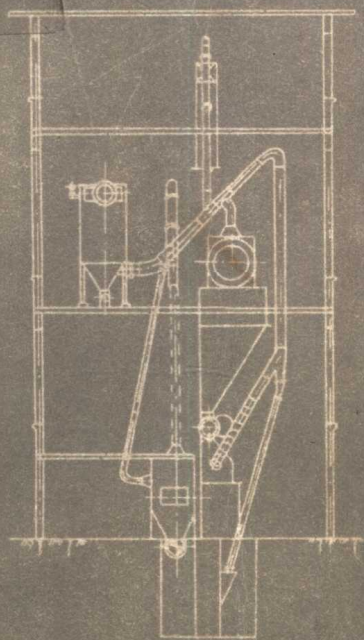
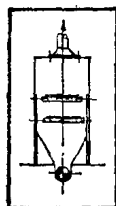




湖南省建材科技情报总站

水泥工厂收尘及其测试





水泥工厂收尘及其测试

湖南省建材科技情报总站

湖南科学技术出版社

内 容 提 要

本书全面介绍水泥工厂的收尘原理及技术。全书共分三篇，计十四章。第一篇着重介绍尘源及粉尘的性质与尘粒的运动特性；第二篇着重讨论各类收尘设备和尘源罩、通风管道及通风机，还介绍了绿化林带防尘的一般知识；第三篇主要介绍有关粉尘的测试技术。

本书较系统地阐述了通风收尘问题，它不仅适合水泥工厂技术人员和工人用作工具参考书，也可供其他产生尘工厂、环境保护、劳动卫生、大专院校有关人员参考。

水泥工厂收尘及其测试

湖南省建材科技情报总站

责任编辑：刘孝纯

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1981年2月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：16.5 插表：1 字数：379,000

印数：1—5,500

统一书号：15204·50 定价：1.70元

前 言

工业粉尘对环境的污染是国内外普遍关注的重要问题。

从某种意义上说，水泥工厂的特点就在于制造粉状物质：原材料和半成品的加工过程产生大量粉尘；成品——水泥本身也是粉状物质，扬起即是粉尘。这些粉尘，收集起来是财富，扩散在空气中便是祸害。国家的利益和人民群众的呼声，要求我们在“收尘”方面开展工作。现在的问题是，虽一般产尘工厂或多或少都采用了国家定型或自制的收尘设备，某些局部扬尘点已不同程度地得到控制，但就总体上说，收尘效果还不理想，因而，人们对水泥厂的印象总是与“烟尘弥漫”的景象相联系。

国内外的研究启示我们，收尘设备性能的优劣和合理选型，固然必须重视，但诸如粉尘的性质及其在空气中的动力特性，以及尘源罩、管网的设计、计算等等，对整个工厂的收尘效果占有举足轻重的地位，而这恰恰又被我们一些工厂所忽视。在调查研究了这种实际需要之后，我们以较多的篇幅论述了上面所指出的那些部分。期望抛砖引玉，批评指正，以对探索提高收尘效果的途径有所增益。

本书由张祖勋、肖述超、陈曙华、陈政元、项梦庚、吴海森、何滔等七同志分章执笔，叶明然同志主持编写工作。湖南省建材局，湖南大学，湖南省建材研究设计院，湖南省劳动卫

生研究所，湘乡、新化、东江水泥厂以及国内许多厂矿和科研、设计单位给本书的编审工作以很大支持，在此谨致诚恳谢意。

湖南省建材科技情报总站

目 录

第一篇 总论	(1)
第一章 水泥工厂粉尘	(1)
第一节 粉尘的分类及性质.....	(1)
第二节 粉尘在空气中的动力特性.....	(9)
第三节 水泥工厂的尘源及产尘机理.....	(35)
第二章 水泥工厂收尘的意义	(42)
第一节 水泥工厂粉尘对环境的污染.....	(42)
第二节 水泥工厂粉尘对人体的危害.....	(45)
第三节 水泥工厂收尘的经济分析.....	(48)
第二篇 收尘设备及收尘系统	(51)
第三章 收尘设备的分类和选择	(51)
第一节 收尘设备的分类及其发展.....	(51)
第二节 收尘器的评价和选择.....	(57)
第四章 沉降室	(66)
第一节 沉降室的工作原理.....	(66)
第二节 沉降室的构造、使用和维护.....	(70)
第五章 湿式收尘	(72)
第一节 泡沫收尘器.....	(72)
第二节 洗浴式收尘器.....	(78)
第三节 湿式旋风收尘器.....	(85)
第四节 其他形式的水收尘.....	(89)
第六章 旋风收尘器	(90)
第一节 旋风收尘器的构造及工作原理.....	(90)

第二节	旋风收尘器的几种主要型式及其技术性能	(99)
第七章	过滤式收尘器	(124)
第一节	袋式收尘器的工作原理	(124)
第二节	袋式收尘器的滤袋材料	(127)
第三节	人工振打清灰袋式收尘器	(129)
第四节	机械振打清灰袋式收尘器	(132)
第五节	逆气流清灰袋式收尘器	(138)
第六节	压差清灰玻璃纤维布袋收尘器	(155)
第七节	袋式收尘器设计及选型	(164)
第八节	颗粒层收尘器	(179)
第八章	电收尘器	(184)
第一节	电收尘器的工作原理	(184)
第二节	电收尘器的分类和构造	(189)
第三节	电收尘器的收尘效率及其影响因素	(198)
第四节	电收尘器的选型	(211)
第五节	分散尘源的超高压宽极距静电收尘	(227)
第九章	综合防尘措施	(235)
第一节	改革工艺过程, 加强通风除尘装置的管理	(235)
第二节	一般劳动保护	(239)
第三节	绿化林带防尘	(244)
第十章	尘源罩	(248)
第一节	尘源罩的作用和分类	(248)
第二节	尘源罩的设计方法	(249)
第三节	尘源罩吸风量的计算	(268)
第十一章	收尘管网的设计	(309)
第一节	收尘管道系统布置的一般要求	(309)
第二节	管道的阻力	(313)
第三节	管网系统的计算	(366)
第四节	收尘管道的构造要点和零部件	(382)

第十二章 离心式通风机	(403)
第一节 离心式通风机的构造和工作原理	(403)
第二节 离心式通风机的风压、风量、功率和比转数	(405)
第三节 离心式通风机的特性曲线	(416)
第四节 离心式通风机的工况点	(423)
第五节 离心式通风机的选型	(428)
第六节 离心式通风机的串联和并联	(432)
第七节 收尘系统设计举例	(437)
第三篇 测试技术	(451)
第十三章 水泥工厂收尘系统的测定	(451)
第一节 粉尘性质的测定	(451)
第二节 管道内气体参数的测定	(458)
第三节 流量的测定与计算	(470)
第四节 收尘系统含尘浓度的测定	(473)
第五节 尘粒分散度的测定	(494)
第十四章 水泥工厂区域环境测定	(505)
第一节 气温、气湿和风速的测定	(505)
第二节 车间空气含尘浓度的测定	(513)
第三节 厂区空气含尘浓度的测定	(515)

第一篇 总 论

在水泥生产中,每生产一吨水泥需处理三吨左右的物料,水泥工厂的粉尘,就是这些物料在不同的处理过程中产生的。

粉尘不仅危害操作工人的身体健康,污染周围环境,妨碍农作物的正常生长,而且还增加机械磨损和影响电器正常工作,容易造成设备事故;同时,粉尘的飞损增加了原、燃材料的消耗,提高了生产成本。因此,搞好收尘工作,实现文明生产,是关系到保护环境、造福人民,多快好省地发展水泥工业的重要问题。

第一章 水泥工厂粉尘

第一节 粉尘的分类及性质

一、粉尘的含义及分类

粉尘,是指在生产过程中形成的、分散于空气中的固体微小颗粒。

从胶体化学观点来看,粉尘是一种分散系,其分散相是固体粒子,分散介质是空气。这种分散系叫做气溶胶。

分散于空气中的粉尘,一般以一种不均质、不规则和不平衡的复杂运动状态存在。

按照通常的分类法,粉尘可以分为下列几种:

按粉尘产生的特征可分为：

粉尘 指在机械力的作用下生成的分散于空气中的固体微小颗粒。即在粉尘的形成过程中，物料只发生几何尺寸、容重、粘附力等形状和性能的改变，而没有发生化学的和其他的物理变化。在水泥生产中，矿石的开采，物料的破碎、粉磨与筛分，物料的装卸与输送，粉料的成球与包装，以及原、燃材料，半成品，成品进入堆场、料仓或贮库等过程中所产生的固体微小颗粒均属于这一种粉尘。

烟尘 在物理的或化学的变化过程中形成的粉尘，例如在水泥生产中，石灰石、粘土、矿渣、铁矿粉等的干燥和生料煅烧的过程中，除了机械力的作用外，还伴随着水分的蒸发，燃料的燃烧，物料的分解和化合。这些过程中产生的分散于空气中的固体微小颗粒就称为烟尘。窑尾废气和烘干机废气中的粉尘即属这种类型。

按粉尘在静止空气中的沉降性质可分为：

尘埃 在静止空气中能够呈加速度沉降的粉尘，其直径一般大于20微米。

尘雾 在静止空气中以均匀速度沉降的尘粒，其直径为0.1—20微米。

尘云 粒子直径在0.1微米以下，随空气分子作布朗运动，这类粉尘在静止的空气中呈飘浮状态，故又称为飘尘。

按理化性质可分为：

无机粉尘 即矿物和金属的粉尘。具有矿物结构的物质的微粒，如石英、石棉、水泥、粘土、矿渣、石灰石、水泥熟料等物质的微粒，叫做矿物粉尘；铁、铜、铅、锌等金属物质的微粒称为金属粉尘。

有机粉尘 即植物和动物的粉尘。植物粉尘包括煤炭、木

炭、泥炭等物质的微粒；动物粉尘包括兽毛、骨灰、皮革等物质的微粒。

混合粉尘 即无机粉尘和有机粉尘的混合物。

此外，还可以分为有毒粉尘、无毒粉尘、放射性粉尘及易燃、易爆或非燃、非爆性粉尘等等。

水泥工厂中除煤炭粉尘属于易燃外，其余粉尘大多属于无毒、无放射性、非燃、非爆性粉尘。

二、粉尘的性质

粉尘的性质包括粉尘的化学成分及游离二氧化硅的含量，和粉尘的分散度、比电阻、比重、容重、硬度、亲水性、水硬性、爆炸性等。这些性质，是选择收尘设备，设计收尘系统，确定回收价值和制定排放标准的重要依据。

（一）粉尘的化学成分及游离二氧化硅的含量

在水泥工厂中，粉尘各种成分（百分比）与生成粉尘的物料的各种成分的含量之比，一般波动在0.7—1.3的范围内；而烟尘中各种成分的百分比，随生产方法、工艺管理、操作制度的不同而有很大的差别。

水泥厂各种粉尘的化学成分见表（1—1）。

粉尘中的游离二氧化硅，是指没有与金属及金属氧化物化合而以结晶形态存在的二氧化硅。它的含量与物料化学成分、晶形结构及生产过程中物料化学反应程度有关。粉尘中游离二氧化硅的含量，对尘肺的发生和发展起着主要作用。

粉尘中游离二氧化硅含量参见表（1—2）。

（二）粉尘的分散度

粉尘的分散度，是指粉尘中各种粒径的尘粒所占的百分数。按重量计的为重量分散度；按数量计的为数量分散度。粉尘中微小颗粒所占的百分数大，称为分散度高，反之，称为分散度低。

表1—1

水泥厂各种粉尘的化学成分

粉尘名称	化 学 成 分 (%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	烧失量
窑 灰	47.2	19.6	5.95	2.89	1.17		10.08	8.48
窑 灰	59.8	16.8	6.68	2.91	1.70		3.20	7.60
窑 灰	44.4	13.7	2.65	1.97	0.95		13.06	7.36
窑灰钾肥	2.72	0.49	1.26	15.76	1.22	39.55	14.21	15.95
窑灰钾肥	4.04	1.70	2.40	13.70	1.17	30.45	19.93	16.12
窑灰钾肥	5.76	1.15	2.77	16.76	1.20	26.34	15.98	18.24
熟 料	22.90	1.80	3.00	65.50	0.80	0.90	0.50	0.006
熟 料	22.20	4.00	3.50	65.10	0.40	1.20	0.90	1.2
水 泥	21.67	5.17	3.03	65.00	1.81		1.41	0.71
石 灰 石	6.30	2.00	1.30	49.50	0.80		0.70	
粘 土	60.90	10.80	11.00	2.50	2.40		1.90	
矿 渣	30.70	17.70	0.50	43.50	5.00			

表1—2

粉尘中游离二氧化硅含量

样品名称	总硅量 (%)	游离二氧化硅含量 (%)	取 样 单 位
石 灰 石	6.38	1.58	中国水泥厂
粘 土	64.94	40.56—42.60	扬州水泥厂
粘 土		27.23	衡阳市水泥厂
铁 粉	21.96	12.99—14.86	中国水泥厂
石 膏	12.00	0.78—1.08	中国水泥厂
生 料		7.54	衡阳市水泥厂生料磨旋风收尘器前
水 泥	18.60	5.68	中国水泥厂
水 泥		1.19	衡阳地区水泥厂包装车间袋收尘器前
矿渣水泥		1.83	扬州水泥厂
立窑窑灰		7.32	湖南省新生水泥厂
旋窑窑灰		2.99	湘乡水泥厂湿法旋窑电收尘器

粉尘分散度的高低，对人体的危害性，即粉尘在肺部的滞留率和溶解度有着密切的关系；对收尘系统的净化效率也有明显的影响。

粉尘分散度的高低，与发生设备的工作情况和附近的气流情况有关。水泥厂不同粉尘的分散度参见表(1—3)、(1—4)、(1—5)、(1—6)。

表1—3 水泥窑待净化废气的粉尘分散度

窑 型	粒 度 (微 米)					
	<15 (%)	15—20 (%)	20—30 (%)	30—40 (%)	40—88 (%)	>88 (%)
带余热锅炉干法窑	58	8	13	6	10	5
带悬浮预热器干法窑	94	2	2	1	1	0
不带过滤器的湿法窑	69	10	11	7	3	0
带过滤器的湿法窑	22	7	11	8	42	10
立 波 尔 窑	39	17	5	15	16	8

表1—4 车间粉尘的分散度

地 点	粒 度 (微 米)				
	0—3 (%)	3—5 (%)	5—7 (%)	7—10 (%)	>10 (%)
包装机房	51	24	7	5	13
窑头厂房	36	14	9	14	27

表1—5 磨机粉尘的分散度

磨 机 名 称	粒 度 (微米)					
	<15 (%)	15—20 (%)	20—30 (%)	30—40 (%)	40—88 (%)	>88 (%)
干法原料磨	43	6.8	21.4	7.8	17.5	3.5
水 泥 磨	42	6.4	18.6	8.8	23.6	0.6

表1—6

水泥磨圆流系统各部粉尘分散度

粉 尘 类 别	粒 度 (微米)							
	0~5 (%)	5~10 (%)	10~15 (%)	15~20 (%)	20~30 (%)	30~60 (%)	60~90 (%)	>90 (%)
粗 粉 分 离 器	19	8	4.5	4	6.5	32	15.5	10.5
选 粉 机 的 粗 粉	—	—	—	—	—	26*	25.5	48.5
选 粉 机 的 细 粉	21	8	5	5	10.5	32.5	14	4
电 收 尘 器 前 预	31.9	14.5	10.1	6.5	8.3	26.3	24	—
收 尘 器 灰 仓 的 粉 尘	43	14	9.5	6	8.5	18	1	—
电 收 尘 器 灰 仓 的 粉 尘	25	10	7	5	9	33	8	3
全 部 细 粉								

* 小于60微米的总和。

(三) 粉尘的比电阻

粉尘的比电阻*, 是关系到电收尘器的选用和净化效率的一个重要性质。

粉尘的比电阻除了表示本身的电阻以外, 还包含了粉尘颗粒表面的电阻和颗粒之间所含气体的电阻。所以, 粉尘的比电阻

表1—7 水泥生产中几种常见粉尘的比电阻*

粉尘种类	温 度 (℃)	比 电 阻 (欧姆·厘米)	粉尘种类	温 度 (℃)	比 电 阻 (欧姆·厘米)
高 炉 炉 渣	9	1.1×10^{10}	500*矿渣水泥	9	4.5×10^9
窑 尾 灰 尘	9	2.2×10^9	立窑烟卤粉尘	9	5×10^9
窑 尾 灰 尘	150	3.9×10^{10}	石 灰 石 粉 尘	9	4.6×10^9
窑 尾 灰 尘	250	2×10^{10}	窑头熟料粉尘	9	4.6×10^8
500*纯水泥	11	7.8×10^8	窑头熟料粉尘	100	4×10^9
500*纯水泥	50	1.1×10^9	窑头熟料粉尘	150	5.3×10^9
500*纯水泥	100	6.6×10^{10}	窑头熟料粉尘	250	3.7×10^9
500*纯水泥	250	2.5×10^9	粘 土 粉 尘	9	7.3×10^8
300*水 泥	9	2.8×10^{10}	生 料 粉 尘	9	2.4×10^{10}

* 武汉冶金安全技术研究所测。

* 粉尘的比电阻详见第八章第三节。

表1—8 在不同温度、湿度条件下几种粉尘的比电阻 *

粉 尘 种 类	温 度 (℃)	湿 度 (%)	比电阻(欧姆·厘米)
水 泥 粉 尘	299	41	5×10^7
水 泥 粉 尘	244	—	1×10^{10}
水 泥 粉 尘	171	5	2×10^{10}
粘 土 粉 尘	140	—	2×10^{12}
石 灰 石 粉 尘	130	—	5×10^{12}
回转窑逸出的石膏粉尘	149	31	7×10^9
回转窑逸出的石膏粉尘	149	—	1×10^{13}
水 泥 粉 尘	21	—	8×10^7
水 泥 粉 尘	66	—	7×10^8
水 泥 粉 尘	121	—	7×10^{10}
水 泥 粉 尘	177	—	3×10^{11}
水 泥 粉 尘	232	—	9×10^9

* 武汉冶金安全技术研究所测。

与粉尘本身的理化性质，含尘气体的温度、湿度等因素有关，并随着测试方法的不同而有所差异。

表(1—7)为水泥生产中几种常见粉尘的比电阻值。

表(1—8)为不同温度、湿度条件下测定的几种粉尘的比电阻值。

(四) 粉尘的比重

粉尘的比重，是指粉尘单位体积的重量，即 $\gamma_c = \frac{G_c}{V}$ (公斤/米³)。由于测试方法和应用范围不同，它可分为堆积比重(即容重)、假比重、真比重* 三种。在计算上述三种比重时， G_c 可视为同一数值，但单位体积 V 则有各自不同的含意。

1. 堆积比重的 V 包括：(1) 尘粒本身；(2) 尘粒表面吸附的空气体积；(3) 尘粒本身的微孔；(4) 尘粒之间的空隙。

* 粉尘的真比重测定比较困难，其数值与假比重相差不大，在实际工作中一般采用粉尘的假比重。粉尘真、假比重的测定方法见第十三章第一节。

2. 假比重的 V 仅包括上述的(1)、(2)、(3)项。

3. 真比重的 V 仅包括上述的(1), 即尘粒在绝对密实状态下所占有的体积。

粉尘在空气中的扩散程度, 收尘器的净化效率都与粉尘的比重有关。

表(1—9)为水泥厂几种常见粉尘的比重。

表1—9 水泥厂几种常见粉尘的比重

粉尘名称	真比重 (克/厘米 ³)	假比重 (克/厘米 ³)	堆积比重 (克/厘米 ³)	粉尘粒子特征
硅酸盐水泥	3.12	2.1	1.50	沉降法得 $d = 0.7-56$ 微米
硅酸盐水泥	3.05		1.64	
无烟煤粉	1.59—1.63		0.84—0.98	
粘土	2.6		0.7—1.9	电收尘器采样
粘土			0.9	
煤灰			0.7	
铁粉	6.0			
高炉渣			1.6—1.8	
窑灰钾肥	2.53		—	比表面积5100厘米 ² /克
窑灰钾肥	2.37		0.441	比表面积7200厘米 ² /克
窑灰钾肥	2.28		0.365	比表面积7860厘米 ² /克
窑灰钾肥	2.26		0.370	比表面积11260厘米 ² /克

(五) 粉尘的其他性质

粉尘的其他性质指的是粉尘的湿润性、水硬性、粘附性、凝聚性、安息角、燃烧和爆炸性等。

1. 粉尘的湿润性: 粉尘粒子被水(或其他液体)湿润(结合)的现象, 叫做粉尘的湿润性。它决定于粉尘粒子成分, 分散度, 荷电状态, 温度和气压等条件。粉尘易被水湿润的称为亲水性粉尘, 反之, 称为疏水性粉尘。粉尘的湿润性随着气体压力的增加而增加, 随尘粒温度的升高而降低, 尘粒越小, 湿润性降低。

水泥工厂的粉尘大都属于亲水性粉尘。

2. 粉尘的水硬性：粉尘湿润后形成不溶于水的硬垢，叫做粉尘的水硬性。水泥工厂的熟料和水泥的粉尘均为水硬性粉尘。

3. 粉尘的凝聚性：粉尘粒子由于在生成过程中受高温的影响以及粒子的表面荷电、布朗运动、声波振动与磁力作用，使粒子相互碰撞而引起凝聚。文氏管以及超声波收尘器就是利用了粉尘的这种特性。

4. 粉尘的休止角，也称安息角：将粉尘自然地倾倒在一片光滑的平板上，粉尘就会堆成圆锥体，这一圆锥体的母线同平面的夹角叫做安息角，又称静安息角或自然堆积角。

使平板倾斜到粉尘开始沿直线滑下时的角度就叫做动安息角或滑动角。

粉尘的安息角与粉尘的成分、分散度、形状、湿度等因素有关。一般粉尘的静安息角取 35° — 55° ，动安息角取 30° — 40° 。

5. 粉尘的燃烧和爆炸性：某些粉尘在空气中达到一定浓度时，在外界高温、明火、摩擦、振动、碰撞以及电火花等作用下会引起爆炸，这类粉尘称为爆炸危险性粉尘。

粉尘可能发生爆炸的浓度范围，取决于粉尘的成分、粒度和湿度等。尘粒愈小，比表面积愈大，爆炸性愈大。粉尘和空气中的湿度愈小愈易爆炸。能够引起爆炸的最高浓度叫爆炸上限，最低浓度叫爆炸下限。

水泥工厂的煤尘属于爆炸性粉尘。煤尘的爆炸下限为 114克/米^3 。

第二节 粉尘在空气中的动力特性

粉尘在空气中呈分散状态存在，每个颗粒在空气介质中不