

◆ 环境保护知识丛书 ◆

# 工业烟气净化

台炳华 编著

冶金工业出版社

01

环境保护知识丛书

# 工业烟气净化

台炳华 编著

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本书系环境保护知识丛书之一，重点介绍烟气净化的实用技术，同时适当地介绍一些新技术。本书前两章简要地阐述空气和混合气体的物理性质及其基本净化方法的原理。第三章至第八章分别介绍常用的净化设备以及主要气态污染物的性质、危害和净化方法。

本书可供具有中等文化程度的环境保护管理干部和技术人员阅读，也可作为环境保护人员的培训教材。

环境保护知识丛书

工业烟气净化

台炳华、编著

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

850×1168 1/32 印张  $4\frac{1}{2}$  字数 114 千字

1989年2月第一版 1989年2月第一次印刷

印数 00,001~4,600册

ISBN 7-5024-0269-1

X·6 定价1.85元

## 前 言

随着工业的迅速发展和城市人口的集中，人们在生产和生活中排放的各种污染物越来越多，污染物对人类环境的影响日趋严重。环境问题成为当今世界所面临的重大问题之一。保护环境是我国的一项基本国策。1983年第二次全国环境保护会议，明确提出了我国到本世纪末的环境保护的奋斗目标：力争全国环境污染基本得到解决，自然生态基本恢复良性循环，城乡生产生活环境清洁、优美、安静，全国环境状况基本上能够同国民经济的发展和人民物质文化生活的提高相适应。为了实现这个目标，广大环保管理工作、环保技术人员和技术工人学习和掌握环境保护基础知识和基本技能是十分必要的。本丛书就是为了适应广大环境保护工作者的需要而编写的。

本丛书属于知识性科技读物。在内容上，力求做到知识性和技术性相结合，理论与实际相结合，并尽可能回答生产实践中经常遇到的种种实际问题。在写法上力求语言精炼，深入浅出，概念明确，内容丰富。全套丛书包括八个方面的内容：环境工程入门、工业烟气净化、除尘装置与运行管理、工业废水处理、固体废物的处理与利用、工业噪声与振动控制、环境污染物监测和环境监测仪器使用与维护等。在每册书的最后，附有有关的标准和技术数据，以供读者参考、使用。

参加本丛书编写工作的有（以姓氏笔画为序）王樯、易洪佑、台炳华、何为庆、陈康、陈尚芹、张殿印、徐世勤、梁译斌、黄西谋、崔志激和董保澍等同志。全书由陈康、张殿印总编。

由于环境保护涉及许多学科和领域，而编者的知识水平和实践经验有限，书中肯定存在不少错误或不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

一九八七年八月

# 目 录

第一章	空气污染和治理概述	1
第一节	空气和混合气体的性质	1
第二节	大气污染及防治措施	5
第三节	烟气净化技术发展概况	10
第二章	气体净化原理	13
第一节	吸收净化法原理	13
第二节	吸附净化法原理	21
第三节	催化净化法原理	31
第三章	净化装置	36
第一节	吸收法净化装置	36
第二节	吸附法净化装置	47
第三节	催化反应器	51
第四章	排烟脱硫方法	54
第一节	石灰/石灰石法	56
第二节	氨水吸收法	60
第三节	碱金属法	63
第四节	带反应的干式吸附法	65
第五节	活性炭吸附法	69
第五章	含氟烟气的净化与回收	71
第一节	磷肥工业含氟烟气的净化与回收	73
第二节	铝电解含氟烟气的净化与回收	79
第六章	氮氧化物控制	89
第一节	改善燃烧方法减少氮氧化物排放量	90
第二节	湿法吸收净化	92
第三节	干法净化	97
第七章	有机气体净化	103
第一节	碳氢化合物和有机溶剂蒸气的处理	103
第二节	沥青烟净化	111
第三节	除臭	114

第八章 其他有毒气体净化 .....	120
第一节 硫化氢气体净化 .....	120
第二节 氯气净化 .....	126
第三节 汞蒸气净化 .....	129
附录 车间空气中有害物质的最高容许浓度 .....	131
参考文献 .....	133

# 第一章 空气污染和治理概述

空气是所有生物生存的必需物质之一，人不呼吸空气生命即将停止，地球上能量的流动和食物链的结构也都与空气密切相关。可是，随着大规模的工业生产和交通运输的发展，一些城市和工业区的空气受到了严重的污染，居民由于呼吸了污浊的空气而患上各种疾病，生物的生长也受到了影响。因此，为了保护大气环境，必须控制人为的空气污染，以保障人民身体健康和保持生态平衡。

## 第一节 空气和混合气体的性质

无论是研究大气污染，还是研究烟气净化，都需要掌握空气和混合气体性质的一般知识。

### 一、空气的性质

按体积计算，空气的主要组成为：

氮	78.8%；
氧	20.7%；
二氧化碳	0.03%；
臭氧、氩	1.0%（波动变化）；
水蒸气	0.47%（波动变化）；
氦、氖、氪、氙	微量

除此之外，空气中还含有无机、有机化合物和微生物等。

含水蒸气的空气称为湿空气，除水蒸气和杂质之外，其余部分称为干空气。空气中水蒸气含量多少与气候有关，能影响空气的物理性质。因此，研究空气的性质就要阐明湿空气的含湿量、容重、比热、热焓与温度、压力之间的基本关系。

众所周知，在大气压力和一定温度下，1千克空气含有最大的水蒸气量称为饱和含湿量。如果同一条件下，空气中含湿量超

过饱和含湿量，则超过部分就以水雾状态存在。在一定大气压力下，空气饱和含湿量随着空气温度提高而增加，在一定温度下，空气饱和含湿量随大气压力提高而减少。

湿空气的大气压力  $B$  等于干空气的分压力  $h_1$  与水蒸气分压力  $h_2$  之和，即

$$B = h_1 + h_2 \quad (1-1)$$

1米<sup>3</sup>湿空气含有的水蒸气量称为绝对湿度  $Z$  (克/米<sup>3</sup>)。

通常工程上所用的空气含湿量  $d$  是指1千克干空气含有水蒸气的量，以克表示，可按下列公式求得：

$$d = 622 \frac{h_2}{B - h_1} \quad (1-2)$$

式中  $h_2$ ——水蒸气分压力，帕。

经常使用的则是相对湿度  $\phi$ ，它表示在一定温度和大气压力下，空气绝对湿度  $Z$  与1米<sup>3</sup>空气饱和含湿量  $Z_{\text{饱}}$  之比，并以百分数表示。

$$\phi = \frac{Z}{Z_{\text{饱}}} \approx \frac{h}{h_{\text{饱}}} \quad (1-3)$$

干空气的容重，在标准大气压 ( $B = 101332.32$ 帕) 下，仅随温度不同而变化，其关系为

$$\gamma_{\text{干}} = \frac{1.293}{1 + \frac{1}{273} t} \quad (1-4)$$

式中 1.293——当温度为0℃时，1米<sup>3</sup>干空气的重量，千克；

$t$ ——温度，℃。

湿空气的容重比干空气容重小，可按下列公式计算：

$$\gamma_{\text{湿}} = \gamma_{\text{干}} - 0.0129 \frac{\phi h_{\text{饱}}}{T} \quad (1-5)$$

湿空气的比热在常温下的计算公式为：



$$c_m = \frac{1.005 + 1.926 \frac{d}{1000}}{1 + \frac{d}{1000}} \quad (1-6)$$

式中 1.005——干空气比热，千焦/千克·°C；

1.926——水蒸气比热，千焦/千克·°C。

湿空气的热焓是按 1 千克干空气和  $\frac{d}{1000}$  千克水蒸气计算的：

$$I = 1.005t + (1.926t + 2491.15) \frac{d}{1000} \quad (1-7)$$

式中 2491.15——温度为 0°C 时水蒸气的汽化潜热。

## 二、混合气体的性质

在烟气净化工程中经常遇到的是混合气体，例如锅炉燃烧的烟气，冶炼炉及各种工业炉窑的烟气等等。组成混合气体的各种成分都可看成是理想气体，混合气体也按理想气体计算。

对于有几种成分组成的混合气体，各成分的分压力为  $p_1$ ， $p_2$ ， $p_3$ …… $p_n$ ，则混合气体的总压力等于各分压力之和，即

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i \quad (1-8)$$

这个关系式称为道尔顿定律。根据这个定律可以推导出混合气体的总体积，它等于各成分体积之和，即

$$v = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n = \sum_{i=1}^n v_i \quad (1-9)$$

在实际计算中经常给出混合气体各种成分的重量百分数和体积百分数。

混合气体重量为  $G$ ，各成分的重量为  $G_1$ ， $G_2$ ，……， $G_n$ ，并以  $g_i$  表示每种成分的重量百分数，则

$$\sum_{i=1}^n g_i = \frac{G_1 + G_2 + \dots + G_n}{G} = 1 \quad (1-10)$$

同样，混合气体的各种成分的体积百分数以 $\gamma_i$ 表示，则

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{v} = 1 \quad (1-11)$$

对于混合气体的比重、比容、平均分子量和气体常数均可以假设为一种单纯的气体，通过计算求得假想的单纯气体的各项数值。这种替代在计算上非常方便。

混合气体的计算公式见表1-1。

表 1-1 混合气体计算公式表

成分表示法	表示法换算	混合气体比重	混合气体比容
重量百分数 $g_i$	$\gamma_i = \frac{\frac{g_i}{\mu_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\mu_i}}$	$\gamma = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\gamma_i}}$	$V = \sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\gamma_i}$
体积百分数 $\gamma_i$	$g_i = \frac{\gamma_i \mu_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i \mu_i}$	$\gamma = \sum_{i=1}^n \gamma_i \gamma_i$	$V = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \gamma_i \gamma_i}$
成分表示法	平均分子量	气体常数	分压力
重量百分数 $g_i$	$\mu = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{\mu_i}}$	$R = \sum_{i=1}^n g_i R_i$	$p_i = g_i p \frac{R_i}{R}$
体积百分数 $\gamma_i$	$\mu = \sum_{i=1}^n \gamma_i \mu_i$	$R = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\gamma_i}{R_i}}$	$p_i = \gamma_i p$

混合气体比热是各种成分气体都升高 $1^\circ\text{C}$ 时所需热量的总和。因为气体比热是随温度变化的，因此公式表示的混合气体比热是从温度 $t_1$ 到 $t_2$ 的平均重量比热：

$$c = \sum_{i=1}^n g_i c_i \quad (1-12)$$

混合气体的平均体积比热为：

$$c = \sum_{i=1}^n r_i c_i \quad (1-13)$$

混合气体的热焓为各种成分气体热焓之和，即

$$I = \sum_{i=1}^n g_i c_i t \quad (1-14)$$

## 第二节 大气污染及防治措施

某些物质进入大气或水体中对人类和生态平衡产生不良影响。这些物质被认为是污染物。引起大气污染的物质，按其来源可分为两大类：其一是来自自然界，如狂风席卷的沙土，火山爆发喷出的灰烬和二氧化硫，森林大火产生的二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫和碳氢化合物，雷电产生的臭氧等等；其二是来自人类活动，包括生产和生活所产生的气体，可能造成污染和带来严重后果。

对于有毒气体可按无机物和有机物进行分类。

无机污染物有：

- 1) 硫化物：二氧化硫、三氧化硫、硫化氢。
- 2) 碳的氧化物：一氧化碳、二氧化碳。
- 3) 氮氧化物：氧化亚氮、氧化氮、二氧化氮等。
- 4) 卤素及卤化物：氟化氢、氯化氢、氯、氟、四氯化硅。
- 5) 光化学产物：臭氧、光化学氧化剂。
- 6) 氰化物：氰化氢。
- 7) 成铵化合物：氨。

有机污染物有：

- 1) 碳氢化合物

烷烃：甲烷、乙烷、辛烷。

烯烃：乙烯、丁二烯。

炔烃：乙炔。

芳香烃：苯、甲苯、苯并芘。

## 2) 脂族氧化合物

醛类：甲醛。

酮类：丙酮。

有机酸类。

醇类。

有机卤化物：氯化氟、溴苯甲腈。

有机硫化物：二甲硫。

有机氢过氧化物：过氧酰基亚硝酸盐或过氧酰基硝酸盐 (PAN)。

根据有关资料统计，全世界每年向大气中排放的主要有毒气体总量为：

二氧化硫	1.46~1.50亿吨
一氧化碳	2.57亿吨
二氧化碳	154亿吨
氮氧化物	0.53亿吨
碳氢化合物	0.88亿吨
硫化氢	0.03亿吨

还有氟化物、氯气和氯化氢气体排放量亦很大，例如美国工业生产年排放的氟化氢为10万吨。这些有毒气体的危害各不相同（将在有关章节中分别说明）。特别值得指出的是二次污染愈来愈受到人们的重视。研究证明，大气中的一氧化氮与氧分子化合生成二氧化氮。二氧化氮在太阳紫外线照射下，分离出游离氧离子。游离氧的活性强，能与大气中氧结合成臭氧。臭氧的氧化性极强，能将大气中的碳氢化合物氧化成甲醛、乙醛、丙烯醛与酮类等一系列有机含氧化合物，最后生成过氧化酰基硝酸酯。所有这些反应加上大气中的水蒸气，在特定条件下就构成了浅蓝色的光化学烟雾。

光化学烟雾对人体有很大的刺激和毒害作用。光化学烟雾浓

度(以臭氧浓度计)为0.2~0.6ppm时,人接触3~6小时后,视力会降低;浓度为1~2ppm时,人接触2小时,就会感到头痛、胸痛,肺活量减小而慢性中毒;浓度为5~10ppm时,全身就会疼痛,开始出现麻痹症和肺水肿病;当浓度为10~20ppm时,小动物接触2小时即会死亡;当浓度达到50ppm时,人接触1个小时内,就可能死亡。

光化学烟雾对植物也有严重的危害。当浓度为0.05ppm时,植物会受到损害;当浓度为0.11ppm时,烟草100%发病;当达到0.165ppm时,烟草严重受害。

另外,各国都非常重视酸雨问题。联合国环境规划署(UNEP)发表的内罗毕宣言中指出:“酸雨等大气污染正在成为人类环境更严重的威胁。”酸雨是降雨时水滴吸收了一次污染物(如 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 和 $\text{HCl}$ 等)以及吸收了二次污染物(如 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、乙醛类和过氧化物)而形成的。从酸雨的检验分析结果来看,其中含有阴离子 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 以及阳离子 $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ ,它们的比例都比较高,根据酸雨的主要污染物质组成,也可说明其形成的原因。

目前衡量酸雨的指标是pH值。雨水与大气中碳酸气保持平衡的pH值为5.6~5.7。因此pH值低于5.6的雨水称为酸雨。酸雨是大气污染的结果,由于雨水的传递作用,其影响波及到土壤和水圈。酸雨的危害因当地条件不同而有差异,例如日本大气污染程度已超过北欧、北美,雨水的污染也象北欧、北美一样不断地发展,但是日本没有出现类似北欧、北美那样的森林受害和水资源受害的情况。

酸雨问题尚未被人们完全认识,关于酸雨的形成、影响和对策,是当前环境污染研究的中心课题之一。

在经济发展的不同阶段,各种污染源对大气污染所造成的影响也不相同。以美国为例,汽车运输造成的污染占60.6%,工业生产占16.2%,发电站占14.1%,供暖占5.6%,垃圾焚烧占3.5%。参考这些基本数据,可以有计划地研究开发急需解决的

## 污染控制技术。

我国在控制大气污染方面采取了综合防治措施，取得了不少的经验。这些综合防治措施可归纳为下列几个方面：

1) 改革工艺和设备。首先要考虑采用无害工艺和改革设备结构，使之不产生或少产生污染物质。例如，钢铁工业中炼焦生产，以干法熄焦代替湿法熄焦，这不仅从根本上解决了烟尘对大气污染和废水排放，而且还可以回收余热发电。过去氯乙烯生产采用的是乙炔与氯化氢在催化剂氯化汞作用下的加成反应，最近则大量推广应用乙烯为原料的氧氯化法，避免了汞污染，也减少了氯化氢的排放量。氯碱厂液氯工段用冷却法液化时，必须排放一部分惰性气体，其中含有一定数量氯气，造成大气污染。有些工厂采用吸收和解吸方法代替冷却法，从而减少了污染。

2) 对燃料进行选择和处理以及改善燃烧方法。我国煤炭生产已有一定的洗煤能力，80年代还将增建1亿吨/年洗选能力的设施。对于民用炉灶和没有脱硫设备的工厂，燃烧低硫、低灰分煤将对环境保护起到很大作用。许多发达国家为了达到燃料低硫化，正在推进煤的气化和液化以及重油脱硫的技术开发。国内对民用锅炉和中小型采暖锅炉燃烧型煤做了不少工作，取得了很好的效果。燃烧型煤不仅可以降低二氧化硫和烟尘的排放量，还可以提高燃烧效率，节约大量燃料。

3) 开发废气净化回收新工艺，化害为利，综合利用。化害为利，综合利用是我国治理环境污染的方针。一般说来，排放的有毒气体都是有价值的生产原料。可是由于排放的废气量大、浓度低（与原料气相比），净化回收在技术经济上有一定困难，因此，往往被排放掉。生产设备的密闭操作或采用新的废气净化回收工艺流程可为综合利用创造有利条件。例如冶炼厂的二氧化硫废气回收硫酸能取得明显的经济效益；氧气顶吹转炉炼钢采用炉口微差压控制技术，保证煤气在未燃状态下除尘回收煤气作为燃料；铝电解槽产生的氟化氢烟气，由于大型中心加料预焙槽密闭操作为干法净化回收氟提供了良好条件等等。实践证明，有毒废

气净化回收能达到减少空气污染和资源再利用的目的。

4) 采取高烟囱排放。同等的有害物排放量, 由于向大气中排放的方式不同, 大气污染所造成的影响也不相同。虽然高空排放有毒气体可以降低地面上的浓度, 但它并不能减少大气中有害物量。改善烟气扩散的具体措施是建造高烟囱或增大烟气的出口排放速度, 从而把有毒气体送至高空进行扩散稀释。烟气在大气

表 1-2 各种植物可吸收毒气的种类

毒气种类	植 物 名 称
二氧化硫	臭椿、垂柳、早柳、合欢、悬铃木、加拿大杨、刺槐、柳杉、构树、梧桐、槐树、泡桐、白蜡、女贞、海桐、枣树、柑桔、山渣、板栗、丁香等
氟化氢	油茶、垂柳、榆树、加拿大杨、桑树、枳椇、泡桐、梧桐、滇柏、滇杨、樟树、朴树、棕榈、枣树、山杏等
氯 气	银桦、滇朴、兰桉、女贞、刺槐、悬铃木、白桦、家榆、构树、梧桐、紫薇、珊瑚树、大叶黄杨、糖槭、桤柳、山渣、山梨、山杏、京桃、君迁子、美人蕉、鸡冠花等
二氧化氮	铁树、美洲槭、樱桃、三角枫、榕等
臭 氧	银杏、柳杉、日本扁柏、樟树、海桐、青冈栎、日本女贞、夹竹桃、栎树、刺槐、悬铃木、冬青等
醛、酮、吡啶、安息香	栓皮栎、桂香柳、加拿大杨等
苯 酚	刺槐、紫穗槐、欧洲女贞、漆树等
汞 蒸 气	夹竹桃、樱花、桑树、大叶黄杨、八仙花、棕榈、美人蕉等
铅 蒸 气	榆树、女贞、大叶黄杨、构树、刺槐、紫丁香、核桃、板栗、石榴等
锌、铜、镉 重金属气体	桦木、红楠、天仙果、五瓜楠、日本木女姜子等

中的扩散与当地的气象条件、逆温情况、地形地物等因素有关，烟囱高度是在保证污染物最大落地浓度不超过允许值的条件下根据烟气扩散规律确定的。当前，对于某些低浓度废气，从技术经济上分析，采用高烟囱排放以减轻大气污染可能是实用、经济的控制方法。

5) 城市绿化。众所周知，植物在保持大气中氧与二氧化碳的平衡以及吸收有毒气体等方面有着举足轻重的作用。地球上的生命依赖大气才得以生存。绿色植物是主要的氧气制造者和二氧化碳的消耗者。地球上大气总量约为 $5 \times 10^{15}$ 吨，氧气的60%来自陆生植物，特别是森林。 $1 \times 10^4$ 米<sup>2</sup>常绿阔叶每天可释放700千克氧气，消耗1000千克二氧化碳。按成年人每天呼吸需要氧气0.75千克、排出二氧化碳0.9千克计算，则每人要拥有10米<sup>2</sup>森林或者50米<sup>2</sup>生长良好的草坪。

植物还有吸收有毒气体的作用，不同的植物可以吸收不同的毒气，见表1-2。

植物对大气飘尘和空气中放射性物质也有明显的过滤、吸附和吸收作用。

植物吸收大气中有毒气体的作用是明显的，但当污染十分严重，有害物浓度超过植物能忍受的限度时，植物本身也将受害，甚至枯死。从这方面来说选择某些敏感性植物又可起到毒气的警报作用。

### 第三节 烟气净化技术发展概况

我国的能源结构是以煤炭为主，而且大部分煤炭中含硫量较高，因此大气中的主要污染物是粉尘和二氧化硫。国家环境保护委员会新颁布的《工业企业环境保护考核制度实施办法（试行）》中规定监测的十种主要污染物就有气体排放物两种：粉尘和二氧化硫。当然，从排放量和危害程度来讲，氮氧化物、氟化物和碳氢化合物也不容忽视。

有毒气体排放量以二氧化硫为最多。我国每年人为的二氧化



硫排放量约为1800吨，其中87%来自燃料燃烧。

目前，世界上应用烟气脱硫装置最多的国家是日本和美国。日本已有烟气脱硫装置1000台以上。以处理容量计，大约50%是采用湿式石灰/石灰石流程，副产石膏；10%用间接石灰/石灰石流程（双碱法）；13%用回收流程，副产品为硫酸、硫酸铵和元素硫；24%用钠碱法，副产亚硫酸钠或硫酸钠。

在技术发展上，针对石灰/石灰石法存在的问题，采取了向吸收液中添加某种化学成分的方法，以减少废液的排放量并防止结垢。日本还在研究同时消除二氧化硫和氮氧化物的流程，它基本上分为干法和湿法两类。干法流程有活性炭和电子束照射两种，湿法有钠碱或镁化合物吸收流程等。目前，同时消除二氧化硫和氮氧化物的流程代价太高，离大规模应用还有一定距离。

美国的烟气脱硫亦是以湿法石灰/石灰石流程为主。近年来，一种新的干法烟气脱硫工艺流程，即喷雾干燥法被开发出来。这个流程具有一系列优点，如比湿法所需设备少、投资低，废渣和飞灰在一起比湿渣易处理，没有腐蚀、不结垢，节省电力和用水量，维修和操作人员少，操作适应性强，石灰料浆加入量可以随入口二氧化硫浓度进行调节，不必象湿法石灰/石灰石法那样严格控制pH值以及烟气不必再加热而外排等等。可望喷雾干燥法烟气脱硫流程将会得到广泛的应用。

国内的烟气脱硫技术有很大的发展，已建成一批工业规模的烟气脱硫装置。这些装置仅限于处理硫酸工业和有色冶炼厂的高浓度二氧化硫烟气。电站、钢铁厂和工业炉窑排出的大量低浓度二氧化硫烟气还没有采取净化处理方法，主要是靠高烟囱排放。对于湿法石灰/石灰石流程中防止结垢问题开展了扩大工业性实验，基本上消除了结垢现象。对于活性炭吸附法、亚硫酸钠循环吸收法、氧化镁法和氨磷混合化肥法正进行试验研究。

大气中的氟污染也是值得重视的问题。国内不少磷肥厂和铝厂附近大气污染是比较严重的。对磷肥厂的含氟烟气，国内外都是采用湿法净化和回收氟化盐的流程。安装有净化回收设备的磷