



国际环境工程先进技术译丛

室内空气净化 原理与实用技术

室内空气清淨便覽

[日] 社团法人 日本空气净化协会 (社团法人 日本空氣清淨協會)

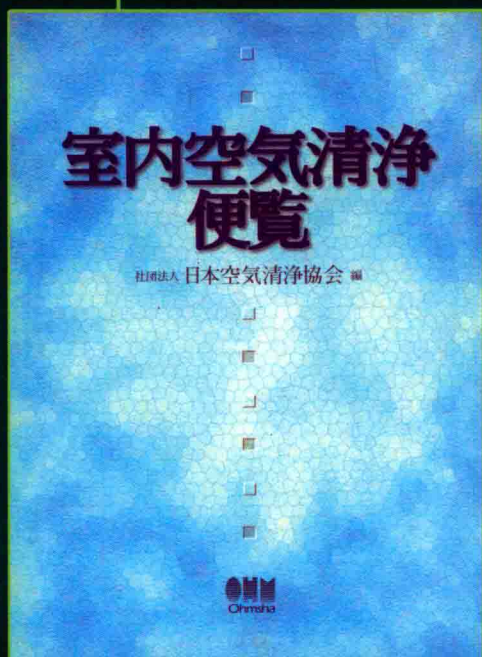
编

杨小阳

译



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际环境工程先进技术译丛

室内空气净化原理与 实用技术

[日] 社团法人 日本空气净化协会
(社团法人 日本空气清净协会) 编
杨小阳 译



机械工业出版社

本书分为“基础篇”“仪器篇”和“应用篇”共3篇。第1篇从常规污染物的物理和化学性质入手,针对其对室内环境的影响、相关空气质量标准、检测方法、形成机制、空气污染负荷、净化原理和相应操作等基础性问题进行了阐述;第2篇主要围绕各类空气净化设备展开,就其净化机制、代表性设备、性能试验方法、遴选方式、维护管理以及经济性等方面作了较为全面的介绍;第3篇分别就商用和居住这两类建筑物中室内空气净化所面临的实际问题展开了详细的讨论。

本书的读者对象是空气净化设备工程师、建筑空调净化系统设计师以及相关领域的学生、研究人员和学者。

Original Japanese edition

Shitsunai Kuuki Seijyou Binran

Edited by Shadan - houjin Nihon Kuuki Seijyou Kyokai (Japan Air Cleaning Association)

Copyright © 2000 by Shadan - houjin Nihon Kuuki Seijyou Kyokai (Japan Air Cleaning Association)

Published by Ohmsha, Ltd.

This Simplified Chinese Language edition published by China Machine Press

Copyright © 2016

All rights reserved.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版,未经出版者书面允许,本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有,翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2015-2221号。

图书在版编目(CIP)数据

室内空气净化原理与实用技术 / (日) 社团法人 日本空气净化协会编; 杨小阳译.
—北京: 机械工业出版社, 2016.9
(国际环境工程先进技术译丛)
ISBN 978-7-111-54643-6

I. ①室… II. ①社… ②杨… III. ①室内空气—空气净化—研究
IV. ①X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 200018 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 顾 谦 责任编辑: 顾 谦

责任校对: 肖 琳 封面设计: 马精明

责任印制: 李 洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2016年9月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·27.75印张·533千字

0001—2600册

标准书号: ISBN 978-7-111-54643-6

定价: 119.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

译者序

在过去的几十年中，我国国民经济实现了飞速发展，但随之而来的是严重的空气污染问题。特别是从2012年开始，全国范围内长时间的区域性空气污染事件频发。而另一方面，随着人民生活水平的日益提高，公众对环境问题的关心程度也逐渐提升。尤其是在重污染天气下，人们大都会有意识地减少室外活动，以避免在较高浓度污染空气中的暴露。但事实上由于室内环境相对封闭，如果房间内部的空气污染物未得到及时、有效去除，那么室内人员所受到的健康影响往往会更加严重。此外，除了来自于室外环境大气的污染，装修建材或家具中甲醛等有毒物质的释放也是室内空气污染物的重要来源，且同样严重危害室内人员的健康。因此，人们对于室内空气污染状况的改善有着极为迫切的需求，而解决这一问题的有效手段便是室内空气净化技术。

由社团法人日本空气净化协会编写的《室内空气清淨便覽》一书，于2001年由日本 Ohmsha 出版社出版发行。本书是日本学者在空气净化领域几十年研究与实践的积累和总结。2015年春，受机械工业出版社的委托，本人开始着手本书的翻译工作，并于1年后提交译稿。依照委托方的建议，为了明确本书的内容以便于读者的选择，将书名译为《室内空气净化原理与实用技术》。

虽然本书从出版至今已逾15年，其中一些内容也略显年代感，但从净化理念的角度来看，仍具有很好的借鉴意义和较强的前瞻性。由于本书涉及物理、化学、机械、大气环境、流体力学、建筑学、生物学、微生物学和医学等多个学科内容，加之本人学术和文字水平有限，因此对很多词汇或概念的把握不够准确，也恳请读者对书中出现的疏漏或不妥之处予以批评指正。

最后，感谢本人的同事，刘世杰博士，在文字方面提供的诸多宝贵意见。另外，陈楠女士对于本书的翻译给予了很多建议并提供了许多帮助，在此表示感谢！

译者

原书前言

昭和 38 年，随着日本空气净化协会的成立，作为会刊的《空气清浄》（空气净化）也正式发行。该期刊自创刊以来，其内容受到了各界的高度评价。《空气净化》作为日本的代表性杂志之一，于昭和 45 年由美国政府出资翻译并出版发行，全英文名为“Air Cleaning”。

由于《空气净化》所涉及的是有关空气净化技术的最新进展，所以其内容超出了现有技术领域的分类方法，开创了崭新的空气净化学体系。

在这一背景下，为纪念《空气净化》杂志第 100 期的刊行，本书的前身《空气净化手册》在多年积淀的基础上进一步归纳整理，从而作为空气净化学技术的集大成者得以出版。在其后的 18 年间，随着社会的不断发展，各方需求也日新月异。在本书经过全新改版后，其内容焕然一新。由于在此之前，我们曾将原手册中洁净室的相关部分单独提出并经修订后出版发行了《洁净室手册》，因此本书并不包含洁净室部分的内容，而是主要围绕普通环境下空气净化的问题进行探讨。

平成 10 年 6 月，出版委员会中设立了包括 Ohmsha 出版社在内的“室内空气净化便览编辑委员会”。在经过 5 次反复讨论后，就有关涉及内容、分类、目录、执笔者等问题均形成了比较成熟的方案。平成 10 年 11 月编辑委员会正式委托执笔委员会进行内容撰写。

从注重专业水平的角度出发，考虑到本书的出版应委托专业性较强的出版社，因此我们与之前曾经负责《空气净化手册》出版事务的 Ohmsha 出版社进行了协商，并于平成 11 年 12 月与该公司初步签订了协议，委托其进行本书的编辑与发行等事项。

由于受到各种情况的影响，本书的集稿工作用去了较长时间。Ohmsha 出版社于平成 12 年 1 月开始了本书的编辑，直至今日终于得以出版。

由于本书追求的特点是清晰明了，且内容涉及领域广泛，因此不仅会存在由于快速的科技发展而导致的一些技术内容相对滞后的情况，同时由于执笔者所在领域不同而致使思维方式或习惯也存在一定差异，使得在观点或看法内容上会出现不尽统一的情况，因此希望读者能够给予谅解。

虽然本书是以空气净化学为基础而编纂的，但是如果本书能够成为各个领域空气净化技术应用与发展的契机，那么作为本书的编者将不胜感激、荣幸

VI 室内空气净化原理与实用技术

之至。

最后，我作为编辑委员会委员长向发行《空气净化》做出巨大贡献的社団法人日本空气净化协会会长、各位会员、以大竹事务局长为中心的事务局的各位同仁，以及执笔者、部门主查、编辑委员、Ohmsha 出版社的各位，表示由衷的感谢和敬意。

平成 12 年 7 月
本书编辑委员会
委员长 池田耕一

作者名单

(五十音顺序)

编辑委员会

- 编辑顾问** 吉泽 晋 (爱知淑德大学)
入江 建久 (信州大学)
- 编辑委员长** 池田 耕一 (日本国立公众卫生院)
- 编辑委员** 岗田 孝夫 (高砂热学工业股份有限公司)
小竿 真一郎 (日本工业大学)
高鸟 浩介 (日本国立医药品食品卫生研究所)
藤井 雅则 (三械工业股份有限公司)
掘 雅宏 (横滨国立大学)
山崎 省二 (日本国立公众卫生院)
刘 瑜 (新日本空调股份有限公司)
- 编辑干事** 大竹 信义 (社团法人 日本空气净化协会)

执笔委员

- 秋田 一男 (日本国立相模原医院)
池田 耕一 (日本国立公众卫生院)
石津 嘉昭 (财团法人 烟草科学研究财团)
入江 建久 (信州大学)
内山 岩雄 (日本国立公众卫生院)
江见 准 (金泽大学)
大谷 吉生 (金泽大学)
大冢 一彦 (新田股份有限公司)
镰田 元康 (东京大学)

- 川村 秀夫 (株式会社 忍足研究所)
橘高 义典 (东京都立大学)
木村 洋 (株式会社 长谷公司)
仓田 雅史 (株式会社 山下设计)
坂本 和彦 (埼玉大学)
阪口 雅弘 (日本国立传染病研究所)
盐津 弥佳 (日本国立公众卫生院)
涉谷 和俊 (东邦大学)
杉田 直记 (绿色安全股份有限公司)
高鸟 浩介 (日本国立医药品食品卫生研究所)
高桥 和宏 (日本无机有限公司)
武田 隼人 (进和科技股份有限公司)
中岛 正人 (山下设计股份有限公司)
西本 胜太郎 (长崎市立市民医院)
野崎 淳夫 (东北文化学园大学)
藤井 修二 (东京工业大学)
藤井 雅则 (三机工业股份有限公司)
细浏 和成 (东京都立产业技术研究所)
掘 雅宏 (横滨国立大学)
本间 克典 (社团法人 日本作业环境测定协会)
松村 年郎 (日本国立医药品食品卫生研究所)
松村 芳美 (社团法人 产业安全技术协会)
山下 宪一 (山下实验用粉体研究所)
山本 宗宏 (尼酷有限公司)
山崎 省二 (日本国立公众卫生院)
山田 由纪子 (明治大学)
吉泽 晋 (爱知淑德大学)
吉田 典生 (尼酷有限公司)
吉田 真一 (九州大学)
刘 瑜 (新日本空调有限公司)
吕 俊民 (有限公司 竹中工务店)

目 录

译者序	
原书序	
原书前言	
作者名单	

第 1 篇 基础篇

第 1 章 污染物的物理性质和化学性质	3
1.1 污染物	3
1.1.1 简介	3
1.1.2 基本事项	3
1.1.3 污染物的分类和特征	5
1.2 悬浮颗粒物的物理性质	9
1.2.1 粒子运动的基础	9
1.2.2 重力场中的运动	10
1.2.3 惯性运动	11
1.2.4 离心力场内的粒子运动	12
1.2.5 电场中带点粒子的运动	13
1.2.6 热泳现象	13
1.2.7 布朗运动	14
1.2.8 粒子向壁面的扩散和沉积	15
1.2.9 气溶胶的碰并	15
1.3 悬浮颗粒物的化学性质	16
1.3.1 简介	16
1.3.2 大气中悬浮颗粒物的形态和化学性质	18
1.3.3 大气悬浮颗粒物的组成	19
1.3.4 大气悬浮颗粒物的排放源	20
1.4 悬浮颗粒物的产生	21

X 室内空气净化原理与实用技术

1.4.1 室内的产生	21
1.4.2 大气中颗粒物污染	22
1.4.3 实验用颗粒物的发生	24
1.5 气态污染物质的物理和化学性质	37
1.5.1 物理性质	37
1.5.2 物理性质与状态	38
1.5.3 环境中的反应	38
1.6 气态污染物的来源	42
1.6.1 室内空气污染物的来源	42
1.6.2 气态大气污染物的来源	43
1.6.3 标准气体的制备	44
1.6.4 排放量的控制	45
参考文献	45
第2章 污染导致的损害及其发生机制	47
2.1 对人体的损伤	47
2.1.1 人体的结构和机能	47
2.1.2 对皮肤的损伤	49
2.1.3 过敏	52
2.1.4 微生物的生态及其病原性	55
2.1.5 感染源和感染途径	56
2.1.6 人体的免疫机制	57
2.1.7 传染的确定和传染病	58
2.2 颗粒物引发的污染和损伤	59
2.2.1 进入人体的颗粒物	59
2.2.2 颗粒物对健康的危害	62
2.3 气态污染物造成的污染及健康损伤	63
2.3.1 进入人体的气态污染物	63
2.3.2 气态污染物导致的健康损伤	64
2.4 微生物对建筑物的污染	67
2.4.1 污染形成的机制	67
2.4.2 污染微生物	69
2.4.3 导致微生物污染产生的主要因素	76
2.4.4 污染对建筑物的损害	79
2.5 对建筑物的损害	80
2.5.1 使建筑物老化变脏	80

2.5.2	建筑材料老化变脏的发生机制	81
2.5.3	材料表面污垢的形成机制	82
2.5.4	对材料污染性的评估	84
2.5.5	污染的实例	85
	参考文献	88
第3章	环境标准	90
3.1	环境标准的定义和分类	90
3.1.1	根据不同环境对象的分类	90
3.1.2	根据使用方法的分类	90
3.1.3	根据对人体影响的分类	91
3.1.4	根据标准值的获取方式进行分类	91
3.1.5	根据限定方式进行分类	91
3.1.6	根据不同污染源控制标准的分类	92
3.1.7	根据污染控制的紧要性进行分类	92
3.1.8	根据污染物的形态进行分类	92
3.2	各种空气污染物的环境标准	93
3.2.1	二氧化碳的环境标准	93
3.2.2	一氧化碳的环境标准	93
3.2.3	氮氧化物的环境标准	94
3.2.4	硫氧化物的环境标准	95
3.2.5	甲醛的环境标准	95
3.2.6	臭氧的环境标准	96
3.2.7	臭气的环境标准	97
3.2.8	水蒸气(湿度)的环境标准	97
3.2.9	悬浮颗粒物(SPM)的环境标准	97
3.2.10	石棉的环境标准	98
3.2.11	过敏原的环境标准	98
3.2.12	微生物的环境标准	99
3.2.13	氡子体的环境标准	99
3.2.14	香烟烟雾的环境标准	99
3.2.15	燃烧设备排放的环境标准	100
3.2.16	挥发性有机物(VOC)的环境标准	100
3.3	环境标准值的运用	100
	参考文献	101

第4章 污染物的检测方法	102
4.1 检测方法概要	102
4.1.1 《楼宇卫生管理法》	102
4.1.2 空气调和·卫生工学会规定的换气标准 HASS 102	103
4.1.3 检测仪器的校准	104
4.2 气态污染物浓度的检测方法	104
4.2.1 检测管法	104
4.2.2 一氧化碳 (CO)	107
4.2.3 二氧化碳 (CO ₂)	108
4.2.4 二氧化硫和硫氧化物	109
4.2.5 氮氧化物	110
4.2.6 氧化剂和臭氧	111
4.2.7 烃类化合物	114
4.2.8 甲醛 (HCHO)	115
4.2.9 挥发性有机物 (VOC)	118
4.2.10 氡	124
4.3 颗粒物的检测方法	128
4.3.1 悬浮颗粒物	128
4.3.2 微生物粒子	143
4.3.3 空气中过敏原的检测方法	154
参考文献	155
第5章 室内空气污染物质浓度的形成机制	159
5.1 稳定浓度的计算	159
5.1.1 仅通过自然换气对室内空气进行净化时的情况	160
5.1.2 使用送风机内置式空气净化装置时的情况	161
5.1.3 设置了具有室外空气循环功能净化设备时的情况	161
5.1.4 有多个房间时的情况	162
5.2 非稳定浓度的计算	163
5.2.1 室外环境空气污染浓度 C_0 、室内污染物排放量 M 、 换气量 Q 一定时的情况	163
5.2.2 室外环境空气污染浓度 C_0 和室内污染物产生排放量 M 分别与时间具有 函数关系时的情况	163
5.2.3 换气量出现变化时的情况	164
5.2.4 污染物具有吸附性时的问题	165

5.3 必要净化能力	166
5.3.1 必要换气量	166
5.3.2 使用送风机内置式空气净化器时的情况	168
5.3.3 设置了具有室外空气循环功能的净化设备时的情况	168
5.3.4 污染物具有吸附性时的情况	168
5.4 室内污染物排放量	169
5.4.1 从人体排放的污染物	169
5.4.2 由建筑材料及设备引起的污染	175
5.4.3 香烟烟雾	187
参考文献	191
第6章 大气污染与污染负荷	194
6.1 大气污染的实际情况	194
6.1.1 硫氧化物	196
6.1.2 氮氧化物	196
6.1.3 一氧化碳	196
6.1.4 二氧化碳	196
6.1.5 光化学氧化剂	196
6.1.6 颗粒物	197
6.1.7 花粉	197
6.1.8 甲醛·挥发性有机物	198
6.1.9 放射性物质	199
6.2 建筑物附近的污染	199
6.2.1 建筑物周围的气流	200
6.2.2 建筑物附近的污染物扩散	202
6.3 污染负荷设计的地域特征	205
6.3.1 大气环境监测数据的概要	205
6.3.2 大气污染物浓度的设计资料	210
参考文献	215
第7章 净化原理及其操作方法	217
7.1 灭菌法	217
7.1.1 灭菌的定义	217
7.1.2 灭菌的分类	218
7.1.3 加热灭菌法	218
7.1.4 辐照灭菌法	218

7.1.5 气体灭菌法	218
7.1.6 过滤灭菌法	219
7.1.7 其他灭菌方法	219
7.1.8 灭菌验证	219
7.1.9 灭菌的判定	219
7.1.10 灭菌指示物	219
7.2 消毒法	220
7.2.1 消毒的定义	220
7.2.2 化学消毒法	220
7.2.3 煮沸法等加热消毒法	221
7.2.4 紫外线消毒法	222
7.3 净化的操作	222
7.3.1 使用气体进行净化	222
7.3.2 使用液体进行净化	223
7.3.3 净化操作的实例	223
参考文献	228

第 2 篇 仪器篇

第 1 章 空气污染物的去除机制	231
1.1 颗粒物的净化原理和实用设备	231
1.1.1 集尘器的基本结构	231
1.1.2 空气中的颗粒物在力场中的移动速度	232
1.1.3 集尘器的集尘原理和集尘率	233
1.1.4 集尘器的种类和基本性能	235
1.1.5 空气过滤器的除尘理论	239
1.2 气态物质的去除机制	250
1.2.1 分类和基本事项	250
1.2.2 吸收法	250
1.2.3 吸附法	253
1.2.4 燃烧法	257
1.2.5 反应法	257
参考文献	258
第 2 章 空气净化设备各论	259
2.1 分类及基本事项	259

2.1.1	污染物的种类及其净化方法	260
2.1.2	空气净化设备的分类	261
2.2	粗滤器	263
2.2.1	种类及结构	263
2.2.2	性能	264
2.3	单元式空气过滤器	266
2.3.1	种类及结构	266
2.3.2	性能	270
2.4	自动卷绕式空气过滤器	271
2.4.1	种类及结构	271
2.4.2	性能	273
2.5	静电式空气净化设备	273
2.5.1	种类及结构	273
2.5.2	性能	277
2.6	高效空气过滤器	281
2.6.1	种类及结构	281
2.6.2	性能	290
2.7	气体净化过滤器	294
2.7.1	吸附剂的种类与过滤器的形状和特征	294
2.7.2	气态污染物净化过滤器的性能	297
2.7.3	过滤器的用途和设计示例	299
2.7.4	环境检测	305
2.7.5	其他的气态污染物净化过滤器	305
2.8	废气排放净化设备	305
2.8.1	用于 RI 相关设施的净化单元	306
2.8.2	用于生物危害物相关设施的净化单元	307
2.8.3	用于除臭的净化单元	307
2.9	小型空气净化器	310
2.9.1	种类及结构	310
2.9.2	性能	312
2.9.3	设备的选择方法	312
2.9.4	注意事项	316
	参考文献	317
第3章 空气净化设备的试验方法		318
3.1	基本事项	318

3.2	空气净化设备的试验方法	319
3.2.1	HEPA/ULPA 过滤器及高效过滤器的试验方法	319
3.2.2	中效过滤器的试验方法 (比色法)	326
3.2.3	粗滤器的试验方法 (计重法)	329
3.2.4	电集尘器试验方法	330
3.2.5	商用香烟烟雾净化器性能的试验方法	330
3.3	小型空气净化器的试验方法	334
3.4	去除对象为气态物质的空气净化器的试验方法	342
3.4.1	简介	342
3.4.2	评价项目	343
3.4.3	试验对象气体和试验浓度	343
3.4.4	净化能力试验	345
3.4.5	试验示例	347
	参考文献	350
第4章	空气净化器的选择方法	351
4.1	简介	351
4.2	用于去除颗粒物的空气净化设备的选择方法	352
4.2.1	选择方面的注意事项	352
4.2.2	选择的顺序	355
4.2.3	选择的示例	357
4.3	用于去除气态污染物的空气净化设备的选择方法	357
4.3.1	选择上的注意事项	357
4.3.2	选择的顺序	358
4.3.3	选择示例	359
	参考文献	363
第5章	空气净化设备的维护与管理	364
5.1	目的	364
5.2	适用范围	364
5.3	管理计划	365
5.3.1	管理组织方式	365
5.3.2	业务	365
5.4	管理标准	367
5.4.1	一般注意事项	367
5.4.2	单元式空气过滤器	367

5.4.3 自动更新式空气过滤器	368
5.4.4 静电式空气净化设备	369
5.4.5 送风机内置式空气净化设备	373
参考文献	373
第6章 空气净化的经济性	374
6.1 空气净化的经济性	374
6.2 初始成本	374
6.2.1 空气净化设备的初始成本	374
6.2.2 送风机和管道系统的初始成本	375
6.2.3 电气设备的初始成本	375
6.2.4 空间的初始成本/建筑费用	376
6.3 运行成本	376
6.3.1 滤料的维护费用	376
6.3.2 空气净化设备的运行费用	381
6.3.3 保养和修缮成本	382
6.3.4 空间的利润	383
6.3.5 其他费用	383
6.4 经济性评价	384
6.4.1 投资回收期法	384
6.4.2 年度运行费用法	384
6.4.3 生命周期成本 (LCC) 法	386
6.4.4 经济评价指标的算例	387
6.4.5 关于评价方法	393
6.5 经济的空气净化	394
6.6 未来有关经济性的研究	395
参考文献	396

第3篇 应用篇

第1章 普通楼宇的空气净化	399
1.1 住宅以外普通楼宇空气净化的特殊性	399
1.1.1 大气污染的影响	399
1.1.2 室内的空气洁净度	399
1.1.3 室内污染的产生	400