



国家“八五”
科技攻关
环境保护项目
成果汇编

● 国家环境保护局 编

酸沉降 及其影响和 控制技术研究



河海大学出版社

国家“八五”科技攻关环境保护项目成果汇编

酸沉降及其影响和控制技术研究

国家环境保护局 编

河海大学出版社

内 容 简 介

本书是《国家“八五”科技攻关环境保护项目成果汇编》之一。所涉课题研究了我国酸沉降及其生态环境影响、沿海经济发展地区(青岛、厦门)酸沉降特征和防治以及重点地区(贵阳、柳州)酸沉降综合控制与技术示范等。研究表明,我国酸沉降有加重扩大的趋势,并对我国社会经济造成了一定的影响。示范工程的实践说明实施综合控制规划和技术后,酸沉降将得到有效的控制。

本书适合于生态、环保、技术工程人员参考,并可作为厂矿企业及政府管理人员参阅书籍。

责任编辑 朱宪卿

责任校对 孙元桢

酸沉降及其影响和控制技术研究

国家环境保护局 编

出版发行:河海大学出版社

(南京西康路1号,邮政编码:210098)

经 销:江苏省新华书店

印 刷:河海大学印刷厂

(地址:南京西康路1号 邮政编码:210098)

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 3 字数 75 千

1996年10月第1版 1996年10月第1次印刷

印数 1—1200 册

ISBN 7—5630—1033—5

X·4

定价:13.00 元

河海版图书若有印刷装订错误,可向承印厂调换

《酸沉降及其影响和控制技术研究成果汇编》

编辑委员会

主 任：解振华

副 主 任：叶汝求

编 委：(按姓氏笔划为序)

王文兴 尹 改 冯宗炜

叶汝求 汤大纲 庄德安

陈 复 陈宗良 林 红

罗 毅 周思毅 祝兴祥

郝吉民 赵殿五 唐孝炎

钱 谊 解振华

主 编：尹 改

副 主 编：祝兴祥 罗毅(常务)

周思毅(常务)

编辑工作人员：徐亦钢 单素云

序

改革开放以来,我国的社会主义现代化建设进入了新的历史时期,国民经济持续快速增长,社会主义市场经济初步建立,环境保护事业也取得了显著成绩。我国人均资源量低于世界平均水平,产业结构不合理,技术和装备较为落后,能耗、物耗高于世界平均水平,污染物排放量大。因此,在现代化进程中避免走发达国家“先污染,后治理”的老路,保持和改善生态环境质量,是关系我国国民经济持续健康发展的大事,是环境保护工作的目标。

当今世界,无论是经济发展还是环境保护,无不是依靠科技进步为强大动力的,科技进步已成为综合国力竞争的关键因素。同样,环境科技必须为环境保护事业提供强有力的科学技术支撑,必须面向改善环境质量的主战场。

我国政府十分重视环境保护工作,也给予环境保护科技事业极大关注。国家计委在“八五”全国重点科技项目(攻关)计划中下达了六个环境保护项目:85—908项污水净化和资源化技术研究,85—909项有害废物和城市垃圾处理处置技术研究,85—910项生态环境综合整治和恢复技术研究,85—911项固体废弃物资源化技术研究,85—912项酸沉降及其影响和控制技术研究,85—913项全球气候变化预测、影响和对策研究。这些项目针对我国环境管理、环境决策、环境外交的迫切需要,针对生态环境恢复和污染防治的重点、难点问题进行科技攻关。

环境保护科技进步是环境保护工作上新水平、上新台阶的重要保障,国家环保局十分重视环保科技攻关。按照国家科委的安排,国家环保局作为主持部门,与中国科学院、国家教委和建设部具体负责908、909、912三个项目的组织实施工作,先后组织了

233 个单位的 3500 名科技人员,组成了不同学科紧密配合的攻关队伍。经过全体科技人员和管理人员四年多的努力拼搏,攻克了一个又一个难关,圆满完成了攻关任务,取得了丰硕的科技成果和良好的环境效益及社会、经济效益。

污水净化和资源化技术研究提供了我国湖泊、地下水、城市饮用水源污染防治的成套技术;城市污水处理的低投资、低能耗、低运行和高效率的替代技术;染料、农药、焦化、造纸等高浓度有毒有机工业废水处理关键技术及其示范工程、中试生产线、新产品、新设备,为我国水污染防治水平的提高奠定了基础。

有害废物和城市垃圾处理处置技术研究在国内首次对固体废物污染防治技术进行了系统研究。在对国内外现有研究成果消化吸收的基础上,通过大量的试验、分析取得了第一手资料,建立了一系列示范工程和实验基地,基本形成了固体污染防治技术体系。

酸沉降及其影响和控制技术研究在“六五”、“七五”对川、黔、两广地区酸雨影响研究基础上,对我国东部地区酸沉降特点、影响及控制技术进行了研究,掌握了该区域酸沉降对生态的影响、主要致酸物质的排放状况;研究了适合于我国的酸性物质输送模型和参数、酸雨控制综合规划方法,开发了一批适合我国国情的脱硫技术,为制定酸雨控制的国家方案和正确的环境外交政策提供了可靠的技术基础。

由国家环保局主持编写的《“八五”国家科技攻关环境保护项目成果汇编》,系统收集了上述三个项目 51 个专题的研究成果,重点阐述了成果的技术关键,推广应用的范围、条件、工艺要求等,以期在加强学术交流的同时,推进科技成果的转化,促进环保事业发展。

在《“八五”国家科技攻关环境保护项目成果汇编》正式出版之际,我衷心地代表国家环保局向全体参与“八五”环境保护项目攻

关的科技人员、管理人员表示敬意,向各有关部委的领导和同志们表示感谢。我真诚地希望环境保护科技工作不断取得更高、更新、更为有效的技术成果,推动我国的环境保护事业上新水平、新台阶。

解振华

1996年9月

前 言

酸沉降及影响和控制技术研究(85-912)项目是由国家环境保护局主持的国家“八五”科技攻关项目之一。该项目设置了3个课题,13个专题,共投入经费1426万元。其中:国家拨款1178万元,自筹经费98万元,贷款200万元。

国家环保局组织了中国环境科学研究院,中科院生态环境研究中心、北京大学环境科学研究中心、清华大学环境工程系和热能工程系、中国矿业大学型煤设计所、北京市劳动保护科学研究所、哈尔滨电站设备成套研究所等45个单位的1800多名科技人员的艰苦奋斗,协同攻关,共取得国际领先水平科研成果1项;国际先进水平9项;国内领先水平2项。建成示范工程8个;开发新技术、新工艺6项,新产品5个;获专利3项,论文87篇。

本项目所属13个专题的研究成果已有9个专题的部分成果已应用在为我国在环境外交中急需的“中国酸雨问题统一对外口径”的制定、为贯彻国家大气污染防治法划定国家酸雨控制区、制定酸雨控制规划以及地方环保局控制削减二氧化硫排放量规划上,已有2个专题的部分成果签定了技术转让合同和被企业所应用,形成可计算经济效益1050万元。

酸雨危害是当代世界重大环境问题之一。

据欧洲22国1983~1985年普查,该地区的森林总面积为13600万 hm^2 ,其中100万 hm^2 遭受酸沉降的破坏。1990年欧洲国家由于森林破坏造成的经济损失达90亿美元。美国每年因酸沉降对谷物影响,造成减产的经济损失达35亿美元。我国继欧洲、北美之后出现了大面积酸雨。

该项目针对我国当前急待解决,并具有重大战略意义的酸沉

降问题在“六五”、“七五”对川、黔、两广酸雨影响研究的基础上,为逐步摸清全国范围内酸雨对生态的影响,进行了“我国酸沉降及其生态环境影响的研究”、“沿海经济发展地区(青岛、厦门)酸沉降特征和防治研究”、“重点地区(贵阳、柳州)酸沉降综合控制与技术示范研究”等几方面内容的攻关,取得了丰硕的研究成果。

通过研究人员和技术人员的艰苦奋斗和不懈努力,在全国建成了由 26 个观测站组成的酸雨研究监测网,实测得到了降水、大气污染物浓度等基础数据 30 多万个,查清了我国酸沉降现状及发展趋势。得到了主要大气污染物浓度、降水酸度、降水离子浓度、离子沉降通量的时空分布。

科技人员通过大量的实验、分析,搞清了酸沉降对我国农业及森林影响的特征及东部七省酸沉降对农业及森林危害的地理分布及损害程度,生态系统对酸沉降的敏感地区及临界负荷值较低的地区。

研究人员设计并建立了国际上先进的涡旋扩散法观测装置,利用国家重点实验室的傅立叶变换红外光谱技术建立了硫酸氢根的测定方法,首次得到了我国东部地区大面积范围中逐月、逐季和全年的干沉降速度的平均场分布和区域平均值的年变化。

研究人员首次对我国几个典型地区进行大范围区域性低空及地面同步探测;改进了探空仪探测接收数据的方法;采用网络输送方法,成功地建立了我国大气环境资源背景场。

在系统分析我国北方冬季输送流场基础上,进行了华北地区酸性物质的大气航测及自长沙,经厦门、温州、上海、青岛、天津到长春的超长距离航测。成功地建立了 GPS/PC 全自动测量控制和数据采集处理系统和等动颗粒物采样系统,发现了我国东部上空酸性污染物的分布规律。

较准确地提出了 1990 年我国主要大气致酸物质和主要碱性物质的污染源排放清单,并利用地理信息系统将其区域化和网络

化。建立了致酸物质排放源与酸沉降之间的剂量关系模型,预测了我国1995年、2000年和2010年主要致酸物质的排放量和硫沉降量,重点预测了我国东部酸沉降严重地区的酸沉降发展趋势。

使用多种有创新特点的区域酸性物质输送模式,计算研究了我国和东亚地区大气酸性物质的化学转化、沉降、输送规律。

总结我国酸雨的研究成果,用降水酸化指标、硫沉降指标、酸沉降致农作物损失指标、酸沉降引起森林木材损失率指标、大气扩散能力指标、源排放量指标,采用透视法初步确定了我国酸雨控制区。

提出了我国中长期酸沉降控制区目标,建立了我国酸沉降控制技术评估与筛选方法,建立了一套控制技术评价指标体系,密切结合我国国情,给出了适用于我国的硫排放控制技术推荐清单。

为了实现酸沉降控制和管理的自动化,研究建立了我国酸沉降控制微计算机动态管理系统。

技术人员建立了二甲基硫和碳氢天然源排放通量的测定技术,填补了我国一项空白。通过多次野外联合观测,实验室模拟和模式计算,揭示了青岛和闽南两地区酸雨的来源、成因和形成特点。利用硫同位素示踪法,模式计算中的“示踪物种”技术对硫的来源和硫平衡进行估算,给出各类源对硫沉降和酸沉降的贡献水平,提出了该两地区酸沉降和硫沉降控制方案。

为解决贵阳、柳州两市的酸雨污染问题,并为西南、华南重酸雨区提供可借鉴的经验,以贵阳、柳州为基地开展了综合控制技术示范研究。通过研究弄清楚了贵阳、柳州地区酸沉降现状及变化趋势,测定和计算了两地的酸沉降临界负荷,开发、完善了适合当地条件的控制技术,制定了两地区酸沉降综合控制规划和实施方案以及酸沉降综合决策管理系统。

完成了贵阳日化厂层燃炉和柳州东风化工厂沸腾炉改造为循环床锅炉的工程,完善了辅机设备,锅炉热效率达80%以上,脱硫

率达 80%，钙利用率为 50%。建立了大容量脱硫剂及膨胀剂生产线。

开发了“型煤调质改性成套技术”，研制出高性能成型机械，提高了型煤的固硫效果，使其从“七五”的 40% 提高到“八五”的 62%。在合肥建成了年产 15 万 t 大型两段炉气化用型煤厂。

研制并在锅炉上实际运行了每小时 4t 每小时 10t 和每小时 20t 不同规格的湿式脱硫除尘器，除尘效率达 95%。研制的 SHG 型脱硫除尘器和 LCR 型灰水分离器已取得国家专利。

研究并建造了我国第一套工业化喷钙脱硫成套装置，当钙硫比为 1.5 时，脱硫率达 80%。研制了高效钙基吸着剂，形成了一整套喷钙脱硫试验研究和工程开发的能力。

“八五”重点科技攻关的酸沉降及其影响和控制技术研究，在“六五”、“七五”对川、黔、两广地区酸雨影响研究的基础上，对我国东半部地区酸沉降特点、影响及控制技术进行了研究，搞清了该地区酸沉降污染的现状和发展趋势；初步查明了我国大气污染物输送气象背景场，东部七省酸沉降对生态的影响，主要致酸物质的排放状况；研究了适于我国的酸性物质输送模型和参数，酸雨控制综合规划方法以及适于我国国情的脱硫技术，为制定酸雨控制国家方案和正确的环境外交政策提供了可靠的技术基础及经验。

本书全面介绍“八五”国家科技攻关项目第 912 项《酸沉降及其影响和控制技术研究》的科研成果，目的在于向有关部门的科研人员，管理人员和领导干部系统地提供我国该领域近期的科技进展和主要研究成果，以推动科研成果尽快转化为生产力，并为科学化管理和决策提供技术支持。

编 者

1996 年 8 月 30 日

目 录

序	(-5-)
前言	(-9-)
1. 我国酸沉降时空分布规律的研究	(1)
2. 酸沉降对生态环境的影响及其经济损失	(6)
3. 我国酸性物质的大气输送研究	(20)
4. 大气酸化和酸沉降过程研究	(26)
5. 我国酸沉降控制规划与对策研究	(34)
6. 青岛地区酸沉降特征和防治研究	(39)
7. 闽南地区酸沉降特征与防治	(44)
8. 贵阳地区酸沉降综合控制示范研究	(49)
9. 柳州地区酸沉降综合防治示范研究	(53)
10. 循环床燃烧脱硫技术完善化及工程配套应用技术研究	(59)
11. 工业型煤固硫技术完善及工业应用研究	(64)
12. 湿式脱硫除尘技术研究	(71)
13. 喷钙脱硫成套技术开发	(75)

我国酸沉降时空分布规律的研究

专 题 编 号:85-912-01-01

项目承担单位:中国环境科学研究院

主要参加人员:王文兴 张婉华 齐立文
洪少贤 丁国安 黄连芬
潘佑民 何纪力 童世南
郑春江 李 健 黄 云
李柱国 翁建华 汤 洁

成 果 水 平:国际先进

鉴 定 部 门:国家环境保护局

鉴 定 时 间:1995 年 10 月

单 位 地 址:北京市安定门外北苑

邮 政 编 码:100012

电 话:(010)64232255

1 成果内容简介、关键技术、技术经济指标

1.1 成果内容简介

通过 1400 余名监测、分析和研究人员在遍布全国的 261 个测站和有关实验室进行五年的研究提供了下列研究成果:

(1)首次得到了全国降水酸度时空分布规律,其中包括年、季、月均值等值线,发现我国的酸雨区现在约占全国面积的 40%。

(2)首次得到了全国降水离子浓度时空分布,包括 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 浓度地理分布和季节变化。并给出了我国降水五种主要离子沉降通量的时空分布规律。

(3)发现我国酸雨面积在迅速扩大,降水酸性迅速升高。近八年来,我国酸雨面积扩大了约 100 万 km^2 ,全国降水酸度平均升高了 2~8 倍。

(4)在我国南北六座高山上进行了降水酸度与化学组成同步观测,得到了降水酸度、化学组成的时空变化规律。发现泰山、五台山的高离子浓度的降水。特别是五台山高 2800m 处,春、夏两季降水 SO_4^{2-} 浓度平均达到 $350\mu\text{eq/L}$,在世界上尚未见到有这类观测结果。

(5)在我国东海泗礁岛春季降水观测和在丹东凤凰山夏季降水观测中都发现了较强的酸性降水。结合气流轨迹分析以及降水酸度与风向相关统计分析,初步判定我国东部沿海地区酸雨受日本和韩国的一定影响。

(6)发现在我国出现了一批降水 pH 年均值小于 4 的地区,这是世界上目前降水最酸的地区。

(7)首次给出了全国降水五种主要离子沉降通量时空分布规律。

(8)制定了全国监测网的酸沉降全程序质量控制和质量保证的技术规范,并建立了组织管理体系,保证了数据的准确性和可比性。

(9)开发了 ADDMS 酸沉降数据管理系统,可兼容多种软件,对数据库实现了自动化管理。

1.2 主要技术关键

为了提供有足够区域代表性和精确性的干、湿沉降数据以供判断我国酸沉降时空分布规律与发展趋势,为国内外输送模式的检验、生态系统影响计算以及对策分析研究提供必要的数据,本专

题必须解决以下技术关键：

(1)酸沉降优化布点问题。研究和解决在资金和人力有限的条件下,根据我国地形、地貌、气象和生态环境条件综合分析提出优化布点,建立观测网。

(2)观测点的代表性问题。迄今为止,我国酸沉降的观测点都位于城市和近郊区,因而只能代表城市地区,不能代表广大农村等生态环境,所以失掉了酸沉降研究的基本意义,为此必须解决这一大难题。

(3)SO₂ 和 NO_x 区域性观测问题。要在全 200 多个站点取得同步观测浓度分布,不可能采用常规采样和分析方法,必须寻求新技术、新方法。

(4)在超低密度布点采样的前提下,如何利用有限的 200 个点的测试数据绘制酸沉降时空分布图,这是环境制图领域具有探索性的一大难题。

(5)湿沉降采样方法和技术落后问题。过去基本上都是人工采样,且管理不善,致使采样分析结果偏差很大,对整个研究带来严重后果,必须解决。

(6)大尺度多目标复杂体系监测网观测数据的质量保证和质量控制问题。

1.3 技术经济指标

(1)提供我国酸雨区降水 pH 年均值等值线图;

(2)提供我国酸雨区降水中 SO₄²⁻ 浓度年均值等值线图;

(3)提供我国酸雨区降水中 NH₄⁺、Ca²⁺ 浓度年均值地理分布;

(4)提供我国酸雨区大气中 SO₂、NO_x 浓度年均值地理分布;

(5)提供我国典型山上降水、云水的酸度及化学组成;

(6)提供湿沉降观测全程序质量保证与质量控制方法;

(7)我国酸沉降时空分布规律研究报告。

2 经济、社会、环境效益及推广应用前景

2.1 经济、社会环境效益

专题所取得的各项数据已及时应用于“八五”科技攻关专题酸雨输送、生态影响及其造成的经济损失计算和国家酸雨危害控制对策的研究。

专题所取得的酸沉降时空分布规律,将是全国酸沉降宝贵的历史对比资料,可用于今后评价我国酸雨发展趋势预测及控制效果评价。

专题取得的主要成果:降水的酸度、硫酸根、硝酸根等离子浓度时空分布及其沉降通量地理分布; SO_2 、 NO_x 、 NO_2 、TSP 浓度地理分布等正可适时的用于国家部门和各级地方政府贯彻执行大气法,进行 SO_2 和酸雨分区控制规划,并可取得相应的环境效益、社会效益和经济效益。

2.2 推广及应用前景

鉴于我国酸雨危害将是今后长期的且还在发展的区域性环境问题,因此该研究成果可作为制订九五国家酸雨研究计划的主要依据。

由于酸雨的区域性特征,本研究提供的有关我国酸雨的大量资料和数据可供我国制订酸雨环境外交的科学依据。

3 成果转化为生产力的基本设想和可行性

(1)可迅速用于“九五”制订酸雨控制计划和长远规划。

(2)可应用于今后进行大规模大面积同步观测酸沉降的研究工作。

(3)已用于本课题酸雨输送模式校验和酸雨对生态影响造成的经济损失估算。

(4)可用于贯彻大气法酸雨和二氧化硫分区规划。

4 评审意见

参加专题调查、监测、分析和研究的人员达 1400 多人,通过五年的努力已按合同超额完成任务,全面达到了合同规定的考核目标。

本研究成果在整体上达到国际先进水平,经国际联网查询,其中全国降水酸度和化学组成时空分布规律及不等高度的六座山上降水酸度和四座山上降水化学组成时空分布规律研究的深度与广度在国际上领先。五台山高山降水超高浓度硫酸盐属世界首次发现。本成果具有重大应用价值和学术意义,为环境管理提供了重要的技术基础,可用于“九五”酸雨控制计划和酸雨控制与研究长远规划。并为环境外交提供了科学依据,本专题成果已提供本课题酸沉降输送、生态影响、经济损失估算和控制对策各专题应用。

存在问题及建议:

由于经费不足,观测时间不够长,关于日、韩对我国酸雨的影响,提高酸度酸雨区和新发现的酸雨区等问题,应继续观测追踪研究。