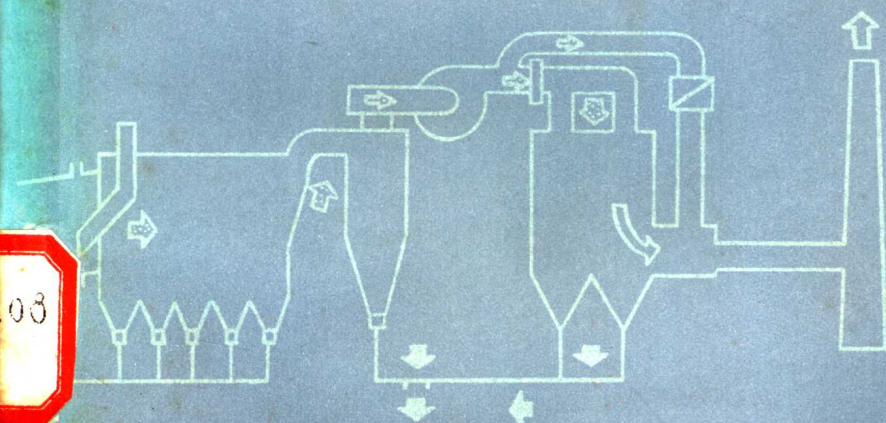


小水泥厂

通风防尘技术

邵 强 彭泰瑶 钮式如 编



人民卫生出版社

小水泥厂通风防尘技术

邵 强 彭泰瑶 钮式如 编

人 民 卫 生 出 版 社

小水泥厂通风防尘技术

邵 强 彭泰瑞 钮式如 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京市崇文区天坛西里10号)

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092毫米32开本 8 $\frac{1}{2}$ 印张 1 插页 185千字

1982年11月第1版第1次印刷

印数：1—5,200

统一书号：14048·4277 定价：0.90元

前 言

本书根据国内小水泥厂的生产工艺，从实用观点出发，介绍通风防尘的技术知识。书中涉及的主要内容有生产车间通风防尘的基本原理及设计方法，常用除尘设备的作用原理、结构性能及设计选型，各主要生产工序（破碎、粉磨、运输、烘干、煅烧、包装等）除尘系统的设计实例，尾气排放的控制方法及除尘风道内粉尘浓度的测定技术。本书还引用一些厂的防尘经验和实测资料，供读者参考应用，书中并附有供小水泥厂通风防尘设计用的计算图表及基本参数资料。

本书可供各地卫生人员、技安人员、小水泥厂技术人员及从事劳动卫生、劳动保护、环境保护有关人员阅读参考。

在本书编写过程中得到山东新汶水泥厂，江苏无锡县水泥厂、宜兴水泥厂、常州水泥厂，广东东莞水泥厂、番禺紫泥糖厂水泥车间的大力支持，谨在此表示感谢。

本书由中国医学科学院卫生研究所邵强编写第一、二、四、五章，彭泰瑶编写第三、六、八章，钮式如、邵强编写第七章。全书由钮式如审定。

由于编者业务水平有限，书中缺点和错误难免，敬希读者批评指正。

编 者

一九八二年三月

目 录

第一章, 小水泥厂通风防尘的重要性	1
第一节 小水泥厂的生产工艺	1
一、工艺流程	1
二、主要生产设备	2
三、生产特点	2
第二节 小水泥厂通风防尘的意义	5
一、保护工人健康	5
二、减少大气污染	5
三、回收有用物料	6
第三节 综合防尘措施	7
一、综合措施	7
二、典型厂防尘经验	8
第二章 车间粉尘控制	10
第一节 小水泥厂粉尘特性	10
一、产尘源特点	10
二、粉尘物化特性	11
第二节 通风除尘方法	13
一、概述	13
二、局部通风除尘系统	15
第三节 吸尘罩的设计	16
一、原则要求	16
二、特性和抽风量计算	18
第三章 风道与风机	25
第一节 风道中空气的流动特性	25
一、空气在风道中流动时的压力	25

二、空气流动时的能量变化·····	26
三、流动状态和流量·····	27
四、摩擦阻力·····	29
五、局部阻力·····	33
第二节 排尘风道的设计·····	34
一、排尘风道的设计要点·····	34
二、管网设计计算步骤·····	35
第三节 风机·····	42
一、常用通风机的分类·····	42
二、通风机的性能·····	44
三、通风机的特性曲线及工作点·····	47
四、通风机的选择·····	53
五、风机的并联和串联使用·····	56
六、风机的标定·····	60
第四章 常用除尘设备·····	64
第一节 除尘设备分类·····	64
第二节 重力及离心力除尘器·····	65
一、重力沉降室·····	65
二、普通旋风除尘器·····	69
三、旁路式旋风除尘器·····	73
四、扩散式旋风除尘器·····	77
第三节 过滤除尘器·····	81
一、简易袋式除尘器·····	81
二、脉冲袋式除尘器·····	85
第四节 洗涤除尘器·····	91
一、冲击式水浴除尘器·····	91
二、文丘里除尘器·····	96
第五节 电除尘器·····	105
一、原理·····	105
二、结构和性能·····	106

三、选型·····	110
第六节 除尘器性能评价·····	112
一、除尘效率·····	112
二、阻力·····	117
第五章 主要工序防尘系统·····	118
第一节 破碎机的除尘·····	118
一、密闭抽风·····	118
二、除尘设备·····	123
第二节 烘干机的除尘·····	125
一、转筒烘干机·····	125
二、流态烘干机·····	132
第三节 磨机的除尘·····	133
一、磨头给料装置的防尘·····	134
二、球磨机尾通风除尘·····	136
第四节 烧成设备的除尘·····	140
一、立窑除尘·····	140
二、回转窑窑尾除尘·····	148
第五节 包装机防尘·····	153
一、固定式包装机·····	153
二、简易螺旋包装机·····	154
第六节 附属设备的除尘·····	155
一、斗式提升机·····	155
二、物料水平输送设备·····	157
三、料仓·····	161
第六章 气力输料·····	162
第一节 气力输料的特点及其应用·····	162
一、气力输料的优越性·····	162
二、气力输料在水泥厂中的应用·····	162
第二节 吸送式气力输料系统·····	164
一、吸送式气力输料系统的特点·····	164

二、喉管·····	165
三、分离器和除尘器的选用·····	166
第三节 压送式气力输料系统·····	172
一、压送式气力输料系统的特点·····	172
二、几种送料器的构造·····	173
第四节 气力输料系统的设计·····	176
一、主要设计参数·····	176
二、阻力计算·····	178
三、气力输料系统的设计·····	181
四、气力输料系统使用中的一些问题·····	186
第七章 尾气排放控制·····	187
第一节 排放源分类及特点·····	187
一、排放源分类·····	187
二、排放源特点·····	187
第二节 排放控制的途径·····	190
一、厂址选择和车间布局·····	190
二、技术措施·····	191
第三节 影响烟尘扩散的因素·····	192
一、气象因素的影响·····	192
二、地形影响·····	195
三、排放参数的影响·····	198
第四节 烟气扩散计算·····	199
一、烟气扩散的计算公式·····	199
二、烟气扩散计算示例·····	201
第八章 通风管道内粉尘浓度的测定·····	204
第一节 风道内气体流速的测定·····	204
一、常用的测定仪器·····	204
二、测定仪器的校正·····	207
三、流速和流量的计算·····	209
第二节 风道中粉尘浓度的测定·····	214

一、等速采样原理和方法·····	214
二、采样系统和装置·····	218
三、采样步骤和注意事项·····	224
附录 I 压力为 1 公斤/厘米 ² 时的干空气物理参 数·····	229
附录 II 圆形钢板风道阻力计算线解图 $t = 20^{\circ}\text{C}$ ···	230
附录 III 局部阻力系数 ζ ·····	231
附录 IV 风机性能规格表·····	242
附录 V 当量阻力法计算风道线解图·····(见书末)	
参考资料·····	261

第一章 小水泥厂通风 防尘的重要性

第一节 小水泥厂的生产工艺

一、工艺流程

水泥用途广泛，近年来小水泥工业如同其他小型工业一样，得到了蓬勃的发展，目前几乎县县都有小型水泥厂（一般规模为年产1~8万吨），社、队办水泥厂为数更多（一般规模为年产万吨以下），这些小水泥厂有力地支援了农田和地方工业基本建设。

水泥厂从原料开采、破碎、烘干、粉磨、煅烧到成品包装出厂，都容易产生大量粉尘，如不加以控制，不仅直接危害工人的健康，造成对周围大气的污染，影响居民正常生活，妨碍农作物生长，而且还会增加生产设备的磨损和物料损失。根据国家对劳动保护和环境保护的要求，小水泥厂应本着自力更生，因地制宜的精神，积极创造条件，解决粉尘危害问题。

为了解决好小水泥厂防尘，首先应熟悉小水泥厂生产工艺过程。

水泥的种类很多，目前大量生产和广泛使用的是普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）和矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）两种。普通水泥的生产过程是，先把几种原料破碎、干燥配成适当比例后在粉磨机内磨成生料，然后成球，在窑内

煅烧而成熟料，再把熟料破碎，配以适量的石膏及混合材料在粉磨机内磨成细粉，即成水泥，包装（或散装）出厂，工艺过程一般说是比较简单的。

水泥生产按生料的制备不同，可分为干法和湿法两种。干法生产是把原料破碎后再在磨机中磨成生料粉（粘土、铁粉等需经过烘干）。湿法生产是把原料加水在磨机中磨成生料浆。采用湿法生产时不需要烘干原料。从防尘观点看，湿法生产的产尘点比干法生产为少，生料磨机房粉尘易于控制。但由于湿法生产产量较低，煤耗较大，故目前大多数小水泥厂系采用半干法生产，即采用干法制备生料粉，加入适量水制成料球后在立窑中煅烧成熟料，加入适量石膏及矿渣，再由粉磨机磨成水泥。图 1-1 是半干法（立窑）生产水泥工艺流程图。

二、主要生产设备

图 1-1 所示水泥生产工艺流程是用机械设备完成的，小水泥厂的主要生产设备有破碎设备、烘干设备、粉磨设备及烧成设备，此外，还有一些物料输送及装、卸用的附属设备，这些设备在运转时会产生粉尘。表 1-1 列出小水泥厂主要生产设备和附属设备名称及规格。

三、生产特点

我国目前小水泥厂大多是本着艰苦奋斗、自力更生的精神，因陋就简，因地制宜，由小到大逐渐建成的。水泥生产的各个工序是密切联系的，因此在不断扩大生产过程中，必须注意综合平衡，使上下各道工序物料流畅不发生积压或倒流现象。然而，有不少小水泥厂初建、扩建时缺乏整体与长远考虑，工艺布置往往不甚合理，这给小水泥厂防尘工作带来很多困难：第一，领导考虑生产往往比之考虑防尘问题更

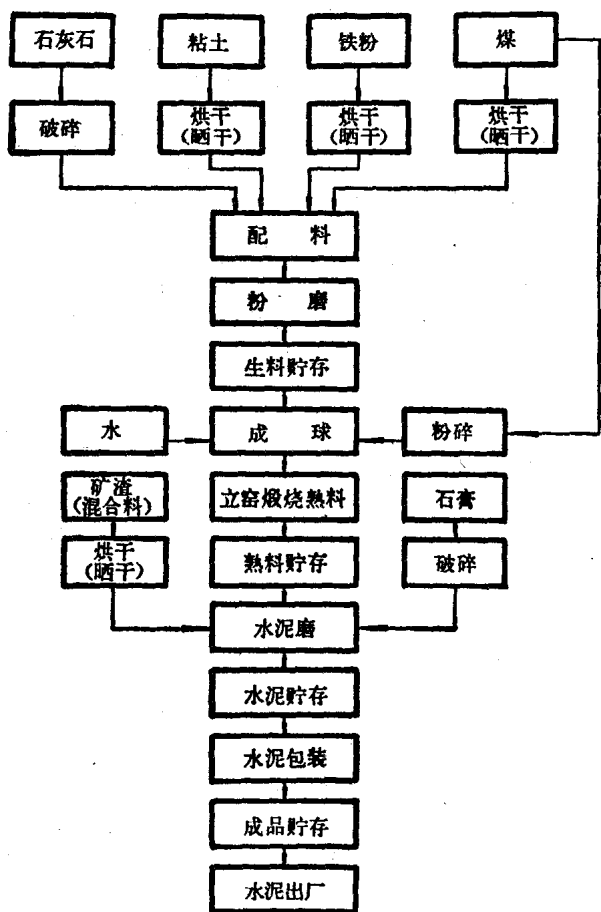


图 1-1 立窑水泥生产流程

为迫切，而不能做到像对大、中型新建厂那样，把生产设备与防尘设施同时设计、同时施工、同时投产。第二，小水泥厂生产设备有相当多是工厂自制的，因各具特点故不能完全

表 1-1 小水泥厂主要生产设备及附属设备一览表

类 别	名 称	规 格
粗碎 (一段破碎)	颚式破碎机	按进料口尺寸(长×宽)有: 200×350毫米, 250×400毫米, 250×500毫米, 400×600毫米
中碎 (二段破碎)	锤式破碎机	按转子直径(ϕ)×转子工作长度有: $\phi 375 \times 300$ 毫米, $\phi 600 \times 400$ 毫米, $\phi 800 \times 600$ 毫米, $\phi 1000 \times 900$ 毫米
	反击式破碎机	按转子直径(ϕ)×宽度有: $\phi 500 \times 400$ 毫米, $\phi 1000 \times 700$ 毫米
生料及熟料 粉磨	球磨机	按直径×长度有: $\phi 0.95 \times 1.83$ 米, $\phi 1 \times 3$ 米, $\phi 1.2 \times 4.5$ 米, $\phi 1.5 \times 4.1$ 米, $\phi 1.5 \times 5.7$ 米, $\phi 1.83 \times 6.12$ 米
烘干	回转烘干机	按直径×长度有: $\phi 1.0 \times 5$ 米, $\phi 1.0 \times 12$ 米, $\phi 1.2 \times 6$ 米, $\phi 1.2 \times 8$ 米, $\phi 1.5 \times 12$ 米, $\phi 1.5 \times 15$ 米, $\phi 2.0 \times 12$ 米
	流态烘干机	按炉篦块数×宽度×长度有: 12×800×400毫米
烧成	立窑 普通立窑	按直径×高度有: $\phi 1.5 \times 6$ 米, $\phi 2.0 \times 8$ 米
	机械化立窑 成球盘	$\phi 2.5 \times 10$ 米 按直径×盘边高有: 1000×200, 1200×240, 1400×280, 1600×320, 1800×360, 2000×400, 2200×440, 2500×500毫米
	回转窑	$\phi 2.4/2.2 \times 39.3$ 米
附属设备	螺旋输送机	按螺旋公称直径有: 150, 200, 250, 300毫米
	斗式提升机	按斗宽有: 250, 300毫米
	皮带输送机 (固定式)	按带宽有: 400, 500, 600, 700毫米
	盘式喂料机	按直径有: $\phi 600$, $\phi 800$ 毫米

利用大、中型厂的防尘设计。第三，生产过程和规模不断改变，具有很大的不稳定性，防尘设备如何与之适应，也是一个问题。由此可见，搞好小水泥厂防尘，在技术上必须有一套与生产工艺特点相适应的措施。

第二节 小水泥厂通风防尘的意义

一、保护工人健康

小水泥厂生产是典型的接触粉尘作业，从原料破碎、烘干、生料粉磨、烧成、熟料粉磨、包装到连接各工序的物料输送等整个生产过程，处处都能产生粉尘。有些过程产生含有游离二氧化硅（矽）的微细粉尘，如不有效地加以控制，任其弥散在车间工作地点空气中，则会对工人健康产生危害。

矽肺病是由于长期接触含矽粉尘而引起的一种严重的职业病。小水泥厂只要重视防尘工作，采取相应的通风防尘措施，使生产环境中的粉尘浓度达到国家规定的卫生标准，经验证明，矽肺病的发生是完全可以防止的。

我国《工业企业设计卫生标准》（TJ 36-79）中规定，车间工作地点空气中含有 10% 以上游离二氧化硅（矽）的粉尘，其最高容许浓度为 2 毫克/立方米；含有 10% 以下游离二氧化硅（矽）的水泥粉尘，最高容许浓度为 6 毫克/立方米；含有 10% 以下游离二氧化硅（矽）的煤尘，最高容许浓度为 10 毫克/立方米。

二、减少大气污染

小水泥厂如果不采取有效的控制粉尘措施，不仅车间内粉尘弥漫，劳动条件恶化，还会因破碎机、烘干机、磨机、立窑（或回转窑）、贮料仓、包装机等生产设备排出大量粉尘而严重污染周围大气。

当粉尘排放量达到一定水平时，会对污染源下风向居民的生活造成很大不便，对居民健康也有不利影响。其次，排放的大量粉尘落到农作物上后，会影响植物的正常呼吸，对其产生损害，造成农业减产。此外，粉尘覆盖在某些林木、植物花叶表面，使其失去观赏价值。再者，粉尘弥漫在大气中，会使可见度降低。针对小水泥厂各主要污染源的特点，采取有效的控制措施，能够在很大程度上减少粉尘对大气的污染。

我国《工业企业设计卫生标准》中规定，居住区大气中飘尘容许浓度一次最大值为 0.5 毫克/立方米，日平均值为 0.15 毫克/立方米。我国《工业“三废”排放试行标准》(GB 4-73) 中规定，自水泥厂排气筒出口处粉尘排放浓度不得超过 150 毫克/立方米。

三、回收有用物料

小水泥厂从原料开采、破碎、烘干、粉磨、煨烧到成品包装，每 1 吨水泥大约需要处理 3 吨左右的物料。在加工这些物料过程中，都容易产生大量粉尘，在一般情况下，飞灰损失约占工厂全部物料量的 6~12%，一个年产量 3 万吨的小水泥厂每年飞灰损失约为 5000~10000 吨。有一个年产 3.5 万吨小水泥厂，仅一台 $\phi 2.2 \times 18$ 米烘干机，飞灰量每年达 1700 吨。由此可见，如不采取有力措施加以控制，大量排放物除了造成上述种种危害外，也是一项经济损失。这样一来，一方面增加原材料消耗量，另外还损失了成品，势必提高产品成本。因此，搞好防尘，减少飞灰，回收物料，不仅是一个有关劳动卫生和环境卫生问题，而且也是一个直接影响生产的经济问题。

第三节 综合防尘措施

一、综合措施

工人群众在长期生产实践中总结了很多行之有效的防尘好经验，这些经验都是从具体情况出发，采取综合措施，使防尘工作取得了良好的效果。过去在大型厂普遍推广的“八字”防尘综合措施，原则上也适用于小水泥厂，现综述如下。

1. “宣” 宣传教育，使领导和群众都重视防尘工作，统一思想，统一认识，统一行动，人人动手，搞好防尘。

2. “革” 技术革新，通过技术革新，不断改进生产工艺流程和生产操作方法，使生产机械化和自动化，以减少尘源。

3. “水” 用水降尘，采取湿法生产，某些工序可从根本上消除粉尘的产生。在车间内适当喷雾洒水也可降低粉尘的飞扬。

4. “密” 密闭尘源，对尘源采取密闭措施，即在不妨碍生产操作的前提下，尽量把产生尘设备围罩起来，以防止粉尘逸入车间空气内，使操作工人和粉尘脱离接触。

5. “风” 通风除尘，一般是指与密闭措施相配合使用的局部抽风。利用抽风的方法，在密闭罩内造成一定的负压，控制粉尘不往外冒。

6. “护” 个体防护，在不易实现技术措施或技术措施不能完全满足卫生要求的场合，采用一些个体防护用具，如口罩、防护面具、通风头盔等，以减少粉尘吸入。

7. “管” 加强管理，建立必要的规章制度，加强维护管理，保证生产和除尘设备正常运转，充分发挥作用。

8. “查” 定期检查，包括经常测定车间工作地点粉尘浓度，及时了解粉尘作业工人健康状况，定期体格检查及督促

检查各项防尘制度的执行情况、防尘设备的维护情况等。一经发现发现问题，就及时加以解决。

总之，综合防护措施可归纳为组织措施、技术措施及管理措施三项，三者相辅相成，缺一不可。

从现有经验看，防尘工作搞得好的小水泥厂，领导对关心职工生活，改善劳动条件十分重视，把防尘工作列入经常议事日程，这是先决条件。再是在充分发动群众自己动手的同时，组织一个防尘专业班子，学习掌握防尘技术知识，从实际情况出发寻找解决途径，采取有效措施，避免盲目性，减少浪费。第三是加强管理以保证防尘设备持久发挥作用，其重要性不亚于防尘设备的技术设计。有的厂在岗位责任制中，规定了有关安全防尘的条例，对切实加强维护管理起到了很好的作用。实践证明，只有全面落实了组织措施、技术措施和管理措施，防尘工作才真正取得成效。

二、典型厂防尘经验

有些小水泥厂本着自力更生、因地制宜的精神，积极创造条件，搞好防尘，在改善劳动条件，减少大气污染，回收有用物料方面取得了可喜的成绩，成为小水泥工业战线上做好劳动保护、环境保护工作的先进单位。例如山东新汶水泥厂大多数生产工序都采取了防尘措施，并建立了行之有效的管理制度，不少车间工作地点空气中粉尘浓度一直保持低于或接近国家标准。江苏无锡县水泥厂近几年来结合生产工艺大搞防尘工作，既注意降低车间粉尘浓度，也重视降低排气筒出口粉尘排放浓度，车间内外环境焕然一新，厂区绿树成荫，花草盛开，已逐步成为“花园工厂”。广东东莞水泥厂多年来注意了防尘工作，各主要工序均有通风除尘系统，车间劳动条件有较大改善，普通立窑及机械化立窑都设置了钾肥回