



四川省环境技术与绩效评估丛书

四川省 环境污染防治技术水平 与绩效评估

(2012)

TECHNOLOGY AND PERFORMANCE
EVALUATION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION
PREVENTION AND CONTROL IN SICHUAN
(2012)

Prevention and control of atmospheric pollution

丛书主编 叶宏 本卷主编 王幸锐

大气

污染防治卷



四川省环境技术与绩效评估丛书

四川省 环境污染防治技术水平 与绩效评估 (2012)

——大气污染防治卷

丛书主编：叶 宏

本卷主编：王幸锐

四川出版集团
四川科学技术出版社
· 成都 ·

图书在版编目(CIP)数据

四川省环境污染防治技术水平与绩效评估(2012)·大气污染防治卷/叶宏,王幸锐主编. -成都:四川科学技术出版社,2013.7

ISBN 978-7-5364-7690-5

I. ①四… II. ①叶…②王… III. ①污染防治-技术评估-四川省-2012 IV. ①X508.271

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第142275号

四川省环境技术与绩效评估丛书

四川省环境污染防治技术水平与绩效评估(2012) 大气污染防治卷

丛书主编 叶 宏
本卷主编 王幸锐
责任编辑 张 蓉
封面设计 张维颖
责任出版 周红君
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市三洞桥路12号 邮政编码610031
成品尺寸 185mm×260mm
印张 17.75 字数 454千
印 刷 郫县犀浦印刷厂
版 次 2013年8月第一版
印 次 2013年8月第一次印刷
全书定价 260.00元(本卷定价:65.00元)
ISBN 978-7-5364-7690-5

■ 版权所有·翻印必究 ■

■本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都市三洞桥路12号 电话/(028)87734035

邮政编码/610031

《四川省环境技术与绩效评估丛书》

编委会

丛书主编:叶 宏

丛书副主编:邓新华 方自力 钱 骏

丛书编委:(按姓氏笔画排序)

王 蒙 王丽娟 王幸锐 王红磊

田庆华 龙 泉 吕晓彤 刘新民

杨 柳 佟洪金 陈明扬 孟晓霞

赵希锦 赵雁冰 谢 强 雍 毅

简 磊

本卷主编:王幸锐

本卷编写人员:刘 方 韩 丽 何 敏 陆 炳

刘玉洲 孙 蜀 王玉瑶 曾晓兰

向 松

序

叶 宏

大气污染,特别是城市区域的灰霾污染受到社会公众的高度关注,所以在大气污染防治卷第三个年度评估的时候,我们的编著者也花费了大量的心血,将 $PM_{2.5}$ 的问题进行了详细的论述,期望能够为解决 $PM_{2.5}$ 的污染问题提供一些思路,同时也对社会的 $PM_{2.5}$ “焦虑症”进行一点疏导。

人只要一息尚存,就离不开呼吸、离不开空气,并且对呼吸的空气基本是无法选择的,处在什么地方,基本上就只能呼吸那个地方的空气,这是天下公平的。

在 $PM_{2.5}$ 监测之前,我们还一直沾沾自喜,认为我们的空气质量还不错,我们很多大城市的API指数评价竟有310天/年达优良,哪曾想评价指标一更换,用 $PM_{2.5}$ 替换 PM_{10} 之后,昨天还是310天/年的空气质量优良天数,今天就变成一年之中难有几天可达优良了。我们环境质量就急剧恶化了吗?我们的空气质量一夜之间就出现质的变化了吗?这留给大家去思考。应该说,我们以往的空气质量没有那么好,我们今天的空气质量恶化得也没有那么快,按我的观点,我们应该加强研究,加强防控,减少焦虑,减少抱怨,多做工作,把事情



办好。

空气中的污染物质主要是 SO_2 、 NO_x 、VOC, 颗粒物等, 所以对污染的控制也主要是上述指标。对污染源而言, 其所排放的颗粒物以 TSP(总颗粒物) 为指标进行测量, 至于其粒径分布, 如 PM_{10} 所占份额、 $\text{PM}_{2.5}$ 所占份额, 到目前为止我们尚无确切的测量数据, 这是我们环保科技界应直面和自省的问题。在以往的工作中, 我们认为将 TSP 标准从 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 提高到 $100\text{mg}/\text{m}^3$, 又从 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 提高到 $50\text{mg}/\text{m}^3$, 甚至 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 已经很不错了, 并且监测得出的环境质量(API) 指数也印证了努力的结果, 然而当我们还在沾沾自喜之时, 灰霾来了, 雾霾来了, 给了我们当头一棒, 问题出在哪里? 是摆在我们面前的一道待解之题。

大气是复杂的, 其中还有许多不为我们认知的东西, 我们过去认为经过努力, SO_2 、 NO_x 、TSP 排放量已经减少很多了, 空气中的浓度也已经很低了, 但是殊不知这些排放出的污染物, 在一定的气象条件下, 在合适的光照、温度、湿度、气压及一些我们尚不知晓的物质的参与下产生了大气化学反应, 生成了令人讨厌的 $\text{PM}_{2.5}$, 形成了令人厌恶的灰霾天气。我们采用什么方式来阻止 $\text{PM}_{2.5}$ 的生成, 减少 $\text{PM}_{2.5}$ 通过大气化学反应的产生量, 是现实给我们出的另一道难题, 本书的编著者想从源解析和源清单上着手, 给出一些解决问题的思路。

大气是没有边界的, 是互联互通的, 在一定的气象条件下, 可能出现暂时的“稳定态”, 但终究是不断变化的, 也就是说, 我们排放的污染物, 不仅影响我们自己, 也可影响别人。当然别人排放的污染物, 也不可只停留在他排放的

范围内,也会通过传输影响到我们。因此,污染物的传输问题又为我们出了一道难题,不仅需要环境工作者,同时还需要气象工作者共同来解决。

大气中还有很多我们尚未认知的。除了人为污染源之外,天然的排放也是存在的,比如天然状况下的 VOCs 的排放,出自森林、农田等,其排放量与我们日常生活的 VOCs 排放(比如来自烧烤的排放,来自家庭的排放,来自汽车尾气的排放,来自汽柴油运输的排放等),两者之间的比例是什么,对造成灰雾霾的影响机理是什么,目前都还不确定,本书在此方面做了些许辅垫,希望能给从事该项研究的人员提供一些素材。

我们呼吸相同的空气,让我们携手防控空气污染,治理烟气排放,在可以预见的未来,能够天天看见蓝天,天天呼吸清净的空气,让灰霾和雾霾成为历史。

2013年6月

前 言

2012年注定是一个跟大气环境密切相关的一年。这一年,大气污染、PM_{2.5}、灰霾等成为人们热议的词汇。从去年年底到今年年初,大气中的PM_{2.5}在我国引发了一场环保风暴。然而PM_{2.5}污染并非突发事件,而是长期存在的问题,但是由于以往没有常规监测数据,其危害未受到足够的重视。去年年底北京接连几天发生的大雾阴霾天气及其引发的PM_{2.5}大讨论,让人记忆犹新,也是从那时开始,PM_{2.5}进入公众的视野。北京于1月21日发布PM_{2.5}研究性监测小时浓度数据,并于2月2日开始公布PM_{2.5}日均浓度数值。PM_{2.5}成为社会讨论的热点话题,空气的污染已经影响到人们的日常生活,经济发展的同时,如何保护好日益脆弱的生态环境已是迫在眉睫。

2012年2月29日,国务院常务会议同意发布新修订的《环境空气质量标准》,同日,环境保护部以2012年第7号公告,批准《环境空气质量标准》(GB3095-2012)为国家环境质量标准。新标准与老标准相比,不论是在批准方式上还是内容方面都作了很大调整。

2012年12月5日,由环保部、发改委和财政部制定的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》正式发布,这是我国第一部综合性大气污染防治规划,针对二氧化硫、PM₁₀、PM_{2.5}等多项污染物实施综合控制,提出将联防联控与属地管理相结合,推进区域各城市间的联防联控。针对公众最关心的PM_{2.5},《规划》提出“十二五”期间各区域的治理目标:到2015年,重点区域PM_{2.5}年均浓度下降5%,而对京津冀、长三角、珠三角这三个区域的要求更高,要求年均浓度下降6%。

2012年12月到2013年1月,罕见的持续高强度大气灰霾污染席卷全国,涉及中东部、东北及西南共计10省区市,四川盆地成为全国四大灰霾严重地区之一。出现严重持续的



灰霾污染天气的外因有受大气环流及四川盆地本身的地形条件影响,四川盆地大气稳定度好,静风频率高不利于污染物的扩散,造成污染物极易积累叠加;但是出现灰霾污染的主要原因是污染排放量大。

四川盆地中,尤以成都市的灰霾污染最为严重。根据《成都市 2012 年环境空气质量数据》中 PM_{10} 的全年日均值监测数据,2012 年成都市有 87 天 PM_{10} 超标,即 PM_{10} 日均浓度在 150 微克/立方米以上,而其年均浓度为 119 微克/立方米,为标准浓度限值的 1.7 倍。单从 PM_{10} 的浓度情况就可见成都市颗粒物灰霾污染的严重性,如若采用新标准中的 $PM_{2.5}$ 浓度数据,则超标情况将会更为严重。在环保部统计的 113 个环保重点城市中,2012 年上半年可吸入颗粒物平均浓度超标城市数量为 26 个,成都市榜上有名并排名第四。

$PM_{2.5}$ 的治理不同于 PM_{10} 、二氧化硫、二氧化氮等污染物的治理,需要多污染物联合控制、污染区域内的多个城市协同解决。而我国正处于经济快速增长时期,这意味着还会增加许多新的排放量。既要把新增排放消除掉,又要实现对以往排放的显著削减,这在世界上任何一个国家都不是一件容易做的事情。所以,在未来发展中实现城市和区域大气 $PM_{2.5}$ 浓度水平的显著下降,将是一项长期而艰巨的任务。

为了配合四川省大气污染防治工作的深入开展,特别是针对大气复合型污染的防控,本书在继续往年四川省空气质量现状与变化趋势、四川省大气污染防治技术研究及绩效评估等研究论述的同时,增加了大气灰霾($PM_{2.5}$)污染与控制、四川省大气污染物排放源清单研究、四川省机动车排放大气环境污染及控制措施、四川省大气挥发性有机物排放与控制研究等内容,重点对大气颗粒物污染机理、成因、危害以及大气灰霾污染研究方法、相关污染物排放清单等进行了初步的研究论述,力争为较为全面的研究本省大气灰霾污染,提供尽可能的技术支撑。本课题组还将在今后的工作中,进一步深入的研究四川省大气

复合型污染及其防控措施。

编者立足于四川省大气污染防治工作现状进行技术调查研究和绩效评估,力求做到客观、公开、公正,以指导四川省的大气污染防治工作的开展。本书可供环保及相关行业的环境管理人员、工程技术人员参考。

由于编者学术水平和经验有限,书中难免有错误,不足之处敬请广大读者批评指正。

本书编写组

2013年6月

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 大气污染及污染现象.....	1
一、大气污染的概念	1
二、典型的大气污染现象	4
三、大气污染防治工程措施	8
第二节 大气复合污染研究现状	11
一、大气 PM _{2.5} 污染研究现状	11
二、大气臭氧污染研究现状.....	13
三、其他污染物研究现状.....	14
四、大气复合污染防治体系.....	14
第三节 中国大气环境保护体系	15
一、大气环境保护体系.....	15
二、2012 年颁布的大气环境保护标准	18
第四节 2012 年四川省大气污染防治技术水平与绩效评估范围	23
参考文献	24
第二章 四川省大气环境污染现状与变化趋势	26
第一节 省控城市环境空气质量现状与变化	26
一、省控城市环境空气质量浓度现状与变化趋势.....	26
二、省控城市环境空气质量综合评价.....	32
第二节 2011 年四川省大气污染物排放状况	33
一、污染源排放结构分析.....	33
二、分地区排放情况.....	34
三、分行业排放情况.....	35
第三节 机动车污染状况分析	40



一、四川省机动车保有量	40
二、机动车大气污染物排放变化	43
第四节 成都市灰霾污染现状	50
第五节 本章小结	51
参考文献	51
第三章 四川省大气污染防治技术评估	52
第一节 火电行业大气污染技术评估	52
一、2012 年四川省火电行业状况	52
二、新版火电厂大气污染物排放标准	54
三、四川省火电厂脱硫工程	56
四、四川省火电行业除尘工程	61
五、四川省火电行业脱硝工程	66
六、2012 年四川省火电监督性监测统计结果	70
第二节 四川省冶金行业大气污染技术评估	72
一、四川省冶金行业状况	72
二、2012 年开始实施的相关标准	74
三、冶金行业大气污染防治技术评估	75
第三节 四川省水泥行业发展状况	82
一、四川省水泥行业发展状况	82
二、四川省水泥企业大气污染控制设施应用	84
参考文献	94
第四章 四川省大气污染防治技术绩效评估	95
第一节 污染物排放绩效评估方法	95
第二节 四川省火电行业大气污染绩效	96
一、火电颗粒物污染绩效分析	96
二、火电二氧化硫污染绩效分析	99
三、火电氮氧化物排放绩效分析	103
第三节 四川省黑色金属冶炼行业大气污染绩效	106
一、冶金颗粒物污染绩效	106

二、冶金二氧化硫排放绩效	110
三、冶金氮氧化物排放绩效	112
第四节 四川省水泥行业排放绩效	113
一、水泥颗粒物排放绩效	113
二、水泥二氧化硫排放绩效	115
三、水泥氮氧化物排放绩效	116
第五章 大气灰霾 (PM_{2.5}) 污染与控制	118
第一节 空气中细颗粒物及灰霾天气	118
一、灰霾与 PM _{2.5}	118
二、灰霾天气的成因及危害	122
三、中国灰霾天气发展趋势	123
第二节 大气灰霾污染的研究方法	125
一、大气灰霾特征研究方法	125
二、大气灰霾来源研究方法	129
三、大气灰霾污染影响因素研究方法	132
四、大气灰霾相关机理研究	133
五、大气灰霾空气质量预报研究	134
六、遥感技术在大气灰霾研究中的应用	135
第三节 四川省大气灰霾研究	136
一、四川省大气灰霾污染已有研究总结	136
二、四川省大气灰霾最新研究成果总结	137
第四节 大气灰霾污染防治措施	142
一、颁发更为严格的 PM _{2.5} 相关标准	142
二、灰霾天气的预报预警	145
三、大气联防联控	146
四、大气污染治理手段	147
参考文献	149
第六章 四川省大气污染物排放源清单研究	150
第一节 大气污染物排放源清单介绍	150



第二节 区域大气污染物排放源清单技术体系	153
一、排放源清单的建立方法	153
二、排放源时空特征识别与分配	164
三、排放源成分谱建立的技术和方法	166
四、排放源清单不确定性分析与校验	167
五、排放源清单处理模型	168
第三节 四川省大气污染物排放源清单及贡献率分析	169
一、四川省排放源清单开发背景	169
二、四川省大气排放源清单估算方法与数据来源	169
三、2010年四川省大气污染物排放源清单	174
第四节 四川省重点污染源排放时空分布特征	189
一、时间变化特征	189
二、空间分布特征	191
第五节 四川省排放源清单不确定性分析	192
一、排放源不确定性分析	192
二、各污染物不确定性分析	193
第六节 本章小结	194
一、内容总结	194
二、下一步工作	195
参考文献	195
第七章 四川省机动车排放大气环境污染及控制措施	197
第一节 机动车排放与空气环境污染	197
一、机动车污染与城市环境空气质量	197
二、机动车发动机污染物的形成和排放	201
第二节 机动车污染研究技术	202
一、机动车排放污染物测量方法	202
二、机动车排放污染物预测模型	204
第三节 四川省机动车排放与大气污染	205
一、2011年四川省机动车保有量及增长趋势	205
二、2011年四川省机动车大气污染物排放清单	206

第四节 机动车污染控制技术、排放法规及减排潜力分析	212
一、机动车污染控制技术	212
二、机动车管理法规体系	217
三、四川省防治机动车污染相关政策措施和减排潜力分析	219
四、未来四川省机动车污染控制的重点措施	223
参考文献	225
第八章 四川省大气挥发性有机物排放与控制研究	226
第一节 大气挥发性有机物简介	226
一、挥发性有机物定义	226
二、挥发性有机物在大气中的作用	226
三、挥发性有机物研究现状	227
第二节 四川省大气挥发性有机物排放现状及环境影响	228
一、四川省人为源挥发性有机物分行业排放量计算	228
二、四川省人为源挥发性有机物排放综合分析	241
三、四川省天然源大气挥发性有机物排放现状	247
四、四川省人为源大气挥发性有机物对环境的影响	249
第三节 四川省人为源大气挥发性有机物控制	251
一、国内外控制情况	251
二、四川省控制现状	257
三、四川省重点排放行业减排潜力	258
四、四川省挥发性有机物控制初步建议	258
第四节 本章小结	259
一、内容总结	259
二、下一步工作	260
参考文献	261
结束语	263

第一章 概述

第一节 大气污染及污染现象

一、大气污染的概念

(一) 大气污染

通常,大气中的污染物质浓度较低,由于大气本身的自净作用这些低浓度污染物是不会造成大气污染的。大气的自净作用指大气中的污染物由于自然过程,而从大气中除去或浓度降低的过程或现象。只有大气中的污染物质浓度超过大气的自净容量时才会造成大气污染。大气污染的形成具有一定的条件,国际标准化组织(ISO)对此作出如下定义:“大气污染,通常是指由于人类活动和自然过程引起某些物质进入大气中,呈现出足够的浓度,达到了足够的时间,并因此而危害了人体的舒适、健康和福利或危害了环境。”

世界卫生组织和联合国环境组织发表的一份报告说:“空气污染已成为全世界城市居民生活中一个无法逃避的现实。”工业文明和城市发展在为人类创造巨大财富的同时,也把数十亿吨计的废气和废物排入大气之中,人类赖以生存的大气圈却成了空中垃圾库和毒气库。因此,当大气中的有害污染物达到一定浓度时,对人类和环境来讲都将是一场灾难。

(二) 大气污染源

大气污染源是指向大气环境排放有害物质或对大气环境产生有害影响的场所,设备和装置。按污染物的来源可分为天然污染源和人为污染源。

1. 天然污染源

自然界中某些自然现象向环境排放有害物质或造成有害影响的场所,是大气污染物的一个很重要的来源。大气污染物的天然源主要有:

火山喷发:排放出 SO_2 、 H_2S 、 CO 、 HF 及火山灰等颗粒物。

森林火灾:排放出 CO 、 SO_2 、 NO_2 、 HC 等。

自然尘:风砂、土壤尘等。

森林植物释放:主要为烯类碳氢化合物。

海浪飞沫:主要为硫酸盐与亚硫酸盐颗粒物。

尽管与人为源相比,天然源排放的大气污染物种类少,浓度低,但从全球角度看,天然源还是很重要的,尤其在清洁地区。在有些情况下天然源甚至比人为源更重要,如有学者曾对全球的硫氧化物和氮氧化物的排放作估计,认为全球氮排放量的 93%,硫氧化物排



放量的60%均来自天然源。

2. 人为污染源

人类的生产和生活活动是大气污染的主要来源。通常所说的大气污染源是指由人类活动向大气输送污染物的发生源。大气的人为污染源可概括为四方面。

(1) 燃料燃烧

燃料(煤、石油、天然气等)的燃烧过程是向大气输送污染物的重要发生源。煤是主要的工业和民用燃料,它的主要成分是碳,并含有氢、氧、氮、硫及金属化合物。煤燃烧时除产生大量烟尘外,在燃烧过程中还会形成一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、有机化合物及烟尘等有害物质。

火力发电厂、钢铁厂、焦化厂、石油化工厂和有大型锅炉的工厂、用煤量较大的工矿企业,均在煤炭使用燃烧过程中排放大气污染物,由于以上工业企业的性质、规模不同,对大气产生污染的程度也不同。

家庭日常生活用的炉灶,也是重要的大气污染源。由于居住区分布广泛、密度大,排放高度又很低,再加上无任何处理,所排出的各种污染物的量往往不比大锅炉低,在有些地区甚至更高。

(2) 工业生产过程排放

工业生产过程中排放到大气中的污染物种类多,数量大,是城市或工业区大气的主要污染源。

工业生产产生废气的工厂很多。例如,石油化工企业排放二氧化硫、硫化氢、二氧化碳、氮氧化物;有色金属冶炼工业排出的二氧化硫、氮氧化物以及含重金属元素的烟尘;磷肥厂排出氟化物;酸咸盐化工工业排出二氧化硫、氮氧化物、氯化氢及各种酸性气体;钢铁工业在炼铁、炼钢、炼焦过程中排出粉尘、硫化物、氰化物、一氧化碳、硫化氢、酚、苯类、烃类等。总之,工业生产排放的污染物的组成与工业企业的性质密切相关。

(3) 交通运输过程中排放

现代化交通运输工具如汽车、飞机、船舶等排放的尾气是造成大气污染的主要来源。内燃机燃烧排放的废气中含有一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、含氧有机化合物、硫化物和铅的化合物等多种有害物质。由于交通工具数量庞大,来往频繁,故排放污染物的量也非常可观。

(4) 农业活动排放

农药及化肥的使用,对提高农业产量起着重大的作用,但也给环境带来了不利影响,致使施用农药和化肥的农业活动成为大气的重要污染源。

田间施用农药时,一部分农药会以粉尘等颗粒物形式散逸到大气中,残留在作物体上或黏附在作物表面的仍可挥发到大气中。进入大气的农药可以被悬浮的颗粒物吸收并随气流向各地输送,造成大气农药污染。

关于化肥在农业生产中的施用给环境带来的不利因素,正逐渐引起关注。例如,氮肥在土壤中经一系列的变化过程会产生氮氧化物释放到大气中;氮在反硝化作用下可形成氮(N_2)和氧化亚氮(N_2O)释放到空气中,氧化亚氮不易溶于水,可传输到平流层,并与臭氧相互作用,使臭氧层遭到破坏。

此外,为便于分析污染物在大气中的运动,按照污染源性状特点可分为固定式污染源