

空气净化技术手册

电子工业出版社

1985.1

空气净化技术手册

电子工业出版社

1985.1

内容简介

本手册汇集了日本空气净化技术的研究成果与大量资料,分基础、设备和应用三篇,叙述了室内控制污染的基础理论、净化机理、净化设备,测试标准以及洁净设施的设计、建造与管理;列举了净化技术在电子、航天、精密机械、冶金、化工、轻工、食品、医药等工业部门的应用实例。其以多学科为特征,涉及到建筑学、空调工程学、化学、生物学和医药学等领域内空气净化的新技术。

本书对于从事空气净化基础理论研究和污染控制研究的科技工作者、建筑空调专业的设计人员、洁净设施的设计、制造和使用人员都是一本极有价值的工具书。也可供大专院校有关专业师生参考。

空气净化技术手册

责任编辑:何德林

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 25.125 字数: 65.2千字

1985年3月第1版 1985年4月第1次印刷

印数: 10,000册 定价: 6.70元

统一书号: 15290·5

译者序

空气净化技术是近二十年来随着现代科学技术、现代工业的发展而逐步形成的一门综合性的新技术。正象大家知道的，电子、航天、精密机械等工业部门对环境的洁净度有很高的要求；医院治疗白血病、烧伤或进行大手术需要无菌病房或无菌手术室；遗传工程、生物制品和食品行业等也要求无菌洁净环境。目前，科学技术发达的国家已广泛采用此项技术。可以说空气净化技术水平的高低已直接影响到现代科技水平的提高和发展。

为了适应我国科技的发展，我们翻译了这本《空气净化技术手册》以借鉴和吸取国外先进的净化技术。本手册汇集了日、美等国自1963年以来有关空气净化方面的研究成果，分为基础、设备、应用三部分。从理论和实践的结合上阐明了洁净室内环境控制的基本理论、净化设备及其测试标准，并列举了大量数据，图表及洁净室在许多部门的应用实例。

本手册对我国从事空气净化、污染控制的科研人员、洁净室的设计、施工和管理人员以及空气净化设备的设计、制造与使用人员是一本实用的工具书，也可以供有关专业的院校师生参考。

参加本手册翻译的有电子工业部第十设计研究院的许明镐、张利群、路延魁、李继佩、田智坤、魏貽宽、王可芬、陈莹华、沈网根、曾昭柱十位同志，许明镐、张利群对全书进行了审定。由于水平所限，错误之处敬请读者批评指正。

译者

1984年5月

编者序

自1963年日本空气清净协会创建和《空气清净》杂志创刊以来，该杂志上发表的文章得到了各界人士的高度评价。尤其在1970年以后该杂志作为日本的代表性杂志之一，由美国政府投资开始发行了英译版《Air cleaning》。

《空气清净》杂志所涉及的内容极为广泛，主要探讨空气洁净技术的进步和发展，它超越了原来技术领域的分类，成为一个新的空气洁净工程学体系。

编写本手册的目的在于纪念《空气清净》杂志创刊100号，对过去已发表的技术内容加以汇总，希望本手册是集空气洁净技术之大成。

1975年在《空气清净》杂志编委会内专门设立了《空气净化技术手册》编委会，对编写内容、分类、目录、编写人员等分别进行了研究，并确定了大体的编写方案。

协会认为，手册的编辑和发行是专业性很强的工作，因此，编写工作委托给手册编委会，出版发行委托给专业出版社——欧姆社。

后来，由于种种情况，加之组稿需要时间，故在1981年1月欧姆社才开始进行编辑工作，到现在终于出版了。

由于组稿和出版时间的拖延，原稿中有些内容可能过时，只好询问作者意向，有些作者作了适当地修改和补充，因而给作者增加了不少麻烦，在此深表歉意。

本手册涉及内容极为广泛，取材于各行各业，由于各行业的技术发展程度不同和内容上的详略之差，加上各作者的专业、思考方法和习惯所带来的差别，本手册在统一方面有所欠缺，望读者见谅。

空气洁净技术的发展日新月异，特别是近几年的进步更是惊人。这也是一些作者脱稿较晚，而且不得不修改原稿的原因。本手册的重要性已远远超出原有的估计。

如果该手册能进一步促进空气净化技术在各个领域的应用和发展，作者将格外欣慰。

最后，我以编辑委员长的名义，对发行《空气清净》杂志，为空气洁净技术发展作出贡献的日本空气清净协会会长、各位会员以及各

位作者、校对、编委和为本手册出版做出贡献的欧姆社的各位先生表示深深的敬意和衷心的感谢。

空气净化技术手册编辑委员会
委员长

吉泽 晋
1981年9月

目 录

第一篇 基础篇

第一章 气溶胶学

1.1 污染物质····· 1	1. 惯性运动的基本公式···29
1.1.1 前言····· 1	2. 碰撞效率·····30
1.1.2 基本知识····· 1	3. 非等速吸引采样·····31
1. 空气的组成····· 1	4. 离心力场作用下 的粒子运动·····31
2. 空气的物理性质····· 2	5. 带电粒子在电场 中的运动·····32
3. 空气的洁净····· 3	6. 热泳现象·····32
4. 空气的污染····· 4	1.2.3 布朗运动和扩散·····34
1.1.3 污染物质的分类····· 5	1. 布朗运动的性质·····34
1.1.4 粒状污染物质····· 5	2. 布朗扩散系数·····34
1. 粒状物质的生成 和发生源····· 6	3. 扩散方程式·····36
2. 分类····· 7	4. 粒子向壁面的 扩散沉附·····37
3. 特性·····13	1.2.4 气溶胶的凝聚·····38
1.1.5 气体状污染物质·····20	1. 凝聚常数·····39
1. 发生源·····20	2. 凝聚过程及气溶胶 性状的变化·····39
2. 种类·····21	1.3 气溶胶的化学性质·····40
1.1.6 微生物污染·····24	1.3.1 前言·····40
1.1.7 花粉污染·····25	1.3.2 大气悬浮粒状物质的 形态和化学性质·····41
1.2 气溶胶力学·····26	1.3.3 大气悬浮粒状物质的 元素组成·····44
1.2.1 粒子运动的基本公式 和直线运动·····26	1.3.4 大气悬浮粒状物质的 化学组成·····48
1. 基本公式·····26	1. 硫酸盐和硝酸盐·····48
2. 粒子的流体阻力·····27	
3. 粒子在静止气体中的直 线运动·····28	
1.2.2 粒子在流动气体中的 曲线运动·····29	

2. 多环芳香族	
碳氢化合物	50
1.3.5 大气悬浮粒状	
物质的发生源	50
1.4 气溶胶的发生	51
1.4.1 前言	51
1.4.2 粒状物质	
的发生	52
1.4.3 实验用气溶胶	
的发生方法	54
1. 粉体散布式	
气溶胶发生法	54
2. 液体喷雾式	
气溶胶发生法	57
3. 蒸汽冷凝式	
气溶胶发生法	59
4. 化学反应方式的	
气溶胶发生法	65
1.4.4 结束语	66
文 献	68

第二章 污染的危害

2.1 污染对生物体的危害	71	2.1.4 变态反应	79
2.1.1 呼吸器官的构造		1. 关于变态反应	79
和功能	71	2. 引起变态反应的空中悬	
1. 鼻	71	浮物和气体	80
2. 咽	72	3. 支气管哮喘病	82
3. 喉	72	4. 其它症状	82
4. 气管	72	2.1.5 感染症	84
5. 支气管	73	1. 病原微生物	84
6. 换气功能组织	73	2. 病原微生物	
7. 呼吸器官的防御机构	73	的进入途径	85
2.1.2 粒子的危害	75	3. 引起感染症	86
1. 粒子被吸入后的归宿	75	4. 空气中的微生物	
2. 由粒子引起的疾病	75	引起的感染症	87
2.1.3 气体的危害	76	2.2 对工业的危害	88
1. 一氧化碳(CO)	76	2.2.1 污染物的种类	88
2. 二氧化硫(SO ₂)	78	2.2.2 污染的影响	89
3. 一氧化氮(NO)	78	1. 精密机械	89
4. 二氧化氮(NO ₂)	78	2. 气动设备	90
5. 臭氧(O ₃)	78	3. 油压机	91
6. 光化学氧化剂	79	2.2.3 污染的防止方法	94
7. 氯(Cl ₂)	79	1. 防止零件表面的污染	94

2. 防止气动设备的污染	94	2.4.5 结束语	113
3. 防止液压设备的污染	94	2.5 污染对建筑物	
2.3 污染对食品工业的危害	95	的危害	114
2.3.1 食品受微生物污染		2.5.1 污染现象	114
的允许范围	98	2.5.2 污染机理	114
2.3.2 食品的杀菌	99	2.5.3 污染的实例	115
2.4 微生物对药品、化妆品		1. 灰尘重力沉降	115
的危害	102	2. 气流产生的	
2.4.1 前言	102	灰尘迁移	116
2.4.2 药品、化妆品引起		3. 温度不均匀材料表面	
感染病症的实例	104	的积尘斑纹	118
2.4.3 研究药品、化妆品		4. 流速降低产生的灰尘	
受微生物污染的状况及其意义	105	沉降	118
2.4.4 各国关于微生物污		5. 静电吸引	118
染法规的制定过程	110	6. 空气扩散污染	120
		文 献	121

第三章 污染测定方法

3.1 污染表示方法	123	仪器	126
3.1.1 气体中的污染物	123	1. 粉尘测量仪器概要	126
1. 粉尘(粒状物质)		2. 小流量空气采样器	127
的浓度	123	3. 大流量空气采样器	131
2. 气体状物质的浓度	123	4. 数字粉尘计	132
3. 细菌的浓度	124	5. 粒子计数器	131
3.1.2 液体中的污染物	124	6. 劳研式滤纸尘埃计	135
1. 粒状物质的浓度	124	7. 累集式滤纸尘埃计	135
2. 液体中的溶解物质	125	8. β 射线吸收重量	
3. 液体中的细菌数		浓度计	136
[个/毫升]	125	9. 分光滤纸尘埃计	136
3.1.3 固体中的污染物	125	10. 劳研式尘埃计	137
3.1.4 表面污染物	126	11. 冲击式采尘器	138
3.2 测量仪器	126	12. 安德森	
3.2.1 各种粉尘的测量		采样器	139

13. 晶体振荡式 重量浓度计·····	140	9. 表面微生物测定法 (补充)·····	168
3·2·2 气体浓度计·····	140	3·2·4 微生物粒子 测定器·····	168
1. 二氧化硫浓度计·····	141	1. 基本问题·····	169
2. 氮氧化物浓度计·····	144	2. 各种测定仪器·····	170
3. 氧化剂浓度计 和臭氧浓度计·····	149	3. 测定仪器的特性·····	177
4. 一氧化碳浓度计·····	152	4. 污染物的特征·····	178
5. 碳氢化合物浓度计·····	154	5. 测定方案·····	179
6. 氟化氢浓度计·····	155	3·3 环境测定方法·····	180
3·2·3 表面污染测定法·····	155	3·3·1 环境测定的要点·····	180
1. 表面污染·····	155	1. 基本考虑方法·····	180
2. 水平面沉积 粒子测定法·····	158	2. 测定方案·····	181
3. 粘胶带法·····	160	3·3·2 一般建筑物 的测定·····	181
4. 真空吸引法·····	161	3·3·3 工作环境的测定·····	182
5. 拭取法·····	162	1. 工作环境·····	182
6. 洗净法·····	163	2. 工作环境测定标准·····	182
7. 比色法·····	163	3·3·4 洁净室的测定·····	186
8. ASTM F24-65《表 面污染微粒的测定与 计数方法》 (转抄)·····	164	1. 显微镜法·····	186
		2. 光散射式 粒子计数器法·····	186
		文 献·····	187

第四章 环境标准

4·1 环境标准的考虑 方法和分类·····	189	4·1·5 按限定方式分类·····	190
4·1·1 按环境对象分类·····	189	4·1·6 按污染源的限定 标准分类·····	190
4·1·2 按采用方法分类·····	189	4·1·7 按限定时间分类·····	190
4·1·3 按对人体 影响分类·····	189	4·1·8 按污染物质的 形态分类·····	191
4·1·4 按标准值的采用 方法分类·····	190	4·2 大气环境标准·····	191
		4·3 一般室内环境标准·····	192

4.4 生产劳动环境标准·····	193	4.6 环境标准值的应用·····	199
4.5 臭气·····	194	文 献·····	199

第五章 室内空气污染物质的浓度

5.1 稳定状态计算·····	201	5.2.3 通风量的变化·····	207
5.1.1 自然通风房间·····	201	5.3 必要的净化能力·····	208
5.1.2 设有主净化和新风 净化装置的房间·····	201	5.3.1 自然通风房间·····	208
5.1.3 设有风机盘管和内 装风机的空气净化 设备的房间·····	202	1. 只有自然通风 的情况·····	208
5.1.4 设有循环用空气净 化设备的房间·····	203	2. 叠加作用的情况·····	209
5.1.5 多房间的组合·····	203	5.3.2 设有主净化和新风 净化装置的房间·····	209
5.1.6 层流洁净室内 的浓度·····	203	5.3.3 设有风机盘管和 内装的空气净化 设备的房间·····	210
1. 乱流洁净室·····	204	5.3.4 设有循环空气净化 设备的房间·····	210
2. 层流洁净室·····	204	5.3.5 多房间的 组合·····	210
5.1.7 隔离室内部的 污染物质浓度·····	204	5.4 室内污染物质 的发生量·····	211
5.2 不稳定状态计算·····	205	5.4.1 人体直接产生的 污染物质·····	211
5.2.1 室外空气污染浓度 C ₀ 和室内污染物质 发生量 M 保持一定 的场合·····	206	1. 二氧化碳·····	211
5.2.2 室外空气污染浓度 C ₀ 和室内污染物质 发生量 M 为时间的 函数时·····	206	2. 粉尘·····	211
		3. 微生物粒子·····	215
		4. 体臭·····	215
		5.4.2 香烟的烟·····	215
		文 献·····	216

第六章 大气污染和污染负荷

6.1 污染的实际状态·····	217	6.1.1 二氧化硫·····	222
------------------	-----	-----------------	-----

6.1.2	二氧化氮	223	大气悬浮	
6.1.3	一氧化碳	223	粉尘浓度	232
6.1.4	光化学氧化剂	224	6.3.3	设备运行方法和设计用大气悬浮粉尘浓度的关系
6.1.5	悬浮粒状物质	224		232
6.2	附近污染	224	6.3.4	大气悬浮粉尘浓度的年平均值和设计用大气悬浮粉尘浓度的关系
6.2.1	下降气流在建筑物周围的扩散	225		233
6.2.2	在建筑物之间的扩散	227	6.3.5	空气净化设备设计用的大气悬浮粉尘浓度
6.3	污染负荷	229		233
6.3.1	不同月份设计用大气悬浮粉尘浓度	232	文献	235
6.3.2	不同时刻设计用			

第七章 污染控制

7.1	基本概念	237	3.	层流型洁净工作台	239
7.1.1	污染控制	237	4.	其他形式	240
7.1.2	基本概念	237	7.2.2	设计方针	240
7.1.3	污染机理和污染控制措施	238	7.3	产品污染控制	241
1.	净化操作	238	7.3.1	产品设计计划	241
2.	高洁净度空间的设计和维护	238	7.3.2	表面污染	241
3.	检查	238	7.3.3	气体和液体的污染	242
4.	管理	238	7.4	包装	242
7.2	污染控制设施的设计	238	7.4.1	材料的非污染性	243
7.2.1	设施种类	238	7.4.2	净化的可能性	243
1.	均匀扩散型(乱流型)洁净室	238	7.4.3	强度、耐久性	243
2.	层流型洁净室	239	7.5	操作人员及其培训	243
			文献		243

第八章 净化处理

8.1	灭菌方法	244	8.1.1	灭菌和消毒的区别	244
-----	------	-----	-------	----------	-----

8·1·2	高温干燥灭菌·····	244	8·2·4	药剂消毒·····	246
8·1·3	高压蒸汽灭菌·····	244	1.	消毒剂·····	246
8·1·4	气体灭菌·····	245	2.	常用消毒剂·····	246
8·1·5	过滤灭菌·····	245	8·3	净化处理·····	248
8·1·6	放射线灭菌·····	245	8·3·1	气体方式的	
8·1·7	其他灭菌方法·····	245		净化处理·····	249
8·1·8	灭菌条件的确定·····	245	8·3·2	液体方式的	
8·2	消毒方法·····	246		净化处理·····	249
8·2·1	煮沸和常压		8·3·3	净化处理方法实例	
	蒸汽消毒·····	246		(试验容器的清洗	
8·2·2	低温消毒法·····	246		方法及效果)·····	249
8·2·3	紫外线照射·····	246	文	献·····	251

第九章 空气净化的经济效益

9·1	设备费及折旧费·····	252	9·2·3	静电式空气过滤器	
9·2	维护费用·····	254		的运行费用·····	260
9·2·1	耗电量及电费·····	254	1.	耗电量及电费·····	260
9·2·2	滤材更换费用·····	256	2.	清洗用水量·····	260

第二篇 设 备 篇

第一章 污染控制机理

1.1 污染物的分离····· 263	2. 过滤机理和极限粒子 轨迹····· 285
1.1.1 捕集机理和除尘效 率表示法····· 263	3. 过滤效率的理论计算 方法和无因次参数·· 286
1.1.2 重力集尘····· 263	1.3.2 纤维层过滤器过滤 效率····· 287
1.1.3 离心集尘····· 264	1. 截获捕集效率 η_{a1} ··· 287
1.1.4 惯性和碰撞集尘·· 267	2. 惯性截获捕集 效率 η_{aT1} ····· 288
1.1.5 过滤集尘····· 267	3. 扩散截获捕集 效率 η_{aD1} ····· 288
1.1.6 洗涤集尘····· 269	4. 重力截获捕集 效率 η_{aG1} ····· 290
1.1.7 静电集尘····· 272	5. 各种过滤机理的有 效范围和单纤维的 综合捕集效率 η_{aE} ··· 291
1.2 吸附法(气体污染物的 去除)····· 273	1.3.3 静电纤维层过滤器 的过滤效率····· 293
1.2.1 吸附剂和吸 附性选择····· 275	1.3.4 压力损失····· 295
1.2.2 吸附平衡····· 276	文 献····· 299
1.2.3 吸附速度····· 278	
1.2.4 气体过滤效率和二 次扬尘曲线····· 281	
1.3 过滤器集尘理论····· 283	
1.3.1 对粒子的捕集机理 284	
1. 单纤维捕集效率和过 滤器过滤效率····· 284	

第二章 各种空气净化设备

2.1 分类及一般事项····· 301	2. 粉尘的 净化方法····· 302
2.1.1 污染物种类 及净化方法····· 301	3. 悬浮微生物的 净化法····· 302
1. 气体的净化方法····· 301	

2.1.2	空气净化设备的 分类	305	2.5.3	过滤特性	328
2.2	滤材	306	1.	滤布的局部捕集 效率	329
2.2.1	种类	306	2.	压力损失及其特性	329
1.	干式滤材	306	3.	过滤阻力随时间的 变化	332
2.	粘附式滤材	306	2.5.4	实例	333
2.2.2	性能	307	2.6	超高效过滤器	335
1.	粉尘捕集效率	307	2.6.1	种类	335
2.	压力损失	308	1.	定义	335
3.	容尘量	309	2.	分类	335
2.3	单元式空气过滤器	310	2.6.2	组成及机能	337
2.3.1	定义和种类	310	1.	滤材	337
2.3.2	构造	311	2.	隔板	338
1.	干式空气过滤器	311	3.	粘接剂和密封材料	338
2.	粘附式空气过滤器	313	4.	框架	339
2.3.3	性能	314	5.	垫片	339
1.	单元式空气过滤器的 性能及其试验方法	314	2.6.3	特性	339
2.	性能示例	319	1.	过滤效率	339
2.3.4	设置	320	2.	额定流量和 压力损失	341
2.4	自动卷绕式空气 过滤器	320	3.	容尘量	342
2.4.1	定义及种类	320	4.	耐冲击压力	343
2.4.2	构造及功能	321	5.	环境适应性	343
1.	构造	321	2.6.4	过滤器产品上要注 明的事项	345
2.	功能	321	2.7	静电式集尘装置(静电 式空气净化装置)	345
2.4.3	性能	322	2.7.1	种类	345
2.5	袋式过滤器	322	2.7.2	构造	345
2.5.1	概述	322	1.	洁净式双级型	345
2.5.2	构造和功能	323	2.	洁净式单级型	348
1.	过滤器滤袋	323	3.	卷绕滤材并用型	349
2.	过滤速度	324	4.	袋式过滤器并用型	350
3.	过滤器的构造 和粉尘的清除	325			

2.7.3	功能和特性	351	1.	对瓦斯气体采取的措施	378
1.	功能	351	2.	消毒的措施	378
2.	特性	351	3.	燃烧调整装置	378
2.7.4	使用实例	352	2.10.5	应用实例	378
2.8	发生源用的空气净化装置	352	2.11	内装通风机式空气净化设备	379
2.8.1	种类	352	2.11.1	种类	379
2.8.2	发生源用静电式集尘装置的性能	352	2.11.2	构造和功能	379
2.8.3	构造	353	2.11.3	特性	379
2.8.4	科特雷尔型静电式集尘装置	354	1.	安全	379
2.8.5	气体净化装置	354	2.	噪声	380
2.9	除气过滤器	355	3.	风量	380
2.9.1	种类	355	4.	粉尘捕集效率	380
2.9.2	构造和功能	357	5.	容尘量	381
2.9.3	特性	358	6.	除气效率	381
1.	压力损失	358	7.	除气容量	381
2.	除气效率	359	2.11.4	设置方法	382
3.	除气容量	360	1.	安装内装通风机式空气净化设备时的室内污染浓度	382
2.9.4	应用例	364	2.	稳定运行状况	382
2.10	汽车用空气滤清器	367	3.	达到稳定值的时间	383
2.10.1	空气滤清器的作用	367	2.12	防尘面具	383
2.10.2	种类	369	2.13	洁净室用的洁净工作服	386
2.10.3	构造和功能	372	2.13.1	洁净工作服的衣料	387
1.	油槽式空气滤清器	372	2.13.2	洁净工作服(无尘工作服、无菌工作服)	388
2.	干式空气滤清器	374	2.13.3	生物洁净室的安全管理和使用实例	390
3.	湿式空气滤清器	375	文	献	392
4.	旋风分离式空气滤清器	376			
5.	组合式空气滤清器	376			
2.10.4	特性	377			

第三章 空气净化设备的试验方法

3·1	一般事项	393	3·3·2	测定位置和测定点	407
3·2	空气净化装置的试验方法	394	1.	圆形截面情况	407
3·2·1	第一性能试验方法 (预过滤器)	394	2.	长方形和正方形截面情况	407
1.	性能	394	3.	减少测定点的方法	408
2.	性能试验装置	395	3·3·3	气体流量	409
3.	性能试验用测定仪器	396	3·3·4	压力损失	410
4.	性能试验方法	396	3·3·5	粉尘浓度	411
3·2·2	第二性能试验方法 (中效、高效空气过滤器)	397	1.	粉尘采样装置的组成	411
1.	性能	399	2.	粉尘捕集部分	411
2.	性能试验装置	399	3.	气体吸入部分	411
3.	性能试验用测定仪器	400	4.	吸入流量测定部分	411
4.	性能试验方法	401	5.	粉尘采样方法	412
3·2·3	第三性能试验方法 (超高效空气过滤器)	404	6.	等速吸引流量	413
1.	性能试验项目	404	7.	测定方法	413
2.	气溶胶的种类和浓度	404	8.	粉尘浓度的计算	414
3.	性能试验装置	404	9.	粉尘流量的计算	415
4.	检漏试验装置	404	3·3·6	粉尘捕集效率和透过率	415
5.	性能试验用测定仪器	406	3·3·7	粉尘捕集效率的测定误差	416
6.	性能试验方法	406	3·4	洁净室和洁净工作台的试验方法	418
3·3	集尘装置的试验方法	406	3·4·1	洁净室的试验方法	418
3·3·1	集尘装置的性能	406	1.	终端过滤器安装试验	419
			2.	诱发泄漏试验	420