

# 煤矿粉尘防治技术

赵书田 编著

煤炭工业出版社

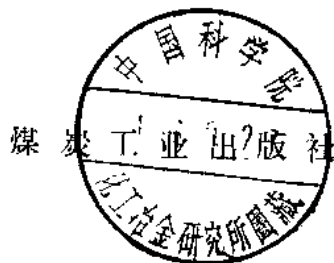


-4.16  
-19

# 煤矿粉尘防治技术

赵书田 编著

31-211/2



## 内 容 提 要

本书重点阐述了煤矿粉尘的理化性质、粉尘的危害、各种防尘技术的原理和适用条件,以及在现有技术条件下,根治与消除尘害的科学途径。论述了矿井岩爆技术、自动喷雾洒水技术、煤矿测尘技术、理化除尘技术、抽出通风和除尘器除尘技术,尤其对煤矿以水治尘、湿式作业的基本环节,如防尘供水管网系统的布置和供水方式的选择,水质过滤净化,防尘管网和水池设计计算,管网阻力计算,管路流量分配,管道清污和维护及管材选型等,尽力做到了结合生产实际加以介绍,并列举了计算实例。书中还对防尘的管理工作、尘害个体防护在防尘中的地位及器材的并能和选用也作了一定的介绍。

本书可供从事煤与金属矿山生产、科研与设计的工程技术人员,以及院校师生参考。

责任编辑:崔 岗

## 煤 矿 粉 尘 防 治 技 术

赵书田 编 著

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京东便门外福兴里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>

内张 13

字数 313 千字

印数 1—2,920

1987年12月第1版

1987年12月第1次印刷

书号15035·2907 定价3.00元

## 前 言

建国以来，全国煤矿为贯彻党的“预防为主、安全第一”的方针，彻底根治矽尘危害，杜绝煤尘事故，保障职工身体健康，促进煤炭生产发展，进行了大量艰苦的工作和各种试验研究，因地制宜地创造并总结出一系列行之有效的防尘技术经验。为使这些宝贵的经验成为一门从实践中来，又去指导实践的实用技术，作者在博采众人的科研成果，查阅并摘引各有关学科领域的新技术新工艺的基础上，通过系统总结，写成了这本书。

《煤矿粉尘防治技术》是煤矿实用防尘技术的结晶。它以指导现场防尘技术实践为己任，立足于应用和推广。书中重点阐述了煤矿粉尘的理化性质、矿尘的危害、各种防尘技术的原理和适用条件，以及在现有技术条件下，根治与消除尘害的科学途径。全书试图从分析井下粉尘的产生、浮游、沉降运动规律入手，按煤矿生产工艺过程，系统地叙述采煤工作面、掘进工作面、主要运输、通风和行人巷道中的防尘技术措施及降低粉尘浓度的技术途径。对矿井隔爆技术，自动喷雾洒水技术、煤矿测尘技术、理化除尘技术、抽出通风和除尘器除尘技术也进行了论述。尤其是对煤矿以水治尘、湿式作业的基本环节，如防尘供水管网系统布置和供水方式选择，水质过滤净化，防尘管网和水池设计计算，管网阻力计算，管路流量分配，管道清污和维护及管材选型等，尽力做到结合生产实际加以介绍，并列举了计算实例。书中还特别结合实际，介绍了防尘新技术成果和防尘新设备，强调了防尘管理工作，提出了加强管理的途径。对尘害个体防护在防尘中的地位及器材的性能和选用，书中也用一定篇幅作了介绍。

本书在编写过程中曾得到煤炭工业部安全局、煤炭科学研究院重庆研究所、双鸭山矿务局等有关单位的学者和专家的大力帮

助，特别是重庆研究所刘新强同志中肯地对本书提出了大量具体的修改意见，值此，表示衷心感谢！

由于作者水平所限，加上编写时间仓促，书中缺点错误在所难免，诚恳希望广大读者批评指正。

作 者

一九八五年九月

# 目 录

## 前言

第一章 矿尘的性质和危害 .....	1
第一节 煤矿粉尘 .....	1
第二节 矿尘的组成 .....	13
第三节 煤尘的燃烧与爆炸 .....	19
第四节 尘肺病的危害 .....	33
第二章 矿井综合防尘措施分类 .....	35
第一节 综合防尘措施的提出和发展 .....	35
第二节 综合防尘措施的分类 .....	40
第三章 掘进防尘 .....	43
第一节 掘进中尘源分布与粉尘扩散飞扬 .....	43
第二节 湿式打眼防尘 .....	47
第三节 干式凿岩捕尘 .....	57
第四节 打眼工序中的其它防尘措施 .....	63
第五节 爆破工序防尘 .....	66
第六节 装载工序防尘 .....	77
第七节 掘进巷道除尘洒水除尘 .....	86
第八节 抽吸防尘 .....	98
第九节 掘进通风除尘 .....	112
第四章 采煤防尘 .....	133
第一节 煤尘的产生 .....	133
第二节 煤层注水防尘 .....	141
第三节 采空区洒水防尘 .....	168
第四节 采煤机机身内外喷雾防尘 .....	171
第五节 刨采喷雾洒水防尘 .....	183
第六节 采煤机除尘器除尘 .....	187
第七节 回柱放顶和运输防尘 .....	191
第五章 巷道防尘和防隔爆措施 .....	196
第一节 巷道防尘的基本方法 .....	196
第二节 井巷防爆措施 .....	203

第三节	巷道隔爆技术 .....	207
第六章	矿井防尘供水 .....	229
第一节	矿井防尘耗水量计算 .....	229
第二节	防尘静压供水 .....	235
第三节	防尘泵压供水 .....	246
第四节	气压供水和水质净化 .....	257
第七章	防尘管网系统 .....	264
第一节	管网系统和管径选择 .....	264
第二节	管道水压损失 .....	280
第三节	管材选型与管路敷设 .....	289
第八章	矿井自动喷雾洒水 .....	298
第一节	机械控制自动喷雾洒水 .....	298
第二节	电器控制自动喷雾洒水 .....	308
第三节	防爆型电控洒水配套设备 .....	314
第九章	矿井粉尘监测 .....	320
第一节	煤矿粉尘测定 .....	320
第二节	粉尘监测仪器 .....	332
第十章	物理化学方法除尘 .....	342
第一节	泡沫除尘法 .....	342
第二节	添加湿润剂除尘 .....	349
第三节	其它除尘方法 .....	357
第十一章	矿井防尘管理 .....	361
第一节	防尘机构和专业队伍 .....	361
第二节	防尘管理制度 .....	363
第三节	防尘检查评比 .....	370
第十二章	个体防护 .....	373
第一节	自吸过滤式防尘口罩 .....	373
第二节	动力送风个体防护用具 .....	381
附录1	煤矿防尘法规选摘 .....	389
附录2	世界主要产煤国家的粉尘浓度标准 .....	393
附录3	圆形防尘供水管路满管流动水力计算表 .....	396
参考文献	.....	407

# 第一章 矿尘的性质和危害

## 第一节 煤 矿 粉 尘

在煤矿开拓、掘进、回采运输和提升等生产过程中产生的，并能较长时间悬浮于空气中的岩石和煤炭的细微颗粒统称为煤矿粉尘，简称矿尘。煤矿粉尘主要包括岩尘和煤尘。在煤炭生产实践和科研活动中，煤尘主要是从采矿工程学的爆炸角度来命名的，它一般是指粒径在 $0.75\sim 1\text{mm}$ 以下的煤炭微粒；而岩尘则是从环境卫生学的保健角度来定义的，一般是指粒径为 $10\sim 45\mu\text{m}$ 以下的岩粉尘粒。

井下矿尘一般呈两种状态：一种是浮游状态；一种是沉积状态。粉尘产生后，在尘源附近受风流作用能较长时间悬浮在风流中呈浮游状态的粉尘称作浮游粉尘；粉尘产生后立即沉落或缓慢沉落到巷道的周边、设备和物料上的这部分粉尘称作沉积粉尘，又叫积尘。煤尘堆积和飞扬是煤矿安全生产的重大隐患；岩尘弥漫飞扬则严重威胁着工人的身体健康，所以说，无论从安全生产的角度，还是从开创良好卫生条件的角度，消灭粉尘堆积和飞扬都是矿井防尘工作的核心任务。

### 一、有关矿尘的基本概念和术语

#### 1. 粉尘浓度

矿井空气中的粉尘含量称为粉尘浓度，一般采用两种方法表示：

**重量法** 每立方米空气中所含浮游粉尘的毫克数，单位为 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

**计数法** 每立方厘米空气中所含浮游粉尘的颗粒数，单位为 $\text{颗}/\text{cm}^3$ 。



我国一般采用重量法表示矿井的粉尘浓度，计数法只是在进行粉尘分散度的显微镜分析时运用。国外也有一些国家用计数法表示粉尘浓度。

## 2. 煤矿粉尘浓度的国家标准

《煤矿安全规程》明确规定，井下有人工作地点和人行道的空气中，粉尘浓度不得超过下表规定：

粉尘种类	最高允许浓度(mg/m <sup>3</sup> )
1. 含游离SiO <sub>2</sub> >10%的粉尘	2
2. 含游离SiO <sub>2</sub> <10%的水泥粉尘	6
3. 含游离SiO <sub>2</sub> <10%的煤尘	10

## 3. 有关矿尘的技术术语

1) 全尘 在井下采掘、喷浆和其他作业空间，能够在风流里浮游飞扬的各种矿物微粒统称为全尘。通常，现场工程技术人员把各种粒径的浮游粉尘都算作全尘，但按矿井通风学的传统解释，全尘应是指在矿井通风条件下，能够弥漫于产生作业场所，并对工人身体健康和安全生产有危害的那部分矿物粉尘。

2) 呼吸性粉尘 呼吸性粉尘一般指粒径在5~7 $\mu$ m以下的，可以进入人体呼吸系统和肺部并会导致尘肺的那部分细微粉尘。呼吸性粉尘对人体的健康危害最大，是粉尘防治工作的重点。

3) 爆炸性粉尘 悬浮于空气中的粉尘云，在达到一定浓度并遇有引爆火源的条件下，本身能发生爆炸和传播爆炸的粉尘即为爆炸性粉尘。

煤尘通过煤尘爆炸性鉴定，便可确定煤尘有无爆炸性。煤尘爆炸性的强弱一般以煤尘爆炸指数的高低来衡量。煤尘爆炸指数在一些书中又称作煤尘挥发分指数。挥发分指数为煤尘的挥发分与可燃体之比。可燃挥发分含量越高的煤，其煤尘越容易爆炸。我国煤田的煤质按照挥发分含量依次增高的顺序可分为无烟煤，贫

煤、焦煤、肥煤、气煤、长焰煤和褐煤。一般来说，煤尘的爆炸性也是按这种次序增加的，其中无烟煤的挥发分含量最低（通常在10%以下），所以无烟煤的煤尘，爆炸性极小。根据实验分析，我国98%左右的煤矿属于开采有煤尘爆炸危险煤层的矿井。

4) 惰性粉尘 惰性粉尘是指能够减弱或阻止有爆炸性粉尘爆炸，或隔绝爆炸火焰扩散的矿物粉尘。例如，隔爆岩粉棚采用的石灰岩、粘土页岩、石膏等制成的不燃性岩粉都属于惰性粉尘。实验证明，石灰岩岩粉的阻隔爆效力大于页岩岩粉，而石膏粉又大于石灰岩岩粉。

5) 矽尘 在煤矿生产实践中，矽尘一般是指含游离二氧化矽（硅）在10%以上的岩石粉尘。由于顶底板岩层中的各种岩石粉尘的游离二氧化矽（硅）含量一般都大于10%，所以煤矿生产中接触到的岩尘都称之为矽尘。

6) 粉尘堆积和粉尘飞扬 粉尘堆积和粉尘飞扬与前面提到的粉尘存在的两种状态（浮游和沉降）有着不同的含义。前面讲的粉尘浮游和沉降是指在任何温度、湿度和风速条件下的井巷粉尘运动或静止的自然情况，而这里讲粉尘堆积和粉尘飞扬则是温度、湿度和风速在控制条件下，井下粉尘沉积和飞扬量的安全极限方面的法规概念。

关于煤尘堆积（也叫积尘），《矿井通风质量标准》曾有明确规定：矿井“任何地点不得有厚度超过2mm，连续长度大于5m的煤尘堆积”超过此限即称为一处煤尘堆积。对于岩尘，实践中也按此掌握。所谓粉尘飞扬，过去一直未曾明确，按工业卫生标准，凡空气中浮游粉尘超过国标规定的都应算做粉尘飞扬。但考虑到我国目前的现实情况，一般以岩尘浓度为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，煤尘浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 来衡量，大于此限的称之为粉尘飞扬。

## 二、矿尘的产生与尘源分布

### 1. 煤矿粉尘的产生

在煤矿井下的采煤、掘进、运输、提升等生产环节中，几乎所有的作业工序都产生着粉尘。这些产尘作业工序主要有：风钻

或煤电钻打眼；火药爆破；机组截割或落煤；爆破后清碴装车或  
 挫煤；提升运输；转载装卸；采掘作业空间顶帮支护；顶板沉落  
 或冒顶；矿压和冲击地压；光爆锚杆喷浆。另外，行人及机械摩  
 擦振动等也能产生粉尘。粉尘产生量的大小取决于地质构造、开  
 采方法、采掘机械化程度、环境温湿度及通风条件等因素，具  
 体有：

1) 采掘机械化程度和生产强度 煤矿采掘工作面的粉尘产  
 生量是随着采掘机械化程度的提高和生产强度加大而急剧上升  
 的。在地质条件和通风状况基本相同的情况下，炮采工作面干放  
 炮时粉尘浓度一般 $300\sim 500\text{mg}/\text{m}^3$ ；机采干割煤时粉尘浓度  
 $1000\sim 3000\text{mg}/\text{m}^3$ ；而综采干割煤时粉尘浓度则高达  
 $4000\sim 8000\text{mg}/\text{m}^3$ ，有的甚至更高。在采取了喷雾洒水和煤  
 层注水措施后，炮采的煤尘浓度一般可为 $40\sim 80\text{mg}/\text{m}^3$ ；机  
 采的煤尘浓度为 $30\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ ；而综采粉尘浓度为  
 $20\sim 120\text{mg}/\text{m}^3$ 左右。从产尘量与落煤量的关系来看，根据  
 二十到三十年代苏联的调查资料，煤矿井下每昼夜所产生的矿  
 尘量一般只相当于昼夜采煤量的 $0.25\sim 1\%$ ，最高才达到  
 $3\%$ 。面一九八二年双鸭山矿务局的调查分析表明，综采工  
 作面滚筒割煤时产生量已相当于落煤量的 $5.6\sim 9.0\%$ ，最  
 高达 $9.6\%$ ，相当于50年前的一至二倍。双鸭山矿务局综采  
 工作面自然级煤样小筛分分析结果如表1-1和表1-2所示。

3542综采工作面自然级煤样小筛分结果 表 1-1

粒 度 (目)	粒 径 (mm)	重 量 特 征		
		(g)	占本级	占全样
+20	<0.9	35	7.14	0.37
40~60	0.41~0.27	146	29.79	1.53
60~80	0.27~0.20	82	16.73	0.86
80~120	0.20~0.12	93	18.98	0.98
120~180	0.12~0.08	43	8.78	0.45
180~200	0.08~0.066	26	5.31	0.27
-200	<0.066	65	13.2	0.88
合 计		490	100	5.14

3543综采工作面自然级煤样小筛分结果 表 1-2

粒 度 (目)	粒 径 (mm)	重 量 分 布		
		(g)	占本级	占全样
+20	<0.9	28	5.71	0.55
40~60	0.44~0.27	130	26.53	2.54
60~80	0.27~0.20	85	17.35	1.86
80~120	0.20~0.12	110	22.45	2.15
120~180	0.12~0.08	54	11.02	1.01
180~200	0.08~0.07	18	3.07	0.35
-200	<0.066	65	13.27	1.27
合 计		490	100	9.58

2) 地质构造及煤层赋存条件 在地质构造复杂、断层褶曲发育, 并且受地质构造破坏强烈的地区, 开采时粉尘产生量较大, 反之则较小。另外, 火成岩侵入会使煤体变脆变酥, 煤层的倾角、厚度等因素不仅会限制采掘施工的方式方法, 而且对有效防尘措施的使用和效果都会有着极大的影响。开采急倾斜煤层比开采缓倾斜煤层煤尘产生量要大, 而开采厚煤层要比开采薄煤层的煤尘产生量高。

3) 煤岩的物理性质 根据实验研究, 煤岩的物理性质对粉尘的产生量也有较大的影响。一般情况下, 节理发育且脆性大的煤易碎, 水份含量低、结构疏松而又干燥坚硬的煤(岩), 在相同的截割条件下的产尘量既细微又量大。

4) 环境温度和湿度 煤岩内水分低、煤帮岩壁干燥、而且环境相对湿度又低时, 由作业产生的粉尘就会相对增大。反之若煤岩体本身潮湿, 空气中湿度又较大, 虽然作业时产生了大量粉尘, 但因水蒸气和水滴的湿吸作用, 粉尘飞扬不起来, 空气中粉尘含量就会相对减小。根据实测, 双鸭山矿务局七星矿煤巷综掘工作面由单一小水量喷雾到多种喷雾洒水措施并用, 环境湿度得到增加, 降尘效果也明显提高。当风流中湿度由74%增至100%时, 粉尘浓度则由530mg/m<sup>3</sup>降到20mg/m<sup>3</sup>。在截煤强度相同的

条件下，湿度增高26%，粉尘浓度就下降96.2%。综掘增湿降尘试验数据如表1-3所示。

表 1-3

试验地点	相对湿度 (%)	粉尘浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	所用降尘措施
综掘工作面	74	530	内喷雾(水枪)
综掘工作面	85	210	内外喷雾
综掘工作面	90	89	内外喷雾加水雾
综掘工作面	95	56	内雾、水环加水雾
综掘工作面	100	20	内雾、水环加水雾

5) 产尘点通风状况 产尘作业地点通风条件的优劣和粉尘关系极大。一般情况下,井下作业地点实现了分区通风,并且风量充足,风速适宜时,粉尘浓度就会偏低;而采用串联通风,含尘乏风窜入工作面或风量不足、风速偏低时,粉尘浓度就会偏高。这里起决定作用的是选择既能使粉尘迅速如愿排出又不致于使沉积粉尘重新吹扬起来的最佳风速。根据现场试验研究,回采工作面通常风速在1.2~1.6m/s时,浮游煤尘最小,而掘进工作面的风速最低则以大于0.25~0.63m/s为宜。

6) 采煤方法和截割参数 不同的采煤方法所产生的粉尘量差异很大。例如,急倾斜煤层采用倒台阶采煤法比水平分层采煤法时的产尘量要大;全冒落采煤法要比水砂充填采煤法的产尘量要大得多。在减少产尘方面,机采又远不及水采。

采煤机组的截割参数与粉尘产生的关系也极为密切。采用宽截齿、合理的截割速度、牵引速度和截割深度以及合理的截齿排列均能减少粉尘产生。试验证明,采用锐利的截齿、适当加大截深、放慢截割速度,就能获得减少产尘的效果。变钝截齿为锋锐截齿,截煤时截齿与煤体接触变研磨为切割,就可以增加大颗粒破碎物,减少细微粉尘的产生量。国外试验资料指出,当截齿割煤时,加大截深,则空气中呼吸性粉尘浓度大幅度降低,截深为2.1cm时,煤尘产生量分别为截深是0.8cm和1.25cm时的50%和

20%；截割速度由60r/min减少到15r/min时，空气中呼吸性粉尘可减少51%。

由于煤矿生产条件比较复杂，井下粉尘的产生量除受上述因素影响而外，还受到多种偶然因素甚至未知因素的影响。所以必须指出，各个矿井里产生的粉尘量是不同的，甚至在同一个矿井里，同一个作业地点进行同一作业工序时，粉尘的高低变化也很大，这主要由具体条件的不同所致。

## 2. 粉尘尘源分布

煤矿粉尘的主要尘源是采掘、运输和喷浆等作业场所。其中采掘工作面产生的浮游粉尘约占矿井全部粉尘的80%以上。双鸭山矿务局一九八一年和一九八二年两次全局性（18对生产矿井）矿井粉尘浮游、沉降分布规律的大普查资料如图1-1和图1-2所示。

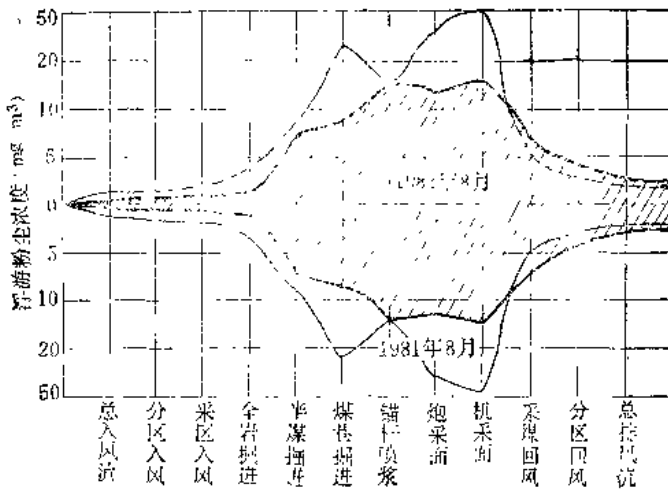


图 1-1 双鸭山矿务局矿井浮游粉尘浓度分布

按产生来源分析，在现有防尘技术条件下，各生产环节所产生的浮游粉尘量比例关系大致如下：

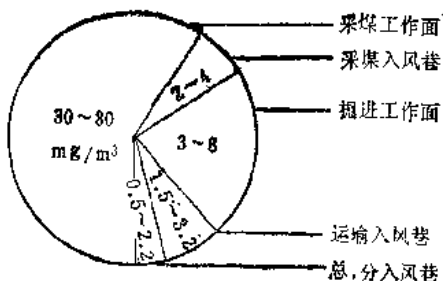


图 1-2 井巷风流里粉尘分布

采煤工作面产尘量，  
占45~80%；

掘进工作面产尘量，  
占20~38%；

喷浆作业点产尘量，  
占10~16%；

运输通风巷道产尘量，  
占5~10%；

其他作业点产尘量，  
占2~5%；

井下各生产系统及各工序环节的产尘量并不是一成不变的，它受到多种条件的制约而常常在变化。

### 五、井下粉尘的浮游沉降运动

煤矿井下各生产环节产生的粉尘，在静止空气中绝大部分很快就会沉降下来，但在风流作用下，相当一部分细微粉尘（特别是呼吸性粉尘）就不容易沉降，而是被风流所裹挟，长时间游离飞扬。浮游粉尘在风流中飞扬的时间除取决于粉尘颗粒的大小、比重、形状而外，还取决于空气的温度和湿度，尤其是风速的大小。在风速一定的条件下，粉尘颗粒较大的在尘源附近很快就沉降；尘粒较小的在离尘源不很远的地段内，也会陆续降落；更小的粉尘就很不容易沉落了，特别是小于 $0.1\mu\text{m}$  ( $0.1\sim 0.001\mu\text{m}$ ) 的超细微粉尘在空气中做不规则运动，基本不沉降。

#### 1. 粉尘的沉降

粉尘在静止空气中沉降，主要受到自身重力、空气浮力和阻力的作用。为研究问题方便，现将不规则的粉尘颗粒假设为规则的球形体，那么尘粒沉降的受力状况如图1-3所示。

尘粒的重力应为：

$$P = \frac{\pi}{6} d^3 \gamma, \quad \text{N} \quad (1-1)$$

尘粒所受浮力为：

$$F_t = \frac{\pi}{6} d^3 \gamma \quad \text{N} \quad (1-2)$$

尘粒所受阻力为:

$$F_c = K \frac{\pi}{4} d^2 \frac{v^2}{2g} \gamma \quad \text{N} \quad (1-3)$$

上述各式中  $d$  —— 尘粒的直径, m;

$\gamma_s$  —— 尘粒的重率, N/m<sup>3</sup>;

$\gamma$  —— 空气的重率, N/m<sup>3</sup>;

$v$  —— 尘粒的沉降速度, m/s;

$K$  —— 空气阻力系数, 无因次。

重力与浮力的作用方向相反, 两者的合力  $F$  是使尘粒沉降并克服阻力的作用力。



图 1-3 尘粒沉降示意图

$$F = P - F_t = \frac{\pi}{6} d^3 (\gamma_s - \gamma) \quad \text{kg} \quad (1-4)$$

尘粒由静止状态开始沉降时, 降落速度很小, 阻力  $F_c$  亦很小, 这时  $F > F_c$ , 尘粒是加速沉降。随着沉降速度的增加, 阻力  $F_c$  也随之增大, 当达到  $F = F_c$  时, 尘粒的降落速度达到最大的恒定值, 开始等速沉降, 这一速度即称之为尘粒的沉降速度, 并用  $v_s$  表示。因为  $F = F_c$ , 即:

$$\frac{\pi}{6} d^3 (\gamma_s - \gamma) = K \frac{\pi}{4} d^2 \frac{v_s^2}{2g} \gamma \quad (1-5)$$

所以 
$$v_s = 3.62 \sqrt{\frac{d(\gamma_s - \gamma)}{K\gamma}} \quad (1-6)$$

式中空气阻力系数  $K$  值实际为尘粒在沉降时受到气体迎面阻力及摩擦阻力之和的阻力系数, 此系数一般由实验方法确定。在一定的尘粒与气体条件下, 若  $d_s$ 、 $\gamma_s$ 、 $\gamma$  为定值, 则  $K$  值随气流变化而变化, 而气流状态又取决于雷诺数  $Re$ , 因为

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{vd\gamma}{\mu g} \quad (1-7)$$

式中  $d$  —— 尘粒的直径, m;



- $v$ ——尘粒与空气的相对速度, m/s;  
 $\nu$ ——空气的运动粘性系数, m<sup>2</sup>/s;  
 $\mu$ ——空气的动力粘性系数, kg·s/m<sup>2</sup>;  
 $\gamma$ ——空气的重率, kg/m<sup>3</sup>。

根据实验资料, 在各种流动状态下, 球形尘粒沉降的空气阻力系数  $K$  与雷诺数  $Re$  的对应值如表1-4所示。各种具体  $Re$  和  $K$  值条件下的尘粒沉降速度的近似计算公式如表1-5所示。

各种流动状态下  $Re$  与  $K$  对应表 表 1-4

Re	K	Re	K	Re	K	Re	K	Re	K
$\leq 1$	$24/Re$	5.0	6.90	30	2.00	200	0.77	1000	0.46
1.0	26.5	7.0	5.40	50	1.50	300	0.65	$10^3 \sim 2 \times 10^5$	$0.44 \sim 0.47$
2.0	14.4	10.0	4.10	70	1.27	500	0.55	$> 2 \times 10^5$	0.22
3.0	10.4	20.0	2.55	100	1.07	700	0.50		

球形尘粒阻力系数和沉降速度计算公式 表 1-5

雷诺数 Re	阻力系数 K	尘粒沉降速度 $v$	
		任意气体介质中	$\gamma_{\text{气}} = 1.2(\text{kg/m}^3)$ 气体中
$< 1$	$\frac{24}{Re}$	$v_{\text{沉}} = \frac{d_{\text{尘}}^2 \gamma_{\text{尘}}}{18\mu}$	$v_{\text{沉}} = \frac{d_{\text{尘}}^2 \gamma_{\text{尘}}}{18\mu}$
$1 \sim 10^3$	$26.5 \sim 0.46$	$v_{\text{沉}} = 3.62 \sqrt{\frac{d_{\text{尘}}^3 (\gamma_{\text{尘}} - \gamma_{\text{气}})}{\mu \gamma_{\text{气}}}}$	$v_{\text{沉}} = 3.62 \sqrt{\frac{d_{\text{尘}}^3 \gamma_{\text{尘}}}{K \gamma_{\text{气}}}}$
$10^3 \sim 2 \times 10^5$	$0.44 \sim 0.50$	$v_{\text{沉}} = 5.3 \sqrt{\frac{d_{\text{尘}}^3 (\gamma_{\text{尘}} - \gamma_{\text{气}})}{\mu \gamma_{\text{气}}}}$	$v_{\text{沉}} = 4.9 \sqrt{d_{\text{尘}} \gamma_{\text{尘}}}$
$> 2 \times 10^5$	0.22	$v_{\text{沉}} = 7.7 \sqrt{\frac{d_{\text{尘}}^3 (\gamma_{\text{尘}} - \gamma_{\text{气}})}{\mu \gamma_{\text{气}}}}$	$v_{\text{沉}} = 7.0 \sqrt{d_{\text{尘}} \gamma_{\text{尘}}}$

考虑到尘粒的实际形状是各式各样的, 因此非球形尘粒的阻力系数  $K'$  应由球形尘粒的阻力系数  $K$  经修正后得出, 即  $K' = \phi K$ ,  $\phi$  为修正系数。根据实验资料, 形状修正系数近似如表1-6所示。

根据理论计算 (表1-5中所列公式), 在静止空气中, 比重