

附件 15

《钛白粉工业废水治理工程技术规范  
(征求意见稿)》  
编制说明

《钛白粉工业废水治理工程技术规范》编制组

二〇二二年一月

**项目名称：**钛白粉工业废水治理工程技术规范

**项目统一编号：**2016-50

**承担单位：**生态环境部环境规划院

中国涂料工业协会

东华工程科技股份有限公司

龙蟒佰利联集团股份有限公司

中核华原钛白股份有限公司

**编制组主要成员：**葛察忠、杜艳春、李晓亮、程翠云、王臻，李化全、徐东溟、

李双庆、张本发、王琳

**标准所技术管理负责人：**姚芝茂

**科技与财务司投资处项目管理员：**张钦、吕奔

# 目 录

1 任务来源.....	3
2 标准制定必要性、编制原则和依据.....	3
2.1 标准制定必要性.....	3
2.2 编制原则.....	4
2.3 编制依据.....	5
2.3.1 法律依据.....	5
2.3.2 技术依据.....	5
3 主要工作过程和技术路线.....	5
3.1 主要工作过程.....	5
3.2 技术路线.....	6
4 国内外相关标准研究.....	7
4.1 国外相关标准情况研究.....	7
4.2 国内相关标准情况研究.....	9
5 同类工程现状调研.....	9
5.1 行业发展概况及趋势.....	9
5.2 钛白粉工业废水产生与特征.....	11
5.2.1 硫酸法.....	11
5.2.2 氯化法.....	12
5.3 我国钛白粉废水处理技术现状.....	13
5.4 同类工程现状调研.....	14
工程实例 1：硫酸法和氯化法生产工艺.....	14
工程实例 3：硫酸法生产工艺.....	17
工程实例 4：硫酸法生产工艺.....	18
工程实例 5：氯化法生产工艺.....	19
6.主要技术内容及说明.....	20
6.1 适用范围.....	20
6.2 规范性引用文件.....	20
6.3 关于污染物与污染负荷.....	20
6.3.1 废水来源与分类.....	21

6.3.2	废水水量	21
6.3.3	废水水质	21
6.4	总体要求	21
6.4.1	一般规定	21
6.4.2	源头控制	22
6.4.3	建设规模	22
6.4.4	项目构成	22
6.4.5	场址选择	22
6.4.6	总平面布置	23
6.5	工艺设计	23
6.5.1	一般规定	23
6.5.2	工艺流程选择	23
6.5.3	工艺设计要求	24
6.5.4	突发事件应急措施	26
6.6	其它技术内容	26
6.6.1	主要工艺设备与材料	26
6.6.2	检测与过程控制	26
6.6.3	主要辅助工程	26
6.6.4	劳动安全与职业卫生	26
6.6.5	施工与验收	26
7	标准实施的环境效益与经济技术分析	27
7.1	环境效益分析	27
7.2	经济效益分析	27
7.2.1	经济技术分析	27
7.2.2	工艺流程	27
7.2.3	主要工艺单元的处理效果	27
7.2.4	主要设计参数	27
7.2.5	主要工程设施	28
7.2.6	运行成本	28
7.2.7	效益	28
8	标准实施建议	29

## 1 任务来源

为适应国家环境保护工作需要，2016年原环境保护部下达了《关于开展2016年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办科技函〔2016〕633号），生态环境部环境规划院（原环境保护部环境规划院）为《钛白粉工业废水治理工程技术规范》（项目总任务书编号2016-50）牵头单位，参与单位有中国涂料工业协会、东华工程科技股份有限公司、龙蟒佰利联集团股份有限公司及中核华原钛白股份有限公司。

## 2 标准制定必要性、编制原则和依据

### 2.1 标准制定必要性

钛白粉的化学成分为二氧化钛（ $\text{TiO}_2$ ），分为金红石型钛白粉与锐钛型钛白粉两类。钛白粉工业的发展与整个国民经济发展关系密切，被广泛应用于涂料、塑料、造纸、化纤、印刷油墨、橡胶、化妆品等工业，其中用于涂料的量占60%。钛白粉消耗量的多寡，可以用来衡量一个国家国民经济发展水平和生活水平的高低，被称为经济发展的“晴雨表”，因此钛白粉工业发展备受各工业发达国家的重视。我国钛白粉产能产量已经双双超过美国，成为世界上第一大钛白粉生产国。制定《钛白粉工业废水治理工程技术规范》，既契合行业环境治理与保护的需要，也是行业绿色可持续发展的内在要求。

**规范钛白粉行业废水治理。**我国钛白粉生产以硫酸法工艺为主，废水产生量大，多数企业配套建立了废水治理设施。然而，不管是对于钛白粉废水收集、处理、无害化、循环回用的工艺和设备，还是设计、建设和运营过程来讲，均存在诸多需要规范的方面。如，产能低于5万吨的硫酸法企业如何配备规模化废水处理装置；硫酸法废水治理工程设备占地面积大，建设和生产运行投资大，运行费用高，收益少，如何标准化建设降低成本，提高企业主动建设的动力；氯化法钛白粉生产过程产生的废水，盐分比较高，成分相对复杂，如何设计抗腐蚀、不易结垢的废水处理装置并降低成本；氯化法废水处理后的混合盐晶体市场需求不大，如何提高对混合盐的处理。本技术规范的制定与实施有利于规范钛白粉行业的废水治理技术市场，为企业进行清洁生产、废水治理工程设计提供技术依据。

**加快先进技术成果转化。**目前，钛白粉行业工业废水处理先进技术与落后技术并存，有多种减量和资源化的废水处理新技术正在逐步推广、研发和中试过程中，如，开发和引入国际先进的GE耐酸分离膜产品和技术，配备了系统的浓缩分离技术工艺装置，从废水源头解决资源回收废物减排问题。通过技术规范的编制，能够促进行业先进废水治理技术的研发及转化，有可能经过推广取得更大的环境和经济效益。

**推动行业废水治理设施的标准化。**《钛白粉工业废水治理工程技术规范》是我国钛白粉工业废水污染控制的技术指导文件之一，是我国钛白粉行业环境保护管理的重要技术支撑。

本规范的制定实施将有利于钛白粉工业废水治理工程的标准化建设，使之从环境影响评价、设计、施工到项目竣工环境保护验收及建成后运行管理和维护的全过程均能够按照统一的技术标准来控制和评价，促使工程建设单位自觉遵守规范的技术要求，从而使得钛白粉工业废水治理设施建设与运行得到可靠的技术保障，也将使得生态环境主管部门拥有监管钛白粉工业废水治理工程质量和日常运行的技术依据，以保证工程的建设和运行的质量，促进环境技术管理的深化。本技术规范可适用于配套新建、改建、扩建钛白粉工业企业的废水处理工程，也可作为此类项目环境影响评价、可行性研究、设计施工、竣工验收、环境保护验收及运行管理等工作的技术依据。

**完善钛白粉行业环境管理政策体系。**国家及生态环境主管部门对钛白粉行业的环境污染、环境风险问题一直较为关注，相关政策与制度出台或加紧制定中。（1）产业政策方面，2007年，原国家环保总局已将钛白粉列入了《高污染、高环境风险产品名录》，有关经济主管部门已据此对其采取了取消出口退税、禁止进口加工贸易等限制性政策措施。《钛白粉行业规范条件》已完成送审稿。（2）强制执行节能环保标准方面，《钛白粉单位产品能源消耗限额》（GB 32051-2015）已正式对外发布。（3）《国家危险废物名录（2021年版）》HW34废酸中 264-013-34 规定“硫酸法生产钛白粉（二氧化钛）过程中产生的废酸为危险废物，危险特性 C，T”。（4）非强制执行标准方面，《钛白粉工业污染防治技术政策》已完成征求意见稿；《清洁生产审核指南颜料制造业（钛白粉）》已形成送审稿。综上，可看出，目前钛白粉行业尚未出台专门的行业环境管理政策标准，亟需推动《钛白粉工业废水治理工程技术规范》制定，规范行业废水治理。

## 2.2 编制原则

根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》，本标准的编制遵循下列基本原则：

### （1）协调性原则

确保规范内容与国家有关法律法规及标准规定协调统一，不出现不一致或矛盾的情况，有力支撑有关法律法规及标准规定。

### （2）科学性、成熟性和实用性原则

从钛白粉行业全局利益出发，以当前行业污染现状、科技发展水平和经济发展状况为基础，符合国家产业政策和行业污染防治技术政策，处理工艺为国内外公认的主流和应用面较广的先进技术，并且在国内已有成功的工程应用实例。

### （3）完整性原则

根据环境工程技术规范应服务于环境管理、运行管理以及工程设计与验收的要求，在内容的安排上，本规范针对钛白粉行业废水治理，以工艺路线为基础，内容力求完整、无缺漏，体现污染控制全过程管理。内容涉及设计、施工、验收、运行管理等各个环节，尽可能全面考虑该行业废水治理所涉及的各种技术要求和环境管理要求。

#### **(4) 系统性、兼容性原则**

在标准的制定过程中与目前国家设计规范和钛白粉工业行业相关环境法规相衔接。

#### **(5) 先进实用与可操作性原则**

规范力求突出技术内容的先进性、实用性、针对性和合理性，以便落实在工艺设计、施工、验收和运行管理的各个环节。

### **2.3 编制依据**

#### **2.3.1 法律依据**

编制本标准依据的现有法律、法规和政策有：

- (1) 中华人民共和国环境保护法。
- (2) 中华人民共和国水污染防治法。
- (3) 中华人民共和国清洁生产促进法。
- (4) 建设项目环境保护管理条例，中华人民共和国国务院令 253 号。
- (5) 建设项目环境保护设计规定，国家计划委员会、国务院保护委员会，1987 年。
- (6) 建设项目竣工环境保护验收管理办法，国家环境保护总局，2002 年。
- (7) 国家环境保护标准制修订工作管理办法，国家环境保护总局公告 2006 年第 41 号。

#### **2.3.2 技术依据**

编制本标准依据和参考的现有标准、规范等技术依据主要有：

- (1) GB 50013-2018 室外给水设计规范
- (2) GB 50014-2006（2016 年版） 室外排水设计规范
- (3) HJ 526-2010 环境工程技术规范制订技术导则
- (4) HJ 565-2010 环境保护标准编制出版技术指南
- (5) 2001 年国家环境保护总局令 13 号《建设项目环境保护竣工验收管理办法》
- (6) 2021 年生态环境部令 15 号《国家危险废物名录（2021 年版）》
- (7) 《钛白粉工业废水治理工程技术规范》开题论证会纪要

## **3 主要工作过程和技术路线**

### **3.1 主要工作过程**

#### **(1) 编制组成立与项目启动**

2016 年 7 月，主编单位成立编制组，并组织编制组成员认真学习《国家环境保护标准

制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告 2006 年第 41 号）。生态环境部环境规划院于北京组织召开了项目启动会，对规范制定重点和具体工作安排进行了研讨，开始《钛白粉工业废水治理工程技术规范》的编制工作。

### **（2）资料收集与现场调研**

2016 年 12 月 8 日，在北京组织召开专家咨询会。会议对硫酸法与氯化法工艺废水种类进行了界定，指出应考虑水的回用、收集梳理钛白粉行业污染物排放相关标准等，尽快启动书面和实际调研。会后，编制组充分吸纳专家意见，赴龙麟佰利联、漯河兴茂两家企业展开了现场调研，初步了解了硫酸法和氯化法的废水处理工艺和处理设施，明确了资料收集的重点，主要为企业污水处理厂设计方案（初设）、企业污水处理厂最新的技改方案、企业环境影响评价报告涉水部分、污水处理厂实际运行情况资料（污水处理厂的运行台账、运行操作的主要参数）、企业水平衡图等资料。

### **（3）开题报告论证**

2017 年 4 月，编制组在对我国钛白粉工业行业废水排放及处理基本情况全面调查的基础上，编制完成《钛白粉工业废水治理工程技术规范》开题论证报告和文本初稿。原环境保护部科技标准司于 2017 年 7 月 6 日在北京组织专家召开了开题论证会，会议通过了开题报告。会议要求编制组围绕产能 5 万吨/年以上的典型企业、废水处理较好的企业深入调研，重点关注废水深度处理、含氯废水处理、钛石膏减量化及脱水等关键技术。

### **（4）征求意见稿的形成**

2017 年 7 月至 10 月，依据开题论证会意见，编制组通过进一步的现场调研、内部专家讨论，在《钛白粉工业废水治理工程技术规范（初稿）》的基础上，进行了补充、完善和调整。2020 年 9 月至 2021 年 3 月，编制组按照部科财司《关于积压标准清理工作方案的请示》要求，制定《钛白粉工业废水治理工程技术规范》下一步工作计划，召开编制组内部讨论会，邀请行业专家、设计单位、生产企业的专家对标准文本进行研讨咨询，编制组对各方面意见和建议进行汇集与整理，并根据行业最新发展和废水治理现状、形势与需求，对文本和编制说明进行修改完善。2021 年 4 月至 7 月，邀请相关专家召开技术审查会，并根据各方面意见进一步修改，形成公开征求意见稿和编制说明。

## **3.2 技术路线**

《钛白粉工业废水治理工程技术规范》编制技术路线见图 3-1。



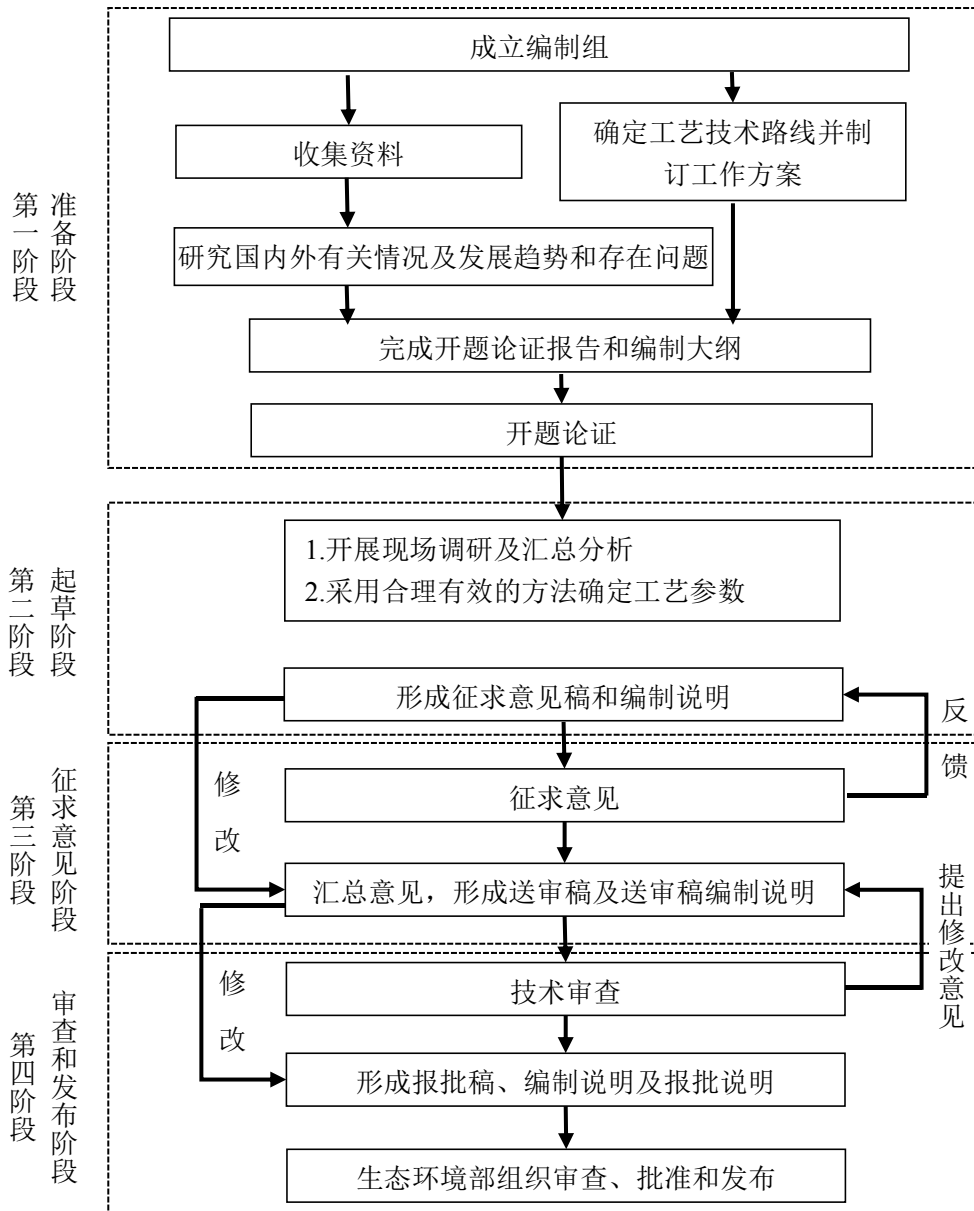


图 3-1 钛白粉工业废水治理工程技术规范制定技术路线

## 4 国内外相关标准研究

### 4.1 国外相关标准情况研究

环境工程技术规范制定工作在国外已经开展了多年，国际标准化组织和美国、法国、德国、日本等发达国家已经发布了数百项环境工程技术规范，各国与环境工程服务相关的技术标准是面向产品或服务的自愿性标准，其技术标准类型主要包括：基础标准、环境质量和污染物监测分析方法标准、产品与设施性能分析测试标准、环境工程服务技术标准以及环保产品标准等方面。国际标准化组织（ISO）与环境工程服务相关的标准很少，几乎无工程建设和管理类标准。美国环保局为支撑 NPDES 许可证制度的实施，针对水污染物控制的一些基

基础设施和单元技术制定发布《技术情况说明书》（Technology Fact Sheets），其主要内容包括技术描述、设计、建设、仪器设备配置、安全、检测、运行等方面的技术要求。

从目前掌握的资料来看，国外有关环境工程的技术标准具有几个特点。首先，与环境工程服务相关的标准在 ISO 和各发达国家标准体系中所占比例较小，总的数量不大。国外的环境工程服务类标准也还处于发展过程中。其次，国外环境工程服务类标准中环境监测分析方法标准和产品标准较多，而特定的工程建设和运行管理标准较少，涉及钛白粉行业污染治理工程的标准更是没有。

就行业废水排放标准看，硫酸法在世界范围内已经有百年的发展历史，上世纪 70 年代硫酸法进入鼎盛时期之后，由于生产规模和产量逐渐增大产生的三废（废水、硫酸亚铁和石膏渣）引起各国环保部门的高度重视并提出严格的排放标准，致使硫酸法产能逐年下降，被快速发展起来与环境友好的氯化法所代替。到 90 年代中期氯化法的产能已经占全球钛白粉总量的 70%。同时，欧洲颁布严格的钛白粉三废排放标准 92/112/EEC 法规，对硫酸法和氯化法钛白粉的废物排放都做了具体的规定，并给出 BAT(The Best Available technology economically achievable)经济上可行的最佳技术和 BATD 示范技术，把污染物排放降到最低的程度。例如，硫酸法控制流入水中硫酸盐的总量 $\leq 550\text{kg/t TiO}_2$ ，最低 $100\text{kg/t TiO}_2$ 、铁化合物最低为 $0.3\text{kg/t TiO}_2$ ；氯化法用钛渣做原料时排出氯根总量为 $\leq 450\text{kg/t TiO}_2$ 、排入水中氯化物最低为 $38\text{kg/t TiO}_2$ 。为防止硫酸法企业集中产出大量的硫酸亚铁无法处理，欧洲鼓励采用酸性渣生产钛白粉的原料路线以及采用成熟的废酸浓缩技术回收利用废酸。氯化法生产采用多个技术路线处理工艺过程中产生的氯化渣，严格控制氯根的排放。

表 4-1 欧洲硫酸盐法和氯化物法钛白粉工厂水污染物现行排放标准

排放物	92/112/EEC 法规	BAT 上限	BAT 下限
硫酸盐法			
弱酸/中和废物	800kg 总硫酸盐/t TiO <sub>2</sub>		
流入水中总硫酸盐		550kg/t TiO <sub>2</sub>	100kg/t TiO <sub>2</sub>
流入水中悬浮物		40kg/t TiO <sub>2</sub>	1kg/t TiO <sub>2</sub>
流入水中铁化合物		125kg/tTiO <sub>2</sub>	0.3kg/t TiO <sub>2</sub>
入水汞		1.5g/t TiO <sub>2</sub>	0.32mg/t TiO <sub>2</sub>
入水镉		2g/t TiO <sub>2</sub>	1mg/t TiO <sub>2</sub>
V,Zn,Cr,Pb,Ni,Cu,As,Ti,Mn	N/A		
氯化物法			
弱酸/中和废物，天然金红石	130kgCl/t TiO <sub>2</sub>		
弱酸/中和废物，人造金红石	228kgCl/t TiO <sub>2</sub>		
弱酸/中和废物，钛渣	450kgCl/t TiO <sub>2</sub>		
入水 HCl		14kg/t TiO <sub>2</sub>	10kgCl/t TiO <sub>2</sub>
入水氯化物		330kg/t TiO <sub>2</sub>	38kg/t TiO <sub>2</sub>
入水悬浮物		2.5kg/t TiO <sub>2</sub>	0.5kg/t TiO <sub>2</sub>
入水铁化合物		0.6kg/t TiO <sub>2</sub>	0.01kg/t TiO <sub>2</sub>
Hg, Cd, V, Zn, Cr, Pb, Ni, Cu, As, Ti, Mn	N/A		

注：BAT（the Best Available Technology economically achievable）即经济上可行的最佳

已有技术。BAT 限额即是用经济上可行最佳已有技术可将污染物降低到的程度。

## 4.2 国内相关标准情况研究

在我国，原来的建设部、纺织部、环保部等多个部委都制定并发布了一些与环境工程相关的技术规范，包括国家标准和部颁行业标准，但这些标准数量并不多。从上世纪 90 年代末期至今，建设部在环保标准方面做出大量的工作，主要是在污水、工业废水、垃圾处理等领域发布了较多的工程设计标准和验收规范。生态环境部组织制定的环境工程技术规范是国家环境技术管理体系中的环境技术指导文件之一，同时也是一类国家环境保护标准。环境工程技术规范是国家环境保护行政主管部门为规范各类环境工程的设计、施工、设备安装调试、验收、运行维护等过程而制订的国家环境保护标准。但是，当前我国环境工程技术规范体系的建立尚处于起步阶段，还有大量环境工程技术需要通过制定标准来统一技术要求。同时，随着我国环境工程服务业的迅猛发展，目前已经发布的环境工程类技术规范的数量，远远不能满足我国环境工程建设与管理的需求，成为造成我国环境工程连续稳定达标运行率低，工程建设质量较差，技术性能不可靠，市场秩序混乱的重要原因。

污染物排放控制标准是对环境工程技术规范（标准）的基本管理要求和技术要求。针对钛白粉行业，国内尚无明确的工业废水排放标准及处理工程技术规范，因此，按照国家水污染物排放管理规定，钛白粉工业行业参照执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996），适用于现有单位水污染物的排放管理，以及建设项目的环评评价、建设项目环境保护设施设计、竣工验收及其投产后的排放管理。若钛白粉企业所在地有地方标准或地方政府有更严格的环境管理要求，以地方标准和地方管理要求最严格条例执行。结合钛白粉生产实际情况，目前行业涉及污染因子主要包括：排放量、PH、悬浮物（SS）、化学需氧量（COD<sub>Cr</sub>）、NH<sub>3</sub>-N、TN、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>。

## 5 同类工程现状调研

### 5.1 行业发展概况及趋势

**我国钛白粉行业快速发展。**2000 年到 2019 年，我国钛白粉产能由 34 万 t/a 增长到 394.5 万 t/a，产量由 31 万 t/a 增长为 318 万 t/a，接近全世界产量的一半，产能和产量的年均增长率均远高于世界同期平均增速。自 2011 年起超过美国成为世界第一大钛白粉产销国，2011-2019 年我国钛白粉产能、产量情况如图 5-1 所示。

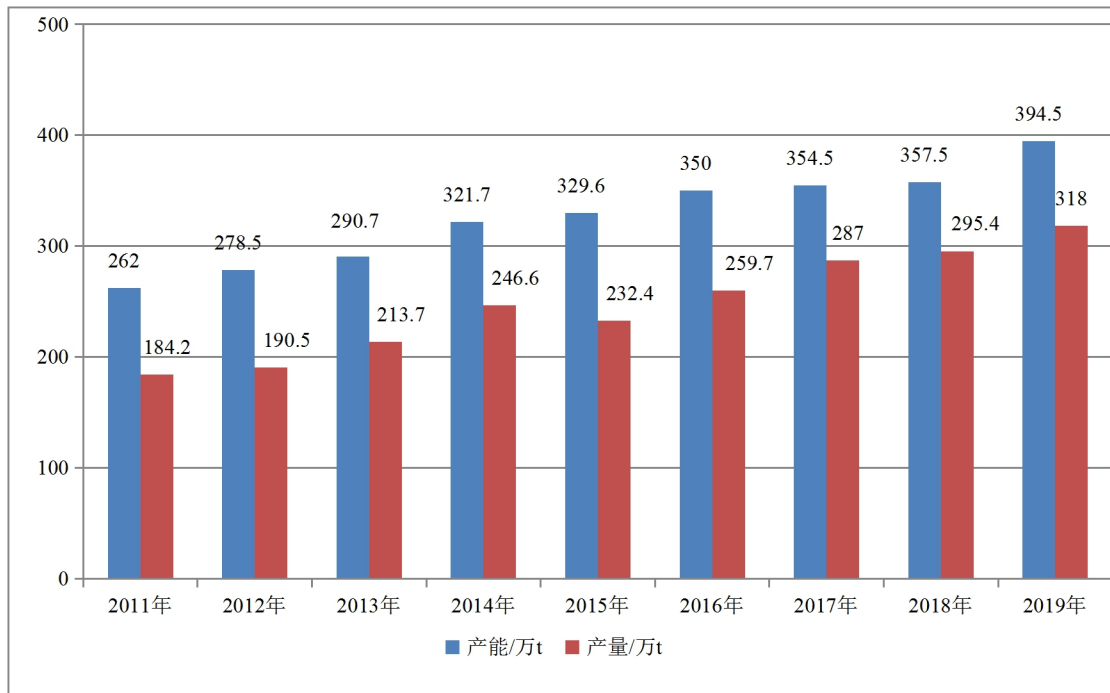


图 5-1 2011—2019 年我国钛白粉产能、产量情况

**行业产业集中度初具规模。**截至 2019 年，我国钛白粉行业具有正常生产条件、规模以上的全流程型生产商共有 40 家，综合有效产能为 394.5 万吨/年。有效产能达到 100 万吨/年以上的特大型企业 1 家；产能达到 10 万吨/年及以上的大型企业 11 家；产能达到 5~8 万吨/年的中型企业 10 家；其余 18 生产商均为小型企业。全流程型钛白粉生产商从 2016 年的 58 家减少到 2019 年 40 家。其中，12 家特大型及大型生产商的综合产能为 290.5 万吨/年，占行业总产能的 73.6%；10 家中型企业产能占比为 15.2%；18 家小型企业产能占比仅为 11.2%。通过对 2019 年钛白粉行业企业家数、产量分段统计可以看出，钛白粉行业集中度已经初具规模，73%的产量由特大型及大型企业生产，同时 3 万吨产量以下小型企业家数骤减，实现了整个行业的健康稳定发展以及环保管理。2019 年钛白粉生产企业产能概况详见表 5-1。

表 5-1 2019 年钛白粉生产企业产能概况

序号	项目	企业家数	产能/万 t	产能占比/%	
1	现有企业	10 万 t 以上	12 家	290.5	73.6%
2		5 万~10 万 t	10 家	60	15.2%
3		3 万~5 万 t	9 家	28	7.1%
4		3 万 t 以下	9 家	16	4.1%
5	合计		40 家	394.5	100

**行业清洁生产工艺所占的比重有所上升。**随着生态环境法律法规的日趋严格和各级生态环境部门监管力度的加大，钛白粉行业在环境保护和清洁生产方面取得了质的进步。截至 2019 年底，我国主要硫酸法钛白粉生产企业基本达到环保、能耗相关法律法规及政策标准的要求，部分小型企业因市场竞争、环保监察压力停产或倒闭。另一方面，经过十多年的

努力，氯化法钛白粉生产技术取得突破，2019年产能达到了38.5万吨，产量达到了20.9万吨，占全国钛白粉总产量的6.6%，占金红石型钛白粉产量的8.2%。

“十四五”期间我国钛白粉产量将不断增加，增幅放缓。“十三五”期末，我国钛白粉产量基本达到预期，2020年钛白粉行业总产量约330万吨。“十四五”时期，我国经济进入新发展阶段，经济增速由高速转为中高速，钛白粉行业受下游行业需求的影响，增幅有所放缓。预测“十四五”时期，我国钛白粉产量增速将在4%~5%之间，2025年钛白粉行业总产量将达到400万吨左右。

## 5.2 钛白粉工业废水产生与特征

钛白粉工业废水指钛白粉工业生产过程中产生并外排的废水，包括工艺废水和非生产工艺废水两类。考虑到目前大部分企业生活污水均是通过管道纳入市政生活污水处理系统，且钛白粉工业废水主要是无机废水，与生活污水处理工艺不同，因此，非生产工艺废水没有将企业生活污水包括在内。下面分硫酸法和氯化法两种工艺对钛白粉工业废水的来源进行具体阐述。

### 5.2.1 硫酸法

硫酸法钛白粉生产工艺主要是以钛铁矿为原料，用硫酸分解成 $TiOSO_4$ 溶液，过滤除去钛液中的不溶性杂质，然后通过真空结晶、固液分离除去七水硫酸亚铁，再经浓缩后热水解，制得偏钛酸，洗涤、漂白除去可溶性硫酸盐并滤干，经煅烧脱水脱硫转化为二氧化钛，经干磨后得到锐钛型产品或在煅烧时加入促进剂进行晶型转化得到未包膜金红石型初品或产品。如生产较高档金红石型产品，还须将初品浆化，经湿磨解聚分级，进行无机表面处理洗去物料中的盐分，干燥后再进行超微粉碎和有机处理。

硫酸法生产钛白粉工艺在酸解、沉降、过滤、水解、漂洗、后处理、煅烧等主要工序都有废水的产生，主要是水洗酸性废水，主要含有游离硫酸、硫酸亚铁、偏钛酸等。根据硫酸浓度不同，一般分为浓度17%~22%的水解废酸（主要是水解后偏钛酸的母液，或水洗工序的吸片酸）；浓度4%~10%的漂白废酸（主要是过滤漂白后偏钛酸的母液或上述吸片酸水洗时回收的前段滤液）；浓度2%以下的酸性废水（洗涤偏钛酸的滤液，煅烧尾气处理洗涤水等等）。需要特别指出的是，（1）根据《国家危险废物名录》（2021年版），硫酸法生产钛白粉过程中产生的废酸为危险废物，因此，废酸不属于工业废水，不得直接或稀释后进入废水处理系统，应按照危险废物管理规定执行；（2）废酸浓缩过程产生的废水，计入钛白粉工业废水；（3）废酸综合利用联产磷肥、硫酸铵、工业硫酸镁、硫酸锰等产品的过程属于生产其他产品，不计入钛白粉工业废水。同时，硫酸法钛白粉生产废水还包括辅助车间设备及地坪冲洗水、冷却水、厂区锅炉与电站排水、脱盐站排水、循环水站排水及初期雨水等非生产工艺废水。硫酸法生产企业工业废水种类，具体如表5-2所示。

表 5-2 硫酸法钛白粉工业废水种类

序号	废水种类	
1	生产工艺废水	酸解尾气处理废水
2		煅烧尾气处理废水
3		水洗工序浆料洗涤废水
4		后处理浆料洗涤废水
5		生产车间设备及地面冲洗水
6		废酸浓缩产生的废水
7	非生产工艺废水	辅助车间设备及地面冲洗水
8		冷却水
9		厂区锅炉与电站排水
10		脱盐车站排放水
11		循环水站排放水
12		初期雨水

硫酸法钛白粉工业废水主要含  $H_2SO_4$ 、硫酸盐等成分，酸度较高，pH 值较低；以钛铁矿为原料，废水中亚铁离子浓度较高，进而使得废水中 COD 浓度较高；酸解过程中加入大量硫酸， $SO_4^{2-}$  浓度也较高。参照《污水综合排放标准》，硫酸法钛白粉废水的主要污染物为 pH、 $COD_{Cr}$ 、悬浮物(SS)及  $SO_4^{2-}$ 。经企业调研并咨询行业专家，主要污染负荷如表 5-3 所示。

表 5-3 硫酸法钛白粉工业废水水量及污染物负荷调研数据

项目	单位	取值范围	取值依据
设计水量	$m^3/t TiO_2$	40~70	调研、二污普
pH 值	—	1~2	调研、二污普
化学需氧量 ( $COD_{Cr}$ )	mg/L	800~13000	调研、二污普
悬浮物 (SS)	mg/L	100~400	调研
$SO_4^{2-}$	mg/L	$\leq 160000$	调研
$NH_3-N$	mg/L	5~20	调研、二污普
TN	mg/L	20~40	调研、二污普

### 5.2.2 氯化法

氯化法钛白粉工艺以天然金红石、人造金红石、高钛渣为原料经过加碳氯化生成四氯化钛；四氯化钛精制通过有机物除钒和去除高沸点杂质制得精四氯化钛；精四氯化钛经预热与热氧反应，生成二氧化钛和氯气；气固分离，氯气返回氯化循环使用，二氧化钛制浆脱氯送后处理包覆处理，得到金红石型钛白粉产品。该工艺具有装置小、生产能力大、成品质量好、过程自动化程度高、三废排量少与环境友好等优点，自 1927 年由德国拜尔公司首先投入工业化应用以来不断发展壮大，20 世纪 90 年代氯化法产能已经超过钛白粉总产能的 60%，成

为世界主流钛白粉生产技术。氯化法主要有四大工艺过程：氯化工序、氧化工序、后处理和废渣净化处理工序。基于氯化工序的差异，目前国内外氯化法钛白粉生产工艺主要有熔盐氯化与沸腾氯化两种。

氯化法生产企业废水产生量较少，生产工艺废水包括氯化尾气洗涤废水、精制尾气洗涤废水、氧化脱氯尾气洗涤废水、炉底和炉上排出的床层渣洗涤废水、氯化渣洗涤废水、后处理浆料洗涤废水及液氯库废水等；非生产工艺废水种类与硫酸法相同。其中，渣处理工序废液（含  $\text{CaCl}_2$  15%、 $\text{MgCl}_2$  5%等），处理难度较大且需要单独处理，相关排放要求参照国家和地方相关规定，不计入氯化法钛白粉工业废水。具体种类如表 5-4 所示。

表 5-4 氯化法钛白粉工业废水种类

序号	废水种类	
1	生产工艺废水	氯化尾气洗涤废水（一般送氯化渣溶解用）
2		精制尾气洗涤废水
3		氧化脱氯尾气洗涤废水
4		炉底和炉上排出的床层渣洗涤废水
5		氯化渣洗涤废水
6		后处理浆料洗涤废水
7		液氯库废水
9	非生产工艺废水	辅助车间设备及地面冲洗水
10		冷却水
11		厂区锅炉与电站排水
12		脱盐车站排放水
13		循环水站排放水
14		初期雨水

氯化法钛白粉生产产生的废水中主要含  $\text{HCl}$ 、氯化物可溶盐及不溶二氧化硅等成分，其主要污染物为 pH、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、悬浮物(SS)及  $\text{Cl}^-$ 。经企业调研并咨询行业专家，氯化法主要污染负荷如表 5-5 所示。

表 5-5 氯化法钛白粉工业废水水量及污染物负荷调研数据

项目	单位	取值范围	取值依据
设计水量	$\text{m}^3/\text{t TiO}_2$	20~35	调研、二污普
pH 值	—	1~2.5	调研、二污普
化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ )	mg/L	400~3200	调研、二污普
悬浮物 (SS)	mg/L	100~150	调研
$\text{Cl}^-$	mg/L	$\leq 250000$	调研、二污普
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/L	5~20	调研、二污普
TN	mg/L	20~40	调研、二污普

### 5.3 我国钛白粉废水处理技术现状

硫酸法和氯化法生产工艺不同，废水中污染物成分、浓度差异也很大，废水处理工程建

设也不一样。

硫酸法钛白粉生产废水由具有水量大，含酸量大，悬浮物和含  $\text{Fe}^{2+}$  浓度高等特点。处理工艺一般是先经过石灰或电石灰等中和剂化学中和、沉降，再经物理沉降方法，最终通过设备将清液与泥浆分离，泥浆经过压滤制成钛石膏贮存、售卖；滤液水质达标后回用或排放。

氯化法钛白粉生产产生的废水中主要含  $\text{HCl}$ 、氯化物可溶盐及不溶二氧化硅等成分，常用石灰乳、电石灰等中和剂进行中和处理，再经沉降，采用压滤机进行液固分离，滤饼送固定渣场堆存，滤液水质达标排放，或继续进行除氯根处理后排放。

#### 5.4 同类工程现状调研

我国幅员辽阔，南北地区的地形、气候和水资源等因素差异较大，社会经济发展不一，故不能按单一某个地区或某个工艺的情况进行编制。因此，标准编制过程中，编制组收集了相关资料，针对不同规模、不同工艺、不同地理区位，选择多家企业深入山东、河南、四川等地进行工程实例调研，广泛深入的开展技术讨论和交流，较全面地掌握了钛白粉工业废水治理工程的关键环节和关键点。调查结果表明，目前钛白粉工业废水治理技术已比较成熟，基本工艺技术是中和处理，工艺流程是集中处理，即对各工序产生的含酸废水进行集中然后混合石灰石粉浆、电石乳等以中和  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、生成  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  和少量  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  污泥，污泥脱水后形成石膏渣，废水经处理后达标排放。对于可直接接管至园区污水厂的企业，经废水分质处理后，基本可达到相应接管标准。

##### 工程实例 1：硫酸法和氯化法生产工艺

###### (1) 工程概况

该企业具备硫酸法和氯化法两种生产工艺，产能超 100 万吨/年，采用“中和+多级沉淀+分离”工艺，配套建成有压滤机、沉淀池、中和氧化池、反应槽、石磨和大型化灰装置的水处理系统，处理能力达到近 5 万吨/日。

###### (2) 企业污水处理设施进出水水质

表 5-6 某硫酸法（氯化法）钛白粉企业硫酸法废水治理工程进出水水质

项目	单位	进水	出水
设计水量	$\text{m}^3/\text{t TiO}_2$	40~70	40~70
pH 值	—	$\leq 2$	6~9
化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ )	mg/L	$\leq 2500$	100
悬浮物 (SS)	mg/L	$\leq 550$	20.92
$\text{SO}_4^{2-}$	mg/L	20000-30000	2200
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/L	10~20	15
TN	mg/L	30~50	25

表 5-7 某硫酸法（氯化法）钛白粉企业氯化法废水治理工程进出水水质

项目	单位	进水	出水
----	----	----	----



项目	单位	进水	出水
设计水量	m <sup>3</sup> /t TiO <sub>2</sub>	20~35	20~35
pH 值	—	≤1	6~9
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	mg/L	— (因氯离子含量太高, 测试结果失真)	107.55
悬浮物 (SS)	mg/L	120~150	40.36
Cl <sup>-</sup>	mg/L	80000~120000	324*
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	5~30	5.21
TN	mg/L	20~40	6.36

注: \*指采用高盐废水深度治理技术回收氯离子或高氯废水经水泥固化实现零排放的情况下, 才能实现的氯根浓度。

### (3) 工艺流程

企业生产过程中产生的酸性废水汇入废酸水池, 碱性废水、尾气脱硫废水汇入废碱水池, 分别处理。废酸水在反应槽中与灰乳进行中和反应, 经浓密池浓缩、氧化池曝气后, 逐一进入一级沉降池和二级沉降池沉降。沉降产生的钛石膏浆进入压滤机, 进行固液分离, 压滤水一部分回用, 另一部分进行二次压滤然后进入人工湖, 供钛白粉生产使用, 泥饼钛石膏外运至渣场进行堆放; 沉降后的上清液经总排口达标排放。废碱水通过补加废酸水和灰乳进行反应、氧化后, 经压滤机进行固液分离。压滤后的泥饼钛石膏外运至渣场进行堆放, 滤液经总排口达标排放。

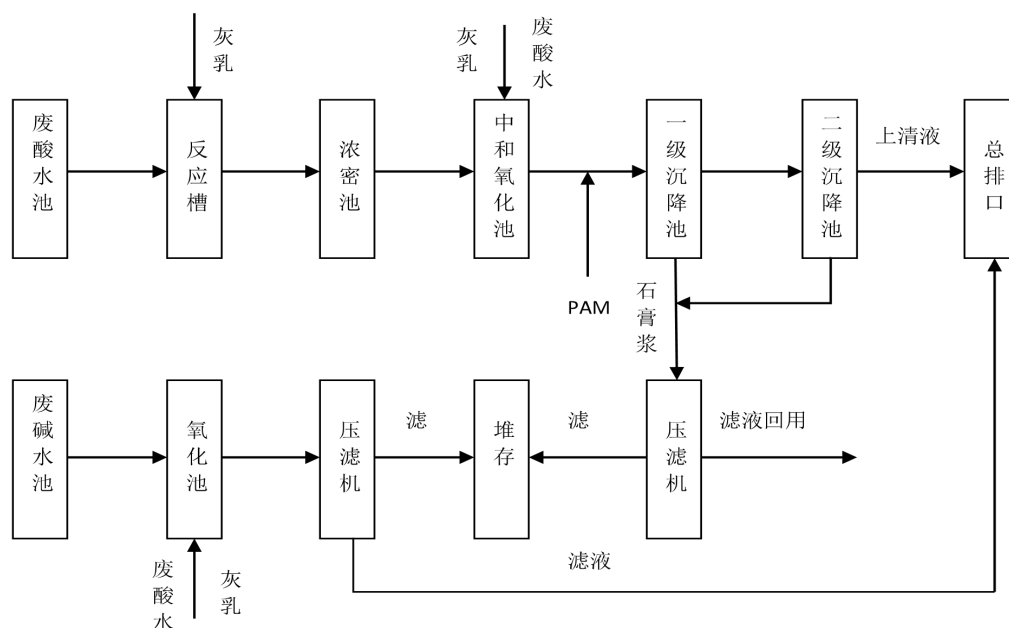


图 5-2 某硫酸法（氯化法）钛白粉企业废水处理工艺流程图

## 工程实例 2：硫酸法生产工艺

### (1) 工程概况

该企业钛白粉总产能达 23 万吨/年。生产废水处理站设计处理能力为 1300 m<sup>3</sup>/h, 采用连续中和、沉降等酸性废水处理工艺。

## (2) 企业污水处理设施进出水水质

表 5-8 某硫酸法钛白粉企业废水治理工程进出水水质

项目	单位	进水	出水
设计水量	m <sup>3</sup> /t TiO <sub>2</sub>	50-65	40
pH 值	—	≤2.5	7.55
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	mg/L	≤3200	16.55
悬浮物 (SS)	mg/L	≤150	10.97
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	≤250000	
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	≤20	4.32
TN	mg/L	≤40	10.97

企业酸性废水处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)及其修改单中一级标准的 A 标准(其中 SS 需满足所在工业园污水处理厂无机废水处理系统进水水质要求)后排入所在工业园区污水处理厂无机废水处理系统沉淀池处理。

### (3) 废水处理工艺

酸性废水处理工艺是国内硫酸法钛白粉厂常用的连续中和、泥浆过滤后中水自然沉淀的传统方法。其主要是在酸性废水中加入石灰石粉浆、电石乳以中和 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、生成 CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 和少量 Fe(OH)<sub>3</sub> 污泥,污泥脱水后形成石膏渣,废水经处理后达标排放。

废水处理具体工艺流程为:来自生产工序的酸性废水、黑渣、亚铁进入一级中和桶,加入来自石粉制备工序的石灰石乳,在搅拌的条件下进行中和粗调 pH 值;一级中和桶粗调后的悬浮液自流入二级中和桶进行二级中和,二级中和桶调整后的悬浮液自流入三级中和桶,加入液碱继续进行中和调整 pH,三级中和桶调整后的悬浮液自流入四级中和桶,最终将 pH 值控制在 7.5~8.5 自流入钙泥泵房;来自酸水中和、钙泥沉降中和合格的废水及泥浆进入钙泥缓冲罐,通过钙泥提升泵送至渣场,进行压滤,压滤完的干泥进入滤饼收集斗,滤饼经皮带输送机送至渣场堆放;压榨产生的稀滤液以及洗布水回流至沉淀池,沉淀池在沉降过程中加入一定量的药剂促进沉降;来自沉淀池的回流中水经五级曝气、三级折流后进入中水池进行综合利用。中和采用当地丰富的石灰石和电石渣资源,其价格比石灰便宜,不但可降低治理成本,而且属于废物综合利用。处理后澄清废水回用于尾气处理工段,节约了用水,提高了工程水重复回用率。

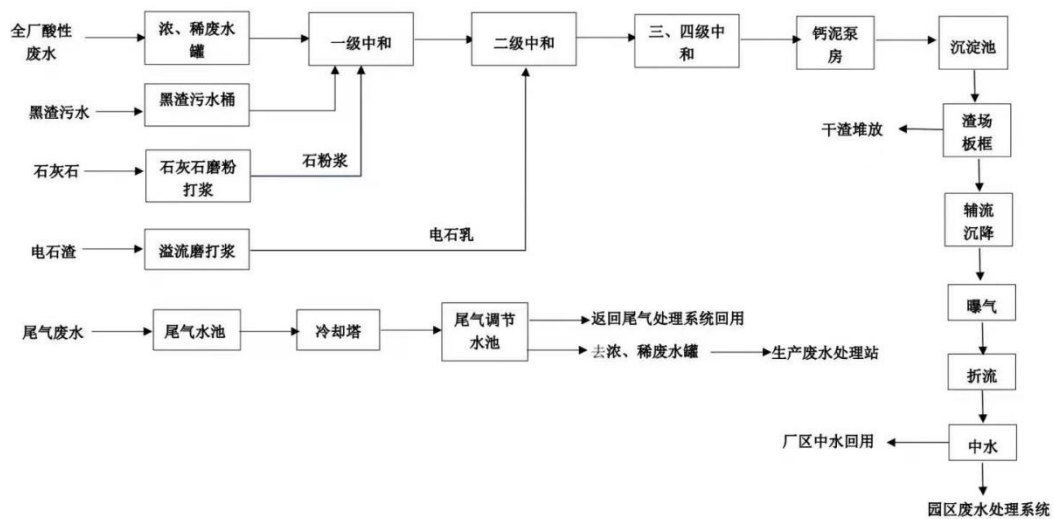


图 5-3 某硫酸法钛白粉企业废水处理工艺流程图

### 工程实例 3：硫酸法生产工艺

#### (1) 工程概况

该企业主要采用硫酸法生产工艺，生产线 2 条，年产钛白粉 10 万吨。配套废水处理工程建设规模是 18000m<sup>3</sup>/天，设施运行良好。废水处理实际运行在线指标达标，水色微黄，年废水处理成本核算每吨钛白粉接近 1000 元。

#### (2) 企业污水处理设施进水水质

表 5-9 某硫酸法钛白粉企业工业废水治理工程进水水量和水质

项目	单位	取值范围
设计水量	m <sup>3</sup> /t TiO <sub>2</sub>	70
pH 值	—	≤1
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	mg/L	≥800
悬浮物 (SS)	mg/L	100~400
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	/
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	1~5
TN	mg/L	/

#### (3) 废水处理工艺

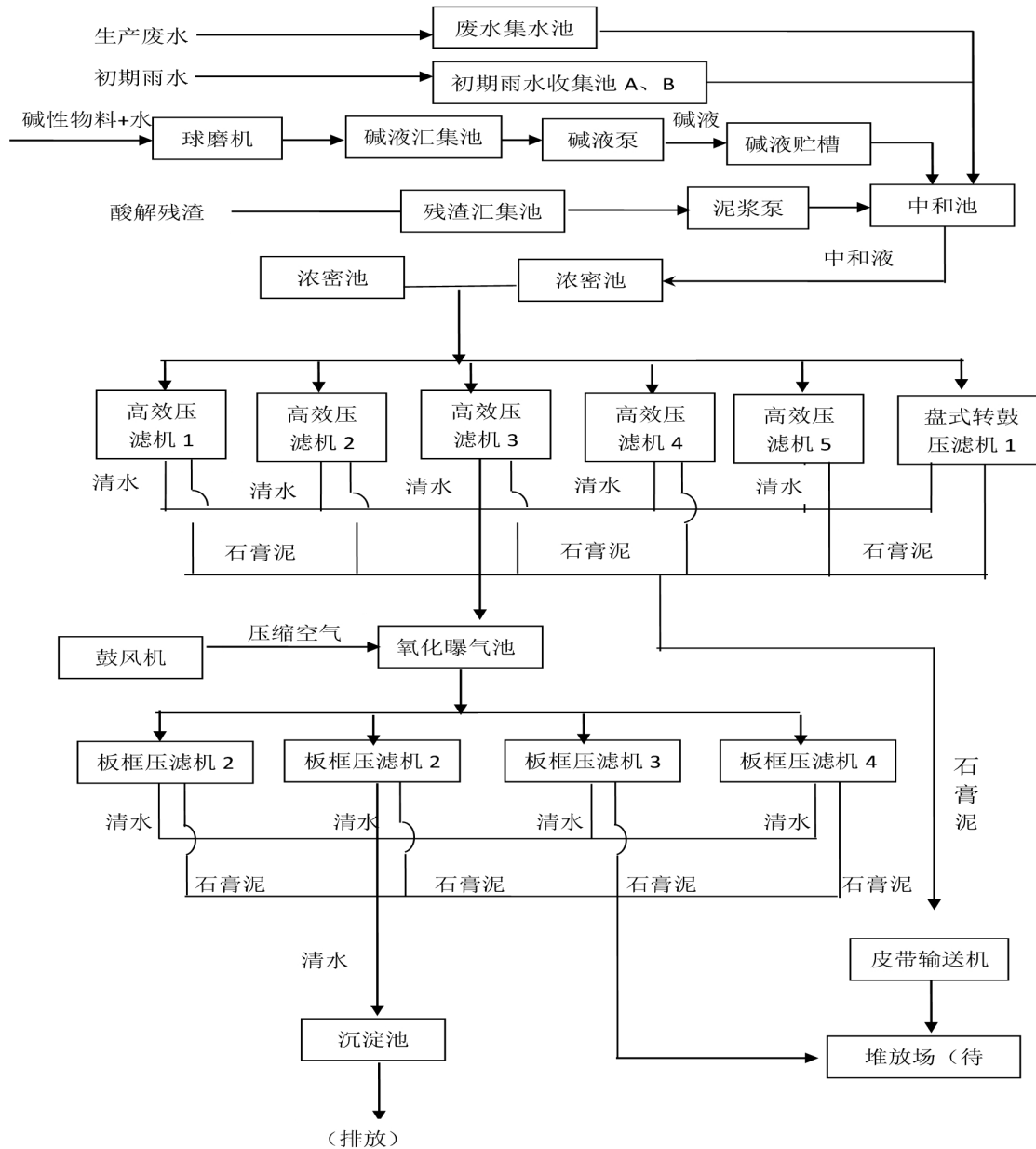


图 5-4 某硫酸法钛白粉企业废水处理工艺流程图

#### 工程实例 4：硫酸法生产工艺

##### (1) 工程概况

该企业采用硫酸法生产工艺，年产钛白粉 3 万吨，配套建设的污水处理站处理能力为 7000 吨/天。污水处理系统与公司生产线同时设计同时施工于 2010 年同时投入使用，运行情况良好。废水处理成本按吨钛白粉计为 1000 元左右。

##### (2) 企业污水处理设施进出水水质

公司生产废水处理后执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准及工业污水处理厂进水水质要求。

表 5-10 某硫酸法钛白粉企业污水处理站进出水水质

项目	单位	公司污水处理站进水	经污水处理站处理后出水	工业污水处理厂进水水质要求
设计水量	m <sup>3</sup> /天	7000	7000	—
pH 值	—	≤2	6~9	6~9
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	mg/L	2000~4000	≤50	≤500
悬浮物 (SS)	mg/L	≤400	≤50	≤400
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	/	/	/
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	≤40	≤20	≤40

### (3) 废水处理工艺

进入污水处理站的废水主要来自生产废水、初期雨水和生活污水。废水经“氢氧化钙中和+曝气+浓密机固液分离+高压压榨机”处理后清液排入园区工业污水处理厂。废水处理工艺流程图：



图 5-5 某硫酸法钛白粉企业废水处理工艺流程图

### 工程实例 5：氯化法生产工艺

#### (1) 工程概况

该企业采用氯化法生产工艺，年产能 6 万吨，2019 年产量 58500 吨，废水处理设计日处理能力 5820 吨，24 小时连续运行，废水处理能够达标排放，年废水处理成本大约 1300 万元。

#### (2) 企业污水处理设施进水水质

表 5-11 某氯化法钛白粉企业工业废水治理工程进水水量和水质

项目	单位	取值范围
设计水量	m <sup>3</sup> /t TiO <sub>2</sub>	25~35
pH 值	—	1~2.5
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	mg/L	≤500
悬浮物 (SS)	mg/L	100~300
Cl <sup>-</sup>	mg/L	≤120000
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	≤30
TN	mg/L	≤40

#### (3) 废水处理工艺

氯化法钛白粉生产废水中主要污染因子为 pH 值。废水产生后经过中和池调节 pH 值后打入沉降池，在沉降池中去除悬浮物，沉降池污泥泵送至污泥脱水间脱水后运至填埋场填埋，

洁净水外排。

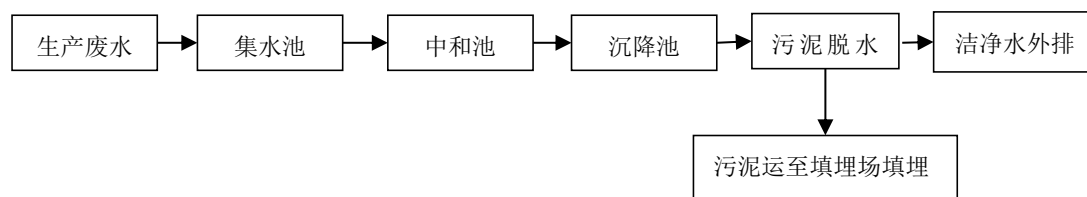


图 5-6 某氯化法钛白粉企业废水处理工艺流程图

## 6.主要技术内容及说明

### 6.1 适用范围

钛白粉工业是指以钛精矿、酸溶性钛渣或富钛料为主要原料，用硫酸法或氯化法等工艺生产钛白粉的工业过程。本标准作为指导性标准，规定了钛白粉工业废水治理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等技术要求，适用于钛白粉生产企业工业生产废水治理设施新建、改建和扩建工程的设计、施工、验收及运行全过程，可作为钛白粉工业废水治理工程项目的环评影响评价、环境保护设施设计与施工、验收及建成后运行与环境管理的参考依据。

### 6.2 规范性引用文件

根据标准技术内容的需要，本标准引用了部分现行的密切相关的国家标准、行业标准以及相关国家法规作为本标准的延伸技术规定，引用文件的管理规定和技术要求视为本标准的一部分。

引用的现行污染物排放（控制）标准及工业企业环保类标准，是制定本标准的法律依据，其中有关条文是本标准的技术基础，引用此类文件将使本标准更具合法性和权威性。

钛白粉工业废水治理系统工程中关于工艺、设备、管配件等方面的规定引用了现行的国家及行业标准，同时，本标准还引用了有关建设项目涉及的配套工程和工程施工、安装、调试、验收规范等方面的标准。

### 6.3 关于污染物与污染负荷

本标准主要规定了钛白粉工业废水治理工程设计所需要了解的主要废水来源与分类，以及废水水量和水质数据的获取途径和方式。

### 6.3.1 废水来源与分类

按照钛白粉工业主要产品的生产特征以及废水的主要产生环节,钛白粉工业废水主要包括各生产工艺环节产生的废水和辅助车间设备及地坪冲洗水、冷却水、厂区锅炉与电站排水、脱盐水处理排水、循环水处理排水及初期雨水等非生产工艺废水。

其中,硫酸法生产工艺废水包括酸解尾气处理废水、煅烧尾气处理废水、水洗工序浆料洗涤废水、后处理浆料洗涤废水、生产车间设备及地坪冲洗水以及废酸浓缩产生的废水等。氯化法生产工艺废水包括氯化尾气洗涤废水、精制尾气洗涤废水、氧化脱氯尾气洗涤废水、炉底和炉上排出的床层渣洗涤废水、氯化渣洗涤废水、后处理浆料洗涤废水及液氯库废水等。由于废水特性差异较大,钛白粉生产企业所产生的生活污水应单独收集、单独处理,或排入市政污水管网处理,故本标准的技术内容不涉及生活污水的处理。

### 6.3.2 废水水量

现有钛白粉生产企业确定废水量时,优先采用现场实测的方法,包括工厂内部的冷凝水、冷却水、各工段设备及地面冲洗水、尾气处理系统废液、脱盐水处理酸碱废水、压滤机洗涤水及泵密封水等环节。无法获得实测数据的钛白粉企业,应参考相似技术水平、管理水平的企业类比确定废水量。企业在基于实测、类比等数据确定废水水量时,应考虑10%~20%的裕量。

### 6.3.3 废水水质

本标准在规定了实测法、类比法获取废水水质数据的同时,对于不具备上述条件的企业,根据企业调研数据,并通过专家判定方式,综合给出了硫酸法和氯化法生产工艺废水主要污染物的典型浓度数据,以供设计者参考。

## 6.4 总体要求

### 6.4.1 一般规定

#### (1) 废水治理原则

分流排水体制有利于废水的分类处理,提高环境和经济效益,故要求企业采用分流制,规定了钛白粉工业废水收集、处理、回用应依据的清污分流、雨污分流、污污分治、分质回用原则。

#### (2) 环境管理要求

规定了钛白粉工业工业废水治理工程的设计、施工、运行各阶段所应遵守的污染物排放标准制度、排污许可制度、环境影响评价制度以及环境监测制度。

此外还规定了钛白粉工业废水治理工程本身在运行过程中所产生的各种二次污染问题

所应满足的环境管理要求。如，污泥的处理处置、厂界环境噪声均应符合国家有关规定。

#### **6.4.2 源头控制**

本标准从清洁工艺选择、全过程管理、资源回收与综合利用等方面做出了原则性规定。

(1) 清洁生产与源头控制是预防和控制环境污染的基本理念。为加强源头控制，国家相关部门要求大力推进清洁生产工艺技术，实行清洁生产审核制度。钛白粉企业应结合自身实际情况，按照清洁生产标准的要求，对钛白粉生产废水进行全过程控制。

(2) 规定了钛白粉企业在工艺生产过程中应提高生产水的循环利用率，降低单位产品水耗。

(3) 为从源头减少钛石膏产生量，本标准提出了针对浓度较高的酸性废水浓缩回用要求。

#### **6.4.3 建设规模**

工程建设规模的确定是影响工程投资的主要方面，是关系工程投资效益能否顺利实现，提高经济效益的基础。因此，确定符合实际又适应发展需要的建设规模是非常重要的。

##### **(1) 规模确定的原则**

由于钛白粉企业工艺流程不同，废水水量、水质有较大的差异。因此，本标准强调工程规模应从实际出发，通过分析现有或同类工程废水排放情况综合考虑确定，现有企业的废水处理工程应以实测数据为依据，新（扩、改）建企业应进行物料平衡计算或类比确定。

##### **(2) 废水处理站的建设规模**

废水处理站的设计，应考虑到分期扩建的可能性和灵活性，便于工程建设在短期内见效和日后的工程扩建和升级改造，按照生产设计负荷（相当于最大日流量）进行设计。

#### **6.4.4 项目构成**

钛白粉企业废水处理站的组成除废水处理建（构）筑物与设备外，还应包括保证处理系统正常运行的辅助工程和配套设施。废水处理建（构）筑物分为废水处理系统和污泥处理与处置系统（预处理产生的污泥也可根据污泥的性质纳入该系统）。其中的废水处理系统根据处理程度的不同分为多级中和-混凝-沉淀处理和深度处理系统。污泥处理与处置系统分为污泥均质、污泥浓缩、污泥脱水单元。脱水后的污泥应外运去综合利用或填埋，污泥处置系统不属于废水治理站设施。

#### **6.4.5 场址选择**

按照现行国家及行业标准的相关规定，并满足环境影响评价批复文件的要求。



#### 6.4.6 总平面布置

本标准规定了总平面布置应符合的相关标准和规范，并与其相关的工艺布置统一考虑，合理布局。《工业企业总平面设计规范》（GB 50187）是关于工业企业总平面布置的指导性标准，标准从厂址选择、总体规划、总平面布置、运输路线及码头布置、竖向设计、管线综合布置、绿化布置、主要技术经济指标等方面作了系统的规定，应作为钛白粉企业废水处理工程选址和总平面布置的依据。同时，处理系统在处理工艺、生产管理等方面与城镇污水处理厂有相似之处，厂址选择、平面和竖向设计等也宜参照《室外排水设计规范》（GB 50014）中的相关规定。

根据处理工艺、处理级别和各种构筑物的形状大小及其组合，结合厂址地形、气候和地质条件等，可有各种总平面布置形式，必须综合确定。

生产辅助建筑物的设置，应满足处理工艺和日常管理的需要，其面积应根据废水治理工程的规模、处理工艺、管理体制等确定。

### 6.5 工艺设计

#### 6.5.1 一般规定

本部分规定了钛白粉生产工业废水处理工艺应根据现行的国家或地方排放标准、地方污染物总量控制要求，选择相应的处理工艺，依据钛白粉生产废水水质特性及处理出水要求，优先采用先进、成熟、高效的处理工艺。新工艺应取得试验成果后方可使用，确保废水处理站稳定、可靠、安全运行。

本部分针对钛白粉企业废水治理工艺设计中涉及的一些重点问题提出了基本要求，如工艺选择依据、废水回用、深度处理，并指出生产过程产生的废酸按照危废管理规定执行。

规定了主要处理构筑物宜分成不少于两组，按并联设计。同时要求废水处理工艺设计应符合 GB 50014、GB 50684 中的相关规定。

#### 6.5.2 工艺流程选择

由于不同钛白粉企业生产工艺流程不同，其生产过程产生的废水水质变化较大，因此钛白粉生产企业应根据现行的国家和地方相关排放标准、污染物的来源及性质、排水去向及处理效率等因素确定废水处理系统的处理程度，选择相应的处理级别和处理工艺，经技术经济比较后确定。

国内现有钛白粉生产企业的废水处理工艺在遵循“中和+沉淀”基本流程外，由于生产规模不同、生产工艺组合不同、以及不同地理环境对应的环保要求差异而各有特色，在综合考虑现场调研结果和目前国家环境管理要求的基础上，针对不同废水水质，本标准选择了二级中和沉淀法以及一级中和二次压滤法作为基础处理工艺，同时为了满足更高的出水水质要

求，本标准还推荐了过滤、超滤和反渗透等处理技术作为深度处理工艺。

### 6.5.3 工艺设计要求

废水处理的主要目标是满足企业达标排放的要求。本标准结合钛白粉企业废水治理工程的实践，对废水收集、废水处理各单元工艺、污泥处理处置、事故池配置等进行了一般性的设计规定。

#### (1) 废水收集和贮存

针对生产环节产生的废水、辅助车间地面冲洗水等生产车间废水和厂区雨水收集贮存提出了基本要求。收集和贮存的废水原则上就地处理、回收利用，需要外排的废水，排入厂区废水处理站调节池或事故池。

#### (2) 格栅

在污水处理前设置格栅，其作用是防止提升泵、处理构筑物或设备以及管道堵塞或磨损，保证后续处理顺利进行。

由于格栅与污水接触，化工污水成分复杂，通常有一定的腐蚀性，格栅的材质应选用耐腐蚀材质。

#### (3) 调节池

为保证后续处理设施稳定运行，降低冲击负荷，提高系统操作稳定性，应对污水的水质、水量进行调节。

调节池容积的确定一般应取得污水水质、水量的变化规律，经计算确定。无相关资料时宜按 8~12h 平均流量设计。若调节时间过短，易影响后续设施的稳定运行。

调节池内应设置空气搅拌或机械搅拌设施，目的是均质和防止悬浮固体沉积在池底。

由于废水的 pH 呈强酸性，需对 pH 进行调节，可设置 pH 调整装置，池体做防腐处理。

#### (4) 反应中和池

废水的混凝沉淀反应需在特定的 pH 值条件下进行，应先加碱进行调节。调节 pH 值的药剂可选用石灰，也可以选用电石渣、石灰石等。混凝剂可选用复配混凝剂或与有机高分子混凝剂联用。

本工艺的中和—混凝反应过程可以分别进行，也可以在同一反应池中完成。混凝、絮凝反应时间宜根据试验确定，也可根据同类型污水处理运行经验数据选取。可以参照 GB 50014、GB/T50335 中的有关规定。

规定了反应中和池（槽）的数量，不宜少于二个，池体做防腐处理。

#### (5) 沉淀池

沉淀池是废水处理工程的主要工艺环节。结合废水处理系统的工艺流程，沉淀池可分为一次沉淀池、二次沉淀池。沉淀池的设计统一以表面水力负荷为主要设计参数，工业废水沉淀池表面水力负荷普遍小于市政污水沉淀池，设计中应同时校核固体负荷、沉淀时间、有效

水深等指标，使之相互协调。

沉淀池设计参数可根据具体情况并参照 GB 50014 执行，一般采用辐流式沉淀池，水力负荷宜为  $0.5\sim 0.8\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，沉淀时间宜为  $3.0\sim 5.0\text{ h}$ 。

#### (6) 过滤

为确保稳定达标或满足回用要求，宜在混凝沉淀后设置过滤装置。

滤池设计要稳妥，减少反洗频率，留有应变余地，考虑检修的方便。进水中 SS 的浓度不宜过高，经技术比较分析确定过滤进水 SS 宜小于  $50\text{mg/L}$ 。

滤池的技术要求可以参照 GB/T 50335 中的相关设计参数，实际工程中部分设计参数还要通过试验或类比同类工程确定。

HJ 2008 规定了污水处理的过滤池。除传统的普通快滤池、V 型滤池、虹吸滤池和重力式无阀滤池外，目前应用的机械过滤池也种类繁多，如各种快速机械过滤器、盘式（或网式）全自动过滤器和滤布过滤器等，这些过滤器均可用于废水深度处理的过滤单元中，具体选用何种过滤器应根据进水水质和处理要求选择。

#### (7) 深度处理

废水在经过中和沉淀工艺流程处理后，在确保水质安全可靠的前提下，企业应将系统处理后的废水回用于相应的生产装置和环节。对有特别回用和排放要求的废水，可根据实际需要在以上工艺流程处理后再采用混凝澄清、混凝过滤、超滤和反渗透等工艺进行深度处理，混凝澄清、混凝过滤、超滤和反渗透设计可参照 GB/T 50335、HJ 579 中的规定进行。具体采用的深度处理工艺应根据回用对象对水质的要求，经技术经济比较确定。

#### (8) 污泥处理与处置

污泥处理和处置的目的是减量化、稳定化、无害化以及综合利用。

##### (a) 污泥处理

钛白粉企业废水污泥主要包括物化污泥，物化污泥主要是水中的 SS 与混凝药剂反应生成的絮体，可通过物料和化学反应平衡计算确定。剩余污泥量的计算方法可参照 GB 50014。

为减少药剂投加量和后续处理工作量，一般需进行污泥浓缩，采用重力式污泥浓缩池时，污泥浓缩时间应通过试验确定或可以采用  $16\sim 24\text{ h}$  设计，浓缩后污泥含水率应不大于  $98\%$ 。

目前钛白粉企业多采用厢式压滤机、板框压滤机，均取得了较好的效果。污泥脱水机类型应根据污泥性质、污泥产量、脱水要求、污泥处理运行时间和污水处理排泥方式等因素综合确定。脱水污泥含水率宜小于  $50\%$ 。

其他污泥处理环节应参照 GB 50014 中的相关要求，并根据钛白粉废水污泥特性对污泥处理的相关工艺参数进行适当的调整。

##### (b) 污泥处置

污泥的最终处置主要包括综合利用、填埋等途径。泥饼和栅渣等的堆场地面和四周应有防渗、防漏、防雨水等措施。污泥填埋应符合 GB 18599 等规定。

对于硫酸法钛白粉厂污水处理站产生的钛石膏，数量比较大（每吨钛白粉副产 4~8 吨，以干基计），鼓励综合利用，尽量减少填埋。国内已经开发成功钛石膏作为水泥厂原料（添加剂）和制造建筑材料（石膏板）等技术可供选用。从目前各地生态环境部门的要求看，基本上不允许新建固体废物填埋场，对于新建厂应首选综合利用途径处置钛石膏。

#### （9）污水总排放口

规定了污水总排放口流量设计应满足全产能条件下污水总量排放要求。要求设置监测设备，监测参数按照国家或地方规定执行。

### 6.5.4 突发事故应急措施

钛白粉工业废水治理工程应设置事故池。事故池的功能是储存事故污水，避免对后续污水处理站造成冲击。事故池容积可按最大日平均时流量的 8~12 h 废水量设计。

## 6.6 其它技术内容

### 6.6.1 主要工艺设备与材料

本标准规定了为实现工艺设计要求所需设备配置和材料选用的技术要求。

钛白粉工业废水处理工程涉及的各种工艺设备均应满足国家相关标准的要求，同时安装中应充分考虑设备的备用，宜储备一定数量的易损部件。工程设计和日常运行管理中应加强防腐措施。防腐蚀技术应符合国家现行标准的规定。

本标准列出了钛白粉工业废水处理工程中常用的混凝剂、絮凝剂、无机盐等常用药剂。

### 6.6.2 检测与过程控制

- （1）规定了日常检测的内容，包括废水量、废水水质、设施运行状态等。
- （2）规定了主要设备的控制要求。
- （3）规定了废水外排口设置在线监测系统的要求。

### 6.6.3 主要辅助工程

规定了电气系统、建筑与结构、采暖通风与空调、给排水与消防、道路与绿化的要求。

### 6.6.4 劳动安全与职业卫生

规定了劳动安全与职业卫生的要求。

### 6.6.5 施工与验收

规定了施工与工程验收、环境保护验收的要求。

## 7 标准实施的环境效益与经济技术分析

### 7.1 环境效益分析

本标准的实施，有利于规范钛白粉行业水污染防治工作和有效控制水污染物的排放。本标准实施后，钛白粉工业废水采用中和沉淀压滤工艺处理后，能达到“新建企业限值”，辅以过滤或超滤深度工艺处理后能达到“特别排放限值”。

### 7.2 经济效益分析

#### 7.2.1 经济技术分析

以设计水量 1000m<sup>3</sup>/h 的钛白粉工业废水处理工程为例进行经济技术分析。

设计规模：1000m<sup>3</sup>/h。

废水水质：采用本标准 4.2.3 表 1 数值。

废水排放标准执行“新建企业限值”，即 pH 值=6~9，化学需氧量(COD<sub>Cr</sub>)=70~150 mg/L，悬浮物(SS)=50~70 mg/L。

#### 7.2.2 工艺流程

采用本标准 6.2 推荐的二级中和二级沉淀工艺流程。

#### 7.2.3 主要工艺单元的处理效果

表 7-1 主要工艺单元的处理效果汇总

污染物项目		调节池	中和池	沉淀池
pH 值	调节率 (%)	/	/	/
	出水值	2.0~2.5	7~10	6~9
化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	去除率 (%)	/	80~85	25~65
	出水浓度 (mg/L)	≤1000	≤200	70~150
悬浮物 (SS)	去除率 (%)	/	/	85~90
	出水浓度 (mg/L)	≤500	≤500	50~70
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (硫酸法)	去除率 (%)	/	85~90	≤5
	出水浓度 (mg/L)	≤160000	≤2000	≤2000
Cl <sup>-</sup> (氯化法)	去除率 (%)	/	/	/
	出水浓度 (mg/L)	≤250000	≤250000	≤250000

#### 7.2.4 主要设计参数

##### (1) 调节池

停留时间：8h~12h。

(2) 中和池

容积负荷：50COD/ (m<sup>3</sup> · d) ~100 COD/ (m<sup>3</sup> · d) ， 停留时间：30min~60min。

(3) 沉淀池

停留时间：3.0h~5.0 h。

(4) 事故池

停留时间：8h~12 h。

### 7.2.5 主要工程设施

(1) 主要构、建筑物

调节池 1 座，容积 1500m<sup>3</sup>；中和池 2 座，容积 200m<sup>3</sup>；沉淀池 2 座，容积 1500m<sup>3</sup>；污泥调节池 1 座，容积 1500m<sup>3</sup>；清水池 1 座，容积 10000 m<sup>3</sup>；事故池 1 座，容积 10000m<sup>3</sup>。

(2) 主要设备器材

主要设备符合本标准第 7 章规定。

(3) 工程投资

第一部分工程费用包括：土建费用 1600 万元，设备器材购置费用约 3200 万元，运输安装费用约 800 万元，管道及阀门费用约 400 万元，电气自控及照明费用约 240 万元，化验室设备器材费用约 160 万元，合计约 6400 万元。

第二部分工程费用包括：管理费约 300 万元，勘测费约 10 万元，设计费约 800 万元，调试费约 400 万元，监理费约 50 万元，培训费约 40 万元，合计约 1600 万元。

**工程投资约 8000 万元。折合吨水投资约 10 元~30 元。**

以上工程投资未计征地、三通一平、特殊地基处理、电增容、报建、预算编制等费用。

### 7.2.6 运行成本

电耗约 4500kw · h/d，若以工业用电 1.0 元/ (kw · h) 计，电费约 4500 元/日；药剂费约 3000 元/日；水费约 750 元/日；人工费约 1500 元/日；维修费约 2250 元/日。合计约 15000 元/日。折合吨水运行成本约 0.625 元。

**若钛白粉产出率 90%，则生产每吨钛白粉废水处理成本约 420 元~750 元。**

以上运行成本未计污泥外运外置费、管理费、折旧费等。

### 7.2.7 效益

每天约产生 900m<sup>3</sup> 达到“新建企业限值”的水，可直接或再经适当处理后回用于生产环节。

工业用水价格因地域和取用水源的不同而差别性较大，以北京市为例，城市管网污水处

理费为 1.36 元/吨，则按照最大处理量计算，每天仅污水处理费用节省资金为 32640 元，每年开工时间若以 200 天计，则节省 652.8 万元。

## **8 标准实施建议**

随着钛白粉工业企业清洁生产水平的不断提高和行业废水治理技术的不断进步，与本标准相关的技术、工艺有可能发生很大的变化，本标准相应的技术要求也应随之进行调整。同时，盐酸法等行业生产工艺创新正在推进，其废水排放特征与硫酸法、氯化法具有较大差异。因此，建议在本标准实施过程中，广泛听取和收集各方面的意见与建议，根据实际应用情况，对本标准进行不断修订与完善，使其先进性、实用性和经济性与时俱进，以满足环境管理和环境保护工程建设的需要。