

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

海峡西岸城市群大气复合污染 成因与调控机制

陈晓秋 陈进生 吴水平 林长城 等 著



科学出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

海峡西岸城市群大气复合污染 成因与调控机制

陈晓秋 陈进生 吴水平 林长城 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在环保公益性行业科研专项经费项目“海峡西岸城市群大气复合污染成因”(201009004)研究成果的基础上撰写而成的。本书针对我国中东部区域日益突出的大气灰霾等区域性大气污染问题,结合海峡西岸城市群区域特色与鲜明的城市化特征,对大气复合污染的成因、建立环境大气预警预报及减排管理系统等进行阐述。全书共9章,内容包括:海西区大气环境质量演变、气象条件对海西区大气环境质量的影响、海西城市群大气细颗粒物(PM_{2.5})及其化学组成分布特征、海西城市群大气复合污染成因、海西城市群大气PM_{2.5}来源解析、海西城市群不同尺度能见度预报预警、大气污染源排放清单调查和空气质量模型的本地化流程、大气复合污染环境管理平台建设以及海西区大气环境质量改善方案。

本书可为大气环境领域的师生、科研人员及监测工作者提供借鉴与参考。

图书在版编目(CIP)数据

海峡西岸城市群大气复合污染成因与调控机制 / 陈晓秋等著. —北京: 科学出版社, 2014. 3

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-03-040009-3

I. ①海… II. ①陈… III. ①城市空气污染—研究—福建省 IV. ①X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 041729 号

责任编辑: 余 丁 张艳芬 王晓丽 / 责任校对: 鲁 素

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 蓝 正

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 4 月第一次印刷 印张: 20 彩插: 24

字数: 451 000

定价: 108.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编著委员会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

《海峡西岸城市群大气复合污染成因与调控机制》

研究和写作组成员

主要作者(按姓氏拼音排序)

白 亮 陈进生 陈晓秋 杜 可 傅彦斌 胡清华 林长城
王 宏 王新红 吴水平 徐 亚 尹丽倩 张福旺 郑秋萍

参与人员(按姓氏拼音排序)

陈衍婷 程 斌 邓君俊 蒋冬升 廖 旭 刘碧莲 刘荣军
牛振川 钱冉冉 王 杨 魏淑珍 徐玲玲 杨冰玉 郑 桢

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

序言

我国作为一个发展中的人口大国,资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作,提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下,“十一五”环境保护工作成效显著,在经济增长超过预期的情况下,主要污染物减排任务超额完成,环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长,资源环境约束进一步强化,环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减,环境质量改善的压力不断加大,防范环境风险的压力持续增加,确保核与辐射安全的压力继续加大,应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点,解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题,确保环保工作不断上台阶出亮点,必须充分依靠科技创新和科技进步,构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年,我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》(以下简称《规划纲要》),提出了建设创新型国家战略,科技事业进入了发展的快车道,环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求,原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会,出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》,确立了科技兴环保战略,建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来,在广大环境科技工作者的努力下,水体污染控制与治理科技重大专项启动实施,科技投入持续增加,科技创新能力显著增强;发布了502项新标准,现行国家标准达1263项,环境标准体系建设实现了跨越式发展;完成了100余项环保技术文件的制修订工作,初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项234项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团

结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，该专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境的质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

前 言

近年来,我国中东部区域大气灰霾等区域性大气污染问题日益突出,严重威胁人民群众健康,影响环境安全。海峡西岸沿海城市群因地处典型东亚季风控制区,存在着明显冬季风和夏季风的交替,同时也是海陆交互的重要边界带,气溶胶既有当地人为源和来自区域外的沙尘源,又有海盐气溶胶的影响。因此,在该区域开展灰霾污染的研究,具有浓厚的区域特色与鲜明的城市化特征,是研究快速城市化与东亚季风双重驱动下区域大气污染格局与特征的典型案例,因而具有重要的学术价值。

海峡西岸沿海城市群位于长三角与珠三角两大经济区之间,东临台湾岛,人口密度大,城市化进展快,大气环境问题也日趋严重。2010年,国务院办公厅下达了环境保护部、国家发展和改革委员会等九部门联合制定的《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》(国办发〔2010〕33号),其中,海峡西岸城市群被确定为开展大气污染联防联控工作的重点区域之一;2012年10月,国务院批复了环境保护部等部门提出的关于重点区域大气污染防治“十二五”规划,进一步明确在该区域深入开展大气复合污染治理的目标与措施。

本书通过对近期海峡西岸沿海重点城市大气污染、高污染行业排污与气象等相关数据收集整理,分析海峡西岸城市群大气复合污染现状与发展趋势,通过外场观测与实验模拟,揭示区域大气复合污染的成因;以海峡西岸重点城市福州为对象,结合大气污染源排放模型、气象模型、大气污染物空间插值模型与区域空气质量改善目标,建立相应的环境大气预警预报及减排管理系统。本书可为大气环境领域的教学、科研及监测提供借鉴与参考。

为了便于论述,本书中“海峡西岸经济区”简称为“海西区”,“海峡西岸经济区沿海城市群”简称为“海西城市群”。

本书由陈晓秋、陈进生策划且统稿,“海峡西岸城市群大气复合污染成因与调控机制”课题组吴水平、林长城、白亮、胡清华、王新红、杜可、傅彦斌、张福旺、王宏、徐亚、尹丽倩、郑秋萍等参与了撰写,包含了钱冉冉、杨冰玉、郑桢、刘碧莲等硕士研究生毕业论文的部分内容。

由于作者水平有限,本书难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》序言

前言

第 1 章 海西区大气环境质量演变	1
1.1 海西区概述	1
1.1.1 自然地理特征	2
1.1.2 自然气象特征	2
1.1.3 产业结构和产业布局	4
1.2 “十一五”期间海西沿海城市群大气环境质量演变规律	4
1.2.1 主要大气污染物浓度变化	4
1.2.2 空气质量级别和污染特征变化	7
1.3 小结	9
参考文献	9
第 2 章 气象条件对海西区大气环境质量的影响	10
2.1 气象条件对海西城市群大气环境质量的总体影响	10
2.2 天气形势、气象要素对污染物浓度变化的影响	11
2.3 海西城市群灰霾的时空分布	13
2.3.1 海西城市群灰霾的空间分布特征	14
2.3.2 海西城市群灰霾的时间分布特征	15
2.4 海陆风的特征及其对海西城市群空气质量的影响分析	20
2.4.1 海西沿海风向概况与确定海陆风方法	20
2.4.2 海陆风对空气质量变化的影响	21
2.5 典型天气过程的污染特征分析	25
2.5.1 暖区辐合影响个例分析	25
2.5.2 变性冷高压影响个例分析	26
2.5.3 高空槽影响个例分析	28
2.5.4 台风影响个例分析	29
2.6 小结	33
第 3 章 海西城市群大气细颗粒物(PM _{2.5})及其化学组成分布特征	35
3.1 海西城市群大气复合污染监测站位的设立与样品采集	35
3.1.1 采样站位布设与采样频次	35
3.1.2 准超级站设立	37

3.1.3 样品采集	37
3.1.4 样品分析	38
3.1.5 质量控制与质量保证	41
3.2 $PM_{2.5}$ 的观测	42
3.2.1 海西城市群部分城市 $PM_{2.5}$ 连续自动在线监测	42
3.2.2 海西城市群 $PM_{2.5}$ 手动离线观测	43
3.3 海西城市群 $PM_{2.5}$ 分布特征	44
3.3.1 海西城市群大气颗粒物的粒径分布	44
3.3.2 海西城市群 $PM_{2.5}$ 时空变化	47
3.3.3 气象因素对海西城市群 $PM_{2.5}$ 时空变化的影响	48
3.4 海西城市群 $PM_{2.5}$ 中化学组成分布特征	53
3.4.1 有机碳和元素碳(OC/EC)的污染特征	53
3.4.2 无机水溶性离子的污染特征	58
3.4.3 元素成分的污染特征	67
3.4.4 密集采样 $PM_{2.5}$ 化学组成的浓度及气象因子相关性分析	74
3.5 小结	76
参考文献	77
第4章 海西城市群大气复合污染成因	80
4.1 海西城市群大气颗粒物化学组成特征	80
4.1.1 海西城市群 $PM_{2.5}$ 化学组成的质量重构	80
4.1.2 单体烃的污染特征	98
4.1.3 有机酸的污染特征	102
4.2 海西城市群 O_3 的分布特征及分析探讨	108
4.2.1 海西区近地层 O_3 的空间分布	108
4.2.2 重点城市福州、厦门近地层 O_3 的分布规律	109
4.2.3 O_3 与天气形势及气象要素的关系	113
4.2.4 O_3 的 EKMA 曲线绘制	116
4.3 黑碳的研究	124
4.3.1 概述	124
4.3.2 实验方法	125
4.3.3 结果与讨论	125
4.4 挥发性有机物污染时空变化特征	136
4.4.1 概述	136
4.4.2 挥发性有机物实验方法	136
4.4.3 挥发性有机物光化学活性分析方法	138
4.4.4 海西城市群挥发性有机物污染特征	139

4.4.5 挥发性有机物在线监测结果分析	144
4.5 小结	146
参考文献	147
第 5 章 海西城市群大气 PM_{2.5} 来源解析	151
5.1 大气 PM _{2.5} 的来源解析方法	151
5.1.1 反向轨迹气团法	151
5.1.2 特征比值法	151
5.1.3 放射性碳同位素技术	152
5.1.4 聚类分析	152
5.1.5 化学质量平衡法	152
5.1.6 空气质量模式模拟法	154
5.2 海西城市群 PM _{2.5} 一次源样采集	155
5.2.1 源样品采集	155
5.2.2 分析方法	156
5.2.3 PM _{2.5} 源谱数据库	157
5.3 海西城市群 PM _{2.5} 的来源解析结果	159
5.3.1 海西城市群不同季节气团来源	159
5.3.2 海西城市群 PM _{2.5} 中有机碳和元素碳的比值分析	160
5.3.3 海西城市群 PM _{2.5} 中稳定性碳同位素分析	162
5.3.4 海西城市群 PM _{2.5} 中元素的聚类分析	165
5.3.5 海西城市群 PM _{2.5} 来源的化学质量平衡分析	166
5.3.6 海西城市群 PM _{2.5} 来源的数值模拟规范和结果	169
5.4 小结	170
参考文献	171
第 6 章 海西城市群不同尺度能见度预报预警	173
6.1 城市数字摄像能见度方法的建立	173
6.1.1 能见度概述	173
6.1.2 能见度观测方法研究进展	173
6.1.3 城区能见度数字摄像观测方法的开发	174
6.1.4 城区能见度数字摄像观测方法的应用与验证	178
6.1.5 数字摄像法能见度自动观测系统的建立	183
6.2 城市能见度预报系统	187
6.2.1 资料与方法	187
6.2.2 厦门市能见度统计预报模型建立与检验	188
6.2.3 福州市能见度统计预报模型建立与检验	196
6.2.4 能见度预报模型软件	201

6.3 基于 V-30 的区域雾、灰霾天气的低能见度预警预报	203
6.3.1 数据和方法	204
6.3.2 V-30 图简介及预警预报系统介绍	204
6.3.3 雾、灰霾天气的 V-30 图结构特征、预报与检验	205
6.4 小结	217
参考文献	217
第 7 章 大气污染源排放清单调查和空气质量模型的本地化流程	219
7.1 大气化学输送模式 MODELS-3/CMAQ	219
7.2 中尺度气象数值模式 MM5 介绍	220
7.3 大气污染源排放清单的编制	221
7.3.1 排放清单编制的基本内容	221
7.3.2 排放清单编制的基本程序	221
7.3.3 污染源数据库	224
7.3.4 大气污染排放量的计算	224
7.3.5 各污染源对大气污染物排放量的分担率	251
7.4 排放源处理程序 SMOKE	253
7.5 排放源输入文件格式处理	254
7.6 MM5/SMOKE/CMAQ 模式系统的搭建	254
7.7 空气质量模型模拟验证	256
7.7.1 日均值模拟结果	256
7.7.2 小时均值模拟结果	258
7.8 小结	259
参考文献	260
第 8 章 大气复合污染环境管理平台建设	261
8.1 建设目标	261
8.2 建设内容	261
8.2.1 数据中心建设	261
8.2.2 预报预警系统建设	262
8.2.3 综合分析系统建设	263
8.2.4 监测发布系统建设	264
8.3 技术路线	264
8.3.1 建立完善数据中心并编制源排放清单	264
8.3.2 研究大气化学反应机理、区域内气候的变化规律	264
8.3.3 研究掌握 MM5/SMOKE/CMAQ 模式系统并本地化	264
8.3.4 区域内统一坐标网格的建立并与污染源排放清单相结合	265
8.3.5 建立系统平台	265

8.4 平台效果展示	266
8.4.1 大气复合污染环境管理平台首页	266
8.4.2 模拟值与实测值的验证图示	267
8.4.3 源排放清单编制及管理图示	267
8.5 减排管控方案	268
8.5.1 减排管控目标	268
8.5.2 减排管控措施	268
8.5.3 减排管控方案图示	269
8.5.4 减排管理平台的应用示范与验证	270
第9章 海西区大气环境质量改善方案	275
9.1 海西区主要的大气环境问题	275
9.2 海西空气品质区的研究划定	275
9.2.1 海西空气品质区划分的意义	276
9.2.2 海西空气品质区标准的研究确定	276
9.3 区域空气质量监测网络优化	277
9.3.1 点位优化的基本原则、目标及方法	277
9.3.2 空气质量模型模拟结果分析	279
9.3.3 区域空气质量监测网络优化布点	286
9.4 海西空气品质区的规划管理	295
9.4.1 海西区大气环境质量整体形势分析	295
9.4.2 海西空气品质区的规划管理	296
9.5 海西空气品质区大气环境质量改善措施建议	301
9.6 大气复合污染防治措施建议	303
参考文献	304
彩图	

第 1 章 海西区大气环境质量演变

1.1 海西区概述

海峡西岸经济区(以下简称“海西区”)位于我国东南部、台湾海峡西岸地区,北邻长江三角洲,南接珠江三角洲,西连内陆,东与台湾岛隔海相望。行政区域以福建省为主,包括浙江南部、江西南部 and 广东粤东等周边地区,涵盖福建全省 9 个地级市,浙江省温州、丽水、衢州,江西省上饶、鹰潭、抚州、赣州,广东省梅州、潮州、汕头、揭阳,共计 20 个地级市,陆域总面积 28.28 万平方千米,占全国国土面积的 2.95%;人口 8779.66 万,占全国总人口的 6.64%;人均地区生产总值近 3500 美元,是我国沿海经济带的重要组成部分,在全国区域经济发展布局中处于重要位置。海西区区域位置图见图 1.1,地理位置图见图 1.2。

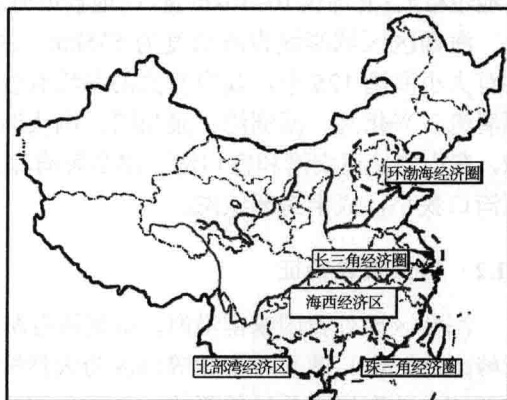


图 1.1 海西区区域位置图(彩图)

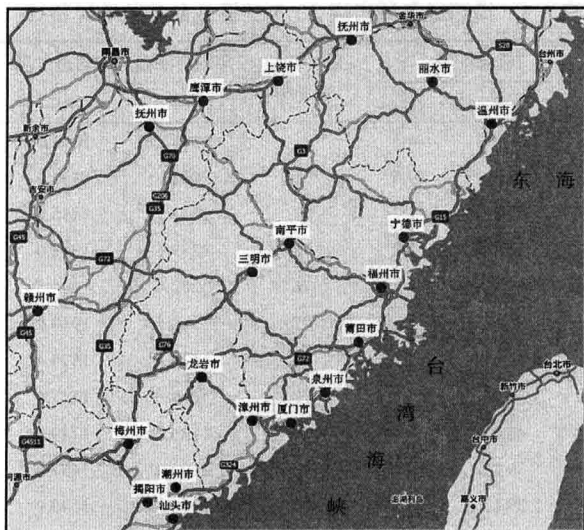


图 1.2 海西区地理位置图(彩图)

1.1.1 自然地理特征

海西区陆域位于东经 115°50′~120°40′, 北纬 23°33′~28°20′, 东西最大间距约 480km, 南北最大间距约 530km。东北与浙江省毗邻, 西南与广东省相连, 东南隔台湾海峡与台湾岛相望。

福建省内地势西北高、东南低, 北东-南西走向的岭谷相间, 东西剖面呈马鞍形。境内有两列北东-南西(或北北东-南南西)走向的山脉。西部一列为武夷山脉, 东部一列为鹫峰山-戴云山-博平岭山脉。闽东大山带向东直至海岸, 地势逐渐下降, 构成福建东部由低山、丘陵、台地、平原和半岛岛屿与海湾交错组成的北东-南西走向的沿海地带。形成北窄南宽的地带格局: 北部仅 10~30km 宽, 山地直迫海岸; 南部在九龙江下游一带宽度可达 60~80km。

海西区区域岸线直线长度为 535km, 曲线长度达 3752km, 在福建省境内从北到南共有大小海湾 125 个, 其中较大的海湾有沙埕港、福宁湾、三都湾、罗源湾、马尾港、福清湾、兴化湾、湄洲湾、泉州湾、围头湾、厦门湾-九龙江口、佛昙湾、浮头湾-旧镇湾、东山湾、诏安湾和宫口湾。许多海湾深入内陆, 海湾内大湾套小湾, 形成多重套叠, 而湾口狭小, 成半封闭状态。

1.1.2 自然气象特征

海西区地处我国东南沿海, 属亚热带海洋性季风气候。西部以雁荡山脉、武夷山脉、鹫峰山-戴云山-博平岭山脉等山区为天然屏障削弱冷空气对地区的作用; 东南濒临海洋, 受亚洲大陆东岸夏季风的影响。地区干湿季分明, 温暖湿润, 夏秋季台风为地区主要灾害性天气。海西区各城市近 20 年主要气象参数统计特征见表 1.1。

表 1.1 海西区各城市近 20 年主要气象参数统计特征

地区	年均风速 /(m/s)	年均气温 /℃	极端气温/℃		年均相对 湿度/%	年均降水量 /mm	年均蒸发量 /mm	年均日照 /h	年均气压 /hPa
			最高	最低					
温州	1.8	17.9	41.3	-4.5	81	1698.2	1013.0	1853.0	1009.2
宁德	1.4	19.0	43.2	-9.5	81	2013.8	1146.4	1702.7	1011.7
福州	2.8	19.6	42.3	-1.2	77	1343.7	1455.2	1848.5	1005.0
莆田	2.6	20.2	39.4	-2.3	78	1289.5	1712.0	1942.5	1013.7
泉州	3.5	20.7	40.4	0.0	76	1202.0	1994.5	2131.5	1012.0
厦门	3.4	20.9	38.5	2.0	77	1143.5	1910.4	2233.5	1006.9
漳州	1.6	21.0	40.9	-2.1	79	1521.4	1579.4	2059.6	1010.7
南平	1.0	19.3	41.0	-5.8	78	1663.9	1413.0	1709.9	999.9
三明	1.8	19.4	40.6	-9.5	79	1586.2	1749.0	1811.8	995.8
龙岩	1.7	19.9	39.1	-5.6	76	1692.3	1657.0	1979.1	974.7
潮州	2.2	21.4	39.6	-0.5	80	1685.8	1549.0	1986.1	1009.5
汕头	2.6	21.5	38.8	0.3	81	1631.4	1976.0	2018.6	1012.0
揭阳	1.8	21.4	39.7	-2.4	80	1756.0	1358.4	1975.1	1010.1
海西	2.2	20.2	43.2	-9.5	79	1556.0	1578	1942.5	1005.5

作为海西区主体的福建,位于欧亚大陆东南边缘,纬度处于温带、热带的过渡地带,干湿与盛行风向因季而异,是典型的亚热带季风气候。以闽中大山带为界,闽东南沿海地区为湿润亚热带季风气候,闽东北、西北和西南为湿润与潮湿中亚热带季风气候。福建主要气象特征如下。

(1) 日照百分率较低,太阳辐射量中等。

年日照时数多在 1600~2200h,其区域分布的总趋势是从东南向西北递减,东南沿海为 2000~2300h,西北内陆为 1800~2000h。年日照百分率多在 38%~50%,属于日照较弱的区域。尽管日照百分率较小,但由于纬度位置较低,太阳辐射强度较大,散射光较强。

(2) 气温温暖。

研究区域年平均气温均在 17~21℃,最热月平均气温在 28℃左右,最冷月平均气温在 6~13℃。

(3) 雨量充沛。

福建倚山面海,受夏季风影响明显,雨量充沛,年降水量大多在 1000~2200mm,年平均降水量达 1670mm,属中国的多雨区域。闽中多雨中心位于德化、永春、仙游一带,多年平均降水量达 2000~2200mm;闽南多雨中心位于华安、南靖、平和、云霄西部的博平岭南段,多年平均降水量达 1800~2200mm。一个少雨带是从闽东沿海岛屿往南,经黄岐半岛、长乐东部沿海、龙高半岛和平潭、笏石忠门半岛、惠安东部、晋江、金门、厦门、龙海滩浦东部直至东山岛的一条狭长地带,这一带年降水量在 1200mm 以下。沿海外侧岛屿年降水量仅 900mm 左右,成为福建省一条最受干旱影响的半湿润地带。

(4) 降水的季节性分布不均,干湿季节分明。

常年 3~6 月是雨季,时段雨量合计 550~1100mm,占年降水量的 50%~60%,其降水特点是雨区广,雨量多,雨期长,强度大,年际变幅小;7~9 月平均时段降水量为 350~750mm,占年降水量的 20%~40%,但年际变幅较大,降水量多少取决于有无台风和台风的影响程度(有台风影响的年份,雨区广,雨势猛,雨量大,雨期短,常有洪涝发生和土壤侵蚀;无台风影响的年份,沿海地区持续晴旱,若与秋旱相接,旱情较为严重,而内陆地区因有热雷雨调剂,旱情一般不甚明显);10~次年 2 月是干季,时段降水量达 160~380mm,只占全年降水量的 15%~20%(白亮等,2011)。

(5) 季节变化明显。

福建是亚热带季风盛行区,春夏之交,冷暖气流相互交错,梅雨连绵,气候湿热;夏秋之际,则晴热少雨。受季风影响,季节分明,表现为春季(3~5 月)温暖、潮湿,夏季(6~8 月)炎热湿润,秋季(9~11 月)暖和干燥,冬季(12~次年 2 月)冷凉湿润。

(6) 污染气象特征。

海西沿海地区地面主导风向为东北风,内陆地区受山地地形影响,流场分布较不规则。地面平均风速从沿海地区向内陆地区呈梯度递减,沿海地区一般在 4~6m/s,在部分山区风速降至 2m/s 以下。总体上沿海地区大气扩散条件优于内陆(白亮等,2011)。

海西沿海地区的多海湾地形和被周边海拔较高的山地丘陵所包围的特征地形,客观上造成了湾内近地面风速明显低于湾外地区,相应的大气扩散稀释能力较弱。

1.1.3 产业结构和产业布局

1. 产业结构

“十一五”期间,经济运行质量和增长方式有明显改善。海西区(以福建省为主)产业结构持续得到调整,三次产业比例从“十五”期末的 12.6:49.2:38.2 调整为“十一五”期末的 9.5:51.3:39.2,第一、第二、第三产业增加值占地区生产总值的比重同“十五”期末相比较,第一产业所占的比重有所下降,第二产业比重稳步上升,第三产业比重基本稳定,见表 1.2。

表 1.2 福建省全省生产总值和三项产业产值及比重 (单位:亿元)

年份	地区生产总值	第一产业	第二产业	第三产业	三次产业比重
2005	6560.07	856.80	3140.88	2316.03	12.6:49.2:38.2
2006	7583.85	865.98	3695.04	3022.83	11.4:48.7:39.9
2007	9248.53	1002.11	4476.42	3770.00	10.8:48.4:40.8
2008	10823.01	1158.17	5318.44	4346.40	10.7:49.1:40.2
2009	12236.53	1182.74	6005.30	5048.49	9.7:49.1:41.2
2010	14357.12	1363.67	7365.46	5627.99	9.5:51.3:39.2

2. 产业布局

海西区产业布局具有以下特征。

(1) 结构重型化特征突出。

海西区重工业比重从 2000 年的 47% 转变为 2007 年的 55%, 装备制造、石油化工、电力、冶金、建材等主要产业占区域工业总产值的比重已达 52%(黄沈发, 2013)。

(2) 重点产业规模扩张迅猛。

海西区资源禀赋优越, 随着交通运输状况的快速改善, 加上对重化工产品的需求旺盛, 石化、能源、电力、冶金等基础性产业快速扩张。截至 2010 年, 海西区钢铁、炼油产能已分别达到 900 万吨和 1200 万吨, 火电装机机组也达 3766 万千瓦(黄沈发, 2013)。

(3) 临海、临江、临河(“三临”)布局态势明显。

重点产业临海、临江、临河无序布局倾向不断强化, 海西区已初步形成“一带、四圈”辐射周边、福州与厦门两大城市引领发展的格局, 区域发展重点已转移到沿海一带, 沿海地区已经成为石化、冶金、能源、装备制造等产业的主要布局区域。

1.2 “十一五”期间海西沿海城市群大气环境质量演变规律

1.2.1 主要大气污染物浓度变化

2006~2010 年, 海西沿海城市群(以下简称“海西城市群”, 包括福州、莆田、宁德、泉州、漳州、厦门、温州和汕头)三项污染物变化趋势如图 1.3 所示, 年均浓度比较为可

吸入颗粒物(PM_{10})>二氧化氮(NO_2)>二氧化硫(SO_2), 且三项污染物年均浓度均低于国家二级标准限值。 PM_{10} 年平均浓度总体呈“V”形变化, 2010年, PM_{10} 年均浓度开始回升, 与2006年相比, PM_{10} 年均浓度下降4.17%; NO_2 年均浓度保持相对稳定, 总体呈下降趋势, 与2006年相比, 2010年 NO_2 年均浓度下降8.82%; SO_2 年均浓度总体呈“Λ”形变化, 从2007年起 SO_2 年均浓度开始逐年下降, 至2010年趋于稳定, 与2006年相比, 2010年 SO_2 年均浓度下降16.0%。总体上看, 海西城市群三项大气主要污染物浓度稳中略有下降, 大气中各污染物水平没有显著改善。

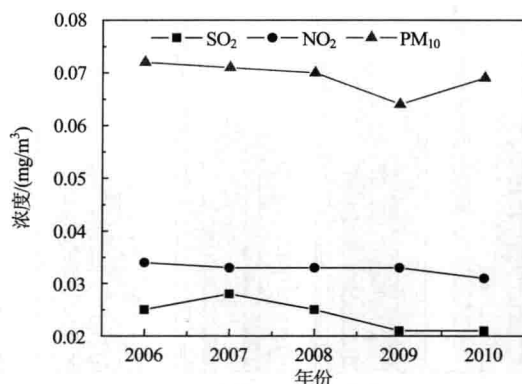


图 1.3 海西城市群空气中主要污染物的年际变化

2006~2010年, 海西城市群 SO_2 年均浓度在 $0.011\sim 0.039\text{mg/m}^3$, 最高值出现在2006年的温州, 最低值出现在2006年的宁德, 海西城市群中温州 SO_2 年均浓度相对较高, 其次是厦门、漳州和泉州, 宁德地区相对较低, SO_2 年均浓度分布规律与地区经济发展水平相一致; 海西城市群 SO_2 达到国家二级标准的城市比例均为100%, 其中一级城市比例在12.5%~50%, 最高值出现在2009年, 最低值出现在2007年和2008年。福州、泉州和漳州 SO_2 年均浓度变化趋势相似, 呈“Λ”形变化, 与2006年相比, SO_2 年均浓度分别下降了55.0%、26.9%和20.7%; 厦门和温州 SO_2 年均浓度变化趋势相似, 呈“V”形变化, 与2006年相比, SO_2 年均浓度分别下降了25.0%和上升了21.4%; 莆田和宁德 SO_2 年均浓度变化趋势相似, 呈“N”形变化, 与2006年相比, SO_2 年均浓度分别上升了33.3%和127.3%; 汕头 SO_2 年均浓度呈“反N”形变化, 与2006年相比, SO_2 年均浓度分别下降了22.7%, 详见图1.4。总体上看, 近年来大气中 SO_2 浓度水平得到了较好的控制。

2006~2010年, 海西城市群 NO_2 年均浓度在 $0.013\sim 0.059\text{mg/m}^3$, 最高值出现在2006年的温州, 最低值出现在2010年的宁德和莆田, 海西城市群中温州 NO_2 年均浓度相对较高, 其次是福州和厦门, 宁德地区相对较低, NO_2 年均浓度分布规律与地区机动车辆数量与地面比例成正比; 海西城市群 NO_2 浓度达到国家二级标准的城市比例均为100%, 其中一级城市比例2009年为33.3%, 其余各年均均为62.5%。福州和宁德 NO_2 年均浓度变化趋势相似, 呈“Λ”形变化, 与2006年相比, NO_2 年均浓度分别下降了34.7%和7.1%; 厦门 NO_2 年均浓度呈“V”形变化, 与2006年相比, NO_2 年均浓度下降了6.1%; 莆田和汕头 NO_2 年均浓度变化趋势相似, 呈“反N”形变化, 与2006年相比, NO_2 年均浓