

大气污染防治技术

〔日〕坂部 孜等著

屠 文 定 译



中国建筑工程出版社

052
205
2.5

大气污染防治技术

8018

[日]坂部 孜等著

屠 文 定 译

100116

中国\建筑工业出版社

本书从造成大气污染的主要原因——燃烧现象出发,对日本污染防治规定、各种燃烧方法的煤烟发生机理、通常采用的除尘装置、重油和排烟的脱硫、烟气扩散及计测方法等大气污染防治的各个基本方面作了概括的介绍。可供各企、事业单位从事环境保护、三废治理和城市建设工作的工人、干部和工程技术人员参考和借鉴。

大气污染防治技术

屠文定 译

★

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

★

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 7 1/4 字数: 188 千字

1975年7月第一版 1975年7月第一次印刷

印数: 1—15,310 册 定价: 0.64 元

统一书号: 15040·3229

译 者 的 话

遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，为了解国外在大气污染防治工作中的一些做法，以利于我们在实际工作中比较和鉴别，创造适合于我国情况的大气污染防治技术，译者翻译了日本坂部 孜等著の《大气污染防治技术》一书。本书从造成大气污染的主要原因——燃烧现象出发，对日本污染防治规定、各种燃烧方法的煤烟发生机理、国外通常采用的除尘装置、重油和排烟的脱硫、烟气扩散和计测方法等大气污染防治的各个基本方面作了概括的介绍。本书可供企、事业单位从事环境保护、三废治理和城市建设工作的工人、干部和工程技术人员参考和借鉴。

本书在译校过程中对第一章作了删节。

译书曾得到杭州炼油厂郑平欧同志的协助。

译书中可能还存在一些缺点和错误，希望读者批评和指正。

一九七四年十二月

目 录

第一章 大气污染防 治	1
§ 1 煤烟防治的经过	1
§ 2 大气污染防治法的有关规定	3
2-1 指定设备	3
2-2 关于排放标准	6
2-3 紧急时的措施	8
§ 3 煤烟公害的防治	8
第二章 煤烟的发生与防 治	10
§ 1 煤烟的发生源和大气污染物质	10
§ 2 燃料的煤烟发生特性	13
§ 3 燃烧的一般理论	14
3-1 燃烧的必需空气量	14
3-2 热强度	20
3-3 燃料与空气的混合	22
§ 4 固体燃料的燃烧方法	22
4-1 煤与无烟固体燃料	22
4-2 煤的燃烧过程	23
4-3 燃烧装置的容量及其表示方法	24
4-4 炉排燃烧	25
4-5 手烧式	27
4-6 机械燃烧	28
4-7 实际的燃烧装置	30
4-8 促进劣质煤着火的措施	32
4-9 粉煤燃烧	34
4-10 木屑类燃料的燃烧	34
§ 5 液体燃料的燃烧方法	39
5-1 液体燃料的燃烧机理	39

31735

5-2	重油燃烧设备	41
5-3	重油喷烧器的种类和特征	43
5-4	烧油的调节和操作注意事项	50
§ 6	烟黑的发生机理	51
§ 7	火焰中的烟黑浓度及其辐射热和煤烟发生量	54
§ 8	低氧燃烧	56
第三章	集尘装置	59
§ 1	粉尘特性	59
1-1	粉尘浓度	59
1-2	粒径	60
1-3	粒径分布	60
1-4	比重和容重	61
1-5	粘附性	61
1-6	电阻系数	61
1-7	其他	61
1-8	粒子的运动——一次元运动	61
§ 2	处理气体的性质	63
§ 3	集尘性能	63
3-1	压力损失	64
3-2	集尘率	64
§ 4	集尘装置的分类	65
§ 5	重力沉降室	66
§ 6	惯性分离器	67
§ 7	离心力集尘装置	68
7-1	旋风分离器	69
7-2	多管式旋风分离器	72
7-3	旋风湿式分离器	73
§ 8	过滤集尘装置	74
8-1	织物过滤器	74
8-2	填料层过滤器	78
§ 9	洗涤集尘器	79
9-1	水封式	81
9-2	加压式	82

9-3 旋转式	84
§ 10 静电集尘器	85
10-1 原理	85
10-2 科特雷尔型静电集尘器的性能	86
10-3 尘埃的电阻影响	88
10-4 特点	90
§ 11 声波集尘装置	91
11-1 原理	91
11-2 构造	91
11-3 特点	92
§ 12 组合式集尘	92
§ 13 防尘对策实例	93
13-1 水泥厂	93
13-2 电炉	95
13-3 铸造厂化铁炉	98
§ 14 结语	99
第四章 脱硫	101
§ 1 前言	101
§ 2 重油脱硫	105
2-1 间接脱硫与直接脱硫	105
2-2 间接脱硫工艺	106
2-3 直接脱硫工艺	109
2-3-1 固定催化剂床方式	109
2-3-2 沸腾催化剂床方式	113
§ 3 排烟脱硫	116
3-1 湿式脱硫与干式脱硫	116
3-2 湿式吸收法	117
3-2-1 以石灰悬浊液作吸收剂的方法	117
3-2-2 以氨水溶液作吸收剂的方法	121
3-2-3 以亚硫酸钠水溶液作吸收剂的方法	125
3-2-4 以浓亚硫酸钾溶液作吸收剂的方法	126
3-3 干式吸收法	127
3-3-1 炉内添加石灰或白云石法	127

3-3-2 采用碱类吸收剂的方法	128
3-3-3 以氧化锰作吸收剂的方法	131
3-3-4 其他方法	133
3-4 活性炭吸附法	134
3-5 催化氧化法	137
3-6 其他方法	138
第五章 烟与煤烟的扩散	139
§ 1 前言	139
§ 2 烟囱的通风力	139
§ 3 与煤烟扩散有关的大气状态	141
3-1 气温的垂直梯度	142
3-2 气流结构与垂直分布	144
§ 4 从烟囱排出的烟气流	148
4-1 烟气的上升	148
4-2 烟气的扩散	157
§ 5 烟气扩散的风洞实验	170
§ 6 烟囱构造	172
第六章 煤烟浓度的测定方法和计测仪器	177
§ 1 煤尘浓度的测定方法和仪器	177
1-1 测定目的和测定方法	177
1-2 与浓度规格表比较确定煤烟浓度的方法	178
1-3 分离一定量烟气中的煤尘(固体物)的测定方法	182
1-4 电气式连续测定煤烟计	203
1-5 测定光源通过烟道气所见到的光度(辐射线)变化来确 定的方法	204
§ 2 硫的氧化物测定方法和仪器	208
2-1 测定目的和测定方法	208
2-2 采用日本工业标准JIS K 0103的硫的氧化物测定方法	209
2-3 溶液导电率法	215
2-4 红外线分析仪方法	218
2-5 检气管法	221
2-6 知道燃料中的含硫量通过计算求硫的氧化物浓度方法	222

第一章 大气污染防治

§ 1 煤烟防治的经过

表 1-1 示为日本基本能源供给的推测，1972 年比 1962 年约增长 2.5 倍，而且能源的构成比，发展到石油占 70%。重油作为燃料优于煤炭是肯定无疑的，可是随之而来的是日本的大气愈益恶化，甚至会引起类似英国 1956 年发生过的烟雾事件那种状态。

图 1-1 表示日本大工业城市煤尘沉降量的逐年变化；图 1-2 为二氧化硫量的逐年变化。

日本于 1960 年、1961 年作了煤烟排放状况的实际调查，以这次调查为基础所作的研究成果，于 1962 年 6 月公布了《煤烟排放法规》。

1967 年 8 月日本又施行了《公害对策基本法》，这是阐明国

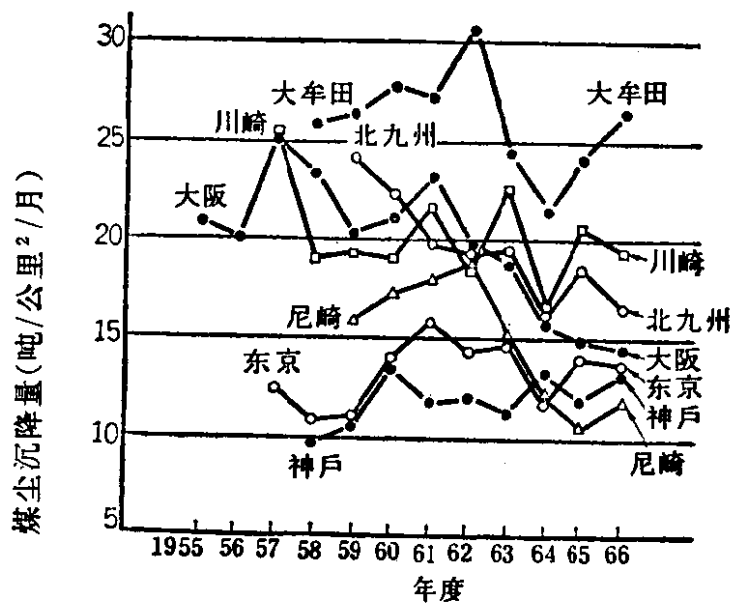


图 1-1 各城市煤尘沉降量的逐年变化曲线

日本基本能源供给量 (换算单位: 10^{13} 千卡)

表 1-1

能源种类 和实数单位	1965年(实积)			1967年(实积)			1970年(推算)			1975年(推算)		
年度 项目	实数	换算	构成比 (%)	实数	换算	构成比 (%)	实数	换算	构成比 (%)	实数	换算	构成比 (%)
水力(10^9 瓩·时)	46.6	18.8	11.3	69.7	17.1	8.3	81.5	19.9	8.3	90.6	22.2	6.6
原子能(10^9 瓩·时)	0.0	0.0	0.0	0.6	0.1	0.1	6.0	1.5	0.6	32.6	8.0	2.4
煤(10^6 吨)	73.2	45.2	27.3	78.7	50.6	24.6	78.4	51.4	21.4	82.8	55.1	16.3
国内	55.6	31.6	19.1	51.5	29.6	14.4	52.3	31.3	13.0	52.0	31.4	9.3
输入	17.6	13.6	8.2	27.2	21.0	10.2	26.1	20.1	8.4	30.8	23.7	7.0
石油(10^6 千升)	102.5	96.7	58.4	141.5	132.8	64.6	172.1	161.7	67.2	262.0	246.2	72.8
国产原油	0.8	0.7	0.4	0.9	0.8	0.4	0.7	0.7	0.3	1.0	0.9	0.3
海外开发原油	11.3	10.6	6.4	15.9	15.0	7.3	22.6	21.2	8.8	53.7	50.5	14.9
输入原油	76.3	71.8	43.4	109.2	102.6	49.9	125.5	118.0	49.0	182.5	171.6	50.7
成品输入	14.2	13.6	8.2	15.5	14.3	7.0	23.3	21.8	9.1	24.8	23.2	6.9
其他	...	4.9	3.0	...	4.9	2.4	...	6.1	2.5	...	6.9	1.9
国内	...	4.9	3.0	...	4.7	2.3	...	4.9	2.0	...	5.1	1.4
输入	...	...	...	...	0.2	0.1	...	1.2	0.5	...	1.8	0.5
合计		165.6	100.0		205.5	100.0		240.6	100.0		338.4	100.0
国产能源		56.0	33.8		52.2	25.4		56.8	23.6		59.6	17.6
[A] 输入能源		109.6	66.2		153.3	74.6		183.8	76.4		278.8	82.4
国产能源		66.6	40.2		66.6	32.4		79.5	33.0		118.1	34.9
[B] 输入能源		99.0	59.8		138.9	67.6		161.1	67.0		220.3	65.1

注: [A]: 把原子能、海外开发原油视为输入, [B]: 把原子能、海外开发视为国产能源。

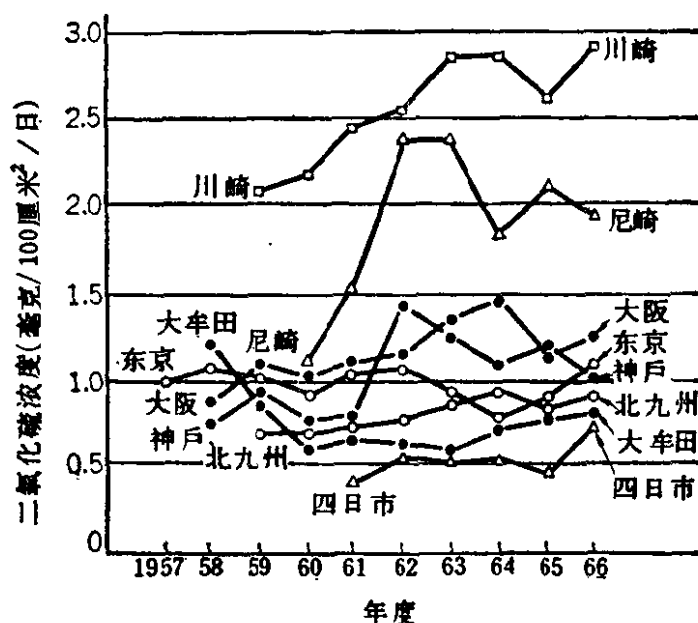


图 1-2 各城市二氧化硫的逐年变化曲线（年平均值）

家对公害的施政方针。在这以后，由于硫的氧化物所造成的大气污染较之粉尘污染更加重要了，进而发生了对汽车排气也有必要进行管制，就在1968年12月公布施行了新的《大气污染防治法》，以代替以前颁布的《煤烟排放法规》。

§2 大气污染防治法的有关规定

2-1 指 定 设 备

在大气污染防治法中所谓“煤烟”一词，是指燃料及其他物质的燃烧过程发生的硫的氧化物，燃料及其他物质的燃烧或用电作热源的过程发生的烟黑及其他粉尘。因为规定燃料及其他物质的燃烧，所以垃圾焚烧炉也包括在内。与以前的煤烟法规不同之处是硫的氧化物比粉尘优先考虑。

根据大气污染防治法，把确定接受管制及必须申报的产生煤烟的设施示于表 1-2。表中指定了锅炉、加热炉等十三种类型发热设备。以传热面积、燃料用量及炉排面积来确定规模大小。

再对从这些产生煤烟的设施中排出的硫的氧化物（称为煤烟量）与烟黑及其他粉尘量（称为煤烟浓度），规定排放至大气中的容许限度，即排放标准，示于表 1-3。

产生煤烟的设施

表 1-2

1	锅炉 (用电或仅以废热作热源者, 专烧“稀硫气体”《硫的氧化物按体积比含有率为 0.5% 以下的气体》燃料的锅炉除外)	按照厚生省(卫生部)、通商产业省法令规定算出的传热面积在 10 米 ² 以上者
2	水煤气或油煤气发生用的煤气发生炉和加热炉 (专烧“稀硫气体”或硫的氧化物重量比含有率为 0.5% 以下挥发油燃料者除外)	用煤或焦炭作原料, 日处理能力在 20 吨以上者; 用液体燃料, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 50 升以上者; 用气体燃料, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 80 米 ³ 以上者
3	供金属精炼或无机化工产品制造用的焙烧炉、烧结炉 (包括成球烧结炉) 和煅烧炉	原料处理能力在每 小时 1 吨 以上者
4	供金属精炼用的熔矿炉 (包括熔矿用反射炉)、转炉和平炉	
5	供金属精制或铸造用的熔化炉 (小型化铁炉, 仅用电作热源和专烧“稀硫气体”燃料者除外)	炉排面积 (即炉排的水平投影面积, 下同) 在 1 米 ² 以上者; 或风口面的断面积 (即风口最下端高度处的炉膛内壁围着部分的水平断面积) 在 0.5 米 ² 以上者; 或用粉煤, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 80 公斤以上者; 或用液体燃料, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 50 升以上者; 或用气体燃料, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 80 米 ³ 以上者
6	供金属锻造、压延或金属、金属制品热处理用的加热炉 (仅用电作热源和专烧“稀硫气体”燃料者除外)	
7	供石油制品、石油化工制品或煤焦油制品制造用的加热炉 (专烧“稀硫气体”燃料者除外)	
8	供石油精制用的流态化催化裂化装置内的催化剂再生塔	
9	供窑业制品生产用的烧成炉和熔炉 (仅用电作热源和专烧“稀硫气体”燃料者除外)	炉排面积在 1 米 ² 以上者; 或用粉煤, 喷烧器的燃烧能力在每小时 80 公斤以上者; 或用液体燃料, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 50 升以上者; 或用气体燃料, 喷烧器的燃料燃烧能力在每小时 80 米 ³ 以上者
10	供无机化工产品或食品生产用的反应炉 (包括炭黑生产用的燃烧装置) 和直接焰式炉 (专烧“稀硫气体”燃料者除外)	

续表

11	干燥炉（仅用电作热源和专烧“稀硫气体”燃料者除外）	
12	供炼铁、炼钢或合金钢、电石生产用的电炉（供炼钢用的电炉只限于吹氧式）	变压器额定容量为1000千伏安以上者
13	污物焚烧炉	炉栅面积在2米 ² 以上者

大气污染防治法指定地域的排放标准 表 1-3

序号	设 施 种 类		烟黑及其他粉尘 克/标准米 ³	硫 的 氧 化 物
1	锅 炉	水管式（粉煤燃烧方式者除外）	1.0	$q=K\times10^{-3}\times H_e^2$ q: 硫的氧化物量，换算成温度为摄氏零度，压力为1个大气压的每小时米 ³ 数。 K: 11.7, 12.8, 14.0, 15.8, 17.5, 20.4, 23.3, 26.3, 29.2。 按法规确定的各个地区决定的系数。东京都特别区、大阪、名古屋等地区新增设备时为5.26。 H_e : 根据施行规则算出的排气口高度。
		其 他	1.2	
2	煤气发生炉等	煤气发生炉	1.0	
		加 热 炉	0.7	
3	焙烧炉、烧结炉、煅烧炉		1.0	
4	熔 矿 炉	高 炉	0.5	
		其 他	0.7	
	转 炉		0.7	
	平 炉	吹 氧 式	1.0*	
		其 他	0.6	
	熔 化 炉	熔 化 炉	2.0	
		其 他	1.0	
6	加 热 炉		0.7	
7	催化剂再生塔		1.0	

续表

序号	设 施 种 类			烟黑及其他粉尘 克/标准米 ³	硫 的 氧 化 物	
8	窑业制品 的烧成炉 和熔炉	烧 成 炉 (水 泥 成 料炉除外)	连续炉(石灰 窑除外)	0.7		
			石 灰 窑	1.5		
			其 他	2.0		
		水 泥 成 料 炉	湿式或回转窑 式	0.6		
			其 他	1.0		
		熔 炉	池 炉	0.7		
			坩 埚 炉	1.2		
9	反应炉、直接焰式炉			1.2		
10	干 燥 炉			1.2		
11	电 炉	炼钢用电炉		0.9*		
		电 石 生 产 用	容量不足15000 千伏安	1.2		
			其 他	0.9		
12	污物焚烧炉			0.7		

*号为取一个熔化周期的平均值。

2-2 关于 排 放 标 准

硫的氧化物的排放标准是根据下式算出的硫的氧化物量：

$$q=K\times10^{-3}H_0^2$$

式中 q ——硫的氧化物量（换算成温度为摄氏零度，压力为 1 个大气压状态单位，米³/时）；

K ——根据地区的污染程度而不同，参照表1-3；

H_0 ——烟囱的有效高度，用下式求：

$$H_e = H_0 + 0.65(H_m + H_t)$$

$$H_m = \frac{0.795 \sqrt{Q \cdot V}}{1 + \frac{2.58}{V}}$$

$$H_t = 2.01 \times 10^{-3} \cdot Q \cdot (T - 268) \cdot \left(2.03 \log J + \frac{1}{J} - 1 \right)$$

$$J = \frac{1}{\sqrt{Q \cdot V}} \left(1460 - 296 \times \frac{V}{T - 288} \right) + 1$$

H_e ——修正后的排出口高度，米；

H_0 ——排出口的实际高度，米；

Q ——摄氏15度时的排气量，米³/秒；

V ——烟气的排放速度，米/秒；

T ——烟气的温度，绝对温度。

以前的煤烟法规采用的浓度标准为0.22%，但在大气污染防治法中规定根据不同烟囱而各不相同。

烟黑及其他粉尘的排放标准以换算成温度为摄氏零度、压力为1个大气压状态的1米³烟气中含有的粉尘重量(克/标准米³)表示，如表1-3所示，根据设施种类而不同。要求高的为0.6克/米³，要求低的定为2.0克/米³。表中的*记号，为1个熔化周期中的平均值。另外，当进行燃料点火、出灰的火层整理或作烟黑扫除时，1小时合计不宜超过6分钟，在劳动保护方面不得已时不受此限。

按照本法规定，从排出口排放至大气中的硫的氧化物量，换算成温度为摄氏零度、压力为1个大气压状态下，每小时在10米³以上的产生煤烟设施，用硫的氧化物测定器进行测定。

烟黑及其他粉尘的煤烟浓度测定，要用煤尘测定器来做。但是专烧碳氢类油或气体燃料，或碳氢类油和单一气体燃料混烧的产生煤烟的设施（炼钢用平炉和水泥成料炉除外），以及发生于煤烟产生的设施、从排出口排放至大气中的气体量，每小时不满

4 万米³的, 对属于这类产生煤烟设施的测定, 则规定 也可不用煤烟测定器而以林格曼煤烟浓度表来进行测定。

在指定地区、产生煤烟的设施排出煤烟时, 必须遵守此排放标准。

2-3 紧急时的措施

在大气污染防治法中, 属于指定地区的大气污染对人的健康会有显著的损害时, 即硫的氧化物在大气中的浓度相当于下述任何一种情况时:

- (1) 0.2ppm 以上 (1 小时值) 继续 3 小时的情况;
- (2) 0.3ppm 以上 (1 小时值) 继续 2 小时的情况;
- (3) 0.5ppm 以上 (1 小时值) 的情况;
- (4) 48小时平均值在0.15ppm 以上的情况。

而从气象条件等情况来看, 如这些状态继续下去, 就会发生可能判断到的事态时, 有关部门可决定将该事态通知各方, 同时对在指定地区的排放煤烟单位, 要求对于减少煤烟排放量作共同努力。

§ 3 煤烟公害的防治

大气污染不但对人类的健康造成危害, 也对动植物带来危害, 还有无法计算的影响: 商品、建筑物的价值降低; 耗费在洗涤、净化、涂饰及为之保护的贮藏、搬运和包装的费用; 交通瘫痪; 必要的照明等等。而它们的危害程度因地区、季节、时间而不同。如在札幌, 家用火炉或暖房是大气污染的成因, 如在京滨地区却是由大工厂排出的烟气所造成。最近也有人认为造成大城市街道烟雾的原因是汽车排气。从烟囱排出的煤尘、烟黑、煤灰、氧化铁和水泥等物质是多种多样的, 一般认为加进硫的氧化物而且共存于浮游粉尘中, 造成了加倍危害。

由于大气污染的情况是极为复杂的, 因此必须根据地区、行

业、发生源、原料、季节、污染物的性质和数量等各种不同情况的各个方面来予以研究。

以往有关热管理的资料可能对上述统计资料是有用的。

关于大气污染防治的事项，是涉及到医学、燃料、燃烧、气象与扩散、畜产、农林、分析与检测、赔偿审核、集尘装置和脱硫装置等极为广泛的问题。而各方面应该保持相互联系来进行研究。这就关系到管理这些方面工作的政府机关，如通商产业省、厚生省（卫生部）和其他各部门。

要防治大气污染，最好是不让从发生源出来的煤尘或有害气体散发到大气中去。从这个角度来看，对发生源采取措施是最为重要的。另外，在各种发生源中，大部分是锅炉、金属加热炉、直接焰式炉、熔化炉和窑炉，这些供热设备对过去热管理的设备对象来说，也是重要的设备。

对由于燃料及其他物质的燃烧而发生的煤尘，首先应通过燃料及原料的选择和预处理、燃烧方法的改善，以求防治。对于不燃烧物质的尘埃，必需设有集尘装置。

目前采用的集尘装置有利用重力、惯性、离心力、扩散吸附、电和声波等集尘作用的各种装置，但不管采用哪一种，必须对进入集尘装置的气体及尘埃的特性、可能采用的集尘装置的集尘作用要有充分把握。在一定捕集效率的基础上，重要的是集尘装置的压力损失要小，由于阻力一大，往往会增加消耗的电费。而且由于常常是设置于烟道中，对进入燃烧室内的通风带来阻碍，有时会导致不充分燃烧。

对硫的氧化物，目前进行重油脱硫、燃烧排烟脱硫的生产性试验，但对它的经济性尚不太明了。在脱硫技术进展的同时，还借助高烟囱的建造以获得扩散效果来作为它的措施。