

石油、化工实用防腐蚀技术

第 6 册

表面处理技术

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

前 言

建国二十三年来，石油、化工战线上的广大革命职工在毛主席的无产阶级革命路线指引下，高举“工业学大庆”光辉旗帜，团结战斗，使石油、化学工业迅速改变了旧社会遗留下来的极端落后的面貌，并以飞快的速度向前发展。

随着石油、化学工业的发展，石油、化工设备的防腐蚀工作得到了重视，近年来发展很快，成绩很大。从事石油、化工防腐蚀工作的广大职工，发扬“自力更生”、“艰苦奋斗”的革命精神，使防腐蚀工作从无到有，从小到大，至今已形成比较完整的体系。特别是无产阶级文化大革命以来出现了设备防腐和材质革新相结合、设备防腐和设备维修相结合、群众性防腐和专业队伍防腐相结合的新局面。

工程塑料、玻璃钢、不透性石墨、硅酸盐材料等非金属材料，已经广泛并有效地用来制作各种石油、化工设备，这大大地扩大了耐腐蚀材料的来源，并成为我国防腐蚀工作的一个特色。

我国冶金工业部门研制了一系列适合我国资源条件的耐腐蚀钢种，并在石油、化工生产上有成效地应用；喷、镀、渗、涂、衬等防腐蚀施工方法已为广大防腐蚀工作人员所掌握，并广泛运用；近年来，电化学保护和缓蚀剂等防腐技术也得到了相应的发展。所有这些，解决了现场许多设备腐蚀问题，有力地促进了石油、化工生产的发展。

防腐蚀工作是杜绝生产中的跑、冒、滴、漏和保证设备连续运转、安全生产的重要手段之一，也是贯彻执行建设社会主义总路线多快好省地发展石油、化学工业的一项有力措施。防腐蚀工作由于其重要性愈益受到重视，防腐蚀群众运动正以更大的规模向深度和广度发展。

为适应石油、化学工业防腐蚀工作的进一步发展，为满足广大防腐蚀工人、技术人员学习、掌握腐蚀基础理论和防腐蚀技术

知识的要求，我们受燃料化学工业出版社的委托，组织有关生产厂矿、科研设计部门和高等院校等28个单位编写了本书。本书旨在全面地总结二十多年来我国石油化工战线防腐蚀施工技术经验，力求内容适合国情、简明实用。在编写过程中，我们遵照毛主席“群众是真正的英雄”的教导，分赴全国各地100多个单位进行了调查，并带稿下厂，组织以工人为主体的三结合审查，虚心向工人同志请教，充分听取各方面的意见。编审工作得到了各个单位广大工人、干部和技术人员的大力支持和帮助，在此我们谨向有关单位和同志表示感谢！

由于防腐蚀技术涉及的范围比较广泛，我们编写这样一本综合性的科技图书，经验不足，水平有限，一定存在缺点和错误，希望广大读者批评指正。

《石油、化工实用防腐蚀技术》编审组

参加编写单位：

兰州化学工业公司化工机械研究所	沈阳化工机械实验厂
太原化工厂	北京化工设备厂
大连化工厂	宜兴非金属化工机械厂
大连工学院	四平市玻璃厂
吉林染料厂	上海第六制药厂
锦西化工厂	广州市化工研究所
北京化工学院	广州氮肥厂
北京化工厂	重庆塑料厂
兰州炼油厂	甘肃油漆厂涂料工业研究所
天津染化五厂	兰州化肥厂
吉林化工研究院	兰州合成橡胶厂
吉林省应用化学研究所	兰州化学工业公司化工建设公司
四川省第一化工设计院	锦州石油六厂
上海焦化厂	兰州化工厂

目 录

前言

绪论	6-1
----	-----

第一章 金属表面的机械除锈	6-2
---------------	-----

第一节 干法喷砂除锈	6-2
第二节 密闭喷砂、喷丸除锈	6-9
第三节 射流控制真空喷丸除锈	6-15
第四节 抛丸除锈	6-25
第五节 湿法喷砂除锈	6-28
第六节 高压水除锈	6-31
第七节 手工工具除锈	6-32
第八节 遥控自行式除锈	6-33

第二章 金属表面的化学、电化学处理方法	6-39
---------------------	------

第一节 金属表面的预处理	6-39
第二节 浸泡式酸洗除锈	6-43
第三节 电化学酸洗除锈	6-47
第四节 自动喷射酸洗除锈	6-49
第五节 酸洗膏除锈	6-61

第三章 金属表面的化学转变及其他处理方法	6-64
----------------------	------

第一节 金属表面的化学转变	6-64
第二节 综合处理	6-69
第三节 火焰清理	6-73

第四章 水泥设备的表面处理技术	6-76
-----------------	------

第一节 涂装防腐涂料时的表面处理	6-76
第二节 铺设玻璃钢时的表面处理	6-77

绪 论

石油、化工生产中的设备、管道、建筑结构在进行腐蚀施工前，如衬胶、衬砖板、衬玻璃钢、搪瓷、喷涂塑料和涂料等，都要求被衬覆的表面清洁、干净，以保证覆盖层和基底结合良好。但由于设备、管道在机械加工和热处理的过程中，表面往往有氧化皮、锈蚀、毛刺、油污、水份和灰尘等表面缺陷和污染物存在，如不认真处理，就不能获得良好的施工质量。

表面处理就是采用机械或化学、电化学方法消除金属表面的氧化皮、锈蚀及其他污物等，以提供符合防腐施工要求的金属表面。喷砂除锈是防腐施工中主要的表面处理技术之一。但由于操作时产生的粉尘和喷散的砂粒到处飞扬，不仅使除锈效率低，而且操作条件差、劳动强度大。世界一切事物中，人是第一个可宝贵的。在共产党领导下，只要有了人，什么人间奇迹也可以造出来。几年来防腐战线上的干部、技术人员和工人发扬“独立自主、自力更生”的革命精神，大搞技术革新，采用一些表面处理的新技术，尤其是密闭喷砂(丸)除锈，解决了砂(丸)的自动输送和除尘等重要问题，其他部门也创造了射流控制真空除锈和遥控自行除锈等新技术。从而提高了除锈效率，改善了操作条件，减轻了劳动强度。这充分体现了社会主义制度的优越性。

必须指出，这些新的表面处理技术目前在石油、化工防腐蚀工作中使用得还不够普遍，有些方法还不能直接应用，而需要作一定的改革才能适应石油、化工设备内表面除锈的要求。为了适应石油、化工防腐蚀工作的需要，本册将对各种表面处理方法尤其是几种新的表面处理方法，作较详细地介绍。

第一章 金属表面的机械除锈

机械除锈是目前广泛采用的、较为有效的一种表面除锈技术。这种方法主要是利用机械力的方法去冲击、摩擦、敲打金属（主要指钢铁），从而除去表面的锈蚀和一切污染。这种除锈方法一般可分为二种方式，一种是由手工拷铲发展起来的，借助机械力或风力，带动各种工具敲打金属表面，来达到除锈目的；另一种方式就是用压缩空气带动固体颗粒或高压水流，直接喷射于金属表面，以冲击力和摩擦的方式达到除锈目的。机械除锈的效果是比较理想的。

第一节 干法喷砂除锈

干法喷砂就是以 $5\sim 7$ 公斤/厘米²的压缩空气带动砂粒通过专用的喷嘴，高速喷射于金属表面，达到除锈目的。这种除锈方式是依靠砂粒棱角的冲击和摩擦，使金属表面的铁锈及其他污染彻底除净，得到一个有一定粗糙度的、显露出银灰色金属本色的表面。从而使防腐层获得良好的结合力。

这种喷砂设备一般说来有二种形式：

压出式 当砂粒在盛砂罐内时，就受到压缩空气的压力，然后被压到盛砂罐底部的三通管部份，在那里再与压缩空气混合，并沿橡胶管输送到喷嘴被喷出。

吸入式 砂粒被压缩空气在喷嘴处被带入，并一起喷出。这种作用是由于高速流动的压缩空气所造成的真空而产生的。因为矿粒本身不需受压力，所以不一定具备专用的盛砂罐，可用胶管直接插入砂堆中进行喷砂，因此设备简单，搬运方便，便于直接在生产现场施工（只要具备压缩空气的条件），而且软管的磨损小，但是生产效率较低、吸入高度有一定范围，操作控制也不便利、砂流易造成断续现象，不太适应生产发展的需要，所以在实际生产中已较少使用。以下介绍压出式喷砂。

一、主要设备及工艺过程

1. 空气压缩机 一般要求压力不低于 $5 \sim 7$ 公斤/厘米²(表压), 配合一个喷嘴使用时, 风量不少于 3 米³/分。这种压缩机可配用小容量的喷砂罐, 容积为 150 立升左右, 这样可在这些设备上安装轮子, 做成移动式的喷砂设备, 可减少大型设备的搬运, 解决不能搬运设备的表面处理问题, 同时也减少了设备在防腐施工后因搬运而造成的质量事故。

为了适应大工作量工厂的喷砂需要, 上述设备是不够用的, 所以推荐空气压缩机的压力为 $5 \sim 7$ 公斤/厘米² (表压), 排气量为 $6 \sim 10$ 米³/分, 最好具备二台, 以适应多个喷嘴同时工作, 相适应的喷砂罐容积为 $0.6 \sim 1.5$ 米³。

2. 喷砂罐结构及其操作过程

喷砂罐结构大体上有两种:

(1) 单室喷砂罐 结构如图6—1。

喷砂罐系普通碳钢板焊接而成, 设备制成后应按一般受压设备要求进行检验。活门上圆锥体外部应衬橡胶, 便于和加料口下部的喇叭口部分压紧, 起密封作用。

操作过程参见图6—2 (I), 首先打开阀门4, 利用压缩空气顶住砂罐内的活门1, 使砂罐内的砂

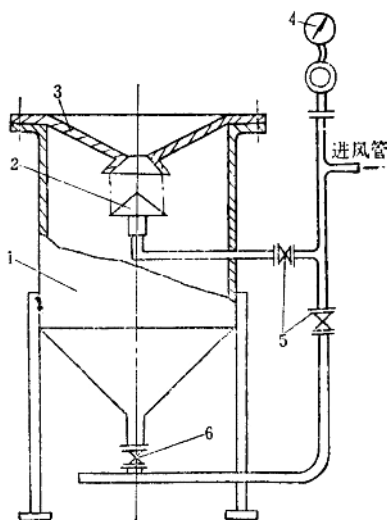


图 6—1 单室喷砂罐

1—罐体; 2—活门; 3—加料斗; 4—压力表; 5—球阀; 6—出砂旋塞

粒获得一个向下的压力, 然后打开阀门3和旋塞2, 使压缩空气与砂粒混合, 经橡胶软管从喷嘴喷出, 这样即可进行喷砂工作。

喷出的砂量大小由旋塞 2 控制，由操作人员依喷砂的实际情况加以控制。停止操作时首先关闭旋塞 2，然后再关闭阀门 4 和 3，最后再打开阀门 5，放出罐内的压缩空气。这时盛砂罐上部的砂粒依靠自重压开活门 1，进行装砂，由此完成一个操作过程。此法的缺点在于仅有一个砂室，在装添新砂时须停止工作，为间歇式操作，但结构较简单。

(2) 双室喷砂罐 操作过程见图 6-2(II)。

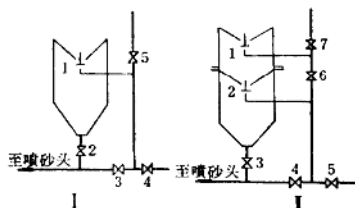


图 6-2 喷砂操作过程示意图

在开车前先装满下室的砂，然后开压缩机，打开阀门 5 利用压缩空气顶住活门 2，这时即可打开阀门 4 和旋塞 3，开始喷砂操作，同时装上室的砂。待下室的砂

即将用完时即进行加砂，打开阀门 6 利用压缩空气顶住活门 1，同时上室中压力迅速增加，到上下室压力相等时，上室的砂因自重压开活门 2 进入下室（这时整个喷砂罐内压力相同，故上、下二室相当于一个整体）直至砂粒全部进入下室时，关闭阀门 6，打开阀门 7 放出上室的压缩空气，这时活门 2 又自动关闭（由于下室的压力又大于上室，所以活门 2 又被顶住）。又可进行上室的加砂工作，为此往复循环，不需终止喷砂工作即可进行加砂。优点就在于能连续操作，工作效率较高，适用机械化装砂。

二、辅助设备及材料

1. 辅助设备 喷砂时使用的压缩空气，应仔细的除去其中含有的水份和油雾。同时又要维持大致恒定的空气压力和风量，因此设有“气包”（又称缓冲罐），为普通碳钢制成的耐压设备，在上部装有安全阀，下部装有放水放油阀门。后面还有二个罐。第一小罐为中间有一挡板的简单耐压碳钢设备，第二小罐中间放入隔离层，一般可用木炭和焦炭，主要用来吸附水份，整个流程见图 6-3。

经过上述处理后的压缩空气基本能达到洁净，满足喷砂操作的需要。必要时可用下法检验：将压缩空气向白纸上喷射20~30秒钟之后，纸上不留下油或水的痕迹，即可认为压缩空气是洁净的，可用来喷砂。

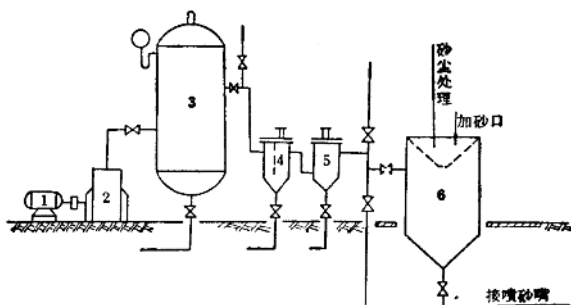


图 6—3 喷砂压缩空气流程图

1—电动机；2—压缩机；3—风包；4—油水分分离器；5—水份吸附器；6—喷砂罐

连接喷砂罐至喷砂嘴的耐压橡胶软管一般可以使用3~6个月，为保证安全使用，应经常检查，有无局部磨损严重的部位，发现后可试水压并及时加以更换，以免吹裂伤人。

2. 喷砂嘴 常见的两种结构如图6—4，使用过程中磨损严重，所以要求用耐磨材质制成。目前使用的材质种类很多，使用寿命也不相同，同时其使用寿命又随喷射固体颗粒(砂粒)的不同而又大不相同。不同材质的喷砂嘴的性能参见表6—1，可依据实

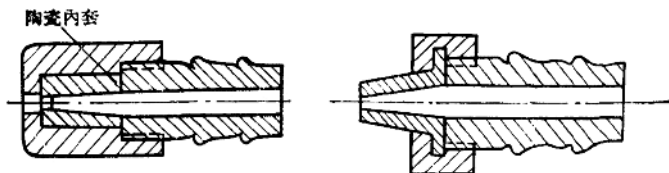


图 6—4 喷砂嘴的结构形式

表 6-1 喷砂嘴的材质和性能

喷 砂 嘴 材 质	喷射的固体颗粒	使用寿命 小时	备 注
铸 铁	石 英 砂	1~2	江西产
铸 铁	金 钢 砂	2~3	
铸 铁	河砂、海砂	1~2.5	
粉红色陶瓷	石 英 砂	7	
白色陶瓷	石 英 砂	2	
炭拉丝模(硬质TK合金)	河 砂	120	热处理较好的
炭拉丝模(硬质TK合金)	河 砂	16~20	热处理较差的
中 碳 钢	石英砂50% 铁丸50%	3	洛氏硬度在58~60
35~50#中碳钢	铁 丸	20	
45#中碳钢	铁 丸	12~18	
45~50#中碳钢	铁 丸	8	洛氏硬度在40以下
钨 钢	铁 丸	数百小时	
工 具 钢	铁 丸	50	

际情况选择使用。

3. 喷砂用的固体颗粒(丸)

目前使用的固体颗粒(丸)种类很多,一般说来可以分为两类。

(1) 硅质砂 包括石英砂、海砂、河砂和金钢砂。石英砂和金钢砂带有棱角、质地较坚硬清理效果较理想、寿命也较海砂、河砂长,但价格较贵。海砂、河砂的强度较低只能使用一次,但因来源广、价格便宜,也可采用。在实际使用中主要根据因地制宜的原则来选用,因有些地区的金钢砂和石英砂离产地较近,相对价格就大大降低。采用这类砂的最主要缺点是有硅尘产生,所以必须加强劳动保护措施,另外是改进喷砂的机械化和自动化,使喷砂区域的灰尘不超过允许浓度2毫克/米³。

(2) 铁丸 主要是铸铁丸及钢丸,其主要特点是避免了硅尘的产生,另外使用寿命和周期较长可参见表6-2。

由于铁丸是球状,没有棱角所以不能在钢板表面产生棱角形的粗糙面,一般来说,涂层的结合力会有所降低,但对于大多数防腐蚀施工来说影响并不大。但是用铁丸除锈产生的尘土仍然很

表 6-2 喷射材料的比较

喷射材料	相对成本	使用次数	每使用一次的相对成本	维氏硬度
砂	0.35	1	0.35	约400
铁 渣	1	1	1	约500
激 冷 铁 丸	8	10~100	0.08~0.8	300~600
可 锻 铁 丸	13	100以上	0.13	约400
钢 丸	24	500以上	0.048以下	400~500
钢 丝 段	24	500以上	0.048以下	约400
铜 渣	2	10以下	0.2以上	约890

大,所以也必须加强劳动保护和提高机械化程度来改善操作条件。

上述两种固体颗粒的粒径大小大致都在1~2毫米左右,石英砂因棱角的存在,颗粒直径范围大致在1~3毫米左右,铁丸在1~1.5毫米为最多。对于固体颗粒的另一个要求是要干燥和洁净、没有油污,以免沾染被处理表面。在喷射厚度为1毫米的薄钢板时,空气压力要减小至1大气压,如采用已用过4~5次的河砂,颗粒为0.15~0.20毫米,喷射角度可稍小些,约在30°左右。

三、喷砂操作的工艺条件

喷射操作时,如空气压力在5~6公斤/厘米²下,砂粒直径为1.5毫米,较合理的喷射角度为45~60°,喷嘴至加工面最佳距离为120~150毫米。实际操作时应视工作压力与所处理表面锈蚀的情况,适当控制距离,但一般最近不小于80毫米,喷射角不小于30°。总之经喷砂后的金属表面要求显出均匀一致的金属本色,并应除净铁锈和其他附着物,保持表面的干燥和洁净。一般在喷砂处理后8小时,就一定得涂刷表面保护层,以防再生锈,在潮湿天气和地区,更应及时涂刷表面保护层,以保证防腐施工的质量。

四、安全及劳动保护措施

在干法喷砂操作过程中最为重要的一点是防避灰尘,应采取可靠的劳动保护用具,保证操作人员的身体健康。

防避灰尘的方法有以下几种:

1. 防尘口罩 为过滤式半面罩呼吸器官保护用具。适用于硅尘和其他无毒粉尘作业使用, 结构如图6-5示。

在使用过程中要注意及时更换中间的滤纸(因滤纸是最重要的阻尘材料)以保持除尘效率, 在使用前和使用后都要清洗干净, 因这类口罩为塑料制成, 所以在保管中要注意不要遇到高温, 要求 30°C 以下, 严禁火烤或曝晒。

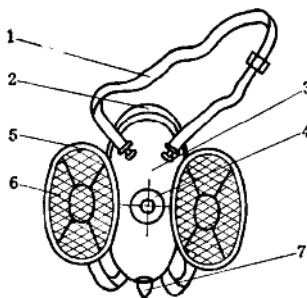


图 6-5 防尘口罩结构

- 1—带子; 2—泡沫塑料; 3—主体;
4—呼气阀; 5—过滤盒; 6—滤料;
7—排水口

口罩的主要特点是阻尘率高, 呼吸阻力低, 重量轻, 死腔小。对下方视野影响小, 佩戴舒适。对防止硅肺与其他尘肺病能起到很大的保护作用。它的一些主要指标已达到国内外先进水平。

在喷砂操作中除使用上述面具以外还必须佩戴头部防护衣。防护衣是用帆布做成, 在眼睛部分有玻璃片, 便于操作人员观察工件。为了保护眼睛受粉尘沾染, 还可使用普通防毒面具改制, 用剪刀剪去口鼻部份, 然后带上防尘口罩结合防护衣, 能保证头部和上身不受砂粒和硅尘的侵袭。

2. 带有空气分配器的面罩 利用经过清浄的空气从面罩的头部吹入, 使面罩内保持正压, 以至硅尘无法进入, 使用效果也较为良好。其缺点为进风直接吹在头部, 在冬天时较冷, 经改革后, 在冬天用加暖的热空气吹入。进风量可由操作人员自行控制, 以保证舒适和防止硅尘的进入。

3. 喷砂防护衣 防尘帽与上衣连在一起, 用人造革制成, 袖口和腰部有松紧带, 钮扣部分采用折叠式, 穿戴时从头部套入, 可保证头部和上身均不受矽尘的侵袭, 帽子内也同样带有新鲜空气的分配器, 保证操作人员呼吸新鲜空气, 眼睛部位是用有机玻璃罩, 外加普通玻璃罩以便于操作人员在工作中观察工件, 穿着

较为舒适、防尘效果很好，目前已普遍采用。

第二节 密闭喷砂、喷丸除锈

密闭喷砂、喷丸除锈的主要特点，就是设法使喷砂操作过程中产生的粉尘及喷散的砂粒不到处飞扬和飞散。使喷砂操作在密闭房间内进行，并用抽风机把操作过程中产生的粉尘抽走，使灰尘和砂流只在固定的系统内流通，砂粒应用机械方法运送和收集，代替了人工搬运。喷砂可采用隔离操作或用机械方法代替手工喷砂。从而避免和减少了粉尘对人体的危害，改善了工作条件，并保证了周围环境的卫生，同时又提高了生产效率，减轻了操作人员的劳动强度，除锈质量也完全可以得到保证。所以这种工艺，正日益受到重视和发展，已有许多的工厂采用或部份采用。

但是这种密闭喷砂操作的工艺，目前还存在着一些问题，就是如何完全实现隔离操作和机械化操作，例如：喷枪的设置方式，以及工件转动和移动的方式等等都有待进一步改进，尤其是对密闭（非敞口）设备的除锈问题，还必须考虑采用其他的先进方式，以使操作人员完全脱离不良的工作环境，并且全部使用机械设备来代替手工劳动。

密闭喷砂、喷丸除锈工艺主要包括三个系统即砂粒的收集、提升和循环输送；粉尘的排除、分离和处理；喷砂的隔离和机械化操作。以下将分别叙述三个系统的具体工艺和主要设备。

一、砂粒（铁丸）的收集提升和输送

1. 真空提砂 用真空泵的抽力把砂子提升到喷砂罐内，从而代替了人工上砂和运砂，减少操作人员接触粉尘的机会，降低劳动强度，提高了生产率。操作工艺参见流程示意图6—6。首先开动真空泵，造成缓冲罐内的真空，由此把砂粒提升到一定高度的缓冲罐1内，然后再由缓冲罐1流入到转动筛2，经过筛后合格的砂粒自动落入贮砂罐3。第二步把真空接到喷砂罐4（中间安装一个分砂缓冲罐），造成喷砂罐内的真空，这样砂粒就从贮砂罐内被提升到喷砂罐内，完成砂粒的提升和输送。

3. 风动送砂 就是采用风机，直接利用风力来回收和输送砂子（铁丸），它的主要设备是需要大容量的风机。其工艺过程见图6—7。

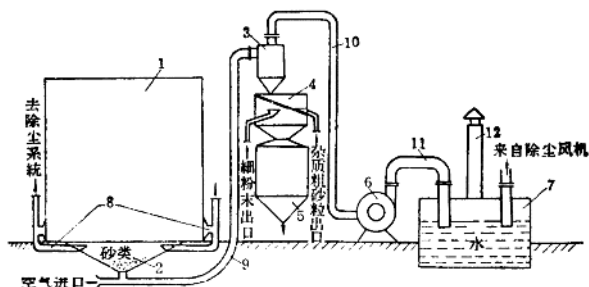


图 6—7 风动送砂工艺过程

1—密闭喷砂室；2—集砂巷道；3—旋风分离器；4—砂类分离过筛贮斗；5—喷砂罐；6—风机；7—水槽除尘器；8—排尘风道；9—运砂风道；10—风机进风管道；11—风机出口管道；12—放空管

被喷散的砂粒或补充的新砂自动落入集砂巷道内，然后被风力吸入运砂风道中，提升至旋风分离器内，绝大部分砂粒被回收下来，然后经分离过筛进入喷砂罐，供喷砂循环使用。粉尘由旋风分离器顶部抽出，经风机后进入水槽，除去粉尘后，干净空气排空。

经试验表明，运砂风道内的风速在风机阻力允许范围内，应尽量取得高一些，一般来讲采用 35~40 米/秒为宜，对于运砂风道的布置采用垂直管输送效果较好。

采用风动送砂的优点就在于不需任何其他的传动机械（例如螺旋输送机、斗式提升机等），这样就防止了机械的磨损，简化了设备。但是，它的动力消耗较机械送砂要大，所以在设计上应加以注意，避免不必要的动力消耗。

对于喷砂工作量为中等的工厂来说（即每天喷砂量为数吨），采用风动运砂的通风机动力消耗约需 50 千瓦，比机械运砂多消耗大约 3 倍的电力。这样的设计是把风机安置在水膜除尘器（或水

槽除尘器)的后面,所以大量的动力消耗用在克服水膜除尘器所造成的阻力上。优点在于风机仅和很少量粉尘接触,磨损较少,使用寿命较长。有些工厂采取把风机放在水膜除尘器之前,旋风除尘器之后,这样可使运砂风机的动力消耗大大降低。

据某厂试验采用以下的设备,就能达到风力运砂的目的。运砂风机的风量为 $7900\text{米}^3/\text{小时}$,风压 320毫米水柱 ,转速 2900转/分 ,配用电动机为 13千瓦 。试验后测定压力,在旋风除尘器之前,当运砂风道直径为 $\phi 200\text{毫米}$ 时,风压可达 $240\sim 250\text{毫米水柱}$,砂粒的提升垂直高度为 $7\sim 8\text{米}$,输送平面距离为 $4\sim 5\text{米}$,这样就能达到运砂的目的。如果把风机接在水槽除尘器的后面,那么,运砂风道中的风压仅为 100多毫米水柱 ,砂类就抽提不了。按照这样的设计,还必须注意的就是风机出口管在水槽中插入水面以下的深度为 $50\sim 60\text{毫米}$,过大就要影响前面的风压,以致破坏运砂的进行。采用这种小风机,在除尘方面应另配置一个抽风机,用于排除密闭室内的尘土,这一风机的能力大小应视密闭操作室的大小而定,一般说来采用十几千瓦动力的风机就可以了。

从目前来看这样的设计是较合理的,据某些使用厂反映,风机的磨损并不太严重。

运砂风道的磨损是较严重,个别工厂在弯头部份磨损竟达 0.01毫米/小时 ,所以建议采用铸铁管,在运砂风道弯头部份和旋风除尘器入口切线方向处,可考虑采用灰绿岩砖板衬里,来保护管道。

4. 其他提砂方法 除了以上三种方法外还有一些简单的提砂方法,就是直接采用喷砂的压缩空气,通过专用喉管,造成一定程度的真空,把砂类吸入风道并同时依靠压缩空气流带动砂子,把砂子提升到一定的高度(一般约 $3\sim 4\text{米}$)而达到运砂目的,提升管道可依据输送砂子的距离和高度安置成 $30\sim 40^\circ$,或直至 $60\sim 70^\circ$ 的斜坡均可实现,提升管道的直径,由管道的斜度和运送距离所决定,一般 $30\sim 40^\circ$ 的斜坡,管道直径可用 $\phi 100\sim 150\text{毫米}$, $60\sim 70^\circ$ 的斜坡,管道直径可用 $\phi 50\text{毫米}$ 左右,这种方式装砂速

度约为30分钟200~400公斤，所以缺点是运砂量太小。采用这种方式装砂，节约了许多机械设备，同时须在喷砂间歇时才能装砂，所以仅适用于喷砂量很小的工厂使用。

二、粉尘的排除、分离和处理

密闭室内喷砂时所产生的粉尘用排风机抽走。排风机的吸尘口，一般说来安置在密闭室的下部或底部较合适，因为这样安置以后在密闭室内的粉尘，不会向上飞扬，如果安装合适，可见的粉尘高度不超过一米。在这种情况下，操作人员进入密闭室内工作，不致受到过多粉尘的侵害。

粉尘由吸尘口吸入风道后进到旋风除尘器除去约70%左右的砂尘，然后留下的细粉尘经水沫除尘器（或水槽除尘器）除去，基本上能获得清净的空气排空，保证了环境卫生。

有关旋风除尘器的设计可按照实际情况，依照旋风除尘器通用的设计方法设计。

水沫除尘器的结构可参见图 6—8。这是体积为 2 米³ 的除尘设备，除尘效率较高，如生产实践还觉不够理想，可在气体进口部份增设水喷淋管。这样可使排出气体很干净，达到除尘目的。水槽除尘器结构很简单，可参见前面风力运砂部分，这里不再重复。

三、喷砂过程的隔离操作和机械化操作

由于采用了密闭室喷砂，因而提供了隔离操作的可能性，最简单的隔离操作，就是操作人员在隔离室内通过操作孔，控制喷枪。喷枪可用铁管制成，长度可按实际需要决定，喷枪的喷砂嘴安装在铁管头部，可前后伸缩，自由上下、左右移动，由此来完成设备的喷砂除锈工作，操作孔用橡皮板密封，在密闭工作室内有灯光照明，必要时可在喷枪上安置灯光，操作孔上部设有观察镜。在密闭操作室内设置轨道、小车及工件的转动系统，以保证要进行喷砂处理的设备、管道在喷砂室内移动和转动，由此来适应各种设备各个部位的喷砂需要，密闭室的运砂和排尘如上所述。

这种隔离操作装置制作较简单，对于喷枪体上无多大的改革，