

除尘技术手册

〔日〕井伊古钢一 著

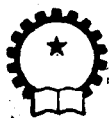


机械工业出版社

除尘技术

〔日〕井伊谷钢一

第一机械工业部第七设计院暖通组译



机械工业出版社

2438/h

集塵技術マニュアル

井伊谷鋼一 著

日刊工業新聞社 1972

* * *

除尘技术手册

〔日〕井伊谷钢一 著

第一机械工业部第七设计院暖通组 译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市燕山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32·印张 3 3/4·字数 80 千字
1978 年 9 月南京第一版·1984 年 3 月北京第二次印刷
印数 38,001—53,000·定价 0.32 元

*

统一书号: 15033·4495

原 序

公害中的大气污染问题已闹得很久了。起初是想消除煤尘。所谓集尘这一术语可写作收尘或除尘,不强求一致。

粉尘的问题首先在于防止发生,在改善尘源操作过程的同时,应适当地对产生的粉尘设置抽风罩等,然后再导向除尘装置,亦即必须注意除尘以前的工程。另外,对除尘装置所捕集的煤尘、粉尘的废弃或再回用等善后处理亦不能轻率对待,不然将产生煤尘等的再飞散或污染排水等二次公害。

本书扼要介绍除尘操作,供一般技术工作者参考,不涉及详细的理论分析及特殊用例。拟以一见之识来介绍七十年代初期除尘操作现状及除尘装置的选择与评价方面的资料。

井伊谷钢一 1972.3

目 录

原序

1. 除尘的定义	1
2. 除尘装置的选择	4
3. 除尘装置的性能	20
3-1 流量 Q (标准米 ³ /分)	20
3-2 压力损失 ΔP (毫米水柱即公斤/米 ²)	20
3-3 捕集性能	22
4. 旋风除尘器	26
4-1 切线入口式	31
4-2 轴流导向叶片入口式	35
4-3 其他形式	39
5. 布袋过滤器	39
5-1 滤布	40
5-2 压力损失特性 ΔP (毫米水柱)	42
5-3 捕集效率 η (%)	44
5-4 实用的各种形式	45
5-5 设计方法及高温气体冷却方式	53
6. 电气除尘器	57
6-1 原理及问题	57
6-2 干式静电除尘器	61
6-3 湿式静电除尘器	61
6-4 二段式电气除尘器	62
7. 空气过滤器	65
7-1 压力损失	65

7-2 捕集效率	67
7-3 滤材更新方法及各种形式	75
8. 洗涤式除尘器	78
8-1 各种形式	80
9. 其他除尘形式	89
9-1 惰性除尘器	89
9-2 重力除尘	93
9-3 音波除尘	94
9-4 热除尘	94
10. 抽风罩及风道	94
10-1 抽风罩	94
10-2 风道	96
11. 粉尘及气体的物性	98
11-1 粒度	98
11-2 密度	102
11-3 其他一次物性	102
11-4 粉体的二次物性	103
11-5 气体的物性	104
12. 除尘性能测定	105
12-1 气体流量 Q (米 ³ /分)	105
12-2 压力损失 ΔP (毫米水柱)	106
12-3 捕集性能	107

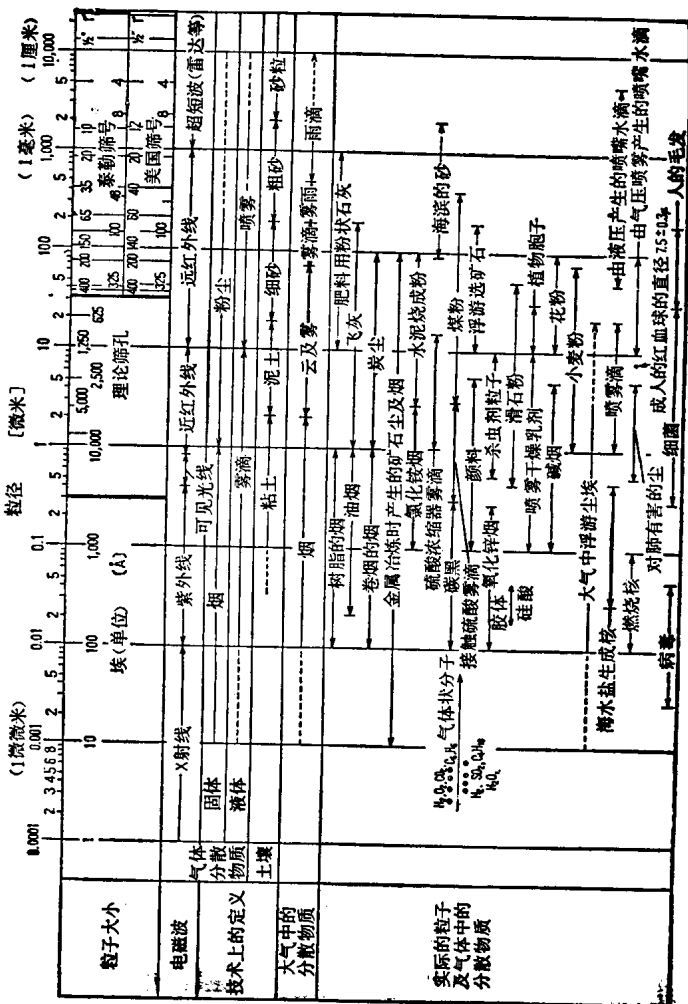
1. 除尘的定义

化学工程里把从气体与微粒子混合物中分离粒子的操作称除尘。有以分离粒子回收有用物质的,也有以获得净化气体为目的的,或两者兼用。除尘这个词不限于收集并丢弃尘埃的工作。粒子不一定局限于固体,液体粒子也列入除尘的范围,雾滴分离器等也是一种除尘器。

一般,直径为100微米(写作 μ)亦即0.1毫米以上的粒子很快降落殆尽,不存在分离问题,不成为除尘对象。另一方面 0.1μ 以下的超微粒子由于测定困难,公害中还不成为严重问题,为除尘所不注意的范围。目前作为除尘对象的粒径大概为 100μ 至 0.1μ 之间。而 10μ 以上的粒子易于分离,对人体亦无多大害处,成为问题的是在 $10\sim 0.1\mu$ 或 1μ 左右,特别是 1μ 以下的亚微米粒子分离较困难,也有害于人体,成为目前主要的研究范围。表1-1示有各种粒度范围的物质名称及适用的除尘装置形式。一般把由机械破碎等所产生的 1μ 以上的固体粒子称粉尘,而由金属蒸气的凝缩等发生的微细的主要是 1μ 以下的粒子称烟气。

其次在卫生方面粉尘浓度虽也有计数的方法,但一般使用重量作为标准。除尘器入口的浓度由于情况复杂为由数毫克/米³直至数公斤/米³的范围。出口浓度按目前的排放标准应是数毫克/米³至1克/米³的范围,肉眼见不到的浓度为 $10\sim 50$ 毫克/米³左右。特别是关系到洁净室和原子能方面,浓度还要低几位数字。表1-2为目前已修订过的日本排放标准。

表 1-1 粒子与分散相的特性
(摘自美国“司坦福”研究所的调查材料)



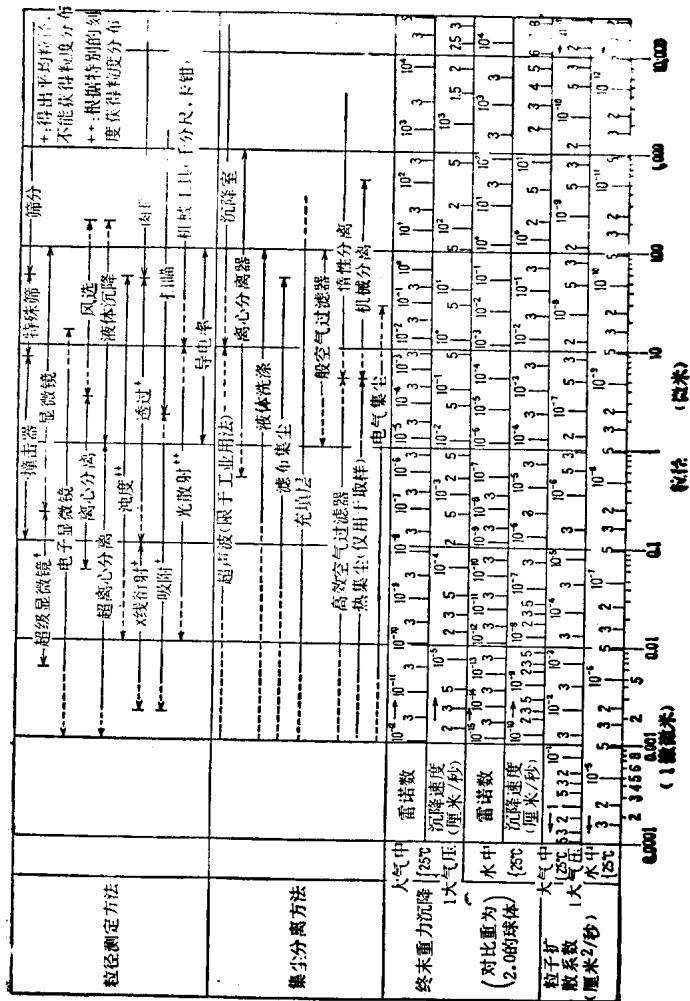


表 1-2 烟尘排放标准概要(克/标准米³)

设 施 名 称	旧 标 准	新 标 准			
		一般排放标准		特别排放标准	
	一般排放 标 准	规模大	规模小	规模大	规模小
锅炉(烧重油)	1.2	0.10	0.20	0.05	0.20
锅炉(烧 煤)		0.40		0.20	
高 炉	0.5	0.10		0.05	
转 炉	0.7	0.20	0.40	0.20	
平 炉	1.0				
焙烧炉、烧结炉、锻烧炉	1.0				
加 热 炉	0.7	0.20	0.40	0.10	0.20
熔 解 炉	1.0				
水泥窑、熔化炉	1.0				
炼钢用电炉	0.9				
直接焰式炉、反 应 炉、干 燥 炉	1.2				
化 铁 炉	20	0.20	0.80	0.10	0.40
废弃物焚烧炉	0.70	0.20	0.70	0.10	0.20
(连续炉)		0.70		0.40	
(其 他)					

2. 除尘装置的选择

数十微米以上的粗粒子可用简单的惯性除尘器(如百叶格式)来分离捕集,问题不大。数微米的细粒子必须仰赖旋风除尘器来捕集。小型旋风除尘器具有良好的捕集性能,经常采用数个乃至数十个并联设置的多管形式,但设计与管理如

注意不够,将导致意外的不良后果。

对分离小至数微米以下的微粒子,干式的必须采用过滤器或电气除尘。前者分为布袋过滤器(用于工业上)及空气过滤器(换气用的片式过滤器使用纤维充填层的居多),对亚微米粒子的捕集,空气过滤器的捕集性能是很不理想的,但使用最新的超细纤维纸(粗细为1微米左右)的高效过滤器(为滤纸或纤维充填层),其性能就超过滤布,例如捕集0.3微米的粒子效率达99.97%以上(美国原子能委员会标准)。另一方面,电气除尘价格虽高但压力损失仅有过滤器的几分之一,故运转费便宜,长期使用就显得经济。因而对大型装置来说电气除尘较适用。但电气除尘器对粉尘的电阻值有一定的上下限要求,对某些粉尘也不适用。目前正在研究利用电气除尘器来凝聚导电性的粉尘。

如能确保用水以及不存在排水处理问题,洗涤式除尘器较有利。湿式除尘器不产生捕集粉尘的再飞散问题,与同等压力损失及构造的干式除尘器相比,捕集性能较为优越。特别是要捕集1微米左右的粉尘,干式的旋风除尘器既不合适,过滤器及电气除尘器又稍嫌浪费,这时适当的湿式除尘器就很多。而具有能与过滤器及电气除尘器捕集性能相媲美的文氏洗涤器,其压损特高以至超过1000毫米水柱,但其装置较简单便宜。

表2-1示有各种除尘器的选择标准。图2-1列出主要的几种高效除尘装置的价格比较,图2-2列出几乎概括了现用除尘装置的一览表及捕集性能与其价格的关系。图2-3示有气体流量对价格的变化关系,由此可知大型装置采用电气除尘是有利的。这些线图主要由英美文献换算而得,国情与条件各异,不一定能套用,可作实用上的参考。表2-2示有各种

粒名的捕集效率,亦是英国的实例,表 2-3 为英国费用的详细计算例。

处理一定的气体流量如仅考虑经济性,装置内取较大流速,装置就小,设备费也低。随着流速增加,压损上升,送风机动力增大,运转费增加。如图 2-4 所示,设备费与运转费合计的全年费用有其极小值,但这一经济最佳点并未考虑捕集性能,故不一定适用于实际运转范围,其计算实例亦不多。另一方面由捕集性能而得的最佳点如图 2-5 所示,对旋风除尘器入口风速在 10~30 米/秒的范围,对洗涤除尘器可以达到很高的风速,其他高效除尘器则仅限于低风速,实用上根据经验取折中的风速,大体如表 2-1 所示的范围。

表 2-1 各种除尘装置的主要参数

形 式	可能的捕集 粒度 (μ)	压 力 损 失 (毫米水柱)	最适宜风速 (米/秒)	设备费用
惯性除尘	20~50	30~100	(30)	小
离心除尘	5~15	100~200	15~20	小
布袋过滤器	0.1~1	100~250	0.01~0.1	大
充填层过滤器(片式)	0.1~10	10~100	0.1~3	中
洗涤式除尘	0.1~10	50~1000	5~100	中
电气除尘	0.1~1	20~50	1~8	大

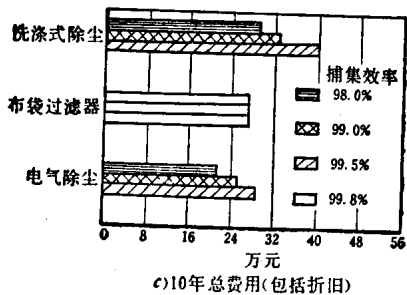
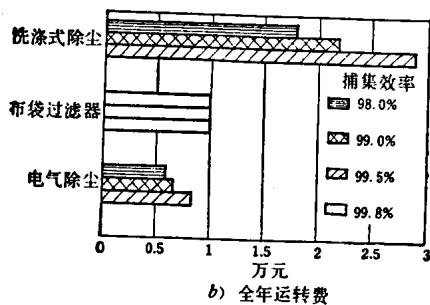
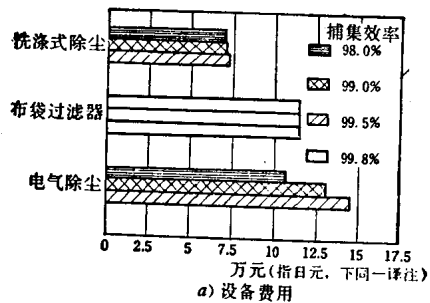
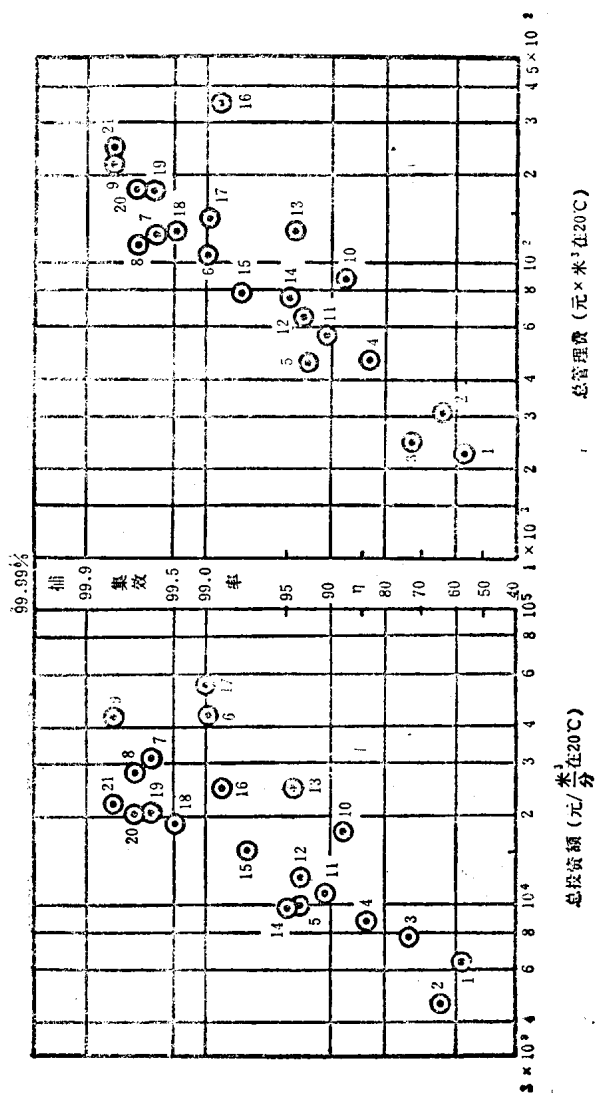
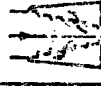
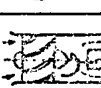
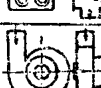
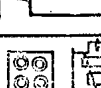
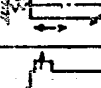
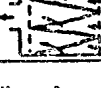
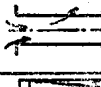
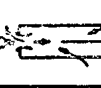
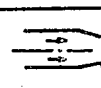
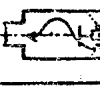
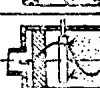
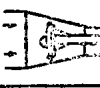


图 2-1 主要的高效除尘装置的费用



序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
名称	倍性除尘器	中效旋风除尘器	直立式旋风除尘器	高效旋风除尘器	多管除尘器	静电除尘器	一般布袋过滤器	低速过滤器	逆喷气流过滤器	脉冲式布袋除尘器
类型										
序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
名称	旋式洗尘器	N形自激式洗尘器	淋水塔	浮动层洗尘器	泡沫洗尘器	旋转喷淋洗尘器	静电除尘器	低压环境洗尘器	低压文氏洗尘器	高压文氏洗尘器
类型										

** 年2回 每年换滤布二次
 ++ 年1回 每年换滤布一次
 +++ 年2回 每年换滤布二次

图 2-2 现用除尘装置的价格及性能

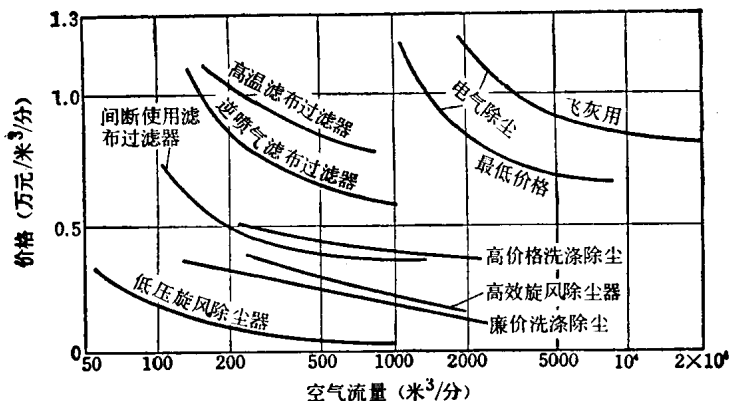


图 2-3 典型除尘装置的价格(不包括特殊材料, 送风机, 泵, 输送带等, 另外尚未包括安装费, 故总数也许要加倍)

表 2-2 除尘装置对各种粉尘粒径的捕集效率

除 尘 装 置	捕 集 效 率 (%)		
	50 μ m	5 μ m	1 μ m
百叶格式惯性除尘器	95	16	3
中效旋风除尘器	94	27	8
多管旋风除尘器(蜂巢式)	98	42	13
高效旋风除尘器	96	73	27
冲击式洗涤器	98	83	40
湿式旋风除尘器	100	87	42
N 型自激式除尘器	100	94	48
喷淋塔	99	94	55
浮动层式洗涤器	99	98	58
泡沫洗涤器	100	97	80
电气除尘器	99	99	86
旋转喷淋洗涤器	100	98	91
湿式电气除尘器	99	93	92
溢流圆板式洗涤器(低能量)	100	99	96
文氏洗涤器(中能量)	100	99	97
溢流圆板式洗涤器(中能量)	100	99	97
文氏洗涤器(高能量)	100	99	98
布袋过滤器	100	99	99

注: 美国化学工程杂志 1968.9.257 页。

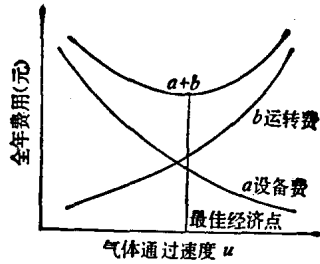


图 2-4 经济最佳点

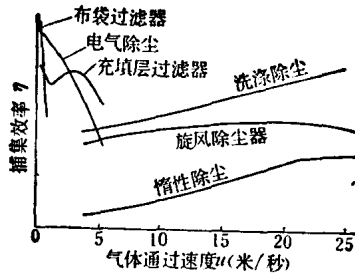


图 2-5 捕集性能与气体流速的关系

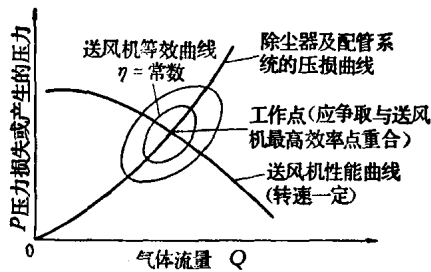


图 2-6 除尘送风系统的性能曲线及工作点