

大气环境工程师 实用手册

DAQI HUANJING GONGCHENGSHI
SHIYONG SHOUCHE

王玉彬 主编



中国环境科学出版社

大气环境工程师实用手册

王玉彬 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

大气环境工程师实用手册 / 王玉彬主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2003.10

ISBN 7-80163-773-9

I. 二… II. 王… III. 大气环境-环境工程-技术手册
IV. X16-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 094879 号

三叶草工作室



即中国环境科学出版社环境科学编辑部。工作室以出品环境类图书为宗旨, 服务社会。工作室同仁愿成为您的朋友。

出版发行 中国环境科学出版社

(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: sanyecao@cesp.cn

电话号码: (010) 68224798

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2003 年 10 月第一版 2003 年 10 月第一次印刷

印 数 1—5 000

开 本 850×1168 1/32

印 张 26.25

字 数 750 千字

定 价 58.00 元



【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本工作室更换

对“大气环境工程师实用手册”的一些建议

1. 这本书内容涉及面很广，资料也较丰富，有一定的读者群。

2. 建议能收集最新的资料、数据，并请相应专业的专家审阅，提出意见，以保证本书的质量。事实上哪一位专家都无法了解这么多、这么专，至少每一篇有一位最熟悉的专家审为好。

若收集的资料数据较陈旧，那么本书的价值就会大为降低。

3. 第一篇中有以下建议：

1-3 讲大气污染源及分类：1-3-2-4 海运+内河航运

1-3-3 农业污染源：

1-3-3-1 大气污染是造成农业污染的重要根源：“不合逻辑”。因讲大气的污染源，其中有农业源，意思应是农业上如 NH_3 、 CH_4 、有机物等污染物释放到空气中，而成为大气污染源，而不是相反；大气污染物进入土壤、植物而污染了农业。请确定。

1-3-3-2、1-3-3-3、1-3-3-4 等均如此。

1-3-4 核事业污染源中 1-3-4-3 “微波与……” 不属核污染。

1-4-2 硫化物易误解为 H_2S ，建议改为“含硫化合物”指 H_2S 、 SO_2 、 SO_3 等，甚至还有硫酸、硫酸等。

1-4-6 较次要的污染物定义是什么？次级污染物指的什么？是指的二次污染物吗？

1-9 时刻不忘的几种污染物大气的句：什么叫“时刻不忘”？

其中雷暴、雪暴、尘暴、风暴、火山喷发、龙卷（风）均是自然现象，不是人为污染。但这种自然现象可能对环境有较大影响。提法要科学。“油烟暴”指什么？石油井喷、燃烧，还是指别的什么？

4. 第二篇

有的落后锅炉要淘汰了，不能写进去，要请锅炉、窑炉专家审查为好。

5. 第四篇：生产工艺流程：现有许多工艺流程污染重，难治理或治理无望也在淘汰，并推行清洁生产工艺，建议请相应专家审定。

其它各篇也是类同，供参考。

中国工程院院士
中国环境监测总站研究员

魏复生
6.1.9.29

注：专家（院士）施教，书者悉心聆听，并认真进行了修改。

导 读

《大气环境工程师实用手册》编委们出于为广大环保工作者服务之目的，以科学创新的精神，打破了环保学科的分类体系，大胆探索，编辑出符合工作需要的《大气环境工程师实用手册》，解决了环保工作者查找资料“难”的实际问题。编委们心系全局，积极为环保事业奉献的精神值得赞佩。

该手册内容比较全，知识比较新，学科覆盖面比较广。所用数据详实可靠、可信。材料的选用上有针对性、实效性，颇具“权威性”、“实用性”的特点。该手册可以解决所遇到的一些实际问题，减少到处查找资料的时间，可提高工作效率。该手册可以作为环保工作者手边案头的工具书，值得各行各业关心环保工作及致力于环保事业的人们一读。

该手册把诸多的资料有机地联系在一起，供世人选用，这就是一个创新。这些资料在保护人类赖以生存的地球环境中定能发挥更加显著的作用。

大气污染具有成分复杂，随时多变，在时间、空间上分布广泛的特点。要真正查清、查准其污染状况比较困难，为解决好这一问题，必须提高时空观念，充分发挥信息网络作用，才能使大气污染治理工作步上新台阶。

中国环境科学研究院学术委员会主任
国家环境保护总局科学技术顾问委员会副主任
中国工程院院士

刘鸿亮

引言

环境保护是我国一项基本国策，随着社会主义现代化建设的发展和经济体制改革的深入，环境保护工作越来越引起政府、企事业单位和广大人民群众的关注和重视。绝非危言耸听，当前人口膨胀、能源消耗、环境污染等问题严重地限制了可供人类选择的前途。对这种情况，无论我们怎样强调也不会过分，当然世界各国的政府和人民已经注意到了这种情况。1992年，联合国“环境与发展”大会以后，实施可持续发展战略，促进经济建设与环境保护的协调发展已成为世界各国的共识。实践证明，以大量消耗资源、粗放经营为特征的传统经济发展模式，经济效益低，污染物排放量大，不但使环境质量发生不断的恶化，损害人民健康，而且经济也难以实现可持续发展，我们要善于从实践中汲取正反两方面的经验，充分发挥社会主义制度的优越性，在建立社会主义市场经济和深化改革、扩大开放的过程中，积极探索，勇于创新，不断完善各种政策法规，强化对环境的管理，开拓具有中国特色的环境保护道路，在实现经济持续、快速、健康发展的同时，创造一个清洁安静、优美舒适的工作环境和生活环境，完成好历史赋予我们的光荣而艰巨的任务。

要完成这样艰巨的任务，仅仅靠良好的主观愿望是不行的，要实事求是地按客观规律办事。这就需要我们各级组织、各阶层广大人民群众认真学习，深刻理解人口、资源、发展、环境的辩证关系，增强全民的环境保护意识，广泛地了解并掌

握人类经济活动和社会行为对环境变化过程的影响，从中不断探索出其内在的变化规律。通过科学严谨的实验、监测数据的积累，总结归纳正确的结论，培养分析和解决环境问题的技能，提高对环境质量变化的识别力。

大气环境是人类生存的自然环境的重要组成部分，大气污染造成的危害，直接危及到人类的健康与生存，已引起人们的严重关注，人类在改造自然创造财富的同时，也给环境造成了严重的污染，为了实现保护环境的宏伟目标，我们要以珍惜我们共同的家园——地球为出发点，认真地了解和掌握环境的构成及其内在的规律，把握相互制约的因素，对我们生存的空间加以可持续的开发、利用和保护。为此，《大气环境工程师实用手册》提供了颇具科学性、实用性的大气污染及污染物、污染源、污染治理和综合利用等方面的资料、经验和做法，可供广大科技工作者、环保工作者、企事业单位关心环境保护工作、致力于环境保护事业的人们参考使用。

参加编辑的同志，在该“手册”中付出了辛勤的劳动，但由于水平有限，不足甚至错误之处在所难免，请广大读者批评指正。

我们应当“扬长避短”、“趋利避害”，为改善大气环境，保护臭氧层，造福子孙后代做出新贡献。

抚顺市副市长

抚顺市环保局原局长 国长青

序 一

人口、资源、环境是当今世界各国都十分关注的，涉及到人类生存与发展的三大课题。尤其是环境问题，已成为全球的热点。

为了解决环境问题，使“地球村”俏丽而发达，使人类社会持续健康发展，无数专家学者、志士仁人，不断实践着、认真研讨着、大胆探索着，力求在各自的工作领域内，从理论和实践的结合上寻求解决环境问题的出路。《大气环境工程师实用手册》一书编辑出版，就是抚顺市环保战线的广大干部职工和科技工作者，在国内外同行的大力支持帮助下，从大气污染防治这一侧面，在理论与实践的结合上探索防治种种大气污染出路的大胆尝试。

该书打破了环保学科的分类体系，基本按着环境保护的工作程序，创造性地把环保“大气污染及其防治”、“锅窑炉设备和锅窑炉实用知识”、各种“工业毒物危害”、各种“生产工艺流程和污染物控制点”、主要工业企业和乡镇工业企业的“污染物排放系数及污染物排放量的计算方法”、“大气污染监测”、“大气污染评价”、“大气环境预测”、“城市大气总量控制”、“环境监察、排污收费制度、法规政策选录”等内容全面、系统地展现在环境工作者面前。该书的内容是集国内外有关专家学者在大气污染防治方面的理论研究成果和实践经验的总结和概括。它内容全、知识新、数据详实，具有权威性、知识性和可操作性，是对目前从事大气污染防治的科技工作者具有较大实用价值的综合性资料书籍。该书既可作为所有环保工作者可靠的工具书，也值得一切关怀环境保护工作，致力于环境保护事业的人们一读。

中共抚顺市委副书记

抚顺市环保局原局长 王建成

序 二

在浩瀚的宇宙中，地球令人着迷，地球被大量的空气包围着。人类活动的急剧扩大，以及人口的增长，给地球带来了过量的负荷。人类活动产生的氟氯烃气体不断破坏着保护地球不受太阳紫外线辐射伤害的臭氧层，在南极上空已出现臭氧空洞，地球更令人担忧。大气质量的好与坏，涉及到人体健康、工农业生产乃至整个生态系统。解决大气污染已成为环境科技工作者义不容辞的责任。

为了保护好人类共有的俏丽的“地球村”，辽宁抚顺的广大环保科技工作者发扬了勇于开拓、不断创新、奋力拼搏的精神，以解决实际问题为出发点，创造性地把海内外学者、专家的技术精华，有机地编汇到《大气环境工程师实用手册》中来。读者查阅该手册，犹有先生就在面前之感，对所需解决的问题，很快就能够了如指掌，产生了综合效应，更体现了该书的实用性、先进性、科学性。

在广大环境科技工作者以披荆斩棘的雄姿迈进 21 世纪的年代里，该手册的问世，定能发挥出环境科技工作者的“床边、案头”得力的工具书的作用，为了实现造福人类的宏伟目标，我们要通过一系列技术措施，对“人类—环境系统”实行适当的管理与控制，解决大气污染，改善大气环境，解决我们所面临的环境与发展的一系列问题。保护臭氧层，造福子孙后代，是我们的责任。未来的美好世界，一定属于积极努力为保护“地球村”而战斗的人们！

抚顺市环境保护局局长 于政利

目 录

第一章 大气污染及其防治	1
第二章 锅、窑炉设备及其实用知识	54
第三章 工业毒物中毒	239
第四章 生产工艺流程及污染物控制点	278
第五章 污染物排放系数及污染物排放量计算方法	330
第六章 大气污染监测	501
第七章 大气污染评价	537
第八章 大气环境预测	597
第九章 大气污染总量控制	631
第十章 环境监察、排污收费制度、法规政策选录	695
第十一章 附录	768
主要参考文献	810

表目录

第一章 大气污染及其防治

表 1-1	干洁空气的组成	6
表 1-2	大气中气体污染物分类表	7
表 1-3	工业企业向大气中排放的主要污染物	10
表 1-4	石油化工厂主要大气污染物	12
表 1-5	除尘设备的分类及性能	24
表 1-6	有色冶炼烟尘特性	28
表 1-7	水泥窑烟气组成成分	29
表 1-8	黑液回收炉烟气特性	30
表 1-9	热力燃烧所需温度和停留时间	32
表 1-10	森林火灾释放的污染物	53

第二章 锅、窑炉设备及其实用知识

表 2-1	火管锅炉代号	62
表 2-2	水管锅炉代号	63
表 2-3	燃烧方式代号	63
表 2-4	林格曼烟尘浓度表	64
表 2-5	燃料的分类	65
表 2-6	我国的重油指标	66
表 2-7	各种燃料的着火温度	67
表 2-8	各种液体燃料的闪点	68
表 2-9	产生 1.0t/h 蒸汽需要的空气量	72
表 2-10	各段烟道的空气渗入系数	73
表 2-11	排烟热损失 q_2	77
表 2-12	q_3 和 q_4 值	77
表 2-13	炉体散热损失 q_5	77
表 2-14	倾斜顺向往复炉排规格及技术特性	85

表 2-15	竖井中气流的速度和煤粉细度 R_{90} 的关系	101
表 2-16	“L”型火焰炉膛尺寸	103
表 2-17	工业窑炉的范畴与种类	130
表 2-18	搪瓷窑热源类型和特点	151
表 2-19	冲天炉吨位与名义直径的关系	156
表 2-20	加热炉常见故障分析	178
表 2-21	除尘器的性能和效率比较	202
表 2-22	旋风除尘器性能与各影响因素的关系	210
表 2-23	燃煤添加剂对比试验	235

第四章 生产工艺流程及污染物控制点

表 4-1	炼铜工艺概况	298
表 4-2	铅工艺流程	299
表 4-3	目前较多用的锌工艺表	302

第五章 污染物排放系数及污染物排放量计算方法

表 5-1	冶金工业污染物排放系数	336
表 5-2	化学工业污染物排放系数	338
表 5-3	有色金属工业污染物排放系数	343
表 5-4	建材工业污染物排放系数	345
表 5-5	烟尘排放系数	346
表 5-6	二氧化硫排放系数	346
表 5-7	乡镇工业污染物排放系数表	348
表 5-8	有色金属产品综合产污和排放系数	369
表 5-9	各行业综合产污和排污系数	370
表 5-10	粗铜冶炼个体和综合产污、排污系数	371
表 5-11	SO ₂ 二次、三次排放系数相对应的浓度与国际的比较	372
表 5-12	世界部分国家铜冶炼 SO ₂ 排放现状对比	372
表 5-13	粗铜冶炼 5 个生产工艺大气污染物原始产污和排污系数	373
表 5-14	铅冶炼污染物的个体和综合产污和排污系数	374
表 5-15	世界部分国家铅冶炼 SO ₂ 排放现状对比	374
表 5-16	锌工业个体和综合产污和排污系数	375
表 5-17	世界部分国家锌冶炼 SO ₂ 排放现状对比	376

表 5-18	2000 年铅、锌工业污染物的产污和排污控制系数	376
表 5-19	铅工业生产各工艺炉种原始产污系数	377
表 5-20	锌工业生产各工艺炉原始产污系数	378
表 5-21	锌工业生产各工艺炉原始排污系数	379
表 5-22	氧化铝装置大气污染物产污和排污系数	380
表 5-23	氧化铝部分污染物综合系数相对应的浓度与国际的比较	381
表 5-24	2000 年氧化铝气污染物产污和排污控制系数	381
表 5-25	各氧化铝厂废气及其污染物产污和排污终端原始系数	382
表 5-26	电解铝大气污染物产污和排污系数(个体系数和综合系数)	383
表 5-27	电解铝的氟化物(折 F)的二次、三次排污系数与国外现状的比较	384
表 5-28	2000 年电解铝各污染物产污和排污系数控制值	384
表 5-29	电解铝厂工业废气及其污染物产污和排污原始系数	385
表 5-30	铝加工各生产线废气中尘的个体和综合产污和排污系数	386
表 5-31	2000 年铝加工产污和排污系数控制值	386
表 5-32	铝产品大气污染物原始产污、排污系数	387
表 5-33	镍生产个体和综合大气污染产污系数及排污系数	388
表 5-34	2000 年镍生产产污和排污控制系数	388
表 5-35	镍生产原始产污系数	389
表 5-36	镍生产原始排污系数	390
表 5-37	电站锅炉系列	391
表 5-38	1991 年全国火电厂各类除尘器的比例	394
表 5-39	我国 1990 年各类火电机组的比例	395
表 5-40	燃煤发电个体和综合产污系数	395
表 5-41	燃煤发电个体和综合排污系数	396
表 5-42	2000 年燃煤发电产污和排污控制系数	396
表 5-43	中低压机组烟尘原始产污、排污系数	397
表 5-44	高压机组烟尘原始产污、排污系数	398
表 5-45	超高压机组烟尘原始产污、排污系数	400
表 5-46	亚临界、超临界压力机组烟尘原始产污、排污系数	401
表 5-47	中低压机组二氧化硫原始产污和排污系数	403
表 5-48	高压机组烟尘原始产污和排污系数	404
表 5-49	超高压机组 SO ₂ 原始产污和排污系数	405
表 5-50	亚临界、超临界压力机组二氧化硫原始产污和排污系数	406
表 5-51	1990 年各种原料、各种规模合成氨产量及比例	406

表 5-52	煤头合成氨生产产污和排污系数	407
表 5-53	气头合成氨生产产污和排污系数	407
表 5-54	合成氨生产二次、三次综合产污和排污系数	408
表 5-55	尿素生产个体和一次产污和排污系数	408
表 5-56	尿素生产一次和二次产污和排污系数	409
表 5-57	碳酸氢铵个体和综合产污和排污系数	409
表 5-58	氮肥工业排污控制系数值(1997—2000 年)	409
表 5-59	国内外硫酸工业废气产污和排污系数比较	410
表 5-60	硫酸生产尾气二氧化硫和硫酸雾产污和排污系数	411
表 5-61	2000 年硫酸工业污染物控制系数	412
表 5-62	硝酸工业 NO_x 排放浓度与控制系数	412
表 5-63	硝酸生产(氮氧化物)一次和综合产污和排污系数	413
表 5-64	国内外硝酸工业 NO_x 产污和排污系数比较	413
表 5-65	磷酸工业生产产污和排污系数	414
表 5-66	磷铵工业生产(NH_3)产污和排污系数	414
表 5-67	磷酸与磷铵生产排污控制系数	415
表 5-68	七种工艺参加统计的污染物	415
表 5-69	炼焦生产个体和综合产污和排污系数	416
表 5-70	炼焦工艺产污和排污控制系数	416
表 5-71	炼焦煤气中 H_2S 原始产污系数	416
表 5-72	炼焦煤气中 H_2S 原始排污系数	417
表 5-73	烧结生产产污和排污系数及其控制系数	417
表 5-74	烧结烟尘原始产污系数	418
表 5-75	烧结 SO_2 原始产污系数	418
表 5-76	烧结烟尘原始排污系数	418
表 5-77	烧结 SO_2 原始排污系数	419
表 5-78	炼铁工艺产污和排污系数及其控制值	419
表 5-79	炼铁烟尘原始产生系数	420
表 5-80	炼铁无组织粉尘原始产污系数	420
表 5-81	炼铁无组织排放烟尘的原始排污系数	420
表 5-82	炼铁烟尘原始排污系数	421
表 5-83	炼钢产污和排污系数及其控制值	421
表 5-84	转炉炼钢烟尘原始产生系数	422
表 5-85	转炉炼钢烟尘原始排污系数	422

表 5-86	平炉炼钢烟尘原始产生系数	422
表 5-87	平炉粉尘原始排污系数	423
表 5-88	电炉炼钢烟尘原始产生系数	423
表 5-89	电炉炼钢烟尘原始产生系数	423
表 5-90	电炉炼钢烟尘原始排污系数	424
表 5-91	水泥工业个体和综合产污和排污系数	425
表 5-92	水泥工业大气污染物排放标准	426
表 5-93	水泥工业原始产污和排污系数	427
表 5-94	国内外水泥工业排污水平比较	434
表 5-95	平板玻璃工业个体和综合产污和排污综合系数表	434
表 5-96	平板玻璃工业产污和排污控制系数	435
表 5-97	平板玻璃工业原始产污和排污系数	435
表 5-98	国内外玻璃炉窑排放标准比较	437
表 5-99	锅炉出力影响系数表	439
表 5-100	不同燃烧方式 α_n 、 C_n 、 A_y 及不同类型除尘器 η 范围	439
表 5-101	不同燃煤方式燃用不同灰分煤时的烟生产污系数	440
表 5-102	$\alpha_n=10\%$ 、 $C_n=30\%$ 时层燃炉烟尘排污系数	440
表 5-103	$\alpha_n=25\%$ 、 $C_n=45\%$ 时抛煤机炉烟尘排污系数	440
表 5-104	$\alpha_n=55\%$ 、 $C_n=30\%$ 时沸腾炉烟尘排污系数	441
表 5-105	燃煤工业锅炉 SO_2 产污系数	442
表 5-106	$P=80\%$ 及 $P=85\%$ 燃煤工业锅炉 SO_2 排污系数	442
表 5-107	燃煤工业锅炉 NO_x 、 CO 、 HC 产污和排污系数	443
表 5-108	茶炉、大灶各类污染物产污和排污系数	443
表 5-109	增编的污染物排放系数 (冶金工业)	444
表 5-110	增编的污染物排放系数 (煤炭(焦炭)工业)	446
表 5-111	增编的污染物排放系数 (无机化学工业)	447
表 5-112	增编的污染物排放系数 (基本有机合成)	448
表 5-113	增编的污染物排放系数 (高分子合成工业)	449
表 5-114	增编的污染物排放系数 (石油工业)	449
表 5-115	增编的污染物排放系数 (日用化学工业)	449
表 5-116	增编的污染物排放系数 (农药工业)	450
表 5-117	增编的污染物排放系数 (造纸工业)	450
表 5-118	增编的污染物排放系数 (建材工业)	450
表 5-119	氟化物进入大气的系数	451

表 5-120	各类油漆有机溶剂挥发量	451
表 5-121	乡镇工业	452
表 5-122	有色金属工业产污和排污系数	454
表 5-123	燃煤发电个体和综合产污系数表	457
表 5-124	燃煤发电个体和综合排污系数表 (烟尘)	458
表 5-125	燃煤发电个体和综合排污系数表 (SO_2)	458
表 5-126	煤粉锅炉粉煤灰排放系数	459
表 5-127	化学工业产污和排污系数	460
表 5-128	钢铁工业生产产污和排污系数	460
表 5-129	水泥工业综合产污和排污系数	461
表 5-130	平板玻璃工业综合产污及排污系数	462
表 5-131	燃煤工业锅炉 SO_2 排放系数 ($\eta=0$, 产污系数)	463
表 5-132	燃煤茶浴炉、食堂大灶烟气中污染物的产污排放系数	463
表 5-133	锅炉 1t 蒸汽所产生的烟气量	463
表 5-134	燃烧 1t 油排放的各污染物量	463
表 5-135	燃烧 100 万 m^3 燃料气排放的各污染物量	464
表 5-136	部分乡镇工业污染物排放系数	465
表 5-137	锅炉热效率表	473
表 5-138	炉膛过剩空气系数 α_0	476
表 5-139	漏风系数 $\Delta \alpha$ 值	476
表 5-140	系数 K_0 值表	477
表 5-141	燃料系数 b 值表	477
表 5-142	硫酸盐浆厂排放的废气量	481
表 5-143	硫酸盐浆厂排放的 SO_x 及 NO_x 浓度	481
表 5-144	常见有害物质 A、B 值	483
表 5-145	槽边排风工艺槽产生有害气体计算参数	484
表 5-146	硫酸溶液蒸气分压力	485
表 5-147	硝酸水溶液上面的 HNO_2 及 H_2O 的蒸气压	485
表 5-148	HCl 水溶液液面上水蒸气和 HCl 气体分压力	486
表 5-149	HF 水溶液液面上 HF 和 H_2O 蒸气分压力	487
表 5-150	水溶液的蒸气压	487
表 5-151	不同压力时的系数 C 值	488
表 5-152	各类油漆有机溶剂挥发量	488
表 5-153	铁水浇入锭模后在不同时间所散发的一氧化碳量	489