

RESEARCH PROGRESS AND MANAGEMENT MODEL OF ENVIRONMENT AND HEALTH

环境与健康的 主要研究进展与管理模式

于云江 等 编著

中国环境出版社

环境与健康的 主要研究进展与管理模式

于云江 等 编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

环境与健康的主要研究进展与管理模式/于云江等编著.
—北京: 中国环境出版社, 2014.6
ISBN 978-7-5111-1585-0

I. ①环… II. ①于… III. ①环境污染—影响—健康
IV. ①X503.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 232137 号

出版人 王新程
责任编辑 葛莉 安子莹
责任校对 尹芳
封面设计 宋瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67113412 (教材图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2014 年 6 月第 1 版
印 次 2014 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 13.25
字 数 320 千字
定 价 38.00 元

【版权所有。未经许可, 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, 请寄回本社更换

《环境与健康的主要研究进展与管理模式》

编著组主要成员

于云江 李 琴 孙 朋 杨 彦 张艳平
王 琼 王菲菲 王红梅 王先良 全占军
段小丽 聂 静 李 屹 赵秀阁 李良忠
高丹丹 叶 昊

序 言

自新中国成立以来，我国政府十分重视环境保护和人民群众的健康问题，在经济社会发展的不同阶段，为推进我国环境与健康工作发展，开展了有针对性的科学研究，采取了一系列措施，有效应对了出现的环境健康问题。在计划经济时代，我国工业规模较小，“三废”排放污染物的数量不大，环境污染对人群健康损害事件较少，这个阶段环境与健康工作主要集中在局部污染环境与健康事件的调查研究与处理上，同时也针对水体、土壤、大气中主要环境污染物的毒理作用和健康损害进行了初步探索。可以说，这个阶段无论是环境与健康的管理还是科学研究都处于起步阶段。

改革开放以来，我国经济社会发展取得了举世瞩目的成就，也付出了很大的资源环境代价。虽然在污染防治方面采取了许多积极的防治措施，但由于生产方式粗放，产业结构不合理，经济发展速度超过环境资源承载力，环境保护与经济发展严重不平衡，环境污染影响超过环境治理效应，因此，目前我国环境形势依然严峻，发达国家一两百年间逐步出现的环境问题在我国集中显现，呈现明显的结构型、压缩型、复合型特点，环境污染导致的人群健康损害事件频繁发生。当前我国环境状况总体恶化的趋势尚未得到根本改变，由长期环境污染造成的人群健康损害还有进一步加剧的趋势。因此，环境健康问题已经成为我国环境保护面临的非常紧迫的问题，也是制约我国社会进步、经济发展、环境保护、生态文明、人民幸福、社会稳定的“瓶颈”问题之一，着力加强环境与健康的管理，对于实现环境管理从污染控制为主向污染控制与质量改善兼顾，最终实现环境与健康风险管理的转变十分必要。要转变经济发展方式，推动环境管理从总量控制走向质量控制，实现环境与健康风险防范的跨越式发展，就要科学评估经济活动对环境及健康带来的压力与风险，制定保护人群健康的环境标准和对策，因而，现阶段做好环境与健康风险评估的基础性技术保障工作具有重要的现实意义。

近年来特别是“十五”以来，我国政府在环境与健康的管理以及科学研究方面积极开展工作，逐步形成日趋完善的管理与科研体系。2007年环境保护部与卫生部共同牵头，联合十六个部委局制定并颁布了《国家环境与健康行动计划（2007—2015）》，该文件现已成为指导我国环境与健康工作的纲领性文件。此外，环保部制定的“环境与健康‘十二五’专项规划”又将环境与健康管理工作纳入环境保护部的日常工作，组织了一系列的基础研究和情况调查，在国家层面有力推动了环境与健康工作的深入开展；国家“十五”科技攻关计划、“十一五”科技支撑计划、环境保护部的环保公益专项中均设立了多项关于环境健康问题的科研项目，这些研究成果为我国环境与健康管理工作提供了科学依据，促进了环境与健康工作发展。

本书在广泛参考国内外文献资料基础上，首次对我国已开展的环境与健康相关工作成果进行了集成、总结，对不同环境介质中主要有毒有害物质在环境学、毒理学及流行病学等方面的研究成果进行了系统总结和概述，对广泛使用的环境污染的健康风险评价方法进行了阐述，对国际上主要环境与健康管理模式以及重要研究机构特点进行了综述，是一本集环境健康研究与管理的实用工具书，既可为我国环境与健康管理工作提供参考，也可为该领域科研人员从事相关研究提供借鉴。相信本书的出版，将对提高我国环境健康的科学研究与管理水平发挥积极的作用。

环境与健康工作是关系人民身体健康和生命安全的重大民生问题，也是体现“以人为本、执政为民、关注民生”执政理念的重要方面，推动环保事业发展，保障人体健康是时代赋予我们环境科技工作者的神圣使命。我们期待广大环境与健康科研人员能够共同参与，就我国当前面临的环境健康问题展开深入研究，为解决我国环境和健康管理问题提供科技支撑，为实现天蓝、水清、地肥、人健康的美丽环境梦作出更大的贡献。

环境保护部科技标准司 胥树凡

二〇一四年一月

前 言

随着社会经济的快速发展，我国面临的环境污染形势日趋严峻。近年来，由环境污染导致的健康损害群体事件频发，防控环境污染引发的健康风险已成为我国环境与健康领域研究及管理工作的重中之重。

自新中国成立以来，我国的环境与健康工作由起步到发展，取得了一定的成果，但到目前为止，缺乏专门对这些工作系统总结的文献，为了使科研工作者和管理人员更好地了解和掌握我国环境与健康领域已取得的主要成果，避免重复工作，并为环境污染健康的管理与研究提供参考借鉴，有必要对环境与健康领域的研究成果进行系统的梳理和总结。

本书是在广泛查阅国内外关于环境污染物与健康方面文献资料的基础上，对我国已有的环境与健康相关工作成果进行系统梳理、归纳和深入凝练而形成的。本书对不同环境介质中主要有毒有害物质在环境学、毒理学以及流行病学等方面的研究成果进行了细致的归纳，并介绍了国际上环境污染的健康风险评估方法和国内外主要环境与健康管理模式以及研究机构。全书分为三篇，第一篇主要介绍了空气、水和土壤中主要污染物在环境学、毒理学及流行病学等方面的研究成果以及环境污染的健康风险评估方法；第二篇介绍了国内外环境与健康领域的主要研究机构和重点研究领域；第三篇介绍了发达国家（美国、欧盟、日本等）、发展中国家（印度、印尼、泰国等）、转型国家（俄罗斯）以及我国的环境与健康管理模式及其相关法律、法规体系。本书是一本集环境健康研究与管理的实用工具书，适于从事环境污染与健康研究的科研工作者阅读，也可供从事环境污染与健康管理人员参考借鉴。

本书编著过程中得到环保部科技标准司胥树凡副巡视员、宛悦副调研员以及相关人员的鼎力支持，谨向他们表示衷心感谢。环境污染与健康领域涉及面宽泛，理论与实践发展迅速，很多新知识、新成果不断涌现，因此本书难以穷尽该领域方方面面，不免存在一些不足，恳请广大读者批评指正。

作者

二〇一四年一月

目 录

第一篇 大气、水体、土壤环境污染与人群健康影响的相关研究

第 1 章 大气污染与人群健康	3
1.1 化学性污染与人群健康	3
1.2 生物性污染与人群健康	29
1.3 放射性污染与人群健康	33
第 2 章 水体污染与人群健康	40
2.1 无机污染物与人群健康	40
2.2 有机污染物与人群健康	73
2.3 生物毒素污染——藻毒素与人群健康	86
2.4 物理类污染——放射性污染与人群健康	88
第 3 章 土壤污染与人群健康	92
3.1 重金属污染与人群健康	92
3.2 有机物污染与人群健康	97
3.3 生物性污染与人群健康	100
第 4 章 环境健康风险评价研究进展	102
4.1 环境健康风险评价研究现状	102
4.2 环境健康风险评价研究进展	103
4.3 环境健康风险评价方法研究进展	103
4.4 环境健康风险评价的发展趋势	111

第二篇 环境与健康主要研究机构

第 5 章 国外环境与健康主要研究机构	115
5.1 世界卫生组织在欧洲区的研究机构	116
5.2 美国环境与健康主要研究机构	119
5.3 日本环境与健康主要研究机构	125
5.4 德国环境与健康主要研究机构	125
5.5 荷兰环境与健康主要研究机构	126

第 6 章 中国环境与健康研究机构 127

6.1 环境与健康研究机构 127

6.2 国内已有的实验室概况 140

6.3 国内实验室现有科研基础 143

第三篇 国内外环境与健康管理的介绍

第 7 章 环境与健康管理模式 147

7.1 国内外环境与健康管理模式介绍 147

7.2 国内外环境与健康管理模式特征分析 150

第 8 章 国内外环境与健康相关法律法规体系 152

8.1 发达国家环境与健康相关法律法规体系 152

8.2 发展中国家环境与健康相关法律法规体系 154

8.3 转型国家——俄罗斯环境与健康相关法律法规体系 156

8.4 中国环境与健康相关法律法规体系 156

8.5 国际环境与健康法律法规体系共同点 158

8.6 国际环境与健康相关法律法规体系对我国的启示 158

8.7 我国环境与健康相关法律法规体系的发展方向 159

参考文献 161

第一篇

大气、水体、土壤环境污染与 人群健康影响的相关研究

第1章 大气污染与人群健康

人类活动排出的污染物扩散到大气中，当这种污染物浓度超过大气自净能力时便构成大气污染，直接或间接地影响人体健康，如引起感官和生理机能的不适反应，产生亚临床和病理的改变，出现临床体征或存在潜在的遗传效应，发生急、慢性中毒或死亡等。1930年12月的比利时马斯河谷烟雾事件，1948年10月的美国多诺拉烟雾事件和1952年12月的英国伦敦烟雾事件都是由大气污染造成。随着现代工业化的发展，大气污染已不再局限于部分地区，而是逐渐波及全球。

大气污染物种类繁多、排放量大、污染范围广、危害严重，主要可分为化学性污染物、放射性污染物和生物性污染物三类。

1.1 化学性污染与人群健康

大气中的化学性污染物质主要来自煤和石油的燃烧，其中通过冶金、火力发电、石油化工和焦化等工业生产过程中排入大气的有害化学物质最多。近年来，随着汽车工业的发展，机动车尾气对人体健康的影响也越来越大。

目前最常见的大气污染物有：①有害气体，包括二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）以及光化学氧化剂、硝酸雾和硫酸雾等；②颗粒悬浮物，包括降尘、飘尘、石棉和无机金属粉尘等。

1.1.1 二氧化硫

SO_2 在常温下为无色有刺激性气味的有毒气体，是我国大气主要污染物之一，同时也是我国“十五”、“十一五”和“十二五”期间重点控制的空气污染物之一。大气中的 SO_2 主要由人类活动产生，大部分来自煤和石油的燃烧以及石油炼制等。

SO_2 被人体吸入后，会刺激人体的呼吸道，减弱呼吸功能，并导致呼吸道抵抗力下降，诱发呼吸道的各种炎症，危害人体健康。 SO_2 除能够直接引起呼吸道疾病外，其在体内生成的衍生物也会对肝、肾等造成不同程度的损伤，或产生全身毒性，严重时还会致人死亡。空气中硫的氧化物随雨水降下还会形成酸雨，酸化土壤和湖泊，直接破坏农作物、森林和草原，给生态系统以及农业、森林、水产资源等带来严重危害；同时，酸雨还会加速建筑物、桥梁、工业设备以及电信电缆等的腐蚀。

1.1.1.1 环境领域的主要研究成果

(1) 二氧化硫污染溯源及现状调查

大量的研究表明,燃煤是我国空气污染的主要污染源之一。早在20世纪80年代,环保及卫生部门的专家就对我国26个城市的空气污染状况进行了系统调查,其中北京市1980—1981年市区 SO_2 日均浓度范围为 $0.01\sim 0.54\text{ mg/m}^3$,超标率31.71%,最大浓度超标2.6倍。同时大量的研究发现,各城市 SO_2 浓度呈明显的季节性变化,特别是在我国北方城市,冬季采暖期空气污染非常严重,如天津市在2002—2005年, SO_2 的年均浓度逐年升高,均超过国家二级标准,其采暖期 SO_2 平均浓度高于非采暖期浓度的3倍左右,主要是由于我国北方城市采用的小煤炉及锅炉等燃煤取暖,排放出大量的 SO_2 ,使得市区大气环境中的 SO_2 浓度变高。

我国工业化程度日益加深,钢铁工业的矿石冶炼、煤炭焦化及工业锅炉等排放的 SO_2 也不容忽视。如通过对安徽省马鞍山市能源结构、历年工业用煤量、 SO_2 排放总量、酸雨发生频率、硫酸盐化速率等数据资料分析,发现该城市大气污染物 SO_2 主要来源于钢铁工业的矿石冶炼、煤炭焦化及工业锅炉等点源污染。随着能源结构的调整和治理力度的加大,我国部分城市的 SO_2 污染有所缓解,但仍有部分城市环境空气 SO_2 年平均浓度及日平均浓度超标,而且有不断升高的趋势。

世界卫生组织(WHO)推荐保护公众健康的 SO_2 指导值,24 h平均浓度值为 $0.1\sim 0.15\text{ mg/m}^3$,我国现行的《环境空气质量标准》(GB 3095—1996)和新发布的《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)中规定的 SO_2 的日平均浓度一级和二级标准分别为 0.05 mg/m^3 和 0.15 mg/m^3 ,与国际接轨。

国外大气中 SO_2 大多来自于工业企业(如电厂)废气及机动车等,如美国排入大气中的 SO_2 65%来自于电厂(特别是燃煤电厂、冶金矿业等),另外大型机车、轮船和其他燃油设施也是 SO_2 的主要排放源。为了有效降低空气污染指数,提高空气质量,许多发达国家投入了大量的人力和物力。如美国政府于1995年启动的“降低 SO_2 及其他相关污染物排放的规划”;2005年又投入1000亿美元启动了“清洁空气洲际章程”,用以解决由于 SO_2 污染带来的土壤酸化修复及名胜古迹维护等问题。近些年来国外许多发达国家的大气污染状况已经得到有效的控制,但部分发展中国家环境污染状况依然不容乐观。

(2) 环境检测分析方法

空气中 SO_2 的分析方法主要有化学分析法、仪器分析法和生物监测法。

化学分析法是以化学反应为基础的分析方法,主要是通过吸收剂将气体中的硫化物吸收固定,再用重量分析法、滴定分析法或气体分析法进行准确的定性和定量。目前,我国空气中 SO_2 的分析方法有《环境空气二氧化硫的测定 甲醛吸收—副玫瑰苯胺分光光度法》(HJ 482—2009)和《环境空气二氧化硫的测定 四氯汞盐吸收—副玫瑰苯胺分光光度法》(HJ 483—2009)。两种方法各有优缺点。甲醛吸收—副玫瑰苯胺分光光度法操作要求比较严格,测试结果的准确度受诸多因素(如主要试剂质量、显色温度和显色时间、溶液加入顺序、比色皿、空气采样器流量、采样温度、导气管的吸附等因素)的影响。四氯汞盐—盐酸副玫瑰苯胺比色法也有不足之处。例如,使用的药品多、器具多,偶然误差大,分析测定时间长,有些药品用后排放会污染环境等,但该方法操作简单,对仪器设备无

特殊要求。

仪器分析法是化学学科的一个重要分支,它是以物质的物理和物理化学性质为基础建立起来的一种分析方法,是通过较特殊的仪器,对物质进行定性、定量以及形态的分析,比化学分析方法灵敏、快速、准确。气相色谱仪的出现标志着先进的总硫分析仪器的到来。我国色谱工作者经过近半个多世纪的技术研究,先后开发出了 30 多种通用或专用检测器,如热导检测器(常量分析)、氢火焰离子化检测器(微量分析)、电子捕获检测器和火焰光度检测器(微量专用分析),同时研制的色谱分离柱对气体中各种硫化物的分离也达到了较高水平。例如,使用 TCD 热导检测器,利用柱填充物为 GDX104 或 401 固定相,就可以分析常量的 H_2S 、 SO_2 、 CS_2 等硫化物;利用 FID 氢火焰离子化检测器,色谱柱为 GDX 和 TCP 柱,就可以分析微量的 H_2S 、 SF_6 、 SO_2 、 CS_2 、甲硫醚 $[(\text{CH}_3)_2\text{S}]$ 、乙硫醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$)、噻酚($\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$)等气态硫化物。当 GC—MS 联用后,对于各种含硫气体,都可以很好地在此类仪器上定性定量分析,并总结出一些色谱保留指数及色谱图编入相关文献,人们可以根据科学生产或实验的实际情况,随时查验有关数据,所以色谱分析已经成为现在应用最广的仪器分析方法。利用离子色谱法分析空气中 SO_2 ,方法简便、灵敏、快速、准确,其主要是利用氧化反应将 SO_2 转化为 H_2SO_4 ,利用离子色谱测定 SO_4^{2-} 含量进而计算出空气中 SO_2 的含量。基于以上研究成果,人们探讨并发明了应用于人体健康效应研究的被动式个体采样器,大量的研究发现用被动式个体采样器采样检测的结果与国家标准方法采样测定的结果差异无统计学意义。王心宇等探讨了用被动式个体采样器进行空气质量检测的可行性,在北京的城区和郊区各选择 10 户家庭,用被动式个体采样器采样,并用离子色谱法测定室内外空气中的 NO_2 和 SO_2 浓度,结果显示,国标法测定的 SO_2 和 NO_2 浓度均比被动式个体采样器测定的结果略高,但差异无统计学意义。因此被动式个体采样器现已广泛应用于污染所致健康效应的研究工作中。

生物检测法是根据生物个体、种群或群落对环境污染或变化所产生的反应来阐明环境污染状况的检测方法。大量的研究表明,许多植物(如树种)叶片中硫含量与空气 SO_2 污染的程度有明显的正相关性。张金恒等对某钢铁企业内的当年生桂花叶片进行采集,测试叶片光谱反射率、叶液 pH、叶片含硫量等,研究生长在 SO_2 污染环境下桂花叶片光谱的变化以及相应的部分生理生化指标的变化,结果显示叶片含硫量的变化随着大气 SO_2 浓度的增加或者减小而相应地增加或者减小。因此,许多科研人员探索除了利用分析仪器对空气中的 SO_2 进行监测外,也在研究利用某些植物作为其监测物种,如某些对 SO_2 极为敏感的附生苔藓类植物和绿化树种等。H.M.Andre 等通过对某些植物的研究,建立了相应的剂量-反应关系模型,对大气中 SO_2 的浓度进行定量监测。

1.1.1.2 毒理学领域的主要研究成果

目前,对 SO_2 的毒理研究报道主要集中在它所引起的生化指标的改变、遗传毒性、氧化应激及 DNA 损伤等方面。

SO_2 进入人体后,在体内很快与水结合,在呼吸道中产生硫酸,硫酸分解产生其衍生物亚硫酸氢盐(HSO_3^-)和亚硫酸盐(SO_3^{2-}),亚硫酸氢盐和亚硫酸盐可进入血液或其他体液。国内外的研究均表明, SO_2 及其衍生物除了导致呼吸系统的损害外,对肝、肾等器官均可造成不同程度的损伤,甚至引发全身毒性。如孟紫强等研究指出, SO_2 是一种

全身性毒物，对肝、肺、肾、心、脾、脑等多种器官均可产生氧化应激损害。国内有研究表明： SO_2 是基因毒性因子和染色体断裂剂，接触 SO_2 污染的工人其外周血淋巴细胞染色体畸变（CA）、姊妹染色单体交换（SCE）和微核（MN）率均显著增高。 SO_2 对小鼠脑、心、肾、睾丸超微结构的影响研究也为 SO_2 是一种全身性有毒因子的观点提供了病理学证据。国外通过对脑、肺、心、肝、肾组织中GST和G-6-PD活性以及GSH含量的对比研究发现： SO_2 吸入可使谷胱甘肽氧化还原系统中的关键性酶GST和G-6-PD活性发生显著降低，可使抗氧化物质GSH含量显著下降，而脂质过氧化物TBARS则显著升高，最终使谷胱甘肽氧化还原系统发生大的变化，可引起多种器官组织发生氧化损伤。同时研究还发现：肾脏可能是 SO_2 氧化损伤毒性作用的重要靶器官之一，而脂质过氧化作用可能是 SO_2 肾脏毒性的机制之一。

（1） SO_2 与呼吸系统疾病

SO_2 对呼吸系统的损害主要是抑制了肺泡巨噬细胞合成细胞因子如肿瘤坏死因子、白细胞介素、转化生长因子等的能力，从而降低其清除异物的功能。当 SO_2 进入人体后，首先会对呼吸道产生损害，刺激人们的呼吸道，减弱呼吸功能，并导致呼吸道抵抗力下降，诱发呼吸道的各种炎症，危害人体健康。因此， SO_2 的产生、迁移以及清除和净化一直是人们关注和研究的课题。

吸入 SO_2 最主要的生理反应是轻度的气管收缩，但长期接触 SO_2 可削弱或破坏呼吸系统的免疫功能和防御能力，诱发各种呼吸道炎症反应，高浓度 SO_2 将降低肺功能。 SO_2 在体内的衍生物 SO_3^{2-} 与哮喘的发作有关，尤其对于敏感个体（儿童和哮喘患者）。轻度哮喘患者暴露于浓度高于 0.75 mg/m^3 的 SO_2 中10 min即能引起短暂的呼吸困难。Bemstein等通过流行病学调查显示 SO_2 单独或与其他污染颗粒一起可引起支气管收缩，增加呼吸道疾病（如哮喘、肺癌等）的发病率。在 SO_2 致呼吸系统疾病的研究过程中发现颗粒物、氮氧化物与 SO_2 有协同致病作用。

肖纯凌等就大气污染物对呼吸系统的影响开展了大量研究，通过对大鼠肺细胞毒性及病理学改变的研究发现： SO_2 可引起大鼠气管纤毛的摆动功能减弱及丧失，导致其排出功能障碍，同时还可导致肺组织发生急性炎症，呼吸面积极度变小，并有早期硬化改变。

（2） SO_2 与心血管系统疾病

流行病学资料显示 SO_2 与心血管系统疾病也有关。长期接触 SO_2 可增加心血管疾病（如心律失常、缺血性心脏疾病、肺心病等）的风险和死亡率。目前认为 SO_2 及其衍生物主要是通过电压门控钙通道增加了细胞内的钙离子浓度，通过电压门控钾通道增加细胞外钾离子浓度造成心肌细胞的损伤。此外， SO_2 也可影响脂质代谢。Kueukatay等报道吸入 SO_2 的小鼠脂质过氧化反应增强，各组织器官抗氧化酶如超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）等显著改变。而且，吸入 SO_2 可通过氧化应激损伤促进或加剧原发疾病的进展。

（3） SO_2 的生殖毒性

美国科学家采用 SO_2 衍生物亚硫酸钠和亚硫酸氢钠（二者的物质的量之比为3:1）腹腔注射的方法，研究其对雄性小鼠生殖细胞的遗传毒性，结果表明： SO_2 衍生物可引起小鼠精子数量尤其是正常活动度精子数量减少，引起不活动精子数量增加，且呈剂量—效应关系； SO_2 衍生物可引起多种类型的精子畸形增加，尤其可引起不定形畸变精子的频率显

著增加,总精子畸变率随染毒剂量的增加而呈剂量依赖性增高。由此推论,SO₂污染有一定的雄性生殖毒性。

(4) SO₂ 的神经毒性

桑楠等利用全细胞膜片钳技术研究了 SO₂ 代谢衍生物——NaHSO₃ 和 Na₂SO₃(二者分子比为 1:3) 对大鼠海马 CA₁ 区神经元瞬间外向钾电流 (I_A) 和延迟整流钾电流 (I_K) 的影响,研究发现:SO₂ 代谢衍生物对大鼠海马神经元电压依赖性外向钾电流的增大作用,可导致神经元细胞内 K⁺通过 K⁺通道的外流增加,使得细胞内 K⁺浓度降低,造成中枢神经系统损伤。

(5) SO₂ 的“三致”效应

我国许多学者致力于 SO₂ “三致”效应的研究。孟紫强等采用 SO₂ 吸入染毒法就大气污染物中 SO₂ 的遗传毒理效应进行了研究,研究发现:短期与长期 SO₂ 吸入均可引起小鼠骨髓 PCE 细胞核率和微核细胞率显著升高,且有明确的剂量—效应关系,随着吸入 SO₂ 浓度的增高,细胞遗传物质损伤加重,单微核细胞率和双微核细胞率均显著升高;SO₂ 气体还可抑制小鼠骨髓细胞分型,引起染色体畸变;说明空气污染物 SO₂ 是哺乳类细胞染色体断裂剂和基因毒性因子。研究还发现,长期接触环境低浓度 SO₂ 污染,有引起人体细胞遗传物质损伤的潜在危险,并可能加剧某些疾病的发生与发展。陈娟等探讨空气中 SO₂ 对人体的危害及相关问题发现,SO₂ 可以加强致癌物苯并[a]芘 (B[a]P) 的致癌作用,在 SO₂ 和苯并[a]芘的联合作用下,动物肺癌的发病率高于单个因子的发病率,在短期内即可诱发肺部扁平细胞癌。

1.1.1.3 流行病学领域的主要研究成果

空气污染所致健康危害是通过长期反复接触产生的累积作用,危害程度不仅取决于环境污染因子的暴露水平,还与人群暴露时间和人群的敏感性等有关。北京、沈阳等大城市曾被列入世界十大污染城市之中,中国城市空气污染已明显引起了公共健康效应和经济损失。研究人员对太原市大气污染对公众健康的危害进行了探讨,研究发现:太原市空气污染物中的致癌化学污染物主要为砷 (As) 和 B[a]P;非致癌化学污染物主要为 SO₂。本课题组探讨了兰州市大气主要污染物污染对人群健康的影响,利用环境空气质量指数法对区域大气污染状况进行了评价,结果显示:颗粒物的 IAQI (空气质量分指数) 普遍高于 SO₂,并且颗粒物粒径越小,对人体健康的危害越大。同时国外大量研究表明,SO₂ 能够对人体的多个组织和器官造成较为严重的健康损害。

作为主要的空气污染物之一,SO₂ 流行病学研究一直受关注和重视,其流行病学研究成果主要体现在以下几个方面:

(1) SO₂ 与死亡率

SO₂ 对人群健康的流行病学研究报道最多的是对人群死亡率的影响。

香港从 1990 年起限制使用含硫量超过 0.5% 的燃料,有研究评估了该控制政策对心肺疾病死亡率和总死亡率的影响,结果表明:控制政策出台后,年平均死亡率明显下降,其中总死亡率、呼吸系统疾病死亡率和心血管疾病死亡率下降分别为 2.1%、3.9% 和 2.0%,说明 SO₂ 对死亡率尤其是呼吸系统和心血管死亡率有较大影响。

PM₁₀、PM_{2.5}、NO₂ 和 SO₂ 的日均水平与呼吸系统疾病和心脏疾病死亡率的上升有关。其中,SO₂ 是唯一单独与总死亡率有显著相关的污染物。在巴西圣保罗的研究发现,空气