

·内部资料·

无机盐工业

新技术、新设备资料汇编

化学工业部科学技术情报研究所

一九八三年十月

内 容 简 介

近年来我国无机盐行业出现了许多新技术、新设备。为进一步提高无机盐工业的技术水平,促进该行业的更快发展,我们选择了几篇有关无机盐工业产品一般通用的加工步骤,即:粉状物料输送、计量、矿物焙烧、熟料浸洗、过滤、蒸发、干燥、结晶、后处理以及有关国外无机盐行业的新技术、新设备,国外对产品应用性能的要求和研究的文章编写了本汇编。可供从事无机盐生产、科研、教学的有关人员参考。

无机盐工业新技术、新设备资料汇编

姜世光 编辑

(内 部 资 料)

化学工业部科学技术情报研究所编辑出版

宇航出版社印刷厂印刷

1983年10月 北 京

代 号: 83—14 定价: 2.50 元

目 录

1. 无机盐行业生产技术现状及发展方向	化工部化工司无机盐处 马 军、张晓钟、陶连印 (1)
2. 低压吸引式气力混料装置	山东济南裕兴化工厂 (4)
3. 气流输送、干燥、沸腾分解技术在碳酸钾生产中的应用	江苏常熟化工厂 (14)
4. 气流输送铝矾土	山东淄博制酸厂 (18)
5. 氧化锰沸腾还原焙烧炉的设计及应用	湖南长沙化工厂 (31)
6. 流态化浸洗硫化钡的试验报告	青岛红星化工厂 姜绍峰 (37)
7. 重铬酸钠溶液连续蒸发工业试验报告	山东济南裕兴化工厂 (52)
8. 升降膜式蒸发器在氯化钙生产中的应用	天津碱厂 (60)
9. 亚硝酸钠真空连续结晶试验	大连化工厂 陆际林 (62)
10. 强制循环真空结晶器在氯酸钾生产中的应用	四川长寿化工厂 (70)
11. EKY—25 快开式水平叶片压滤机试验报告	化工部上海化工研究院 (72)
12. GSD ₁ 型连续水平真空带式过滤机	化工部上海化工研究院 赵儒础 唐余龙 (80)
13. 刚玉管过滤器在碳酸镁生产中的应用	天津碱厂 (88)
14. 喷雾干燥法生产无水磷酸一钠	成都化工研究所 陈加甫 (91)
15. 离心喷雾干燥在五钠生产中的应用	广西柳城磷肥厂五钠车间技术组 (98)
16. 碳酸钡湿法造粒技术简介	青岛红星化工厂 王基生 (103)
17. 离子交换法处理含铬废水	上海浦江化工厂 (109)
18. 离子交换技术用于碳酸钾生产	

.....	江苏常熟化工厂	钮行良	(113)
19. 硫酸铝采用低碳脂肪酸萃取除铁试验简介	.....	山东淄博制酸厂	(117)
20. F—101 阳离子交换膜在电解法过氧化氢生产中的应用	.....	江苏江阴化工一厂	(122)
21. 金属阳极在氯酸盐生产中的应用	.....	福州第一化工厂	罗尚智、薛继武、林 斌 (131)
22. 泡花碱生产的节能措施及热平衡测试方法	.....	上海泡花碱厂	张素青 张永乐 (136)
23. 泡花碱生产过程中热平衡计算和废热利用	.....	江苏常州红卫化工厂	(142)
24. 立筒预热器用于铬矿焙烧的试验	.....	青岛红星化工厂	(147)
25. 国外无机盐产品防结块的研究和某些测定方法	.....	化工部天津化工研究院	(157)
26. 一种新型氯酸钾防结块剂	.....	江西九江化工厂	李静秋、许盛章 (164)
27. 碳酸氢铵防结块添加剂	.....	化工部上海化工研究院	(169)
28. 国外无机盐工业几项新设备、新工艺概述	.....	化工部天津化工研究院	(175)
29. 国外对无机盐产品应用性能 (物理性能) 的要求及研究	.....	化工部天津化工研究院	(187)

无机盐行业生产技术现状及发展方向

化工部化工司无机盐处 马 军 张晓钟 陶连印

一、无机盐行业生产技术现状

无机盐行业是一门品种繁多,应用十分广泛的基本化工原料工业。三十年来,我国无机盐工业发展迅速,目前已建立起了可为国民经济各部门配套的无机盐工业基础,能生产近400个品种,年产量亦达数百万吨。在产品质量、生产技术及装备水平方面也有很大的提高,绝大部分产品已采用了国外通用的工艺路线,有些产品初步实现了机械化、连续化生产,而且结合我国资源状况,还有若干产品的工艺流程是我国独创的,如碳酸法制硼砂、红矾钠母液加工铬酐等等。近几年无机盐行业涌现了不少新技术、新设备。例如气流输送、粉状物料的混合、软锰矿、硼矿的沸腾焙烧、硫化钡粗料的流态化浸洗、磷酸盐、铬盐用倾复式真空盘式过滤器浸洗、硝酸钠、氯酸钠的真空结晶、磷酸盐的离心喷雾干燥、碳酸钡的造粒以及离子交换技术、膜技术、萃取技术、金属阳极技术等等。这些新技术、新设备的采用在一定程度上改变了无机盐行业技术、设备落后的状况,但该行业与国内其它化工行业相比仍显得落后,与国外先进水平相比差距更大。为了搞好无机盐行业的技术改造,我们通过调查研究认为以下几个方面是今后改造的主要方向。现整理如下,供从事无机盐工业生产、科研、管理部门及个人参考。

二、无机盐行业生产技术的发展方向

<一>以节约能源为中心搞好技术改造

无机盐行业生产需经热化学加工的产品很多,如泡花碱、铬盐、芒硝、硫化碱、碳酸钡、碳酸锶、硼砂、硫酸锰、轻质碳酸钙、钼酸盐、五氧化二钒等等,因此节约能源有很大的潜力。当前无机盐生产能耗高、能源利用率差的薄弱环节是矿石焙烧、蒸发、干燥和电化学生产过程。技术改造首先应在这些工序上下功夫。

1. 搞好焙烧炉的余热利用

目前无机盐生产常用的几种焙烧炉热效率都不高。反射炉仅18—20%,立窖30%左右,转窖30—40%,约有60%以上的热能被尾气、熟料、炉壁辐射等损失掉,因此在提高窖炉的热效率、回收余热方面无机盐行业常用的各种热工窖炉具有很大的潜力。例如,常州红卫化工厂和上海泡花碱厂都采用反射炉生产泡花碱,利用烟道气的余热代替锅炉用煤发生蒸汽供后工序用。红卫厂的热利用率上升到65.6%,上海厂对炉体和操作工艺也进行了改革,使泡花碱油耗下降到85公斤/吨。又如,青岛红星化工厂采用转炉焙烧生产红矾钠,在转窖尾部安装了一套立筒预热装置预热生料,按试验计算,年产5000吨红矾钠可节油1000吨,回收生料550吨。

2. 降低电化学生产产品的电耗

国内用电化学法生产的无机盐品种较多,如二氧化锰、高锰酸钾、氯酸钾(钠)、高氯酸盐、双氧水等等,各种产品生产采用的电解槽结构及工艺条件各不相同,但都存在电流效率较低、电耗较高的问题。因此提高电流效率、降低电耗是提高电化学生产技术的方向。

福州第一化工厂在有关单位协助下,将石墨阳极改为以钛为基体,以 $\text{RuO}_2\text{-TiO}_2\text{-SnO}_2$ 为活性涂层的金属阳极,实践证明,每个电槽可提高产量一倍,每吨产品可降低阳极成本34.74元,降低电耗254度。珠江电化厂对电解氯酸钾的电解槽进行了槽型及电极材料的改革,提高了电流密度,降低了槽电压。江阴化工厂电解法生产双氧水采用F-101阳离子交换膜代替素烧陶瓷膜,每吨产品可降低电耗1000度,全年可节电150万度。

3. 抓好蒸发器的改造

无机盐生产的蒸发工序尽管在部分产品生产中采用了较先进的蒸发器,但总的说来还是薄弱环节,不少产品还在采用大锅熬的办法,煤耗很高,有的产品虽采用单效蒸发器,能源利用也不充分。仅以硫化碱生产为例,如将目前硫化碱生产大锅熬的方式改为蒸发罐为主、大锅熬为辅的二段蒸发,煤耗即可由430公斤/吨降为170公斤/吨,万吨硫化碱可节煤2600吨。因此如何选用高效率低能耗的蒸发器是全行业在较短时期内要解决的问题。

4. 因地制宜制定干燥工艺路线

在无机盐行业中为数相当多的企业采用厢式蒸汽干燥器,这种干燥方式热效率低,生产能力低、干燥时间长、工人劳动条件差。根据各自的生产实际选择干燥方式是十分重要的,例如对于小企业产量小的产品,可选用远红外转筒干燥器,襄樊磷肥厂氟硅酸钠的生产即采用此法,它占地小、投资少、上马快、干燥质量好。对于产量大、粘度大的产品,离心喷雾干燥是一种较好的干燥方式广西柳城磷肥厂用此干燥方式干燥磷酸五钠,实践证明:(1)该干燥器可处理粘度较大,带大颗粒的悬浮液,不易堵塞;(2)能耗比气流喷雾小;(3)干燥过程时间短;(4)可由液料直接得到固体粉末,省去了蒸发、结晶、分离、粉碎等工序;(5)生产能力大,粉尘污染少。

<二>治理三废,保护环境

目前国内无机盐生产规模小、布局分散、三废污染比较严重,象铬盐生产除少数企业外,大部分企业的铬渣、含铬蒸汽和粉尘均未解决,重金属盐类生产中的污染治理也不彻底,硼、锰、钡、镉盐类生产中排出的渣、泥多年来一直做为“三废”堆置,有的甚至成了公害,成为当地社会各界舆论的“众矢之的”。“三废”的存在不仅污染环境,而且也限制了生产的发展。如红矾钠是消费品生产不可缺少的原料,与上千种商品有联系,几年来一直满足不了需要,除部分原料供应不足的原因外,更主要的是三废没有治理好,限制了生产的发展。

近几年,很多企业对三废治理作了大量的工作,铬盐行业还组织了攻关会战,取得了一定成绩,如纯碱回收、硫化碱解毒治理铬渣的新工艺,已达到地方排放标准。

<三>重视产品的应用研究,提高产品的应用性能和质量

当前我国无机盐工业产品 in 应用性能和品种数量上与国外先进水平差距很大,与国内

① 各行各业的要求也有一定距离。当代各个领域科学技术的发展要求作为原料的无机盐工业产品，不仅要有较高的化学纯度，尤其要有各种特定的物理性质，如对晶型、粒度、表面积、孔容、孔径、堆比重介电常数、表面活性、流动性、稳定性等等都有一定的要求。即使是同一类产品，因其应用领域不同各自也都有不同的指标要求。这些无机盐产品特定物理性能的好坏，往往是用其加工的最终产品质量优劣的重要因素。例如，我国橡胶制品颜色单调，质量不高，这在很大程度上是由于作为填料的轻质碳酸钙和白炭黑的物理性能差所致，又如我国引进的彩色显像管生产线，由于自动化、定量化投料的要求粉状产品不能适应，对碳酸钡和碳酸锶要求是具有一定粒径的粒状物。这个问题至今未能彻底解决。因此重视产品的应用研究，提高产品的物理性能，改变目前无机盐工业产品多属简单原料加工、技术附加价值低的状况，是今后无机盐行业技术改造，提高经济效益的主要方向。

〈四〉加强对反应机理的研究，为技术改造提供理论依据

无机盐行业生产虽可以用“某种单元操作”来反应它们的共性，但由于产品和原料的差异，每个品种的工艺条件和对设备的要求差别很大，只有搞清楚工艺过程的内在规律，才能使技术改造作到有的放矢，这方面的研究工作，在行业内很欠缺，应加强对主要品种反应机理的研究，以便为技术改造提供理论依据。例如，天津化工研究院对用现行碳碱法无法加工的辽宁二人沟硼矿进行了分解机理的研究，找出了起破坏作用的各种镁盐在反应过程中转化及颗粒增长的规律，从而解决了料浆易干涸、分离困难等问题，使这一重要硼矿点的开发利用得以实现。又如黄石市环保所配合该市铬盐厂治理三废，对铬渣解毒机理进行了研究，对治理废渣的工艺是否解毒彻底提供了理论依据，受到铬盐行业的高度重视。

总之，为了较快地改变无机盐行业的落后面貌，我们希望行业内、品种间积极开展技术交流，并希望科研单位与工厂紧密配合，尽快地把科研成果应用于生产之中，不断提高全行业的经济效益，为四化建设贡献力量。

低压吸引式气力混料装置

山东济南裕兴化工厂

一、前言

混料工序是铬盐生产流程中的主要工序之一。它的任务是将铬矿、纯碱、石灰石、白云石和矿渣五种物料按配方比例分别计量。混匀并输送至煅烧窑尾的生料仓。

所谓“低压吸引式气力混料装置”实质上是一套气力输送装置。吸引式气力输送在工业上早有应用。其特点是既可用于几处（或几种）物料向一处集中输送，没有物料和空气向外泄漏，能连续操作，又可用于在气力输送过程中，空气流速较大，流动状态紊乱（ Re 的数量级为 10^5 ），使粉、粒状物料在管路内不断摩擦、碰撞，从而起到很好的混合作用。基于这两个特点，如果能按配方要求将几种原料连续地和定量地供入输送管中进行输送，使在管流中截取的任意一小段空气—物料两相流中的物料都符合配方要求的比例，那么，利用装置的混合能力，就有可能将吸引式设备不只单纯用于输送，而且用于混料。这就是设计“低压吸引式气力混料装置”的最初设想。实践证明，这种装置通过连续定量供料。能够将物料的输送与混合一道做好，而且流程简单，混匀效果高，劳动条件好，深受操作工人的欢迎。

二、流程和主要设备

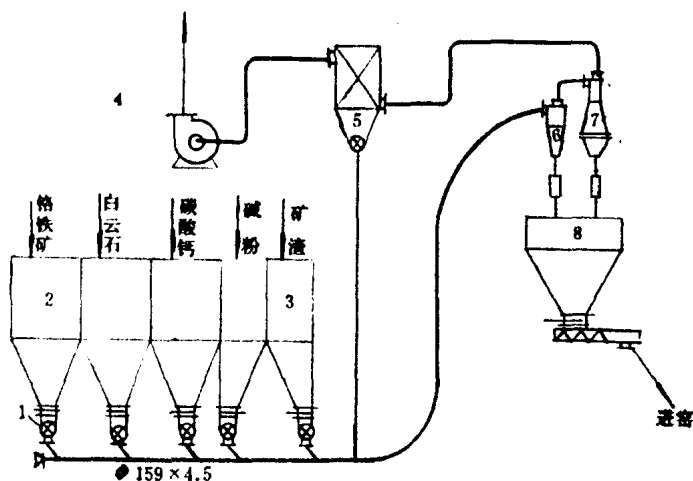


图 1. 流程示意图

工艺流程参见图 1。

料仓（2、3）中的五种物料经螺旋输送机（1）按配方要求的流量（公斤/分）落入输送管（ $\phi 159 \times 4.5$ 毫米）中，被风机（4）吸入的大气带走，经旋风卸料器（6）扩散式旋风除尘器（7）和脉冲式袋滤器（5）三级分离后，物料落入窑尾生料仓（8）中，空气由风机排空。

纯碱粉与经干燥并粗碎后的矿渣也按同样流程进入料仓（3）。铬铁矿、白云石、碳酸钙（石灰石）由粉碎车间用仓式泵压送至料仓（2）。

主要设备列表如下:

序号	名 称	规 格	单位	数量	序号	名 称	规 格	单位	数量
1	计量螺旋	$\phi 147 \times 2000$	台	5	5	脉冲布袋除尘器	36 袋 $F \approx 30M^3$	台	1
2	料 仓	$17.3M^3$	只	3	6	旋 风 卸 料 器	45 型 $\phi 500$	台	1
3	料 仓	$86M^3$	只	2	7	扩散型旋风器	$\phi 400$	台	1
4	离心风机	8-18-101 6#	台	1	8	窑 尾 粉 仓	$15M^3$	只	1

主要设备:

料仓: 方形和长方形钢仓。由于全部物料都采用气力输送进仓, 仓顶均装有相应的袋滤器。底部有闸板, 下面接以计量螺旋, 角锥形底棱最小斜度为 50° 。

计量装置: 以圆管螺旋输送机进行体积计量。由 JZS 型变速电机带动。将变速电机的调速手轮装上指针, 配以刻度盘, 盘上按实际称量的公斤/分的出料量刻度。混料时, 将手轮指针按配方要求置于相应的公斤/分刻度上, 开动风机、螺旋、物料即按配方比例经计量螺旋落入输送管中, 由风机吸入的空气带走。

分离装置: 第一级用旋风式卸料器, 第二级用扩散式旋风除尘器, 这两级均附闪动阀锁气器, 以保证在排料时不向旋风器中漏气; 第三级用脉冲式袋滤器, 并以料封锁气。这种袋滤器部件较复杂, 滤袋再生需 $6 \sim 7$ 公斤/厘米² 的压缩空气。但再生完全, 效果好, 而且经久耐用, 是一种很可靠的袋滤器。

气源机械: 采用 $8 \sim 18 \sim 101$ 离心风机。风压为 900 毫米水柱, 属于低压气源机械。它尺寸小、重量轻、功率消耗大, 而且不需附属装置, 维修简单。但由于风压小, 不能承担较大的压力损失, 因而只能采取低混合比, 风料分离的装置也比较麻烦。由于我们的混料工序输送量小, 输送距离短, 所以仍可选用该离心风机作气源机械。

三、参数的选择与计算

1. 原料的粒径及容重: 见表 1。

表 1 原料的粒径及容重

筛 余 % 作 品	325 目 以 下 <43 μ	325 目 >43 μ	200 目 >74 μ	150 目 >104 μ	100 目 >150 μ	80 目 >175 μ	48 目 >295 μ	38 目 >380 μ	12 目 >715 m/m	
铬 矿	(其余通过 325 目)	6.4	2.7							1.3~1.4
白 云 石	(其余通过 200 目)	(其余通过 200 目)	3.8	0.2						1.1~1.2
石 灰 石	(其余通过 200 目)	(其余通过 200 目)	6.9	1.1						0.95~1.1
矿 渣					16.9		28.2		24.4	1.1~1.2
纯 碱						9.5		1.5	2.0	0.6~0.7

注: 1. 筛分时先用粗筛, 后用细筛。2. 纯碱系原态; 矿渣经干燥并锤碎至通过 6 mm 筛。

2. 输送气流速度：为气力装置中最重要的参数。它与许多因素有关，计算方法虽多，但最稳妥的还是以实验确定。尤其是有五种物料，粒度分布范围很大，更难以计算确定。对一定的装置与物料，有一输送所需的最小风速，若再低，则在输送中逐渐形成停滞流，最后堵塞管路；若过高，则压力损失太大。我们实测的结果是在负载状态下，输送管所需最小风速为 20 米/秒；正常风速 U_a 为 23.8 米/秒。

负载状态与空载状态风速有差别，实测结果表明前者比后者约小 10% 左右。负载状态的输料管风速因物料太多堵塞皮托管而无法直接测得，系由相应情况下的空载风速折算而来。

3. 混合比：单位时间输送的物料重量与所需空气重量之比称为混合比 μ_s ：

$$\mu_s = \frac{W_s}{W_a}$$

风量一定时，混合比越高，输送能力越大，但输送阻力也随之增大，若高至超过风机所允许的吸气压力，则风速、风量反而降低，使输料管堵塞。因此，混合比受物料的物理性质、输送距离、管路布置、气源机械等多种因素的限制。对于低压装置，我们认为 1.6 ~ 2.0 是可取的。

4. 风量和管径：由输送量 W_s 、混合比 μ_s 和空气重度 γ_a ，可算出所需风量 Q (米³/小时)：

$$Q = \frac{W_s}{\mu_s \cdot \gamma_a}$$

考虑到各设备的漏风现象，实际选用的空气量 Q_a 应为理论值 Q 的 120 ~ 130%。

由 Q_a 和 U_a 可计算管径 D (米)：

$$D = \sqrt{\frac{4Q_a}{3600 \cdot \pi \cdot U_a}}$$

5. 系统压力损失计算：压力损失在气力输送中，特别是低真空输送中很重要。因为离心风机吸气压力有限。所以，管路布置、设备选型等都要尽量降低压力损失。

(1) 物料加速的压力损失 ΔP ：

由于送入输料管的物料在输送方向的初速甚小 (有时是 0)，要靠气力将它加速到一定速度，这就产生了物料的加速压力损失：

$$\Delta P = (C + \mu_s) \frac{\gamma_a}{2g} U_a^2 \quad (\text{气力输送装置 P165})$$

C 是取决于供料方式的系数，约在 1 ~ 10 之间。当初速为 0，回转供料器定量供料时，可取其最小值。如济南磷肥厂的装置是将计量螺旋安装成与水平方向成 45° 角并连续供料。此时可取 $C = 1$ 。

(2) 输料管的压力损失 $\Delta P_{\text{管}}$ ：

是指稳定输送状态时输料管的压力损失。直管部分可以由纯空气时的压力损失 ΔP 。乘以系数 α 来计算：

$$\Delta P_a = \lambda a \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma_a}{2g} \cdot U_a^2 \quad (\text{气力输送装置 P166})$$

$$\Delta P_{\text{直管}} = \Delta P_a \cdot \alpha$$

α 称为压损比, 它体现了纯空气流与空气/物料混合流在压力损失上的差别, 它的大小随许多因素变化, 系由实验确定, 推荐的公式很多, 可取值如下:

$$\text{对水平管: } \alpha_{\text{水平}} = \sqrt{\frac{30}{U_a}} + 0.2\mu_s \text{ (气力输送装置 P168)}$$

$$\text{对垂直管: } \alpha_{\text{垂直}} = \frac{250}{U} + 0.15\mu_s \text{ (气力输送装置 P168)。对斜管可取二者之间的值。}$$

弯管可按当量长度法将其折合成 L 当量后计算。 L 当量可按资料推荐的下表换算, 见表 2

表 2 弯管的当量长度 ($\theta = 90^\circ$ 时)

L 当量 物料种类	R/D 4	6	10	20
粉状物料	4~8	5~10	6~10	8~10
均匀的谷物	—	8~10	12~16	16~20
不均匀的小块物料	—	—	28~35	38~45
不均匀的大块物料	—	—	60~80	70~90

(3) 分离除尘器的压力损失 ΔP 分离器:

第一级旋风卸料器:

$$\Delta P_{\text{卸料器}} = \xi \cdot \frac{\gamma_a}{2g} \cdot U_i^2$$

$$= \frac{KA\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}} \text{ (气力输送装置 P310)}$$

式中: U_i ——旋风卸料器入口气速 (米/秒)

K ——无因次常数, 在 20—40 之间

D ——旋风卸料器圆筒部分直径 (米)

d ——旋风卸料器出口管直径 (米)

A ——旋风卸料器入口面积 (米²)

L ——旋风卸料器圆筒部分长度 (米)

H ——旋风卸料器圆锥部分长度 (米)

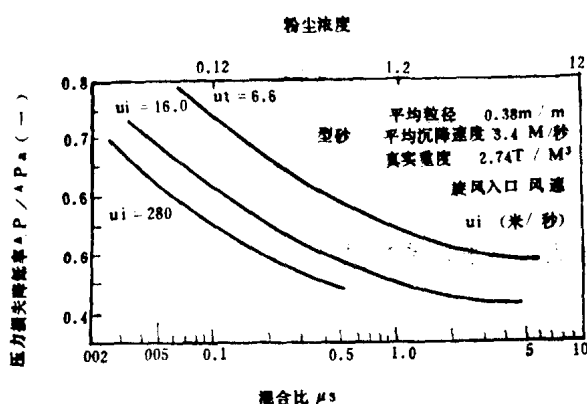


图 2 混合比 μ_s 与压力损失降低率关系

但是, 由于上式计算所得的结果远大于卸料器在运转时的实际压力损失, 原因是由于

进入旋风卸料器的大量物料妨碍了气流的旋转运动，使旋转速度下降的缘故。如对型砂，曾得图 2 的实验结果：

第二级扩散式旋风除尘器，

$$\Delta P_{\text{除尘器}} = \xi \cdot \frac{\gamma a}{2g} U_i^2$$

第三级脉冲式袋滤器的阻力一般在 120 毫米水柱左右，其大小完全取决于布袋再生状况，这在操作中须认真注意。

(4) 空气管的压力损失 $\Delta P_{\text{空气}}$ ：

$$\Delta P_{\text{空气}} = \alpha \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma a}{2g} \cdot U a^2$$

上列各项压力损失之和再加上 10~20% 的裕量即是风机所需风压。

计算实例：

1. 输送量： $W_s = 3000$ 公斤/小时。

2. 输送管路布置：见图 3。

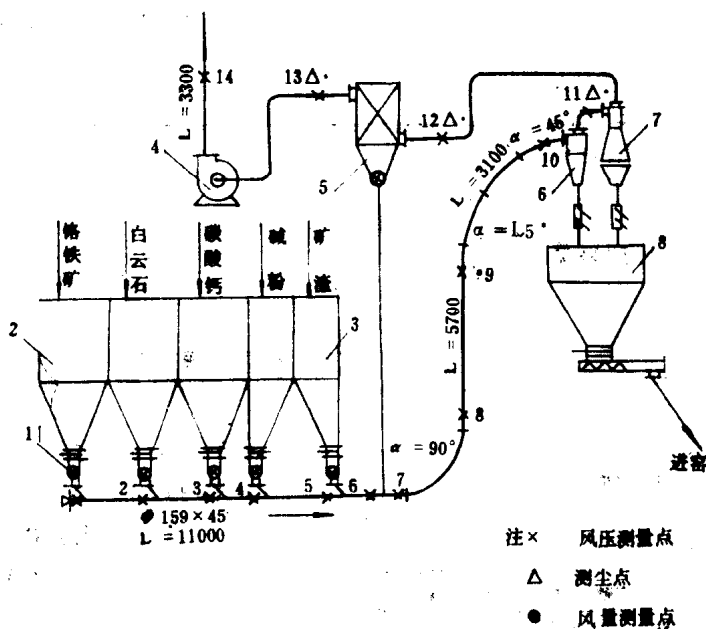


图 3 工艺参数测点及管路系统图

3. 物料粒径及容重：见表 1。

4. 环境条件：取测定时环境 $t = 5^\circ\text{C}$

$P_a = 760$ 毫米汞柱。

5. 空气重度： H_s 取测压点 9（图 3）的值为 -380 毫米水柱，则：

$$\gamma_a = 1.29 \times 0.359 \times \left(\frac{P_a + \frac{H_s}{13.6}}{273 + t} \right)$$

$$= 1.22 \text{ 公斤/米}^3$$

6. 混合比: $\mu_s = 1.6$

7. 空气量: $Q = \frac{W_s}{\mu_s \cdot \gamma_a} = 1537 \text{ 米}^3/\text{小时}$

8. 输料管风速: $U_a = 23.8 \text{ 米/秒}$ 。

9. 输料管直径: $D = \sqrt{\frac{4Q}{3600 \cdot \pi \cdot U_a}} = 0.15 \text{ 米}$

取 $\phi 159 \times 4.5$ 毫米的无缝管。

10. 物料的加速损失: C 值可取为 1。

$$\Delta P_{\text{加速}} = (C + \mu_s) \cdot \frac{\gamma_a}{2g} \cdot U_a^2 = 92 \text{ 公斤/米}^2$$

11. 直管部分压力损失:

$$\Delta P_{\text{直管}} = \Delta P_a \cdot \alpha$$

$$\alpha_{\text{水平}} = \sqrt{\frac{30}{U_a}} + 0.25\mu_s = 1.44$$

$$\alpha_{\text{垂直}} = \frac{250}{U_a^3} + 0.15\mu_s = 2.39$$

α 斜取二者之间为 1.92。

水平管段 11.1 米, 压力损失 $\Delta P_{\text{水平}}$ 为: ($\lambda_a = 0.03$)

$$\Delta P_{\text{水平}} = \Delta P_a \cdot \alpha_{\text{水平}}$$

$$= \lambda_a \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma_a}{2g} \cdot U_a^2 \cdot \alpha_{\text{水平}} = 113 \text{ 公斤/米}^2$$

垂直管段 5.7 米, 压力损失 $\Delta P_{\text{垂直}}$ 为:

$$\Delta P_{\text{垂直}} = \Delta P_a \cdot \alpha_{\text{垂直}} = 96 \text{ 公斤/米}^2$$

斜管段 3.1 米, 压力损失 $\Delta P_{\text{斜}}$ 为:

$$\Delta P_{\text{斜}} = \Delta P_a \cdot \alpha_{\text{斜}} = 42 \text{ 公斤/米}^2$$

12. 弯管的压力损失:

$$\text{弯管的 } \frac{R}{D} = 10 \cdot \text{按表 2 取 } L_{\text{当量}} = 8$$

$$\Delta P_{\text{弯}} = \lambda_a \cdot \frac{L_{\text{当量}}}{D} \cdot \frac{\gamma_a}{2g} \cdot U_a^2 = 56 \text{ 公斤/米}^2$$

13. 旋风卸料器的压力损失:

选用无锡粮科所 45 型 $\phi 500$ 旋风卸料器时

$$K = 30, A = 0.17 \times 0.15 \cdot D = 0.5$$

$$d = 0.225, H = 1, L = 0.4 \cdot U_i = 16.7$$

$$\Delta P_{\text{斜料器}} = \frac{KA\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}} \cdot \frac{\gamma_a}{2g} \cdot U_i^2 = 156 \text{ 公斤/米}^2$$

14. 扩散式旋风除尘器的压力损失:

选用 $\phi 400$ 扩散式旋风除尘器

ξ 取 9.0

$U_i = 10.2$

$$\Delta P_{\text{除尘器}} = \xi \cdot \frac{\gamma a}{2g} \cdot U_i^2 = 58 \text{ 公斤/米}^2$$

15. 脉冲式袋滤器的压力损失:

自制 36 袋脉冲袋滤器, 取 $\Delta P_{\text{袋滤器}} = 120 \text{ 公斤/米}^2$

16. 空气管压力损失:

空气管段 $3.3 \text{ 米} \cdot D = 0.2 \cdot U_a = 17.9$

$$\Delta P_{\text{空气}} = \lambda a \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma a}{2g} \cdot U_a^2 = 10 \text{ 公斤/米}^2$$

(其他空气管段忽略)

17. 总压力损失:

$\Delta P_{\text{总}} = \Delta P_{\text{加速}} + \Delta P_{\text{水平}} + \Delta P_{\text{垂直}} + \Delta P_{\text{斜}} + \Delta P_{\text{弯}} + \Delta P_{\text{卸料器}} + \Delta P_{\text{除尘器}} + \Delta P_{\text{袋滤器}} + \Delta P_{\text{空气}} = 92 + 113 + 96 + 42 + 56 \times 2 + 156 + 58 + 120 + 10 = 799 \text{ 公斤/米}^2$

18. 气源机械:

已知 $\Delta P_{\text{总}} = 799 \text{ 毫米水柱}$, 折合到风机试验状况 (760 毫米水柱 20°C)。

$$\Delta P_0 = \Delta P_{\text{总}} \left(\frac{r_0}{r_a} \right) = 799 \times \left(\frac{1.2}{1.22} \right) = 786 \text{ 毫米水柱}$$

已知 $Q = 1537 \text{ 米}^3/\text{小时}$, 折算成空载状态风量

$$Q_{\text{空载}} = 1537 + 1537 \times 10\% = 1691 \text{ 米}^3/\text{小时}$$

加以漏风损失 30%, 实际风量 Q_a 为

$$Q_a = 1691 + 1691 \times 30\% = 2198 \text{ 米}^3/\text{小时}$$

选用 8—18—101*6 离心风机, 功率 13 千瓦。风量 $2560 \text{ 米}^3/\text{小时}$, 全压 825 毫米水柱。

表 3 压力损失数值

压力损失 (毫米水柱)	计算值	实测值
水平段 (带加速损失)	205	170
下弯头	56	90
垂直管	96	100
上弯头和斜管	98	90
旋风卸料器	156	60
扩散式旋风除尘器	58	70
脉冲式袋滤器	120	140
空气管	10	—
排气损失	—	5

计算压力损失与实测结果的比较: 见表 3

比较结果:

(1) 管路的计算值与实测值接近。水平管段与下弯头的两个数值偏差较大是由于物料加速造成的。一般在稳定输送区段之前 5—15 米是物料加速区段, 此段中的压力损失很大。而我厂装置的管路布置是各物料入口均在水平管段上, 最后一种物料的入口距下弯头仅两米多, 显然, 物料在弯头中仍在加速。这就形成了目前情况, 水平管实测值偏低, 下弯头实测值偏高, 而两段的总和很接近。

(2) 旋风卸料器的压力损失实测值很

低。 $\frac{\Delta P}{\Delta P_a} = \frac{60}{156}$, 约为 0.4, 与图 2 中 $U_i = 17.0 \text{ 米/秒}$ 的曲线相当接近。这说明: 气力输送中, 在第一级旋风卸料器处, 由于有大量物料存在而造成压力损失降低的数值确实是

可观的。

四、分离效率与除尘情况

分离效率测定结果如下：

第一级旋风斜料器	91.3%
第二级旋风除尘器	73.9%
第三级脉冲袋滤器	99.77%
尾气含尘量	0.081 克/标米 ³

厂房内部空气含尘量历年测定结果见表 4。

表 4 厂房内部空气含尘量的测定结果

车间地点	毒物名称	测定日期	采样地点	测定结果 mg/m ³	国 标 mg/m ³
拌料工段	含铬粉尘	64.5	拌料室人工拌料	231.3	4
				106.6	4
				140	4
拌料工段	含铬粉尘	68.8	拌料室配料机	前口 6.0	4
				后口 67.65	4
拌料工段	含铬粉尘	72.5	拌料室配料机	2.73	4
				21.3	4
				35.8	4
拌料工段	含铬粉尘	77.8	气力混料室	1.25	4
				2	4
拌料工段	含铬粉尘	78.10	气力混料室	1.64	4
拌料工段	含铬粉尘	79.10	气力混料室	1.50	4

五、混料均匀度

混料均匀度是这套装置的主要工艺指标。应该表现为通过该装置后的混合料中某一组份（如 Cr_2O_3 含量或 Na_2CO_3 含量等）对它的平均值的偏离程度。偏离越小，越均匀；反之，不均匀。因此我们用数理统计学中的均方根偏差和变异系数的概念来表示混料均匀度。这种方法可以排除与气力装置不直接有关的一些因素的影响（如物料计量不准、铬矿中 Cr_2O_3 含量波动等），而只衡量输送管的混匀效果。

设欲考核一组混合料样品中 Cr_2O_3 含量的均匀程度（总铬均匀度），那么这组试样 Cr_2O_3 含量的均方根差 σ 为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

式中： n ——本组试样个数

X_i ——每个试样中 Cr_2O_3 的含量（%）

$\bar{X}$ ——本组试样 Cr_2O_3 含量的平均值（%）

则均方根差变异系数 $S = \frac{\sigma}{\bar{X}}$

在数理统计学中，它是衡量一批数据中各个观测值的相对离散程度的一种特征数。

这样，均匀度 = $(1 - S) \times 100\%$

为了单纯考核气力装置的混匀能力，我们按上述原则做了测定。测定时分五个点取样，分别计算这五个点的总铬、总碱均匀度，共做两批，结果如表 5 所示：

表 5 均匀度测定数值 (%)

取 样 点		旋风卸料器		旋风除尘器		窑尾料仓		下料螺旋		下料螺旋	
取 样 方 法		每分钟一次 每五次为一组		同 左		料面上六个 点为一组		同旋风卸 料 器		同 左	
项 目		总铬	总碱	总铬	总碱	总铬	总碱	总铬	总碱	总铬	总碱
均 匀 度	第 一 批	98.32	99.62	97.64	99.21	93.27	94.94	93.10	95.69	97.72	94.38
	第 二 批	98.80	97.50	99.17	98.58	96.60	93.78	96.46	92.92	98.99	95.15
	平 均	98.56		98.65		94.66		95.54			

可以看出：

(1) 输料管中物料的混匀效果是好的，卸料器、除尘器（落下全部物料的 98% 左右）排出的物料均匀度很高。

(2) 由于物料粒径不同，两只旋风器成了分级器、矿渣、碱粉等粗物料与其他细物料出现分级现象，使两旋风器落料成份有了差别，这就使生料仓、下料螺旋（当然也使回转窑内）的均匀度受了影响，降低了均匀度。但这是可以弥补的，如加大生料仓，兼做沉降仓为第一级，扩散旋风器、袋滤器置于仓上，落料点再集中些等，可以大大改进这种状况。

通过两年多生产实践的考验，综合看来，气力装置的混料均匀度确实比使用原机械装置时大大提高，基本满足了工艺要求，对提高回转窑的产量和质量都有明显的效果。

六、关于计量问题

用计量螺旋进行容积计量不够稳定是本装置的主要缺陷。这是由于物料物理性质的变化（水份、容重、粘附性等）和仓内料位的变化引起圆管螺旋输送机填充程度不同造成的。目前只是由人工通过每日标定一次来控制，虽能基本满足生产需要，但既烦琐又不准确。迫切希望能提出一种可以连续计量固体物料重量流量、灵敏地反映计量偏差并及时修正偏差的装置（我厂的新设计已做了改进，效果尚待考查）。

七、结 语

1. 低压吸引式气力混料装置将气力输送装置兼用于粉、粒状物料的混合，简化了流

程, 实现了连续化生产, 根本改变了铬盐生产中混料工序的劳动条件;

2. 混料均匀度较高, 基本满足工艺要求;

3. 转动设备少, 维修量小, 操作简便;

4. 计量螺旋出料不稳定, 影响技术经济指标的进一步改善, 是今后待解决的主要问题。此外, 应在最佳风速的选择、分离设备和锁气器选型、降低压力损失和漏风损失、实现自动控制等方面进一步做工作;

5. 功率消耗略高于机械混料装置, 管路、设备磨蚀情况一般。

附: 堵塞管路自动处理装置

有时管路因风量降低而堵塞(料仓过满、袋滤器的反吹风压力太小、脉冲伐漏气、管路严重漏风等均能使风量降低), 如不能及时发现, 则逐渐塞实, 最后可拧断计量螺旋。为此, 我厂仪表组安装了一套自动处理装置, 线路图见图4、5、6。

图中	J_1 XCT-101	表内继电器
	2J、3J、4J、	中间继电器
	DSJ	中间继电器

在输料管上物料入口附近, 上下相对开两个 $\phi 30$ 毫米的孔, 上孔装一光导管(型号: RS-CW₁), 下孔装一光源, 一旦发生堵塞, 矿渣渐渐累积, 挡住光线, 光导管阻值发生变化, 继电器 J_1 动作, 五台螺旋自动停车。待积料将吸完时灯光又照到光导管上, 时间继电器动作, 两分钟后, 螺旋自动接通、旋转。

使用以来, 效果良好。

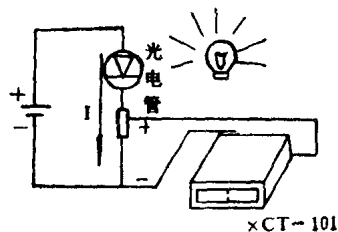


图4

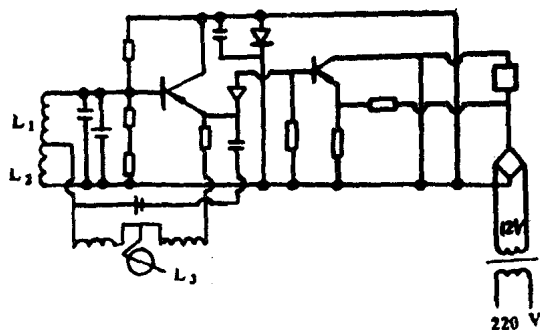


图5

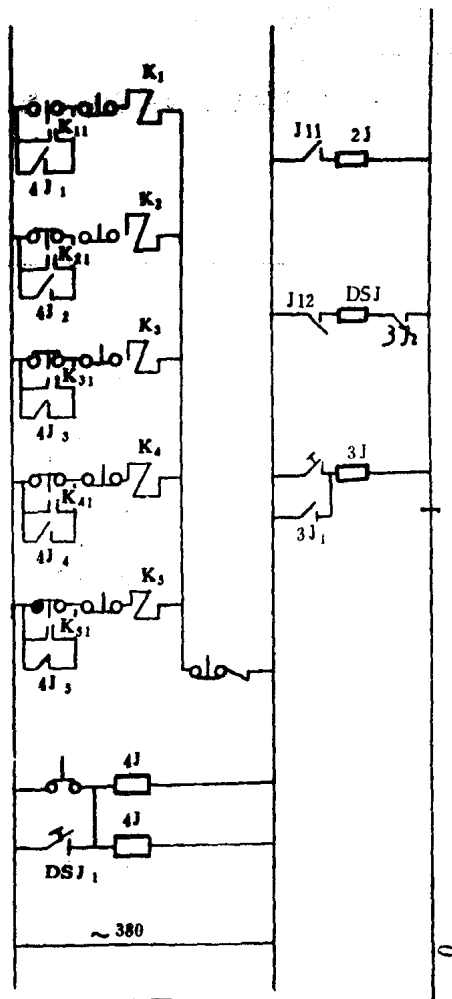


图6