧钢工艺盐酸和硝酸-氢氟酸混酸酸洗废液的治理。

### 4.6 最佳环境管理实践

#### 4.6.1 一般管理要求

- 建立健全各项记录和生产管理制度；
- 加强运行管理，建立岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和演练；
- 加强生产设备的使用、维护和维修管理，保证设备运行正常；
- 按要求设置污染源标志，重视污染物检测和计量管理工作，定期进行全厂物料平衡测试。

#### 4.6.2 大气污染治理最佳环境管理实践

- 定期检查除尘器的漏风率、阻力、过滤风速、除尘效率和运行噪声等，保证除尘系统处于最佳工况运行；

- 酸洗及脱脂工段配置独立的抽风系统，并对槽面加盖；

- 酸液的使用、保存与储藏严格遵守相关规定，使用后的废酸液集中回收，统一处理；

- 在金属切削液的使用中适当添加高分子聚合物抗雾化剂，控制油雾产生；

- 在满足工艺要求的前提下，鼓励选用水性漆和粉末涂料，采用辊涂等操作方式，以减少挥发性有机废气（VOC）排放。

- 在保证处理效果的情况下，鼓励将轧钢工艺有机废气引入加热炉或热处理炉内进行高温焚烧处理。

#### 4.6.3 水污染治理最佳环境管理实践

- 贯彻“节约与开源并重、节流优先、治污为本”的用水原则，全面推广“分质用水、串级用水、循环用水、一水多用、废水回用”的节水技术，推广蒸汽冷凝水回用技术，提高水的重复利用率；

- 轧钢排水做到清污分流，按排水水质设置独立的处理系统；

- 废水管线和处理设施进行防渗处理，防止有害污染物进入地下水；生产区和污水治理区初期雨水进行收集并处理；

- 在废水进出口安装在线监测装置，对废水中COD、悬浮物和油类污染物等进行在线监测，用长期监测数据指导工艺操作。

#### 4.6.4 固体废物综合利用及处理处置最佳环境管理实践

- 轧钢工艺产生的固体废物全部收集，并在全厂范围内或厂外综

合利用，严禁乱堆乱弃；

- 含铬等重金属的污泥、锌渣及废油等属于危险废物，委托有危险废物经营许可证的机构进行集中处置，其贮存和运输按照危险废物管理要求进行，并建立健全管理制度。

#### 4.6.5 噪声污染防治最佳环境管理实践

- 轧钢生产中采用低噪声设备或采用隔声、减震措施，控制噪声源强；

- 对各类风机安装消声器；对于鼓风机、离心机、泵类等设备设置减振措施，设备与管道间采用金属软管柔性联接。