



# 钛冶炼厂工艺设计标准

Standard for process design of titanium smelter

2018 – 11 – 01 发布

2019 – 04 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

钛冶炼厂工艺设计标准

Standard for process design of titanium smelter

**GB 51326 - 2018**

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 9 年 4 月 1 日

中国计划出版社

2018 北 京

中华人民共和国国家标准  
钛冶炼厂工艺设计标准

GB 51326-2018

☆

中国计划出版社出版发行

网址: [www.jhpress.com](http://www.jhpress.com)

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

三河富华印刷包装有限公司印刷

---

850mm×1168mm 1/32 2.125 印张 51 千字

2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

☆

统一书号: 155182·0255

定价: 13.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2018 年 第 248 号

## 住房城乡建设部关于发布国家标准 《钛冶炼厂工艺设计标准》的公告

现批准《钛冶炼厂工艺设计标准》为国家标准，编号为 GB 51326—2018，自 2019 年 4 月 1 日起实施。其中，第 4.2.13、4.2.15、4.2.16、5.1.4、5.1.11 条为强制性条文，必须严格执行。

本标准在住房城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开，并由住房城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2018 年 11 月 1 日

# 前 言

本标准是根据住房城乡建设部《关于印发〈2015 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189 号)的要求,由中国有色工程有限公司、贵阳铝镁设计研究院有限公司会同有关单位共同修订完成。

本标准在修订过程中,编制组认真总结了我国钛冶炼企业建设的经验和教训,借鉴了国内和国外先进标准的规定,在广泛征求意见的基础上,经反复修改与完善,最后经审查定稿。

本标准共分 9 章,主要内容包括:总则,术语,原材料及辅助材料,钛渣生产,四氯化钛生产,海绵钛生产,镁氯循环利用,海绵钛破碎包装与贮存,辅助设施。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理,由贵阳铝镁设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送贵阳铝镁设计研究院有限公司(地址:贵州省贵阳市观山湖区金朱西路 2 号,邮政编码:550081)以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:**中国有色工程有限公司

贵阳铝镁设计研究院有限公司

**参 编 单 位:**中铝国际工程股份有限公司

沈阳铝镁设计研究院有限公司

云南冶金集团新立钛业有限公司

攀钢集团钛业有限责任公司

四川省四维环保设备有限公司

马德宝真空设备集团有限公司

**主要起草人:**蒙 钧 安建国 路 辉 田卫红 陈 杰  
熊兴联 杨仁牧 丁子文 周小淞 邓 超  
张书贤 江书安 邹 捷 唐仁杰 郑少华  
姜方新 罗 斌 徐福昌

**主要审查人:**刘禹明 黄北卫 陈德明 刘洪贵 谢江河  
许伟春 时永华 廖 骐 黄云峰 苗庆东

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	原材料及辅助材料 .....	( 3 )
3.1	原材料 .....	( 3 )
3.2	辅助材料 .....	( 4 )
4	钛渣生产 .....	( 6 )
4.1	原料准备 .....	( 6 )
4.2	钛渣熔炼 .....	( 6 )
4.3	钛渣破碎 .....	( 9 )
4.4	电炉烟气净化与回收利用 .....	( 9 )
4.5	生铁处理 .....	( 10 )
5	四氯化钛生产 .....	( 11 )
5.1	一般规定 .....	( 11 )
5.2	氯化 .....	( 12 )
5.3	精制 .....	( 14 )
5.4	四氯化钛贮存与输送 .....	( 15 )
5.5	尾气处理 .....	( 15 )
5.6	液氯贮存与蒸发 .....	( 16 )
6	海绵钛生产 .....	( 18 )
6.1	一般规定 .....	( 18 )
6.2	还原准备 .....	( 18 )
6.3	还原蒸馏 .....	( 19 )
6.4	真空系统 .....	( 20 )
6.5	液氩贮存与汽化 .....	( 20 )

7 镁氯循环利用 .....	( 21 )
7.1 氯化镁电解及镁的精炼 .....	( 21 )
7.2 电解氯气的加压与输送 .....	( 21 )
7.3 镁电解的废气处理 .....	( 22 )
8 海绵钛破碎包装与贮存 .....	( 23 )
8.1 海绵钛破碎及包装 .....	( 23 )
8.2 海绵钛贮存 .....	( 24 )
9 辅助设施 .....	( 25 )
9.1 一般规定 .....	( 25 )
9.2 检测计量 .....	( 26 )
9.3 供配电 .....	( 26 )
9.4 原料贮存和堆场 .....	( 27 )
9.5 分析与检验 .....	( 27 )
9.6 供水排水 .....	( 28 )
本标准用词说明 .....	( 29 )
引用标准名录 .....	( 30 )
附:条文说明 .....	( 33 )

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Raw materials and auxiliary materials .....	( 3 )
3.1	Raw materials .....	( 3 )
3.2	Auxiliary materials .....	( 4 )
4	Titanium slag production .....	( 6 )
4.1	Preparation of raw materials .....	( 6 )
4.2	Titanium slag smelting .....	( 6 )
4.3	Titanium slag crushing .....	( 9 )
4.4	Electric furnace waste gas purification and comprehensive utilization .....	( 9 )
4.5	Pig iron disposing .....	( 10 )
5	Titanium tetrachloride production .....	( 11 )
5.1	General requirements .....	( 11 )
5.2	Chlorination .....	( 12 )
5.3	Refining .....	( 14 )
5.4	Titanium tetrachloride storage and transportation .....	( 15 )
5.5	Exhaust gas purification .....	( 15 )
5.6	Liquid chlorine storage and evaporation .....	( 16 )
6	Sponge titanium production .....	( 18 )
6.1	General requirements .....	( 18 )
6.2	Reduction preparation .....	( 18 )
6.3	Reduction and distillation .....	( 19 )
6.4	Vacuum system .....	( 20 )

6.5	Liquid argon storage and vaporization .....	( 20 )
7	Magnesium and chloride recycling .....	( 21 )
7.1	Magnesium chloride electrolysis and magnesium refining .....	( 21 )
7.2	Pressure and transport of electrolytic chlorine .....	( 21 )
7.3	Magnesium electrolysis waste gas treatment .....	( 22 )
8	Packing and storage of sponge titanium .....	( 23 )
8.1	Sponge titanium removing, crushing and packaging .....	( 23 )
8.2	Storage of sponge titanium .....	( 24 )
9	Auxiliary facility .....	( 25 )
9.1	General requirements .....	( 25 )
9.2	Detection and measurement .....	( 26 )
9.3	Power supply and distribution .....	( 26 )
9.4	Storage of raw materials and stock-yard .....	( 27 )
9.5	Analysis and testing .....	( 27 )
9.6	Water supplying and drain aging .....	( 28 )
	Explanation of wording in this standard .....	( 29 )
	List of quoted standards .....	( 30 )
	Addition: Explanation of provisions .....	( 33 )

# 1 总 则

**1.0.1** 为统一钛冶炼厂工艺设计的技术要求,推动技术进步,提高设计质量和效率,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于以钛精矿为原料制取富钛料、富钛料制取四氯化钛、镁热还原-真空蒸馏生产海绵钛的钛冶炼厂新建、改建和扩建的工艺设计。

**1.0.3** 钛冶炼厂工艺设计应采用先进成熟的技术、装备和材料,并应做到安全、节能、环保。

**1.0.4** 钛冶炼厂海绵钛总体工艺方案应选择镁氯闭路循环工艺。

**1.0.5** 钛冶炼厂工艺设计应设置环保、安全、职业卫生和消防措施,并应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

**1.0.6** 钛冶炼厂废渣、废水、废气的处理排放应符合现行国家标准《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468 的有关规定。

**1.0.7** 钛冶炼厂分期建设时,应做好全面规划设计,满足分期建设的需要。全流程海绵钛冶炼厂生产经济规模产能应大于 5000 吨/年。

**1.0.8** 钛冶炼厂工艺设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 钛铁矿 ilmenite

以偏钛酸铁为主要成分的含钛矿物。

### 2.0.2 钒钛磁铁矿 vanadium titanium magnetite

以含铁、钛、钒为主的磁铁矿。

### 2.0.3 配碳量 carbon ratio

以碳的理论用量乘以过碳(剩)系数的值。

### 2.0.4 泡沫渣 foaming slag

钛渣熔炼过程中浮在熔体上部的泡沫状的混合物。

### 2.0.5 海绵钛坨 sponge titanium lump

指经还原蒸馏产生的坨状海绵钛。

### 2.0.6 富钛料 titanium rich charge

含钛矿物经处理后得到的含  $\text{TiO}_2$  含量较高的物料。

### 2.0.7 四氯化钛泥浆 titanium tetrachloride slurry

四氯化钛制备过程中含有固体杂质的四氯化钛浆液。

### 2.0.8 全流程海绵钛冶炼厂 whole process titanium smelter

指以富钛料(或钛精矿)为原料生产海绵钛的企业,生产工序含(富钛料生产)四氯化钛生产、海绵钛生产、氯化镁电解、海绵钛破碎包装等主要工艺工序的钛冶炼企业。

## 3 原材料及辅助材料

### 3.1 原 材 料

3.1.1 钛精矿应符合现行行业标准《钛精矿(岩矿)》YB/T 4031的有关规定。

3.1.2 钛铁矿应符合现行行业标准《钛铁矿精矿》YS/T 351的有关规定,成分宜高于三级 B。

3.1.3 高钛渣应符合现行行业标准《高钛渣》YS/T 298的有关规定。

3.1.4 酸溶性渣应符合现行行业标准《酸溶性钛渣》YB/T 5285的有关规定。

3.1.5 人造金红石应符合现行行业标准《人造金红石》YS/T 299的有关规定。

3.1.6 天然金红石应符合现行行业标准《天然金红石精矿》YB 839的有关规定,成分应高于三级。

3.1.7 石油焦应符合现行行业标准《石油焦(生焦)》NB/SH/T 0527的有关规定。

3.1.8 兰炭应符合现行国家标准《兰炭产品品种及等级划分》GB/T 25212的有关规定。兰炭宜选择固定碳—1级~6级,粒度可采用兰炭末。

3.1.9 无烟煤宜选择低硫、低灰分水洗无烟煤。无烟煤成分应符合表 3.1.9 的规定。

表 3.1.9 无烟煤成分(%)

项目	固定炭	灰分	挥发分	水分
含量	>82	<6	<8	<5

注:粒度宜为 1mm~100mm。

- 3.1.10** 冶金焦炭应符合现行国家标准《冶金焦炭》GB/T 1996 的有关规定。
- 3.1.11** 煅后焦应符合现行行业标准《预焙阳极用煅后石油焦》YS/T 625 的有关规定,粒度应根据生产工艺确定。
- 3.1.12** 金属镁应符合现行国家标准《原生镁锭》GB/T 3499 的有关规定,成分应高于 Mg9995B。
- 3.1.13** 氯气应符合现行国家标准《工业用液氯》GB 5138 的有关规定,成分应高于合格品。
- 3.1.14** 四氯化钛应符合现行行业标准《四氯化钛》YS/T 655 的有关规定,成分应高于二级。
- 3.1.15** 铝粉应符合现行国家标准《铝粉 第 2 部分:球磨铝粉》GB/T 2085.2 的有关规定,成分应高于二级品。
- 3.1.16** 矿物油应满足工业级白油要求。
- 3.1.17** 脂肪酸应符合工业用脂肪酸要求。
- 3.1.18** 铜丝应符合现行国家标准《铜及铜合金线材》GB/T 21652 的有关规定。

## **3.2 辅助材料**

- 3.2.1** 氮气应符合现行国家标准《工业氮》GB/T 3864 的有关规定。
- 3.2.2** 氧气应符合现行国家标准《工业氧》GB/T 3863 的有关规定。
- 3.2.3** 氩气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842 的有关规定。
- 3.2.4** 电极糊应符合现行行业标准《电极糊》YB/T 5215 的有关规定。
- 3.2.5** 炭电极应符合现行行业标准《炭电极》YB/T 4226 的有关规定。
- 3.2.6** 石墨电极应符合现行行业标准《石墨电极》YB/T 4088 的有关规定。

**3.2.7** 氯化钠应符合现行国家标准《工业盐》GB/T 5462 的有关规定,水分宜小于 0.5%。

**3.2.8** 氢氧化钠应符合现行国家标准《工业用氢氧化钠》GB 209 的有关规定。

**3.2.9** 浓硫酸应符合现行国家标准《工业硫酸》GB/T 534 的有关规定,硫酸浓度不小于 98%。

**3.2.10** 氯化钾应符合现行国家标准《氯化钾》GB 6549 的有关规定,质量满足 I 类合格品要求,水分应小于 0.5%。

**3.2.11** 氟化钙应符合现行行业标准《萤石》YB/T 5217 的有关规定,质量满足 FF-97 的要求,氟化钙不应小于 97%,水分宜小于 0.5%。

**3.2.12** 石灰应符合现行行业标准《冶金石灰》YB/T 042 的有关规定,成分应高于四级。

**3.2.13** 氯化钙应符合现行国家标准《工业氯化钙》GB/T 26520 的有关规定,成分应满足无水氯化钙的要求。

**3.2.14** 氯化锂应符合现行国家标准《无水氯化锂》GB/T 10575 的有关规定,成分应高于 LiCl-0 级。

**3.2.15** 氯化钡应符合现行国家标准《工业氯化钡》GB/T 1617 的有关规定,质量满足 II 类一等品要求,水分应小于 0.5%。

## 4 钛渣生产

### 4.1 原料准备

**4.1.1** 钛渣生产原料准备可选择粉矿直接入炉、预氧化、预热、预还原和造粒工艺。钛渣生产原料准备工艺选择应根据钛矿的物相、成分、粒度和电炉熔炼方式确定。

**4.1.2** 原料的储量应根据原料产地到钛冶炼厂之间的距离、运输方式、运输条件、供货方式和生产规模确定。辅助材料的储量可根据供货批量确定。原料采用海运方式，贮存和堆存量应满足一批运输船舶的装料量。

**4.1.3** 原料库中的各类物料应分区贮存和装卸，各种物料装卸不应交叉作业。

**4.1.4** 还原剂的粒度应根据熔炼方式和钛矿粒度确定，宜直接外购合格粒度的还原剂。

**4.1.5** 钛精矿与还原剂的配料比应根据钛矿中杂质氧化物的含量、熔炼过程中的还原程度及还原剂中的固定碳含量、过碳系数、生铁中的含碳量和飞扬损失因素计算确定。密闭电炉过碳系数宜取 1.05~1.10。

**4.1.6** 钛精矿与还原剂应设混料设施，宜设置于炉顶。

**4.1.7** 密闭电炉熔炼钛渣入炉的混合物料的含水率应小于 0.5%。

**4.1.8** 密闭电炉给料方式宜采用氮气给料方式。

### 4.2 钛渣熔炼

**4.2.1** 钛渣产品品质根据钛矿成分中非铁杂质的含量确定，岩矿宜生产酸溶性钛渣，砂矿宜生产高钛渣。

**4.2.2** 钛渣电炉供电方式有直流供电和交流供电两种方式,钛渣电炉的容量应根据所产钛渣的质量和产量确定。交流钛渣电炉变压器容量选择应大于  $12500\text{kV} \cdot \text{A}$ ,直流钛渣电炉功率应大于  $9000\text{kW}$ 。

**4.2.3** 钛渣电炉的结构分为圆形和矩形、密闭和半密闭形式,电炉的结构应采用密闭形式。钛渣电炉容量与供电方式、结构形式设计应符合下列规定:

1 交流电炉变压器容量大于  $12500\text{kV} \cdot \text{A}$  时,应采用单相供电方式。

2 交流电炉变压器容量小于  $40000\text{kV} \cdot \text{A}$  时,宜采用圆形结构;交流电炉容量大于  $40000\text{kV} \cdot \text{A}$  时,宜采用矩形结构。

3 交流电炉变压器总容量宜小于  $105000\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

4 直流电炉功率宜小于  $400000\text{kW}$ 。

**4.2.4** 交流钛渣电炉变压器容量的选择,可按下列式计算:

$$P = GA / (nK_1 K_2 K_3 \cos\varphi) \quad (4.2.4)$$

式中: $P$ ——钛渣熔炼电炉容量( $\text{kV} \cdot \text{A}$ );

$G$ ——钛渣的年产量( $\text{t}$ );

$A$ ——炉前渣单位电耗( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ );

$K_1$ ——变压器利用系数,其取值范围应为  $0.9 \sim 0.95$ ;

$K_2$ ——炉次间的停炉时间系数;

$K_3$ ——炉次内的停炉系数;

$\cos\varphi$ ——变压器功率因数;

$n$ ——电炉年工作时间( $\text{h}$ )。

**4.2.5** 直流钛渣电炉功率的选择,可按下列式计算:

$$P = \frac{G \cdot A}{n \cdot \sigma} \quad (4.2.5)$$

式中: $P$ ——电炉功率( $\text{kW}$ );

$G$ ——钛渣的年产量( $\text{t}$ );

$A$ ——炉前钛渣单位电耗( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ );

$n$ ——电炉年工作时间(h)；

$\sigma$ ——直流电炉运行率，取值范围应为 0.85~0.88。

- 4.2.6 钛渣电炉的供电系统应靠近炉体布置。
- 4.2.7 钛渣电炉炉顶应设置电极安装起吊装置、炉料的运输设备、加料料仓及调节料仓。
- 4.2.8 钛渣电炉的电极压放宜采用液压传动方式，并应设置隔离防护设施。
- 4.2.9 钛渣电炉烟罩、电极夹套和导电铜瓦应设置水冷系统，水冷系统进出水管应集中布置，并应设置水温、流量显示和报警设施。
- 4.2.10 钛渣电炉炉底应设置通风冷却装置，炉底、炉墙和气室应设置测温装置。
- 4.2.11 钛渣电炉炉罩、烟道应设置压力测量装置和防爆设施。
- 4.2.12 钛渣电炉出炉口应设置烧穿装置和出炉操作平台。留渣留铁操作方式的电炉应设置开、堵炉口装置。出炉口周围应设置隔热、防飞溅防护设施。
- 4.2.13 钛渣抬包必须干燥，生铁抬包必须烘干和预热。
- 4.2.14 高温钛渣应设置自然冷却区域，自然冷却与喷雾冷却应分开设置。
- 4.2.15 出炉的熔融钛渣和生铁严禁采用直接浇水冷却方式。
- 4.2.16 严禁雨水、地面水、地下水进入熔炼、浇铸厂房内。严禁在电炉周围、熔炼、铸锭、翻包高温作业区域设置集水坑、水槽及排水点。
- 4.2.17 钛渣和生铁抬包的大小和数量应根据出炉量与冷却工艺确定。
- 4.2.18 钛渣密闭电炉气室应按正压操作方式设计，同时应设置氮气吹扫系统。
- 4.2.19 出渣出铁口应设置烟气收集、净化设施，其设施应与密闭电炉的烟气净化系统分设。

**4.2.20** 密闭电炉进料系统、电极更换、操作区域、控制区域应设置一氧化碳检测报警设施。

**4.2.21** 钛渣熔炼车间内的起吊设施应满足起吊熔融钛渣和生铁的安全要求。起重机应符合现行行业标准《冶金起重机技术条件 第5部分：铸造起重机》JB/T 7688.5的有关规定。

**4.2.22** 钛渣熔炼工序设计应符合国家现行标准《铁合金安全规程》AQ 2024 和《铁合金工艺及设备设计规范》GB 50735的有关规定。

### **4.3 钛渣破碎**

**4.3.1** 钛渣破碎宜选择粗、中、细三级破碎，破碎机的性能应根据产品粒度要求确定。

**4.3.2** 每级破碎应设置磁选分离装置，磁性物料应设置回收设施。

**4.3.3** 破碎、筛分、干燥工序及其转运应设置收尘、减振和消音设施，收集的粉尘应回收利用。

**4.3.4** 作为商品出售的高钛渣质量应符合现行行业标准《高钛渣》YS/T 298的有关规定。酸溶性钛渣应符合现行行业标准《酸溶性钛渣》YB/T 5285的有关规定。

### **4.4 电炉烟气净化与回收利用**

**4.4.1** 钛渣电炉应设置烟气净化处理设施。处理后排放的烟气应符合现行国家标准《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468的相关规定。

**4.4.2** 电炉烟气的净化方法宜采用干法或半湿法处理工艺，应采用两级以上净化方式。烟气的净化方式处理工艺宜采用冷却——重力除尘——过滤处理工艺或冷却——重力除尘——洗涤处理工艺。

**4.4.3** 电炉烟气的潜热和电炉煤气应回收利用。

- 4.4.4** 烟道应设置温度、一氧化碳、氢含量检测和风量调节装置。
- 4.4.5** 大型密闭电炉煤气系统应设置煤气柜。煤气回收系统应设置一氧化碳在线检测装置。煤气柜的设计应符合现行国家标准《工业企业干式煤气柜安全技术规范》GB 51066 的有关规定。
- 4.4.6** 电炉煤气回收利用系统的设计应符合现行国家标准《工业企业煤气安全规程》GB 6222 和《发生炉煤气站设计规范》GB 50195 的相关规定。

## **4.5 生铁处理**

- 4.5.1** 钛渣熔炼出炉生铁应利用余热进行深加工处理。
- 4.5.2** 生铁处理与钛渣冷却应分区设置。生铁深加工区域宜就近布置。
- 4.5.3** 生铁处理区域的设计应符合现行行业标准《炼钢安全规程》AQ 2001 的有关规定。

## 5 四氯化钛生产

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 四氯化钛生产采用的还原剂和富钛料含水量高于 0.5% 时应设置干燥设施。
- 5.1.2 还原剂宜直接外购合格粒度的产品。
- 5.1.3 四氯化钛生产系统建筑物宜采用敞开式厂房,氯化工序和精制工序宜设置于同一建筑物内。
- 5.1.4 四氯化钛生产系统采用密封的建筑物形式时,在氯气缓冲、通氯、排渣、尾气洗涤区域必须设置氯气、氯化氢浓度检测报警装置,同时在尾气洗涤区域应增加设置一氧化碳浓度检测报警装置,且必须设置强制通风设施且应连锁。
- 5.1.5 生产与卫生排气应分开设置处理系统。氯化和精制可共用尾气处理系统。
- 5.1.6 四氯化钛生产系统内设备、构筑物、地面和地沟表面应进行防腐处理。
- 5.1.7 四氯化钛生产系统内应根据设备的维修情况设置起吊装置。维修点附近宜设置集气装置。
- 5.1.8 四氯化钛生产系统宜设置设备清洗室和干燥室。
- 5.1.9 四氯化钛生产系统内的贮存和管道应设排净阀口。管道坡度不应小于 1%。
- 5.1.10 四氯化钛系统应设置事故倒运储槽,容量应满足系统内最大容器的盛装体积,并应设置于系统内的最低位置。
- 5.1.11 四氯化钛生产作业区域内必须设置冲洗装置、洗眼器。
- 5.1.12 四氯化钛储罐区应设置围堰。
- 5.1.13 四氯化钛生产现场应设置存放应急用石灰的区域。

- 5.1.14 四氯化钛生产区域每层楼宜配置移动式轴流风机。
- 5.1.15 四氯化钛生产和贮存设备应设置压力平衡系统,排放的废气应接入废气处理系统。
- 5.1.16 粗四氯化钛生产与精四氯化钛的压力平衡系统应分开设置。
- 5.1.17 氯化工序应备用一台氯化炉和一套收尘装置,或备用一套氯化系统。
- 5.1.18 粗四氯化钛的贮存、输送、管路材质可选择碳钢,精四氯化钛贮存、输送、管路材质宜采用不锈钢。
- 5.1.19 粗四氯化钛贮存隔离气体宜采用氮气,精四氯化钛贮存隔离气体应采用氩气。

## 5.2 氯化

5.2.1 氯化工艺有熔盐氯化 and 沸腾氯化两种,氯化工艺应符合下列规定:

1 富钛料中二氧化钛含量大于 86%,钙、镁氧化物总量低于 2%时,宜采用沸腾氯化工艺;二氧化钛含量大于 74%,钙、镁氧化物总量大于 2%时,宜采用熔盐氯化工艺。

2 富钛料中二氧化钛物相结构为金红石型,不应选择熔盐氯化工艺。

3 金红石氯化应采用沸腾氯化工艺。

5.2.2 氯化炉生产能力计算应符合下列规定:

1 沸腾氯化炉设计生产能力应按下列式计算:

$$Q = 3600 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{D^2 v \gamma}{K \left(1 + \frac{q}{K}\right) \theta} \quad (5.2.2-1)$$

式中:Q——沸腾氯化炉的生产能力(t/h);

D——氯化炉流态化段的有效内径(m);

v——流化速度(m/s);

K——常数,每吨四氯化钛理论耗氯量(kg/t);

- $\theta$ ——氯气利用系数,一般取 0.92~0.99;
- $q$ ——生产每吨四氯化钛原料中杂质消耗的氯量(kg/t);
- $\gamma$ ——氯化温度下的氯气密度(kg/m<sup>3</sup>)。

2 熔盐氯化炉的设计生产能力应按下式计算:

$$Q = Va\eta_a\eta_b \quad (5.2.2-2)$$

式中:Q——熔盐氯化炉的生产能力(t/d);

V——熔盐氯化炉有效熔盐体积(m<sup>3</sup>);

$a$ ——每天每立方米熔盐生产的四氯化钛量[t/(d·m<sup>3</sup>)],一般取 4.0~5.5;

$\eta_a$ ——氯气利用系数,一般取 0.92~0.99;

$\eta_b$ ——生产波动系数,它与盐面的高度、供氯稳定程度、氯气浓度的波动、排盐次数和排盐量等因素有关,一般取 0.95~0.99。

5.2.3 返回氯气,补充氯气、氮气、氧气应设置缓冲稳压装置。氯气缓冲罐底部应设排污口和加热装置。

5.2.4 大中型氯化炉宜设置两台加料系统,互为备用。正压操作并采用机械加料装置时,应设置氮气密封装置,材质应满足耐磨和耐腐蚀的要求。

5.2.5 沸腾氯化炉的内部结构应根据工艺操作方式确定。采用微正压或负压操作方式的炉型,炉内反应段的结构形式宜选择倒锥台形;采用正压操作方式的炉型,炉内反应段的结构形式宜采用圆柱形;内部尺寸应根据计算确定。炉衬材质应满足耐高温、耐磨和耐腐蚀的要求。

5.2.6 氯化炉配套设施应包含下列部分:

1 沸腾氯化炉,包括测温、测压、泥浆返回、加料、散热、氯气分布、排渣、防爆设施;

2 熔盐氯化炉,包括测温、测压、泥浆返回、加料、加盐、通氯管、加热、上下排盐、防爆设施。

5.2.7 沸腾氯化炉宜设置通氧气、通氮气的辅助控温设施。

**5.2.8** 沸腾氯化炉顶部宜设置通氯气装置,出口过道应设置测温、测压、返回料处理装置,过道应满足耐高温和防腐要求。

**5.2.9** 收尘器设计应具有散热、耐腐、收尘和排渣的功能。收尘器底部宜采取保温措施或设置加热装置。

**5.2.10** 当采用负压或微正压操作形式时,收尘器应选择重力收尘方式。当采用正压操作形式时,收尘器宜选择旋风收尘方式。

**5.2.11** 四氯化钛淋洗的级数应根据被淋洗介质的量、温度和淋洗强度确定。淋洗级数不应少于三级,前两级宜采用水冷换热,最后一级应采用低温介质换热。

**5.2.12** 淋洗塔的循环槽应分别设置。每台淋洗塔宜分别设置一台循环泵,淋洗塔宜设置备用泵。

**5.2.13** 四氯化钛淋洗塔的设计应选取空塔喷淋结构。塔内应设置1级~2级喷头,两级喷头间距应根据喷淋压力和结构形式确定,不宜小于3m。

**5.2.14** 淋洗冷凝后的尾气应设置汽液分离装置,分离设备的出口应设置游离氯检测装置。

**5.2.15** 熔盐氯化炉的通氯管应设置防返盐装置,宜在通氯管内设置通针和接入压缩空气,压缩空气的阀门应与炉前氯气压力连锁。

### 5.3 精 制

**5.3.1** 粗四氯化钛精制生产工艺流程应根据除钒的方法来确定除低沸点物、高沸点物和三氯氧钒杂质的顺序。

**5.3.2** 除钒工艺宜选择有机物或铝粉除钒,不宜选择铜除钒工艺。采用铝粉除钒的工艺,宜单独设置低价钛制备装置。

**5.3.3** 蒸馏塔、精馏塔应设置测温装置、测压装置、回流口和回流调节装置。

**5.3.4** 再沸器加热宜采用蒸汽间接加热方式。

**5.3.5** 精馏塔顶四氯化钛气体冷凝应设两级冷凝装置,第一级可

用空气或循环水作为换热介质,第二级宜采用循环水或低温水作为换热介质。

**5.3.6** 含钒的高沸点物、低沸点物的中间贮存宜分开设置,低沸点物应返回氯化工序,含钒高沸点物的处理可采用干蒸法,也可返回氯化工序。采用干蒸法时,蒸出的混合气体应采用强制冷凝回收四氯化钛。

## **5.4 四氯化钛贮存与输送**

**5.4.1** 四氯化钛储罐宜露天布置,储罐顶部应设置维修护栏和照明设施。

**5.4.2** 四氯化钛的贮存量应根据生产规模和保证生产连续的缓冲量来确定。

**5.4.3** 粗四氯化钛储罐和事故槽均应设置搅拌设施,粗四氯化钛储罐底部宜设置泥浆排放口。

**5.4.4** 四氯化钛储罐宜选用立式结构,四氯化钛输送泵应一开一备设置。

**5.4.5** 精四氯化钛商品质量、包装、运输应符合现行行业标准《四氯化钛》YS/T 655 的有关规定。

## **5.5 尾气处理**

**5.5.1** 四氯化钛生产尾气处理应采用三级以上的吸收洗涤处理,先采用水洗回收盐酸,再采用碱洗确保达标排放。洗涤级数应根据尾气量、游离氯残余量、氯化氢含量、洗涤装置结构形式和洗涤效率确定。水洗和碱洗应设置换热设施。

**5.5.2** 尾气处理系统装置应具备耐酸、碱腐蚀要求。

**5.5.3** 尾气洗涤系统应设置碱液高位槽,其容量应满足事故状态下的废气洗涤用量。

**5.5.4** 烟囱设计应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的有关规定。排放烟囱应设置氯气、氯化氢含量在线检测装置。

## 5.6 液氯贮存与蒸发

5.6.1 液氯贮存、运输和输送应符合国家现行标准《工业用液氯》GB 5138 和《液氯使用安全技术要求》AQ 3014 的有关规定。

5.6.2 液氯贮存与蒸发应设置在厂区的下风区域,应设置围墙。

5.6.3 液氯储库应独立设置液氯装卸、液氯贮存、液氯蒸发和废气及事故处理装置。

5.6.4 液氯贮存应符合下列规定:

1 液氯储罐应设置安全阀、现场压力表、液位计、温度计、称重传感器,应将信号传至控制系统进行显示、记录、报警并有趋势记录,控制阀应在操作室内控制系统进行操作。

2 液氯贮存区应设置固定式氯气检测报警仪。氯气检测报警仪设置应符合现行国家标准《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493 的有关规定。氯气检测报警仪宜选用表头显示。

3 液氯储罐输入、输出管线上应分别设置手动和自动切断阀。

4 应设置一台空液氯储罐作为事故备用罐。

5 液氯储罐贮存量不应超过储罐容量的 80%。

6 在液氯储罐厂房外应设置碱喷淋装置或水幕墙等应急防护设施,碱喷淋装置和水幕墙所在的地面应设置液体回收沟或池。

7 液氯钢瓶存放区域应设置液氯钢瓶泄漏紧急处理碱液池或抽空房;碱液池放入碱液或石灰乳液,碱液池中的碱量应大于理论消耗量的 1.5 倍。

5.6.5 液氯蒸发应符合下列规定:

1 采用钢瓶供氯时,钢瓶称重应采用自动称重仪;

2 汽化管道与氯气缓冲罐之间应设置自动切断阀;

3 采用液氯钢瓶直接供气,水浴加热温度应低于 40℃;

4 采用盘管式或套管式气化器的液氯气化工工艺,液氯汽化温

度不应低于 71℃,热水温度应控制在 75℃~85℃;

5 蒸发器应设置备用设备和安全设施;

6 液氯蒸发和氯气缓冲罐底部应设置三氯化氮排放口。

**5.6.6** 液氯贮存和液氯蒸发应设置事故氯气处理系统,应具备处理 30min 满负荷运行产出氯气的 ability。

**5.6.7** 在液氯贮存、液氯蒸发厂房内靠下部应安装抽吸装置,应同时设置可移动塑料弹性软管。软管的长度、直径大小和数量应根据可能泄漏的氯气量和泄漏点位置确定。抽吸装置应接至事故氯气处理系统中。

**5.6.8** 厂房应符合下列规定:

1 液氯储罐罐区、液氯钢瓶仓库、汽化宜采用密闭厂房;

2 液氯储罐应设置围堰,液氯储罐罐区围堰应满足现行国家标准《储罐区防火堤设计规范》GB 50351 的有关规定;

3 建筑物应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

**5.6.9** 液氯装卸应使用干燥压缩空气。产生的废气应设排入生产供气系统或事故氯气处理系统的管线。

**5.6.10** 液氯钢瓶的存放应符合现行国家标准《氯气安全规程》GB 11984 的有关规定。

**5.6.11** 液氯瓶吊运应采用双梁起重装置,应按液氯重瓶单瓶总重量的一倍以上选择额定起重量。

**5.6.12** 连接储槽、蒸发器、缓冲罐等贮存量较大和频繁操作的管道阀门应设置双阀。液氯和氯气阀门应选择氯气专用阀门。

**5.6.13** 氯气系统的安全阀放空管线应引入事故氯气处理系统。

**5.6.14** 液氯储库的液氯管道应采取保温措施。当环境温度小于或等于气氯在标准状况下的液化温度时,气氯输送管道应采取保温措施。

**5.6.15** 液氯储罐罐区、液氯瓶仓库、液氯蒸发区的氯气检测报警仪应与事故氯气处理系统连锁。

## 6 海绵钛生产

### 6.1 一般规定

6.1.1 海绵钛生产应选择镁还原真空蒸馏法生产工艺,还原蒸馏生产工艺应采用联合法工艺。

6.1.2 还原工序宜采用液体镁注入和熔融氯化镁送镁电解的工艺方式。

6.1.3 还原蒸馏车间与镁电解车间应靠近布置,并应设置封闭连接通廊。

6.1.4 还原蒸馏车间内应设置移动式事故槽,容量应大于配置的熔体镁和氯化镁抬包容积。

6.1.5 还原蒸馏车间内的起吊设施应满足起吊熔融金属镁和氯化镁的安全要求。起重机应符合现行行业标准《冶金起重机技术条件 第5部分:铸造起重机》JB/T 7688.5的有关规定。

6.1.6 还原蒸馏用氩气宜进行净化处理。

### 6.2 还原准备

6.2.1 还原准备工序的配置和设备选择应根据钛冶炼厂的规模、反应器的大小和寿命进行确定。

6.2.2 还原准备工序应设置酸洗、焊接、调校、检测、翻转、组装、充氩、检漏、抽空设施。

6.2.3 反应器酸洗设施周围应设置围堰。酸洗池大小应满足酸洗最大件尺寸的浸洗要求。

6.2.4 新反应器内表面和还原蒸馏过程中与海绵钛接触的新部件应进行酸洗、清洗和渗钛处理。

6.2.5 还原准备厂房与还原蒸馏厂房之间应设置运输设施。

## 6.3 还原蒸馏

**6.3.1** 还原蒸馏的设计规模应根据一台套还原蒸馏联合炉的年生产能力累计确定。一台套还原蒸馏联合炉的设计产能可按式(6.3.1)进行计算。

$$Q_1 = \frac{W\eta_1\eta_2\eta_3t_2}{t_1} \quad (6.3.1)$$

式中： $Q_1$ ——一台套还原蒸馏联合炉的设计产能[t/(炉·a)]；

$W$ ——还原蒸馏联合炉的产能(t/炉)；

$\eta_1$ ——金属实收率(%)；

$\eta_2$ ——产品合格率(%)；

$\eta_3$ ——炉子年利用率(%)；

$t_1$ ——占炉周期(h)；

$t_2$ ——年自然小时数(h/a)。

**6.3.2** 四氯化钛加料系统宜设置高位槽或加压设施。每套还原蒸馏系统的加料计量装置宜设置两套，一套质量流量计和一套体积流量计。

**6.3.3** 还原蒸馏炉应分段加热。加热带应设置三段以上，每段应设置相应的温度测量和控制设施。加热带宜选择调功控制。

**6.3.4** 还原过程中对反应器的冷却宜采用强制冷却形式。采用风冷的风机宜选择变频风机；还原炉内宜设冷却风隔离设施，冷却风量应根据反应产生的热量和反应温度进行确定。

**6.3.5** 还原过程产生的废气应设置收集和净化处理设施，净化处理设施宜配置在主厂房外。净化处理应采用二级洗涤，一级水洗一级碱洗。

**6.3.6** 蒸馏炉的密封性和强度应满足蒸馏过程的工况要求。

**6.3.7** 蒸馏冷凝反应器的冷却应采用强制水冷形式。

**6.3.8** 还原蒸馏厂房的轨顶标高应根据反应器组装总长度、炉顶标高、吊具长度、吊钩上限位置来确定。起重机额定起重量选择应

按生产中组装反应器和最大反应物料量来确定。厂房内应配置两台以上的起重设备。

**6.3.9** 冷却装置的数量应根据冷却时间和还原蒸馏系统的数量确定。冷却装置应具备间接冷却和直接冷却两种功能。

**6.3.10** 还原蒸馏车间内应设置清渣翻转装置,清渣翻转架应设置抱紧装置和防滑动限位。

**6.3.11** 反应器的组装、充氩检漏、预抽等设施宜放置在还原蒸馏车间内。

## 6.4 真空系统

**6.4.1** 钛冶炼厂真空系统设计应符合国家现行标准《真空技术 术语》GB/T 3163、《真空技术 图形符号》GB/T 3164、《真空技术 法兰尺寸》GB/T 6070、《真空技术 管路配件的装配尺寸 第1部分:非刀口法兰型》GB/T 16709.1和《真空阀门》JB/T 6446的有关规定。

**6.4.2** 还原蒸馏车间应配置预抽真空系统、废气真空系统、炉壳真空系统和蒸馏真空系统。

**6.4.3** 蒸馏真空机组宜靠近蒸馏装置系统配置。蒸馏真空系统应采用二级以上的真空机组,并按台套配置。低真空机组宜选择大抽速和耐腐蚀的真空泵。

**6.4.4** 废气真空系统、蒸馏真空系统、炉壳真空系统与被抽装置间应设置缓冲净化过滤装置。

**6.4.5** 炉壳真空系统和废气真空系统应集中设置。机械真空泵的出口废气应引出厂房外。

**6.4.6** 真空泵废油宜设置回收系统。

## 6.5 液氩贮存与汽化

**6.5.1** 液氩储库应单独设置,液氩储罐应露天设置。

**6.5.2** 液氩汽化宜选择空气汽化方式,汽化温度不应低于 $-5^{\circ}\text{C}$ 。

**6.5.3** 液氩输送管道应进行绝热保温处理。

## 7 镁氯循环利用

### 7.1 氯化镁电解及镁的精炼

- 7.1.1 熔体金属镁和氯化镁的运输应采用密闭抬包,金属镁抬包应采用氩气保护。抬包运输应采用专门的运输工具。
- 7.1.2 钛冶炼厂配套氯化镁的电解槽型有无隔板电解槽、多极电解槽两种槽型,宜选择多极电解槽型。
- 7.1.3 电解工序宜设置熔体氯化镁缓冲槽或静置装置。
- 7.1.4 精炼工序应设置连续精炼炉或坩埚精炼炉。精炼炉内应采用氩气保护。
- 7.1.5 电解及精炼工序应设置工具清洗及干燥装置。
- 7.1.6 氯化镁电解和镁精炼工序设计应符合现行国家标准《镁冶炼厂工艺设计标准》GB 51270 的有关规定。

### 7.2 电解氯气的加压与输送

- 7.2.1 电解氯气输送压力应满足四氯化钛生产对压力的要求。
- 7.2.2 电解氯气加压输送系统应设置事故氯气处理和安全卫生排气系统。
- 7.2.3 电解氯气加压系统应与四氯化钛生产系统、事故氯气处理控制形成连锁。
- 7.2.4 氯化镁电解、氯压机室、透平机室应设置氯气浓度检测报警装置,还应满足现行国家标准《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493 的有关规定。
- 7.2.5 电解氯气进入压缩机前宜采用二级除尘和酸洗净化。一级宜采用重力除尘,二级应采用袋式除尘。
- 7.2.6 电解氯气加压输送、安全卫生排气设计应符合现行国家标

准《镁冶炼厂工艺设计标准》GB 51270 的有关规定。

**7.2.7** 镁电解系统应设置氯气液化装置。

### **7.3 镁电解的废气处理**

**7.3.1** 氯化镁电解和精炼、氯压机室(维修)事故废气宜集中处理。废气处理设计应符合现行国家标准《镁冶炼厂工艺设计标准》GB 51270 的有关规定。

**7.3.2** 废气处理工艺碱液洗涤应配置三级以上净化措施。

## 8 海绵钛破碎包装与贮存

### 8.1 海绵钛破碎及包装

- 8.1.1 海绵钛坨的取出宜采用机械取出形式。
- 8.1.2 海绵钛破碎、包装建筑火灾危险性应按乙类设计。
- 8.1.3 海绵钛取出、破碎、包装厂房内地面和楼面宜铺设不锈钢板。
- 8.1.4 海绵钛在取出和破碎过程中,与产品接触的设备材料应选择无污染海绵钛产品的材质。
- 8.1.5 海绵钛破碎车间应设置去边皮设施,采用机械去皮应设置惰性气体保护设施。
- 8.1.6 油压系统泵站应设置在破碎厂房偏跨。
- 8.1.7 非正品钛破碎线宜与正品海绵钛破碎线分设。
- 8.1.8 海绵钛坨切块宜选择采用油压机刀切的方式,海绵钛的破碎设备宜选用剪切方式破碎设备,每级破碎宜设置筛分装置。
- 8.1.9 破碎车间内应设置隔离灭火箱。
- 8.1.10 破碎系统产生噪声的设备应配置消音设施。
- 8.1.11 海绵钛人工挑选室应设置空调并进行隔音处理。
- 8.1.12 破碎后的海绵钛半成品应设置缓冲仓。缓冲量可由每天海绵钛产量、分析检验周期和产品粒度确定。
- 8.1.13 每条破碎线上应设置磁选和风选设施。
- 8.1.14 合格的海绵钛在包装前应设置混匀装置,进行混匀处理。
- 8.1.15 破碎和包装厂房应设置防火和灭火设施,不应采用水基灭火剂。
- 8.1.16 破碎和包装厂房内的电机、照明应满足防爆要求。动力和照明线路不应采用明线铺设,天车应采用拖缆供电。

**8.1.17** 海绵钛破碎车间采用的工具应具备防静电、防火花的要求。

**8.1.18** 海绵钛产品包装应符合现行国家标准《海绵钛》GB/T 2524 的有关规定。

## **8.2 海绵钛贮存**

**8.2.1** 成品库建筑火灾危险性应按乙类设计。灭火剂不应采用水基灭火剂。

**8.2.2** 成品库内的电机、照明应满足防爆要求。天车应采用拖缆供电。

**8.2.3** 海绵钛贮库应按产品的等级划分贮区，堆放不宜大于 3 层。海绵钛的贮存量应根据周期供货量和周期产量确定，贮存量应大于 15 天的产量。

**8.2.4** 贮库内应设置海绵钛桶的起吊和运输设施。

**8.2.5** 海绵钛产品应符合现行国家标准《海绵钛》GB/T 2524 的有关规定。

## 9 辅助设施

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 厂内生产车间的布置应根据生产工艺流程来确定。海绵钛生产、破碎、包装应设置在厂区全年最大频率风向的上风侧，钛渣生产系统、氯气贮存、四氯化钛生产贮存应布置于厂区全年最大频率风向的下风侧。

**9.1.2** 生产车间应设置安全防护和通风除尘设施。有噪声污染的车间应采取消声或隔音措施。车间内部操作环境应符合现行国家职业卫生标准《工业企业设计卫生标准》GBZ 1 的有关规定。

**9.1.3** 生产车间的安全卫生应符合现行行业标准《化工企业安全卫生设计规范》HG 20571 的有关规定。

**9.1.4** 生产车间防火应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《有色金属工程设计防火规范》GB 50630 的有关规定。

**9.1.5** 车间厂房、构筑物 and 主要设备基础应符合现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的有关规定。

**9.1.6** 工艺管道设计应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316、《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184 和《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231 的有关规定。

**9.1.7** 车间厂房内存在氯化物、氯气、氯化氢等有腐蚀性的气体或粉尘以及四氯化钛、酸液、碱液等可能溢出或滴漏污染的区域，其厂房内表面及室内土建构件表面应做防腐处理。

**9.1.8** 车间内应根据消防安全生产要求配置呼吸器、应急柜等安全防护设施的放置区域。

## 9.2 检测计量

9.2.1 钛冶炼厂应设置厂、车间、工序三级计量装置。

9.2.2 全厂宜设置管(控)一体化的自动控制系统。生产过程控制应按照工艺过程及车间分区域设置控制室,宜采用集散控制系统,根据工艺技术要求对生产过程进行检测、计量与控制。

9.2.3 钛冶炼厂的计量和检测设施应符合下列规定:

1 进出厂的原料、材料、燃料和产品,应设置计量和检测设施;

2 进出各车间或各工序有控制要求的生产物料,应根据需要设置计量和检测设施;

3 各车间或工序用水、电、压缩空气、氯气、氩气、蒸汽、燃气(油)及回水等,应设置计量和检测设施;

4 各车间或工序应设置物料取样点,高温熔体、有毒的气体、有腐蚀和易挥发的液体取样点应设置防护措施;

5 计量和检测设施应密封、防尘和防酸性腐蚀。

9.2.4 厂外运输采用铁路专用线的冶炼厂应设轨道衡,采用汽车运输的应设汽车衡。

9.2.5 还原蒸馏和镁电解过程中熔融金属镁和氯化镁抬包应设置称重装置和液位计。

9.2.6 四氯化钛储槽应设置液位计和重力传感器。

9.2.7 配料系统应设置计量装置,计量误差应小于1%。

## 9.3 供 配 电

9.3.1 钛冶炼厂供电应按二回路供电设计。

9.3.2 供电为一级负荷应包括下列系统:

1 钛渣电炉电极升降装置;

2 钛渣电炉、还原蒸馏装置及镁电解槽电极的循环冷却水系统;

- 3 氯气输送及液化系统；
- 4 四氯化钛生产尾气处理系统；
- 5 卫生排气、废气处理系统；
- 6 镁电解整流系统。

#### 9.3.3 下列系统应设置应急电源：

- 1 大型钛渣电炉电极升降系统；
- 2 事故循环水系统；
- 3 氯气液化及含氯废气净化系统；
- 4 镁电解槽卫生排气系统。

9.3.4 还原蒸馏过道、反应器炉盖加热装置宜选择安全电压供电。

### 9.4 原料贮存和堆场

9.4.1 原、辅料应根据物料、产地、批次分区贮存，原料贮存应设防雨和防潮设施。

9.4.2 厂区内应设置一般废渣和含氯废渣临时堆场，产生的废渣宜回收利用，不能回收利用的应安全处置。含氯废渣临时堆场应进行防渗处理，并应设防雨措施。

### 9.5 分析与检验

9.5.1 钛冶炼厂应设置中心化验室和现场分析室，并按照分析检验要求的内容设置分析检验设施。

9.5.2 现场分析室宜根据钛冶炼厂生产流程和生产控制需求就近设置。

9.5.3 现场分析室应满足车间生产所需快速分析样的分析检验要求，除应配备化验室常规设施外，还宜设置下列设备：

- 1 实验室用离心机；
- 2 气体分析器；
- 3 氯气水分分析仪；

- 4 目视法检测四氯化钛色度的设施；
  - 5 标准网筛。
- 9.5.4** 中心化验室应满足生产控制、质量检测分析的要求，除化验室常规配备的设施外，还应设置下列设备：
- 1 电感耦合等离子体发射光谱仪；
  - 2 氧、氮、氢联合测定仪，高频红外碳硫仪；
  - 3 电感耦合等离子体发射光谱仪；
  - 4 目视法检测四氯化钛色度的设施；
  - 5 高频红外碳硫仪；
  - 6 X 荧光发射光谱仪；
  - 7 布氏硬度计；
  - 8 自耗电极油压机；
  - 9 真空自耗电弧炉。

## 9.6 供水排水

- 9.6.1** 钛渣电炉及电炉供电系统、氯化炉、镁电解槽电极、整流系统循环冷却水应采用软化水。
- 9.6.2** 厂区应设置高位水池和事故供水系统。
- 9.6.3** 各工序产生的含酸污水，应先进行应中和预处理，pH 值达到 6~8 后，再进入废水综合处理系统。
- 9.6.4** 生活污水与生产废水应分设处理系统，并应根据处理水质重复利用和循环利用，提高水的二次利用率。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《烟囱设计规范》GB 50051
- 《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068
- 《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184
- 《发生炉煤气站设计规范》GB 50195
- 《工业金属管道工程施工规范》GB 50235
- 《工业金属管道设计规范》GB 50316
- 《储罐区防火堤设计规范》GB 50351
- 《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》GB 50493
- 《有色金属工程设计防火规范》GB 50630
- 《铁合金工艺及设备设计规范》GB 50735
- 《工业企业干式煤气柜安全技术规范》GB 51066
- 《镁冶炼厂工艺设计标准》GB 51270
- 《工业用氢氧化钠》GB 209
- 《工业硫酸》GB/T 534
- 《工业氯化钡》GB/T 1617
- 《冶金焦炭》GB/T 1996
- 《铝粉 第2部分：球磨铝粉》GB/T 2085.2
- 《海绵钛》GB/T 2524
- 《原生镁锭》GB/T 3499
- 《真空技术 术语》GB/T 3163
- 《真空技术 图形符号》GB/T 3164
- 《工业氧》GB/T 3863
- 《工业氮》GB/T 3864

《氩》GB/T 4842  
《工业用液氯》GB 5138  
《工业盐》GB/T 5462  
《真空技术 法兰尺寸》GB/T 6070  
《工业企业煤气安全规程》GB 6222  
《氯化钾》GB 6549  
《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231  
《无水氯化锂》GB/T 10575  
《氯气安全规程》GB 11984  
《真空技术 管路配件的装配尺寸 第1部分:非刀口法兰型》  
GB/T 16709.1  
《铜及铜合金线材》GB/T 21652  
《兰炭产品品种及等级划分》GB/T 25212  
《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468  
《工业氯化钙》GB/T 26520  
《工业企业设计卫生标准》GBZ 1  
《炼钢安全规程》AQ 2001  
《铁合金安全规程》AQ 2024  
《液氯使用安全技术要求》AQ 3014  
《化工企业安全卫生设计规范》HG 20571  
《真空阀门》JB/T 6446  
《冶金起重机技术条件 第5部分:铸造起重机》JB/T 7688.5  
《石油焦(生焦)》NB/SH/T 0527  
《冶金石灰》YB/T 042  
《天然金红石精矿》YB 839  
《钛精矿(岩矿)》YB/T 4031  
《石墨电极》YB/T 4088  
《炭电极》YB/T 4226  
《电极糊》YB/T 5215

- 《萤石》YB/T 5217
- 《酸溶性钛渣》YB/T 5285
- 《高钛渣》YS/T 298
- 《人造金红石》YS/T 299
- 《钛铁矿精矿》YS/T 351
- 《预焙阳极用煅后石油焦》YS/T 625
- 《四氯化钛》YS/T 655

中华人民共和国国家标准

钛冶炼厂工艺设计标准

**GB 51326 - 2018**

条文说明

## 编制说明

《钛冶炼厂工艺设计标准》GB 51326—2018,经住房和城乡建设部 2018 年 11 月 1 日以第 248 号公告批准发布。

本标准编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国有色金属行业钛冶炼厂的生产实践经验,吸收了我国冶金工作者十几年来在钛冶炼工艺技术及装备方面的先进成果,对一些重要事项进行了专题研究和反复讨论,广泛征求了行业内专家和生产企业的意见,经专家委员会审定后定稿。

为了便于广大设计、生产、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《钛冶炼厂工艺设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是本条文说明不具有与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总 则 .....	( 39 )
2	术 语 .....	( 41 )
3	原材料及辅助材料 .....	( 42 )
3.1	原材料 .....	( 42 )
3.2	辅助材料 .....	( 43 )
4	钛渣生产 .....	( 44 )
4.1	原料准备 .....	( 44 )
4.2	钛渣熔炼 .....	( 44 )
4.3	钛渣破碎 .....	( 46 )
4.4	电炉烟气净化与回收利用 .....	( 46 )
4.5	生铁处理 .....	( 47 )
5	四氯化钛生产 .....	( 48 )
5.1	一般规定 .....	( 48 )
5.2	氯化 .....	( 49 )
5.3	精制 .....	( 51 )
5.4	四氯化钛贮存与输送 .....	( 51 )
5.5	尾气处理 .....	( 51 )
5.6	液氯贮存与蒸发 .....	( 51 )
6	海绵钛生产 .....	( 53 )
6.1	一般规定 .....	( 53 )
6.3	还原蒸馏 .....	( 53 )
6.4	真空系统 .....	( 54 )
7	镁氯循环利用 .....	( 55 )
7.1	氯化镁电解及镁的精炼 .....	( 55 )

7.2	电解氯气的加压与输送 .....	( 55 )
8	海绵钛破碎包装与贮存 .....	( 56 )
8.1	海绵钛破碎及包装 .....	( 56 )
9	辅助设施 .....	( 57 )
9.2	检测计量 .....	( 57 )
9.3	供配电 .....	( 57 )
9.4	原料贮存和堆场 .....	( 57 )
9.6	供水排水 .....	( 57 )

# 1 总 则

**1.0.2** 《钛冶炼厂工艺设计标准》是从钛精矿原料入厂到生产出质量合格的商品海绵钛,富钛料生产和氯化镁电解包含在本标准内。本标准适用于氯化法钛白粉企业内生产海绵钛的系统,以及其他含钛原料生产四氯化钛。

**1.0.3、1.0.4** 目前世界上富钛料的生产工艺主要采用钛渣熔炼,其他生产方法有酸(硫酸、盐酸)浸法、锈蚀法等,这些工艺技术在国内尚未成熟,本标准暂未涉及。四氯化钛生产有沸腾氯化 and 熔盐氯化两种方法,四氯化钛精制有铜丝、硫化氢、铝粉和有机物除钒工艺方法。海绵钛生产有镁还原真空蒸馏法(Kroll法)、钠还原酸浸法和镁还原-氦气吹扫法等生产工艺方法,目前海绵钛生产都采用镁还原真空蒸馏的生产工艺。

**1.0.6** 海绵钛生产过程中产生的废渣、废水、废气对环境有害,“三废”的处理和排放应符合现行国家标准《镁、钛工业污染物排放标准》GB 25468外,固体废物有生活废物和生产废渣,生产废渣有废耐火材料、收尘渣、中和渣、锅炉渣等,废渣按《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中的分类标准分类处理。

**1.0.7** 海绵钛生产工艺流程长、工序繁多,需要大量的工艺设备、辅助设施和配套的工程设施,单位产品投资高,要形成经济规模往往采取分期建设的建厂方案。分期建设的钛冶炼厂要合理确定分期建设规模和建设方案,要正确处理近期建设与远期规划的关系,前期建设要为钛冶炼厂整体建设创造合理条件,不宜对远期建设做过多考虑。分期建设中前期建设过于倚赖后期工程将会造成前期工程达产困难;若对后期建设铺垫过多,久拖不决则会影响前期工程的实施和进展,导致前期单位产品经济效益降低。

钛冶炼厂建设规模可根据工艺技术方案和资金确定,为保证产品质量的稳定,海绵钛全流程生产经济规模产能都大于 5000 吨/年。

## 2 术 语

**2.0.6** 富钛料主要有钛渣、天然金红石、人造金红石、UGS渣、白钛石等,其  $\text{TiO}_2$  含量一般大于 70%。

**2.0.7** 四氯化钛泥浆主要指在四氯化钛生产过程中经沉淀、过滤、精制蒸发等产生的液态四氯化钛与固体杂质的混合物。

## 3 原材料及辅助材料

### 3.1 原材料

**3.1.1~3.1.6** 海绵钛生产原料有钛精矿、钛铁矿、金红石、白钛石等,金红石是海绵钛生产的理想原料,但天然金红石产量较少,四氯化钛生产的主要原料为高钛渣。CaO 和 MgO 含量偏高的钛精矿,主要作为生产酸溶性钛渣和熔盐氯化用钛渣生产的原料;CaO 和 MgO 含量低的钛精矿,主要作为沸腾氯化用钛渣生产的原料。酸溶性渣主要作为硫酸法钛白粉的原料。

采用钛矿物熔炼工艺生产富钛料时,大部分的非铁杂质同时进一步富集,CaO、MgO、SiO<sub>2</sub> 含量偏高会影响四氯化钛生产过程控制,同时增加氯气的消耗,废渣、废水、废气量增加,因此海绵钛生产尽量选择非铁杂质少的钛矿为原料。

**3.1.8、3.1.9** 兰炭和无烟煤主要作为钛渣生产的还原剂。无烟煤粒度应根据钛渣熔炼方式选定。还原剂中的灰分主要是 CaO、MgO、SiO<sub>2</sub> 等,采用电炉熔炼工艺时,还原剂中的非铁杂质氧化物会富集于钛渣产品中,从而降低产品的质量,因此还原剂选择低灰分的无烟煤、兰炭或石油焦等。为减少 SO<sub>2</sub> 的排放,选择无烟煤时应选择低硫无烟煤。粒度宜满足熔炼方式的要求,减少二次破碎的损失。

**3.1.15** 在钛冶炼中,铝粉主要用作精制四氯化钛中制备三氯化钛的还原剂,要求铝粉比表面积大且不易沉降。

**3.1.16、3.1.17** 矿物油和脂肪酸(fatty acid)是精制四氯化钛过程中的两种除钒剂,杂质含量少,碳链相对较短,性质稳定是选择此类除钒剂的重要原则。

## 3.2 辅助材料

**3.2.1、3.2.2** 工业用氮气、氧气可根据生产工艺要求和使用量选择外购或自制。

## 4 钛渣生产

### 4.1 原料准备

**4.1.1** 钛渣生产的原料准备工艺方法的选择主要是根据钛精矿的粒度、成分、钛渣熔炼工艺以及电炉烟气的处理工艺等确定,钛精矿原料为砂矿或粒度大于 0.125mm 占 80% 以上的,一般选择粉矿入炉、预热或预还原的工艺;采用岩矿或粒度小于 0.09mm 占 60% 以上的钛原料,一般选择预氧化和造粒的工艺;硫含量偏高的原料采用预氧化的工艺;同时利用钛渣熔炼过程中产生的烟气作为热源。

**4.1.2** 原料的储量应满足连续生产的需要。运输距离较近的,原料的储量宜大于 30 天的用量;运输距离较远的,原料的储量宜大于 90 天的用量。如采用进口矿应考虑口岸存储量、海运的时间长短,满足各批次来料分区贮存和堆存一次运输船舶的装料量,避免各批次物料的相互混杂。

**4.1.7** 原料中水含量偏高会导致炉内烟气体积迅速增大,烟罩内压力增大产生事故。

### 4.2 钛渣熔炼

**4.2.1** 具有开采价值的钛矿主要有岩矿和砂矿,岩矿为原生矿,其可选性差,不易将  $\text{TiO}_2$  与其他成分分离,经过选矿后得到的钛精矿含有一定量的非铁杂质,非铁杂质主要有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等,钛精矿的  $\text{TiO}_2$  品位一般在 43%~47%,采用电炉熔炼的方式很难将其分离除去,生产的钛渣  $\text{TiO}_2$  含量一般在 74%~84%,满足酸溶性钛渣的质量要求或作为熔盐氯化生产四氯化钛的原料。砂矿为风化矿,其可选性较好,选矿后得到的钛精矿中非

铁杂质低于岩矿,钛精矿中  $\text{TiO}_2$  含量一般在  $46\% \sim 52\%$ , 经过电炉熔炼生产的钛渣  $\text{TiO}_2$  含量在  $86\% \sim 94\%$ , 满足高钛渣的产品质量要求。

**4.2.6** 钛渣电炉的变压器或整流装置输出一般采用低电压、大电流, 供电短网过长导致线损大, 供电变压器应尽量靠近钛渣电炉配置。交流电炉的三相电极布置应均匀, 尽量保证电流分布的均衡。

**4.2.10** 钛渣熔炼过程中, 炉膛内有大量的熔融铁和钛渣, 在高温和电弧作用下熔融的铁和钛渣不断冲刷炉内衬, 炉底和炉墙应设置相应的测温设施, 避免跑炉事故的发生。

**4.2.11** 熔炼过程中可能产生塌料和泡沫渣现象, 会产生大量气体, 导致炉内气室压力急剧升高; 生产过程中产生大量的  $\text{CO}$ , 为避免事故发生应设置测压、防爆设施。

**4.2.13** 钛渣和生铁出炉时是温度达到  $1400^\circ\text{C} \sim 1750^\circ\text{C}$  的高温熔体, 如抬包中存水则在高温下水变成蒸汽或分解, 体积膨胀 1600 倍以上引起蒸汽爆炸, 爆炸会引起周围压力增大, 爆炸产生的高温水和高温物料会烧伤操作人员, 造成安全事故和损失。钛渣生产冷却过程中和启用新抬包时, 抬包内可能残留水, 为去除抬包内留水, 必须对抬包进行干燥。

为提高生铁的经济价值、利用出炉生铁的潜热, 大型钛渣电炉生产需对出炉生铁进行脱硫、脱磷增碳和铸锭处理。生铁抬包一般采用有内衬的抬包, 为避免安全事故发生, 同时对抬包干燥并预热可以减少铁水的温降, 利于生铁的后处理节能降耗。本条为强制性条文, 必须严格执行。

**4.2.15** 钛渣冷却过程中, 为减少低价钛在高温下氧化, 降低产品的品位, 一般需要采用急冷的方式进行冷却钛渣。如采用直接浇水的冷却方法, 水量不均匀会引起蒸汽爆炸和导致熔融钛渣的崩溅, 同时产生的大量水蒸气在车间内影响操作视线、污染环境, 甚至可能引起安全事故的发生, 因此严禁采用浇水的方式进行直接冷却高温熔融钛渣。本条为强制性条文, 必须严格执行。

**4.2.16** 在钛渣熔炼生产过程中,钛渣和生铁出炉时呈熔融状态,温度达到 1400℃~1750℃,在出炉、生铁处理和铸锭过程中存在飞溅和溢出,如果在熔炼浇铸厂房内有集水,当高温铁水和钛渣进入水中将可能发生爆炸,导致安全事故发生。钛渣电炉供电是采用直流或交流,电压高、电流大,厂房内若存水会导致漏电、短路、触电、电耗增高,因此严禁雨水、地面水、地下水进入熔炼、浇铸厂房内,在电炉周围、熔炼、铸锭、翻包高温作业区域周围严禁有集水坑、水槽等存在。本条为强制性条文,必须严格执行。

**4.2.18** 钛渣熔炼过程中产生的电炉煤气含大量的一氧化碳,采用正压操作是为了避免空气进入炉内。设置氮气系统,在停炉维修时对炉内和电炉煤气净化回收系统进行气体置换。

**4.2.22** 钛渣熔炼工艺过程与铁合金生产相似,在工程设计中应符合现行国家标准《铁合金工艺及设备设计规范》GB 50735 的相关规定。

### 4.3 钛渣破碎

**4.3.2** 钛渣中混合有部分生铁,在每一级破碎后应设置一级磁选装置,减少生铁对下一级设备的损害,同时提高产品质量,磁选物可返回电炉中重熔,提高产品回收率。

**4.3.4** 钛渣根据用途不同分为高钛渣和酸溶性钛渣。高钛渣主要作为四氯化钛生产、人造金红石和电焊条生产的原料,酸溶性钛渣主要作为硫酸法钛白粉生产的原料。

### 4.4 电炉烟气净化与回收利用

**4.4.1** 钛渣熔炼过程中产生大量的高温烟气。高温烟气中主要含有一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、空气和粉尘等。一氧化碳过高会导致动物中毒。粉尘粒子表面附着各种有害物质,一旦进入人体,就会引发各种呼吸系统疾病。因此电炉烟气未经处理直接排放将对环境产生影响。

**4.4.2** 电炉烟气的净化工艺有干法、湿法和半湿法。为减少二次污染和水消耗,宜采用干法或半湿法净化处理工艺。

**4.4.3** 根据炉型不同,出炉的烟气温度和一氧化碳含量不同。半密闭电炉烟气出炉温度为 $600^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ,一氧化碳含量为 $5\%\sim 30\%$ (V/V);密闭电炉烟气出炉温度为 $900^{\circ}\text{C}\sim 1800^{\circ}\text{C}$ ,一氧化碳含量为 $60\%\sim 85\%$ (V/V);因此应对电炉烟气的潜热和电炉煤气加以回收利用。电炉煤气经净化后可作为渣包和铁水包预热、原料预处理、产品干燥、生铁脱硫增碳等热源,高温烟气可用于生产蒸汽或热水等。

**4.4.5** 钛渣生产过程中不同生产阶段产生的煤气成分、烟气的量、压力等有所不同,为保证后续工序对煤气使用的要求,应设置煤气柜(电炉煤气缓冲装置)。

## 4.5 生铁处理

**4.5.2** 生铁出炉时是温度达到 $1400^{\circ}\text{C}\sim 1750^{\circ}\text{C}$ 的高温熔体,利用生铁的余热将其铸锭或脱硫增碳处理,可以避免长距离的输送导致热量的损失,生铁处理工序的配置需尽量靠近熔炼车间。

**4.5.3** 钛渣副产生铁的处理一般仅考虑增碳脱硫处理和铸锭,工艺设计应符合国家现行标准《炼钢安全规程》AQ 2001和《炼钢工程设计规范》GB 50439的有关规定。

## 5 四氯化钛生产

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 四氯化钛生产的原料富钛料和还原剂中的含水量越少越好,氯化过程中在高温下水与氯气反应生成氯化氢,消耗大量氯气、造成设备腐蚀,同时增加“三废”的处理量,物料含水量高于0.5%时应设置干燥设施。

**5.1.2** 还原剂直接外购合格粒度的产品是为了降低二次破碎的损失,减少投资,提高效益。

**5.1.3** 在四氯化钛生产过程中会使用氯气、氮气、氧气等气体,产生四氯化钛、氯化氢、二氧化钛、一氧化碳气体等,在维修过程中和事故状态时四氯化钛与水反应会产生大量的烟气,为便于气体的扩散,四氯化钛生产的建筑物采用开放的结构形式,有利于生产维护;氯化和精制工序设置于同一厂房内,使流程顺畅、减少二次倒运、便于集中控制,利于废气统一处理。

**5.1.4** 在四氯化钛生产过程中使用的氯气和产生的氯化氢、四氯化钛、一氧化碳等都属于有毒、有害物质,氯气、氯化氢的重度大于空气,在密闭的环境内不易扩散,在四氯化钛生产和维护过程中有可能产生“跑冒滴漏”的现象,四氯化钛与空气中的水反应生成二氧化钛和盐酸,如大量泄漏会对人和环境造成伤害,腐蚀设备,缩短设备寿命,增加产品成本。因此,四氯化钛生产系统采用密封的建筑形式时必须在氯气缓冲、通氯、排渣、尾气洗涤区域设置氯气、氯化氢浓度检测报警装置和强制通风设施,并与强制通风设施连锁。一氧化碳主要是在反应后产生,因此在尾气洗涤区增加一氧化碳浓度检测报警装置。本条为强制性条文,必须严格执行。

**5.1.5** 生产过程产生的尾气成分、压力、气量与卫生排气不同,生

产与卫生排气分设有利于生产调控。

**5.1.7** 在维修过程中,设备和管件附着有少量的四氯化钛等物质,四氯化钛暴露于空气中会与空气中的水反应产生氯化氢等有害气体,宜在经常更换和维修处设置集气装置。

**5.1.8** 设备维修宜设置独立的设备清洗室和干燥室,并将废气收集净化处理。干燥室主要用于维修泵、阀、管件等烘干,避免清洗后的维修件使用时引起设备或管道堵塞。

**5.1.11** 四氯化钛与水反应会产生大量的热,同时生产盐酸,对人体造成较大的伤害,如果发生四氯化钛喷溅伤人事故,需要大量的水进行冲洗稀释,设置冲洗装置和洗眼器可以最大限度降低人身伤害。本条为强制性条文,必须严格执行。

**5.1.15、5.1.16** 四氯化钛生产分为粗四氯化钛生产、精四氯化钛生产和四氯化钛贮存,整个四氯化钛制备系统是相对密闭的,各生产单元的压力要求不相同,因此对不同的生产系统设置不同的压力平衡系统,一般粗四氯化钛生产、精四氯化钛生产和四氯化钛贮存单独设置。特别是粗四氯化钛与精四氯化钛系统应分开设置,由于粗四氯化钛中含有  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{SiCl}_4$  等杂质,共用压力平衡系统会导致精四氯化钛的质量受到影响。为保证四氯化钛生产的正常运行和四氯化钛的产品质量,压力平衡系统应分开设置,采用惰性气体隔离空气。压力平衡系统中的排放气体中含有  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$  等有害成分直排大气中会污染环境,因此压力平衡系统的废气应接入废气处理系统。

**5.1.17** 全流程的钛冶炼厂中镁电解系统不能长时间停电,镁电解系统产生的电解氯气需要消耗,为确保安全生产和氯气的正常闭路循环,钛冶炼厂氯化工序一般需备用一台氯化炉和一套收尘装置,或采取备用一套氯化系统的方式配置。

## 5.2 氯化

**5.2.1** 氯化工艺的选择应根据氯化原料的性质、化学成分、物相

来确定。

**1** 富钛料的二氧化钛含量的高低,直接影响炉型的选择和经济指标,二氧化钛含量越高,能耗越低。富钛料中钙、镁和锰氧化物在氯化过程中生成的氯化物在低温处形成熔融的混合物堵塞管路,使系统压力增高,影响生产,采用增加配焦量稀释和频繁排渣的方法会导致钛的回收率降低,氯气和还原剂消耗增加。所以沸腾氯化选用的富钛料中钙、镁氧化物含量低于2%。富钛料中钙、镁氧化物在熔盐氯化过程中,生成的钙、镁氯化物成为熔盐的组分,对氯化生产系统影响小,但钙、镁氯化物的含量过高会导致熔盐的黏度增大,排盐量增多。

**3** 熔盐氯化温度一般控制在 $700^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ,而金红石氯化温度需要大于 $850^{\circ}\text{C}$ ,因此金红石氯化不能采用熔盐氯化工艺。

**5.2.3** 为保证入炉气相物料和氯化系统的压力平稳,应设置入炉气体的缓冲稳压设施;氯气缓冲罐底部设置加热装置,防止液氯蒸发误操作和环境温度偏低产生的液氯进入氯化炉内产生事故。

**5.2.4** 为保证系统的连续生产,加料装置宜设置为两台(一开一备)。小型氯化系统可设置一台加料设备,但要考虑备一套以便在维修或事故状态下,尽快更换。采用螺旋加料装置方式时填充率尽量取大值,大型和正压操作氯化炉采用惰性气体密封保护,避免炉内气体外逸。

**5.2.9** 四氯化钛生产过程中,四氯化钛易凝结在收尘器底部,所以宜采取保温措施和设置加热装置,减少四氯化钛的损失。

**5.2.11** 四氯化钛淋洗级数根据淋洗效率确定,直接喷淋比间接冷却换热的效率高,一般前两级采用循环冷却水换热,后1级~2级采用低温介质( $-15^{\circ}\text{C}\sim -20^{\circ}\text{C}$ )换热,以提高四氯化钛产品的回收率。各淋洗回收的四氯化钛量和温度不同,循环量也不尽相同,为减少能耗应分别设置各级循环量。

**5.2.13** 混合气体中夹杂有少量粉尘和多种氯化物,淋洗过程中固体物和四氯化钛液容易黏附在填料或折板上堵塞塔筒,淋洗塔

设计一般采用空塔喷淋结构形式。

**5.2.15** 为避免熔盐氯化炉在生产过程中氯气失压导致炉内熔盐堵塞通氯管,应设置相应的防护措施,宜采用通针和压缩空气的方式。

### 5.3 精 制

**5.3.1** 四氯化钛除钒工艺不同,选择除高沸点和低沸点物的顺序不同。铜丝除钒工艺采用先除高、低沸点物再除钒,有机物和铝粉除钒工艺应采用先除钒再除其他杂质。

**5.3.6** 含钒的高沸点物、低沸点物中四氯化钛含量大于 80%,不能作为“三废”排放,应进一步回收四氯化钛,提高金属回收率。四氯化钛回收方法较多,采用返回氯化系统回收四氯化钛的方式较为经济。

### 5.4 四氯化钛贮存与输送

**5.4.3、5.4.4** 粗四氯化钛存放过程中,固体杂质会沉降富集在储罐底部,易堵塞出料口,所以四氯化钛储罐宜选用立式结构,并设置搅拌设施。

### 5.5 尾 气 处 理

**5.5.1** 四氯化钛生产尾气中含有  $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$ 等,直接排放将造成环境污染,需要进行净化处理,一般采用二级水洗和二级碱洗的净化工艺。水洗和碱洗考虑换热设施,是为了提高  $\text{HCl}$  的吸收效率及盐酸的浓度;由于碱洗是放热反应,及时地带走热量,可提高吸收效率和减少  $\text{HClO}$  发生逆向反应。

### 5.6 液氯贮存与蒸发

**5.6.1** 液氯输送、运输、贮存与蒸发设计中的厂房、设备、管道、运输、场地等应同时符合下列相关法规及国家现行标准的规定:《危

险化学品安全管理条例》《化学危险物品安全管理条例实施细则》(化劳发〔1992〕677号)、《工作场所安全使用化学品规定》(劳动部发〔1996〕423号)、《压力容器安全技术监察规程》(质技监局锅发〔1999〕154号)、《气瓶安全技术监察规程》TSG R0006、《化学品分类和危险性公示 通则》GB 13690、《危险化学品目录(2015版)》《氯气安全规程》GB 11984、《液氯生产安全技术规定》HGA 005、《化学品安全技术说明书 内容和项目顺序》GB/T 16483等。

**5.6.5** 本条对液氯蒸发做了规定。

**1** 钢瓶供氯采用自动称重仪以确保钢瓶内留存的氯和准确控制汽化量。

**2** 自动切断阀的设置作用是当氯气缓冲罐压力超高,或现场氯气报警器高限连锁启动时,自动切断液氯输送。

**6** 氯气液化过程中产生的三氯化氮,汽化后会残留在蒸发器底部,因此槽罐底部设置排放口,定期排入碱液槽或接入事故氯气处理系统。

**5.6.7** 氯气的密度大于空气,在厂房中易沉积到下部,设置抽吸装置对沉积的氯气进行收集处理,以避免二次污染。配置塑料弹性软管供检修或更换液氯瓶时,将泄漏的氯气及时导入事故氯气处理系统中。

## 6 海绵钛生产

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 镁还原真空蒸馏法有联合法、半联合法和非联合法三种生产工艺方法。联合法工艺的优点在于能耗低、金属实收率高、劳动强度小,比采用非联合法每吨海绵钛净镁耗降低 80%、电耗降低 40%以上,因此应选择联合法工艺。

**6.1.3** 在海绵钛生产的还原过程中,还原剂由镁电解车间提供,还原过程产生的熔融氯化镁送镁电解车间,为利用熔体镁和熔融氯化镁的潜热,减少二次加热,降低能耗,所以二者应靠近布置。

还原蒸馏车间与镁电解车间之间设置封闭连接通廊,是为保障熔融金属镁和氯化镁的运输安全、生产连续和减少热损失。减少对通廊屋顶的腐蚀,同时考虑设置上部排气设施。

**6.1.6** 在还原蒸馏过程中,氩气作为一种保护性气体,其质量直接影响海绵钛产品的质量。氩气中的氮气、氧气在高温下与金属钛反应,氮、氧含量将会影响海绵钛产品的质量,所以还原蒸馏过程中使用的氩气宜进行净化处理。

### 6.3 还原蒸馏

**6.3.4** 在海绵钛还原生产过程中产生的热量,会使物料温度急剧升高导致海绵钛产品致密而影响产品质量,需要及时将反应产生的热引出。引出热的方式有自然风冷和强制风冷的方式,强制风冷的送风量应根据反应产生的热量确定。

**6.3.6** 为降低反应器的损耗,提高其寿命,在蒸馏过程中需要抵消反应器内部的高真空,蒸馏炉应能够在蒸馏阶段满足真空条件。

**6.3.8** 采用串联还原蒸馏炉的轨顶标高可根据反应器组装总长

度、蒸馏炉顶标高,吊具长度、吊钩上限位置标高计算求得。

## 6.4 真空系统

**6.4.1** 钛冶炼厂的真空系统有两种:低真空和高真空,蒸馏真空为高真空,其他为低真空,设计中涉及的国家现行标准有:《真空技术 术语》GB/T 3163、《真空技术 图形符号》GB/T 3164、《真空技术 法兰尺寸》GB/T 6070、《真空技术 管路配件的装配尺寸 第1部分:非刀口法兰型》GB/T 16709.1和《真空阀门》JB/T 6446等。

**6.4.2** 预抽真空系统用于反应器的检漏,一般配置两级真空泵。废气真空系统和炉壳真空系统应集中配置,由于漏气量大和装置中气体体积大,真空机组的抽气速率需选择大抽速的真空机组。炉壳真空系统的配置根据其炉壳真空度要求和还原蒸馏炉的内部容积选择,真空管路包含炉盖真空部分。由于废气真空系统的气体含杂质较多,真空机组选择采用水环泵或耐磨的真空泵。

## 7 镁氯循环利用

### 7.1 氯化镁电解及镁的精炼

**7.1.2** 多极电解槽(双极性电解槽)对镁电解质的质量要求较高,钛冶炼过程产生的氯化镁质量好,满足该电解槽工艺的要求,该电解槽的特点是电流效率高、能耗低、密闭性好、氯气浓度高、劳动强度低、无卫生排气、工作环境友好、控制水平高,因此宜选择多极电解槽(双极性电解槽)。

### 7.2 电解氯气的加压与输送

**7.2.5** 电解槽产生的氯气温度较高并含有部分挥发氯化物,需要进行降温,将氯化物凝结、过滤、除尘处理。可采用一级重力沉降和一级袋式除尘,并采用浓硫酸洗涤净化处理,避免氯气对氯气压缩机的磨损,同时减少输送管道的腐蚀。

**7.2.7** 为保证镁电解的生产连续运行和四氯化钛生产系统的正常维修,应设置电解产生氯气的液化装置,液化量应满足电解生产所产生的最大氯气量。

## 8 海绵钛破碎包装与贮存

### 8.1 海绵钛破碎及包装

**8.1.1** 海绵钛产品与还原反应器有部分粘连,人工取出容易污染海绵钛产品,宜采用机械取出方式。

**8.1.3** 破碎车间内要求洁净,减少扬尘对产品的污染,为避免钛坨取出、破碎过程中散落回收的产品被污染,厂房内地面宜铺设不锈钢板。

**8.1.8** 海绵钛产品破碎设备的选择不宜采用挤压破碎的方式;每级破碎宜即时筛分,避免多次重复破碎造成产品质量降低。

**8.1.9** 海绵钛在破碎过程中由于破碎摩擦产生高温可能会引起自燃,应设置隔离灭火箱及时隔绝空气,避免大面积燃烧导致产品损失。

**8.1.14** 根据海绵钛产品的粒度分类一般有 0.83mm~12.7mm 和 0.83mm~25.4mm 两种产品,考虑到每批(坨)海绵钛的质量波动和在破碎粒度分层,为保证产品的成分和粒度均匀,应设置混匀装置。

**8.1.15** 钛金属在高温下与水发生置换反应产生氢气更易燃烧,在处理海绵钛产品产生的火灾时不得采用带有水或者化学反应后产生水的灭火介质。

**8.1.16** 海绵钛破碎车间内存在少量金属钛粉尘,金属钛粉属于易燃物,达到一定浓度时遇到火星会燃烧。为防止电线、灯具的损坏和其他原因引起金属钛粉尘燃烧导致火灾事故的发生,在选择电机、照明灯具时应满足防爆要求。

## 9 辅助设施

### 9.2 检测计量

**9.2.5** 为避免熔融金属镁和氯化镁贮存和加料过程中出现泄漏,同时保证加入和排料的准确性,抬包贮存设备应设置双保险计量设施。

### 9.3 供 配 电

**9.3.1** 钛冶炼厂一级供电负荷占供电负荷的 30%以上,应按二回路供电设计。

**9.3.3** 应急电源是为在事故状态下保证生产安全、环境保护等需提供动力的装置。

在长时间停电的情况下,应及时将钛渣熔炼炉内的熔融物料排出,设置应急电源,满足将电极提升至熔体面以上的要求。

### 9.4 原料贮存和堆场

**9.4.1** 富钛料生产原料与四氯化钛生产原料应分区贮存,避免原料的相互掺杂;四氯化钛生产原料应避免包装袋的破损,避免二次干燥。

**9.4.2** 厂内一般固废主要为生活废物、炉修废物和钛渣熔炼收尘渣。含氯化物废物主要为氯化炉渣、氯化收尘渣、电解废渣,含氯废物遇水易潮解、溶解,产生含氯废水,因此应进行防渗处理,避免污染环境。

### 9.6 供水排水

**9.6.1** 钛渣电炉供电系统、镁电解槽电极、整流系统等循环水中金属离子过高会导电,导致能量损失,存在安全隐患,因此采用软化水。

S/N:155182·0255



统一书号: 155182·0255

定 价: 13.00 元

9 155182 025509