

高等学校建筑环境与设备工程专业规划教材

# 通风除尘与净化

主编 唐中华  
主审 沈恒根

 中国建筑工业出版社

高等学校建筑环境与设备工程专业规划教材

# 通风除尘与净化

主 编 唐中华

副主编 钱炜祺 冀晓霞

参 编 (按姓氏拼音排序)

段双平 韩如冰 李先碧 鲁忠良

潘成君 解丽君

主 审 沈恒根

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

通风除尘与净化/唐中华主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

(高等学校建筑环境与设备工程专业规划教材)

ISBN 978-7-112-11020-9

I. 通… II. 唐… III. ①建筑-通风除尘-高等学校-教材②建筑-空气净化-高等学校-教材 IV. TU834

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 064708 号

高等学校建筑环境与设备工程专业规划教材

**通风除尘与净化**

主 编 唐中华

副主编 钱炜祺 冀晓霞

参 编 (按姓氏拼音排序)

段双平 韩如冰 李先碧 鲁忠良

潘成君 解丽君

主 审 沈恒根

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业出版社印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$  字数: 408 千字

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-11020-9

(18267)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

全书分为绪论、通风篇、除尘篇、净化篇，以全新的观念和视角，全面、系统地阐述了室内外空气污染物的控制理论与技术，提炼和整合了原有通风工程与除尘净化两门课程的相关内容，特别是在通风节能技术、反映成熟净化技术知识等方面有突出的体现。本书注重基本概念、基本原理、基本方法与基本技能的培养，注重与专业基础知识良好的衔接，体系构思新颖、结构严谨、论述清晰、信息量大、理论与实用性强。反映了通风除尘与净化工程领域最新的技术进展和研究成果。各章之间联系紧密，但又相对独立，便于教师的讲解和学生自学。

本书既是建筑环境与设备工程、热能与动力工程、安全工程、采矿工程、纺织工业、环境工程、材料科学与工程等专业的学生教学用书，也是这些专业工程技术人员必备的具有实际应用价值的重要参考书籍，它既适用于大学本科教学，也适合于专科学生教学。

\* \* \*

责任编辑：张文胜 姚荣华

责任设计：赵明霞

责任校对：兰曼利 孟楠

## 前 言

随着城市现代化的快速发展和人们生活水平的不断提高,室内外空气污染物的控制技术不仅在改善民用建筑和生产车间的空气条件、保护人们身体健康、提高劳动生产率方面起着重要的作用,而且还在许多工业部门起着保证生产正常进行,提高产品质量起着重要的作用。通风除尘与净化在内容上可分为工业通风与空气污染物的净化两大部分。工业通风的主要任务是,利用技术手段,合理组织气流,控制或消除生产过程中产生的粉尘、有害气体、余热和余湿,创造适宜的生产环境,达到保护工人身心健康和保护大气环境的目的。空气污染物的净化可分为通风进气与通风排气中粉尘的净化与有害气体净化两种。除尘的实质就是对通风排气中粉尘的净化,以达到排放标准才允许排入大气;而通风进气中对粉尘的净化就是空气过滤,以保证室内空气的清洁度为目的。随着工业生产的快速发展,排出的工业有害物日益增加,全世界每年排入大气的粉尘量、硫化物及硫氧化物的量非常大,如果我们不对这些有害物行控制与处理,就会严重污染室内外空气,直接威胁到人们的身体健康。减少大气污染及其影响范围,搞好劳动保护和环境保护,为人们创造良好的生产和生活环境,是我们从事通风工程科研、设计和施工工作人员义不容辞的职责。

根据 21 世纪高等学校学生的“厚基础、宽口径、强能力”培养要求,本书以新的教育思想为先导,围绕通风除尘这一中心,以全新的观念和视角全面、系统地阐述了室内外空气污染物的控制理论与技术,提炼和整合了原有两门相关专业课程的精华,充分吸纳该领域发展的最新成果,特别是对通风节能技术应用、反映最新的净化技术这些方面有突出的体现。注重与学科平台课程的良好衔接,体系构思新颖、结构严谨、论述清晰、信息量大、理论与实用性强等特色。

全书共分三篇,第一篇为通风篇,主要介绍控制工业有害物的通风方法与措施;第二篇为除尘篇,重点介绍了除尘基本理论、除尘系统及各种除尘设备;第三篇为净化篇,主要介绍了空气洁净技术和有害气体的净化问题,为学生掌握这些必要的知识打下坚实的基础。

本书既是建筑环境与设备工程、热能与动力工程、安全工程、采矿工程、纺织工程、环境工程、材料科学与工程等专业的本科学生教学用书,也是这些专业工程技术人员必备的具有实际应用价值的重要参考书籍,还适合于这些专业的专科学生教学。本书按 40~50 课时编写。

本书由西南科技大学唐中华担任主编,各章节的编写分工为:

绪论:唐中华、钱炜祺(中国空气动力研究与发展中心);

第 1 章:钱炜祺、解丽君(苏州新波能电热水锅炉有限公司);

第 2 章:唐中华、冀晓霞(贵阳建筑勘察设计公司成都分公司);

第 3 章:唐中华、冀晓霞、段双平(西南科技大学);

第 4 章:唐中华、段双平;

第5章、第8章：韩如冰（西南科技大学）；

第6章：鲁忠良（河南理工大学）；

第7章：段双平；

第9章：李先碧（西南科技大学）；

第10章：潘成君（西南科技大学）；

全书由唐中华统稿。

本书由东华大学沈恒根教授主审，并得到多方同行指正，谨致谢意。

在编写过程中，研究生付腾、文倩、李萌颖、温玉杰、段莉等为本书整理成稿做了较多辅助性工作；同时还有本科生熊模友、杨费愆、周福雄、岳园、李阳、彭教军、唐帮亚、唐登刚、刘易、杨成龙、刘士飞、张建文等为本书的绘图、文字输入做了较多的帮助，在此一并致谢！

由于作者水平有限，难免有错误和不妥之处，恳请批评指正。

# 目 录

绪论	1
0.1 空气污染物的来源	1
0.1.1 粉尘来源及分类	1
0.1.2 有害气体或者蒸气的来源	2
0.2 粉尘的性质与危害	3
0.2.1 粉尘的特性	3
0.2.2 粉尘的传播机理	5
0.2.3 粉尘的危害	6
0.3 有害气体的性质与危害	7
0.3.1 常见有害气体的特性	7
0.3.2 常见有害气体的危害	8
0.4 卫生标准和排放标准	10
0.4.1 卫生标准	10
0.4.2 排放标准	11
0.5 防治空气污染物的综合措施	11
0.5.1 生产措施	11
0.5.2 管理措施	12
思考题及习题	13
参考文献	13

## 第一篇 通 风

第1章 全面通风	17
1.1 全面通风	17
1.1.1 全面通风的原则	17
1.1.2 全面通风的换气量	18
1.1.3 全面通风的气流组织	20
1.1.4 诱导通风	22
1.1.5 事故通风	22
1.2 全面通风的热气平衡	23
1.2.1 空气质量平衡	23
1.2.2 空气热平衡	24
1.3 置换通风	25
1.3.1 置换通风的基本概念	25

1.3.2	置换通风的原理	25
1.3.3	置换通风房间室内温度、速度与浓度的分布	26
1.3.4	置换通风的应用前景分析	27
	思考题及习题	28
	参考文献	28
<b>第2章</b>	<b>局部通风</b>	<b>29</b>
2.1	局部通风系统	29
2.1.1	局部送风系统	29
2.1.2	局部排风系统	30
2.2	密闭罩	31
2.2.1	密闭罩的形式	32
2.2.2	密闭罩的排风量计算	33
2.3	通风柜	34
2.3.1	低温通风柜	34
2.3.2	高温通风柜	34
2.4	接受罩	37
2.4.1	热源上部的热射流	37
2.4.2	罩口尺寸的确定	38
2.4.3	热源上部接受罩的排风量	38
2.5	外部罩	39
2.5.1	吸气口的气流运动规律	39
2.5.2	外部吸气罩排风量的确定	41
2.6	槽边排风罩	43
2.7	吹吸式排风罩	45
2.7.1	应用吹、吸气流进行有害物控制的实例	45
2.7.2	吹吸式排风罩的设计计算	46
	思考题及习题	47
	参考文献	48
<b>第3章</b>	<b>通风管道系统及风机</b>	<b>49</b>
3.1	通风管道中的阻力	49
3.1.1	沿程损失	49
3.1.2	局部损失	53
3.1.3	总损失	55
3.2	风管的水力计算	55
3.2.1	水力计算方法	55
3.2.2	水力计算步骤	56
3.3	均匀送风	61
3.3.1	基本原理	61
3.3.2	实现均匀送风的条件	62



3.3.3 侧孔送风时的局部阻力系数	62
3.3.4 均匀送风管道的计算	63
3.4 风管内的空气压力分布	64
3.5 风机	66
3.5.1 风机的分类	66
3.5.2 风机的性能参数	66
3.5.3 离心式风机的结构	67
3.5.4 离心式风机的实际性能曲线	68
3.5.5 离心式风机的运行调节	68
3.5.6 风机的选择	71
思考题及习题	73
参考文献	75
<b>第四章 通风节能技术</b>	<b>76</b>
4.1 自然通风	76
4.1.1 自然通风基本原理	76
4.1.2 热车间自然通风计算	80
4.1.3 自然通风与工艺和建筑设计的配合	83
4.2 热回收技术	85
4.2.1 全热换热器	85
4.2.2 显热换热器	90
4.3 风机运行调节与节能	93
4.3.1 风机转速调节	93
4.3.2 进口阀门调节	94
4.3.3 进口导叶调节	95
4.3.4 台数控制	96
4.3.5 间歇运转	96
4.3.6 联合调节	97
思考题及习题	97
参考文献	98

## 第二篇 除 尘

<b>第5章 除尘基础理论及除尘系统</b>	<b>100</b>
5.1 除尘机理及除尘器分类	100
5.1.1 除尘机理	100
5.1.2 除尘器分类	101
5.2 除尘器的性能指标	102
5.2.1 除尘器除尘效率	102
5.2.2 除尘器压力损失	105
5.2.3 除尘器处理风量	105

5.3 通风除尘系统及设备 .....	106
5.3.1 通风除尘系统的划分原则 .....	106
5.3.2 通风除尘系统的设备 .....	107
5.3.3 提高通风除尘经济性的措施 .....	111
思考题及习题 .....	112
参考文献 .....	113
<b>第6章 除尘器</b> .....	<b>114</b>
6.1 重力沉降室与惯性除尘器 .....	114
6.1.1 重力沉降室 .....	114
6.1.2 惯性除尘器 .....	116
6.2 旋风除尘器 .....	117
6.2.1 旋风除尘器的工作原理 .....	117
6.2.2 旋风除尘器的计算 .....	118
6.2.3 影响旋风除尘器性能的因素 .....	121
6.2.4 旋风除尘器的其他结构形式 .....	122
6.2.5 旋风除尘器的进口形式 .....	123
6.2.6 旋风除尘器的排灰装置 .....	123
6.3 电除尘器 .....	124
6.3.1 电除尘器的工作原理 .....	124
6.3.2 电除尘器的分类 .....	125
6.3.3 电除尘器内尘粒的运动和收集 .....	126
6.3.4 电除尘器的组成 .....	129
6.3.5 电除尘器设计中的几个问题 .....	130
6.4 袋式除尘器 .....	131
6.4.1 袋式除尘器的工作原理 .....	131
6.4.2 袋式除尘器的阻力计算 .....	131
6.4.3 过滤风速 .....	133
6.4.4 常用袋式除尘器的结构和性能 .....	134
6.4.5 袋式除尘器的应用 .....	136
6.5 湿式除尘器 .....	136
6.5.1 湿式除尘器的除尘原理 .....	137
6.5.2 湿式除尘器的结构形式 .....	137
6.5.3 液滴分离器 .....	139
思考题及习题 .....	139
参考文献 .....	140
<b>第7章 其他防尘技术</b> .....	<b>142</b>
7.1 建筑和工艺上的防尘措施 .....	142
7.1.1 工艺上的防尘措施 .....	142
7.1.2 建筑上的防尘措施 .....	144

7.2 含尘气体的高空排放 .....	146
7.2.1 烟气抬升高度 .....	146
7.2.2 含尘气体向高空的排放量 .....	147
7.2.3 地面最大含尘浓度计算 .....	148
7.2.4 排风管(烟囱)高度的计算 .....	149
7.3 湿法防尘与高压静电抑(控)尘技术 .....	150
7.3.1 湿法防尘 .....	150
7.3.2 高压静电抑(控)尘技术 .....	152
7.4 个人防护 .....	153
7.4.1 个人防护 .....	153
7.4.2 个人防尘用具 .....	153
思考题及习题 .....	155
参考文献 .....	155

### 第三篇 净 化

<b>第8章 空气洁净技术</b> .....	158
8.1 空气洁净度等级 .....	158
8.1.1 空气洁净度等级 .....	158
8.1.2 保证空气洁净度级别的综合措施 .....	160
8.2 空气净化系统 .....	161
8.2.1 空气净化系统的基本构成 .....	161
8.2.2 洁净室分类 .....	161
8.2.3 空气过滤器 .....	162
8.2.4 空气洁净系统 .....	166
8.3 洁净室的气流组织 .....	167
8.3.1 非单向流洁净室的气流组织 .....	167
8.3.2 单向流式气流组织 .....	170
8.3.3 洁净隧道式气流组织 .....	174
8.4 净化空调系统 .....	175
8.4.1 净化空调系统与一般空调系统的区别 .....	176
8.4.2 净化空调系统的划分 .....	176
8.4.3 净化空调系统的形式及其比较 .....	177
8.4.4 净化空调系统的形式选择 .....	179
思考题及习题 .....	180
参考文献 .....	180
<b>第9章 通风排气中有害气体的净化</b> .....	181
9.1 概述 .....	181
9.2 有害气体净化的基本原理 .....	182
9.2.1 吸收法的理论基础 .....	182

9.2.2	吸收过程模型	186
9.2.3	吸收速率方程式	189
9.2.4	吸附原理及特性	191
9.3	吸收剂及吸收设备	194
9.3.1	吸收剂的选择	194
9.3.2	吸收设备	195
9.4	吸附设备	198
9.4.1	吸附剂的选择	198
9.4.2	吸附装置	200
9.4.3	设计吸附装置应注意的问题	202
9.5	有害气体净化案例—二氧化硫的净化	204
9.5.1	净化二氧化硫的方法	204
9.5.2	净化二氧化硫的典型工艺流程	205
9.6	其他净化技术简介	208
9.6.1	光催化净化	208
9.6.2	非平衡等离子体净化	209
	思考题及习题	211
	参考文献	211
<b>第十章</b>	<b>通风除尘测试技术</b>	212
10.1	通风除尘系统风压、风速和风量的测定	212
10.1.1	测定断面与测点的确定	212
10.1.2	管内压力的测量	214
10.1.3	管内流速的测量	215
10.1.4	管内流量的计算	215
10.1.5	用于含尘气流的测压管	215
10.2	粉尘特性的测定	216
10.2.1	粉尘密度、分散度、黏性、湿润性的测定	216
10.2.2	粉尘比电阻的测定	224
10.3	空气中粉尘浓度的测定	227
10.3.1	工作区含尘浓度的测定	227
10.3.2	管道内空气含尘浓度的测定	230
10.4	除尘器性能的测定	232
10.4.1	除尘器处理风量的测定	232
10.4.2	除尘器阻力损失的测定	233
10.4.3	除尘器除尘效率的测定	233
10.5	空气中有毒气体浓度测定	234
10.5.1	有害气体样品的采集	234
10.5.2	有害气体分析方法概述	236
10.5.3	检气管	236

思考题及习题·····	237
参考文献·····	237
<b>附录</b> ·····	<b>238</b>
附录 1 居住区大气中有害物质的最高容许浓度 (摘录) ·····	238
附录 2 工作场所有害因素职业性接触限值 (GBZ 2—2002) ·····	238
附录 3 十种大气污染物综合排放标准 (GB 16297—1996) ·····	242
附录 4 镀槽边缘控制点的吸入速度 ·····	244
附录 5 风管单位长度沿程损失线算图 ·····	246
附录 6 局部阻力系数 ·····	246
附录 7 通风管道统一规格 ·····	254

# 绪 论

## 本章学习目标

1. 掌握粉尘的概念
2. 了解粉尘、有害气体或者蒸气的来源
3. 了解粉尘的特性、传播机理与危害
4. 了解常见有害气体的性质与危害，特别是对人体的危害
5. 了解卫生标准和环境排放标准
6. 了解防治空气污染物的生产和管理措施

## 0.1 空气污染物的来源

### 0.1.1 粉尘来源及分类

悬浮于空气中的固体和液体微粒称为气溶胶粒子，国内习惯上统称粉尘。粉尘可以是自然环境中天然产生，如火山喷发产生的尘埃；也可以是工业或日常生活中的各种活动生成，如矿山开采过程中岩石破碎产生的大量尘粒。工业生产中产生的粉尘称为生产性粉尘，以下简称为粉尘。

随着工业的发展，粉尘形成后表面吸附其他气态或液态有害物质，成为其他有害物质的载体，对工作人员健康造成威胁，而且粉尘可以扩散到作业点以外的区域，对大环境造成污染，直接或间接地影响周围居民的身心健康，带来更为严重的环境问题，也关系到人类的健康、生存和发展。本章主要介绍粉尘的产生、特性、扩散机理、危害和控制粉尘的主要方法。

#### 1. 粉尘的来源

粉尘的来源比较广泛。许多工业生产部门，例如冶金行业的冶炼厂、烧结厂、耐火材料厂；机械行业的铸造厂；建材行业的水泥厂、石棉制品厂、砖瓦厂；轻工行业的玻璃厂、陶瓷厂；化工行业的橡胶厂、农药厂、化肥厂；纺织行业的棉纺厂、麻纺厂等等在生产中均产生大量粉尘。粉尘产生的原因有以下几个方面：

- 1) 固体物质的机械破碎过程，如用破碎机将矿石破碎或用球磨机将煤块磨成煤粉；
- 2) 固体表面的加工过程，如用砂轮机磨削刀具和用喷砂清除工件上的铁锈；
- 3) 粉粒状物料的贮运、装卸、混合、筛分、输送、包装以及成型过程，如水泥的运输和包装；
- 4) 物质的加热和燃烧以及金属的焊接和冶炼过程，如煤在锅炉中燃烧后产生的烟气就夹杂着大量粉尘。锅炉每燃烧 1t 煤可产生 3~11kg 的粉尘，而冲天炉每熔炼 1t 金属平均约产生 10kg 粉尘排放物。又如焊接过程由于金属元素的蒸发和氧化也会产生大量金属

粉尘。

粉尘的来源决定了粉尘的接触机会和行业。在各种产生粉尘的作业场所，都可能接触到不同性质的粉尘，如在采矿、开山采石、建筑施工、铸造、耐火材料及陶瓷等行业，主要接触的粉尘是以石英为主的混合粉尘；石棉开采、加工制造石棉制品时接触的是石棉或含石棉的混合粉尘；焊接、金属加工、冶炼时接触金属及其化合物粉尘；农业、粮食加工、制糖工业、动物管理及纺织工业等，以接触植物性或动物性有机粉尘为主。

## 2. 粉尘分类

(1) 按理化性质可分为：无机性粉尘、有机性粉尘、混合性粉尘。

无机性粉尘包括：矿物性粉尘、金属性粉尘和人工无机性粉尘；有机性粉尘包括：动物性粉尘、植物性粉尘和人工有机粉尘；混合性粉尘是指上述各类粉尘的两种或几种混合的粉尘。

(2) 按卫生学角度分为：呼吸性（又称可吸入性）粉尘和非呼吸性（又称不可吸入性）粉尘。

呼吸性粉尘是指能进入人的细支气管到达肺泡的粉尘微粒，其粒径在  $5\mu\text{m}$  以下。由于呼吸性粉尘能到达人的肺部，并沉积在肺部，所以对人体健康危害最大。

(3) 按粉尘的颗粒大小可分为：可见粉尘、显微粉尘、超显微粉尘。

可见粉尘指用眼睛可以分辨，粒径大于  $10\mu\text{m}$  的粉尘，显微粉尘指在普通显微镜下可以分辨，粒径为  $0.25\sim 10\mu\text{m}$  的粉尘；超显微粉尘指在超倍显微镜或电子显微镜下才可以分辨，粒径小于  $0.25\mu\text{m}$  的粉尘。

(4) 按环境保护角度可分为：降尘、飘尘。

降尘指空气动力学直径大于  $10\mu\text{m}$ ，在重力作用下可以降落的颗粒状物质；飘尘指的是粒径小于  $10\mu\text{m}$  的微小颗粒，如常说的烟、烟气和雾内的颗粒状物质，它们粒径小、质量小，长时间停留在大气中呈悬浮状态，对人体呼吸道造成危害的机会大。

此外，还可以分为有毒粉尘（如铅尘），无毒粉尘（如铁矿石尘）以及易燃易爆粉尘（如硫黄尘）、非易燃易爆粉尘（石灰石尘）等。

### 0.1.2 有害气体或者蒸气的来源

在很多生产过程中，如有色金属冶炼、铸造、电镀、酸洗、橡胶、化工、造纸等过程，都会产生大量的有害蒸气和气体，主要是一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、氯化氢、二氧化硫等气体和汞、铅、苯等蒸气。有害气体在车间里的扩散，也是由室内空气流动造成的。

下面介绍几种常见的有害蒸气和气体的主要来源。

(1) 苯 苯是一种挥发性较强的液体，苯蒸气是一种具有芳香味、易燃和麻醉性的气体，它主要产生于焦炉煤气和以苯为原料和溶剂的生产过程。

(2) 二氧化硫 二氧化硫主要来自含硫矿物燃料（煤和石油）的燃烧产物，在金属矿物的焙烧、毛和丝的漂洗、化学纸浆和制酸等生产过程亦有含二氧化硫的废气排出。二氧化硫是无色、有硫酸味的强刺激性气体，是一种活性毒物，在空气中可以氧化成三氧化硫，形成硫酸烟雾，其毒性要比二氧化硫大 10 倍。

(3) 一氧化碳 一氧化碳多数属于工业炉、内燃机等设备不完全燃烧时的产物，也有

来自燃气设备的泄漏。

(4) 氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 氮氧化物主要来源于燃料的燃烧及化工、电镀等生产过程。

(5) 铅 在有色金属冶炼、红丹、蓄电池、橡胶等生产过程中有铅蒸气产生，它在空气中可以迅速氧化和凝聚成氧化铅微粒。

(6) 汞蒸气 汞蒸气一般产生于汞矿石的冶炼和用汞的生产过程，是一种剧毒物质。汞即使在常温或  $0^\circ\text{C}$  以下，也会大量蒸发，对人体造成很大的危害。

## 0.2 粉尘的性质与危害

### 0.2.1 粉尘的特性

粉尘具有许多不同的特性，下面着重介绍与防尘技术关系密切的一些特性：包括了粉尘的粒径和分散度、游离二氧化硅含量、密度、安置角和滑动角、粘附性、湿润性、水硬性、磨损性、爆炸性、荷电性（带电性）、比电阻等。粉尘的物理、化学性质不同，对人体危害的性质和程度也就不同，致病的潜伏期也不同。下面介绍粉尘的几种主要性质。

#### 1. 粉尘的粒径及粒径分布

(1) 粉尘粒径是表征粉尘颗粒大小的最佳代表性尺寸，粉尘的粒径对于球形尘粒来说，是指它的直径。实际的粉尘颗粒其大小、形状均是不规则的。为了表征颗粒的大小，需要按一定方法，确定一个表示颗粒大小的代表性尺寸，作为颗粒的直径，简称粒径。例如用显微镜法测定粒径时有定向粒径、长轴粒径、短轴粒径等；用筛分法测出的称为筛分直径；用液体沉降法测出的称为斯托克斯粒径。粒径的测定方法不同，其定义的方法也不同，得出的粒径值差别也很大，很难进行比较。

在通风除尘技术中，常用斯托克斯粒径作为粉尘的粒径。其定义为：在同一种流体中，与尘粒密度相同并且具有相同沉降速度的球体直径称为该尘粒的斯托克斯粒径。

(2) 粉尘的粒径分布，是指某种粉尘中各种粒径的颗粒所占的比例，也称粉尘的分散度。粉尘的粒径分布可用分组（按粉尘粒径大小分组）的质量百分数或数量百分数来表示。前者称为质量分散度，后者称为计数分散度。粉尘的分散度不同，对人体的危害以及除尘机理和采取的除尘方式也不同。因此，掌握粉尘的分散度是评价粉尘危害程度、评价除尘器性能和选择除尘器的基本条件。由于质量分散度更能反映粉尘的粒径分布对人体的危害和除尘器性能的影响，所以在除尘技术中多采用质量分散度。国内已生产出多种测定粉尘质量分散度的仪器，有不少单位已在使用。

#### 2. 粉尘密度

粉尘在自然堆积状态下，往往是不密实的，颗粒之间与颗粒内部存在空隙。因此，在自然堆积（松散）状态下单位体积粉尘的质量要比密实状态下小得多，所以，粉尘的密度分为堆积密度和真密度（见表 0-1）。自然堆积状态下单位体积粉尘的质量称为堆积密度（或容积密度），它与粉尘的贮运设备和除尘器灰斗容积的设计有密切关系。在粉尘（或物料）的输送中也要考虑粉尘的堆积密度。密实状态下单位体积粉尘的质量称为真密度（或尘粒密度），它对机械类除尘器（如重力沉降室、惯性除尘器、旋风除尘器）的工作和效率具有较大的影响。如对粒径大、真密度大的粉尘可以选用重力沉降室或旋风除尘器；对



于真密度小的粉尘，则不适合用这种类型的除尘器。

粉尘的真密度和堆积密度 ( $\times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )

表 0-1

粉尘名称或尘源	真密度	堆积密度	粉尘名称或尘源	真密度	堆积密度
滑石粉	2.75	0.50~0.71	黄铜溶解炉	4~8	1.2~1.25
烟灰	2.15	1.2	铅精炼	5	0.5
炭黑	1.85	0.04	锅炉炭末	2.1	0.6
电炉	4.5	0.6~1.5	铜精炼	4~5	0.2
化铁炉	2.0	0.8	烧结炉	3~4	1.0

### 3. 粉尘的安置角及滑动角

安置角就是将粉尘自然地堆放在水平面上，堆积成圆锥体的锥底角，也叫自然堆积角、休止角、堆积角或安息角，一般为  $35^\circ \sim 50^\circ$ 。将粉尘置于光滑的平板上，使该板倾斜到粉尘开始滑动时的角度称为滑动角或动安置角，一般为  $30^\circ \sim 40^\circ$ 。

粉尘的安置角和滑动角是评价粉尘流动性的一个重要指标，它们与粉尘的粒径、含水率、尘粒形状、尘粒表面光滑度、粉尘粘附性等因素有关，是设计除尘器灰斗或料仓锥度、除尘管道或输灰管道倾斜度的主要依据。

### 4. 粉尘的粘附性

尘粒附着在固体表面上，或尘粒彼此相互附着的现象称为粘附。产生粘附的原因是由于粘附力的存在。粉尘之间或粉尘与固体表面之间的粘附性质叫粉尘的粘附性。在气态介质中，产生粘附的力主要有范德华力（分子力）、静电引力和毛细粘附力等。影响粉尘粘附性的因素很多，现象也很复杂。一般情况下，粉尘的粒径小、形状不规则、表面粗糙、含水率高、湿润性好和带电量小时，易于产生粘附现象；粉尘粘附现象还与其周围介质性质有关。

粉尘相互间的凝并与粉尘在器壁或管道壁堆积，都与粉尘的粘附性有关。前者会使尘粒增大，易被各种除尘器所捕集，后者易使除尘设备或管道发生故障。粉尘的粘附性的强弱取决于粉尘的性质（包括形状、粒径、含湿量等）和外部条件（包括空气的温度和湿度、尘粒的运动状况、电场力、惯性力等）。

### 5. 粉尘的润湿性及水硬性

粉尘粒子被水或其他液体湿润难易的性质称为粉尘的湿润性。有的粉尘容易被水湿润，如锅炉飞灰、石英砂等，与水接触后会发生凝并、增重，有利于从气流中分离，这种粉尘称为亲水性粉尘。有的粉尘很难被水湿润，如炭黑、石墨等，这种粉尘称为憎水性粉尘。

用湿式除尘器处理憎水性粉尘，除尘效率不高，如果在水中添加某些湿润剂就可以减小固、液间的表面张力，提高粉尘的湿润性，有的粉尘与水接触后，会结成硬垢，这称为水硬性粉尘，这种粉尘易使湿式除尘器和排水管道结垢堵塞，所以不宜用湿法除尘。

### 6. 粉尘的磨损性

粉尘的磨损性指粉尘在流动过程中对器壁或管壁的磨损程度。硬度高、密度大、带有棱角的粉尘磨损性大，粉尘的磨损性与气流速度的 2~3 次方成正比，在高气流速度下，