

242898

[苏]A.A.古尔维茨 编著

顾 仁 沈惠琴 译

R
TF088
14022

冶金 除尘 手册

ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ
В МЕТАЛЛУРГИИ

СПРАВОЧНИК

冶 金 工 业 出 版 社

冶金除尘手册

[苏] A.A. 古尔维茨 编著

顾 仁 沈惠琴 译

冶金工业出版社

〔京〕新登字 036号

内 容 提 要

本书介绍了可供冶金企业使用的各种除尘器,叙述了正确组织气体输送以及所捕集的粉尘排放和运输的必要知识,描述了从气体中分离粉尘微粒的种种方法。本书还对黑色和有色冶金企业除尘设备的使用提出了建议,并论述了这些设备的监测和自动化方法。

本书适用于冶金企业从事除尘设备设计和操作的工程技术人员。

本书根据苏联冶金出版社1984年版 А.А.ГУРВИЦ 主编的《ПЫЛ-ЕУЛАВЛИВАНИЕ, В МЕТАЛЛУРГИИ》(СПРАВОЧНИК)一书译出。

冶金除尘手册

〔苏〕А.А.古尔维茨 编著

顾 仁 沈惠琴 译

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 15.5 字数 403 千字

1991年6月第一版 1991年6月第一次印刷

印数 00,001 ~ 2,200 册

ISBN 7-5024-0754-5

X·25 定价 13.30 元

前 言

苏共第二十六次代表大会像历次代表大会一样，决议要求进一步开发旨在保护周围环境包括减少往大气排放有害物质的措施。为了实现这一目的，必须改进和推广应用除尘装置。

除尘是当前飞速发展的一项技术领域，它涉及物理学、工程学等一系列学科，所以这一领域的工作要求技术视野开阔，掌握不同学术部门的理论知识。

随着研制和应用各种除尘装置来分离烟气流中粉尘而产生的很多问题，现在还没有解决。譬如，关于气体动力学，包括含尘气流气体动力学（气溶胶力学）的问题，关于电离子工艺（特别是在粒子荷电及其在气流中受电场作用的行为方面）的理论原理问题，关于粉尘微粒与水膜互作用过程问题等等，对这些问题至今尚缺乏切合实际的认识。另外，在这一领域卓有成效地开展工作的必要条件还有：掌握清灰和运灰装置结构和工作原理，学会使用抽风设备，最后还要了解需要配置高效、可靠除尘设备的工艺线路中的含尘气流特性。由此可见，除尘领域的专业化不是一件简单的事情，同时现代技术的蓬勃发展导致工业排放物的增长危及环境和人体健康，要求加紧扩充从事工业烟气除尘问题研究的部门和机构。故而，原先与这类问题毫不相干的，缺乏经验和专门知识的许多工程技术干部投身于这个领域是不足为怪的。

鉴于上述情况，显然有必要收集和介绍关于冶金工业除尘问题的各种知识，以使读者尽可能全面地了解这门学科。因此，本书也简要地论述了该技术专业基础——气溶胶力学的基本原理。还从除尘设备工作的观点，阐明了各种含尘气流的特性。书中有关材料及其解说的范围，不仅决定于某种设备在全套除尘、粉尘运输装置中的作用，而且是根据其它参考资料来源对广大读者的

开放程度确定的。

出版冶金除尘手册还是第一次，因此，特别欢迎读者提出宝贵意见和批评。

本书的编写人员如下：Л.С.莱温（第1, 3, 7章）；А.А.古尔维茨（第2章、第4章第4.1~4.4节）；А.А.麦图斯（第4章第4.5节, 第10章第10.4节）；Г.М.戈尔东（第5, 9章, 第10章第10.1~10.3节）；А.Ю.瓦尔别格（第6章）；В.М.阿廖申（第8, 11章）。

主 要 符 号

c	单位质量热容, J/kg;
D, d	直径, m;
d_m	在除尘器内可捕获的粉尘中位粒径, m;
d_{50}	在除尘器内可捕获50%的粉尘粒径, m;
E	电场强度, V/m;
f	单位积尘表面;
G	物料流量, kg/s;
g	重力加速度, m/s ² ;
H	高度, m; 抽风机全压(压头), Pa;
I	电流强度, A;
i	电流线密度, A/m;
K	离子迁移率, m ² /V·s;
K_r	湿法除尘的耗电量, kJ/km ³ 烟气;
L, l	长度, 线性参数, m;
l_M	分子自由跃迁的平均长度, m;
m	流体单位流量, m ³ /m ³ ; 质量, kg;
M	排入大气的有害物质数量, g/s;
p	压力(负压), 动(静)压(压头), Pa;
Δp	流体阻力, Pa;
Q	抽风机风量, m ³ /s; m ³ /h;
ΔR	物料粒级组分;
r	半径, m;
S	断面积, m ² ; 距离, m;
t	温度, °C;
T	绝对温度, K;
v	速度, m/s;

U	电压, V;
V	体积流量, m^3/s ; 容积, m^3 ;
w	质量速度, $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;
Z	1m^3 工作气体中的粉尘浓度, kg/m^3 ; g/m^3 ;
z	气体含尘量—— 1m^3 气体中的微粒质量, kg/m^3 , g/m^3 ;
ε	除尘设备的相对粉尘带出量; 相对介电常数;
ε_0	真空的相对介电常数, F/m;
ζ	除尘设备、装置和气体管道的流体阻力系数;
η	除尘设备的除尘效率;
μ	动力粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$; 风力运输装置中的质量浓度;
ν	运动粘度, m^2/s ;
ρ	密度, kg/m^3 ;
σ	流体表面张力, N/m;
χ	康宁汉校正系数;
ψ	微粒气动阻力系数;
ω	角速度, s^{-1} 。

目 录

前 言	IV
主要符号	XVI
1 除尘系统效率的测定	1
1.1 工业气体净化要求的一般概念	1
1.1.1 对气体卫生净化的要求。最高容许浓度和最高容许 排放量的概念	1
1.1.2 对气体工艺净化的要求	3
1.1.2.1 以回收硫化物为目的的有色冶金废气工艺净化	3
1.1.2.2 高炉生产的废气工艺净化	4
1.2 除尘效率的估算	4
1.2.1 粉尘粒度组成的测定	7
1.2.1.1 不预先取样的粒度组成分析方法	7
1.2.1.2 按比面积大小测定尘粒平均尺寸	10
1.2.2 气体含尘量的测定	12
1.2.2.1 粉尘采样管	13
1.2.2.2 测定含尘量时捕集粉尘的方法	14
1.2.2.3 气体含尘量的计算	19
1.2.3 气体流速和数量的测定	19
1.2.3.1 用风速计测量气体流速	19
1.2.3.2 用测速管测量气体流速	20
1.2.3.3 用节流器具测量气体量	23
2 粉尘粒子运动的计算和主要除尘方法	28
2.1 含尘气流和气体介质中的粒子运动	28
2.1.1 气体介质中球形粒子的直线匀速运动	28
2.1.1.1 $r \ll k_m$ 时 介质对粒子运动的阻力 分子动力学公	

式	28
2.1.1.2 r 与 l_M 具有可约性时介质对粒子运动的阻力	29
2.1.1.3 $r \gg l_M$ 时介质对粒子运动的阻力 斯托克斯公式	29
2.1.1.4 粒子的雷诺数 粒子的气动阻力系数	29
2.1.1.5 斯托克斯公式精确度减低区域 修正公式	30
2.1.1.6 在恒定力作用下球形粒子作匀速运动时的沉降 计算悬浮速度	31
2.1.1.7 粉尘云 不可吹透性的概念	32
2.1.2 计算介质对非球形粒子运动阻力时的修正	35
2.1.2.1 非球形粒子运动的特点	35
2.1.2.2 用同体积球体替代粒子的修正方法 动力形状 系数	36
2.1.3 气体介质中粒子的直线变速运动	37
2.1.3.1 粒子一维运动的基本方程	37
2.1.3.2 粒子的准稳定运动	38
2.1.3.3 粒子的振动特点	38
2.1.4 粒子的曲线运动	39
2.1.4.1 粒子曲线运动的基本方程	39
2.1.4.2 由载尘气体曲线运动引起的粒子曲线运动	40
2.1.5 相似理论在气溶胶力学中的应用 斯托克斯准数	42
2.1.6 湍流对气流中粉尘分离过程的影响	43
2.2 气流中粒子的分离方法	44
2.2.1 气流中粒子分离的主要机理	44
2.2.1.1 粉尘的重力分离机理	44
2.2.1.2 粉尘离心分离机理	45
2.2.1.3 粉尘惯性分离机理	46
2.2.1.4 粉尘电力分离机理	47
2.2.2 气流中粒子分离的辅助机理	48
2.2.2.1 粉尘分离的扩散过程	48
2.2.2.2 热力沉淀作用	48

2.2.2.3 凝聚作用	49
2.2.3 应用不同粉尘分离机理的除尘设备分类	50
3 干法机械除尘器	52
3.1 惯性除尘器	52
3.2 补充进气的涡流除尘器	53
3.3 转子式除尘器	54
3.4 旋风除尘器	56
3.4.1 工作原理和概述	56
3.4.2 旋风除尘器的结构	57
3.4.2.1 ЦН-15型旋风除尘器	59
3.4.2.2 爆炸安全结构的 ЦН-15型旋风除尘器	63
3.4.3 组合式旋风除尘器	64
3.4.4 НИИОгаз研制的锥形旋风除尘器	67
3.4.4.1 СКЦН-31型锥形旋风除尘器	69
3.4.5 СИОТ旋风除尘器	73
3.4.6 旋风除尘器的计算	74
3.4.6.1 НИИОгаз旋风除尘器效率的计算	75
3.4.6.2 旋风除尘器的流体力学计算	76
3.4.6.3 旋风除尘器处理能力的计算	79
3.4.7 多管旋风除尘器	80
3.4.7.1 БЦ-2多管旋风除尘器	81
3.4.7.2 ПБЦ多管旋风除尘器	82
3.4.7.3 ЦБ-254Р多管旋风除尘器	87
3.4.7.4 ЦБР-150У多管旋风除尘器	91
3.4.8 多管旋风除尘器的计算	93
4 电除尘器	96
4.1 概述	96
4.2 理论原理和计算关系式	97
4.2.1 关于不均匀静电场的概念	97
4.2.2 电晕放电	99

4.2.3	电除尘器电晕放电的基本数学关系式·····	102
4.2.4	电除尘器内的粒子荷电·····	103
4.2.5	荷电粒子在电除尘器内的运动·····	104
4.2.6	杰伊奇公式和有效驱进速度的概念·····	106
4.2.7	伏安特性和各种因素对电除尘器工作的影响·····	108
4.2.8	干式、卧式板式电除尘器最佳参数的计算与选择·····	110
4.2.8.1	根据电除尘器内的气流速度、电极高度和电晕 外区状况计算有效驱进速度和捕集效率·····	111
4.2.8.2	二次扬尘和电晕外区部分气体窜流对电除尘器 工况的影响·····	113
4.2.8.3	按照工业电除尘器试验数据确定实际驱进速度 和各项计算系数·····	115
4.2.8.4	考虑电风和气流湍流脉动时粒子实际驱进速度 的分析计算·····	117
4.2.8.5	电除尘器最优参数的计算·····	118
4.3	电除尘器的结构·····	120
4.3.1	电除尘器按结构特征的分类·····	120
4.3.1.1	按清除极板积灰方法分类·····	120
4.3.1.2	按电场和区段数量分类·····	121
4.3.1.3	按气体流向分类·····	121
4.3.1.4	按电极系统的型式分类·····	122
4.3.2	电除尘器的配置方案·····	123
4.3.2.1	卧式电除尘器·····	123
4.3.2.2	立式板式电除尘器·····	125
4.3.2.3	管式电除尘器·····	125
4.3.3	集尘电极·····	126
4.3.3.1	板式集尘电极的基本型式·····	126
4.3.3.2	管式集尘电极·····	129
4.3.4	电晕电极·····	129
4.3.4.1	电晕元件的种类·····	129

4.3.4.2 电晕电极的结构型式	131
4.3.5 电极的冲击锤振打机构	135
4.3.5.1 工作原理	135
4.3.5.2 带转锤轴的振打机构	135
4.3.5.3 带摆轴的振打机构	136
4.3.6 其它各种电极振打系统	138
4.3.6.1 互撞振打	138
4.3.6.2 振动振打	138
4.3.6.3 脉冲振打	138
4.3.7 湿式电除尘器的电极冲洗系统	138
4.3.7.1 电极系统的定期冲洗	138
4.3.7.2 液膜连续冲洗	139
4.3.7.3 喷雾器连续冲洗	139
4.3.8 电除尘器的绝缘子部件	140
4.3.8.1 干式电除尘器的绝缘子部件	140
4.3.8.2 湿式电除尘器的绝缘子部件	142
4.3.8.3 绝缘子的加热	144
4.3.9 气流分布部件	144
4.3.9.1 卧式电除尘器入口段的气流分布装置	145
4.3.9.2 立式电除尘器入口段的气流分布装置	146
4.3.9.3 预防窜气装置	147
4.4 工业电除尘器及其性能	147
4.4.1 УГ型电除尘器	147
4.4.2 ЭГА电除尘器	149
4.4.3 УГТ型电除尘器	152
4.4.4 ОГП电除尘器	152
4.4.5 ЭГТ电除尘器	152
4.4.6 УВ电除尘器	154
4.4.7 УВВ (ЭВВ) 电除尘器	157
4.4.8 С and ПГ电除尘器	157

4.4.9	ДМ电除尘器	157
4.4.10	ШМК电除尘器	159
4.4.11	ЗБМТ _р -1-3-3.6БК电除尘器	160
4.4.12	ЦМВТ电除尘器	160
4.4.13	批量生产的电除尘器供应条件	160
4.5	电除尘器的电气设备	161
4.5.1	电除尘器的电源机组	161
4.5.2	对电源机组的要求	162
4.5.3	电源机组操作的自动控制	163
4.5.4	电源机组的技术特性	166
4.5.4.1	АТФ系列电源机组. ПРТ调压器	166
4.5.4.2	АТГОМ系列电源机组	170
4.5.4.3	ПВП调节装置	174
4.5.4.4	远距离控制装置ПДУ	178
4.5.5	电源机组的选择	178
4.5.6	电除尘器用的高压电缆	179
4.5.7	电源机组的变电所	182
5	气体的过滤净化	184
5.1	概述	184
5.2	细净化过滤器	185
5.3	空气过滤器	188
5.3.1	Ⅲ级空气过滤器	189
5.3.1.1	网箱(盒)式过滤器	189
5.3.1.2	自净式油过滤器	190
5.3.1.3	自动卷帘(卷筒)式过滤器	192
5.3.2	Ⅱ级空气过滤器	192
5.3.3	Ⅰ级空气过滤器	193
5.4	工业过滤器	193
5.4.1	概述	193
5.4.2	滤料	196

5.4.2.1	纯毛织物和混纺织物	196
5.4.2.2	人造纤维布	197
5.4.2.3	尼特纶布	197
5.4.2.4	拉芙桑布	197
5.4.2.5	耐高温的奥克沙纶布	197
5.4.2.6	玻璃丝布	200
5.4.2.7	非织造材料	200
5.5	工业过滤器的结构	202
5.5.1	工业过滤器按结构特征的分类	202
5.5.1.1	按过滤单元型式的分类	202
5.5.1.2	按再生方法的分类	203
5.5.1.3	按再生装置类型的分类	204
5.5.2	过滤器的基本类型	206
5.5.2.1	按滤室再生的过滤器	206
5.5.2.2	按单元再生的过滤器	209
5.5.3	过滤单元	216
5.5.3.1	无骨架滤袋	216
5.5.3.2	圆筒形刚性骨架过滤单元	219
5.5.3.3	非圆筒形刚性骨架过滤单元	220
5.5.4	吹洗系统	221
5.5.4.1	闭锁阀	221
5.5.4.2	脉冲吹洗装置	224
5.5.4.3	射流吹洗装置	224
5.5.5	再生机械装置	225
5.5.5.1	垂向振打机构	225
5.5.5.2	滤袋摆动机构	230
5.5.5.3	滤袋旋转机构	230
5.5.5.4	振动机构	230
5.6	批量生产的工业用袋式过滤器及其特性	232
5.6.1	ФРКИ 型袋式过滤器	232

5.6.2	ФРКЛИ 型袋式过滤器	233
5.6.3	ФРО 型袋式过滤器	235
5.6.4	УРФМ 型 袋式过滤器	235
5.6.5	СМЦ 型过滤器	235
5.6.6	РФСП-1580 型袋式过滤器	238
5.7	颗粒 层过滤器	238
5.7.1	散堆颗粒层除尘器	240
5.7.2	刚性颗粒层过滤器	240
5.7.2.1	金属陶瓷过滤器	241
5.7.2.2	陶瓷过滤器	241
5.8	纤维过滤器液滴与雾捕集器	242
5.8.1	低速湿式纤维过滤器	243
5.8.2	高速湿式纤维过滤器	245
5.8.3	二段湿式纤维过滤器	247
5.8.4	网状飞沫捕集器	247
5.9	织物(袋式)过滤器的计算	248
5.9.1	过滤器根据操作经验数据选定过滤速度 w_{ϕ} 的计算	248
5.9.2	根据流体阻力计算过滤速度	248
6	气体的湿法净化设备	252
6.1	概述湿法除尘器的分类	252
6.2	湿法除尘器效率的计算	254
6.2.1	湿法除尘器效率分级计算方法	254
6.2.2	湿法除尘器效率的能量计算方法	256
6.3	湿法除尘器的流体阻力	259
6.4	湿法除尘器喷淋液的进给	260
6.4.1	机械喷雾器	260
6.4.1.1	空心射舌的喷雾器	260
6.4.1.2	喷射实心射舌的喷雾器	263
6.4.1.3	扁平射舌喷雾器	267
6.4.1.4	液体流量可调节的喷雾器	268

6.4.2 风动喷雾器	270
6.5 空心洗涤器	271
6.6 填料洗涤器	276
6.7 盘式洗涤器	279
6.8 活动填料洗涤塔	280
6.9 惯性冲击式洗涤器	282
6.9.1 ППА型涡流洗涤器	282
6.9.2 冲击作用洗涤器	283
6.10 离心作用洗涤器	285
6.10.1 СИОТ高速洗涤器	285
6.10.2 СЛББ-20组合式离心洗涤器	285
6.11 高速洗涤器	289
6.11.1 文丘里洗涤器	289
6.11.1.1 中心给液(喷液)的文丘里洗涤器	292
6.11.1.2 周边喷淋的文丘里洗涤器	292
6.11.1.3 膜状喷淋的文丘里洗涤器	292
6.11.1.4 靠气流动能供液的文丘里洗涤器	293
6.11.1.5 文丘里洗涤器的流体阻力	293
6.11.1.6 文丘里洗涤器的除尘效率	295
6.11.1.7 ГВПВ型高压文丘里管的规格系列	296
6.11.1.8 CB型喉管圆形断面的文丘里洗涤器型号规格 系列	297
6.11.1.9 其它类型的高速气体洗涤器	304
6.12 引射式洗涤器	306
6.13 飞沫和液滴的分离	308
6.13.1 重力液滴捕集器	309
6.13.2 惯性液滴捕集器	309
6.13.3 离心式液滴捕集器	311
6.14 湿法除尘器强化操作的方法	315
7 气体管道和气体管网的构件	316

7.1 气体管道的结构和布置	316
7.2 气体管道的补偿器	316
7.3 安全阀	324
7.4 气体管道的气体转换开关装置的调节装置	325
7.5 送风机和排烟机	330
7.5.1 送风机、排烟机和电动机的选择	330
7.5.2 除尘系统中送风机和排烟机的基本技术参数	336
8 卸灰和粉尘运输	350
8.1 除尘设备卸灰装置	350
8.1.1 干法卸灰装置	350
8.1.1.1 连续卸灰装置	350
8.1.1.2 间歇卸灰装置	354
8.1.2 湿法卸灰装置	356
8.2 粉尘的运输	357
8.2.1 干法机械运输	358
8.2.1.1 螺旋输送机	358
8.2.1.2 链式输送机	360
8.2.1.3 装料装置	362
8.2.2 风力运输	362
8.2.2.1 粉尘高压运输系统	364
8.2.2.2 粉尘低压运输系统	371
8.2.2.3 粉尘真空运输系统	372
8.2.2.4 风力运输的真空泵、鼓风机和压缩机	374
8.2.2.5 粉尘联合运输系统	374
8.2.2.6 风动送料槽	376
8.2.2.7 粉尘的混合运输	377
8.2.2.8 风力运输管道	379
8.2.2.9 从输送粉尘的空气中分离粉尘的装置	386
8.2.3 风力运输系统中的粉尘质量浓度和体积浓度	387
8.2.4 风力运输管道中的运料风速	391