

除尘设备

运行管理

■ 张殿印 王海涛 主编

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



除尘设备与运行管理

张殿印 王海涛 主编

北京
冶金工业出版社
2010

内 容 提 要

本书共分为8章,主要介绍了除尘基础知识、湿式除尘器、机械除尘器、袋式除尘器、静电除尘器、除尘器输排灰设备、除尘通风机等及除尘系统运行管理。通过本书的学习,可以帮助读者解决在除尘设备的选择、工程应用、运行管理以及生产过程中遇到的技术和设备问题。

本书可供科研设计单位、工矿企业用户和设备生产厂家的环保技术人员、运行管理人员阅读,也适合在校环保专业学生参考,以及工厂职工技术培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

除尘设备与运行管理/张殿印,王海涛主编. —北京:
冶金工业出版社, 2010. 5
ISBN 978-7-5024-5261-2

I. ①除… II. ①张… ②王… III. ①除尘设备—运行
②除尘设备—设备管理 IV. ①TU834. 6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第074759号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号, 邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5261-2

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2010年5月第1版, 2010年5月第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 18.25印张; 440千字; 281页

55.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

随着社会的发展和人类的进步，人们对生活质量和自身健康越来越重视，对生态环境和空气质量也越来越关注。大气污染物中粉尘的可吸入颗粒物过多进入人体，直接威胁人体的健康。所以防治粉尘污染、保护大气环境是刻不容缓的重要任务。

除尘设备是防治大气污染应用最多的设备，也是除尘工程中最重要减排技术之一。除尘设备的设计制作是否优良，运行管理是否得当，直接影响工程费用、除尘效果和运行作业率。因此，掌握除尘设备工作机理、主要特征并精心运行和严格管理，对节能减排、搞好环境保护工作具有重要意义。

编写本书的目的在于给环境工程和环保管理工作提供一本具有密切联系实际、切实可行的技术书籍。本书特点：（1）深入浅出，用通俗易懂的语言和图示介绍除尘设备运行管理；（2）内容全面，对除尘工作原理、技术要求、应用特点、运行要领和故障排除等均有较全面的分析；（3）联系实际，列举除尘设备应用注意事项和应用实例以及维护检修流程等。编写内容重点突出，层次分明，图文并茂，内容翔实，力求书的完整性和系统性。读者通过本书可以对除尘设备有较全面的了解和掌握，对除尘设备选择、应用、运行、管理均有裨益。全书共分8章，分别介绍了除尘基础知识、湿式除尘器、机械除尘器、袋式除尘器、静电除尘器、除尘器输排灰设备、除尘通风机和除尘系统运行管理。

参加本书编撰的有（以姓氏笔画为序）：王冠、王海涛、庄剑恒、安登飞、肖春、张学义、张殿印、高华东、徐飞、顾生臣。

在成稿过程中，得到庾墨蝶、冯馨瑶等的帮助和支持，在此深致谢忱。

本书编写中参考了一些业内同行撰写的著作和学术论文等，在此对所有作者表示衷心感谢。

由于作者学识和水平有限，书中不妥之处在所难免，殷切希望读者不吝指正。

作 者

2010年1月于北京

目 录

1 除尘基础知识	1
1.1 空气和空气污染	1
1.1.1 空气组成	1
1.1.2 空气污染	1
1.2 粉尘和气体性质	3
1.2.1 粉尘的来源和分类	3
1.2.2 粉尘的危害	7
1.2.3 粉尘的基本性质	8
1.2.4 粉尘在气体中的流动	14
1.3 除尘设备运行管理总则	17
1.3.1 除尘器的分类和性能	18
1.3.2 除尘设备管理目标和任务	19
1.3.3 除尘设备维护基本方法	19
1.3.4 除尘设备故障的防范	21
2 湿式除尘器	22
2.1 湿式除尘器分类、工作原理与性能	22
2.1.1 湿式除尘器分类	22
2.1.2 湿式除尘器工作原理	23
2.1.3 湿式除尘器性能	25
2.2 湿式除尘器的构造和性能判断	27
2.2.1 贮水式除尘器	27
2.2.2 淋水式除尘器	28
2.2.3 压水式除尘器	29
2.3 湿式除尘器的应用	34
2.3.1 湿式除尘器选用注意事项	34
2.3.2 石灰窑尾高温烟气湿法净化工程应用实例	35
2.3.3 钢渣处理湿法除尘工程应用实例	37
2.4 湿式除尘器运行管理	39
2.4.1 湿式除尘器运行	39
2.4.2 湿式除尘器维护	41
2.4.3 湿式除尘器故障处理	44

3 机械除尘器	46
3.1 重力除尘器	46
3.1.1 重力除尘器工作原理	46
3.1.2 重力除尘器的构造与性能	48
3.1.3 重力除尘器设计计算	48
3.2 挡板除尘器	51
3.2.1 挡板除尘器工作原理	51
3.2.2 挡板除尘器的结构	52
3.2.3 挡板除尘器的技术性能	53
3.3 离心式(旋风)除尘器	53
3.3.1 旋风除尘器工作原理	54
3.3.2 旋风除尘器类型	54
3.3.3 旋风除尘器技术性能	55
3.3.4 通用型旋风除尘器	56
3.3.5 直流式旋风除尘器	57
3.3.6 多管旋风除尘器	60
3.4 机械除尘器的应用	62
3.4.1 重力除尘器的工程应用实例	62
3.4.2 挡板除尘器的工程应用实例	65
3.4.3 旋风除尘器应用	66
3.5 机械除尘器运行管理	70
3.5.1 机械除尘器运行	70
3.5.2 机械除尘器维护	70
3.5.3 机械除尘器故障与排除	72
4 袋式除尘器	74
4.1 袋式除尘器的分类、工作原理与性能	74
4.1.1 袋式除尘器分类	74
4.1.2 袋式除尘器工作原理	78
4.1.3 袋式除尘器的性能参数	79
4.2 简易袋式除尘器	82
4.2.1 简易袋式除尘器	82
4.2.2 人工振打袋式除尘器	85
4.2.3 振动清灰袋式除尘器	86
4.3 反吹风袋式除尘器	92
4.3.1 反吹风袋式除尘器分类	92
4.3.2 反吹风袋式除尘器工作原理	95
4.3.3 反吹风袋式除尘器结构	95

4.3.4 反吹风袋式除尘器清灰装置	99
4.4 脉冲袋式除尘器	104
4.4.1 脉冲袋式除尘器分类	104
4.4.2 脉冲袋式除尘器工作原理	107
4.4.3 脉冲袋式除尘器结构	108
4.4.4 脉冲袋式除尘器清灰装置	110
4.5 除尘用滤料	112
4.5.1 滤料纤维	112
4.5.2 滤布织造和整理	114
4.5.3 常用滤料性能	118
4.5.4 滤料选用原则	120
4.6 袋式除尘器的工程应用	121
4.6.1 袋式除尘器选用考虑因素	121
4.6.2 高炉煤气除尘工程应用	123
4.6.3 湿法除尘改为袋式除尘工程应用实例	125
4.6.4 静电除尘改为袋式除尘工程应用实例	129
4.7 袋式除尘器运行管理	133
4.7.1 袋式除尘器性能判断	133
4.7.2 袋式除尘器运行	135
4.7.3 袋式除尘器维护	138
4.7.4 袋式除尘器故障与排除	139
4.7.5 脉冲阀故障与排除	143
4.7.6 滤袋的失效与防范	144
5 静电除尘器	147
5.1 静电除尘器分类、工作原理与性能	147
5.1.1 静电除尘器分类	147
5.1.2 静电除尘器工作原理	153
5.1.3 静电除尘器性能	154
5.2 静电除尘器构造	157
5.2.1 静电除尘器壳体	159
5.2.2 静电除尘器电极	159
5.2.3 清灰装置	161
5.2.4 气流分布装置	162
5.3 静电除尘器的供电装置	164
5.3.1 高压供电装置	164
5.3.2 电极电压的调节	165
5.3.3 低压供电与控制装置	167
5.4 静电除尘器的应用	167

5.4.1	静电除尘器选用注意事项	168
5.4.2	静电除尘器在转炉煤气净化中的工程应用实例	168
5.4.3	袋式除尘器改为电除尘器的工程应用实例	172
5.5	静电除尘器运行管理	174
5.5.1	静电除尘器运行	174
5.5.2	静电除尘器维护	176
5.5.3	静电除尘器故障与排除	179
5.5.4	静电除尘器安全防护	181
6	除尘器输排灰设备	184
6.1	输排灰设备分类、工作原理与性能	184
6.1.1	输排灰设备分类	184
6.1.2	输排灰设备工作原理	185
6.1.3	输排灰设备性能	185
6.2	除尘器输排灰设备	185
6.2.1	排灰设备	186
6.2.2	螺旋输送机	188
6.2.3	刮板输送机	191
6.2.4	斗式提升机	193
6.2.5	气力输送装置	195
6.2.6	空气输送斜槽	198
6.2.7	贮灰仓	199
6.3	输排灰设备运行管理	201
6.3.1	排灰设备运行管理	201
6.3.2	螺旋输送机运行管理	201
6.3.3	刮板输送机运行管理	202
6.3.4	斗式提升机运行管理	203
6.3.5	气力输送装置运行管理	205
6.3.6	空气输送斜槽运行管理	205
7	除尘通风机	207
7.1	通风机的分类和工作原理	207
7.1.1	通风机分类	207
7.1.2	通风机工作原理	207
7.2	通风机的构造和性能	208
7.2.1	通风机结构	208
7.2.2	通风机的性能参数	214
7.2.3	通风机特性曲线和影响因素	216
7.3	通风机的选型和应用	219

7.3.1	通风机的选型要点	219
7.3.2	除尘常用通风机	221
7.3.3	通风机应用注意事项	222
7.3.4	通风机调速与节能	223
7.4	通风机运行管理	226
7.4.1	通风机运行	226
7.4.2	通风机维护管理	228
7.4.3	常见故障与排除	230
7.4.4	振动诊断技术与振动消除	232
8	除尘系统运行管理	238
8.1	除尘系统组成和工作过程	238
8.1.1	除尘系统设备组成	238
8.1.2	除尘系统的工作过程	239
8.2	除尘系统管网	240
8.2.1	风管中气体流动特性	240
8.2.2	管网设计计算	243
8.3	除尘系统的节能	255
8.3.1	除尘系统节能的途径和原则	255
8.3.2	集气吸尘罩节能	256
8.3.3	除尘管网节能	257
8.3.4	除尘器能耗与选择	259
8.3.5	卸尘装置和粉尘处理	260
8.3.6	通风机和排气烟囱	260
8.3.7	消声器	261
8.3.8	阀门和调节装置	262
8.4	除尘系统运行管理	263
8.4.1	除尘系统验收	263
8.4.2	除尘系统运行	264
8.4.3	除尘系统维护	267
8.4.4	静压诊断技术与故障判断	273
8.4.5	除尘系统防燃防爆	276
8.4.6	除尘设备事故与应急预案	278
	参考文献	281

1 除尘基础知识

除尘基础知识包括对气体和粉尘的了解，对除尘设备运行管理的了解，对除尘技术及除尘器的了解。利用这些基础知识，对以后掌握除尘技术和设备颇有裨益。

1.1 空气和空气污染

大气的95%分布在地球的表面仅12km的厚度内，地球的直径是6370km，大气的厚度相当于直径为1m的地球仪表面薄膜1mm的厚度，即地球直径的千分之二。一般可以认为大气是由干燥清洁的空气、水蒸气和各种杂质三部分组成的。

1.1.1 空气组成

所谓空气就是指围绕地球表面的空间内按一定比例组成的混合气体。人类就生活在这种混合气体的汪洋大海的海底。

表1-1列举的是0℃、0.1MPa下干燥空气的组成。

表 1-1 干燥空气的组成

成分	质量分数/%	体积分数/%	成分	质量分数/%	体积分数/%
氧	23.01	20.93	氮	0.0012	0.0018
氮	75.51	78.10	氩	0.00007	0.0005
氩	1.285	0.9325	氦	0.0003	0.0001
二氧化碳	0.04	0.03	氙	0.00004	0.00009

自然空气中还含有微量的一氧化碳、二氧化碳、氮、氧化物等气态物质以及固态、液态粒状物质。

在空气成分中，氧气和二氧化碳对我们日常生活的关系最为密切。只要谈到空气就很自然地联想到氧气和二氧化碳的浓度。这个感性认识来源于实践，即人需要从空气中吸取新陈代谢所需要的氧气，排出无用的二氧化碳，这就是所谓的呼吸。人依靠呼吸维持生命。

成年人在静止状态下每一次呼吸的空气量大约是300~800mL（平均约0.5L）。如果每分钟呼吸16次，那么一分钟呼吸的空气量为8L。成年人每小时呼吸消耗的氧气量大约为16L。人需要氧气的安全极限约为15%（占空气的百分比）。1个人1天大约需要1kg食物、2kg水和13kg的空气。13kg空气的体积为1万L。1个人可以7天不进食，5天不饮水，但断绝空气5min就会死亡。空气对人类的生存和发展极其重要。

1.1.2 空气污染

所谓空气污染，根据国际标准化组织（ISO）给出的定义，“通常系指由于人类活动

和自然过程引起某种物质进入大气中，呈现出足够的浓度，达到足够的时间，并因此危害了人体健康、舒适或环境”。

“空气污染物：系指由于人类活动或自然过程进入大气的并对人或环境产生有害影响的那些物质”。

空气污染物按其存在状态可分为颗粒污染物和气态污染物两大类。颗粒污染物即粉尘，气态污染物主要是 SO_2 、 NO_x 、 CO_2 等有害气体。

烟是造成大气污染的主要原因之一，也是不可忽视的室内污染源。例如住宅的局部采暖设备、厨房中的开敞式燃烧器等不完全燃烧产生的烟气以及房间内吸烟者散发的烟，这些烟不仅加重了室内换气负荷，同时也给室内带来严重污染。

吸烟时放出烟的化学成分及发生量取决于吸烟的方法和香烟的种类。表 1-2 列出香烟烟粒子中所含的金属成分。

表 1-2 吸烟粒子中的金属浓度

元 素	金属浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$		元 素	金属浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	
	范 围	平均值		范 围	平均值
Zn	2 ~ 19	16	Ni	ND ~ 8	2
Cd	13 ~ 53	21	Fe	87 ~ 216	156
Pb	ND ~ 19	5	Cu	5 ~ 9	7
Mn	ND ~ 3	1			

一般情况下大气中的 CO_2 浓度几乎是不变的，但在特殊条件下会有所增加。 CO_2 的增加主要是由大气污染等人为因素造成的。通常 CO_2 的浓度与空气污染浓度有对应关系。 CO_2 的浓度变化可以作为空气污染的寒暑表，可以大致作为衡量空气污染的指标。

另外， CO_2 不仅能透过太阳辐射光，而且也能吸收地面反射的红外线。 CO_2 的这种性质称作温室效应（图 1-1）。 CO_2 也是影响气候变暖的主要因素。低碳经济主要也是指减少 CO_2 的排放。

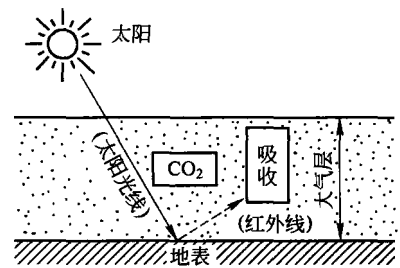


图 1-1 二氧化碳的温室效应

由于空气污染对人影响的极端重要性，所以各城市每天要播报空气污染指数。

根据我国空气污染的特点和污染防治重点，目前计入空气污染指数的项目定为二氧化硫、氮氧化物和总悬浮颗粒物。随着环境保护工作的深入和监测技术水平的提高，再调整增加其他污染项目，以便更为客观地反映污染状况。

空气污染指数的范围从 0 ~ 500，其中 50、100、200 分别对应于我国空气质量标准中日均值的一、二、三级标准的污染物浓度限值，500 点则对应于人体健康产生明显危害的污染水平。

空气污染指数分级的浓度限值见表 1-3，相应的空气质量级别及对人体健康的影响见表 1-4。

表 1-3 空气污染指数分级浓度限值

污染指数 API	污染浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$			污染指数 API	污染浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$		
	TSP	SO ₂	NO _x		TSP	SO ₂	NO _x
500	1.000	2.620	0.940	200	0.500	0.250	0.150
400	0.875	2.100	0.750	100	0.300	0.150	0.100
300	0.625	1.600	0.565	50	0.120	0.050	0.050 ^①

①当浓度低于此水平时，不计算该污染物的指数。

表 1-4 空气污染指数范围及相应的空气质量级别

空气污染指数 API	空气质量级别	空气质量描述	对健康的影响	对应空气质量的适用范围
0 ~ 50	I	优	可正常活动	自然保护区、风景名胜区、其他需要特殊保护的地区
51 ~ 100	II	良	可正常活动	为城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农村地区
101 ~ 200	III	轻度污染	长期接触，易感人群症状有轻度加剧，健康人群出现刺激症状	特定工业区
201 ~ 300	IV	中度污染	一定时间接触后，心脏病和肺病患者症状显著加剧，运动耐受力降低，健康人群中普遍出现症状	
≥300	V	重度污染	健康人有明显强烈症状，降低运动耐受力，提前出现某些疾病	

1.2 粉尘和气体性质

粉尘来源于自然过程和人类活动两方面，后者是主要来源。人类活动产生粉尘，而粉尘又由某种性质危害人类自身健康及各种活动。所以根据粉尘的来源和性质，研究除尘技术，防止粉尘污染成为环保治理的重要任务。

1.2.1 粉尘的来源和分类

在粉尘的来源中，自然过程产生的粉尘一般可以靠大气的自净作用来除去，而人类活动产生的粉尘要靠除尘措施来完成。本节主要介绍在人类各种生产活动中产生的粉尘和分类。

1.2.1.1 粉尘定义

国家标准中有关粉尘颗粒等的定义如下：

(1) 粉尘。由自然力或机械力产生的、能够悬浮于空气中的固态微小颗粒。国际上将粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的固体悬浮物定义为粉尘。在通风除尘技术中，一般将 $1 \sim 200\mu\text{m}$ 乃至更大粒径的固体悬浮物均视为粉尘。

(2) 气溶胶。悬浮于气体介质中的粒径范围一般为 $0.001 \sim 1000\mu\text{m}$ 的固体、液体微小粒子形成的胶溶状态分散体系。

(3) 总粉尘，简称“总尘”。总尘是指用直径为 40mm 滤膜，按标准粉尘测定方法采样所得到的粉尘。

(4) 呼吸性粉尘，简称“呼尘”。呼吸性粉尘是指按呼吸性粉尘标准测定方法所采集的可进入肺泡的粉尘粒子，其空气动力学直径均在 $7.07\mu\text{m}$ 以下，空气动力学直径 $5\mu\text{m}$ 粉尘粒子采样效率为 50% 。

(5) 总悬浮颗粒物。能悬浮在空气中，空气动力学当量直径不大于 $100\mu\text{m}$ 的颗粒物。

(6) 可吸入颗粒物。悬浮在空气中，空气动力学当量直径不大于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒物。

(7) 大气尘。悬浮于大气中的固体或液体颗粒状物质，也称悬浮颗粒物。

(8) 烟（尘）。高温分解或燃烧时所产生的，其粒径范围一般为 $0.01 \sim 1\mu\text{m}$ 的可见气溶胶。

(9) 纤维性粉尘。天然或人工合成纤维的微细丝状粉尘。

(10) 亲水性粉尘。易于被水润湿的粉尘，如石英、黄铁矿、方铅矿粉尘等。

(11) 疏水性粉尘。难以被水润湿的粉尘，如石蜡粉、炭黑、煤粉等。

(12) 烟（雾）。由燃烧或熔融物质挥发的蒸气冷凝后形成的，其粒径范围一般为 $0.001 \sim 1\mu\text{m}$ 的固体悬浮粒子。

(13) 烟气。在化学工艺过程中生成的通常带有异味的气态物质。

(14) 液滴。在静止条件下能沉降，在湍流条件下能悬浮于气体中的微小液体粒子。

(15) 雾。悬浮于气体中的微小液滴，如水雾、漆雾、硫酸雾等。

(16) 粒子。特指分散的固体或液体的微小粒状物质，也称微粒。

1.2.1.2 粉尘的来源

粉尘来源可分成两大类：一是人类活动引起的，二是自然过程引起的。后者包括火山爆发、山林火灾、雷电等造成各种尘埃，见表 1-5。自然过程对大气的污染，目前人类还不能完全控制，但这些自然过程多具有偶然性、地区性，而两次同样过程发生的时间往往较长。由于自然环境有一定的容量和自净能力，自然过程所造成的粉尘污染，经过一段时间后会自动消失，对整个人类的发展尚无根本性的危害。

表 1-5 粉尘源

种类	粉尘来源
自然现象	火山爆发、大风飞沙、地震、土沙崩溃、由于温度或混合率的变化而引起的气体爆炸、腐烂、花粉、微生物、森林火灾
日常生活	烹调、采暖、冷气、衣服、清扫、吸烟、农业、渔业、医疗、娱乐、教育、体育比赛
商业交易	采暖、冷气、烹调、包装、输送、陈列、集会、办公等活动
工业	燃烧、冶炼、粉碎、混合、分离、化合、分解、干燥、研磨、输送、包装、爆炸、凝聚等物理化学操作、轧制、切割、采矿、爆破、装卸、焊接
交通	河、海运输，航空，汽车、火车运输，装卸
战争	军事转移、军队作战、炮击、爆炸、训练

当今,最令人担忧的是人类的生活和生产活动引起的粉尘污染。由于人类的生活及生产活动从不间断,这种污染也就从没停止过。100年以来,工业和交通运输业的迅速发展,城市的不断扩大,以及人口的高度集中,使得大气污染日趋严重。目前,全世界每年排入大气的煤粉尘及其他粉尘在1亿吨以上,严重污染了大气,对人类健康构成了威胁。这种粉尘对大气的污染既然由人类活动引起,也就可以通过人类的活动而加以控制。

人类活动引起的粉尘主要来源于三个方面,即工业生产污染源、生活活动污染源及交通运输污染源。

(1) 工业生产污染源。如火力发电厂、钢铁厂、建材厂、化工厂、有色金属厂、矿山作业区等工业部门的生产及燃料燃烧过程,皆向大气中排入大量的粉尘及其他有害成分。工业生产污染源是造成粉尘污染的最主要的来源,如图1-2所示。

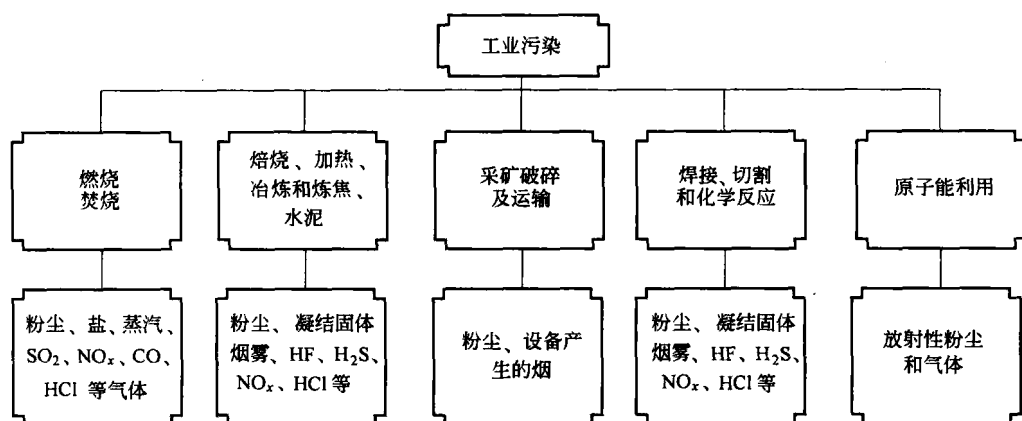


图 1-2 人为空气污染物的主要来源

(2) 生活活动污染源。城市和工矿企业住宅区、商业区千家万户的生活炉灶,经营性炉灶以及采暖锅炉的烟囱,同样会向大气中排入烟尘。这些污染源分布广,污染物总量大,对局部的大气环境质量常有很大影响,也是不可忽视的。

(3) 交通运输污染源。汽车、火车、轮船、飞机等交通工具排放的尾气及行走二次扬尘都含有粉尘污染物。在交通运输业十分发达的今天,尤其在城市,它已成为粉尘污染的重要来源之一。

图1-3所示为粉尘粒径特性和相应的除尘设备。图的中部示出了不同物质的颗粒大小的范围。这些数值说明粉尘颗粒物在空气中存在着明显的差别。任何一种除尘设备,都不可能把这样的粒径分布的颗粒物除尽。图1-3下端部分示出了不同除尘设备适于捕集的颗粒物的粒径范围。虽然某种形式的除尘器能除去指定范围内的颗粒,但在很多情况下,除尘效率是随颗粒物的粒径而变的。例如,一种除尘器对一定范围内的大颗粒捕集效率近100%,但对于极小颗粒,除尘器的效率可能接近于零。

1.2.1.3 粉尘分类

(1) 按物质组成分类。按物质组成粉尘可分为有机尘、无机尘、混合尘。有机尘包括植物尘、动物尘、加工有机尘;无机尘包括矿尘、金属尘、加工无机尘等。

(2) 按粒径分类。按尘粒大小或在显微镜下可见程度粉尘分为:粗尘,粒径大于

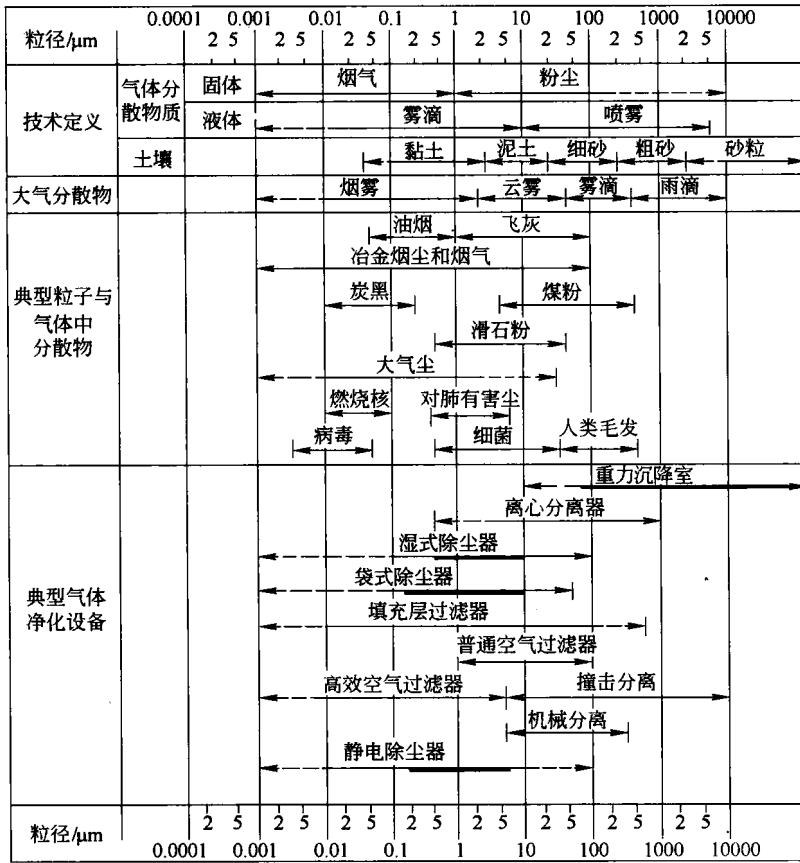


图 1-3 粉尘粒径特性和相应的除尘设备

40 μm ，相当于一般筛分的最小粒径；细尘，粒径 10 ~ 40 μm ，在明亮光线下肉眼可以见到；显微尘，粒径 0.25 ~ 10 μm ，用光学显微镜可以观察；亚显微尘，粒径小于 0.25 μm ，需用电子显微镜才能观察到。不同粒径的粉尘在呼吸器官中沉着的位置也不同，又分为：可吸入性粉尘即可以吸入呼吸器官，直径约大于 10 μm 的粉尘，微细粒子直径小于 2.5 μm 的细粒粉尘，微细粉尘会沉降于人体肺泡中。

(3) 按形状分类。不同形状的粉尘可以分为：1) 三向等长粒子，即长、宽、高的尺寸相同或接近的粒子，如正多边形及其他与之相接近的不规则形状的细粒子；2) 片形粒子，即两方向的长度比第三方向长得多，如薄片状、鳞片状粒子；3) 纤维形粒子，即在一个方向上长得多的粒子，如柱状、针状、纤维粒子；4) 球形粒子，外形呈圆形或椭圆形。

(4) 按物理化学特性分类。由粉尘的湿润性、黏性、燃烧爆炸性、导电性、流动性可以区分不同属性的粉尘。如按粉尘的湿润性分为湿润角小于 90° 的亲水性粉尘和湿润角大于 90° 的疏水性粉尘；按粉尘的黏性力分为拉断力小于 60Pa 的不黏尘，60 ~ 300Pa 的微黏尘，300 ~ 600Pa 的中黏尘，大于 600Pa 的强黏尘；按粉尘燃烧、爆炸性分为易燃、易爆粉尘和一般粉尘；按粉料流动性可分为安息角小于 30° 的流动性好的粉尘，安息角为 30° ~

45°的流动性中等的粉尘及安息角大于45°的流动性差的粉尘。按粉尘的导电性和静电除尘的难易分为大于 $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 的高比电阻粉尘， $10^4 \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 的中比电阻粉尘，小于 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 的低比电阻粉尘。

(5) 其他分类中还有分为生产性粉尘和大气尘，纤维性粉尘和颗粒状粉尘，一次扬尘和二次扬尘等。过程分类分为自然粉尘、人工粉尘和工业粉尘。

1.2.2 粉尘的危害

1.2.2.1 对人体健康的危害

粉尘侵入人体主要有三条途径：(1) 呼吸道吸入；(2) 消化道吞入（随水和食物）；(3) 皮肤接触。其中以第一条途径最重要、最危险。

粉尘的化学成分直接影响着对人体危害程度，其中粉尘中所含的游离二氧化硅危害最大。长期大量吸入含结晶型游离二氧化硅的粉尘可引起硅肺疾病。粉尘中游离二氧化硅的含量愈高，引起病变的程度愈重，病变发展的速度愈快。粉尘分散度的高低与其在空气中的悬浮性能、被人体吸入的可能性和在肺内的阻留及其溶解度均有密切关系。据估算，进入肺腔的粉尘粒度为 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ ，其中大部分能被呼出，约10%~50%将沉积下来。

由于生产性粉尘的种类和性质不同，因而对机体引起的危害也不同，一般常引起的疾病有：

(1) 呼吸系统疾病。尘肺是指吸入较高浓度或长时间吸入的生产性粉尘而引起的以肺组织弥漫性纤维化病变。由于粉尘的种类和性质不同，吸入后对肺组织引起的病理改变也有很大的差异，尘肺按其病因可分为硅肺、石棉肺、水泥尘肺、金属肺等等，其中硅肺是尘肺中最主要的一种职业病，它是由于吸入含结晶型游离二氧化硅粉尘所引起的。

在很多厂矿的生产过程中都可以产生硅尘，如开矿采掘、开凿隧道、开山筑路以及耐火材料、玻璃制造、陶瓷、搪瓷、铸造、石英砂加工等行业。如不注意防尘，粉尘浓度超过国家规定的标准，就可能发生硅肺病。2009年7月河南“开胸验肺”事件就是粉尘危害人体健康的典型案例。

在有机粉尘中，常混有沙土及其他无机性杂质，如烟草、茶叶、皮毛、棉花等，粉尘中混有这些杂质，长期吸入可引起尘肺，称为混合性尘肺。长期吸入游离二氧化硅含量较低的木尘、聚氯乙烯尘、蚕丝尘等也可引起尘肺。

(2) 其他系统疾病。接触生产性粉尘除可引起上述呼吸系统的疾病外，还可引起眼睛及皮肤的病变。如在阳光下接触煤焦油沥青粉尘时可引起眼睑水肿和结膜炎，粉尘落在皮肤上可堵塞皮脂腺而引起皮肤干燥，继发性毛囊炎、脓皮病等。有些矿物性粉尘，如玻璃纤维和矿渣棉粉尘，长期作用于皮肤可引起皮炎。也有一些腐蚀性和刺激性的粉尘，如铬、砷、石灰等粉尘，作用于皮肤可引起某些皮肤病变和溃疡性皮炎。

1.2.2.2 粉尘对建筑物、植物和动物的影响

空气中的尘粒本身可能是化学惰性的或活性的。它们如果是惰性的，也可能从大气中吸收化学活性物质，或者它们会化合成多种化学活性物质。据其化学成分和物理性能，尘粒物质能对建筑物起到广泛的破坏作用。尘粒落入涂过涂料的建筑物表面、玻璃幕墙上，就会把它弄脏。每年，对建筑物和构筑物内外重新涂装和清洗费用相当可观。

还有报道，大气中的粉尘和有害气体，对文物腐蚀速度加快，主要表现在金属文物锈

蚀矿化, 石质文物酥解剥落, 纺织品、壁画褪色长霉。

更为重要的是, 尘粒物质能通过固有的腐蚀性, 或有排入大气中的惰性尘粒所吸收或吸附的腐蚀性化学物质的作用, 产生直接的化学破坏。金属通常能在干燥空气中抗拒腐蚀, 甚至在清洁的湿空气中也是如此。然而, 在大气中普遍存在吸湿性尘粒时, 即使在没在其他污染物的情况下, 也能腐蚀金属表面。在文献中关于暴露在工业大气中的金属表面遭受腐蚀的例子已有充分记载。

关于颗粒物对动植物的影响了解得还很少。然而, 人们已观察到几种特定物质所起到的破坏作用。含氯化物的尘粒能够引起某些植物损害。降落在农田上的氧化镁, 曾使植物生长不良。动物吃了粘有毒尘粒的植物时, 健康就会受到损害。这些有毒化合物会被吸收到植物组织或成为植物表面污染而存在下去。动物摄取带有含氟颗粒物的植物就能导致氟中毒。牛羊吃了有含砷颗粒沉降在上面的植物, 就会成为砷中毒的牺牲品。

1.2.2.3 粉尘对机器设备的磨损

含尘气流在运动时与壁面冲撞, 产生切削和摩擦。含尘气流中的粉尘磨损性与气流速度的 $2\sim 3$ 次方成正比, 气流速度越高, 粉尘对壁面的磨损越严重。但粉尘浓度达到某一程度时, 由于粉尘粒子之间的互相碰撞, 反而减轻了与壁面的碰撞摩擦。

烧结厂烧结机机头处在履带下部进行密封抽气, 使铺设在履带上的原料烧透。若烧结厂抽气系统中设置的除尘装置效率达不到要求, 一些粗颗粒粉尘进入产生负高压的抽风机内, 很快就会使风机转子叶片磨损, 缩短转子的使用寿命。

高炉热风炉的风源由一台能产生几百千帕压力的高压透平鼓风机供给, 它是高炉冶炼的关键设备。如果有粗颗粒粉尘进入透平鼓风机, 将会磨损其叶片, 减低鼓风机的压力, 严重时需要更换转子。因此, 在鼓风机进口需要设置一套空气净化装置, 把进入鼓风机气体中的粉尘过滤掉, 以延长鼓风机的使用寿命。

含尘空气中的尘粒沉降到机器的转动部件上, 将加速机件的磨损, 影响机器工作精度, 甚至使小型精密仪表的部件卡住不能工作。

一般认为 $5\sim 10\mu\text{m}$ 粒径的粉尘磨损性与颗粒大小和成分有关, 微细粉尘比粗粉尘的磨损小, 但在一些现代产品, 如微型计算机、光学仪器、微型电机、微型轴承中都特别重视微细粉尘的沾污和磨损。对于计算机、光学仪器、精密机械来说, $1\mu\text{m}$ 以上粒径的尘粒就能影响精度。消除尘埃的沾污必须采用空气洁净技术。

1.2.2.4 粉尘对产品质量的影响

粉尘污染不仅影响产品的外观, 还造成产品质量下降。例如石膏粉产品在生产过程中被烘炉黑烟污染, 不仅外观受影响, 质量也要下降。许多电子产品、化学药品、摄影胶片等现代化产品, 在生产过程中或操作使用中非常重视防止粉尘污染。在电子产品生产中, 即使是 $0.3\mu\text{m}$ 的尘粒落到刻线间距只有亚微米的加工表面上, 也会对产品造成危害, 轻则影响产品性能, 重则会使产品报废。

航空和宇宙飞船使用的电子仪表及大型计算机内, 落入一粒尘埃就可能造成失误。在信息时代, 设法除去空中尘埃, 确保产品的高质量、提高可靠性有极其特殊的意义。

1.2.3 粉尘的基本性质

尘粒具有形状、粒径、密度、比表面积四大基本特性, 还具有磨损性、荷电性、湿润