

摘要

水是人类最宝贵的自然资源之一，更是人类和一切生物赖以生存和不可缺少的重要资源，我国的水资源总量不少，但是我国人口众多，人均占有量就显得很贫乏了，可是更令人不安的是这有限的水资源还遭受着不同程度的污染，甚至有些地方是严重污染。

在工业生产中，每日排放的废水的量是非常惊人的，工业是我国水污染的主要因素，在工业中，钢铁工业又是重大水污染者之一。目前我国钢铁工业的废水处理和回收利用的技术很落后，这样就造成我国大量淡水资源的污染和浪费。

本次课题设计的主要内容是衡阳华菱钢管公司水资源的综合利用工程中的二连扎水处理工程。二连扎废水中主要的污染物质是氧化铁皮和油类物质，如果不加以处理，在回收利用时氧化铁皮会造成管道堵塞，水质下降等故障，这样就不能很好的保证生产车间的顺利生产；含油类物质排入水环境中，会造成水污染，导致水质恶化。本次课题设计的重点就是对二连扎水中的氧化铁皮和含油类物质进行初步的去除，考虑本工程项目总的设计规划及工艺段废水的回收利用的要求，只需进行简单的处理。

关键词：废水； 回用； 旋流； 除油器

Summary

Water is one of humanity's most precious natural resources; and water is mankind's survival and all biological resources important and indispensable, Water is all biological and human existence and indispensable importance of our water resources many total, but China has a large population, per capita consumption has become very poor, but even more disturbing is that the limited water resources is also suffering from various degrees of pollution, and there are even serious pollution.

In industrial production, the daily volume of wastewater discharge is very alarming, China's industrial water pollution is a major factor in the industry, the steel industry is one of the major water pollution. The waste water treatment and technology recycled of the steel and iron industry of our country are very backward at present, cause pollution and waste of a large number of fresh water resource in our country in this way.

Main content that subject design is Hengyang steel tube company comprehensive reuse water resource, water chestnut of China, pitch the water treatment project in succession. Two is pitched in the waste water in succession the main polluter oxidizes iron sheet and oils material , if does not deal with , it will cause the pipeline to stop up to oxidize the iron sheet while recycling, such troubles as water quality drops, the production that in this way can't well guarantee a smooth workshop ; Includes oils material enter water environment , will cause the water pollution , lead to the fact water quality worsens. Focal point that subject design this to pitch to oxidize iron sheet and include to two oils material go on preliminary removal water in succession, consider the requirement for recycling of a section of waste

water of this design planning and craft with total project, only need to carry on simple treatment.

keywords: sewage; recycles; cyclone; oil remover



目录

第 1 章 概述	1
1.1 工程设计的背景	1
1.2 工程的技术规格和相关内容	2
1.2.1 工程主要内容	2
1.2.2 基本要求	2
1.2.3 当地标准和厂区自然条件:	3
1.3 轧钢生产工艺流程	7
1.4 工程的基本情况	7
1.5 钢铁废水中污染物的来源和排放标准	9
1.5.1 污染物来源	9
1.5.2 污水排放标准	9
第 2 章 钢铁废水处理的基本状况	10
2.1 概述	10
2.2 轧钢废水传统处理工艺	12
2.3 柳钢的废水综合处理技术	12
2.4 合肥钢铁公司废水的综合利用	13
2.5 鞍钢废水处理技术	13
第 3 章 工艺流程的说明	15
3.1 工艺流程的确定	15
3.2 旋流沉淀池设计说明	16

3.2.1 旋流沉淀池的概述	16
3.2.2 旋流沉淀池的优点和缺点	17
3.2.3 旋流沉淀池型号的选择	17
3.3 化学除油器	18
3.3.1 化学除油器的选型	18
3.3.2 工作原理	19
3.3.3 MHCYG型化学除油器的性能特点	19
3.3.4 油絮凝剂的概述	20
3.3.5 安装注意事项	20
3.4 冷却塔	21
3.4.1 选择冷却构筑物时需考虑的主要因素	21
3.4.2 各种冷却构筑物优缺点、适用条件及比较	23
3.4.3 一般技术指标	23
3.4.4 冷却塔型的选型	23
第 4 章 工艺流程的计算	26
4.1 旋流沉淀池设计计算	26
4.1.1 旋流沉淀池设计参数	26
4.1.2 旋流沉淀池计算	26
4.2 化学除油器设计计算	30
4.2.1 化学除油器的基本参数	30
4.2.2 化学除油器设计计算	31
4.3 冷却塔设计计算	33
4.3.1 冷却塔基本参数	33

4.3.2 冷却塔设计计算	33
4.4 清水池和污泥浓缩池的设计计算	38
4.4.1 清水池	38
4.4.2 重力浓缩池	39
4.5 高程的估算与工程概算	39
4.5.1 高程计算	39
4.5.2 工程概算	41
第 5 章 结论与建议	43
参考文献	44
致谢	45
附录	46



第 1 章 概述

1.1 工程设计的背景

湖南省衡阳华菱钢管有限公司始建于 1958 年,现厂区占地 200 万 m^2 ,员工 6100 人。现系省管大型一档工业企业、全国第二大专业钢管生产企业、中南地区最大的钢管生产基地、我国最大的小口径钢管生产厂家。

衡阳华菱钢管有限公司现有总资产 54 亿余元,具备年产 100 万吨管、100 万吨钢的生产能力。拥有 $\phi 50$ 、 $\phi 89$ 、 $\phi 108$ 、二连轧等 4 条钢管生产线和二套连铸圆钢坯生产系统。

近年来,衡阳华菱钢管有限公司通过淘汰落后生产工艺、优化工艺结构和产品结构,在节水、节能降耗及环境保护方面做了大量的工作,取得了一定的成效。但是,由于历史的原因和水源条件的优越,在节约新水和工业废水有效利用上,衡阳华菱钢管有限公司与国内同行业的先进企业比尚有一定的差距。由此可见,衡阳华菱钢管有限公司必须加强对工业废水的有效利用,提高水资源的重复利用率,降低新水消耗。

衡阳华菱钢管有限公司年排放废水量约为 200 万吨,年排污染物主要有:悬浮物 200 吨、 COD_{Cr} 300 吨、石油类 25 吨。废水通过七个排水口排入幸福河,然后在衡阳市江东自来水厂取水口上游 4.5km 处汇入湘江,对幸福河乃至湘江饮用水源造成不同程度污染,影响幸福河和湘江沿岸农田的灌溉及饮用水的安全。由于废水的大量外排而直接导致水的重复利用率降低,衡钢公司现有的给水由衡阳市自来水公司南水厂和北水厂各一条 DN500 总水管供给,供水能力为 1.6 万 m^3/d ,已呈饱和状态,水量不足严重制约了衡钢的发展。同时南水厂给水总管因时间长、设施老化,经常出现爆管,也在一定程度上影响了衡钢的正常生产。

衡阳华菱钢管有限公司轧管区、炼钢区虽有废水处理和回用水利用设施，但能力仍不足，而且有些设施不完善，工艺落后，处理效果较差，因此须完善或改造这些水处理设施。综上所述，为保障衡阳市及湘江沿岸人民生活饮用水的安全，降低企业水资源的消耗，减少水资源的浪费，提高水的重复利用率，保障衡钢公司的可持续发展，公司实施全厂废水资源利用工程势在必行。

1.2 工程的技术规格和相关内容

1.2.1 工程主要内容

名称：衡钢废水资源综合利用工程（一期）

工程主要内容：废水资源综合利用系统，包括总图、土建、机械、电气、仪表、液
压、润滑、管网、道路、绿化等的设计、加工、采购、施工和安装、调试（无负荷调试，
带负荷试车），直至性能指标验收合格的项目总包，即交钥匙工程。（其中绿化中标方只
负责设计，施工由业主负责）



工程项目：污水处理厂、 $\phi 50$ 酸性废水治理、 $\phi 89$ 石墨污泥处理、 $\phi 108$ 浊环水除
油和过滤、管加工含油石墨污水及污泥处理、管坯酸性废水处理、医院废水处理、废酸
处理站易地改造、煤气洗涤水处理、二热轧浊环水及污泥处理。

分界点：业主只负责污水收集管网和供水管网的设计和施工，接点距中标方总包工
程进、出水口 10M 内。自来水业主提供至接点处（距用户点 5 米之内），电由业主接至
中标方的动力变压器。中标方负责土建、机械、电气、流体设备安装调试所需的主材、
辅材等所有施工材料和起重工具、运输设备以及建筑材料到现场后的保管均由中标方负
责；中标方要对业主的现场运输条件予以充分的重视。

1.2.2 基本要求

(1) 处理后的水必须满足工业净环水和浊环水补充水要求、绿化用水要求、生活
杂用水要求。

处理后出水必须达到 CJ/T48—1999 生活杂用水水质标准和钢铁工业循环冷却水 GB50050-95 水质要求，主要指标见表 1-1。

表 1-1 处理后出水水质主要指标

污染物名称	标准	污染物名称	标准
PH	6.5-9.0	氯化物	250 mg/L
悬浮固体	<10 mg/L	总硬度（以CaCO ₃ 计）	450 mg/L
浊度	5 度	总碱度（以CaCO ₃ 计）	350 mg/L
BOD ₅	10 mg/L	氨氮	10 mg/L
COD _{cr}	30 mg/L	总磷(以 P 计)	1 mg/L
铁	0.3 mg/L	溶解性总固体	1000 mg/L
锰	0.2 mg/L	粪大肠菌群	2000 个/L
石油类	<3 mg/L	嗅	无不快感觉
游离余氯		管网末端不少于 0.2 mg/L	

污泥含水率小于 68%，满足泥饼外运要求。

(2) 污水处理和污泥处理工艺达到国内先进水平，技术成熟可靠。

(3) 布局紧凑、美观，占地面积小。

(4) 运行成本低，维护管理简便。

(5) 投资省。

1.2.3 当地标准和厂区自然条件：

(1) 电源：

电压：两回 6kv，交流，三相，频率：50Hz

(2) 供水：衡阳市自来水，供水压力 0.1—0.3MPA；水质见表 1-2(下页)。

(3) 气候、气象

衡阳市属湿润型热带大陆气候，由于受亚热带季风影响，气候四季分明，其表现为：热量充足、雨水较多、季节分明、严寒期短、夏热期长、降霜期短、寒潮频繁。

表 1-2 衡钢工业用新水水质情况

项目	数量
总硬度(以 CaCO_3 计)(mg/L)	106
暂硬度(以 CaCO_3 计)(mg/L)	75-85
永硬(以 CaCO_3 计)(mg/L)	15-20
浊度(mg/L)	2-5
水温($^{\circ}\text{C}$)	10-25
pH	6-8
硫酸盐(mg/L)	25
氯化物(mg/L)	6
溶解氧(mg/L)	8-10
耗氧量(mg/L)	1.5-2
碱度(mg/L)	100

(4) 气温

年平均气温	17.9 $^{\circ}\text{C}$
最高月平均气温	29.8 $^{\circ}\text{C}$
最低月平均气温	-1.6 $^{\circ}\text{C}$
极端最高气温	40.8 $^{\circ}\text{C}$
极端最低气温	-7.9 $^{\circ}\text{C}$

(5) 降雨量

年平均降雨量 1337.4mm

主要集中在 4~6 月份, 约占全年降雨量的 40%以上。

(6) 日照

年平均日照时间 1663.5h

(7) 蒸发量

年平均蒸发量 1468.7mm

(8) 气压

年平均大气压：a) 冬季：1012.4hpa

b)夏季：992.8 hpa

(9) 相对湿度

全年相对湿度：冬季最冷月 80%；夏季最热月 71%；湿球温度：28℃

(10) 无霜期

年平均无霜期 292.5 天，无霜期最多 342 天，最少 257 天。

(11) 风向

年主导风向 东北风

夏季主导风 东南风

冬季主导风向 东北风

年平均静风频率 25%

夏季最高静风频率



(12) 风速

年平均风速 2m/s

最大风速 25m/s

冬季平均风速 1.7m/s

夏季平均风速 2.3m/s

(13) 地震基本烈度：小于 6 度

(14) 风荷载： 0.35KN/m²

(15) 雪荷载： 0.25 KN/m²

(16) 水文资料

幸福河是沿河两岸工业废水和生活污水的接纳水体，发源于衡阳市湘江乡杨柳村，流经湘江、岳屏两乡十二个村，于衡阳市江东自来水厂上游 4.5km 处的湘江乡金龙村附近汇入湘江，水体呈西南走向，一般认为将该港分为三段，其中衡钢附近为上游，该段

水流较缓，水面宽平均 1.8m 左右；氮肥厂至绝缘材料厂一段为中游，由于接纳数十家企业污水和地面水径流，水面逐渐加宽，平均约为 4.5m，流速加大；其余为下游，该段中部有一自然渠从右侧汇入，水面明显加宽，平均宽 8.8m，水位增加。幸福河水量随季节变化较大，一般可分为洪水期、平水期和枯水期。幸福河全长 18.75km，流域面积达 20km²，下游入湘江段称为铜桥港，洪水期流量为 1.66m³/s，枯水期流量为 0.46m³/s。

湘江是湖南省的第一大河流，全长 856km，流域面积 94660km²，是衡阳市主要供水水源。湘江在衡阳市境内干流长 266.1km，大源渡航电枢纽建坝蓄水后，河宽平均 600m 左右，湘江衡阳段平均流量为 1320m³/s，最大流量为 2780m³/s，最小流量为 489m³/s，平均流速为 0.31m/s，年平均水温 20.8℃。在幸福河入湘江口下游约 4.5km 处湘江对岸有衡阳市江东水厂。江东水厂下游 1.5km 处有城南水厂，再下游约 1.2km 处有演武坪水厂和城北水厂。

该区地下水赋存与第四系地层中，属承压水，其稳定水位为 0.4~8.2m，相当于绝对标高 66.8~74.3m，承压水头高度在 0.8~7.1m 之间。地下水的主要补给源为大气降水。该地下水在弱水性土层中出现时，对各类水泥搅拌制成的混凝土均无侵蚀性。

(17) 地质条件

污水处理厂建厂地址地质资料如下：

- A、填土：回填土约 8 米，已有 12 年。
- B、耕表土：分布不均，厚度较薄，工程地质性能差，不能作为天然地基持力层。
- C、粉质粘土：该层全场分布较广，根据土样分析结果，属中等---低压缩性，可塑—硬塑状，标准贯入击数标准值为 16 击，工程力学性质较好，可作为基础持力层。
- D、粉砂：厚度小，工程性能较差，不能作为天然地基持力层，可以作为持力层的下卧地层。
- E、强风化泥岩：局部分布，工程性能较好，可作为地基持力层。

F、强风化粉砂质泥岩：该层标准贯入击数平均值为 59 击，结合地区经验，该层为较好的天然地基持力层。

1.3 轧钢生产工艺流程

衡阳华菱钢管有限公司轧钢区热轧及一般管生产工艺及污染物的排放流程如图 1-1。

1.4 工程的基本情况

二连轧水系统浊环水水质越来越差，水中 SS 和油严重超标，几乎变成泥浆水，管道内可能积渣，供水能力下降，已影响二连轧分厂生产。

目前二连轧钢废水处理系统存在以下几一些问题，导致二连轧钢废水处理系统的处理能力下降，二连轧水系统浊环水水质越来越差，水中 SS 和油严重超标，几乎变成泥浆水，管道内可能积渣，供水能力下降，已影响二连轧分厂生产。

旋流池抓渣不及时、不彻底，致使旋流池沉淀效果下降甚至无效果，还可能搅起已沉淀的渣，同时水泵将大量的氧化铁皮抽到化学除油器；

随着二连轧分厂产量的提高，进入水系统的氧化铁皮和石墨大增，而絮凝药剂的用量和配方没有改进，加药不正常，致使化学除油器处理效果不好，特别是来自旋流池的氧化铁皮增加了化学除油器的负荷，不但处理效果差，而且压跨了斜管，造成排泥不畅，淤泥不能及时排走，不但降低水力停留时间，而且淤泥进入冷水池。

目前二连轧废水处理已经有的设备见表 1-3(下页)。

为了解决二连轧废水的处理和回用，须设计一套对二连轧废水进行处理的废水处理设备。

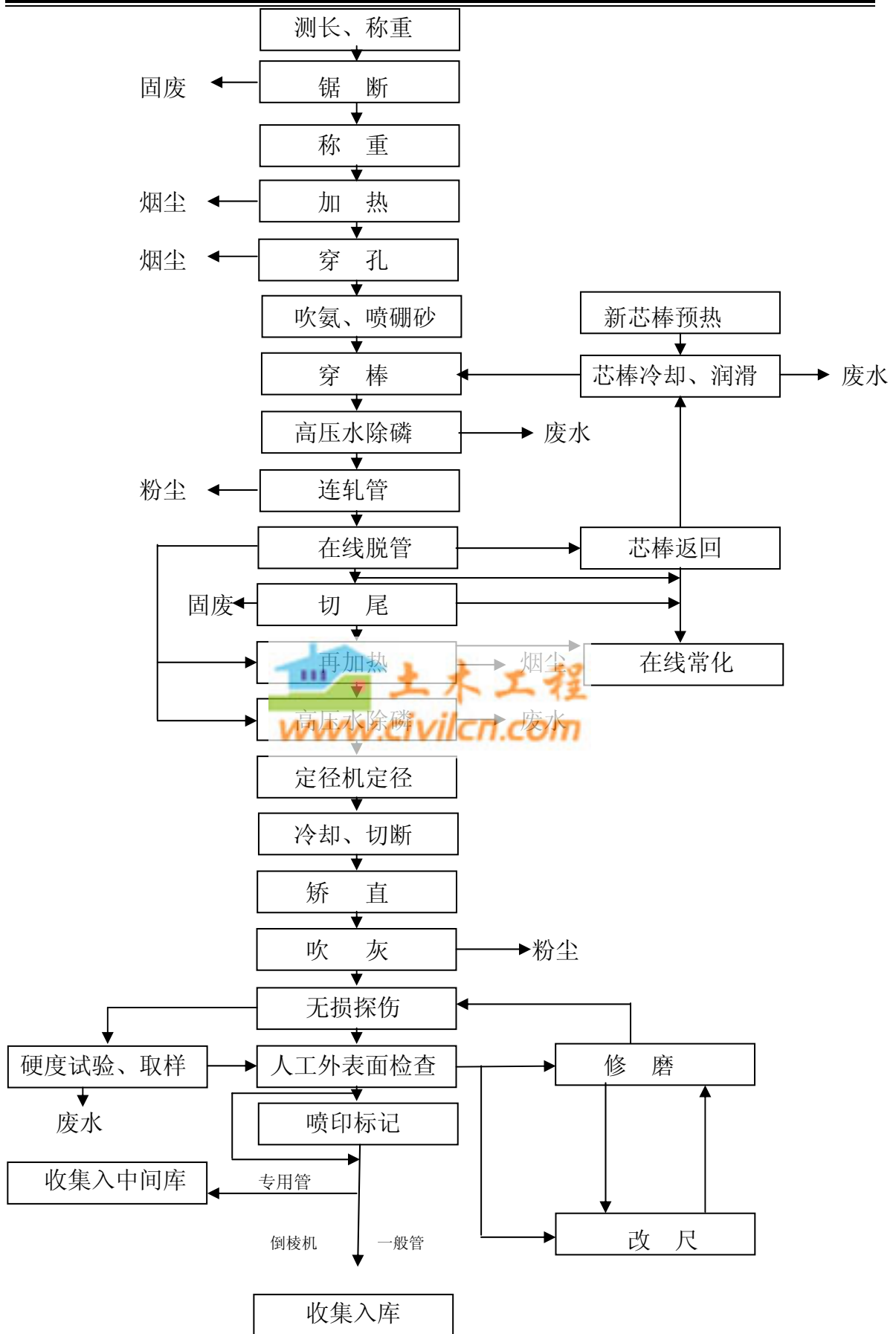


图 1-1 热轧及一般管精整生产工艺流程

表 1-3 二连轧废水处理设备表

型号	流量	数量	厂家
化学除油器 HCYG-V	500 吨/小时	4 台	江苏星驰环保有限公司
水泵 NPS300-440	1121 吨/小时	3 台	河北普惠机电设备有限公司
水泵 125WFB	540 吨/小时	2 台	无锡久力牌水泵厂
立式深井泵 350LT-30-6.0	900 吨/小时	3 台	长沙耐普泵业有限公司

1.5 钢铁废水中污染物的来源和排放标准

1.5.1 污染物来源

钢铁工业的废水主要来源于选矿、烧结、焦化、炼铁、炼钢、连铸、轧钢等工艺排水及钢铁联合企业（指烧结、焦化、炼铁、炼钢等基本平衡的钢铁企业）的排水。其主要污染物来自焦化废水、高炉煤气洗涤水、铸机排水及冲渣水等^[1]。

1.5.2 污水排放标准

钢铁工业废水的排放执行 GB13456—92《钢铁工业水污染物排放标准》^[1]。

主要考核指标：COD、石油类。标准值见表 1-4。

表 1-4 钢铁工业主要考核指标及排放标准

项目		COD			石油类		
		一级	二级	三级	一级	二级	三级
钢铁及 联合企 业	1989.1 月前	150	200	500	15	20	30
	1989-1992.7	100	150	500	10	10	30
	1992.7 月后	100	150	500	8	10	30

第 2 章 钢铁废水处理的基本状况

2.1 概述

钢铁工业是造成水污染的重大因素之一。从原冶金部统计的 85 家钢铁企业用水和排放情况，自 1995 年以来，进步还是不小的，但是距离对环境污染来说，还有大量的工作要做。

1998 年我国 85 家企业总的情况是：工业用水重复利用率不到 85%，废水处理率虽已达到 97%，但是外排废水达标率不到 85%，每吨钢材耗新水高达 34m^3 ，每吨钢材排废水高达 24m^3 。

轧钢系统 1997 年工业用水的总情况是：重复利用率 84.94%，废水处理率 97.74%，外排废水达标率 96.22%， 每吨钢材用水 27.53m^3 ，每吨钢材耗新水 4.15m^3 。不同的企业水平参差不齐。以上海宝钢为例，工业水重复利用率 97.63%，废水处理为 100%，外排废水达标率 87.5%，每吨钢材用水 29.12m^3 ，每吨钢材耗新水 0.69m^3 。邯钢工业水重复利用率 95%，废水处理为 100%，外排废水达标率 100%，每吨钢材用水 29.59m^3 ，每吨钢材耗新水 1.48m^3 ，但是有的企业重复利用率只有 52%，每吨钢材用水量高达 75m^3 ，消耗新水 16m^3 。也有部分企业没有分工艺用水和处理状况的统计，这样就很难对每个工艺用水情况进行分析、研究来达到减少水的用量和提高外排水质量的目的。

下面附上钢铁企业综合用水和部分企业用水情况材料，提供参考。

(1) 统计企业平均用水、排水情况见表 1-5(下页)。

(2) 部分企业轧钢用水和废水处理情况见表 1-6(下页)。

从以上情况可以得出这样的结论，钢铁企业提高水的循环率，减少新水用量，节约用水的潜力还很大，如果每个单位都能达到宝钢或邯钢的水平，将对保护我国宝贵的水

资源做出重大的贡献。在过去的 10 多年里，钢铁工业关于节约水和治理废水已经积累了很多的经验，形成了一整套的方针政策，加上这些年来对各类废水治理技术不断改进和开发，因此要实现有关的先进技术指标，是完全有条件的。

表 1-5 统计企业平均用水、排水情况

项目	1995	1996	1997	1998	2000	2005
重复利用率%	80.96	82.01	82.93	83.47	85	90
废水处理率%	96.16	96.62	95.68	97.08	98	100
外排废水达标率%	82.17	81.83	80.00	83.11	85	100
吨钢耗新水(m ³)	45.17	41.73	37.63	34.17	35	<30
吨钢排废水(m ³)	34.46	31.68	27.83	24.31	25	<20

表 1-6 部分企业轧钢用水和废水处理情况

名称	重复利用率 %	废水处理率%	外排废水达标率%	吨钢耗新水(m ³)	吨钢排废水(m ³)
1997 年钢材产量 ≥ 200 万吨的企业					
宝钢	97.63	100	87.5	29.12	0.69
鞍钢	97.00	100	100	36.93	1.11
首钢	95.97	100	100	33.43	1.35
武钢	72.26	100	95.37	46.85	13.00
马钢	73.60	89.71	98.0	32.51	8.58
上钢三厂	57.53	100	100	19.56	8.31
1997 年刚才产量 80~200 万吨的企业					
邯钢	95	100	100	29.59	1.48
南(京)钢	78.44	100	93	26.70	5.76
杭钢	82.12	100	97	74.91	4.19
三钢	52.34	100	85	33.08	15.77
莱钢	90.12	100	98.3	28.12	2.78
涟钢	92.93	100	99.28	32.49	2.30
昆钢	70.39	100	95	19.00	5.63

国内轧钢厂对轧钢废水中的悬浮物的去除常采用三级处理。在轧制过程中，轧机的冷却水、冲洗水等废水，汇集在氧化铁皮沟流入一次沉淀池，经过初沉后，有泵打入二

次沉淀池处理，通过油水分离器，再进入过滤器过滤。

2.2 轧钢废水传统处理工艺

对轧钢废水的处理技术中。我国传统的处理工艺流程见图 1-2。

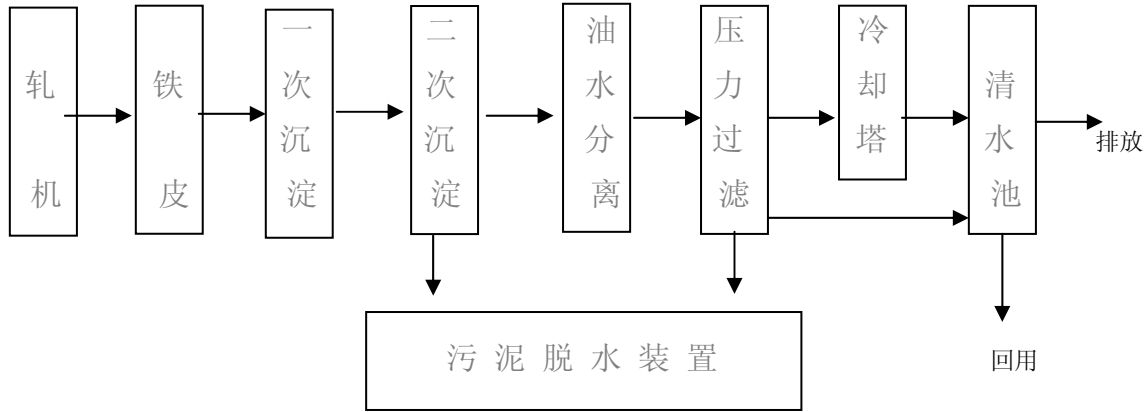


图 1-2 轧钢废水传统处理工艺流程示意

该工艺主要问题是：工艺流程长，处理构筑物占地面积大，投资费用高，污泥含水率高，需污泥脱水装置脱水，不能连续作业。

2.3 柳钢的废水综合处理技术

柳钢中板厂原水处理系统采用传统的斜板沉淀加平流池除油处理方法。废水处理系统运行效果差，处理后水质不能达到生产工艺要求，不能适应生产发展和满足环保要求。针对中板生产废水中超微细颗粒物多、油高度的特点，采用稀土磁盘净化加气浮技术结合投加辅助破乳降浊剂方法，对油环水系统水质进行综合处理。其流程见图 1-3。

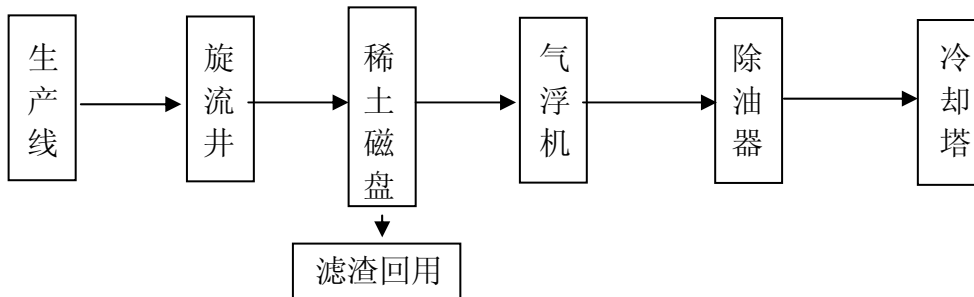


图 1-3 柳钢废水处理工艺流程

但是稀土磁盘净化器分离出来的滤渣含水率高，压榨机处理能力偏小，压滤废水量大，增加回流旋流井后稀土磁盘净化器负荷。气浮机撇出来的浮油含水高，回收处理难

度大。

2.4 合肥钢铁公司废水的综合利用

合肥钢铁公司轧钢废水中主要污染物为氧化铁皮和油，治理改造后要求处理后的循环水质为：悬浮物含量 $\leq 50\text{mg/L}$ ，油含量 $\leq 5\text{mg/L}$ 。在总结轧钢废水处理技术的基础上，结合轧钢作业生产区的特点，采用浮油回收—电磁凝聚—斜板沉淀的方法对一厂区轧钢废水进行集中处理，闭路循环使用。各厂轧钢废水首先由轧钢废水总沟汇入隔油池(利用现有土水池改建而成)，经除油设施除油，再由升压泵组提升送至电磁凝聚器磁化处理然后自流入斜板沉淀器，废水经沉淀处理后，进入现有 5000 m^3 蓄水池，再经现有二级加压泵站送至各轧钢厂循环使用，补充水来自南淝河现有一级水源泵站。

斜板沉淀器沉淀的氧化铁皮，由沉淀器底部的螺旋输泥机输出，经泥浆气力提升器送至氧化铁皮脱水槽脱水，脱水后的氧化铁皮，用电动抓斗装车送烧结厂回收利用。

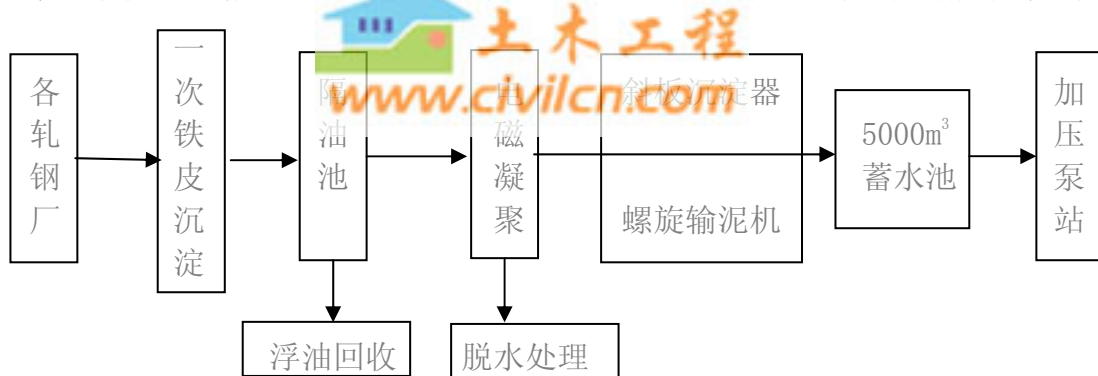


图 1-4 合肥钢铁公司轧钢废水治理工艺流程

经除油设施回收的废油也可重新利用。

轧钢废水循环治理工艺流程见图 1-4。

轧钢废水循环治理工程，于 1996 年投入运行，经合肥市环境监测站和合钢公司环境监测站对治理效果进行监测，结果表明，各项治理指标均达到循环水质要求，治理效果明显。

2.5 鞍钢废水处理技术

鞍钢北大沟污水处理厂承担着鞍钢无缝钢管厂、小型型材厂、冷轧厂等轧钢厂排出

的生产废水的处理，原设计处理能力 2800t/d,处理后的水 500t 排入辽河水系，2300t 回用。针对轧钢厂生产废水含油指标高、处理难度大等特点，我们首次在污水处理中采用了除油效果好的气浮法。其具体的工艺流程见图 1-5。

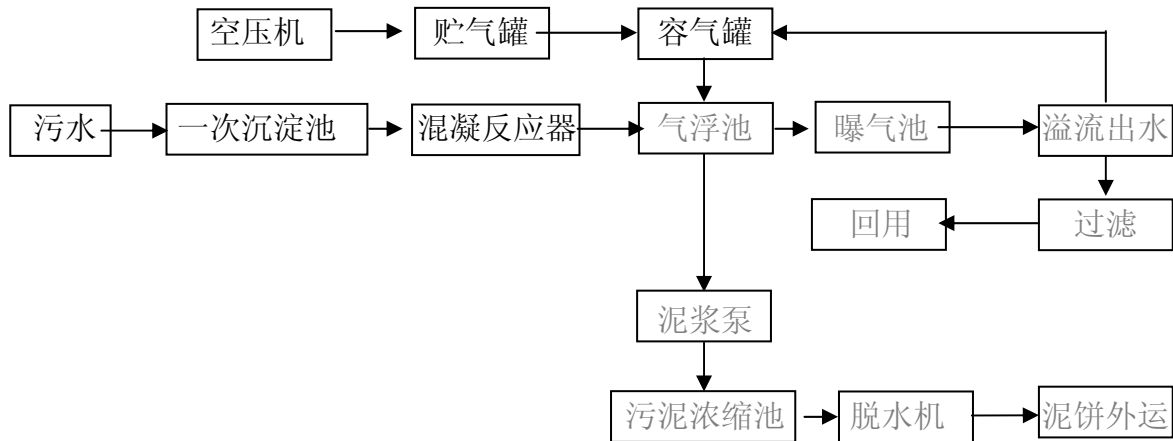


图 1-5 废水处理工艺流程鞍钢

整体工艺设计操作简单,维护保养方便，设备投资少、处理效果好、运行成本低。利用此工艺流程后出水水质保证满足回用水水质要求。



第 3 章 工艺流程的说明

3.1 工艺流程的确定

衡阳华菱钢管公司的二连轧钢铁废水的水质基本情况是：工艺废水生产总量为 $3556\text{m}^3/\text{h}$ ，循环水量为 $3393\text{m}^3/\text{h}$ ，其中需要处理的水量为： $2040\sim 2880\text{m}^3/\text{h}$ ，经过旋流沉淀池处理后的水一部分用泵送车间冲氧化铁皮，另外一部分水（约为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ）用泵送到化学除油器处理。废水中主要的污染物为氧化铁皮和含油类物质，氧化铁皮的含量大约为： $1000\text{mg}/\text{L}$ ，油类物质大约为： $80\text{mg}/\text{L}$ 。结合公司的技术资料，其工艺流程产生的废水经处理后，进行回收利用，在设计中确定我采用的工艺流程如下图 1-6。

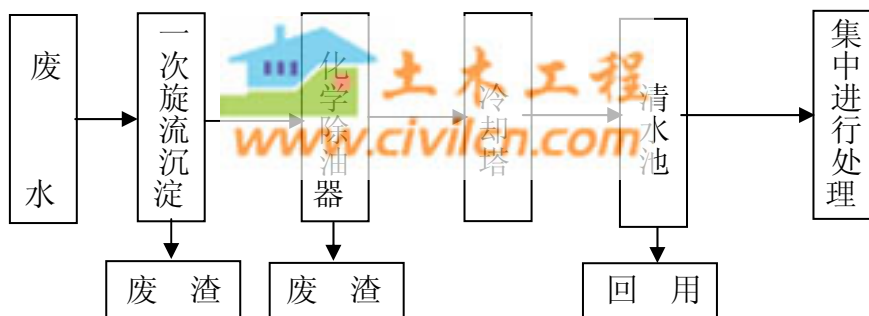


图 1-6 轧钢废水处理工艺流程图

该工艺比传统的工艺流程简单，运行费用少，能过连续进行污水处理，可以将污水中的氧化铁皮和油类物质有效去除，污泥处理也可以不需要一整套的脱水装置。比其他的工艺流程节省工程施工费用，同时工艺处理效率也能满足工厂回用水的要求。使二连轧的废水可循环利用，节约了水资源，减少了环境的污染。

衡阳华菱钢管有限公司的技改工程工程废水采用旋流沉淀池^[4]——化学除油器——冷却塔处理工艺流程，废水经过旋流沉淀池后，进入化学除油器，经过多级回路出水。在化学除油器中投加絮凝剂和除油剂，废水中的悬浮物和石油类物质就沉至下部污泥斗，清水从上部溢流口进入吸水井，下部污泥进入污泥收集槽，用污泥泵抽至污泥处理

站进行脱水处理。衡阳华菱钢管有限公司现在有 $\phi 89$ 、 $\phi 108$ 分厂分别采用旋流沉淀池——化学除油器——砂滤三级处理工艺流程处理后的废水均能达标排放。

以上三种废水处理工艺流程在冶金钢铁工业行业均为较成熟的废水处理工艺流程，处理率可以达到 90% 以上，实践证明此处理工艺是切实可行的。

3.2 旋流沉淀池设计说明

3.2.1 旋流沉淀池的概述

在钢铁行业的炼钢及轧钢厂的浊循环水回水中含有大量大颗粒、大比重的氧化铁皮，其悬浮物含量通常为 $500 \sim 2000 \text{mg/L}$ 粒径 $10 \text{mm} \sim 0.005 \text{mm}$ 。再加上钢铁行业的特点，在浊循环水回水中有时还含有一些铁块木块等较大型废弃物，其沉渣不能用一般城市污水处理中使用的方法清除，而只能使用抓斗清除。因此常使用一种特殊的竖流式沉淀池^[5]——旋流沉淀池。旋流沉淀池因沉渣能集中于池底较小区域内，便于抓斗清渣，而且占地面积小，特别适用于炼钢及轧钢厂浊循环水的预处理。

重力旋流沉淀池^[2]是一种特殊型式沉淀池，与平流式沉淀池相比有许多优点，见表 1-7。

表 1-7 重力式沉淀池和平流式沉淀池比较

序号	名称	平流池	旋流池
1	出水悬浮物质 (mg/L)	100~200	50~80
2	沉淀效率 (%)	80~90	95
3	水力负荷 ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.7~2	25~35
4	占地面积 (%)	100	15
5	基建投资比例 (%)	100	60
6	运营费用比例 (%)	100	65
7	清渣情况	刮集后抓渣	直接抓渣
8	除油	集油后除油	直接除油

旋流沉淀池的水首先通过与铁皮沟相连接的一根进水管沿切线方向进入旋流沉淀池的中心筒，水流在中心筒内旋转下降，同时浊循环水中的大颗粒氧化铁皮则在离心力

和重力的共同作用下沿中心筒壁迅速沉至池底，水流下降至中心筒下部时再由中心筒外折返向上，水流中的小颗粒氧化铁皮在这个向上的过程中继续沉淀，水流上升至沉淀池上部出水堰时被排出，处理过程结束。

沉至池底的沉渣用抓斗通过中心筒清除。

3.2.2 旋流沉淀池的优点和缺点

旋流沉淀池的主要优点是：进水口在沉淀池的上部，沉渣不会堵塞进水口，其使用范围比较广泛。对氧化铁皮的去除效果很好，效率比较高。设备的费用比较低，维护比较方便。

旋流沉淀池的主要缺点：

(1) 占地面积大，因为决定其中心筒的大小的主要依据是为保证抓斗的正常开启，因此，在处理水量相同的情况下，下旋式沉淀池多出了中心筒的地面，而且结构比较复杂，造价相应较高。



(2) 抓斗在通过中心圆筒清渣时，由于中心筒直径较小，水流旋转速度较快。因而在无操作经验的情况下抓斗的吊绳容易因旋拧而造成抓渣困难。

(3) 除油比较困难。

3.2.3 旋流沉淀池型号的选择

旋流沉淀池分为上旋式和下旋式两种，目前我国多数的企业在运用时趋向于采用下旋型重力式旋流沉淀池，也可以避免了上旋型重力式沉淀池进水管过深，容易堵塞进水管口的缺点。

生产实践证明：上旋式旋流沉淀池不如下旋式旋流沉淀池优越。首先是上旋式旋流沉淀池含铁皮的污水从内筒切线入口标高很低。致使旋流池纵向加深。基建投资增加。内筒切线入口污水管需要竖管目要转弯，因此容易堵塞。检修时十分困难；内筒切线进水在上旋升流的过程中，常搅动已沉降池底的泥渣，使出水悬浮物增至 80mg/l,左右；污

水中的浮油多集中在内筒水而上，抓渣时抓斗及钢丝绳被油泥粘结，不便清洗。相比之下，下旋式旋流沉淀池含铁皮的污水从内筒切线入口标高抬起。进水管可按铁皮沟的坡度入池，或保证 0.5~0.6m 的作用水头以跌水方式入池，均使旋流池纵向缩短，施工方便基建投资节省，容易清理。污水在下旋流动及从内筒升流的过程中不搅动池底中心沉渣，保证出水悬浮物在 50mg/L 左右。综上所述原因，日前已不再设计上旋式旋流沉淀池，而广泛采用下旋式旋流沉淀池。

近几年来，在处理连铸、轧钢车间浊环水，当水量大欲 3000m³/h 时，多采用外筒切线进水的下旋式旋流沉淀池。因为外筒切线进水时，由于有内筒外壁的隔挡，起到障板的作用。除使污水在池中分配均匀外，同时使内筒上升水流稳定，因而出水悬浮物含量波动小。另外浮油多聚集在外筒水面上；除油更方便。内筒水而上只有很少量的浮油，给出水进一步除油减轻了负荷。

3.3 化学除油器



3.3.1 化学除油器的选型

目前我国许多的环保公司生产许多的型号的化学除油器，各自的性能和利用场所，每型号的化学除油器的原理和功效有所不同，在设计研发时对处理的废水的水量大小也不一样，下面就目前比较先进的两种化学除油器的简单情况进行比较选择。

江苏省宜兴市明洋环保有限公司研发生产的 HXCXY 型化学除油器专为处理钢铁企业、油田、石油化工、机械加工等行业的含油废水而设计的。目前开发了 HXCXY-50、HXCXY-100、HXCXY-200、HXCXY-300、HXCXY-400、HXCXY-500 六种规格其处理水量分别为 50m³/h、100m³/h、200m³/h、300m³/h、400m³/h、500m³/h。

MHCY G 型化学除油器是在传统化学除油器的基础上，吸收国外先进技术而研制开发的新一代产品，被广泛应用于钢铁企业、油田、石油化工、造船拆船厂、油轮清洗、采矿、机械加工等行业的含油污水而设计。根据以上两种型号的功能和基本参数选择

MHCYG 型化学除油器用于设计。

3.3.2 工作原理

化学除油器是通过投加化学药剂，经混合反应后使水中的油类、悬浮物等通过凝聚、絮凝作用沉降分离出来，达到净化水质的目的。当进水含油小于 130mg/L，悬浮物（SS）含量在 250mg/L 左右时，其出水含油稳定在 10mg/L 以下，悬浮物含量在 40mg/L 以下。

投加的药剂分凝聚剂和油絮凝剂^[10]两种。凝聚剂为具有较强的破乳作用的电介质类凝聚剂，油絮凝剂为特制凝聚剂。其除油机理为：投加电介质类凝聚剂后，它能中和水中胶体颗粒的表面负荷，压缩扩展层的厚度，降低胶粒的 ζ 电位，使胶粒脱稳而互相凝结，这就是凝聚作用。油絮凝剂是具有很多支链的线性天然高分子物，含有大量适宜的离子性基团和活性基团，它对污水中固体悬浮物粒和乳化油珠有极强的吸附架桥能力，它能使聚凝形成微粒通过高分子吸附架桥，颗粒逐渐变大，最终形成了密实、粗大的絮团而沉降，达到净化水质的目的。



投加凝聚剂属电介类，如聚合氯化铝、聚合氯化铁、三氯化铁、碱式氯化铝等，尤其以聚合氯化铝为最佳，投入化学除油器的第一混合室。投加的油絮凝剂是特制的天然高分子高效油絮凝剂，投入化学除油器的第二反应室。两种药剂分开投加，且投加次序不能颠倒。投加量均为 10~15mg/L 左右，两种药剂均为无毒无害药剂。

经投药并通过第一、第二混合室后的污水进入超脉冲反应室，在反应室中，水中的浮油和乳化油以及悬浮物经过药剂的凝聚、絮凝作用形成大颗粒的絮花，然后进入斜管沉淀室，使絮花在沉淀室中沉降，上清液经溢流堰由出水管排出，沉泥沉积在设备下部的泥斗中，定期排出。排泥周期为 12 小时左右，每次排泥 3~5min，排出的沉泥排至渣坑，然后经脱水后外运或利用。

3.3.3 MHCYG 型化学除油器的性能特点

(1) MHCYG 型化学除油器能将设备沉淀池内积聚的泥渣循环流动，与原水中的

杂质、油分子相通互碰撞、接触吸附，充分发挥投加药剂的作用，其处理效率和效果是传统化学除油器的二倍。

(2) 运行成本进一步降低。一是由于药剂作用充分发挥，可节省药剂投加量；二是降低了电能消耗。其药剂的投加量是传统化学除油器的 70%，而电能消耗可比传统化学器节省 60%以上。

(3) 运行稳定、适应性强。由于设备容积大，且部分污水在设备 回流，增加了药剂在污水中碰撞及吸附机率。增加了药剂的混凝作用，加速了悬浮物及油份的絮凝沉降速度，提高了处理效果。

(4) 管理更为方便。MHCYG 型化学除油器为单斗排泥，且泥斗容积大，操作方便，排泥周期调节余地大，泥浆回流量可人工调节，只要升降叶轮装置高度即可。其调节范围为 200mm。当设计选用单台设备运行时，可以不需泥浆泵从泥斗中吸泥直接送去压滤，或将沉淀物送回旋流池，节省了后部工序处理投资。且减少了占地面积，更适合老流程的改造。

3.3.4 油絮凝剂的概述

油絮凝剂是一种阴离子型高分子絮凝剂，该高分子絮凝剂具有絮凝性能强，除油以及除悬浮物质效率高，使用方便，价格便宜，无毒无害的特点，同时具有良好的阻垢，缓腐蚀作用。

高分子絮凝剂是由天然高分子植物化学改性而成的，它与无机电介质类絮凝剂配合使用，能促进水中的油类物质和悬浮物质无机颗粒等分子间的架桥凝聚作用，使絮凝团增大，沉降加快，使含油污水处理获得最好效果。

3.3.5 安装注意事项

使用方法及注意事项：

(1) 油絮凝剂稀释，将油絮凝剂与适量的清水混合，通过平缓、间歇搅拌使之溶

解，渐渐加水，最后配制成浓度不大于 4% 的溶液。

PAC（聚合氯化铝）的溶解，根据所用固体或液体 PAC 的具体情况，把 PAC 与适量的清水混合，通过搅拌使之溶解，配成 1%~2% 的溶液。

（2）药液的使用

向待处理的含油废水中投加 1%~2% 的 PAC 溶液，投加量为 10~30ppm，适度搅拌 3~5 分钟，使其均匀分散，在向其中加入稀释好的油絮凝剂溶液，投加量为 10~20ppm，搅拌 3~5 分钟，然后以一定的速度渐渐停止搅拌，使其恢复自然沉降，即可使固液分离，水中的油和悬浮物随之去除。

使用时应注意以下几个问题：

（1）油絮凝剂在处理含水量油污水时必须与电介质类凝聚剂配合使用，向含水量油污水中投加电介质类絮凝剂，然后在加油絮凝剂，次序不能颠倒，也不能混合一起投加。



（2）处理含油污水，油絮凝剂的用量适当，太少絮凝效果差，太多由于分子间的分散作用，使絮凝效果也不佳，最佳使用量应针对水质情况而定。

（3）油絮凝剂在中性或碱性污水中使用，处理水呈现酸性时最好调节污水的酸度使 $\text{pH} > 7$ 。

3.4 冷却塔

3.4.1 选择冷却构筑物时需考虑的主要因素

- （1）冷却水的水量、水温、水质和运行方式（全年运行或间断运行）。
- （2）所在地区的气象、工程地质和水文地质条件。
- （3）建筑场地或可供布置冷却构筑物地位的大小。
- （4）设备材料的供应情况和施工条件。
- （5）技术经济指标。

(6) 周围环境（通风、热源、噪声、水雾等条件和要求）^[3]。

表 1-8 各种冷却构筑物优缺点及适用条件

名称	优点	缺点	适用条件
冷却池	1.取水方便，运行简单 2.可利用已有的河、湖、水库或洼地	1.受太阳辐射热影响，夏季水温高 2.易淤积，清理困难 3.会对环境带来热污染影响	1.冷却水量大 2.所在地区有可利用的河、湖、水库或洼地 3.距离工厂不太远 4.夏季对冷却水的水温要求不高
喷水池	1.结构简单、取材方便 2.造价比冷却塔低可就地取材	1.占地面积较大 2.风吹损失大 3.有水雾，冬季在附近建筑物上结冰霜	1.要有足够大的开阔场地 2.冷却水量较小 3.有可以利用的洼地或水池
开放式冷却塔	1.设备简单，维护方便 2.造价较低，用材易得 3.冷却效果较喷水池高	1.冷却效果受风速、风向影响 2.冬季形成水雾 3.宽度受限制 4.风吹损失较大 5.占地面积较大 6.在大风多沙地区不宜采用	1.气候干燥，具有稳定、较大风速的地区 2.建筑场地开阔 3.冷却水量较小 喷水式 $100\text{m}^3/\text{h}$ 点滴式 $500\text{m}^3/\text{h}$ 4.对冷却后的水温要求不太严格
风筒式自然通风冷却塔	1.冷却效果稳定 2.冷却效果受风的影响小，风吹损失小 3.运行费用低 4.建造费用比机械通风冷却塔低	1.造价高 2.冬季维护复杂 3.在高温、高湿、低气压地区以及冷幅度较小时不宜采用	1.冷却水量大 2.建造场地较开阔 3.空气湿球温度偏高地区应经技术经济比较决定
机械通风冷却塔	1.冷却效果好， 2.布置紧凑 3.风损失小 4.可设在厂区建筑物和泵站附近	1.耗电多 2.机械设备维护较复杂 3.鼓风式冷却塔的冷却效果易受塔顶排出湿热空气回流的影响 4.运行费用较高	1.气温、气湿较高地区 2.对冷却后的水温及其稳定性要求严格 3.建筑场地狭窄

- (7) 维护检修能力。
- (8) 能源供应情况。
- (9) 工艺对冷却水可靠性的要求。

3.4.2 各种冷却构筑物优缺点、适用条件及比较

各种冷却构筑物优缺点及适用条件^[9]见表 1-8(上页)。

3.4.3 一般技术指标

冷却构筑物一般技术指标见表 1-9。

表 1-9 冷却构筑物一般技术指标

名称		淋水密度[m ³ /(m ² ·h)]	冷却水温差 t ₁ -t ₂ =Δt(°C)	冷幅高 t ₂ -τ(°C)
冷却池		<1	<5~10	大于水温差
喷水冷却池		0.7~1.2	<5~10	
开放式 冷却塔	喷水式	1.5~3.0	<10~15	
	点滴式	2.0~4.0	<10~15	
风通式 自然通风 冷却塔	喷水式	≤4	>6~7	>7~10
	点滴式	≤4~5		
	薄膜式	≤6~7	一般为 6~12	
机械通风冷却塔	喷水式	4~5	可以较大	
	点滴式	3~8		
	薄膜式	4~8		
	方格网			
	点波	10~12 以上		
	斜波交错	10~15 以上		
	折波	横流塔 15~20		

3.4.4 冷却塔型的选型

(1) 选用原则

目前中小型冷却塔大多数已作为产品供应了，在选用时应考虑以下几个方面：

- (1) 热力性能（包括鉴定实测技术资料）应满足使用要求。

- (2) 厂方提供运行测试数据和必要技术资料供设计使用。
- (3) 塔体结构材料。
- (4) 配水均匀，壁流较少，不易堵塞。
- (5) 除水效能正常，水滴飞溅较少。
- (6) 淋水填料，喷溅装置都应合格。
- (7) 风机匹配，长期运行无故障。无振动和异常噪声。
- (8) 符合环境保护要求。
- (9) 电耗较低。
- (10) 造价低、重量轻。
- (11) 经常维护较方便。
- (12) 进水水质不应对填料和喷嘴等造成堵塞。


 表 1-10 风筒式自然通风冷却塔和机械通风冷却塔的比较

序号	项目	风筒式自然通风冷却塔	机械通风冷却塔
1	基本投资	基建成本高，有高大的通风筒，无风机	材料消耗少，施工周期短 风机包括电线和自控设施
2	运转维护成本	无风机及其传动机械维护问题 冬季防冻维护较复杂	运行费用大 风机及其电动机传动设备维护费用大一些
3	占地面积	占地面积较大	占地面积小一些，但是当处理规模较大、机械塔组数很多、排列组合有了一定间距要求时，占地面积可能要大于自然通风冷却塔
4	气流重复循环	回流和水雾影响小	出口位置靠近地面，回流影响较大，使环境温度增加从而降低冷却效果，并造成周围环境的影响
5	气象参数及冷却塔要求	适用于湿球温度低，相对湿度低、冷却幅高较大	温度 Δt 较大，冷却幅高可以实现比较低（3~5℃），负荷常年较稳定

冷却塔塔型选择应根据使用要求、气象条件、经济运行性、设备材料供应情况、场地布置和施工条件等因素，通过技术经济比较确定。一般大中型冷却塔在投资和场地允

许的情况下，宜采用自然通风冷却塔，在高温和高湿地区、投资和场地受限制、规模较小时或其他特殊情况下可采用机械通风冷却塔。

(2) 风筒式自然通风冷却塔和机械通风冷却塔的比较^[9]

风筒式自然通风冷却塔和机械通风冷却塔的比较见表 1-10(上页)。

(3) 逆流式和横流式冷却塔的比较

逆流式和横流式冷却塔的比较见表 1-11。

表 1-11 逆流式和横流式冷却塔的比较

项 目	逆流式冷却塔	横流式冷却塔
效 率	水与空气逆流接触，热交换效率高（可保持最冷的水与最干燥温度低空气接触，最热的水与最潮湿温度高的空气接触）	水量和容积散质系数 β_{xv} 相同，填料容积要比逆流塔大约大 15%~20%
配水设备	对气流有阻力，配水系统维护检修不便	对气流无阻力影响，维护检修方便
风 阻	因为水气逆向流动，加上配水对气流的阻挡，故风阻较大，为减少进风口的阻力降，往往提高进风口高度以减少进风速度	比逆流塔低，进风口高即为淋水填料高，故进风风速低
塔 高 度	因为风口高度和除水器水平布置等因素，塔高度较高	填料高度接近塔高、除水器不占高度，塔的总高度低。相应的进塔水压较低
占地面 积	淋水调料平面面积基本同塔面积，故比横流塔小	平面面积较大
排出空 气的回 流	比横流塔小	由于塔身低，进风窗与排风口近，风机排气回流影响较大

综合考虑以上因素的作用，结合本次工程设计的实际情况选择冷却塔型号为机械通风逆流式冷却塔。

第 4 章 工艺流程的计算

4.1 旋流沉淀池设计计算

4.1.1 旋流沉淀池设计参数

污水处理水量为 2000~2880m³/h;

污水中氧化铁皮含量为 1000mg/L;

处理后出水中的氧化铁皮 (SS) ≤80mg/L;

旋流沉淀池的去除效率为: $\eta = \frac{1000 - 80}{1000} \times 100\% = 92\%$;

表面负荷的确定, 用于去除轧钢废水中的氧化铁皮时, 其取值可以采用 30~40 m³/(m²·h), 根据沉降效率和表面负荷的关系曲线查得表面负荷 $q=45\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

4.1.2 旋流沉淀池计算

(1) 沉淀区总面积计算

下旋式重力旋流沉淀池的总面积是由中心圆筒旋流区面积和外环沉淀区面积两部分组成, 可按以下公式计算:

$$A = A_1 + A_2 \quad (7-1)$$

式中: A——旋流沉淀池的总面积, m²;

A₁——旋流沉淀池的有效面积, m²;

A₂——旋流沉淀池中心圆筒的面积, m²。

(2) 旋流沉淀池有效面积计算

旋流沉淀池的有效面积计算^[13]公式为:

$$A_1 = \frac{Q}{q\Psi} \quad (7-2)$$

式中： Q ——处理水量, m^3 ;

q ——表面负荷, $m^3/(m^2 \cdot h)$;

ψ ——修正系数。

说明： 1) 处理的水量为 $2000 \sim 2880 m^3/h$, 在设计计算时取最大值进行设计计算;

2) 在一般的旋流沉淀池中, 中心圆筒的直径为 $3.5m$, 整个旋流沉淀池的直径大约取为 $12m$, 根据旋流沉淀池的直径估计值其修正值取为 0.55 。

计算可得:

$$A_1 = 2880 / (0.55 \times 45) = 116 m^2$$

(3) 中心圆筒面积计算确定

中心旋流圆筒直径的确定应根据铁皮抓斗尺寸来确定, 一般的经验公式为:

$$D = B + 1 \quad (7-3)$$


式中： D ——中心圆筒的直径, m ;

B ——抓斗的直径, m 。

如选用 $1m^3$ 抓斗时, 直径 B 取为 $3.5m$, $0.5m^3$ 抓斗则直径 B 取为 $2.3m$, 在一般的旋流沉淀池中, 中心圆筒的直径为 $3.5m$ 左右, 则取 $B=2.3m$, 中心圆筒的直径 $D=3.3m$, 取值计算为 $3.5m$, 中心圆筒的面积为:

$$A_2 = \pi D^2 / 4 = 9.6 m^2$$

因此旋流沉淀池的总面积为:

$$A = A_1 + A_2 = 116 + 9.6 = 125.6 m^2$$

旋流沉淀池的总直径为:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 125.6}{3.142}} = 12.6 m \quad \text{取值为 } 12m。$$

(4) 有关沉淀时间 t 值的确定说明

有关文献认^[14]为, 含氧化铁皮和含油废水中的氧化铁皮颗粒, 较粗者其沉降速度较

快，颗粒细的则比较缓慢，悬浮在水中的颗粒其沉降时间和残留在水中的悬浮物质浓度的关系如图 2-1，不难看出，靠自然沉淀出水只能达到 40~50mg/L，针对不同的轧钢，连铸车间的含氧化铁皮及含油废水的水质情况，下旋型重力旋流沉淀池的沉淀时间采用 15~20min 为宜，

另外在我国很多工程设计中，对下旋型重力旋流沉淀池的停留时间，一般都采用 8~12min，总之在含氧化铁皮和含油的废水处理系统中，越来越多地采用旋流池+冷却塔处理流程，所以对旋流池出水水质氧化铁皮颗粒含量在 100mg/L 以下就可以了，相应的处理效率达到 95%以上，根据不同的轧钢车间的含氧化铁皮和油废水水质情况，采用不同的停留的时间，以确保下一步工艺流程的运行。根据衡阳华菱钢管有限公司的二连轧废水水质确定旋流沉淀池的停留时间 t 为 10min。

(5) 有效容积的确定计算

旋流沉淀池的有效容积^[12]是为氧化铁皮沟的沉淀和分离的空间，应根据废水的流量和沉淀时间确定。

计算公式为：

$$V=Qt/60 \quad (7-4)$$

式中： V ——旋流沉淀池的有效容积， m^3 ；

Q ——处理废水水量， m^3/h ；

t ——停留时间， min 。

计算可得：

$$V=Qt/60=2880 \times 10/60=480m^3$$

(6) 有效工作水深的计算

旋流沉淀池的有效工作水深计算公式为：

$$H=V/A_1 \quad (7-5)$$

式中：H——旋流沉淀池的有效工作水深，m；

V——旋流沉淀池的有效容积， m^3 ；

A_1 ——旋流沉淀池的有效面积， m^2 。

计算可得：

$$H=V/A_1=480/116=4.1m$$

取值为 4m。

(7) 沉渣区的设计计算

沉渣量的计算^[15]公式为：

$$W=\frac{(c_1-c_2)\times Q}{1000\times 1000} \quad (7-6)$$

式中：W——干沉渣量，t/h；

C_1 ——进水中氧化铁皮含量，mg/L；

C_2 ——出水中氧化铁皮含量，mg/L；

Q——处理水量， m^3/h 。

计算得：

$$W=\frac{(c_1-c_2)\times Q}{1000\times 1000}=\frac{(1000-80)\times 2880}{1000\times 1000}=2.65\text{ t/h}$$

湿渣的计算公式为：

$$W_1=\frac{W\times 100}{r\times(100-P)} \quad (7-7)$$

式中：P——湿沉渣含水率，一般为 80%；

r——湿污泥密度， t/m^3 ，一般为 $2.2\sim 3.0\text{ t/m}^3$ 。

计算可得：

$$W_1=\frac{W\times 100}{r\times(100-P)}=\frac{2.65\times 100}{3.0\times(100-80)}=4.4\text{ m}^3$$

按最多堆积 8h，沉渣区的体积为 $35m^3$ ，则沉渣区深度为 $35/9.6=3.7m$ 。

氧化铁皮坑的设计容积为 50m^3 ，尺寸为 $5 \times 5 \times 2\text{m}$ ，超高为 0.3m 。

(8) 旋流沉淀池总深确定

进水管离水面的距离^[16]为 0.2m ，有效工作水深为 4m ，底部的沉渣的高度为 3.7m ，在进水口离地面的距离取为 3m ，则旋流沉淀池的总高度为 $0.2+4+3.7+3=10.9\text{m}$ 。


(9) 进水管直径计算

一般认为重力旋流沉淀池进水的动能能使中心旋流筒水流的环流速度在 $0.2 \sim 0.3\text{m/s}$ 为适宜，为保证此环流速度，需要进水口处的氧化铁皮沟和进水口流速在 $2 \sim 3.5\text{m/s}$ 。设计中取进水区流速为 $V=3\text{m/s}$ ，进水管截面计算^[7]公式为：

$$A_3=Q/V \quad (7-8)$$

计算可得：

进水管直径为：


$$A_3=0.267\text{m}^2$$
$$d=\sqrt{\frac{4A_3}{\pi}}=0.58\text{m}$$

取直径为 600mm 。

(10) 泵房部分

从旋流沉淀池出来的水一部分用水泵抽取到化学除油器中进行二次混凝沉淀，其水量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，还有一部分用泵抽取到车间冲洗氧化铁皮，其水量大约在 $800 \sim 900\text{m}^3/\text{h}$ ，根据水量和压力确定抽取到化学除油器的水泵的型号为 NPS300-400，流量为 1121吨/小时 。台数为 3 台， 2 用 1 备，到车间去冲洗氧化铁皮的水泵的型号为 125WFB ，台数为 2 台，单台的流量为 540吨/小时 。出水管径为 800mm ，流速为： 0.5m/s 。

4.2 化学除油器设计计算

4.2.1 化学除油器的基本参数

根据环保设计公司设备出厂的化学除油器的型号确定选择 MH CYG 型号的化学除

油器,在安装设计说明书中确定安装尺寸见表 8-1。

表 8-1 设备外形及安装尺寸

项目	处理水量(m ³ /h)	外形尺寸(mm)	基础负载		重量 (kg)		装机容量
			1#	2#	干重	湿重	
MHCYG- I	100	4120×4120×4100	500	30	21300	70870	3KW
MHCYG- II	200	5600×5600×4500	870	60	30790	133930	3KW
MHCYG-III	300	6700×6700×5000	1210	100	38776	197220	3KW
MHCYG-IV	400	7700×7700×5200	1570	130	45210	260690	3KW
MHCYG-V	500	8600×8600×5500	1950	170	51750	330040	3KW
MHCYG-VI	600	9300×9300×5900	2395	210	59970	394910	3KW
MHCYG-VII	700	9600×9600×600	2500	217	64970	415070	3KW

4.2.2 化学除油器设计计算

(1) 表面负荷的确定

化学除油器的表面负荷计算公式为：

$$q = Q/F$$


(8-1)

式中：Q——处理水量，m³/h；

F——化学除油器的表面积，m²。

(2) 高度的确定

h_1 为水面到池子顶部的超高，

根据经验公式取为 0.3m；

h_2 为斜板上层的清水。

经验公式中一般取值在 0.5~1.0 范围内。

计算中取值为 0.8m；

h_3 斜板的高度。

斜板在规格中的一般长度为 1.0~1.2m。

斜板在安装时，安装角度为 60°。

在设计中取斜板长度为 1.0m，为了确保沉淀效果较好。

则斜板的垂直高度为 $h_3=1 \times \sin 60^\circ = 0.87\text{m}$ ，取值为 0.8m；

h_4 为斜板下层的缓冲层高度。

根据经验取值中一般取值在 0.5~1.0m 之间，

设计时取值为 0.5m；

化学除油器的总高度为 5.5m，因此污泥斗的垂直高度为

$$h_5=5.5-0.3-0.8-0.8-0.5=3.1\text{m}$$

倾斜角度取为 45° 。

(3) 停留时间的确定

斜板区上部水深 0.8m，斜板的垂直高度也为 0.8m，

停留时间计算公式为：



$$t = \frac{60(h_2 + h_3)}{q}$$

(8-2)

计算可得：

$$t=60(0.8+0.8)/6.8=14.2\text{min}$$

停留时间取值为 15min。

(4) 污泥的容积

污泥的容积计算公式为：

$$V = \frac{Q(C_0 - C_1)T \times 864000 \times 100}{r(100 - P_0)n}$$

(8-3)

式中：Q——处理水量， m^3/h ；

C_0 ——进水浓度， mg/L ；

C_1 ——出水浓度， mg/L ；

T——排泥周期， d；

r ——湿污泥的密度， t/m^3 ；

n ——化学除油器的座数。

计算可得：

$$V=15.2 \text{ m}^3$$

(5) 污泥部分所需的容积

方锥体计算公式为：

$$V_1 = h_5(a^2 + aa_1 + a_1^2)/3 \quad (8-4)$$

式中： V_1 ——锥体部分容积， m^3 ；

a ——污泥斗上部边长， m ；

a_1 ——污泥斗下部边长， m 。

计算可得：


$$V_1 = h_5(a^2 + aa_1 + a_1^2)/3 = 3.1 \times (8.6^2 + 8.6 \times 2.4 + 2.4^2) = 100 \text{ m}^3$$

4.3 冷却塔设计计算

4.3.1 冷却塔基本参数

冷却水量 $Q=2000m^3/h$ ；

进水温度 $t_1=48^\circ\text{C}$ ；

出水温度 $t_2=30^\circ\text{C}$ ；

冷却水温差 $\Delta t=18^\circ\text{C}$ ；

空气干球温度 $\theta = 31.5^\circ\text{C}$ ；

空气湿球温度 $\tau = 28^\circ\text{C}$ ；

大气压力 $P=99.32\text{kpa}$ 。

4.3.2 冷却塔设计计算

采用一台 $14 \times 16\text{m}$ 的逆流式机械通风冷却塔，实际的淋水面积为 200m^2 。

淋水填料

淋水填料按照塔内水冷却的表面形式可分为点滴式、薄膜式和点滴薄膜式结合三种类型。填料层的高度为 3m。

根据各自的冷却特性和性能选择斜波式填料，型号为 $50 \times 20-60^\circ$ （波距 \times 波高-倾斜角度），其优点是散热效率比较好，孔眼大，阻力小，并且不易堵塞。

配水系统

配水系统的选择要求配水均匀，通风阻力小，耗能低和便于维修，还应结合塔型，循环水量和水质条件选择。

逆流式冷却塔适宜采用管式或管槽式结合的配水方式，当循环水量含悬浮物质和泥砂较多时宜采用槽式配水系统。

横流式冷却塔宜采用池式或槽式配水。

小型机械通风逆流式冷却塔宜采用管式或旋转式配水。

根据以上的选择原则大型冷却塔常采用槽式配水系统。其形式有树枝状和环状布置，环状布置的布水均匀，适用于大型冷却塔。

材质为钢筋混凝土。

槽式配水系统设计参数的确定：

主槽断面设计流速采用 $0.8 \sim 1.2\text{m/s}$ ，设计时取值为 1.0m/s ；

配水槽的起始断面采用 $0.5 \sim 0.8\text{m/s}$ ，设计中取值为 0.6m/s ；

运行中水槽水位差不宜大于 50mm ，水位差确定为 50mm ；

配水槽高度不宜大于 450mm ，超高不宜小于 100mm ，宽度不宜小于 120mm ，水量很大时可将水槽高度增至 $600 \sim 800\text{mm}$ ，水槽中的水深不宜小于 150mm 。

设计时取水槽高度为 500mm ，水深为 350mm ，超高为 150mm ，宽度为 200mm ，空隙部分的宽度为 300mm 。

通过孔口的水流量计算公式为：

$$q_0 = \mu S \sqrt{2gH} \quad (9-1)$$

式中： μ ——流量系数，孔口的流量系数为 $\mu = 0.67$ ；

S ——孔口的面积， m^2 ；

H ——配水池中的水深， m 。


计算可得：

$$q_0 = 0.67 \times \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.35} = 0.0034 m^3/s$$

配水迟的孔口数量计算公式为：

$$n = \frac{Q}{q_0} \quad (9-2)$$

计算可得



$$n = \frac{2000}{3600 \times 0.0034} = 158.7$$

设计中取值为 160 个。

通风设备

冷却塔的通风设备采用抽风式风机，一般安装于冷却塔上部，风机叶片水平安装。

大型冷却塔风机的电动机大都安装在风筒外或专门电动机室内，采用传动轴及齿轮减速装置，并有与之配套的润滑系统。

通风阻力计算

基本参数：

已知：冷却塔面积 $F_1 = 14 \times 16 = 224 m^2$ ；

淋水密度 $q = 10 m^3 / (m^2 \cdot h)$ ；

湿空气平均密度 $\rho_m = 1.15 kg/m^3$ ；

进风口断面面积 $F_z = 100 m^2$ ；

配水装置中气流通过有效截面积 $F_3=210\text{m}^2$;

除水器中气流通过有效截面积 $F_2=200\text{m}^2$;

风筒收缩后截面积 $F_4=85\text{m}^2$;

空气量 $400\text{m}^3/\text{s}$

表 9-1 通风阻力计算

序号	部件名称	阻力系数 ξ_i	风速 ω_i (m/s)	$\Delta P_i = \sum \xi_i \rho \frac{V_i^2}{2}$
1	进风口	$\xi_1=0.55$	$\omega_1=400/100=4$	$\Delta P_1=0.55 \times 1.15 \times 4^2/2=5.06$
2	导风装置	$\xi_2 = (0.1+0.025q) l = (0.1+0.025 \times 10) \times 8=2.8$	$\omega_2=2$	$\Delta P_2=6.44$
3	进入淋水填料气流转弯	$\xi_3=0.5$	$\omega_3=400/200=2$	$\Delta P_3=1.15$
4	淋水填料		$\omega_4=2$	$\Delta P_4=48.15$
5	配水装置	$\xi_5 = [0.5 + 1.3 (1 - F_3/F_1)]^2 (F_1/F_3)$ =0.75	$\omega_5=400/210=1.9$	$\Delta P_5=1.35$
6	除水器	$\xi_6 = [0.5 + 2 (1 - F_2/F_1)]^2 (F_1/F_2)$ =1.14	$\omega_6=400/200=2$	$\Delta P_6=2.63$
7	风机进风口	$\xi_7=0.4$	$\omega_7=400/85=4.7$	$\Delta P_7=5.1$
8	风机出风口	$\xi_8=1.0$	$\omega_8 = 4 \times 400 / (8^2 \times \pi) = 7.96$	$\Delta P_8=36.5$
9	淋水填料及除水器支架			估算为 20
总阻力				126.74

机械通风冷却塔内通风总阻力等于塔内各部件阻力的总和，计算公式为：

$$P = \sum \xi_i \rho \frac{\omega_i^2}{2} \quad (9-3)$$

式中： ξ_i ——阻力系数；

ρ ——湿空气平均密度， kg/m^3 ;

ω_i ——风速， m/s 。

机械通风冷却塔各部件的局部阻力计算见表 9-1(上页)。

风机的选择

电机额定功率计算公式为

$$N = \frac{Q_k \Delta P}{\eta \eta_i} \times K_2 \times 10^{-3} \quad (9-4)$$

式中： Q_k ——空气流量， m^3/s ;

ΔP ——全风压， Pa ;

η ——全效率;

η_i ——机械效率，电动机直接传动取 1，联轴器传动时取为 0.98。

计算可得：



$$N = \frac{400 \times 126.74}{0.98 \times 1} \times 1.15 \times 10^{-3} = 59.5 \text{ KW}$$

查表可得风机的型号为：

LF-80IVE 型风机。

叶轮尺寸为：8000mm;

风量为：1750000 m^3/h 大于设计风量 1440000 m^3/h ;

全压：159.8Pa 大于设计要求全压 126.74Pa;

叶轮转速：149r/min;

叶片安装角度：6° ;

叶片数：6 片;

轴功率：92KW 大于设计要求功率 59.5KW;

风机质量：2420kg

因此可知以上选择的风机可以完全满足设计要求。

冷却通风筒的作用主要有：

减小气流出口的动能损失，减小或防止从冷却塔排出的湿热空气又回到塔体进风口中。

通风口的直径为 8m。

塔体的尺寸为 14×16m，采用钢筋混凝土结构。

总高度的确定

填料低层到集水槽的高度为 2m，填料的高度为 3m，填料离布水设备的高度约为 0.6m，布水设备高度为 0.5m，布水设备到风口上端的高度为 2m，则冷却塔的总高度为：

$$2+3+0.6+0.5+2.0=8.1\text{m}$$

4.4 清水池和污泥浓缩池的设计计算

4.4.1 清水池

清水池是一个收集处理后的废水的容积^[10]，其作用是收集和贮存清水的目的，其尺寸是根据其收集的水量而确定。因为在车间处理中，需要一部分水进入车间重复利用，还有一部分水进入整个污水处理厂进行深度处理，然后外排。其进入污水处理厂的水量根据各个厂的回收利用效率而确定的，循环水系统的容积约为每小时循环水量的 1/3~1/5。

设计集水池的容积为 500m³。

冷却塔的集水池应符合以下几个要求：

水深不宜大于 3.0m，设计时取值为 2.0m；

壁高超高不小于 0.3m。

集水池的放置是放在冷却塔的下面，其尺寸根据冷却塔的尺寸定，冷却塔的尺寸为 14×16m，为了能进去施工安装，两边留 0.5m 的空宽，则设计时设计集水池的尺寸为 15×17×2.5m，其中水深为 2m，超高 0.3m，跌水高度为 0.2m。

4.4.2 重力浓缩池

重力浓缩池总面积计算公式为

$$A = \frac{QC}{G} \quad (10-1)$$

式中：A——浓缩池总面积， m^2 ；

Q——污泥量， m^3 ；

C——污泥固体浓度，计算时取值为 6；

G——浓缩池污泥固体通量，计算过程取值为 80~120。

计算可得：

$$A = 2.25 m^2$$

浓缩池直径为：



取值为 2m。

浓缩池的工作部分高度一般设计时不小于 3m，一般取值为 4m，因泥量较小，设计浓缩池的工作高度为 3.5m，浓缩时间为 12h，超高为 0.3m，缓冲层高度为 0.3m，则浓缩池的总高度为 4.1m。

在化学除油器的污泥量很小，设计时污泥脱水间设计 2 台板框压滤机，一用一备，压滤后的污泥用运输车输送到填埋场或焚烧。

污泥脱水间的厂房尺寸为：20×10×5m

4.5 高程的估算与工程概算

4.5.1 高程计算

氧化铁皮沟的进水高程计算：

氧化铁皮沟从车间出来到旋流沉淀池的总长度约为 1000m，考虑到氧化铁皮颗粒比较大，可能会在氧化铁皮沟中沉淀下来，故氧化铁皮沟的坡度设计为 0.002，则沿程水

头损失为 $1000 \times 0.002 = 2\text{m}$ ，局部损失可以忽略不计，氧化沟进入旋流沉淀池的入口离地面的深度为 3.0m ，则进水的高程为 -3.0m ，可以满足沿程的水头损失，氧化沟的废水从出口进入旋流沉淀池的跌水高度为 0.2m ，因此旋流沉淀池的水面高程为 -3.2m ，水泵房间的高程设计根据旋流沉淀池中的水不会溢流浸没水泵房间为因素，设计水泵房间的高程比水面高 1.0m 左右，故设计时水泵房间的高程比旋流沉淀池水面高程高 1.2m ，水泵房间的高程为 -2.0m ，旋流沉淀池的有效工作水深为 4.0m ，沉渣区的深度为 3.7m ，则旋流沉淀池的低面高程为 -10.9m 。抓斗的高度为 3.0m 。

冷却塔的高程计算：

冷却塔的总高度为 8.1m ，在安装设计时，将冷却塔的集水槽安装在地面高度相平，因此冷却塔的低面高程为 0.0m ，冷却塔的顶部高程为 $+8.1\text{m}$ ，进水处的高度为 7.6m ，水深为 0.35m ，则进水水面高度为 7.95m ，其高程为 5.95m 。

清水池高程计算：



清水池的上面与地面相平，上部的高程为 0.0 ，总高为 2.5m ，则低面高程为 -2.5m ，水面高程为 -0.5m ，进水处的高程为 -0.3m 。

化学除油器的高程计算：

化学除油器的总高度为 5.5m ，为满足水从化学除油器自流到冷却塔的要求，将化学除油器用支架支撑起来，冷却塔的进水高程为 5.95m ，从化学除油器到冷却塔的水头损失估算为 $0.3 \sim 0.5\text{m}$ ，则化学除油器的出水高程至少为 6.3m ，跌水高度为 0.2m ，则要求化学除油器的水面高度为 6.5m 以上，而实际的化学除油器的水面高度为 5.2m ，则要求支架的高度为 1.3m ，设计化学除油器的支架为 1.5m ，则化学除油器的低部高程为 $+1.5\text{m}$ ，出水高程为 $+6.5\text{m}$ ，化学除油器中的水面高程为 $+6.7\text{m}$ ，化学除油器的顶部高程为 $+7.0\text{m}$ 。

化学除油器的低面高程为 $+1.5\text{m}$ ，重力浓缩池的布置可以布置为上部与低面平行，污泥水可以靠重力作用自流到重力浓缩池中，其跌落水头损失为 2.5m ，则重力浓缩池的

低面高程设计为-4.1m，顶部高程为 0，水面高程为-0.3m 进水口的高度为-1.0m。

污泥脱水间的高程：

屋顶高程为+5.0m，地面高程为 0.0，加药装置高为 4.0m，加药装置高为 1.5m，板框滤机离地面的高度为+1.0m。各设备的高程见表 11-1。

表 11-1 各设备的高程

单位： m

名称	低面高程	出水高程	进水高程	水面高程	顶部高程
悬流沉淀池	-10.9	水泵抽取	-3.2	-3.0	+0.3
化学除油器	+1.5	+6.5	+6.7	+6.7	+7
冷却塔	-2.0	0	+5.6	-0.3	+8.1
清水池	-4.5	水泵抽取	-2.3	-2.5	0
重力浓缩池	-4.1	水泵抽取	-1.0	-0.3	+0.3

4.5.2 工程概算

(1)效益分析

该项目的实施能够实现污水的减量排放和废物的回收利用，使收纳的水体环境免受污染，缓解湘江水质每日污染的情况。同时经过处理回用的水可以回收利用冲洗氧化铁皮车间，减少了水资源的浪费，也节省了工厂水费的开支，为企业的发展做出重要的贡献，从而减少了产品的生产成本，为国家和地方的经济发展做出一定的贡献。

(2)成本概算

工艺设备成本估算见表 11-2。

表 11-2 工艺设备成本估算表

名称	数量	单价 (万元)	合计 (万元)	名称	数量	单价 (万元)	合计 (万元)
氧化铁皮沟	1	0.1	0.1	清水池	1	0.5	0.5
旋流沉淀池	1	5	5	污泥浓缩池	1	0.3	0.3
化学除油器	4	3	12	脱水机房	1	0.5	0.5
冷却塔	1	10	10	其他设备		10	10

以上设备合计费用为 38.4 万元。

动力、电力概算见表 11-3。

表 11-3 动力、电力概算表

名称	数量	功率 (KW)	合计 (KW)
水泵 I	3	15	45
水泵 II	2	10	20
压滤机	1	5	5
加药设备	1	1	1
电机	5	5	25
照明		4	4

根据表 11-3 可知功率合计约为 100KW，电费为 0.6 元/千瓦时，一年按照 350 天工作时间，则电耗费用为： $100 \times 0.6 \times 24 \times 350 = 50.4$ 万元。

土建费用大约为 3.5 万元。

工人工资：3 个人，每个人每年 1.5 万元，合计为 4.5 万元。

混凝剂费用约为每年 5 万元。

以上合计为一年费用为 $38.4 + 50.4 + 3.5 + 4.5 + 5 = 101.8$ 万元。



第 5 章 结论与建议

1、结论

(1) 此次设计中涉及环保、化工、设备选型等领域的基本知识，其主要的目的是保护水资源，保证生产工艺的正常进行，同时也间接创造了一定的经济效益。

(2) 此设计所选择的工艺合理，有效地去除了废水中的氧化铁皮和含油物质，各个单元相互连接，相互补充，达到全流程的合理优化。

(3) 工艺中的旋流沉淀池对氧化铁皮的去除效率比较好，而且出水水质可以满足重复利用和冲洗氧化铁皮车间的要求，化学除油器不但可以去除含油物质，对未去除的氧化铁皮颗粒也具有一定的去除作用。

2、建议



在建造旋流沉淀池时，其结构比较复杂，建造时需要挖掘的土方量很大，施工时难度也比较大，建造费用较高。目前国内已经生产使用一种工艺可以对氧化铁皮进行高效去除的处理设备——永磁分离器，其设备主要利用的是氧化铁皮的磁性，利用磁铁将废水中的氧化铁皮从水中去除，具有很好的社会、经济、环境效益。

冷却塔设备的噪声对周围环境的影响可能比较大，在其周围可栽种高大的树木，可以切断噪声的传播，对周围的噪声影响也比较小，清水池的水可以用水泵抽取进入集中废水处理工艺进行深度处理，处理后的水可以直接排放到河里。

参考文献

- [1] 徐新, 宋爽等. 工业废水中专项污染物处理手册. 北京: 化学工业出版社, 2000
- [2] 陈信常, 陈昭宜等编. 环境工程设计手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1993
- [3] 给水排水设计手册编委会编. 给水排水设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- [4] 唐受印, 戴友芝. 水处理工程师手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000
- [5] 韩洪军. 废水处理构筑物设计与计算. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2002
- [6] 高廷耀. 水污染控制工程. 北京: 高等教育出版社, 1989
- [7] 王宝贞. 水污染控制工程. 北京: 高等教育出版社, 1989
- [8] 张自杰. 排水工程(下册). 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- [9] 上海市政工程设计研究院. 给水排水设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986
- [10] 闪红光. 环境保护设备选用手册—水处理设备. 北京: 化学工业出版社, 2001
- [11] 李亚峰, 尹士君. 给水排水工程专业毕业设计指南. 北京: 化学工业出版社, 2003
- [12] 刘红. 水处理工程设计[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000
- [13] 张希横. 水污染控制工程(第2版). 北京: 冶金工业出版社, 1992
- [14] Hanqing Yu, et al. Posttreatment of Effluent From Coke-plant Wastewater Treatment system in Sequencing Batch Reactor[J]. J of Environ Engineering, 1997
- [15] 郑铭等. 环保设备—原理·设计·应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001
- [16] 于尔捷. 给水排水工程快速设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001

致谢

本次设计是在谭万春和曾经老师的精心指导和热情关怀下完成的，从课题的选择，设计方案的确定到计算、编写计算说明书、绘制图纸，毕业设计的定稿，两位老师都给予了我富有启发性的指导，在两位老师的指导和教育下，我的各方面的能力得到很好的提升。提高了自己的设计计算、动手能力，使自己的逻辑思维能力得到了进一步的提高，为自己以后的学习、工作打下很好的基础。两位老师知识渊博，爱岗敬业，治学严谨，师德高尚使我收益终身。在此我向给予我学习和生活上亲切关怀和指导的两位老师表示衷心的感谢。

其次，我还要感谢同组的其他同学，感谢他们在设计过程中给予我的帮助，让我懂得团结合作的重要性。



最后，衷心感谢化学与环境工程系各位领导，老师在我毕业设计的整个阶段给予我无私的帮助，感谢他们对我学习、生活的关心和支持。

感谢各专家抽出您们宝贵的时间阅读我的设计。

025201 班 15 号 彭永立

2006 年 6 月

附录

开题报告

选题依据

毕业实习调研报告

研究方案

英文翻译

附图

图纸一为工艺流程平面布置图 图号 A₁

图纸二为工艺流程高程图 图号 A₂

图纸三为旋流沉淀池图纸 图号 A₂

图纸四为工艺流程图（手工） 图号 A₂

