

HJ

环 境 保 护 技 术 文 件

HJ/JSDZ00x-2009

钢铁行业污染防治最佳可行技术导则
——轧钢工艺

(征求意见稿)

中华人民共和国环境保护部

二 零 零 九 年 十 月

目 录

0 前言.....	1
1 总 则.....	2
1.1 适用范围.....	2
1.2 术语及定义.....	2
2 轧钢生产工艺和主要环境问题.....	4
2.1 生产工艺简介.....	4
2.2 资源、能源消耗水平.....	12
2.3 主要污染物的产生与排放.....	12
2.4 需特别关注的主要环境污染问题.....	18
3 轧钢工艺污染防治技术.....	19
3.1 清洁生产技术.....	19
3.2 废气治理技术.....	21
3.3 废水治理技术.....	23
3.4 固体废弃物综合利用及处置技术.....	28
3.5 噪声治理技术.....	30
4. 轧钢生产的污染防治最佳可行技术.....	31
4.1 轧钢工艺污染防治最佳处理工艺流程.....	31
4.2 轧钢工艺最佳可行节能减排技术.....	33
4.3 轧钢工艺污染控制最佳可行技术.....	35
4.4 轧钢工艺污染防治最佳环境管理实践.....	1
5. 新技术动态.....	3
5.1 生产工艺中的污染控制技术.....	3
5.2 末端污染治理技术.....	4

0 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和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支持，引导污染防治技术的发展，根据《国家环境技术管理体系建设规划》，环境保护部组织制定污染防治技术政策、污染防治最佳可行技术导则、环境工程技术规范等系列技术指导文件。

污染防治最佳可行技术导则是按行业或重点污染源对污染防治全过程所应采用的技术经济可行的污染防治技术及管理措施所作的技术参考。

本导则可作为轧钢项目环境影响评价、工程设计、验收和运营管理等环节管理的参考依据，是各级环境保护部门、设计施工单位以及用户的技术指导性参考文件。

本导则为首次发布，将根据环境管理需要适时修订。我部同期出版《钢铁行业污染防治最佳可行技术——轧钢工艺研究报告》，供使用导则时参考。

本导则由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起草。

1 总 则

1.1 适用范围

本导则适用于钢铁行业独立的轧钢厂或拥有轧钢工艺的钢铁联合企业。

本导则旨在为钢铁行业轧钢生产相关管理人员和用户选择污染防治最佳可行技术提供参考，同时为环境保护相关管理部门在进行环境影响评价、工程设计、工程施工以及竣工验收等工作提供技术依据。

1.2 术语及定义

1.2.1 最佳可行技术（BAT, Best Available Technology）

最佳可行技术：是针对生活、生产过程中产生的各种环境问题，为减少污染物的排放，从整体上实现高水平的环境保护所采用的与某一时期的技术、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的有效、先进、可行的污染防治工艺和技术。

钢铁行业轧钢工艺污染防治“最佳可行技术”是针对轧钢厂或轧钢工艺生产全过程可能产生的污染，在技术和经济可行的条件下，采用在国内轧钢厂或轧钢工艺得到应用的且有效、先进、可行的污染防治技术、节能和资源有效利用技术，二次污染防治技术，从整体上减少对环境的负面影响。

1.2.2 最佳环境管理实践（BEMP, Best Environmental Management Practice）

最佳环境管理实践：是指运用行政、经济、技术等手段，减少生活、生产活动可能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。

1.2.3 新技术

新技术：是指正处于研究或试验阶段的新的技术原理、工艺装备及新的管理理念。新技术对提高生产效率、降低生产成本、改善生产环境、提高产品质量以及节能降耗等某一方面较原技术有明显改进，经过实验研究和工程示范后将达到实用程度并对提高经济效益具有一定作用的技术。

1.2.4 其它相关定义

现有企业：指在本标准实施之日前已建成投产或环境影响报告书（表）或登记表已通过审批的轧钢生产企业或设施。

新建企业：指在本标准实施之日起环境影响报告书（表）或登记表通过审批的新建、改建和扩建的轧钢生产企业或设施。

2 轧钢生产工艺和主要环境问题

2.1 生产工艺简介

轧钢工序是钢铁生产三大工序（即炼铁、炼钢及轧钢）中，最后的一道成材工序；主要以炼钢连铸生产的钢坯为原料，经备料、加热、轧制及精整处理，最终加工成指定规格、型号的产品。按照轧制温度的不同，轧钢工序主要可分为热轧和冷轧两大类；而按照产品规格不同，又可分为：板材生产（含热轧板卷、冷轧板卷和中厚板材生产，其中冷轧板卷又包括酸洗板、镀锌板、镀锡板和涂镀板等）、棒/线材生产（含棒材、线材和钢筋等生产）、型材生产（含大型型材、中小型型材和铁道用材等生产）和管材生产（含热轧无缝钢管、冷轧冷拔无缝钢管和焊缝钢管生产）等。典型轧钢工序生产工艺流程见图 2-1。

2.1.1 板材的生产

（1）热轧板卷

热轧板卷生产主要以连铸板坯为原料，经加热、高压水除鳞、定宽、粗轧、切头尾、精轧、卷取、打捆、平整和横切等处理，最终加工成指定规格的管线钢、热轧商品钢卷和供冷轧用钢卷等。典型的热轧板卷生产工艺流程示意图 2-2(1)。

（2）冷轧板卷

冷轧板卷生产是以热轧后的板卷为原料，经酸洗、轧制、退火、涂镀等处理，最终加工成指定要求的产品。按照具体生产工艺的不同，冷轧产品又可分为：普通冷轧板卷、酸洗板卷、热镀锌板卷、电镀锌/锡板卷、彩涂板卷和电工钢板卷等。其中酸洗板卷是由热轧后的板卷，经酸洗或酸洗-轧机联合机组直接加工而成；普通冷轧板卷则是由酸洗-轧制后的板卷，经连续退火加工而成；热镀锌板卷是由酸洗-轧制后的板卷，经热浸镀锌加工而成；电镀锌/锡板卷是由退火后的冷轧板卷，经电镀锌/锡加工而成；彩涂板卷是由热镀锌后的板卷，经涂漆处理加工而成；电工钢板卷是由热轧后的硅钢原料板卷，经酸洗-轧制、脱碳退火加工而成。具体冷轧产品生产中涉及到的关键性生产工艺包括：

① 酸洗-轧制联合处理

主要是对热轧板卷进行开卷、切头、焊接、拉矫、酸洗、切边、冷轧和分卷等处理，最终加工成酸洗商品卷。典型的酸洗-轧制联合处理工艺流程示意图 2-2(2)，酸洗工艺流程示意图 2-2(3)。

② 连续退火处理

主要是对酸洗-轧制联合机组加工后的冷轧钢卷，进行开卷、切头、焊接、清洗、脱脂、连续退火、湿平整、切边、静电涂油、分卷等处理，最终加工成冷轧商品卷或进一步处理加工成电镀锌/锡卷等。典型的连续退火处理工艺流程示意图 2-2(4)。

③ 连续热镀锌

主要是对冷轧钢卷进行开卷、切头、焊接、拉矫、清洗、脱脂、退火、锌锅热镀锌、冷却、光整、矫直、钝化、涂油、分卷等处理，最终加工成指定规格的热镀锌商品卷。典型连续热镀锌处理工艺流程示意图 2-2(5)。

④ 连续电镀锌/锡

主要是对退火后的钢卷，进行开卷、切头、焊接、拉矫、脱脂、电解酸洗、电镀、漂洗、钝化或耐指纹化、涂油、分卷等处理，最终加工成指定规格的电镀锌/锡商品卷等。典型连续电镀锌/锡处理工艺流程示意图 2-2(6)。

⑤ 彩色涂层

主要是对热镀锌卷，进行开卷、切头、焊接、碱洗、化学处理、初涂、精涂、烘烤、冷却、表面处理、分卷等处理，最终加工成指定规格的彩涂商品卷等。典型彩色涂层处理工艺流程示意图 2-2(7)。

⑥ 冷轧电工钢（硅钢）

主要是对热轧后的无取向或取向硅钢原料卷进行常化酸洗、冷轧、焊接并卷、脱碳退火、切边分卷或切板等处理，最终加工成不同牌号的冷轧电工钢（硅钢板）卷，如高性能取向硅钢（HiB）、普通取向硅钢（GO）、高牌号无取向硅钢（CRNO）等。典型冷轧电工钢（硅钢）工艺流程示意图 2-2(8)~图 2-2(10)。

（3）中厚板材

中厚板材生产以连铸方坯为原料，经加热、除鳞、轧制、矫直、冷却、剪切、正火、矫直、抛丸、油漆等处理，最终加工成各类用途的中厚板材。典型中厚板材生产工艺流程示意图 2-2(11)。

2.1.2 线、型材的生产

线材和型材生产，均以热轧后的钢坯为原料，经加热、高压水除鳞、轧制、切头尾，冷却和打捆后，加工成指定规格线材和型材。典型线材、型材生产工艺流程示意分别见图 2-2(12)和图 2-2(13)。

2.1.3 管材的生产

管材生产以连铸坯为原料，经穿孔或卷取焊接等处理，最终加工成指定要求的管材产品。按照具体生产工艺的不同，管材产品可分为：热轧无缝钢管、冷轧冷拔无缝钢管和焊缝钢管等。

(1) 热轧无缝钢管

主要是以无缝钢管坯为原料，通过加热、穿孔、除鳞、轧管、定（减）径、冷却、矫直等处理，最终加工成指定规格的热轧无缝钢管。典型热轧无缝钢管生产工艺流程示意见图 2-2(14)。

(2) 冷轧冷拔无缝钢管

主要是对连铸坯进行加热、穿孔、除鳞、切头、退火、酸洗、涂油、冷轧或冷拔、热处理、矫直等处理，最终加工成指定规格的冷轧冷拔无缝钢管。典型冷轧冷拔无缝钢管生产工艺流程示意见图 2-2(15)。

(3) 焊缝钢管

主要是对连铸坯进行平整、切头、焊接、热处理、定径、矫直、涡流检测、切断、水压试验、酸洗等处理，最终加工成指定规格的焊缝钢管。典型焊缝钢管生产工艺流程示意见图 2-2(16)。

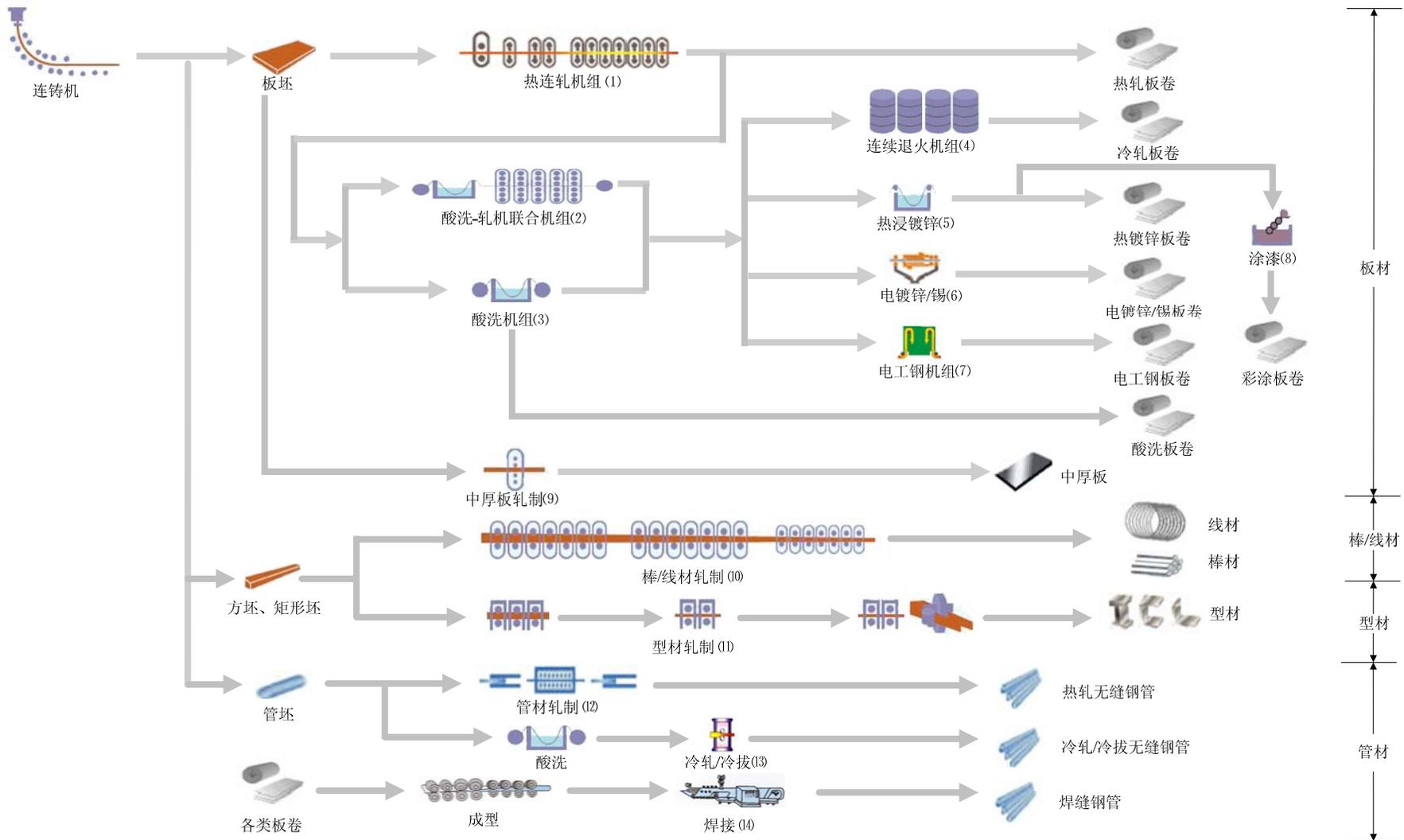


图 2-1 轧钢工艺流程

注：图中所示为普碳钢产品的生产工艺流程；对不锈钢产品的生产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+氢氟酸酸洗）等处理

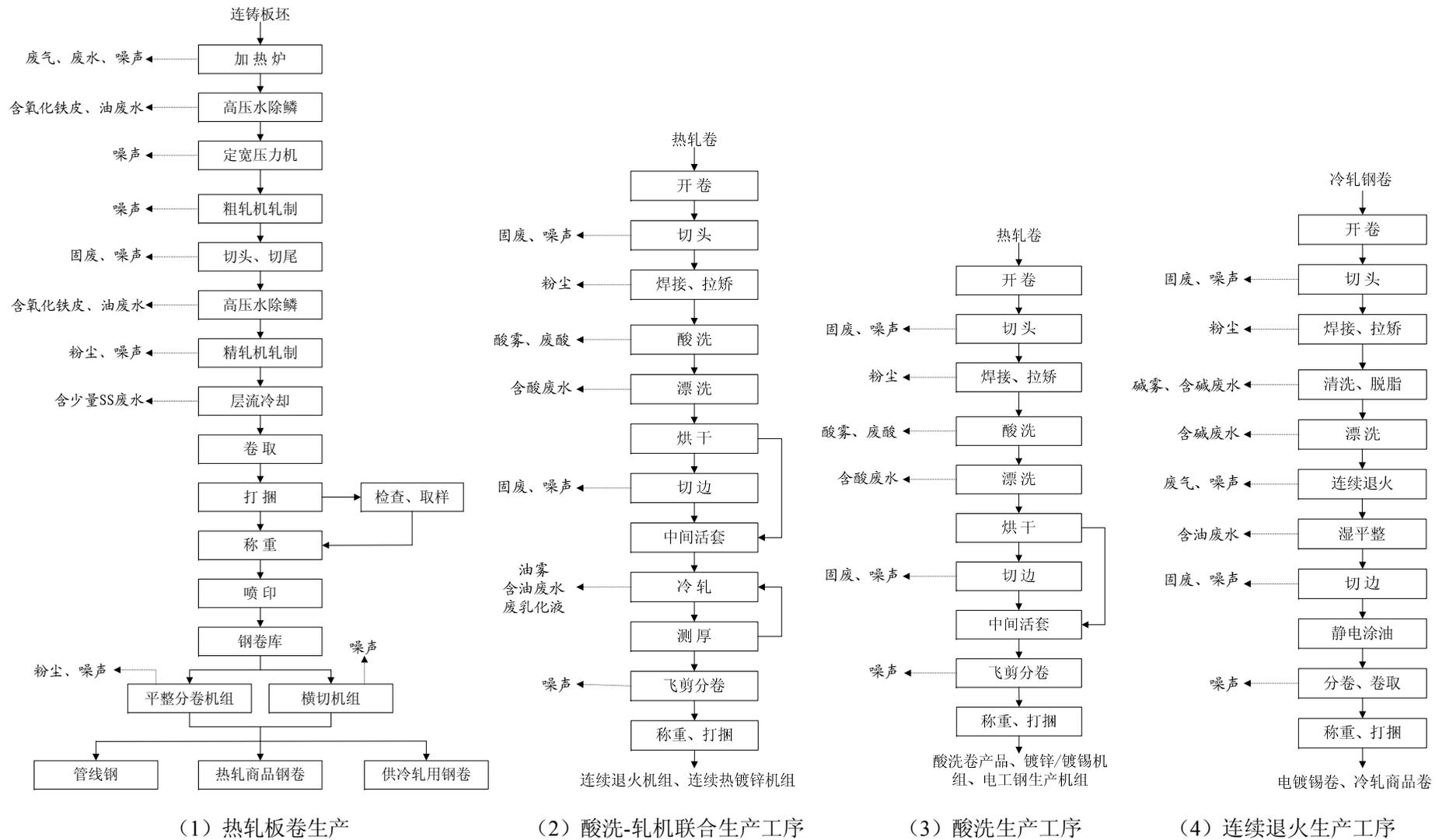
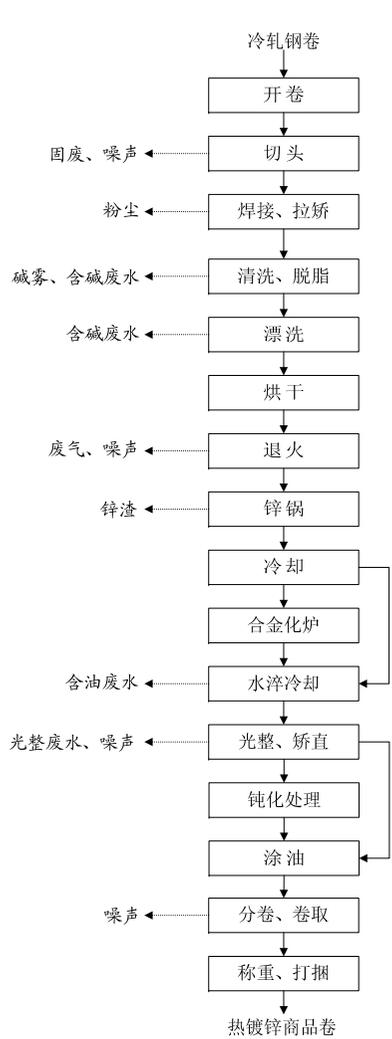
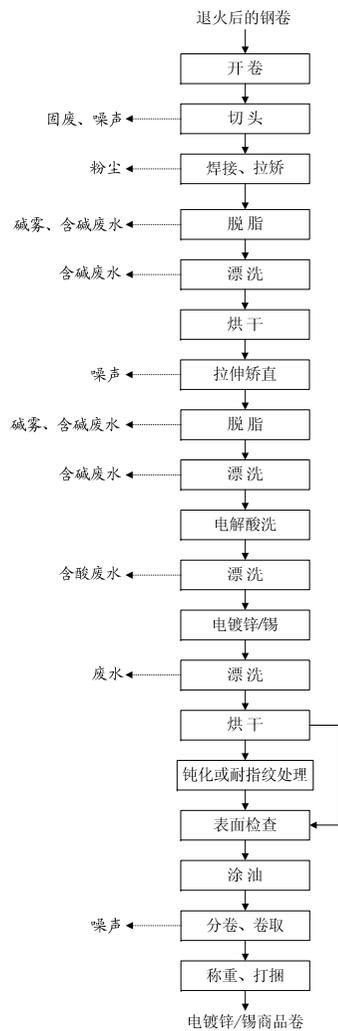


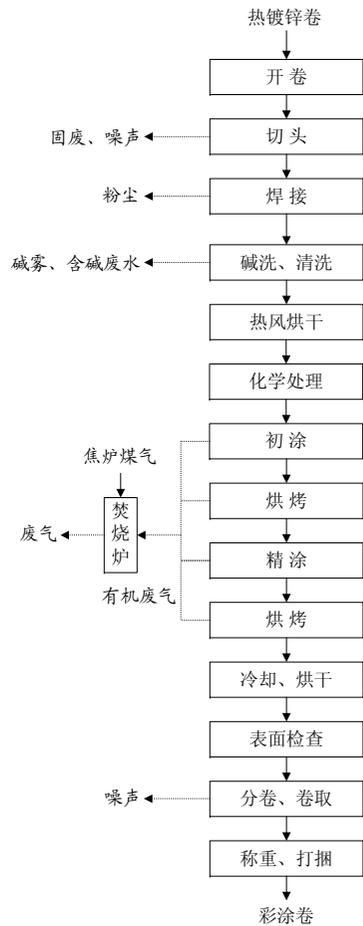
图 2-2 轧钢各工序生产工艺流程及主要污染物产生环节示意图



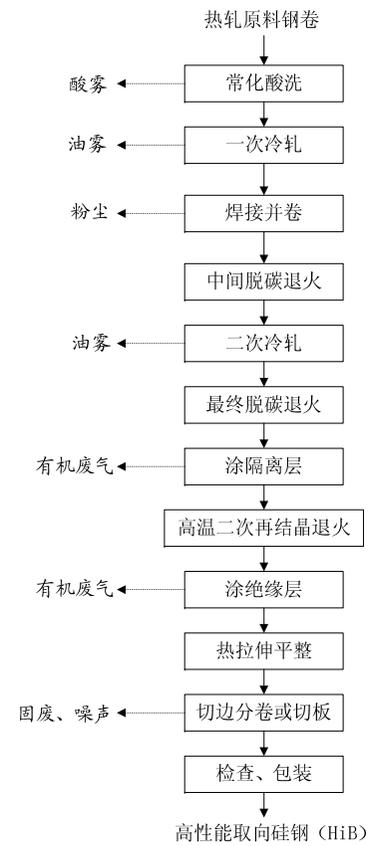
(5) 连续热镀锌生产工序



(6) 连续电镀锌/锡生产工序

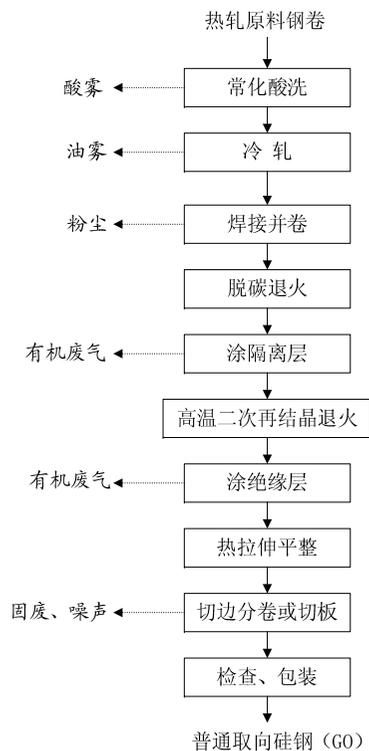


(7) 彩涂卷生产工序

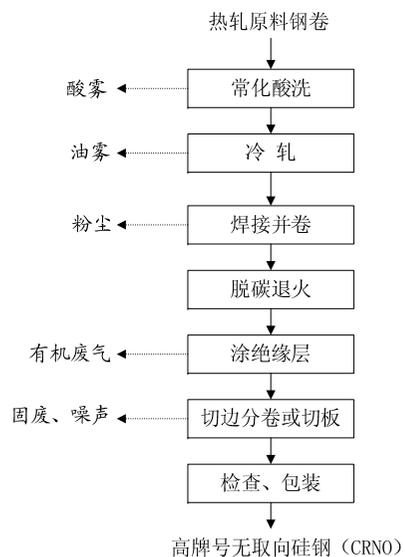


(8) 冷轧硅钢 (HiB) 生产工序

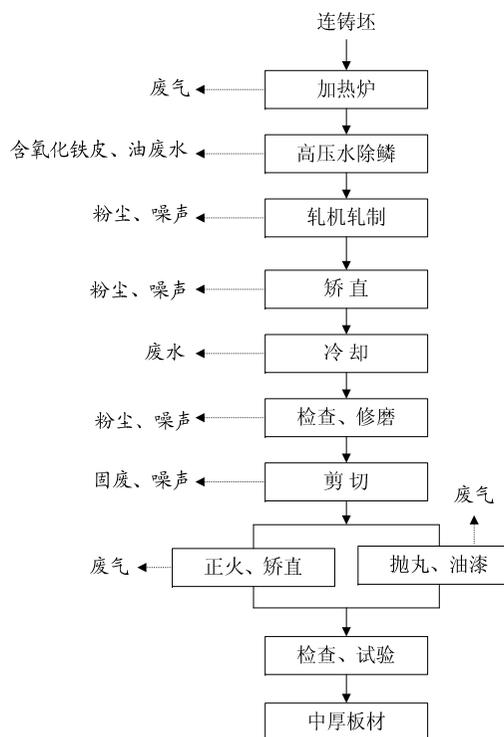
图 2-2 轧钢各工序生产工艺流程及主要污染物产生环节示意图 (续)



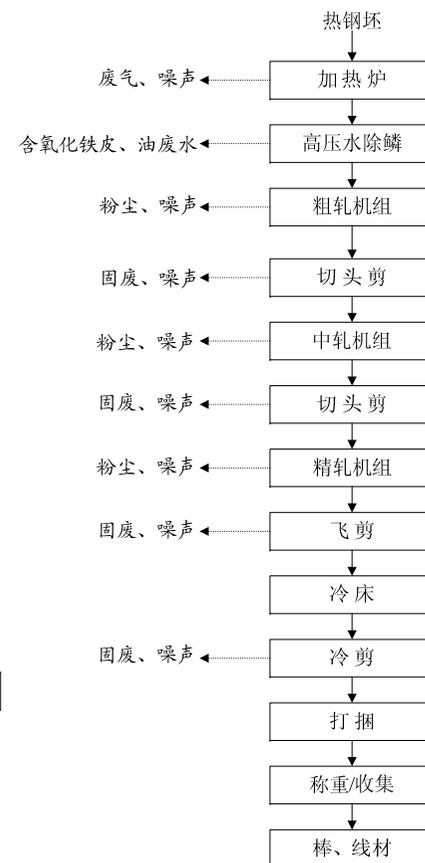
(9) 冷轧硅钢 (GO) 生产工序



(10) 冷轧硅钢 (CRNO) 生产工序

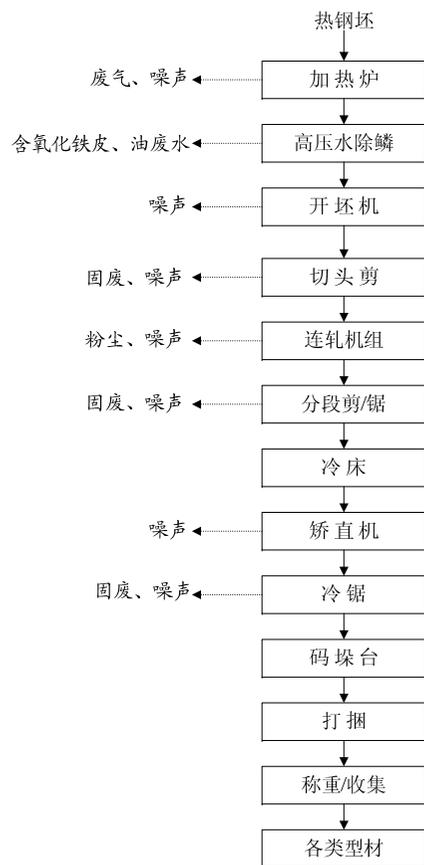


(11) 中厚板生产工序

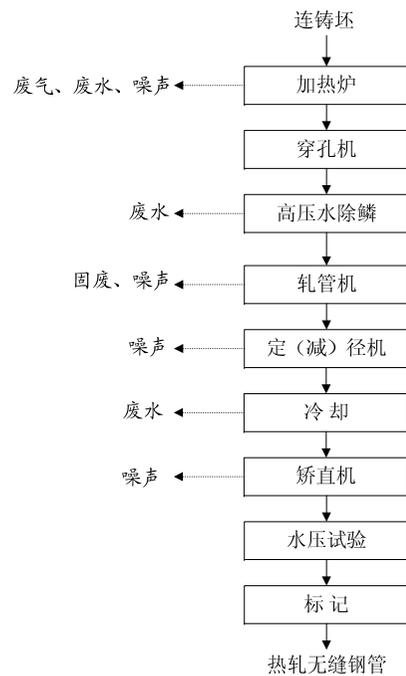


(12) 棒/线材生产工序

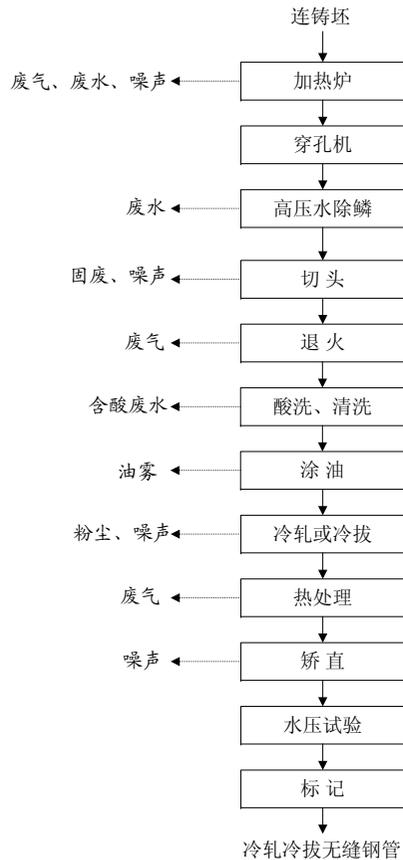
图 2-2 轧钢各工序生产工艺流程及主要污染物产生环节示意图 (续)



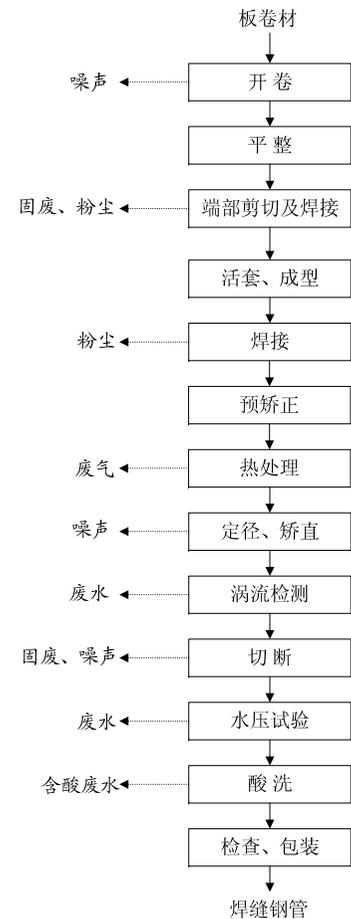
(13) 型材生产工序



(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 2-2 轧钢各工序生产工艺流程及主要污染物产生环节示意图 (续)

2.1.4 不锈钢产品的生产

目前我国钢铁企业轧钢产品中，除普碳钢外，还有一大类为不锈钢产品。该类产品的生产工艺大体与普碳钢产品相近，只是为了获得更好的产品质量，通常需在轧制前/后对产品进行退火和酸洗等处理。典型的热/冷轧不锈钢带钢产品退火、酸洗处理工艺流程如图 2-3 和图 2-4；酸洗采用的酸主要为 HNO_3+HF 的混合酸，常见的酸洗组合方式见表 2-1。

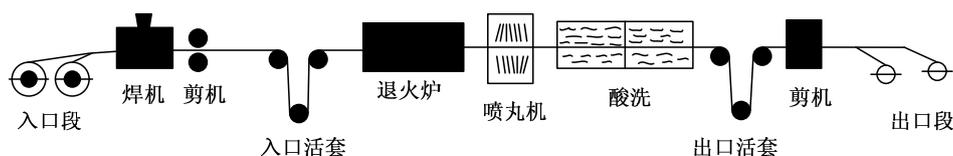


图 2-3 热轧不锈钢带钢退火酸洗线 (APH) 生产工艺

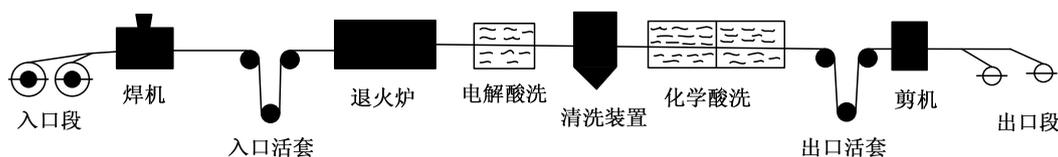


图 2-4 冷轧不锈钢带钢退火酸洗线 (APC) 生产工艺

表 2-1 不锈钢产品轧制中常采用的酸洗组合方式

序号	热轧不锈钢带酸洗组合	冷轧不锈钢带酸洗组合
1	喷丸（或弯辊破鳞）+ (HNO_3+HF) 混酸	碱洗+ (HNO_3+HF)
2	喷丸（或弯辊破鳞）+硫酸电解+ (HNO_3+HF)	碱洗+硝酸电解+ (HNO_3+HF)
3	喷丸（或弯辊破鳞）+硝酸电解+ (HNO_3+HF)	碱洗+硫酸+硝酸电解+ (HNO_3+HF)
4	喷丸（或弯辊破鳞）+ (HNO_3+HF) +硝酸电解+ (HNO_3+HF)	中性盐电解+ (HNO_3+HF)
5	喷丸（或弯辊破鳞）+硫酸电解+ (HNO_3+HF) +硝酸电解	硝酸电解+ (HNO_3+HF)
6	喷丸（或弯辊破鳞）+中性盐电解+ (HNO_3+HF)	硫酸电解+ (HNO_3+HF)

2.2 资源、能源消耗水平

轧钢工序生产中用到的主要原料为铸造产品，部分工序还以热轧产品或冷轧产品为原料；用到的主要能源为副产气/天然气和电等。现阶段我国各类轧钢产品吨产品物料及能源消耗水平见表 2-2 与表 2-3。

2.3 主要污染物的产生与排放

轧钢工序主要污染物产生环节示意图 2-2，主要污染源一览见表 2-4。

表 2-2 我国轧钢吨产品物料消耗水平统计表

序号	项 目		原 料	用 量 /t	备 注	
1	板带	热轧	宽钢带	板坯	1.023~1.07	其中,普通热轧宽钢带 1.023~1.032;炉卷轧制宽钢带 1.05~1.07
			宽钢带	热轧宽钢带	1.1~1.24	其中普碳钢冷轧宽钢带 1.1~1.2;不锈钢冷轧宽钢带 1.15~1.24
		电工钢带	热轧卷	1.05~1.29	其中取向电工钢带 1.10~1.29;无取向电工钢带 1.05~1.12	
	冷轧	热镀锌板				
		电镀锌板				
		电镀锡板				
		彩涂层板				
	中厚板	厚钢板	板坯	1.07~1.12		
2	棒/线材		钢坯	1.043~1.044	高速线莱轧机轧制	
3	型材	大型轨梁	钢坯	1.04~1.075	其中方圆钢和管坯需钢坯 1.04,重轨和普通型钢需钢坯 1.052~1.075	
		热轧 H 型钢	坯料	1.06		
		中型型钢	钢坯	1.05~1.07		
		小型型钢	坯料	1.04~1.06	其中半连续式轧机轧制 1.05~1.06,连续式轧机轧制 1.04~1.05	
4	钢管	热轧无缝钢管	管坯	1.10~1.28	其中连轧管车间生产需 1.10~1.12;自动轧管车间生产需 1.11~1.13;周期轧管车间生产需 1.12~1.28;三辊轧管车间生产需 1.13~1.14;狄塞尔轧管车间生产需 1.10~1.15;顶管车间生产需 1.10~1.16	
		冷轧冷拔无缝钢管	管坯	1.2~1.5	其中碳素钢或合金钢管料需 1.2~1.3,不锈钢管料需 1.4~1.5	
		焊缝钢管	钢带或钢板	1.04~1.10	其中直缝电焊管需 1.04~1.07,螺旋焊管需 1.1,大口径直缝埋弧焊管需 1.01~1.04	

注:表中数据以我国同类车间平均先进水平为依据统计

表 2-3 我国轧钢吨产品能源消耗水平统计表

序号	项 目		燃料消耗 /GJ	电力消耗 /kW.h	备 注
1	热轧	宽钢带	1.55~2.3	85~110	其中普通热轧宽钢带：燃料消耗 1.55~2.26GJ，电力消耗 85~110kW.h；炉卷轧制宽钢带燃料消耗 2.26~2.3 GJ，电力消耗 110 kW.h
		宽钢带	0.9~1.7	130~480	其中普碳钢冷轧宽钢带生产燃料消耗 0.9~1.2GJ，电力消耗 130~180kW.h；不锈钢冷轧宽钢带生产燃料消耗 1.5~1.7GJ，电力消耗 400~480 kW.h
	冷轧	电工钢带	3.03~4.28	62.8~640	含取向/无取向电工钢带
		热镀锌板			
		电镀锌板			
		电镀锡板			
		彩涂层板			
	中厚板	厚钢板	1.2~1.6	80~90	
2	棒/线材		1.3~1.46	125~150	高速线材轧机轧制
3	型材	大型轨梁	2.0~2.5	60~80 /200	普通工艺生产电力消耗 60~80kW.h；采用双频加热全长淬火钢轨，电力消耗 200kW.h
		热轧 H 型钢	1.4	90	
		中型型钢	1.67~2.30	约 100	
		小型型钢	1.45~1.75	70~100	其中半连续式轧机轧制燃料消耗 1.5~1.75，电力消耗 70~80；连续式轧机轧制燃料消耗 1.45~1.55，电力消耗 80~100
4	钢管	热轧无缝钢管	2.5~5.7	80~180	其中连轧管车间生产燃料消耗 2.5~3.3，电力消耗 110~130；自动轧管车间生产消耗 2.8~3.85，电力消耗 100~105；周期轧管车间生产消耗 4.5~5.7，电力消耗 80~150；三辊轧管车间生产消耗 3.4~4.1，电力消耗 140~180；狄塞尔轧管车间生产消耗 2.7~3.1，电力消耗 100~110；顶管车间生产消耗约 3.2，电力消耗 90~100
		冷轧冷拔无缝钢管	6.3~10	150~400	
		焊缝钢管		60~118	其中直缝电焊管电力消耗 90~118，螺旋焊管电力消耗 60~70，大口径直缝埋弧焊管电力消耗约 65

注：表中数据以我国同类车间平均先进水平为依据统计

表 2-4

轧钢工序主要污染源一览表

工序	废气						废水										固体废物					噪声					
	① 燃烧 废气	② 烟尘 粉尘	③ 油 雾	④ 酸 雾	⑤ 碱 雾	⑥ 有机 废气	① 直接 冷却 废水	② 间接 冷却 废水	③ 层流 冷却 废水	④ 含酸 废水	⑤ 含碱 废水	⑥ 含油 废水	⑦ 含磷 酸盐 脱脂 剂废 水	⑧ 含乳 化液 废水	⑨ 含光 整液 废水	⑩ 石墨 废水	(11) 含重金属废水			① 含铁 尘泥	② 废 酸		③ 废 油	④ 废钢 及废 工件	⑤ 废耐 火材 料		
																	Cr	Zn	Sn								
热连轧机组	●	●	●				●	●	●			●										●		●	●	●	●
酸洗-轧机联合机组		●	●	●	●					●	●	●		●								●	●	●	●		●
酸洗机组				●						●		●		●									●	●			●
连续退火机组	●	●	●		●						●	●	●	●								●		●	●	●	●
热镀锌机组	●	●			●						●	●	●		●			●	●					●	●	●	●
电镀锌机组				●	●					●	●	●	●					●	●				●	●	●		●
连续电镀锡机组				●	●					●	●	●						●					●	●	●		●
硅钢生产机组	●	●	●	●	●	●				●	●	●		●				●	●			●	●	●	●	●	●
彩涂板机组			●		●	●					●	●	●	●				●						●	●		●
中厚板轧制机组	●	●	●				●	●	●			●										●		●	●	●	●
棒材 线材	●	●	●				●	●						●								●		●	●	●	●
型材	●	●	●				●	●						●								●		●	●	●	●
热轧无缝钢管	●	●	●				●	●	●					●		●						●		●	●	●	●
冷轧/冷拔无缝钢管	●	●	●	●			●	●		●		●		●								●	●	●	●	●	●
焊缝钢管	●	●	●	●			●	●		●		●		●								●	●	●	●	●	●

(1) 大气污染物

轧钢工序主要的大气污染源包括：

- ① 钢锭、钢坯加热过程中，各种燃料在加热炉内燃烧产生的废气（燃烧废气）；
- ② 红热钢坯在轧制过程中，产生的氧化铁皮、铁屑以及喷水冷却时产生的水汽（轧机粉尘）；
- ③ 冷轧板轧制过程中，冷却、润滑轧辊和轧件产生的乳化液废气（油雾）；
- ④ 钢材酸洗过程中，酸槽加热，酸液蒸发，散出的大量酸雾（酸雾）；
- ⑤ 火焰清理钢坯表面氧化铁层时，产生的氧化铁烟尘（粉尘）；
- ⑥ 成品轧件表面镀层时，产生的各种金属氧化物烟气等（烟尘、粉尘）。

各类大气污染源中含有的主要污染物情况如表 2-5。

(2) 水污染物

轧钢工序废水分热轧废水与冷轧废水两大类。

① 热轧废水：主要是轧制过程中的直接冷却废水。热轧生产是对加热到 1000℃ 以上的钢锭或钢坯进行轧制，有关设备及轧件均需直接冷却。冷却后的废水中主要污染物为粒度分布很广的氧化铁皮及润滑油类。此外，热轧废水的温度较高，大量废水直接排出时，还将造成一定的热污染。

② 冷轧废水：冷轧生产以酸洗后的热轧产品为原料，冷轧过程中需要用乳化液或棕榈油作润滑或冷却剂，会产生酸性废水及含油、乳化液的废水；冷轧带钢在松卷退火及表面处理时，会产生碱性含油废水，在表面处理过程中还会产生含酸、碱、油及铬的废水。冷轧废水对环境的污染主要是化学污染，主要污染物是酸、碱、乳化液及有毒重金属。

轧钢工序各类废水中主要的水污染物情况如表 2-6。

(3) 固体废弃物

轧钢厂主要的固体废弃物包括：冷轧清除钢材氧化表皮时产生的硫酸、盐酸、氢氟酸、硝酸酸洗废液，以热轧生产过程中产生的大量氧化铁皮等。各类固体废弃物中主要的污染物情况见表 2-7。

(4) 噪声

轧钢工艺产生的噪声为机械的撞击、摩擦、转动等运动引起的机械噪声以及气流的起伏运动或气动力引起的空气动力性噪声，主要噪声源有：各类轧机、剪切机、卷取机、冷却机、矫直机、冷/热锯和鼓风机等，一般情况下，在采取噪声控制措施前，各主要噪声源源强均大于 85dB(A)。

表 2-5 轧钢工序主要大气污染物情况

废气种类	主要污染物	备注
燃烧废气	烟尘、SO ₂ 、NO _x	
粉 尘	氧化铁粉尘、焊接粉尘	无组织排放
油 雾	乳化液、油类	
酸 雾	酸液、酸性氧化物和水汽等， 有时还含有 Cr ₂ O ₇ ²⁻	常见的酸雾包括：盐酸雾、硫酸雾、 铬酸雾（硅钢生产）等
碱 雾	碱、水汽	

表 2-6 轧钢工序主要废水污染物情况

废水种类	主要污染物	备注
直接冷却废水	SS（含大量氧化铁皮）和油，水温较高	含中厚板、热轧带钢、热轧大型材、热轧 中小型材、热轧棒材、热轧钢筋、热轧高 线材、热轧无缝管
间接冷却废水	SS（含少量氧化铁皮）和油，水温较高	
层流冷却废水	SS（含少量氧化铁皮）和油，水温较高	
含酸、碱废水	酸类、碱类	
含油及乳化液废水	油类、乳化液	
含重金属废水	Cr（VI）、Cr ³⁺ 、Zn、Sn	

表 2-7 轧钢工序主要固废废弃物情况

固废种类	主要污染物	备注
除尘灰	氧化铁等	一般工业固废
普通含铁尘泥	氧化铁、油类等	一般工业固废
含铬污泥	油类、Cr ³⁺ 等	危险废物
废钢及废工件	废钢等	一般工业固废
耐火材料	耐火砖等	一般工业固废
废油	废机油、润滑油和乳化油等	危险废物
废酸	酸液	危险废物
锌渣	锌渣	危险废物

2.4 需特别关注的主要环境污染问题

目前我国钢铁企业内部，轧钢工序产生的各类污染物，大部分都可以采取常规的污染防治技术进行有效地处理，例如：燃烧废气可通过燃用清洁燃料，并采用低氮氧化物烧嘴+二次燃烧的技术，废气由高烟囱排放等方式进行有效的污染防治；轧机粉尘可通过集气罩+塑烧板除尘或集气罩+布袋除尘的方式进行治理；热轧直接冷却废水，可通过传统三段式处理技术或化学除油器处理技术、气浮法处理技术等进行治理；间接冷却废水可通过冷却塔进行处理等。但轧钢工序中也存在着一些较特殊的环境污染问题，有待进一步关注与重视。具体问题列举如下：

- ① 酸的合理使用问题，包括酸雾对操作人员的影响及废酸的再生技术等；
- ② 电镀含铬废水及含铬污泥的处理问题；
- ③ 含油、乳化液废水的处理和油、乳化液的再生回用问题；
- ④ 热浸镀的高能耗及环境污染控制问题；
- ⑤ 各种轧钢加热炉、热处理炉（含退火炉、常化炉、沾火炉等）的烟气污染治理问题及节能技术（如双预热技术）的开发应用问题等；
- ⑥ 不锈钢含镍、含铬尘泥的回收利用问题；
- ⑦ 钢管生产中的石墨废水处理问题；
- ⑧ 轧钢含油、乳化液、光整液、铬及强碱废水的处理问题；
- ⑨ 热轧粉尘（含湿量较大）及酸再生处理中氧化铁粉的收集处理问题；
- ⑩ 轧钢机械设备的噪声控制问题。

3 轧钢工艺污染防治技术

3.1 清洁生产技术

目前在我国钢铁企业内部，轧钢工序可采用的节约能源、减少污染物产生的清洁生产主要有：连铸坯热送热装技术、低温轧制技术、加热炉/热处理炉的节能减排技术、串级用水技术、浅槽紊流酸洗技术、无铬钝化技术和水基涂镀技术等。

(1) 热送热装技术

连铸坯热送热装技术是指在冶金企业连铸车间与轧钢车间之间，利用连铸坯输送辊道或输送火车（汽车），通过增加保温装置，将原有的冷坯输送改为热连铸坯输送，进行热装轧制的技术。连铸坯热送热装分为热送装炉轧制和直接装炉轧制两种，现阶段以前者为主。该工艺技术的应用已成为衡量钢铁企业生产技术管理水平的重要标志，推动了转炉（电炉）—炉外精炼—连铸—连轧生产的一体化管理，使钢的生产向连续化、低成本、高质量、高效益的方向发展。

该技术的应用充分利用连铸坯的显热，实现了节约能源消耗、降低生产成本、提高成材率、缩短生产周期和优化产品性能。

(2) 低温轧制技术

低温轧制是指在低于常规热轧温度下的轧制，国外也称中温轧制或温轧。其目的是为了大幅度降低坯料加热所消耗的燃料，减少金属烧损，而把开轧温度从 1000~1150℃降低至 850~950℃。虽然低温轧制会加大粗、中轧部分的轧制压力，从而需要提高粗、中轧机的强度，增大粗、中轧部分的能耗，但综合考虑加热炉加热温度的降低而节约的燃料，综合平衡后仍可节能 20%左右。

与常规轧制相比，低温轧制突出的优点在于：①可减少加热能耗；②减少氧化烧损、提高成材率；③提高轧钢加热炉的加热产量、延长加热炉的寿命；④减少轧辊的热应力疲劳裂纹和断辊以及氧化皮引起的磨损；⑤降低脱碳层深度；⑥提高产品的表面质量；⑦细化晶粒、改善产品性能。缺点是：①加大了轧材的变形抗力，从而加大了轧制力和轧制功率；②降低了轧制时轧材的塑性，从而影响轧材的咬入；③有时需降低道次压下量，增加道次。

(3) 加热炉/热处理炉节能减排技术

① 蓄热式燃烧技术

蓄热式燃烧技术是一种余热回收技术，以热风燃烧技术（亦称无焰燃烧技术）为核心，利用烟气或废气余热对助燃空气进行预热，从而达到节能的目的。

蓄热式燃烧系统通常由成对的蓄热式烧嘴、换向装置、管路、调节阀门和排烟装置等

组成。正常工作时，系统中两只燃烧器交替处于燃烧或蓄热两种工作状态。当一只烧嘴处于燃烧工作状态时，此燃烧通路开通，冷空气通过炽热的蓄热体，被加热为热空气用于助燃；另一只烧嘴则处于蓄热状态，燃烧产物在引风机的作用下经燃烧通道到蓄热体，将热量传递给蓄热体后，经烟道由烟囱排出。

蓄热式燃烧技术在应用中，当以液体、高热值煤气为燃料时，一般只对空气进行预热；而当以低热值煤气为燃料时，需对空气与煤气同时预热。

② 低氮氧化物烧嘴技术

低氮氧化物燃烧器（烧嘴）技术是利用空气分级供应、浓淡燃烧和烟气再循环等方式，降低 NO_x 产生量的一种技术。该技术主要在设计阶段，通过对加热炉/热处理炉烧嘴的合理设计，达到减少 NO_x 产生与排放的目的。

③ 二次燃烧技术

二次燃烧技术是指在排气时往排气管注入新鲜空气，使未完全燃烧的高温尾气在排气管中再次燃烧，从而减少有毒有害物质排放。

（4）串联用水技术

串联用水是指根据用户对水温、水质的不同要求，将上一工序的废水转送到可以接受的生产过程或系统中使用的技术。采用串联用水技术可以减少水处理设施构筑物、减少占地、节约能源、减少或消除污染，是水处理中最简洁、最经济、最科学的一种技术。

（5）浅槽紊流（喷流）酸洗技术

浅槽紊流酸洗技术是指在浅槽酸洗的基础上，应用紊流技术，加强紊流、热导率和物质传动，从而减少反应时间、减少酸雾的排放。

与传统的浅槽酸洗相比，紊流酸洗具有酸洗时间短、酸洗效率高、酸循环快、酸雾排放量小、酸耗少、带钢表面质量高、节能等优点。

（6）无铬钝化技术

无铬钝化技术是指利用钛盐、硅酸盐、钼盐等替代铬酸盐进行钝化的一种工艺。该技术在获得良好抗腐蚀性的同时，也减少了六价铬对环境的污染影响。

从钝化后膜层的耐蚀性看，目前的无铬钝化技术已接近甚至在某些方面超过了铬酸盐钝化，很有发展前途；只是由于成本高、不适应大规模工业化生产等原因，限制了其进一步的推广与普及。

（7）水基涂镀技术

水基涂镀技术是指在冷轧板带涂镀处理中，以水基涂料替代常规有机溶剂涂料，达到

减少有毒有害废气排放的目的。

3.2 废气治理技术

3.2.1 燃烧废气治理技术

燃烧废气主要来自加热炉和热处理炉的燃料燃烧。废气中的主要污染物为烟尘、SO₂和NO_x。目前国内钢铁企业主要通过采用蓄热式燃烧+低NO_x烧嘴+二次燃烧技术，燃用清洁混合煤气等清洁生产技术（加热炉节能减排技术）控制其污染。产生的燃烧废气最终经由高烟囱向外排放，排放口处污染物浓度可控制在SO₂≤100mg/m³，NO_x≤150mg/m³。

3.2.2 轧机粉尘治理技术

轧机粉尘主要在精轧机轧制及焊机、平整机、拉矫机等机组在生产过程中产生。目前国内钢铁企业主要通过塑烧板除尘技术、布袋除尘技术、湿式电除尘技术或湿式除尘技术进行轧机粉尘的处理。

（1）塑烧板除尘技术

塑烧板除尘技术主要利用塑烧板内部的多微孔结构，阻留含尘废气中的粉尘，进行废气的净化；净化后阻留下来的粉尘再通过压缩空气的反吹作用，落入料斗内得到收集。

塑烧板除尘技术对2μm左右粒径的细粉尘捕集率在99.99%~99.999%，净化后外排气体中烟（粉）尘浓度一般可控制在10~20 mg/m³以下。

（2）布袋除尘技术

袋式除尘器也称过滤式除尘器，利用纤维编织物制作的袋式过滤元件来捕集含尘气体中固体颗粒物，是一种干式高效除尘器。其作用原理是尘粒在绕过滤布纤维时因惯性力作用与纤维碰撞而被拦截。滤袋上收集到的粉尘定期地被清灰装置清除并落入灰斗，再通过出灰系统排出。清灰的方式主要有烟气反吹、机械抖动和脉冲反吹三种，其中最常见的是脉冲反吹方式。

布袋除尘技术对于粒径大于0.1μm的微粒，去除效率可达99%以上，净化后外排气体中烟（粉）尘浓度可控制在30mg/m³以下。

（3）湿式电除尘技术

湿式电除尘器以放电极和收集极构成静电场，含尘空气进入后，空气被电离，尘粒带电荷，在电场力作用下向收集极运动并被集尘极所捕集，释放电荷；随后在除尘器内部喷嘴水雾作用下，将集尘极上的尘粒冲入灰头，排入循环水池，达到净化目的。

湿式电除尘技术的净化效率可达98%以上，净化后外排气体中烟（粉）尘浓度可控制

在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

(4) 湿法除尘技术

湿式除尘器是利用水洗的原理除去含尘气体中的颗粒物。该技术对粒径在 $1\mu\text{m}$ 以上的颗粒，去除效率可达 98% 左右，净化后外排气体中烟（粉）尘浓度可控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

3.2.3 酸雾、碱雾治理技术

酸雾、碱雾主要由冷轧车间酸洗和碱洗槽以及酸再生系统产生。目前国内钢铁企业对于此类废气，主要通过填料吸收塔、填料洗涤塔、静电除雾等技术进行处理。

(1) 填料吸收塔技术

填料吸收塔主要应用在酸再生系统中，用于对再生酸液的回收处理。该技术利用酸液的溶解特性，使含酸气体充分与水接触，溶于水中，得以净化。吸收塔中含酸气体由塔体下部入口进入，经过填料层与喷淋的水发生气、液两相接触，经过充分的热、质交换后，酸类物质被水吸收流入塔底得到收集；气体则经去雾器去除水雾、液滴分离器去除水滴后，排至室外大气。

以盐酸酸雾为例，吸收塔一般可吸收废气中 95% 的氯化氢气体，净化后外排气体中氯化氢浓度可控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

(2) 填料洗涤塔技术

填料洗涤塔本质上也是一种吸收塔；利用酸液（或碱液）的溶解特性，通过使含酸（碱）气体与水充分接触、溶于水中，从而达到净化气体的目的。由于填料洗涤塔仅进行废气的净化处理，并不回收其中的酸类、碱类物质，因此其结构较填料吸收塔略有简化。

通过合理地设置洗涤塔内填料层的厚度以及喷水强度，可使净化后外排气体中酸、碱的浓度控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

(3) 静电除雾技术

静电除雾器与静电除尘相仿，也是通过静电控制装置和直流高压发生装置，将交流电变成直流电送至除雾装置中，在电晕线（阴极）和酸雾捕集极板（阳极）之间形成强大的电场，使空气分子被电离，瞬间产生大量的电子和正、负离子。这些电子及正、负离子在电场力的作用下，由阴极向阳极作定向运动，构成了捕集酸雾的媒介，同时使酸雾微粒荷电。这些荷电的酸雾粒子在电场力的作用下，作定向运动，抵达捕集酸雾的阳极板上。荷电粒子在极板上释放电子，酸雾被集聚，在重力作用下流到除酸雾器的储酸槽中，达到净化酸雾的目的。

静电除雾器的除雾效率可达 95% 以上。

3.2.4 油雾（乳化液油雾）治理技术

冷轧轧机在生产时，需往轧辊上喷淋润滑冷却剂（如乳化液或棕榈油），由于工作温度较高而产生乳化液烟雾。目前国内钢铁企业对于此类废气，主要通过喷雾洗涤塔、丝网式油雾净化器等技术进行治理。

（1）喷雾洗涤技术

喷雾洗涤塔是利用水洗作用净化气体中的乳化液油雾。进入洗涤塔的乳化液油雾与由喷嘴喷出来的雾状水滴相接触并被分离出来，靠自重与水一道落入洗涤喷雾装置下部水槽内。为防止小部分液滴被气流带走，在洗涤喷雾装置的末端设有挡水板；而为了有效地捕集乳化液油雾，需尽可能将轧机做成密闭式，轧机操作侧各机架间做卷帘门，传动侧用钢板封闭，油雾由轧机进出口端的上部烟罩和机架间的上、下部吸气口吸入主风道，然后送入洗涤塔洗涤（洗涤塔为有填料的填充塔），并经液滴分离器进行气水分离。含油废水进入废水站集中处理。

经处理后，废气中的油类物质浓度可达到 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

（2）干法净化技术（丝网式油雾净化器）

丝网式油雾净化器主要利用丝网的阻留作用进行含油废气的净化处理。处理时油雾经过滤网板，与不锈钢丝发生撞击，油滴附着在钢丝上从而实现了油气的分离。

经处理后，废气中的油类物质含量可控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

3.2.5 挥发性有机物（VOCs）治理技术

彩涂机组初涂和精涂后烘烤固化工序采用热空气烘烤，产生含挥发性有机溶剂的废气；此外，涂层室也会产生一些挥发性有机物（VOCs）。VOCs 主要含苯、二甲苯等有毒有害化合物。目前国内钢铁企业通常采用热力燃烧的方法处理含 VOCs 的废气。

一 热力燃烧技术

热力燃烧技术是利用辅助燃料燃烧产生的热量，将有机废气中的可燃有害化合物加热至可发生氧化分解反应的温度，生成 CO_2 和 H_2O ，以达到净化目的。在适当的温度和停留时间条件下，高浓度有机废气的处理效率可达到 95% 以上。

3.3 废水治理技术

3.3.1 热轧废水治理技术

（1）直接冷却废水的处理

直接冷却废水是直接冷却轧辊、轧辊轴承等设备及轧件时产生的废水，其特点是水量大、水温较高，且含有大量氧化铁皮和油。目前，国内钢铁企业对于此类废水的处理，主要采用传统的三段式、化学除油器、气浮、稀土磁盘等方法。

① 传统三段式处理技术

通过旋流（一次沉淀）→平流（二次沉淀兼隔油池）→机械过滤（机械除油）组合的方式进行直接冷却废水的处理。三段式的处理方法，首先对铁皮沟收集的废水，进行初沉淀，去除其中大颗粒的悬浮物质，然后泵送至二次沉淀池，进行二次沉淀及气浮除油等处理。处理后浮油用刮油刮渣机集中、布拖式撇油机收集；废水则加压送过滤器过滤后利用余压上冷却塔冷却，最后按不同压力分别送用户循环使用。

采用该技术可以去除废水中大部分的氧化铁皮和泥砂，处理后废水中主要污染物的浓度 $SS \leq 20\text{mg/L}$ ， $油 \leq 5\text{mg/L}$ 。

② 化学除油器技术（两段式处理技术）

化学除油器是一种集除油、沉淀为一体的处理设备，通过投加化学药剂，使水中的油类、悬浮物等经凝聚、絮凝作用沉降分离出来，达到净化水质的目的。使用中常将化学除油器与一次铁皮沉淀池组合进行废水的处理。

经化学除油器处理后，可保证出水水质 $SS \leq 30\text{mg/L}$ ， $油 \leq 5\text{mg/L}$ 。

③ 溶气气浮法（Dissolved Air Flotation DAF）

DAF 是传统三段式处理法的一种改进形式，以混凝+溶气气浮（DAF 气浮）+曝气组合的方式，替代了传统处理方法中的二次沉淀池。

DAF 气浮装置是一种用于污水处理的固-液或液-液分离的设备。该装置通过高压回流溶气水减压产生大量的微气泡，与废水中固体或液体微粒粘附，形成密度小于水的气浮体，在浮力的作用下，上浮至水面，进行固-液或液-液分离。

经该方法处理后的废水中主要污染物浓度可控制在： $油类 \leq 5\text{mg/L}$ ， $铁 \leq 1\text{mg/L}$ ， $SS \leq 10\text{mg/L}$ ，COD 去除率 60~80%。

④ 涡凹气浮技术（Charged Air Flotation CAF）

涡凹气浮法CAF也是传统处理方法的一种改进形式。该技术以CAF气浮池替代传统工艺中的二次沉淀池。通过特制的曝气机产生微气泡，省去空压机、循环泵、压力溶气罐、释放器或喷嘴以及絮凝剂预反应池等附属设备。整套系统结构简单，占地小，能耗低。

采用CAF气浮法进行直接冷轧废水的处理，可以去除废水中25%以上的油和70%以上的悬浮物。

⑤ 稀土磁盘分离净化加活性氧化铁粉除油技术

利用活性氧化铁粉的磁性和对油类物质的吸附特性，进行含油废水的处理。活性氧化铁粉是将一定比例的泥炭、氧化铁皮粉末和皂类活性剂混在一起，隔绝空气干馏制成的带有羟基和羟基基团的复合物。活性氧化铁粉不仅易被磁化，而且具有亲油的羟基和亲水的羟基，在轧制废水中能迅速吸附不同粒径、不同成分的油类。油类在稀土磁盘的流道内被磁盘吸附，达到除油的目的。

处理后废水中主要污染物的浓度 $SS \leq 30\text{mg/L}$ ， $油 \leq 5\text{mg/L}$ ；废水循环率可达95%以上。

⑥ 地理式稀土磁盘分离净化技术

在热轧浊循环回收总流道-4~-6m深度处，增加地理式稀土磁盘分离净化设备，直接将废水中的悬浮物由1000~3000mg/L降到50mg/L以内。处理后的水进入热水池，在此除去浮油。除油后的水部分泵回厂内冲铁皮；另一部分泵入冷却塔冷却后流入冷水池（此部分废水除夏季必须经冷却塔冷却外，其它季节视情况也可直接送入冷水池），最后泵回厂内循环使用。

地理式稀土磁盘分离技术处理后的废水中，主要污染物浓度 $SS \leq 70\text{mg/L}$ ， $油 \leq 10\text{mg/L}$ 。

（2）间接冷却废水的处理

间接冷却废水主要包括主电室马达通风设备、冷冻站、空调、液压润滑系统、空压站、磨辊间等设备的间接冷却废水，以及加热炉设备的间接冷却废水。此类废水的特点是仅水温较高，水质并未受到污染。目前国内钢铁企业对于此类废水，主要采用冷却塔冷却后返回用户循环使用的方法进行处理。

为保证回水中悬浮物含量不致增高，通常还需设置旁通过滤系统，对部分回水进行过滤处理；为防止循环水长期循环使用后结垢和管道腐蚀问题，需加入水质稳定药剂，保证循环水的水质稳定，并定期少量外排，控制循环水的盐分平衡。该方法处理后的废水水质可达到回用水要求，循环使用，有利于节约水资源，产生良好的经济效益和环境效益。

（3）层流冷却废水的处理

层流冷却废水属于浊环水，是冷却带钢过程中产生的废水。目前国内钢铁企业对此类废水普遍采用部分过滤冷却的技术进行处理。具体将层流冷却排水分为两部分，一部分用于冲氧化铁皮，排水加压送过滤器过滤，经冷却塔冷却后，送回水井；另一部分直接进入

回水井与经过过滤、冷却处理的水混合，最后加压送用户循环使用。

3.3.2 冷轧废水

冷轧废水是轧钢工序中成份复杂、处理难度较大的废水，涉及的废水种类较多，包括含酸碱废水、含油和乳化液废水、含光整液废水、含铬废水及含石墨废水等。目前国内钢铁企业对于此部分废水，主要通过建立相对独立的供排水系统，并区分不同种类的废水进行相应预处理后，再混合进行综合处理，最后回用或达标排放。

1) 冷轧废水预处理技术

冷轧废水中需进行预处理的废水主要有含酸碱废水、含油和乳化液废水、含光整液废水、含铬废水及含石墨废水等。

(1) 含酸、含碱废水

轧钢厂的含酸废水主要来自酸洗槽及抽风洗涤塔排水；含碱废水主要来自中和槽、脱脂槽及抽风洗涤塔排水。目前国内钢铁企业对于此部分废水，通常将其与各部分预处理后的废水混合，根据废水的 pH 值，采用中和沉淀的方法进行预处理。

— 中和沉淀法处理技术

利用酸、碱中和反应的原理，通过向混合后的酸、碱废水中投加碱类或酸类物质，调节废水 pH 值，将重金属离子转化成金属氢氧化物沉淀，从废水中分离出去，达到净化水质的目的。对于均衡后呈酸性的废水，一般可投加生石灰或石灰乳进行中和处理；对于均衡后呈碱性的废水，可投加废酸中和处理。处理后，可使废水的 pH 值控制在 6~9 之间。

(2) 含油和乳化液废水的预处理

含油和乳化液废水主要来自于轧钢、冷却及液压设备的渗漏。废水中的油主要以乳化油形式存在，并夹杂有轧制中产生的铁粉。目前国内钢铁企业对于此类废水主要通过撇油机去除浮油后，采用超滤的方法进行预处理。

— 超滤（Ultra-filtration UF）处理技术

利用超滤膜只透过小分子物质的特性，使含油废水透过超滤膜，将悬浮物、胶体、油类等物质截留，从而达到净化水体的目的。实际应用时，超滤技术通常配合以静置、浓缩和分离等处理，以获得更佳的处理效果。

经超滤装置处理后，废水中的含油量可控制在 5~10mg/L。

(3) 含光整液废水的预处理

光整液废水是普通镀锌钢板产品生产中排放的一类特殊的废水。光整液主要成分为阴

离子或非离子表面活性剂，废水 COD 负荷很高。目前国内钢铁企业对于此类废水主要采用催化氧化的方法进行预处理。

一 催化氧化处理技术

处理中，含光整液废水先送至废水调节池中混匀，再经过预氧化和混凝气浮等预处理，进入 H₂O₂ 氧化装置进行深度氧化，使高分子有机物逐步分解为 CO₂ 和 H₂O。

光整液废水经催化氧化预处理后，废水中的主要污染物浓度的可控制在 COD≤60mg/L，油类≤4mg/L，SS≤50mg/L。

(4) 含铬废水预处理

含铬废水主要来自热镀锌、电镀锌及电工钢等机组的钝化操作，废水中的铬主要以六价铬形式存在，具有很强的毒性，需要经过严格的处理合格后，才能排放。目前国内钢铁企业对于此类废水主要采用化学还原法或阳离子交换法进行预处理。

① 化学还原法

在酸性条件下向废水中加入还原剂(如氯化亚铁 FeCl₂)，将有毒的六价铬离子 Cr(VI) 还原成无毒的三价铬离子 Cr³⁺，然后再加入石灰或氢氧化钠，使 Cr³⁺ 离子在碱性条件下生成氢氧化铬沉淀，从废水中除去。

经化学还原法处理后，废水中的六价铬离子浓度可达到 0.5mg/L 以下。

② 阳离子交换法

利用阳离子交换树脂去除铬酸液中所有的阳离子，铬酸循环使用。阳离子交换器出口装一电导率仪。电导率达到某一数值，如 2000μS/cm 时，开始树脂再生。再生液为浓度 8%~10% (质量分数) 硫酸溶液。再生方式为逆流再生。最初流出的再生液并入低浓度含铬废液，后面的流出液循环使用。再生后树脂用脱盐水清洗。

(5) 含石墨废水

含石墨废水是钢管车间的芯棒润滑系统及冲洗排烟系统电除尘器时产生的废水。此类废水主要含大量的悬浮物，目前国内钢铁企业普遍采用混凝+离心脱水组合的方法进行预处理，处理后出水中的悬浮物含量可控制在 200mg/L 以下。

2) 冷轧废水综合处理技术

经单独预处理后的各类冷轧废水，废水中的有机污染物或悬浮物质含量仍有可能无法达到回用或排放标准的要求，还需混合后进行统一的综合处理。目前国内钢铁企业对于混合后有机污染物超标的冷轧废水一般采用生物的方法进行处理；对于悬浮物质超标的冷轧

废水采用絮凝沉淀的方法处理。

① 生物处理法

生物处理法，是利用微生物的代谢作用处理废水的一类方法，通过微生物的新陈代谢作用将复杂的有机物分解为简单物质，从而使废水得到净化。目前常见的生物处理方法主要有接触氧化法、活性污泥法、厌氧氧化法、生物膜法和氧化塘法等，其中以生物膜法的应用最多。

② 絮凝沉淀法

通过向废水中投加高分子絮凝剂，使悬浮于废水中的固体杂物被凝聚沉降下来，从而使废水水质得到净化，达到废水回用或排放要求。

3.4 固体废弃物综合利用及处置技术

轧钢工序产生的固体废弃物主要是酸洗工段产生的酸洗废液；此外还有各类除尘系统收集到的含铁尘泥和水处理中产生的含铁污泥及含铬污泥，轧机轧制过程中产生的废钢，加热炉和热处理炉生产中产生的废耐火材料，轧钢含油废水处理中产生的废油，冷轧过程产生的废润滑液和乳化液，以及镀锌生产中产生的锌渣等。

1) 酸洗废液

酸洗废液是轧钢工序产生的一类较为特殊的固体废弃物，主要来自冷轧的酸洗工段。具体因酸洗中使用的酸液不同，酸洗废液主要有：盐酸废液、硫酸废液和硝酸—氢氟酸废液（由不锈钢酸洗产生）之分。目前国内钢铁企业对于冷轧盐酸废液，主要采用喷雾焙烧法（鲁兹纳法）或流化床法（鲁奇法）回收盐酸和氧化铁；硫酸废液主要采用蒸汽喷射真空结晶法、真空浓缩冷冻结晶法或浸没燃烧法回收硫酸和硫酸亚铁；硝酸—氢氟酸废液，主要采用喷雾焙烧法、离子交换法或减压蒸发法进行回收处理。

（1）盐酸废液

① 喷雾焙烧法（鲁兹纳法）回收盐酸和氧化铁

又称鲁兹纳法，主要是通过分离酸洗废液中的溶解铁盐 FeCl_2 ，并将氯化亚铁（ FeCl_2 ）进行焙烧，最终生成氧化铁和氯化氢气体；氯化氢气体被水吸收制成盐酸，返回酸洗机组继续使用；氧化铁粉则经收集后进行综合利用。

采用喷雾焙烧法，可生产浓度 18%（m/m）的再生盐酸，废酸的回收率可达 99%；回收的氧化铁粉还可用作生产磁性材料等。

② 流化床法（鲁奇法）回收盐酸和氧化铁

又称鲁奇法，其工作原理与喷雾焙烧法相似。处理时，首先利用泵将废酸送到废酸储罐，

并打到预浓缩器中，在预浓缩器中一部分废酸液被汽化；剩下的酸液，继续被浓缩并使氧化铁得到富集。此后从预浓缩器流出的酸液，导入焙烧炉中的流化床，水被蒸发，氯化铁受热分解为氧化铁和氯化氢；较细的氧化铁粉被焙烧炉废气带出，进入旋风除尘器中；从除尘器分离出来的细小氧化铁粉再回到流化床中，被酸液湿润并逐渐变粗；含氯化氢的焙烧炉气，经预浓缩器后进入吸收塔，与从塔上喷洒下来的冲洗水接触，氯化氢被水吸收形成再生酸。

经流化床法处理后，酸洗废液中酸的回收率可达 93%。

(2) 硫酸废液

① 蒸汽喷射真空结晶法回收硫酸和硫酸亚铁

该方法是一种物理方法，主要利用 FeSO_4 溶解度会随酸浓度增加和温度的降低而降低的特性，通过提高酸的浓度和降低酸溶液温度，使硫酸亚铁结晶并从废液中分离出来。

处理中，将废酸罐中的废酸与含有 98% 的硫酸罐中的硫酸，按一定比例，借助于蒸发器的真空吸入蒸发器中，由于蒸发器和依次排列的三个结晶罐的真空度是逐次增大的（亦即压力逐次减少），故溶液从蒸发器顺次流入各自的结晶罐内；在蒸发器中的溶液水分靠加入硫酸放出的热量和真空度而蒸发、浓缩；蒸发器和各结晶罐蒸发出来的气体，通过蒸汽喷射器连续地排入主冷凝器和双联式辅助冷凝器中，保持蒸发器、结晶罐的高度真空；溶液达到饱和，硫酸亚铁（ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）逐渐结晶出来；母液通过滤布经管道流入母液贮罐，经泵打入酸洗车间重复使用。

② 真空浓缩冻结结晶法回收硫酸和硫酸亚铁

原理基本上与蒸汽喷射真空结晶法相同，两者仅在回收工艺上略有差别。处理中废酸液流入废液贮槽，借助蒸汽喷射器所产生的真空，吸入中间槽，再借助水力喷射器所产生的真空吸入蒸发器中，在恒温条件下进行浓缩；浓缩液间断进入结晶器中，由冷冻机冷却，使硫酸亚铁结晶析出；结晶液流入翻斗过滤器，借助蒸汽喷射器产生的真空，进行真空吸滤，母液经气水分离器，进入母液贮罐，再用泵打入酸洗槽重复使用。

③ 浸没燃烧法回收硫酸和硫酸亚铁

将煤气等可燃气体与空气混合后，通过速度管进入燃烧器进行无焰燃烧。燃烧后的气流，从位于蒸发器内的烧嘴的下面喷出（呈小气泡状）与废液进行剧烈的热交换，使废液升温而蒸发、浓缩，再冷却结晶，得到硫酸亚铁和较高浓度的酸液，酸液返回酸洗工序继续使用。

(3) 硝酸、氢氟酸废液

① 喷雾焙烧法回收

基本原理与喷雾焙烧法回收盐酸和氧化铁的原理相同。处理中，进入喷雾焙烧炉中的混合废酸，会分别产生含 HNO_3/HF 及 NO_x 的酸性气体和金属氧化物粉粒。其中，酸性气体从炉顶排出后，利用酸洗线排出的最终漂洗废水经两级喷淋洗涤和吸收浓缩，变为可回收利用的再生酸，返回供酸洗工艺循环使用；而金属氧化物则从焙烧炉底部排出，经造球机变为含 Ni, Cr, Fe 的金属氧化球团，返回炼钢或进一步提纯，回收贵金属。

② 离子交换法回收

废酸液经过滤和离子交换树脂处理，将铁、镍和铬等金属离子从酸洗液中分离出来，得到再生酸。废酸再利用，可降低生产成本，改善环境。处理后，金属离子的去除率可达 80% 以上，游离酸回收率可达 95%。

③ 减压蒸发法回收

在真空状态下，通过低温蒸发冷凝回收酸液，再用硫酸置换金属盐中的硝酸与氢氟酸并将其回收；浓缩液经分离后回收硫酸亚铁；硫酸母液循环使用。

该方法对于硝酸和氢氟酸的回收率均在 95% 以上，同时还可回收硫酸亚铁。

2) 其它固体废弃物

目前国内钢铁企业对于各类含铁尘泥的处置方式主要是用作炼钢冷却剂、还原铁原料、烧结配料及氧化铁颜料或磁性材料的原料等；废钢主要用作电炉炼钢原料或炼钢冷却剂；废耐火材料主要用于铺路或用作生产造渣剂及耐火材料的原料；含铬污泥、废油及废锌渣主要利用密闭容器进行分别收集，并外送有资质的单位或部门进行相应的再生、填埋或焚烧处理等。

3.5 噪声治理技术

钢铁企业轧钢部分的噪声污染主要可从声源、传播途径和受体防护三个方面进行防治。在声源控制上，可尽可能选用低噪声设备，采取设备消声、隔振和减振等措施；在传播途径上可采取隔声、吸声和绿化等降噪措施。

具体措施包括：①确保烟气通过风机与排气筒时顺利排出，不反复折叠和产生湍流；②除尘风机与排气筒之间设置为软连接；③在各类风机进、出口处加装管道消声器；④煤气鼓风机和空气压缩机内衬泡沫吸声材料，外罩钢板采用封闭结构；⑤鼓风机、离心机、泵类设置单独基础或减振措施，设备与管道间采用金属软管柔性联接。

4. 轧钢生产的污染防治最佳可行技术

4.1 轧钢工艺污染防治最佳处理工艺流程

4.1.1 最佳可行技术工艺流程图

按照筛选原则，采用层次指标分析法进行筛选，钢铁行业轧钢工艺最佳可行技术工艺流程示意图见图 4-1。

热轧部分生产一般以连铸坯为原料，经加热炉加热（原料加热）、表面除鳞（高压水除鳞）和热轧轧制等处理，最终加工成各类合格的热轧产品。其中表面除鳞工段是热轧部分废水的主要产生环节，针对此阶段产生的热轧废水可通过传统三段式处理技术、稀土磁盘法处理技术或溶气气浮法处理技术进行治理；热轧轧制是热轧部分轧机粉尘和油雾的主要产生环节，可通过集气罩+塑烧板除尘技术或集气罩+布袋除尘技术进行轧机粉尘的治理，通过集气罩+喷雾洗涤技术或集气罩+网式油雾净化技术进行油雾的治理。

冷轧部分以热轧产品为原料，经原料酸洗、冷轧轧制和热处理，部分产品还需再经表面涂镀处理，最终加工成各类合格的冷轧产品。冷轧生产中的酸洗工段是各种酸性污染物的主要产生环节，产生的酸性污染物主要有酸雾、含酸废水和酸洗废液，针对其中的酸雾可以通过集气罩+填料吸收塔技术（主要为酸洗废液再生中用于再生酸的回收）、集气罩+填料洗涤塔技术或集气罩+静电除雾技术进行治理；含酸废水可通过设计独立的供排水系统、并对收集到的废水进行中和沉淀预处理后，送冷轧废水综合处理系统进行后续的处理；酸洗盐酸废液可通过喷雾焙烧法进行再生处理，酸洗硝酸-氢氟酸废液（主要由不锈钢产品酸洗产生）可通过喷雾焙烧法或离子交换法进行酸液再生处理。轧制工段是轧机粉尘、油雾及含油废水、废油的主要产生环节，针对其中的轧机粉尘可通过集气罩+塑烧板除尘技术或集气罩+布袋除尘技术进行治理；油雾可通过集气罩+喷雾洗涤技术或集气罩+网式油雾净化技术进行治理；含油废水可通过设计独立的供排水系统，并对收集到的废水进行超滤法预处理，然后送酸碱废水及冷轧废水综合处理系统进行后续的处理；废油可采用密闭容器收集，外送有资质的单位处置。涂镀工段是冷轧有机废气，含光整液废水、含铬废水及含铬污泥及锌渣等污染物的重要产生环节，针对其中的有机废气可通过热力燃烧法进行治理；含光整液废水及含铬废水可通过设计独立的供排水系统，并对收集到的两类废水分别进行催化氧化法和化学还原法或阳离子交换法预处理，然后送酸碱废水及冷轧废水综合处理系统进行后续的处理；含铬污泥及锌渣可采用密闭容器收集，外送有资质的单位处置。

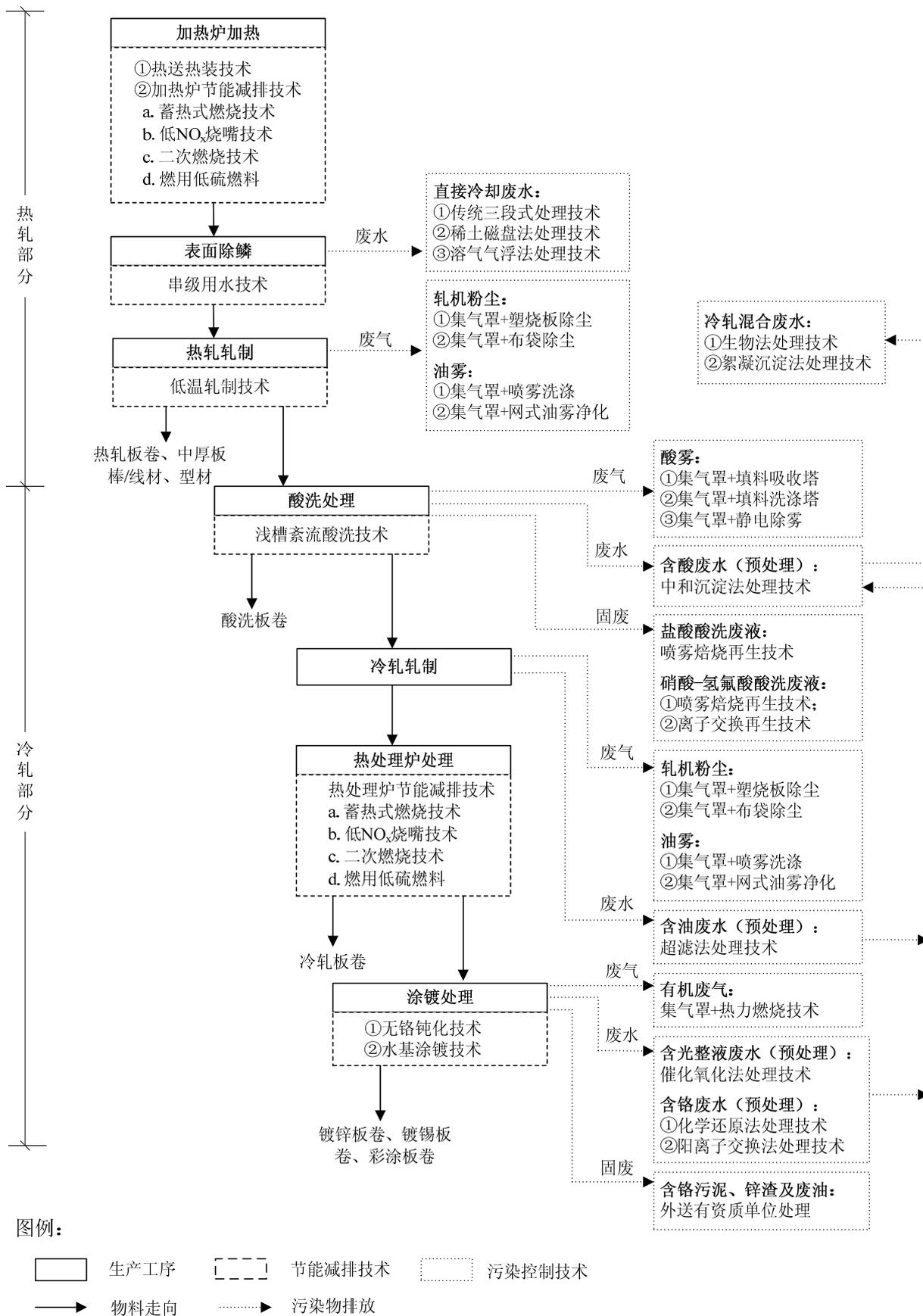


图 4-1 轧钢工序最佳可行技术工艺流程示意图

4.1.2 最佳可行技术工艺环境影响

在采用以上推荐的全过程生产工艺和末端治理工艺后，可以达到热轧工序能耗小于 61.92 kg 标准煤/t 产品，冷轧工序能耗小于 77.00 kg 标准煤/t 产品，镀层板带工序能耗小于 64.48 kg 标准煤/t 产品，涂层板带工序能耗小于 73.12 kg 标准煤/t 产品，钢丝及制品工序能耗小于 131.34 kg 标准煤/t 产品(2006 年全国重点钢铁企业轧钢厂工序能耗均值);达到废气捕集率大于 90%、除尘效率大于 99%;吨产品废水产生量 $\leq 50 \text{ m}^3/\text{t}$ 材(热轧板/带/管材,冷轧板/带), $\leq 35 \text{ m}^3/\text{t}$ 材(棒/线/型材),全部生产废水经处理后回用于生产做到零排放;含铁尘泥回收利用率 $\geq 95\%$;各类固体废物全部得到综合利用或妥善处置。

4.2 轧钢工艺最佳可行节能减排技术

(1) 热送热装技术

与常规冷装技术相比，热送热装技术在入炉温度为 500℃时，可节能 $0.25 \times 10^6 \text{ kJ/t}$ ；入炉温度为 600℃时，可节能 $0.34 \times 10^6 \text{ kJ/t}$ ；入炉温度为 800℃时，可节能 $0.514 \times 10^6 \text{ kJ/t}$ 。另外由于缩短了连铸坯的加热时间，减少铁的烧损，成材率可提高 0.5%~1.5%。轧机的生产周期也可由常规的 30h 缩短到 20h。热送热装中，一般需在连铸机和加热炉间设置保温坑，起到缓冲和协调作用，连铸和热轧可以各自独立地编制生产计划，提高了灵活性。

该技术主要适用于大中型钢铁联合企业，且要求有充足、高温、无缺陷的连铸坯作为原料。

工程实例:

南钢带钢厂的轧机上料采用了热送热装技术。自 2005~2007 年，南钢带钢厂热装比由 35%上升至 70%，提高了一倍；加热炉煤气单耗、吨钢工序能耗分别下降 5.3%和 6%，轧钢小时产量增加 14%，效益明显。

(2) 低温轧制技术

低温轧制技术可使开轧温度由 1000~1150℃降低至 850~950℃，大幅降低坯料加热所消耗的燃料，减少金属烧损，节能约 20%左右。

该技术适用于各类钢铁企业轧钢工序使用。

工程实例:

2008年水钢轧钢厂推行低温轧制技术后,在电耗和轧制电流均未增加的情况下,高线煤气单耗降为 $66.2\text{m}^3/\text{t}$,比公司考核指标 $72\text{m}^3/\text{t}$ 低 $5.8\text{m}^3/\text{t}$;氧化铁皮厚度也平均减少 0.2mm 。执行新的炉温控制制度后,在电耗量没有增加的情况下,二棒煤气消耗降至 $122.82\text{m}^3/\text{t}$,比考核指标 $136\text{m}^3/\text{t}$ 低 $13.18\text{m}^3/\text{t}$;氧化铁皮厚度由原来 0.9mm 减小至 0.75mm ,平均减少 0.15mm 。

(3) 直接轧制技术

直接轧制中,连铸坯在 1100°C 条件下不经加热炉而直接送轧机进行轧制。由于取消了中间加热炉的缓冲和协调,直接轧制对连铸与热轧一体化生产的要求更高、实现的难度更大,但取得的综合经济效益也更为显著。目前国内外普遍采用的连铸连轧技术,即为直接轧制技术的一种形式。

(4) 蓄热式燃烧技术

蓄热式燃烧技术,尤其双预热蓄热式燃烧技术可使加热炉排放的烟气温度降至 150°C 以下,余热可将煤气和空气温度预热至 1000°C 以上,热回收率 80% 以上,节能 30% 以上;蓄热式燃烧技术还可使加热炉的生产效率提高 $10\%\sim 15\%$,氧化烧损降至 0.7% 以下,有害气体(如 CO_2 、 NO_x 、 SO_x 等)排放量大大减少。

(5) 无铬钝化技术

电镀钝化采用低铬或无铬工艺,可大大减少或避免六价铬对环境的污染和对人体的危害,是目前钝化技术发展的方向。

工程实例:

2007年涟钢镀锌板厂无铬镀锌板卷成功下线。该生产线采用无铬钝化药剂替代六价铬进行镀锌板卷的钝化处理。处理后的板卷在耐蚀性、耐黑变、耐溶剂性及涂装性等主要指标方面均满足行业标准相关要求。为企业带来良好的环境效益的同时,也带来了可观的经济效益。

(6) 浅槽紊流(喷雾)酸洗技术

浅槽紊流(喷雾)酸洗采用湍流或喷流的方式供酸,机组一般串联布置,槽间酸液不互混,有明显的浓度差。由于槽浅、酸液加热及与钢带热交换所需时间明显缩短,从而大大减少了酸雾的排放。该技术适用于带钢冷轧机组连续式盐酸酸洗工艺,可减

少酸雾排放，改善作业场所空气质量。

工程实例:

济钢连续式酸洗线采用了浅槽紊流式酸洗技术，机组设计生产能力110万t/a，成品酸洗卷厚度1.5~5.0mm、宽度900~1650mm，单卷最重35t。紊流的酸洗方式使得酸液具有了更高的动能，酸洗时间更短、生产效率更高；同时由于紊流酸洗中酸液的使用量减少，发生断带时排空酸液所需时间也可缩短。

轧钢生产工艺中的最佳可行节能减排技术见表 4-1。

表 4-1 轧钢生产中最佳可行节能减排技术

技术名称	技术及经济指标	适用范围
热送热装技术	入炉温度 500℃时，可节能 $0.25 \times 10^6 \text{kJ/t}$ ； 入炉温度 600℃时，可节能 $0.34 \times 10^6 \text{kJ/t}$ ； 入炉温度 800℃时，可节能 $0.514 \times 10^6 \text{kJ/t}$ ； 成材率可提高 0.5%~1.5%， 生产周期可由 30h 缩短到 20h	适用于各类钢铁企业
低温轧制技术	在 950℃与 750℃条件下低温轧制，吨产品能耗分别较常规轧制（轧制温度 1150℃）减少 80kW·h 和 180kW·h，金属烧损减少 0.9%和 1.1%	适用于生产各类碳钢、调质钢、轴承钢和弹簧钢等产品的钢铁企业
炉窑节能减排技术 (蓄热式燃烧+低 NO _x 烧嘴+二次燃烧+低硫燃料)	燃烧废气 SO ₂ ≤ 100mg/m ³ ，NO _x ≤ 150mg/m ³	适用于各类钢铁企业
串级用水技术	减少水处理构筑物，节省占地，节约能源，减少或消除污染	适用于各类钢铁企业
浅槽紊流（喷流）酸洗技术	可缩短酸洗时间，提高酸洗效率，加快酸循环，减少酸雾排放和酸液消耗，提高带钢表面质量	适用于生产冷轧普碳钢产品的钢铁企业
无铬钝化技术	减少含铬废水产生，减少水污染物排放	适于生产镀锌板、镀锡板及彩涂板的钢铁企业
水基涂镀技术	减少有毒有害物质及有机废气的排放	适用于生产彩涂板的钢铁企业

4.3 轧钢工艺污染控制最佳可行技术

4.3.1 大气污染控制最佳可行技术

(1) 轧机粉尘

① 塑烧板除尘技术

塑烧板除尘系统的主要设备有：集气罩、塑烧板除尘器、风机、排气筒及其它配

套设施；该系统对于 $2\mu\text{m}$ 左右粒径细粉尘的捕集率可保持在 99.99%~99.999%，排气含尘浓度可控制在 $10\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ 或更低；主要适用于对排放气体中污染物浓度要求特别严格（如要求浓度在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 或 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下）、需要回收利用贵重粉体或气体含湿量很高且含油的场合。典型塑烧板除尘技术处理工艺流程示意图如图 4-2。

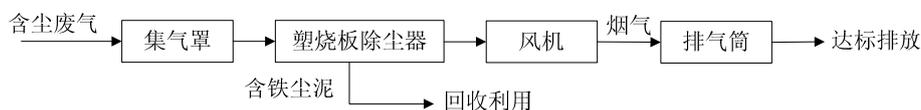


图 4-2 塑烧板除尘技术处理工艺流程示意图

工程实例：

2007 年天津钢管公司，在对轧管厂原有定径机除尘系统改造中，采用了塑烧板除尘系统。该系统的设计风量为 $50,000\text{m}^3/\text{h}$ ，在轧管定径机上部设捕集罩捕集烟气，捕集后的烟气经管道通过塑烧板除尘设备净化，由风机从烟囱排向大气。处理后出口处烟气的含尘浓度可控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

② 布袋除尘技术

布袋除尘系统的主要设备有：集气罩、布袋除尘器、风机、排气筒及其它配套设施；其中布袋除尘器一般由进风管、过滤室、洁净室、排风管、灰斗、清灰以及控制装置等组成。选择过滤室滤料时，一般应根据除尘烟气的性质，采用由合成纤维、天然纤维或玻璃纤维织成的布或毡。在烟气温度低于 120°C 、要求滤料具有耐酸性和耐久性的情况下，通常选用涤纶绒布和涤纶针刺毡滤料；处理高温烟气 ($<250^\circ\text{C}$) 时，主要选用石墨化玻璃丝布滤料；某些特殊情况下，还可以选用炭素纤维滤料等。

布袋除尘技术对于粒径大于 $0.1\mu\text{m}$ 的微粒，去除效率可达 99% 以上，出口粉尘浓度可控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。典型布袋除尘技术除尘工艺流程示意图如图 4-3。

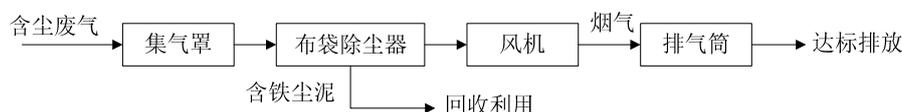


图 4-3 布袋除尘技术除尘工艺流程示意图

(2) 酸雾、碱雾

① 填料吸收塔技术

除雾净化系统主要设备有：集气罩、填料吸收塔、风机、排气筒、水池及其它配套

设施；填料吸收塔一般由本体、填料层、喷水装置、去雾器及液滴分离器等组成。工作时，含酸气体由吸收塔下部入口进入，经填料层与喷淋的水发生气、液两相接触，经过充分的热、质交换后被水吸收，流入塔底，再经去雾器去除水雾，液滴分离器去除水滴后，排至室外大气；用于喷淋的水体，通过填料层吸收酸组分后流入塔底，再经水泵由管道送入塔内进行喷淋，如此不断循环，塔底水的含酸浓度将不断增加，吸收效率逐渐降低。为此，必须经常供给新水，保持塔底有一定的水量。多余的含酸废水经溢流管由废水泵送至贮酸站，最后送到废水处理站进行处理。

填料吸收塔对于盐酸酸雾的吸收率一般可达 95%，外排气体中氯化氢浓度可控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。典型填料吸收塔结构示意图如图 4-4，处理工艺流程示意图如图 4-5。

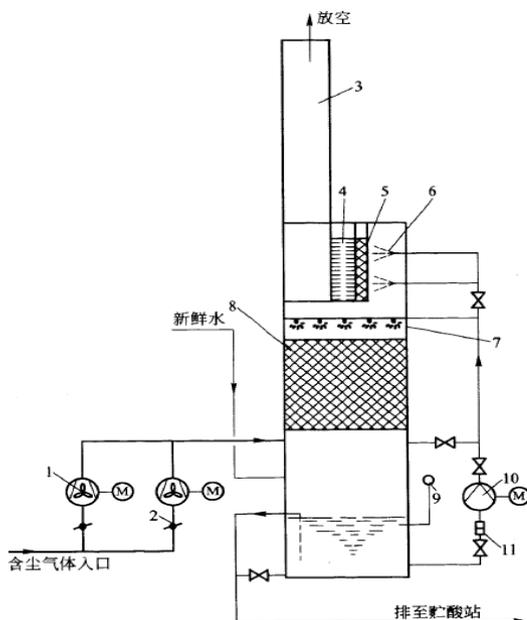


图 4-4 吸收塔结构示意图

- 1—风机；2—阀门；3—排气管；4—挡水板；5—除尘器；6、7—喷嘴；
8—填料；9—水位计；10—水泵；11—过滤器

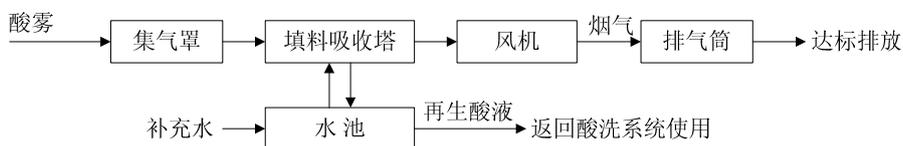


图 4-5 填料吸收塔处理工艺流程示意图

工程实例：

宝钢冷轧带钢厂吸收塔为钢制填料塔，内部衬有硬橡胶及耐酸砖，填料为聚丙烯色尔环；设计风量 $48000\text{m}^3/\text{h}$ ，风压 $7.85 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。正常工作时，排气温度 80°C ，排气中 HCl 浓度 $< 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

② 填料洗涤塔技术

除雾净化系统主要设备有：集气罩、填料洗涤塔、风机、排气筒、水池及其它配套设施。在填料洗涤塔中，含酸、碱的气体由塔的下部进入，与上部的喷淋水逆向流动，在填料层中进行充分的接触，绝大部分的酸、碱被水吸收，剩余气体经上部塑料丝网除雾器进一步净化后排放。吸收了酸、碱后的洗涤水流入塔底部的循环水槽内，再由循环水泵将槽内的水送到上部喷嘴循环使用。为了稀释水槽内酸、碱的浓度，需不断向水槽供给新水。槽内保持有一定的水位，多余水经溢流管排至废水管网。通过合理地设置洗涤塔内填料层的厚度以及喷水强度，可使外排气体中酸、碱的含量控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。典型填料洗涤塔结构示意图如图 4-6，处理工艺流程示意图如图 4-7。

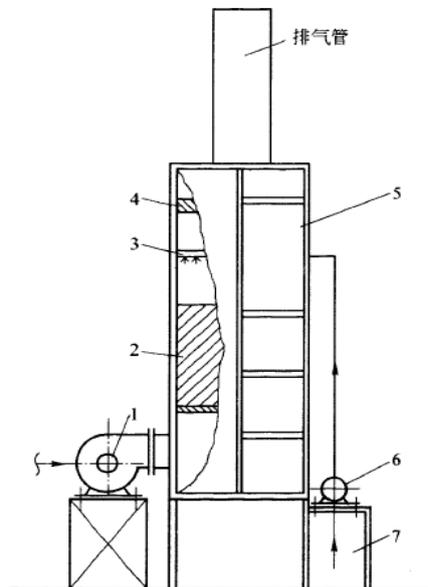


图 4-6 填料洗涤塔结构示意图

1.风机；2.填料；3.喷嘴；4.除雾器；5.本体；6.水泵；7.水槽

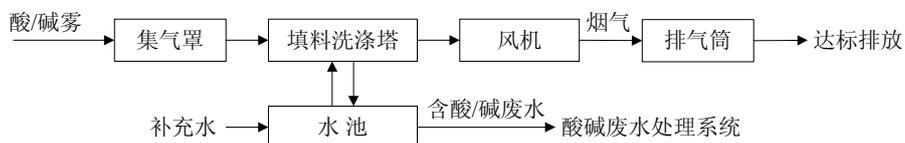


图 4-7 填料洗涤塔处理工艺流程示意图

工程实例：

2002 年宝钢对其 1420mm 冷轧机酸再生系统中的洗涤塔设施进行了改进，使用氯化亚铁溶液代替原来的脱盐水，从而获得了更好的净化效果。

③ 静电除雾技术

除雾净化系统主要设备有：集气罩、静电除雾器、风机、排气筒、水池及其它配套

设施。静电除雾器通过静电控制装置和直流高压发生装置，将交流电变成直流电送至除雾装置中，在电晕线（阴极）和酸雾捕集极板（阳极）之间形成强大的电场，使空气分子被电离，瞬间产生大量的电子和正、负离子；这些电子及正、负离子在电场力的作用下，由阴极向阳极作定向运动，构成了捕集酸雾的媒介，同时使酸雾微粒荷负电；荷电的酸雾粒子在电场力的作用下，作定向运动，抵达捕集酸雾的阳极板上；荷电粒子在极板上释放电子，酸雾被集聚，在重力作用下流到除酸雾器的储酸槽中，从而使酸雾得到净化。静电除雾技术除雾效率可达 95%以上；但需特别注意绝缘、防腐和电晕线间距等关键性的问题。典型静电除雾器酸雾净化工艺流程图见图 4-8。

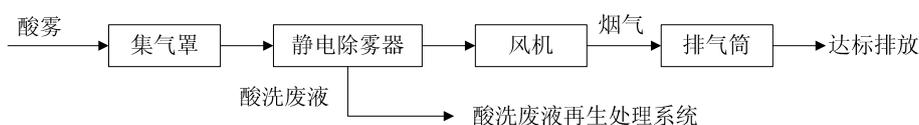


图 4-8 静电除雾器酸雾净化工艺流程示意图

(3) 油雾

① 喷雾洗涤技术

喷雾洗涤系统的主要设备有：集气罩、喷雾洗涤器、风机、排气筒、水池及其它配套设施。其中喷雾洗涤器一般由喷嘴及液滴分离器等组成；工作时，装置中由喷嘴喷出来的雾状水滴，与被处理的气体相接触，乳化液油雾滴与雾状水滴相遇并被分离出来，靠自重与水一道落入洗涤喷雾装置下部水槽内；处理中用到的水可循环使用。处理后废气中油类物质浓度可控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。典型处理工艺流程示意图见图 4-9。

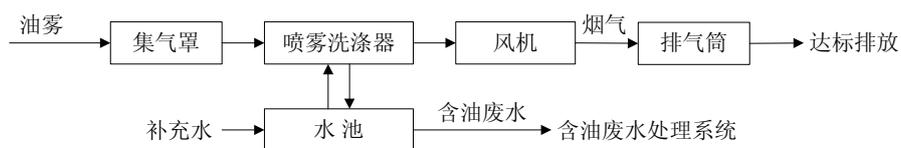


图 4-9 喷雾洗涤净化工艺流程示意图

工程实例:

宝钢 1420mm 全连续五机架冷轧机和单机架平整机均采用卧式洗涤器。以五机架冷轧机为例，主风道总排气量 $410000\text{m}^3/\text{h}$ ，循环喷水量约 $120\text{m}^3/\text{h}$ ，补水量约 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，污水排放量约 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。轧机出口端上部吸气罩，根据工艺特点设计成移动式，罩子下部有滚轮，滚轮支撑在排架上部的轨道上。吸气罩罩口面积比上升的气柱大一些。罩面风速 $2.5\text{m}/\text{s}$ 。净化效率 $\geq 90\%$ 。

② 丝网式油雾净化技术

油雾净化系统主要设备有：集气罩、油雾净化器、风机、排气筒及其它配套设施。其中油雾净化器中的滤板一般由边框、网板及不锈钢微丝组成；工作时，油雾经过滤网板，与不锈钢丝发生撞击，油滴附着在钢丝上从而实现了油气的分离。丝网式油雾净化器对油雾的净化效率在 90%以上，处理后废气中的油类物质浓度可控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。典型金属网板式过滤器处理工艺流程示意图 4-10。

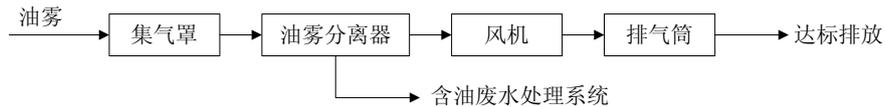


图 4-10 典型油雾净化器处理工艺流程示意图

工程实例：

宁波宝新不锈钢有限公司从日本引进的十二辊轧机，采用的是金属网板式油雾过滤器。但最初由于设计问题，内部上下滤板平面接触，无任何密封措施，致使油雾过滤精度达不到要求，外排油雾含油浓度高达 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以上；后来经过改进将上下滤板接触面改为了凹凸型，从而得到了很好的密封效果，外排油雾含油量降至 $3.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(4) 有机废气 VOC_s

一 热力燃烧技术

VOC_s 处理系统主要设备有：集气罩、焚烧炉、风机、排气筒、空气预热器及其它配套设施。处理中，焚烧炉首先由助燃气体燃烧提供热量，生成高温燃气；然后通过高温燃气与有机废气混合，使废气达到反应温度，开始发生氧化反应；再在高温情况下驻留足够时间，使废气中有机物质完全被氧化分解为 CO_2 和 H_2O ，从而使废气得到净化。为降低辅助燃料的消耗量、充分利用燃烧后废气的余热，还常采用蓄热式燃烧技术。通过选择适当的温度和停留时间，废气中 VOC_s 的处理效率可达到 95%以上。典型热力燃烧技术工作原理示意图见图 4-11，处理工艺流程示意图见图 4-12。

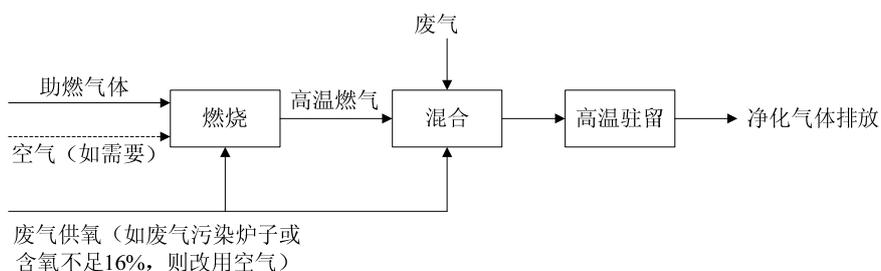


图 4-11 热力燃烧技术工作原理示意图

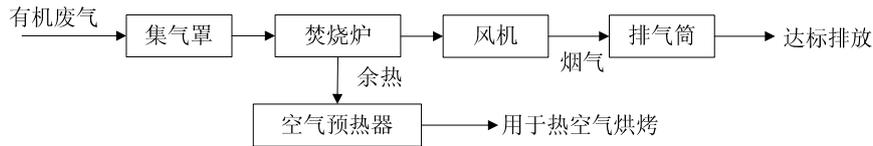


图 4-12 典型热力燃烧技术处理工艺流程示意图

工程实例:

鞍钢冷轧厂彩涂机组，初涂和精涂后烘烤固化工序产生的含挥发性有机溶剂的废气及涂层室产生的少量挥发性有机废气，通过采用封闭装置，将废气用管道送至焚烧炉，以少量焦炉煤气为燃料进行完全燃烧，生成 H₂O 和 CO₂；并采用机械排烟的方式排烟。处理后，外排烟气中基本不含可燃烧的有机污染物。烟气中热量则可用于加热空气送各工段烘烤使用。

4.3.2 水污染控制最佳可行技术

(1) 热轧直接冷却废水

① 传统三段式处理技术

废水处理系统主要设备有：初沉池（旋流沉淀池）、二次沉淀池（平流沉淀池）、过滤器、冷却塔、刮渣机、撇油机及其它配套设施；以处理能力为1000m³/h的系统为例，系统占地面积约1000~3000m²，总投资约600~800万元，运行维修费用约200~250万元（主要为用电、滤料、滤布、药剂及配件等的费用）；由于采用了二次沉淀+过滤的处理工艺，可以去除废水中大部分的氧化铁皮和泥砂，处理后废水中主要污染物浓度SS≤20mg/L，油≤5mg/L，可返回对水质要求不高的工段继续使用。典型三段式处理技术处理直接冷却废水的工艺流程示意图见图4-13。

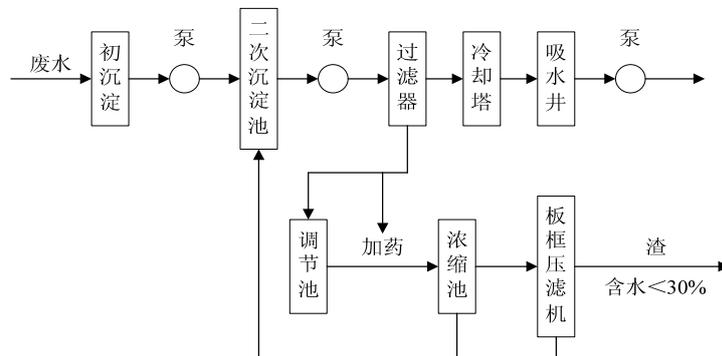


图4-13 三段式废水处理工艺流程示意图

工程实例:

2008年天津钢管公司 $\phi 258$ 热轧车间直接冷却废水处理系统投产。该系统采用了传统的三段式处理工艺流程,设计规模 $5780\text{ m}^3/\text{h}$,一次性投资约4527.54万元,处理后的出水污染物浓度可控制在: $\text{SS}\leq 20\text{ mg/L}$, $\text{油}\leq 10\text{ mg/L}$ 。

② 稀土磁盘法处理技术

处理系统主要设备有:沉淀池、混合反应预磁化罐、稀土磁盘分离机、冷却塔、除油机及其它配套设施;以处理能力 $1000\text{ m}^3/\text{h}$ 的系统为例,系统占地面积约 $300\sim 500\text{ m}^2$,总投资约 $300\sim 400$ 万元,运行维修费用约 $50\sim 100$ 万元(主要为电、配件等);处理后废水中的污染物浓度 $\text{SS}\leq 30\text{ mg/L}$, $\text{油}\leq 5\text{ mg/L}$,废水循环率可达95%以上。典型稀土磁盘分离净化加活性氧化铁粉除油技术的工艺流程示意图见图4-14。

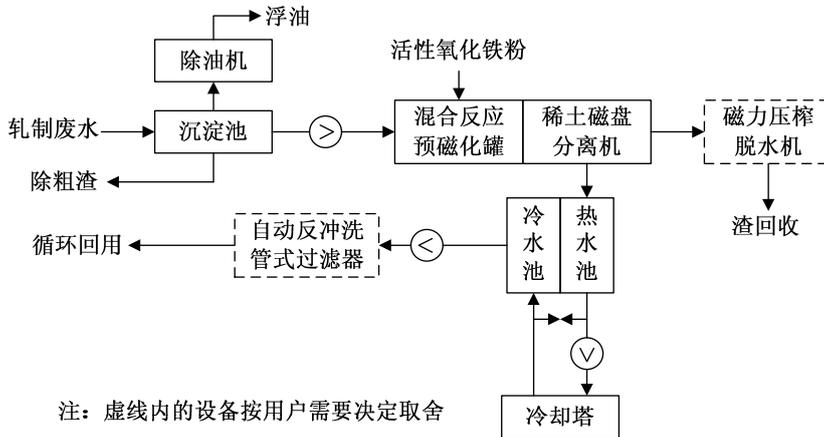


图4-14 典型稀土磁盘加活性氧化铁粉除油技术的工艺流程示意图

③ 溶气气浮法处理技术

处理系统主要设备有:一次沉淀池、混凝反应池、气浮池、曝气池、过滤器、污泥浓缩池及其它配套设施;以混凝+溶气气浮 DAF+曝气组合方式替代传统处理方法中的二次沉淀池,通过在水中通入大量微细气泡,使其粘附于杂质颗粒上,靠浮力上升至水面使固液分离。该方法适用于对处理后水质要求较严格或原水水质较差的热轧直接冷却废水处理;处理后废水中主要污染物的浓度可控制在: $\text{油类}\leq 5\text{ mg/L}$, $\text{铁}\leq 1\text{ mg/L}$, $\text{SS}\leq 10\text{ mg/L}$, COD 去除率 $60\sim 80\%$ 。典型溶气气浮法处理工艺流程示意图见图4-15。

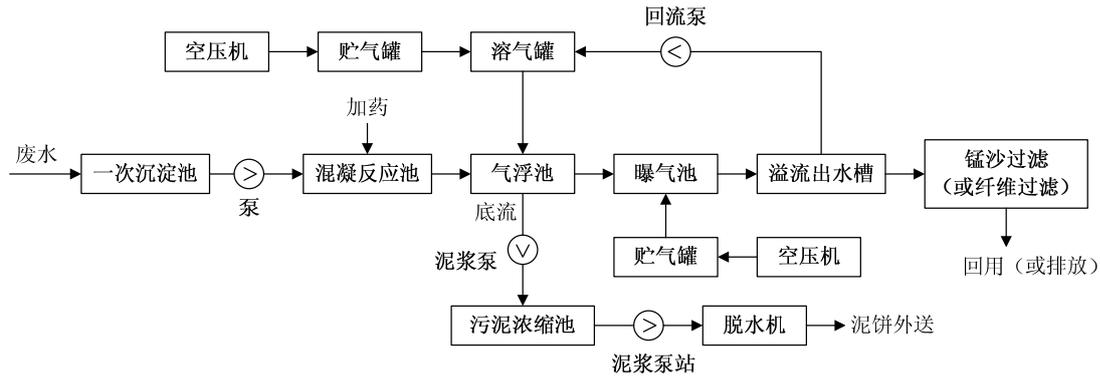


图4-15 废水溶气气浮法DAF工艺流程示意图

工程实例:

鞍钢八大沟污水处理厂对热轧直接冷却废水的处理采用了常规加压溶气气浮法，设计处理水量 3000m³/h，处理后的废水水质可达到：油类 ≤ 5mg/L，铁 ≤ 1mg/L，SS ≤ 10mg/L。

(2) 含酸、含碱废水预处理

一 中和沉淀方法

处理系统主要设备有：中和池、沉淀池、澄清池及其它配套设施；该技术适用于对冷轧机组低浓度酸、碱冲洗废水及冷轧工序各类预处理后的废水进行 pH 调节，以方便后续废水的综合处理。在进行含酸、含碱废水的预处理前，通常将需要处理的各类废水进行混合，然后视均衡后的废水 pH 值选择适当的药剂进行中和沉淀处理。一般对于均衡后呈酸性的废水，可投加生石灰或石灰乳进行中和处理；对于均衡后呈碱性的废水，可投加废酸中和处理。处理后，废水的 pH 值可控制在 6~9 之间。

工程实例:

华菱钢管有限公司冷拔分厂采用一级中和池+平流沉淀+斜管沉淀+澄清+过滤的处理方式处理含酸、碱废水，并以石灰乳或硫酸作为中和药剂。处理后的废水水质可达到 pH=6 ~ 7，SS ≤ 70mg/L。

(3) 含油、含乳化液废水预处理

一 超滤法预处理技术

处理系统主要设备有：超滤装置、循环槽、乳化液贮槽、离心分离机、分离槽及其它配套设施；由于配合了超滤、静置、浓缩和分离等处理，从而可以获得较好的处理效果，处理后废水中的油类物质浓度可控制在5~10mg/L。典型的超滤法预处理含油废水

的工艺流程示意图见图4-16。

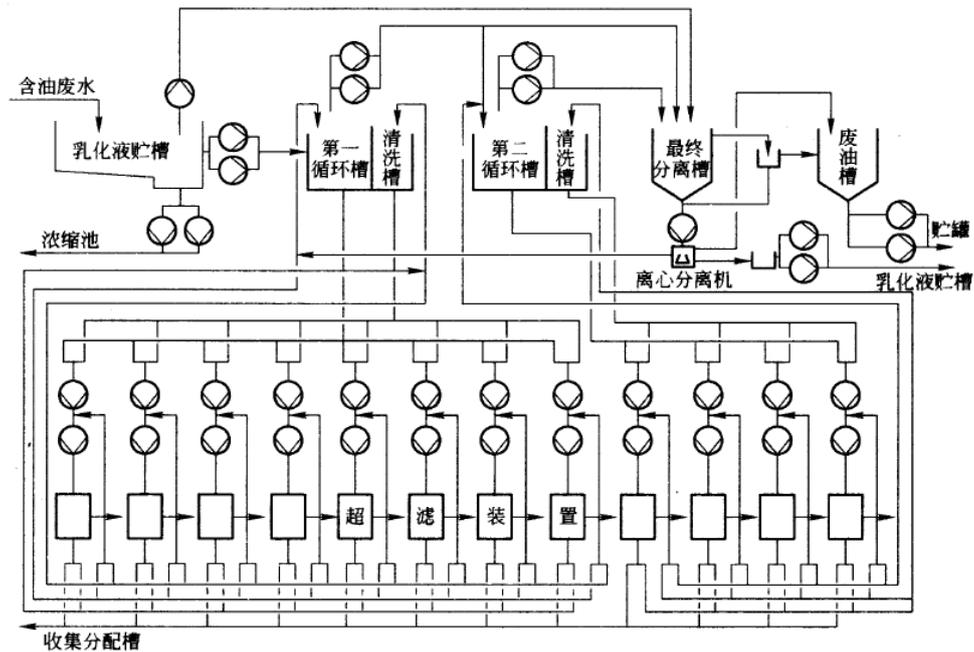


图4-16 典型的超滤法预处理含油废水的工艺流程示意图

工程实例:

武汉钢铁集团公司能源总厂采用无机陶瓷膜超滤技术处理冷轧废乳化液，取得成功。油截留率高，出水含油量小于 5mg/L，达到环保要求。

(4) 含光整液废水预处理

— 催化氧化法预处理技术

处理系统主要设备有：调节池、预氧化池、混凝池、羟基催化氧化池及其它配套设施；该技术主要适用于光整机组产生的含光整液废水的预处理；处理后废水中的主要污染物浓度可控制在 $COD_{Cr} \leq 60mg/L$ ，油类 $\leq 4mg/L$ ， $SS \leq 50mg/L$ ，可送酸、碱废水系统继续处理。典型催化氧化法预处理含光整液废水工艺流程示意图 4-17。



图 4-17 催化氧化法预处理含光整液废水工艺流程示意图

(5) 含铬废水预处理

① 化学还原法

处理系统主要设备有：调节池、还原池、中和池、沉淀澄清池及其它配套设施；该技术主要适用于冷轧电镀工段低浓度含铬废水的预处理；处理后废水中的六价铬离子浓度可控制 0.5mg/L 以下，可送酸、碱废水系统继续处理。典型化学还原法预处理含铬废水工艺流程示意图见图 4-18。

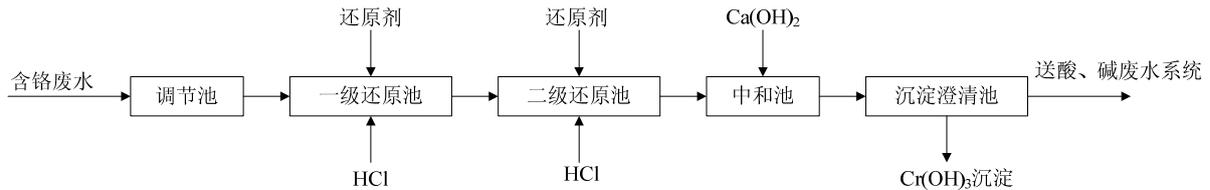


图 4-18 化学还原法预处理含铬废水工艺流程示意图

② 离子交换法

处理系统主要设备有：过滤池、离子交换装置、反应池、沉淀池、压滤机及其它配套设施；该方法适用于对冷轧电镀工段高浓度含铬废水的预处理；处理后废水中的六价铬离子浓度可控制在 0.5mg/L 以下，可送酸、碱废水系统继续处理。典型离子交换法预处理含铬废水工艺流程示意图见图 4-19。

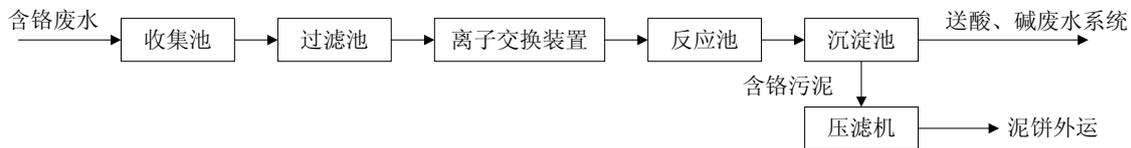


图 4-19 离子交换法预处理含铬废水工艺流程示意图

(6) 含石墨废水预处理技术

— 混凝+离心脱水组合方法预处理技术

处理系统主要设备有：混凝剂投加装置、收集槽、泥浆槽、离心脱水机、搅拌机及其它配套设施；该方法适用于热轧无缝钢管车间内芯棒润滑系统及排烟系统电除尘器冲洗产生含石墨废水的预处理；由于采用了混凝+离心脱水的组合方式进行废水处理，可去除石墨废水中 96% 以上的悬浮物质，处理后废水中的悬浮物含量 < 200mg/L。典型混凝+离心脱水组合方法预处理石墨废水的工艺流程示意图见图 4-20。

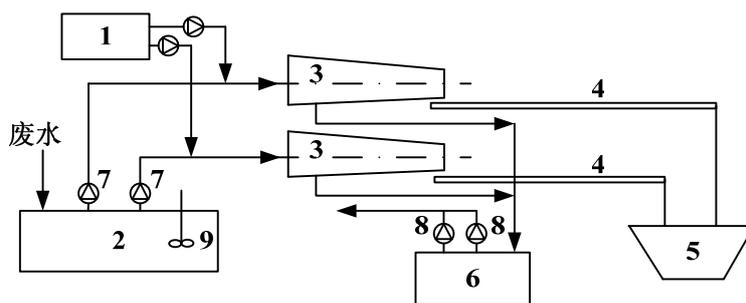


图4-20 石墨废水处理工艺流程示意图

1—混凝剂投加装置；2—废水收集槽；3—离心脱水机；4—螺旋输送机；5—移动式泥浆槽；
6—澄清清水收集槽；7—螺杆泵；8—立式离心泵；9—搅拌机

工程实例：

2009年黑龙江建龙钢铁有限公司无缝钢管生产线石墨废水预处理系统投入使用。该系统设计规模为 $15\text{m}^3/\text{h}$ ，处理后废水中悬浮物含量可由原来的 $5000\sim 20000\text{mg/L}$ 降至 200mg/L 以下。

（7）冷轧综合废水处理

① 絮凝方法

处理系统主要设备有：絮凝池、沉淀池、浓缩池、压滤机及其它配套设施；适用于经酸、碱系统预处理后，悬浮物质含量仍无法达标的冷轧废水处理；通过合理配置絮凝剂用量，可保证处理后的废水水质达到回用或排放标准要求。典型絮凝法处理冷轧废水工艺流程示意图见图4-21。

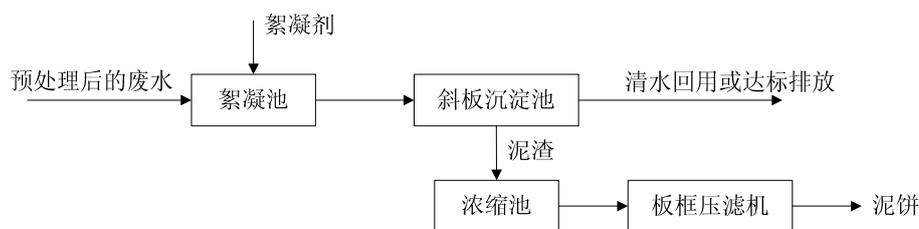


图4-21 典型絮凝法处理冷轧废水工艺流程示意图

② 生物处理法

目前钢铁企业冷轧废水的综合处理中，主要采用的生物处理法是膜生物反应法（Membrane Bio-Reactor，简称MBR）。该方法省去了普通生物反应器中的二沉池，通过膜的过滤净化作用进行泥水分离，一方面，膜截留了反应池中的微生物，使池中的活性污泥浓度大大增加，达到较高的水平，使降解废水的生化反应进行得更迅速更彻底，另一方面，由于膜的高过滤精度，保证了出水清澈透明，可得到高质量的出水。

4.3.3 固体废弃物综合利用与处理处置最佳可行技术

(1) 盐酸废液

— 喷雾焙烧法（鲁兹纳法）回收盐酸和氧化铁

钢材表面氧化铁皮中，除含有铁元素外，还常含有硅、镁、碳等元素，这些元素在酸洗时也溶于酸洗液中。为得到高质量的氧化铁粉，鲁兹纳法在喷雾焙烧之前，需对杂质元素（特别是硅元素）进行分离处理。

① **杂质元素的分离** 首先将废酸送入装满铁屑的浸溶塔内，通过浸溶铁屑提高酸洗废液的 pH 值（降低酸度）；当 $\text{pH} \approx 1.4$ 时，将浸溶后的废酸用泵送到氨反应罐中和，提高废酸 pH 至 3~4；中和后的废酸溢流到从罐底部鼓入空气的氧化罐中，氧化罐内的 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} ；废酸从氧化罐溢流到反应罐内继续氧化，形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 后，加入约 0.05% 的絮凝剂并充分搅拌，再溢流到沉积罐内；在沉积罐内 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和被 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 包覆的 SiO_2 一起沉降到罐底部；将沉积物送入过滤挤压机，进行过滤、挤压；滤液与沉积罐上方溢流下来的清液一起流入收集罐内，然后用泵送到废酸罐供盐酸再生时使用；过滤挤压之后的滤饼作为固体废弃物处置。

② **废酸的再生** 将废酸罐中的废酸抽到废酸过滤器中，将剩余的固体颗粒和残渣送入预浓缩器，在预浓缩器中废酸和焙烧炉的炉气直接进行热交换，废酸被浓缩，炉气温度被降低，炉气中的氧化铁和废气中的盐酸反应生成 FeCl_2 和 FeCl_3 ；然后由循环酸泵将废酸罐中的一部分废酸液依次抽到过滤器和预浓缩器中供过滤和预浓缩使用；另外一部分废酸液则送到喷雾焙烧炉。废酸液由喷雾喷嘴雾化成微小液滴。小液滴在通过焙烧炉时，首先加热至沸腾，当温度达到 $600 \sim 700^\circ\text{C}$ 时， FeCl_2 颗粒被焙烧成游离氯化氢和氧化铁。

③ **氧化铁粉的回收** 在焙烧炉内生成的氧化铁粉大部分落到炉子底部，通过破碎机和回转阀排出炉外。排出的氧化铁粉温度约 400°C ，用风力输送到氧化铁粉储仓，空气将氧化铁粉冷却到 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 。热交换后的空气经仓顶的双旋风除尘器除去夹杂的少量氧化铁粉后排入大气；而分离出的氧化铁粉则通过除尘器下部的回转阀返回焙烧炉底部。

④ **再生盐酸与炉气的净化** 炉气通过双旋风除尘效率为 $70\% \sim 80\%$ 的除尘器后，进入预浓缩器。在预浓缩器中炉气与循环酸接触而被冷却和净化。炉气与循环酸在预浓缩器内是顺流运行的，气体从预浓缩器下部进入吸收塔下部。吸收塔为逆流运行，冲洗水在塔顶喷淋吸收气体中的氯化氢气体，然后转换成质量分数约为 18% 的再生盐酸。用

排风机叶轮喷洒冲洗水或去离子水，进一步净化氯化氢气体和 Fe_2O_3 粉尘，气体由排风机送入洗涤塔进行最终净化后，排入大气；洗涤塔下来的冲洗水供吸收塔喷洒使用。

喷雾焙烧盐酸再生处理系统主要设备有：反应炉（焙烧炉）、预浓缩器、吸收塔、洗涤塔、废酸储罐及其它配套设施；采用喷雾焙烧法处理盐酸酸洗废液，废酸的回收率可达 99%，处理后可生产浓度 18% (m/m) 的再生盐酸，可返回酸洗工艺循环使用；回收的氧化铁粉颗粒细、加工容易，活性也较好，可用作磁性材料或颜料的原料。

典型喷雾焙烧盐酸再生处理系统组成示意图见图 4-22，处理工艺流程示意图见图 4-23。

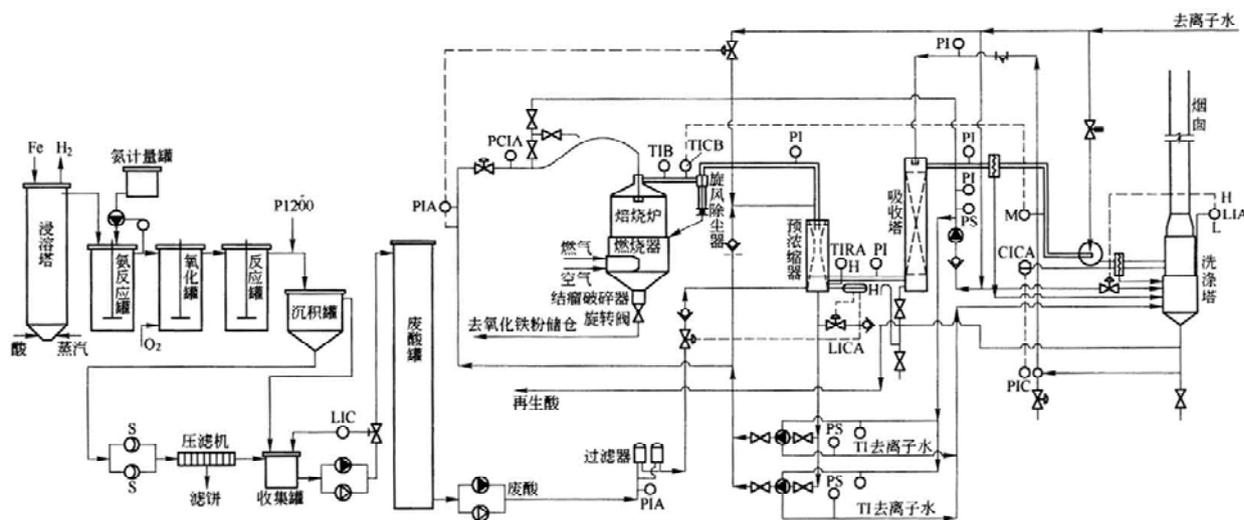


图 4-22 典型喷雾焙烧盐酸再生处理系统组成示意图

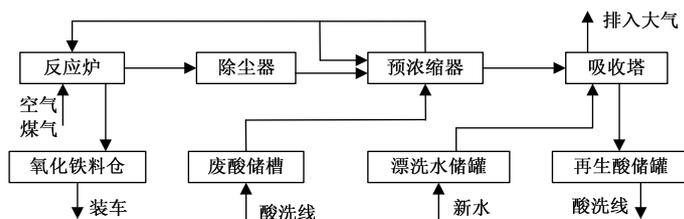


图 4-23 喷雾焙烧盐酸再生处理工艺流程示意图

工程实例:

2003 年，攀钢冷轧厂盐酸废酸再生机组正式投产并通过验收；该装置设计处理能力 4500L/h，由国内研究机构在消化、吸收国外先进技术基础上，创新制造的国产盐酸再生机组。HCl 的回收率可达 99.5%，再生酸的浓度可达 217.9 g/L，再生酸中铁的浓度可降至 3.68g/L。

(2) 硝酸-氢氟酸混合废液

① 喷雾焙烧法

与喷雾焙烧法回收盐酸和氧化铁系统相同，喷雾焙烧法回收硝酸-氢氟酸的系统也主要有：焙烧反应炉、吸收塔、洗涤塔、废酸储罐及其它配套设施；处理后，酸性气体经喷淋洗涤和吸收浓缩，最终变为可回收利用的再生酸，返供酸洗工艺循环使用；金属氧化物则从焙烧炉底部排出，经造球机变为含 Ni, Cr, Fe 的金属氧化球团返回炼钢或进行贵重金属提纯。典型喷雾焙烧法回收 HNO₃/HF 工艺流程示意图见图 4-24：

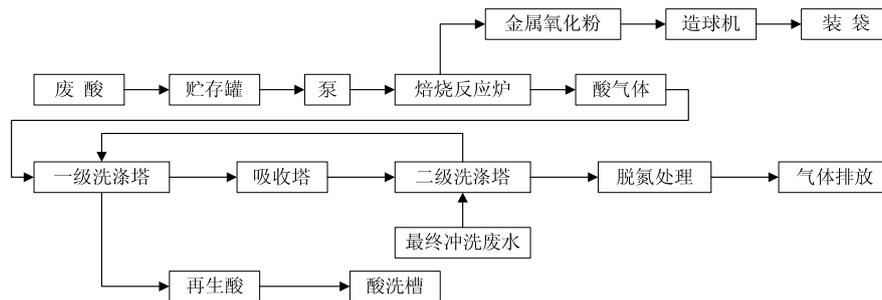


图 4-24 喷雾焙烧法回收 HNO₃/HF 工艺流程示意图

工程实例：

太钢与安德鲁茨公司合作的废混酸再生工程，采用目前世界上最先进的喷雾焙烧工艺。该项工程在使太钢不锈钢酸洗系统产生的废混酸得到有效处理的同时，也为水循环系统创造了良好条件。每年可回收大量的氢氟酸和硝酸，节约中和废酸所用的大量石灰，既减少污泥外运及回填，又可回收金属氧化物粉。同时还可实现中水回用，年节约水量约 592.9 万 m³。

② 离子交换法

处理系统主要设备有：充填强酸、强碱性离子交换树脂的吸附塔、再生塔、水洗塔及其它配套设施；采用该方法，金属离子的去除率可达 80%以上，游离酸回收率可达 95%。典型离子交换法回收 HNO₃/HF 工艺流程示意图见图 4-25。



图 4-25 离子交换法回收 HNO₃/HF 工艺流程示意图

轧钢生产工序末端污染治理最佳可行技术汇总见表 4-2。

表 4-2

轧钢生产工序末端污染治理最佳可行技术汇总

技术名称		技术指标	经济性	适用范围
轧机 粉尘	塑烧板除尘技术	对粒径 2 μm 左右的粉尘, 去除率可达 99.99% 以上; 排气含尘浓度一般可控制在 10 mg/m^3 以下	价格偏高, 一次性投入塑烧板除尘器比湿法电除尘器高出 20% 左右, 但塑烧板除尘省去了水处理等运行费用和水资源消耗, 且维护费用较低, 长期运行效益明显	轧钢过程烟气温度低于 150 $^{\circ}\text{C}$ 的工段, 产生的含湿量高、含油且颗粒较细 (<5 μm) 粉尘的处理, 例如: 火焰清理机、热轧精轧机等设备的除尘
	布袋除尘技术	对于粒径大于 0.1 μm 的微粒, 去除效率可达 99% 以上, 出口粉尘浓度 <30 mg/m^3	属国内外应用较多的成熟技术	干式平整机、拉矫机、焊机、抛丸机、修磨机等设备的除尘
废气 治理 技术	填料吸收塔净化技术	以盐酸为例, 除雾效率可达 95%, 处理后废气中氯化氢浓度可控制在 30 mg/m^3 以下		酸再生系统对酸雾的收集
	酸雾 碱雾	填料洗涤塔技术	处理后外排气体中酸、碱浓度可控制在 10 mg/m^3 以下	冷轧酸洗系统酸洗槽含酸废气、电镀锌、锡机组清洗槽、镀锌槽、磷化处理槽及铬化处理槽等含酸气体的净化; 以及连续退火机组各碱洗槽、刷洗槽、电解清洗槽等的含碱气体的净化
	静电除雾技术	除雾效率可达 95% 以上; 处理后废气中的酸类物质被集中收集下来, 形成废酸液, 部分酸液可回收再利用		冷轧酸洗机组各酸洗槽、漂洗槽产生的酸雾的处理
	乳 化 油 雾	喷雾洗涤技术	经处理后, 废气中的油烟排放浓度可达 20 mg/m^3 以下	一次性投资适中; 属国内外应用较多的成熟技术
	网式油雾净化器	经处理后, 废气中的油类物质浓度可控制在 10 mg/m^3 以下; 净化效率 90% 以上	属于法除油技术, 较简单、经济, 节约水资源, 国内外越来越多地采用此法	冷轧机及平整机等机组的油雾处理。处理后分离出的油滴, 需进一步处理
有机 废气	热力燃烧技术	对高浓度的有机废气, 在适当温度和停留时间条件下, 处理效率可达到 95% 以上		对彩涂机组产生有机废气的处理

技术名称		技术指标	经济性	适用范围	
直接 冷却 废水	传统三段式处理技术	可以去除废水中大部分的氧化铁皮和泥砂，处理后废水中主要污染物的浓度 SS≤20mg/L，油≤5mg/L	以处理能力 1000m ³ /h 的系统为例，占地面积约 1000~3000m ² ，总投资约 600~800 万元，运行维修费用 200~250 万元/年（主要为用电、滤料、滤布、药剂及配件等的费用）	热轧直接冷却废水的处理	
	稀土磁盘分离净化加活性氧化铁粉除油技术	处理后废水中主要污染物浓度：SS≤30mg/L，油≤5mg/L，废水循环率可达 95%以上	以处理能力 1000m ³ /h 的系统为例，占地面积约 300~500m ² ，总投资约 300~400 万元，运行维修费用约 50~100 万元	热轧直接冷却废水的处理	
	溶气气浮法（DAF）处理技术	处理后可控制废水中主要污染物的浓度：油类≤5mg/L，铁≤1mg/L，SS≤10mg/L，COD 去除率 60%~80%		①热轧直接冷却废水的处理；②对处理后水质要求较严格的场合，或原水水质较差的情况	
废 水 治 理 技 术	含酸 含碱 废水*	中和沉淀法预处理技术	处理后的废水水质可达到 pH 约 6~7，SS≤70mg/L	投资少、效率高，处理后废水水质可达到回用水要求，节约水资源，具有较好经济及环境效益	冷轧机组各部分产生的低浓度酸、碱废水处理
	含油 含乳 化液 废水*	超滤（UF）法预处理技术	经两级超滤装置处理后，废水中油类浓度可控制在 5~10mg/L		连轧机、平整机、横切机、纵剪机和重卷机等机组产生的含油和乳化液废水处理
	含光 整液 废水*	催化氧化法预处理技术	处理后出水 COD _{Cr} ≤60mg/L，油类≤4mg/L，SS≤50mg/L		含高浓度 COD 的光整液、浓碱水及含油废水的处理
	含铬 废水*	化学还原法预处理技术	处理后废水中六价铬离子的浓度可达到 0.5mg/L 以下		冷轧钝化工段产生的低浓度含铬废水，六价铬离子浓度约 200mg/L
		阳离子交换法预处理技术	去除高浓度含铬废液中阳离子，使铬酸得以循环使用		冷轧钝化工段，高浓度铬酸液的再生循环使用，六价铬离子浓度 1~1.8g/L
	石墨 废水*	混凝+离心脱水预处理技术	处理后出水悬浮物含量≤200mg/L		热轧无缝钢管企业芯棒润滑系统及排烟系统电除尘冲洗产生石墨废水的处理
	冷轧 混合 废水	絮凝沉淀法处理技术	处理后的出水可满足工业回用水要求		悬浮物质浓度超标的冷轧混合废水处理
生物法处理技术		生化系统处理效率可达 COD 去除率>97%，出水污染物浓度 COD _{Cr} <70mg/L，油类<10mg/L，SS<10mg/L	板式膜清洗周期较长，清洗所用药剂剂量微量，药剂成本几乎可以忽略不计；	有机物质浓度超标的冷轧混合废水处理	

技术名称		技术指标	经济性	适用范围	
固体废物处置技术	盐酸废液	喷雾焙烧法	废酸回收率可达 99%，处理后可生产浓度 18% (m/m) 的再生盐酸，还可回收氧化铁和磁性铁粉	盐酸酸洗废液的处理；由于直接焙烧法对设计、管理、控制水平和设备耐腐蚀性要求高，因此更适于大型企业	
	硝酸-氢氟酸废液	喷雾焙烧法		不锈钢厂酸洗废液的处理	
		离子交换法	处理后，金属离子的去除率可达 80% 以上，游离酸回收率可达 95%	处理设备简单、投资少、运行费用低	需去除金属离子的不锈钢酸洗废液的处理
	含铁尘泥	用作炼钢冷却剂	含 50%FeO、40%Fe ₂ O ₃ 的氧化铁皮，其冷却热效应为 5311kJ/kg，冷却效果优于废钢；若使用以铁矿石或氧化铁皮为主的冷却剂，成渣量大，炉容比也需相应增大		钢铁联合企业
		用作生产还原铁原料	要求氧化铁皮含 Fe 72%~75%，含 Si 0.08%~0.15%，含 Mn 0.25%~0.40%，含 P≤0.02%，含 S≤0.02%，含盐酸不溶物≤0.40%	按年产 12000 t 还原铁粉计算，总投资约 10600 万元，投资回收期 5 年，净效益 2190 万元/年，每年可综合利用 20000 t 轧钢氧化铁皮	大中型轧钢厂（低碳、低合金钢轧制过程）产生的氧化铁皮
		用作生产磁性材料	铁含量高，颗粒细的尘泥适合做磁性材料		对回收轧机粉尘和氧化铁皮的处理
		用作生产氧化铁颜料	干法回收的精轧机烟尘比较适合做铁红；其它氧化铁皮和污泥适合做铁黑和铁黄	年产 2000 万吨的铁黄颜料厂，产值 760 万元，可获利润 190 万元；若是无毒耐高温铁黄或超细透明的铁系颜料，价格可增长 3 倍	对回收轧机粉尘和氧化铁皮的处理
	含铬污泥	外送有资质的单位处理	利用密闭容器收集，外送有资质的单位或部门进行再生、填埋或焚烧处理		不锈钢产品生产中产生的含镍、含铬等重金属尘泥的处置
	锌渣废油	外售有资质的单位处理	利用密闭容器收集，外送有资质的单位或部门进行再生、填埋或焚烧处理		连轧机、平整机、横切机、纵剪机和重卷机等机组产生的含油废水进行预处理时，通过撇油机和超滤装置收集到的，含油率 50% 以上的废油的处理

4.4 轧钢工艺污染防治最佳环境管理实践

4.4.1 含尘废气污染治理系统最佳环境管理实践

- (1) 采用先进的轧钢机械，加强设备密封，减少无组织排放；
- (2) 轧机除尘系统安装后做稳定试验，稳压 12 小时；
- (3) 各尘源抽风点应设手动调节阀便于调节风量，必要时设阻力平衡器；
- (4) 除尘系统投运时应进行全系统风量平衡和调试工作，使各抽风点处于合理的风量范围。根据除尘系统的实际使用情况，应定期对系统进行风量平衡调节或测试工作，使除尘系统长期处于最佳工况下运行；
- (5) 除尘风管内流速合理，一般取 16~18m/s，不应低于 15m/s，以免管内积灰。弯头及三通等异形管件应适当增加耐磨措施；
- (6) 系统采用全自动控制。

4.4.2 燃烧废气污染治理系统最佳环境管理实践

- (1) 设计时采用低 NO_x 混合煤气烧嘴和二次燃烧技术，选用低硫份的燃料，减少 NO_x 和 SO₂ 的产生；
- (2) 生产中合理控制空气供给量，保证燃料完全燃烧；并严禁加热炉超温、超压及超负荷运行；
- (3) 保持加热炉良好运行状态，加强“三门一板”的调节，保证炉膛明亮不混浊，避免燃烧器火焰过长，过大、冒烟，严禁舔炉管，保持多火嘴、齐火焰高效运行。
- (4) 定期检查，确保加热炉各流量、温度和压力仪表现场及远传指示准确、灵敏、调节灵活；炉体严密，无漏风；炉管、火嘴等无结焦和憋压现象。

4.4.3 酸雾、碱雾、油雾净化工艺最佳环境管理实践

- (1) 酸洗及脱脂设备，应有独立的抽风系统，并对槽面进行加盖；配制酸液和酸洗过程中应保持风机开动；
- (2) 严格控制酸洗温度；酸洗后的工件应立即清洗干净，并按工艺规定中和工件表面酸性；
- (3) 配制酸液时，应先向槽内注水，再将酸液缓慢注入槽内，配制混合酸，则先向槽内注水，配制过程严禁颠倒；
- (4) 酸的保存与储藏应遵守有关规定。废酸液应集中回收或统一处理。

4.4.4 轧钢废水治理工艺最佳环境管理实践

(1) 在废水进出口安装在线监测装置，对废水中 COD、悬浮颗粒物和油类等进行在线监测，用长期监测数据指导工艺操作；

(2) 合理设计轧钢工序的串级用水和废水回用，减少水资源消耗；

(3) 在轧钢生产工艺中，将各工序性质不同的排水尽量分开，降低废水处理难度和成本；

(4) 废水管线和处理设施需进行防渗处理，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治理。

4.4.5 废酸、废油及锌渣等危险废物的治理工艺最佳环境管理实践

轧钢工序产生的废酸、废油及锌渣均属国家规定的危险废物，贮存与运输应符合国家相关标准规定。

5. 新技术动态

5.1 生产工艺中的污染控制技术

(1) 加热炉先进技术

① **无火焰燃烧器（烧嘴）**：这是最新发展技术，在这种燃烧器中仅提供空气，燃料气由加热炉另外的进口导入，令其在最大范围循环。采用这种燃烧器 NO_x 排放浓度约 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 。然而，迄今为止，这种燃烧器还没用到工业加热炉上。

② **超低 NO_x 烧嘴**：在这种烧嘴中，气流速度可达到最大。在加热炉中实现燃料和助燃空气的充分混合，火焰不在燃烧器内停留，只能用于炉温高于燃料/助燃空气混合物起燃点的加热炉。 NO_x 排放浓度小于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放浓度与空气预热温度关系不大。

③ **喷水技术**：即将燃烧时，使水与燃料充分混合，降低污染物形成区域的温度，以此限制 NO_x 的生成。用水做稀释剂比用蒸汽和氮气都更经济。实验室的数据表明无论用天然气、高炉气、还是焦炉气， NO_x 都可以减少 60~80%。缺点是会影响火焰的稳定性，并影响钢材表面除锈效果。

(2) 旋转除锈技术

用带有 1~2 个喷嘴的旋转除锈头，取代环行头可以减少水的用量，节约能量，改善处理效果，适用于热轧钢板表面粗整。目前应用的实例主要有：Boehler Edelstahl 和 HutaBailden Polen 钢铁厂。

(3) 不锈钢表面清理技术

通过加大清理和打磨抛光机的功率，提高处理速度，从而减少排放；热装时，在铸造厂完成表面清理工作，降低能耗。

(4) 钢带铸造技术

与近年发展起来的薄板连铸与轧制直接连接的技术相比，钢带铸造是更新的技术，铸造钢带可以直接冷轧，从液态钢到最终产品生产过程大大缩短。厚板、薄板和钢带铸造特征参数的比较见表 5-1。

表 5-1 厚板、薄板和钢带铸造技术特征比较表

技术	连铸	薄板连铸	钢带连铸
产品厚度 (mm)	150~300	20~60	2~4
硬化时间 (s)	>600	约 60	<1
铸造速度 (m/min)	1~2.5	4~6	30~90
在模具中的平均热通量 (MW/m^2)	1~3	2~3	8~10
冶金长度 (m)	>10	>5	<0.5

5.2 末端污染治理技术

(1) 利用轧钢含铁尘泥生产金属化球团

本法是将含铁尘泥造块并制成金属化球团，返回高炉炼铁。其典型工艺是将含铁尘泥依次经过浓缩、过滤、干燥、再粉碎、磨细、加添加剂造球，干燥后入回转窑还原焙烧，加工成金属化球团块。该法既有脱铅、锌效果（ZnO 脱除率>90%），可全面利用尘泥的有价金属元素，又可保障制成的球团块有一定机械强度并能降低高炉焦比，增加生铁产率，但是因其设备复杂，投入大，国内少见采用。

(2) 利用钢渣吸附剂处理含铬、含砷及含镍废水

利用钢渣制作吸附剂，尤其是废水处理吸附剂是钢渣综合利用的新方法，所制作的吸附剂是一种新型的吸附材料。与其它吸附材料相比，用钢渣制作吸附剂，尤其是制作废水处理吸附剂的优势明显，主要表现在：① 吸附性能优异。钢渣对金属离子的吸附不仅速度快，吸附过程彻底，一次性投放钢渣处理含铬的重金属废水可以达标排放，而且钢渣对重金属离子适用范围广，在很宽的 pH 值范围内都可以稳定去除重金属离子，能够适应 pH 值波动大的废水。这是许多吸附材料所不具备的优点。② 易于固液分离，简化吸附后处理工艺，操作简单。③ 钢渣性能稳定，无毒害作用。④ 变废为宝、以废治废，社会效益、经济效益和环保效益显著；⑤ 钢渣来源广泛、价格低廉，十分有利于废水处理厂降低废水处理成本。

(3) 利用隔膜渗析法处理酸洗废液

隔膜渗析法分为自然渗析法与电渗析法两种。自然渗析是不通电，利用一种离子交换膜的特殊性质，这种膜只允许一种离子通过，而不允许另外一种离子通过，因此用它可以把废酸中的硫酸和亚铁分开。在没有电场的情况下这种离子移动是很慢的。为了加速离子交换而在几组膜的上下加上电极（阳极和阴极），这就是电渗析。目前已能制造成套的电渗析器，广泛地应用在水的净化（制造蒸馏水）与海水淡化方面。有的硅钢片厂曾经实验用这种方法回收废酸，但技术仍不成熟，还有待进一步改进。

(4) 溶媒萃取法处理不锈钢酸洗废液

溶媒萃取法又名液—液萃取法，是利用互不相混的两液相间物质的分配，从而达到分离、精制所需物质的方法。典型的溶媒萃取法处理硝酸-氢氟酸酸洗废液的工艺流程示意图见图 5-1。

废液在第一萃取工序中与有机溶媒（常见的如：磷酸三丁酯（TBP）-煤油）逆流接触，对有机溶媒分配系数大的硝酸，则被萃取到有机相中；第一次萃取液送至反萃工序中；而萃取残液则在第二次萃取工序中，继续和有机溶媒逆流接触，此时分配系数小的无机酸如

氢氟酸即被萃取；第二次萃取液和第一次萃取液合流送到反萃工序中，采用水为反萃剂，将有机相与硝酸、氢氟酸分开；硝酸、氢氟酸作为回收酸被取出，送往酸洗车间再次酸洗；反萃了无机酸后的再生有机溶媒，可重复使用；有机溶媒的量决定于废液中硝酸及氢氟酸的浓度。

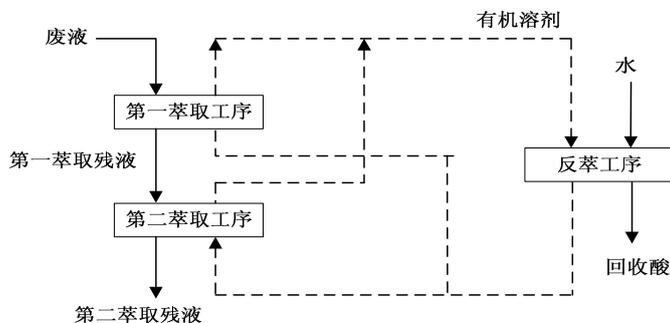


图 5-1 溶媒萃取法处理硝酸-氢氟酸酸洗废液工艺流程示意图

该法是在常温下操作，故耐腐蚀材料易解决，并且设备简单，能耗少，又适于构成密封循环系统，近年来尤其受到重视，特别是在环保法律严格的瑞典、美国、日本等国家，已将溶媒萃取应用于工业废水处理。

(5) 废乳化油再生燃料油技术

近年来，上海宝钢公司尝试着利用物理分离+化学精制相结合的方法加工处理2030冷轧废乳化油。该方法基本的工艺是将废浓缩乳化油先在沉降罐中加热进行沉降过滤，然后泵送入高压静电设备破乳，处理后的产品与聚合沉降剂一起进入分离罐分离；从分离罐放出下层水和杂质，中间层返回再循环加工，上层进入真空脱水处理塔，辅以化学药剂精制就能得到所需的产品。整个工艺流程示意图见图5-2。

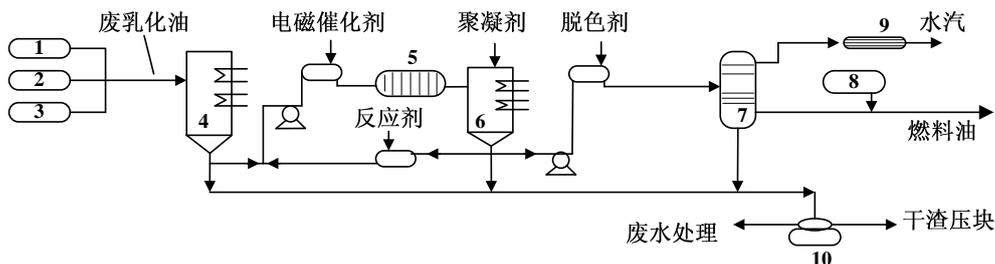


图5-2 宝钢2030废乳化油再生工艺流程示意图

- 1, 2, 3.储油罐； 4.电加热罐； 5.高压静电反应器； 6.电加热罐； 7.真空塔； 8.添加剂罐；
9.活性炭吸附装置； 10.离心分离机

经处理后的油进一步送入真空塔脱水、脱气，少量低级硫醇、氨氮和萘类等物质在60~80℃下可以通过真空循环系统连同水汽大部分脱出，脱出来的水汽经过活性炭吸附装置吸附后排放；废水、废渣交由宝钢分公司水处理和焚烧炉处理。

依据宝钢公司所作燃烧试验，该方法得到的再生油，点火及燃烧正常，燃烧后的产物对锅炉设备和大气均无影响，锅炉运行正常。

钢铁行业污染防治最佳可行技术导则

——轧钢工艺

（征求意见稿）

编制说明

中华人民共和国环境保护部

目 录

1 任务来源	2
2 导则编制的必要性和意义	2
3 导则编制的原则、方法和技术依据	4
4 导则编制过程	6
5 关于生产工艺、污染源及备选技术	7
6 BAT 技术的确定原则和评估、筛选	8
7 导则主要内容	9
8 导则应用范围	10
9 导则与其它政策文件的关系	11
10 导则中有关问题的必要说明	11

钢铁行业污染防治最佳可行技术导则 轧钢

编制说明

1 任务来源

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和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支持，引导污染防治技术的发展，根据《国家环境技术管理体系建设规划》，环境保护部组织制定污染防治技术政策、污染防治最佳可行技术导则、环境工程技术规范等系列技术指导文件。

本导则是污染防治最佳可行技术导则系列中的《钢铁行业污染防治最佳可行技术导则》分项导则之一。《钢铁行业污染防治最佳可行技术导则》共分采选、烧结、炼铁、炼钢、轧钢和焦化六个分项，由北京市环境科学研究院牵头负责，其中“轧钢”分项导则由中冶建筑研究总院有限公司承担。

2 导则编制的必要性和意义

近年来，随着经济的高速增长，我国钢铁工业进入了高速发展阶段。钢铁企业总数由2002年的3333家，一跃增加至2006年6999家，翻了一番以上；全国钢、生铁、钢材产量年增量也均在20%左右；钢产量达4.21亿吨，钢材产量达4.71亿吨，均超过世界总产量的三分之一。我国已开始成为钢材净出口国。

高速增长的钢材产量，在带来巨大经济利益的同时，也给环境带来了一些不利的影 响。根据有关统计，2006年我国钢铁企业轧钢工序总计外排SO₂ 22526.61吨，烟尘4998.47吨，工业粉尘2103.94吨；外排石油类293.28吨，COD 5073.487吨、悬浮物10104.163吨。轧钢工序外排污染物的种类繁多，而且生产中还常伴随有废酸、废油、涂装化学品等危险固体废弃物的产生，对周边环境的威胁较大。因此做好轧钢厂的污染防治工作已成为钢铁企业整体污染防治工作的重点之一。

温家宝总理在第六次全国环境保护大会上指出：做好新形势下的环保工作，要加快实现三个转变：其中之一是从主要用行政办法保护环境转变为综合运用法律、经济、技术和必要的行政办法解决环境问题，自觉遵循经济规律和自然规律，提高环境保护工作水平。为此，环保总局提出要加快环境保护管理工作转变，开展实施环境科技创新、环保标准体系建设和环保技术管理体系建设的三大工程，组建环境领域国家实验室和实施

国家水体污染控制与治理科技重大专项等，尽快突破长期制约经济、社会和环境发展的关键性科技难题，完成第六届全国科技大会《关于增强环境科技创新能力的若干意见》中提到的：到 2010 年初步建立环境技术管理体系；到 2020 年，建立层次清晰、分工明确、运行高效、支撑有力的国家环境技术支撑体系的总体目标。

本导则是环境保护部开展环境技术管理体系建设、展开试点行业环境技术管理体系建设和完善工作，开展第一批试点行业污染防治最佳可行技术导则工作中的一部分。编制本导则的主要目的是帮助企业选择合理的污染防治技术，为钢铁行业全面提升环境保护水平、实现节能减排目标提供技术支撑，为环境技术管理体系的进一步完善提供技术保障；其深层的意义在于：

(1) 要保证轧钢企业的可持续发展，必须对环境污染进行综合防治，而污染治理技术是综合防治的关键。污染综合防治技术，实际上是生产全过程中清洁生产及污染物末端治理技术的合理整合，即通过先进可行的环保技术、节能技术、生产工艺的合理配置和资源的合理利用，实现钢材的合理加工和三废治理。

(2) 国务院为实现节能减排目标对污染防治技术管理提出了更高要求，《节能减排综合性工作方案》明确提出“十一五”主要污染物排放量要减少 10%，城市污水处理率不低于 70%，固废综合利用率达到 60%以上。加强污染防治技术管理是实现节能减排目标的重要保障，污染防治最佳可行技术导则的编制是加强污染防治技术管理的重要内容。轧钢生产是钢铁行业外排污染物种类较多的工序，筛选和评估污染物减排和治理技术对轧钢工艺可持续发展，加快循环经济发展，实现总量控制和污染物消减目标，消除和减轻环境污染局面都具有重要意义。

(3) 循环经济的主要特征是废物的减量化、资源化和无害化。资源节约和有效利用，以减少资源投入，实现废物减量化，对废物进行综合利用达到资源化和循环利用，轧钢生产是钢铁行业外排污染物种类较多的工序，筛选和评估对污染物减排和治理技术对轧钢工艺可持续发展，加快循环经济发展，实现总量控制目标和污染物消减目标，消除和减轻环境污染局面都具有重要意义。

(4) 近期即将颁布《钢铁行业污染物排放系列国家标准》，轧钢工艺是其中分标准之一。新行业标准较现有行业标准更加严格，要达到标准规定的排放指标，需要有相对应的污染综合防治技术作支撑。

(5) 促进行业污染防治技术的推广应用和发展。通过技术筛选和评估，淘汰不能保证污染物排放达标的污染防治技术，淘汰落后的生产工艺，鼓励采用推荐的最佳可行防

治技术，使先进成熟、达标可行的污染防治技术得到推广应用。

3 导则编制的原则、方法和技术依据

3.1 编制原则

(1) 立足我国实际，与国际接轨

充分借鉴发达国家（美国、欧盟）污染防治管理体系的成功经验，并结合我国实际，编制适合我国国情的轧钢行业污染防治最佳可行技术导则。

(2) 科学性与实用性相结合

通过对轧钢生产现场调研，摸清轧钢生产污染防治技术工艺和设备的污染治理水平、资源能源利用水平、污染物产生指标、废物回收利用指标和环境管理水平，并进行技术经济比较分析，筛选确定不同条件下轧钢行业污染防治最佳可行技术，使导则具有较强的科学性、指导性和可操作性。

(3) 以国家环保技术政策为依据

在污染物末端治理、清洁生产、发展循环经济和节能减排实施中，国家制订了一系列技术政策，制订污染防治最佳可行技术导则应以这些技术政策为依据。

(4) 确保污染物排放达标和清洁生产达标

采用污染防治最佳可行技术的目的是为了污染物排放达标和清洁生产达标，所以防治技术的设定、筛选和评估应达到上述两个标准的要求。

3.2 编制依据

本导则是根据下列有关钢铁行业生产和环境保护的法律、法规和技术政策等制订的：

- (1) 中华人民共和国环境保护法；
- (2) 中华人民共和国环境影响评价法；
- (3) 中华人民共和国大气污染防治法；
- (4) 中华人民共和国水污染防治法；
- (5) 中华人民共和国固体废物污染环境防治法；
- (6) 中华人民共和国环境噪声污染防治法；
- (7) 中华人民共和国清洁生产促进法；
- (8) 中华人民共和国循环经济促进法；
- (9) 中华人民共和国节约能源法；
- (10) 全国生态环境保护纲要；
- (11) 钢铁产业发展政策（2005.4）；

- (12) 产业结构调整指导目录（2005 年，国发[2005]40 号）
- (13) 国务院关于加快发展循环经济的若干意见（国发[2005]22 号）；
- (14) 国家重点行业清洁生产技术导向目录
- (15) 清洁生产标准 钢铁行业；
- (16) 清洁生产标准-钢铁行业（中厚板轧钢）；
- (17) 清洁生产标准-电镀行业。

3.3 技术路线

主要研究路线为：编制工作计划及编制大纲—国内外资料调研—典型轧钢生产工艺污染防治技术现场考察—召开座谈研讨会—调研数据、资料汇总和分析—编制导则初稿—经反复论证形成导则征求意见稿。具体工作步骤为：

(1) 项目研究采用的方法为国内外资料调研和典型轧钢生产企业进行现场调研相结合的方式，特别是对我国钢铁行业典型轧钢生产企业污染防治技术的现场调研和测试，掌握轧钢生产工艺与设备水平、资源能源利用水平、污染物产生指标、废物回收利用指标、生产工艺、污染防治技术类型、运行参数、处理效果、经济性和环境管理水平等进行调查，并进行技术经济比较分析；

(2) 项目承担单位组织国内外有关专家座谈研讨；

(3) 对调研结果进行综合评价分析，依靠系统科学的分析方法筛选确定不同条件下的轧钢工艺污染防治 BAT 技术，形成导则初稿；

(4) 对导则初稿进行反复论证后提出征求意见稿。

本项目技术路线如下图 3-1：

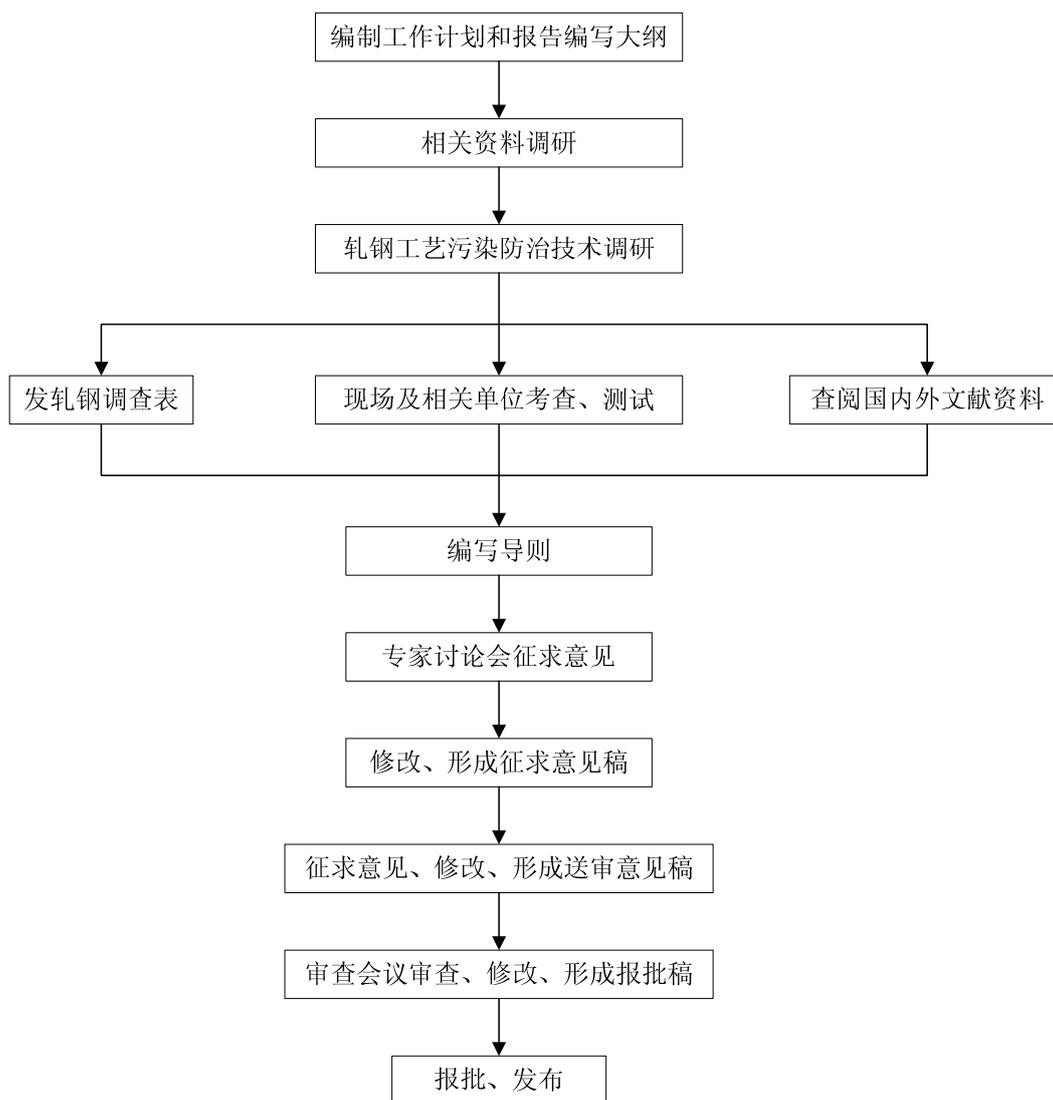


图 3-1 导则编制工作程序示意图

4 导则编制过程

4.1 资料查阅和调研

(1)收集国内外有关导则编制的资料;检索国内外最新发布的相关技术指南和导则,对有关的内容进行学习,消化吸收;对编制的导则体例及内容进行研究,确定导则编写大纲。

(2)2007年12月~2008年6月,对钢铁行业典型轧钢企业污染防治情况进行调研。调研对象遵照以下内容进行选择:

① 企业的选取要覆盖到不同的发展水平:由于历史原因及现实条件的限制,国内钢铁企业的发展水平参差不齐,因此选取的调研企业要覆盖不同的发展水平才能反映中国钢铁企业的发展全貌;

② 兼顾其产品和工艺具有特殊性的企业:如生产不锈钢和特殊钢的企业等;

③ 要考虑企业所处的地理位置与气候条件:由于南方与北方地理环境与气候条件的差异,以及水资源条件不同导致工艺与技术使用上的差异,因此我们选取的调研企业既有南方的企业又有北方的企业;

④ 调研采取现场考察、座谈、发调查表相结合方式;

⑤ 调研内容为轧钢企业生产工艺流程、资源、能源消耗及污染物产生情况、污染防治技术类型、效果、经济性等相关技术数据。

4.2 完成导则初稿

2008年6月~2009年6月完成导则初稿,项目组主要工作过程为:

- (1) 整理调研资料,组织编写人员编写导则初稿;
- (2) 内部自查;组织参编单位讨论,整理参编单位意见;
- (3) 编制组修改、完善导则初稿。

项目组分别于2008年9月和12月两次召开有关专家讨论会,对编制的导则征求意见稿(初稿)进行讨论和提出修改意见。

4.3 完成征求意见稿

2009年8月~10月上旬完成导则征求意见稿:

- (1) 组织专家对征求意见稿提出修改意见;
- (2) 搜集、整理专家意见;
- (3) 完成导则征求意见稿,向社会发布,广泛征求意见。

2009年11月完成导则送审稿

- (1) 召开专家审查会;
- (2) 整理专家进行审查;
- (3) 完成导则送审稿。

2009年12月完成导则报批稿

- (1) 完成导则报批稿;
- (2) 课题验收。

5 关于生产工艺、污染源及备选技术

5.1 生产工艺及污染源

由于轧钢工序产品种类繁多,而且各种产品的生产工艺流程及产污情况差异较大,因此在导则中对轧钢工序产品的分类进行了较为全面的介绍,并给出了现阶段我国钢铁企业各种轧钢产品的生产工艺流程及污染物产生环节示意图。

对各种轧钢产品产污环节汇总的基础上，统计出了轧钢工序生产中主要的污染物产生情况及产生工段，以方便导则按照污染物种类有针对性地提出污染防治备选技术。

另外，本导则还对现阶段我国钢铁企业轧钢生产中存在的一些难点及尚待解决的主要环境问题进行了介绍，以便在导则应用过程中引起使用人员的足够重视。

5.2 备选技术

本导则提供的备选技术，均为目前国内钢铁企业在生产实践中已有使用，技术成熟可靠，治理效果基本在国内平均水平以上、且基本能够达到国内现行污染物排放标准要求的技术。

在编制过程中，全面检索、收集了国内外有关资料，主要包括：国内外环境政策和方针、可参考的 BAT 范本、冶金工程设计丛书、钢铁工业大气污染物排放标准—轧钢（送审稿）、钢铁工业水污染物排放标准（送审稿）、钢铁工业给水排水设计手册、轧钢技术管理规程以及相关专著和论文、必要的专题研究和技术交流研讨材料等等。展开了广泛的企业实际情况调研，对武钢、太钢、首钢、攀钢、柳钢、宝钢、酒钢、本钢、鞍钢、日钢等钢铁企业进行了实地调研和考察，基本掌握了企业生产工艺、环保治理技术和管理措施等实际情况，同时向有代表性的钢铁企业发放轧钢工艺技术和环保治理技术调查表，以获取企业生产过程中的第一手材料。对调研和实地调查情况进行了全面分析、整理，根据轧钢工序可能产生的污染物情况及其危害程度，考虑多数企业环保治理现状（目前所采取的防治技术所能达到的环境绩效），在广泛参阅国内外现有政策、规范和标准及有关污染防治技术资料，对主要问题和疑难问题进行了反复的研讨和论证的基础上，确定轧钢污染防治备选技术。

6 BAT技术的确定原则和评估、筛选

在对钢铁行业，特别是轧钢生产现状调查分析的基础上，广泛搜集资料信息，包括生产规模、产量质量、工艺流程、技术装备、能耗物耗、产污排污、控制措施、运行管理等，在对技术特点、经济效益等进行综合分析和专家评估的基础上，形成轧钢工艺污染防治最佳可行技术体系。

6.1 BAT技术的确定原则

（1）综合防治原则

本导则根据清洁生产和循环经济的理念和指导思想，确定钢铁行业轧钢厂环境污染治理应尽量从源头控制，采用以防为主，防治结合的原则，实施全过程清洁生产，从源头上减少污染物的产生，从而降低和减轻污染物末端治理的压力，提高环境污染防治和

管理水平。

（2）全过程管理原则

本导则始终体现全过程控制和管理的原则，规定了从轧钢厂钢坯备料、加热、轧制、精整处理和成品包装全过程的污染防治最佳可行技术及其环境管理实践要求，从而实现对环境的高水平整体保护。

（3）因地制宜的原则

我国幅员辽阔，能源资源分布不均，因此在选择最佳可行技术时，一定要紧密结合钢铁行业轧钢厂当地的地域条件、资源条件等具体情况，因地制宜地选择污染防治的最佳可行技术。

（4）节能减排的原则

根据国务院颁布的《国家环境保护“十一五”规划》以及《节能减排综合性工作方案》的指导思想和方针，钢铁行业轧钢厂技术的选择和管理也应全面体现节能减排的原则。

（5）循环经济的原则

本导则对轧钢工艺及污染防治技术都做了概要性的描述，并对其环境效果、二次污染、经济成本以及综合利用途径等做了详细分析，目的在于通过技术的环境效果和经济分析，确定最佳可行技术，促进产业循环经济发展，提高产业经济效益。

没有将所有的轧钢工艺污染防治技术编制进本导则主要是基于以下两点考虑：

- ① 一是选取的技术必须是环保、可行，且体现导则编制的总体原则；
- ② 二是编入本导则中的技术充分考虑目前的状况和世界发展的趋势。

本导则针对不同处理技术都做了概要性的描述，并对不同工艺的环境效益、交叉影响、操作数据等做了简要分析，以确定最佳可行污染防治技术。

6.2 BAT技术的筛选

从资源消耗、能源消耗、污染物排放、经济成本四大方面入手，广泛征求专家意见，综合评定、筛选各项技术，最终确定本导则推荐的最佳可行技术。

7 导则主要内容

本导则的内容共六部分。0.前言：介绍导则的定位、制定部门和起草单位、发布、实施日期等信息；1.总则：介绍导则的适用范围、术语及定义；2.轧钢生产工艺和主要环境问题：简要描述目前我国轧钢生产的工艺状况，生产过程中的资源、能源消耗情况，主要污染物的产生、排放和控制措施及现阶段需特别关注的主要环境问题；3.轧钢工艺污染防治技术：主要从防与治两个方面阐述国内外实用有效的各项控制技术，着重于工

作原理、技术特点及技术指标等；4.轧钢生产的污染防治最佳可行技术：在上述内容的基础上立足于四个层面确定并推荐若干项最佳可行的控制技术，贯彻国家有关政策、法规，遵循清洁生产和循环经济理念，满足环保排放标准要求，瞄准先进、高效、经济和高水平，并提供了各种技术应用中的系统组成、处理工艺流程及工程实例等；5.新技术动态：介绍了现阶段正处于研究或试验阶段、有着良好发展前景的新的技术原理、设计构思、工艺装备及管理理念等。

8 导则应用范围

本导则制定的宗旨是为钢铁行业轧钢工艺相关管理人员选择最佳可行技术提供参考，以利控制轧钢生产过程中的环境污染和实行有效环境管理，达到保护环境的目的。本导则的核心内容，是为设施的运营者提供可以实现轧钢生产污染物减排和有效治理的技术，以及技术应用过程中防止污染和二次污染问题的适当措施，在安全、环保的原则下，实现污染物减排及能源和资源循环利用；通过实行轧钢工艺污染防治最佳环境管理，提高设施运营者的管理和操作水平。

本导则适用于钢铁联合企业轧钢厂、独立轧钢厂及小型钢铁企业轧钢工艺。

本导则也为环境保护相关管理部门在环境影响评价、工程设计、工程施工以及竣工验收等方面提供技术依据。

（1）规划阶段

本导则为规划管理部门对轧钢厂实行统筹规划，在轧钢厂制订建设计划、选址和确定技术路线时提供依据。

（2）立项审批阶段

本导则规定了轧钢工艺从生产工艺到末端治理全过程污染防治最佳可行技术，为用户和相关管理部门在环境影响评价报告编制和审批等方面提供技术依据，以便选择适当的污染防治最佳可行技术。

（3）设计施工阶段

本导则为设计和施工单位提供相应的污染防治最佳可行技术及关键技术参数选择，从而实现了对轧钢厂污染的有效防治。

（4）运营管理阶段

本导则为轧钢厂竣工验收和运营管理提供参考依据，并督促轧钢厂在运营管理时实现污染防治的最佳环境管理。

9 导则与其它政策文件的关系

本导则是依据国家环境法规和污染物排放标准，按钢铁行业轧钢工艺污染防治全过程所应采用的清洁生产工艺、达标排放的污染控制技术等技术规定。其基本内容包括：行业生产工艺和设备的描述；污染物来源、发生量与特征分析；源头控制和污染物减排的工艺和方法；废气中各类污染物控制技术及其效果；废水处理与循环利用技术、常规污染物和有毒污染物的控制技术及其效果；固废综合利用与处置技术；环境效益与技术经济分析等。

制订污染防治最佳可行技术导则是环境技术管理体系建设的重点任务之一。通过制定和发布污染防治技术导则，使其成为企业和环保部门选择清洁生产工艺、污染物达标排放技术和工艺方法的主要依据，成为环保管理、技术部门开展环境影响评价、项目可行性研究、环境监督执法、环境标准制修订等工作的技术依据。

10 导则中有关问题的必要说明

(1) 目前国内轧钢工序的范围划分各钢铁企业有所不同，本导则是按污染物种类、特性并结合轧钢工序编制，导则适用于板材、型材、棒/线材和管材的生产。

(2) 本导则为配合即将颁布实施的《钢铁工业大气污染物排放标准》使用，新标准已接近国际先进水平，对污染防治技术提出了更高、更新、更严的要求，本导则力求做到帮助企业选择合理的污染防治技术，为钢铁行业全面提升环境保护水平、实现节能减排目标提供技术支撑。因此，现有钢铁企业应对企业内的所有污染防治设施、采取的技术、实际排放情况进行全面的分析，与新标准对标，发现问题并及时采取有效的适合自身企业的技术措施，寻找适合自身企业的技术才是最佳可行的技术。

(3) 本导则确定的 BAT 技术仅为现阶段推荐的最佳可行技术，鼓励采用导则推荐的 BAT 技术的同时，也应鼓励引进国外先进的污染防治技术以及应用国内自主研发的成熟、可靠的新技术，并应根据国内钢铁企业污染防治水平的提高，适时修订导则推荐的 BAT 技术。

(4) 本导则作为国家环保部推出的第一批污染防治最佳可行技术导则，其体例问题一直是历次审查会专家较为关注的问题之一。本稿导则体例经多次征求有关专家意见修改最终确定。