

样，导轨分段间隔布置，导轨间的间隔一般为1000~1500mm，用螺栓与机壳底板联接，拆换便捷。导轨之间间隙由输送物料自动填充，填充的物料可以有效防止底板磨损，同时可以减缓高温物料对底板的热辐射所导致的氧化腐蚀和变形。承载分支机壳左右侧板上设置可拆卸耐磨衬板，以防止机壳侧板磨损，延长设备使用寿命。

7) 整机法兰反托装置：采用一种专用的整机法兰反托装置（见图4），通过高强度螺栓组件联接，将输送机悬挂在炉体灰斗上。传统的长距离法兰联接方式是上、下连接法兰孔加工成腰圆孔，用于补偿制造、安装及热胀冷缩产生的误差，但补偿值较小，当误差和伸缩量较大时不能满足使用要求。本法兰反托装置结构设计巧妙适用，留给法兰纵向和横向两个方向的伸缩空间较大，允许上、下法兰伸缩不同步，联接螺栓不承受剪切应力的作用，法兰不易变形、螺栓不易折断。

8) 本机机体中部设置有伸缩调节段（见图5），适用于两个及两个以上炉体灰斗。其结构由内外底板、左右侧板、盖板和伸缩波状板、柔性织物耐高温密封垫、连接法兰、紧固螺栓组件、底板耐磨轨瓦等零部件组成。伸缩波状板和柔性织物耐高温密封垫预留有足够的横、纵向伸缩空间，当物料温度变化时，可自动调节补偿各炉体灰斗和输送机热胀冷缩的伸缩量。

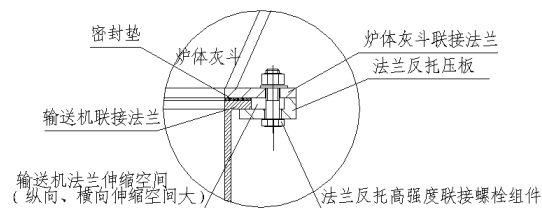


图4 法兰反托装置

9) 张紧装置：尾部采用压缩弹簧加丝杆螺母扼架式张紧装置，可以更加有效调节输送机刮板链条的松紧和左右运行方向，防止链条跑偏。

10) 输送机头、尾部和中间机壳的合适位置设置快开检视门，便于适时观察内部运行情况 and 日常点检。

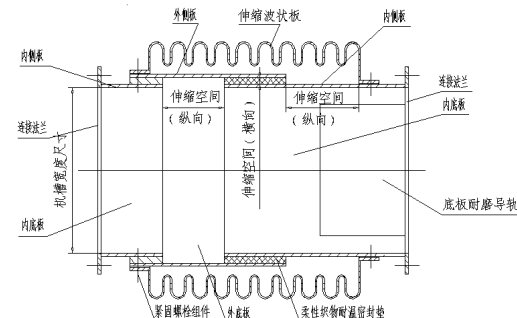


图5 伸缩调节段

11) 保护装置：整机设置机械和电气双重保护装置，遇有断链、过载、闷车等故障时及时报警停机，确保设备安全可靠运行。电控装置可以实现出现堵料闷车时在设定的时间内使刮板链条正向、反向运行数次以突破物料卡堵，突破成功设备继续正常运行，突破不成功及时报警停机。

3 结语

“全悬挂耐高温锅炉灰渣刮板输送机”研制成功后，即着手系列型号的研发。目前根据冶金行业项目规模和用户要求已成功开发出该产品的多种规格型号，并在有色金属冶炼行业用户中进行推广，使用效果良好，得到了一致认同和好评。随着对产品不断地优化、改进和完善，各项技术性能进一步成熟，将会得到越来越多用户的推崇和使用，替代进口设备，产生显著的经济效益和良好的社会效益。

[参考文献]

- [1] 《连续输送机》上海交通大学洪教育、林良明主编。机械工业出版社出版，统一书号：15033.5143；
- [2] 《运输机械设计选用手册》下册，《运输机械设计选用手册》编辑委员会编，化学工业出版社出版，统一书号：ISBN 7-5025-2000-7；
- [3] 《连续输送机设计手册》王鹰主编。中国铁道出版社出版发行，书号：ISBN7-113-04037-3/U-1108；
- [4] 《新型输送机选型设计与制造、维修实用全书》周济主编。北方工业出版社出版发行，书号：ISBN7-5639-0789-0。

作者邮箱：1121561775@qq.com

含砷烟气干法渐冷气冷收砷技术

吴卫民

(扬州嘉明环保科技有限公司)

1 概述

我国含砷金矿及含砷矿物储量丰富，开发利用多元复杂精矿是冶金行业持续发展的必经之路。

对于含砷烟气有多种处理工艺，主体分为湿法和干法。湿法是传统收砷工艺，是在硫酸净化工段收砷，存在投资大、生产成本低、砷滤饼难于处理、技术引进费用高等缺陷。而干法收砷开始于本世纪初，山东恒邦冶炼股份有限公司引进了瑞典波立登(Boliden)干法收砷技术。系统于2004年建成投产，获得了巨大成功。该公司也成为我国首家可同时处理含砷多元复杂铜精矿、金精矿的冶炼厂。

干法收砷技术近十年经国内科研人员不断研发，现主要分为骤冷和渐冷工艺。

骤冷工艺为向热烟气内喷水雾，促使烟气迅速降温，As₂O₃同时结晶析出，然后采用布袋收砷。该方法的优点是设备紧凑，降温效果好。但由于烟气中水份含量高，露点温度高。导致设备寿命短，连续开车时间短。同时电除尘器阴极板和阳极导线粘结细颗粒严重，导致电除尘器工作异常，电压和二次电流上不去，达不到运行参数，除尘效率低，同时收砷布袋易粘连，系统阻力大，系统开车率低，检修频繁，劳动强度大，系统难清理，金元素损失大。该方法现正逐渐被淘汰。

渐冷工艺又分为水冷和气冷工艺。水冷工艺由于易出现玻璃砷，堵塞设备，该方法现也正逐渐被淘汰。气冷工艺是用冷空气使热烟气

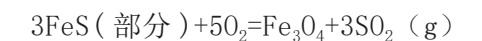
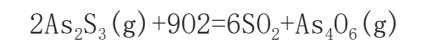
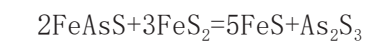
缓慢降温，避免了玻璃砷的产生。该方法的优点是系统可靠，连续开车时间长，烟气除砷率高。缺点是系统占地较大，投资比骤冷法略高。该方法现正推广。

2 工艺原理

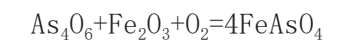
2.1 原矿脱砷

含砷物料焙烧的主要目的是除去砷，磁性弱氧焙烧首先在流态化焙烧炉中使精矿中的砷挥发进入烟气。

精矿中的砷主要以FeAsS形式存在，焙烧炉的温度及氛围极其重要，在适宜的温度及低氧气氛下，砷将与硫铁矿中的硫原子一样挥发，当与焙烧炉和后燃烧过程中的氧气接触时，组分将按下式进行反应：



焙烧炉中要避免氧气过剩，否则会生成Fe₂O₃，其与砷反应生成稳定的铁砷化合物，将砷固定在焙砂中而无法脱除。



2.2 含砷烟气干法渐冷气冷收砷

2.2.1 工艺原理

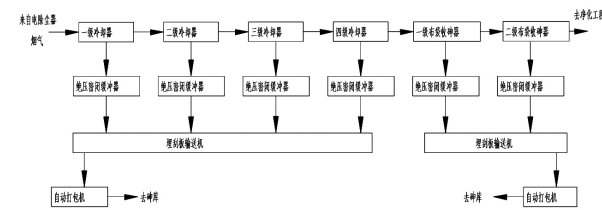
干法渐冷收砷是利用三氧化二砷在不同温度气体中的饱和量不同，当烟气温度下降，三氧化二砷便结晶析出成为固态进而被分离。不同温度下气体中三氧化二砷的饱和量如表1。从表1可以看出，温度是控制烟气中砷含量的关键。

表1 不同温度下气体中三氧化二砷的饱和量

温度 (°C)	As ₂ O ₃ (mg/m ³)	温度 (°C)	As ₂ O ₃ (mg/m ³)
50	0.016	150	280
75	0.31	200	7900
100	4.2	250	124000
125	37		

2.2.2 工艺流程

干法渐冷气冷收砷的工艺流程见图。



2.3 主要工艺参数 (以 20 万吨硫铁矿制酸装置为例)

2.3.1 多级冷却器是关键设备, 其选择要充分考虑烟气速度及气体停留时间以及三氧化二砷结晶的长大。多级冷却器换热面积为 1400m²。

2.3.2 布袋收尘器面积: 磁性焙烧收砷系统布袋收尘面积 1100m²

2.3.3 布袋进出口温度: 布袋入口温度 150°C, 出口温度 110~120°C。布袋进出口温度控制非常重要, 温度过高, 烟气砷含量过高, 导致砷回收率低; 烟气温度过低, 容易造成冷凝结露, 腐蚀设备, 粘堵布袋, 系统阻力上升。

2.3.4 技术指标

干法渐冷气冷收砷主要技术指标见表 2。

2.4.1 砷化物收取率 ≥ 95%;

2.4.2 砷 收 取 物 (As₂O₃、As₂O₅) 含 量 ≥ 99.5% (99% 另计)。

2.3.5 收砷工段 (单套) 主要设备一览表

序号	名称及规格	单位	数量	材质
1	四级冷却器 (含控制系统)	套	1	Q235-B, 304
2	布袋除尘器	台	2	
3	绝压密闭缓冲器	台		Q235-B, 316L, 合成纤维
4	密闭式埋刮板	台	6	
5	自动定量包装机	台	2	

3 环境保护

3.1 本项目是将 As₂O₃ 作为产品加以生产, 进入净化工段气态中 As₂O₃ 含量由 1300mg/m³ 降低到 23mg/m³, 脱除效率达到了 98%, 大大降低了净化工段的废水处理量。工艺中采用了两级布袋, 避免了可能发生的布袋泄漏, 造成后续系统烟气 As₂O₃ 超标, 以及可能造成的环境影响。

3.2 整个收砷工段的设备、管道、建筑物均采用封闭负压设计, 避免了可能存在的 As₂O₃ 粉尘飞出。进出车间人员都需要洗浴更衣, 避免了 As₂O₃ 粉尘随人体带出。

4 职业安全卫生

4.1 本项目为防止泄漏, 整个收砷工段的设备、管道、建筑物均采用封闭负压设计, 避免了可能存在的 As₂O₃ 粉尘飞出, 最大程度降低对人体伤害。

4.2 对 As₂O₃ (俗称砒霜), 人体吸入 0.05 克可以致死。对收砷工作的人员要通过专门的安全培训, 当人体接触到固砷时应及时用水冲洗, 操作人员应戴面罩, 胶片手套, 穿防护工作服。进出车间人员都需要洗浴更衣, 避免了 As₂O₃ 粉尘对人体伤害和随人体带出。工作人员每班连续操作时间不得超过两小时, 避免砷蒸汽中毒。在岗工作人员六个月, 必须离岗疗养, 采用药物排砷, 避免可能出现的体内砷化物的累积中毒。

5 投资估算:

700 万元 (按 6000t/a95% 三氧化二砷产品计算, 99.5%, 三氧化二砷回收和提纯总投资 1400 万元)

5.1 厂房土建 230 万元。

5.2 设备、电器、仪表 (含配管) 投资 420 万元。

5.3 其它费用 50 万元。

5.4 若三氧化二砷产品需提高到 99.5% (出口标准, 需增加 700 万元)。

6 三氧化二砷主要用途

6.1 用于提炼元素砷。是冶炼砷合金和制造半导体的原料。

6.2 玻璃工业用作澄清剂和脱色剂, 以增强玻璃制品透光性。

6.3 农业上用作防治病虫害的消毒剂和除锈剂, 也用作其他含砷杀虫农药的原料。

6.4 用于涂料和染料的制造。可作化学试剂。还用于气体脱硫、木材防腐、锅炉防垢以及陶瓷和搪瓷等方面。

6.5 用作分析试剂, 如作基准试剂, 还原剂。氯气吸收剂。还用于亚砷酸盐的制备, 用作防腐剂。

6.6 用于玻璃、搪瓷、颜料工业和制备药物、杀虫剂、皮革保存剂等。

7 市场价格

目前 99.5% 纯度三氧化二砷离岸价为 3200 元人民币 / 吨。

8 结束语

砷元素大部分在布袋收尘器进行收集, 实现了有害砷无害化、资源化综合利用, 变废为宝。避免了环境污染。该方法可为冶金行业砷元素的回收及环境治理提供借鉴, 同时在这个方法的基础上, 我们正在开发一种全新的干法脱砷的工艺方法, 从源头解决高砷金、铜精矿的脱砷方法, 目前中试已经完成, 到时将对我国高砷金、铜精矿拓展更广阔的资源渠道。

扬州嘉明环保科技有限公司
吴卫民



公司简介>>>

扬州嘉明环保科技有限公司位于历史文化古城扬州市方巷工业园, 是国内大型硫酸生产装置及化工环保设备专业制造企业, 具有开发新工艺、新设备的强大技术实力, 形成了具有自主知识产权的核心竞争力。

我公司以设计施工总承包形式所完成的制酸种类有:

- 1、硫铁矿制酸、磁硫铁矿工艺的全套项目;
- 2、锌精矿焙烧制酸全套项目;
- 3、金精矿制酸全套项目;
- 4、硫磺制酸全套项目;
- 5、钼冶炼烟气制酸项目 (非稳态转化, 转化率93%~95%);
- 6、冶炼烟气制酸全套项目;
- 7、废酸裂解全套项目;
- 8、硫泡沫制酸全套项目。

目前公司的主要产品及业务:

- 一、1-40万吨/年硫铁矿、石膏、硫磺、硫化氢、冶炼烟气制酸的工艺、设备、电气、自控仪表等全套工程的设计、改造、制造和安装。
 - 二、含SO₂烟气处理工程, 包括硫酸生产尾气的处理, 锅炉烟气脱硫等, 方法有干法脱硫、湿式钙法脱硫、氨法脱硫、钠法脱硫等。
 - 三、液体二氧化硫、液体三氧化硫、氯磺酸、亚硫酸钠、亚硫酸铵等硫酸生产延伸产品的设计、制造和安装。
 - 四、高效、高流速玻璃钢、铅、塑料电除雾器, 包括37-348管25种规格型号, 产品系列化, 可供1-40万吨/年硫酸厂家选用。
 - 五、铅间接冷凝器已有50-1150M224种规格型号。
 - 六、制造、安装斗式提升机、皮带运输机、星形排灰阀、浸没式滚筒排渣机、滚筒排渣机以及高效节能型“列管式矿渣冷却省煤器”等系列粉体输送设备。
 - 七、开发了无框架落地式新型塑料电除雾器、高效换热器、新式文氏管。
- 本公司以管理确保品质, 以服务赢取市场, 以创新保持领先, 以开拓促进发展为宗旨, 愿与各界同仁精诚合作, 共谋发展。

江苏省扬州市邗江区方巷工业园

电话: 0514-80516388 80516599
联系人: 唐加富 13951439212
吴卫民 13952058396
网址: www.yzjmhb.cn 邮箱: jmkj88@yeah.net