

QUYU KONGQI ZHILIANG JIANCEWANG
XINXI GUANLI PINGTAI DE SHEJI YU SHIXIAN

区域空气质量监测网 信息管理平台 ① 设计与实现

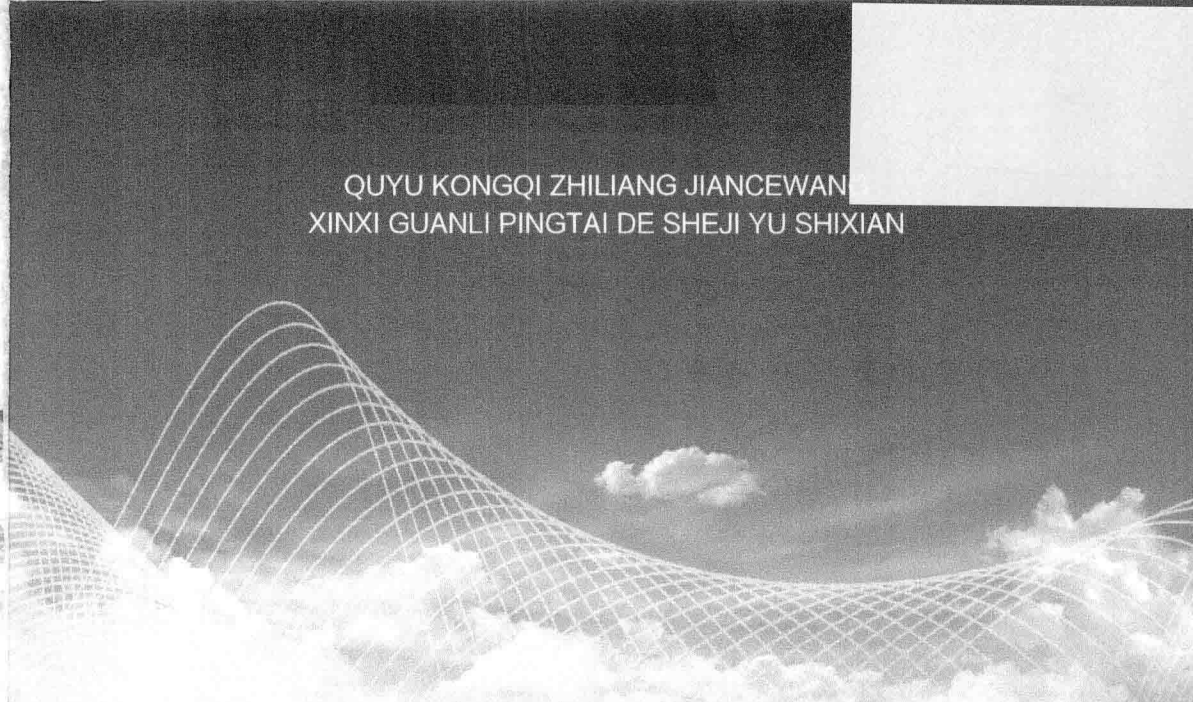
主 编 徐伟嘉

副主编 李健军 李红霞 王晓彦



中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

QYU KONGQI ZHILIANG JIANCEWAN
XINXI GUANLI PINGTAI DE SHEJI YU SHIXIAN



区域空气质量监测网 信息管理平台 的 设计与实现

主 编 徐伟嘉

副主编 李健军 李红霞 王晓彦



中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

• 广州 •

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

区域空气质量监测网信息管理平台的设计与实现/徐伟嘉主编;李健军,李红霞,王晓彦副主编. —广州:中山大学出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 306 - 04897 - 4

I. ①区… II. ①徐… ②李… ③李… ④王… III. ①空气污染监测—监测网—管理信息系统 IV. ①X831

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 105482 号

出 版 人: 徐 劲

策划编辑: 李 文

责任编辑: 曹丽云

封面设计: 曾 斌

责任校对: 李 文

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 虎彩印艺股份有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 12.5 印张 230 千字

版次印次: 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 40.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

编 委 会

专家委员会：陈 斌 吕小明 余 志 傅德黔 钟流举
区宇波

主 编：徐伟嘉

副 主 编：李健军 李红霞 王晓彦

编 著 人 员：杜 丽 刘永红 丁俊男 谭俊威 汪 巍

陈 钊 赵熠琳 卢志想 刘 冰 郑镇华

叶贤满 何芳芳 曹亚明 尹 萌 盛 蹇

张晓华 庞晓明 黄 慎

内 容 简 介

本书是在国家《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)颁布实施的背景下,在课题“国家环境空气监测网数据传输与网络化质控平台”、“立体监测网络集成与数据综合展示系统”的支持下,参考国外先进国家和地区的经验,在区域空气质量监测管理、空气质量实况发布研究成果和实际应用的基础上充分总结及凝练,出版的一本专业参考书。该书全面地介绍了区域空气质量监测网信息管理平台的设计与实现的基本思路、关键技术、解决方案和实施经验,具有较强的指导性、针对性和实用性,适合大气环境监测、环保信息化等领域的技术人员及高等院校相关专业师生阅读参考。

前 言

近年来,我国京津冀、长三角、珠三角等区域每年出现灰霾污染的天数达到 100 天以上,同时在辽宁中部、山东半岛、武汉及其周边、长株潭、成渝等区域,各种大气污染事件也时有发生;我国东部地区大气能见度与 20 世纪 60 年代初期相比,下降了 7~15 km;北京、天津、南京、杭州、广州、佛山等城市灰霾污染更为严重。环境问题已成为当前迫切需要解决的一项重要内容。2011 年 12 月 30 日,国家环境保护部召开的常务会议审议并原则通过了新的《环境空气质量标准》(简称“空气质量新标准”),新修订的标准调整了污染物项目及限值,增设了 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度限值和臭氧 8 h 平均浓度限值,收紧了 PM_{10} 、二氧化氮等污染物的浓度限值。上述要求对环境空气质量监测的设备运行维护、监测数据采集与处理、监测网络质量控制与质量保证等工作提出了全新的挑战。

为掌握大气污染状况、污染特征、形成机制和成因来源,科学制定大气污染防治措施与政策,深入开展区域空气质量监测联网、数据综合分析等技术研究,建设具有我国特色的区域空气质量监测联网与信息管理系统,向公众准确、及时、全面地反映环境质量状况和变化趋势,是我国当前十分紧迫的基础性工作,也是推动我国环保工作现代化发展的重要技术支撑。

根据《空气质量新标准第一阶段监测实施方案》的要求,2012 年年底前要在京津冀、长三角、珠三角等重点区域以及直辖市和省会城市开展空气质量新标准新增指标($\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 、 O_3 等)的监测。京津冀、长三角、珠三角等重点区域要做到“三个率先”,即率先实施环境空气质量新标准,率先和国际接轨,率先使监测结果和人民群众感受相一致。

在“珠江三角洲区域大气复合污染的立体监测网络”项目(编号:2006AA06A308)、“国家环境空气监测网数据传输与网络化质控平台项目”(编号:CNEMC-2012AIRNET-001)等课题资助下,广东省环境监测中心、中国环境监测总站与中山大学先进技术研究院和工学院合作,开展了区

域空气质量监测联网与信息管理相关技术的研究,研制了区域空气质量监测网信息管理系统。在研究成果的支撑下,自2013年1月1日起,全国城市空气质量实况发布平台在中国环境监测总站上线使用。该平台按照空气质量新标准要求,实时发布京津冀、长三角、珠三角等重点区域及直辖市和省会城市等共74个城市、496个监测点位的二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、可吸入颗粒物(PM_{10})、臭氧(O_3)、一氧化碳(CO)和细颗粒物($\text{PM}_{2.5}$)等6项基本项目的实时监测数据和AQI指数等信息。预计到2015年年底,发布平台将覆盖全国338个地级市、1436个站点,为实现国务院制定的环境空气质量新标准2016年1月1日起在全国实施的目标打下坚实基础。

为了及时进行成果交流,探讨技术进展,分享工作经验,我们将区域空气质量监测网信息管理系统的设计与应用成果著书出版,旨在见教于环境监测与环境科学领域的同仁和专家学者,并供从事环境监测、环境信息工作相关人员以及相关科研人员、高校师生参考。

本书由徐伟嘉、李健军、李红霞、王晓彦等策划并统稿。徐伟嘉和李健军提出了全书的总体构思,设计了篇章结构,确定了各章节的重点内容及内在逻辑关系,并对全书质量进行把关。徐伟嘉、李红霞、王晓彦、杜丽负责全书的统稿以及内容和质量的审查。本书的主要内容和撰写人员分别为:第一章“背景与现状”由李健军、李红霞撰写,第二章“需求与目标”由徐伟嘉、李健军撰写,第三章“总体设计”由徐伟嘉、李健军、李红霞撰写,第四章“空气质量自动监测站监控系统”由谭俊威、叶贤满、曹亚明、盛赛、张晓华、庞晓明撰写,第五章“区域空气质量监测联网管理系统”由卢志想、郑镇华、尹萌撰写,第六章“区域空气质量实况发布系统”由王晓彦、何芳芳撰写,第七章“区域空气质量管理业务集成应用”由李红霞、尹萌撰写,第八章“区域空气质量监测数据网络传输设计”由陈钊、郑镇华撰写,第九章“区域空气质量监测网络的运行管理机制”由刘永红、郑镇华撰写,第十章“区域空气质量监测网信息管理平台应用实践”由杜丽、刘永红、陈钊、黄慎撰写。

本书的出版和相关研究工作得到了广东省环境监测中心,珠海、佛山、广州、杭州等环境监测单位的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!同时,真诚感谢中国环境监测总站、广东省环境监测中心、中山大学先进技术研究院和工学院所有同事的辛勤劳动和协助。

本书在撰写过程中，参考了他人许多研究成果，除了参考文献中所列正式刊登的论文、论著外，还有相当多的资料摘自讲座、会议等的材料，对未正式发表的资料内容，不一一列出作者和出处，恳请有关作者谅解，在此也深表谢意。

尽管本书力求在内容编排上做到科学、清晰和严谨，但由于作者水平有限，错误和不足之处在所难免，敬请广大读者和同行专家批评指正。

编著者

2013 年 6 月于广州

目 录

第一章 背景与现状	1
第一节 背景	1
第二节 国内外现状	2
一、国外现状	2
二、国内现状	6
第二章 需求与目标	9
第一节 总体需求	9
第二节 总体建设目标	16
第三章 总体设计	18
第一节 总体思路	18
一、业务模式设计思路	18
二、系统设计思路	19
三、设计依据	20
第二节 技术路线	21
一、B/S 系统结构	21
二、Microsoft .Net Framework	21
三、Microsoft SQL Server	23
四、ESRI ArcGIS Server	23
第三节 平台总体框架设计	24
一、平台设计原则与特点	24
二、平台总体设计方案	25
第四节 平台子系统设计	27
一、空气质量自动监测站监控系统设计	27
二、空气质量监测联网管理系统功能设计	28

三、空气质量实况发布系统功能设计	30
第五节 数据库设计	31
第六节 关键技术	38
一、监测数据的采集与传输自动化	38
二、多品牌多型号仪器统一智能接入	39
三、基于 GIS 的空气质量分布空间特征渲染	40
四、监测数据自动审核技术	42
五、个性化定制设计	43
六、平台系统集成方案	47
第七节 系统性能	52
一、空气质量自动监测站监控系统性能	52
二、空气质量监测联网管理系统性能	52
三、空气质量实况发布平台性能	53
 第四章 空气质量自动监测站监控系统	 55
第一节 需求分析	55
一、数据采集与传输	55
二、测量仪器统一接入	56
第二节 建设目标	56
第三节 关键技术	57
一、数据采集与传输技术	57
二、仪器智能接入技术	58
三、设备驱动与控制技术	59
四、数据查询与统计功能	60
第四节 结构与功能设计	60
一、结构设计	60
二、功能设计	61
第五节 接口设计	64
第六节 数据采集传输系统仪器接入说明	65
一、数据发送方式	65
二、仪器连接方式	66
三、RS-232 串口通信协议	66
四、串口线	67

五、数据采集连接方式	68
六、各品牌仪器设置	68
第七节 运行环境	79
第五章 区域空气质量监测联网管理系统	80
第一节 需求分析	80
第二节 建设目标	80
第三节 关键技术	81
第四节 系统结构与功能设计	82
一、结构设计	82
二、功能设计	85
第五节 接口设计	96
第六节 运行环境	97
一、服务器	98
二、客户端	98
三、操作系统要求	98
第六章 区域空气质量实况发布系统	99
第一节 需求分析	99
一、发布形式	100
二、发布端	101
第二节 目标	102
第三节 关键技术	102
第四节 功能设计	103
第五节 发布网站的设计与开发	105
一、设计思路	105
二、技术框架	107
三、开发实例	108
第七章 区域空气质量管理业务集成应用	110
第一节 对接区域空气质量预警预报系统	110
第二节 对接卫星遥感反演系统	112
第三节 超级站分析仪器接入与参数管理	114

一、仪器配置的基本原则	114
二、超级站分析仪器情况	115
三、超级站仪器接入与应用方案	117
四、超级站监测参数相关分析	118
五、超级站仪器与数据管理集成	119
第八章 区域空气质量监测数据网络传输设计	121
第一节 需求分析	121
第二节 目标	123
第三节 传输协议与关键技术	124
一、传输协议	124
二、关键技术	127
第四节 VPN 组网规划与设计	128
一、设计原则	128
二、IP 规划	129
三、整体设计	130
第五节 系统物理结构与硬件部署	131
一、物理结构	131
二、设备连接与部署	132
第九章 区域空气质量监测网络的运行管理机制	137
第一节 管理架构设计	137
第二节 监测网络业务化运行	138
一、总体业务逻辑框架	139
二、监测数据处理业务流程	140
第三节 管理职能分工	141
一、城市（区）级监测站	141
二、省级及国家级监控中心	142
第十章 区域空气质量监测网信息管理平台应用实践	143
第一节 国家环境空气质量监测网数据传输与网络化质控平台	143
一、背景与需求	143
二、系统展示——后端管理系统	144

三、系统展示——前端发布系统.....	160
第二节 珠三角空气质量监测联网管理平台.....	161
一、背景与需求.....	161
二、系统功能.....	162
三、系统展示——后端系统展示.....	166
四、系统展示——前端发布平台.....	177
第三节 展望.....	178
参考文献.....	181

第一章 背景与现状

第一节 背景

随着我国经济高速发展,环境空气污染类型已由单一的燃煤型转变为燃煤—机动车—工业排放多类型污染、高负荷共存的复合型大气污染,尤其是京津冀(包括北京、天津、河北等省市)、长三角(长江三角洲地区的简称)、珠三角(珠江三角洲地区的简称)等区域 $\text{PM}_{2.5}$ (细颗粒物) 和 O_3 (臭氧) 污染加重,灰霾现象频繁发生,能见度降低,对公众健康产生严重威胁。面对当前环境空气污染的形势,《环境空气质量标准》(GB 3095—1996) 污染物监测项目偏少、限值偏低,已经不能完全适应我国空气质量管理的需要(王宗爽,2010)。而从公众需求的角度看,目前纳入空气污染指数的评价因子仅有 SO_2 (二氧化硫)、 NO_2 (二氧化氮) 和 PM_{10} (可吸入颗粒物),不包括 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 ,加上空气污染指数发布的周期(前一天 12 时到当天 12 时)与日常生活中的自然日有区别,导致现行标准的评价结果与人民群众主观感受存在差异。

2012 年 2 月 29 日,时任国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议,同意发布新修订的《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)(简称“空气质量新标准”)。新修订的标准调整了污染物项目及限值,增设了 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度限值和 O_3 8 h 平均浓度限值,收紧了 PM_{10} 、 NO_2 等污染物的浓度限值。同日,国家环境保护部发布了修订后的《环境空气质量指数(AQI)技术规范(试行)》(HJ 633—2012)及《关于实施〈环境空气质量标准〉的通知》(环发〔2012〕11号)。同时明确了空气质量新标准需要分三个阶段落实:根据《空气质量新标准第一阶段监测实施方案》(2012),第一阶段要在京津冀、长三角、珠三角等重点区域以及直辖市和省会城市开展空气质量新标准新增指标($\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 、 O_3 等)的监测。京津冀、长三角、珠三角等重点区域要做到“三个率先”,即率先实施环境空气质量新标准,率先和国际接轨,率先使监测结果和人民群众感受相一致。根据《空气质量新标准第二阶段监测实施方案》(2013),第二阶段要在国家环保重点城市 and 国

家环保模范城市按空气质量新标准开展监测，并发布空气质量实时监测结果。

2012 年年底，环境保护部公布了《重点区域大气污染防治“十二五”规划》，这是我国第一部综合性大气污染防治规划。规划提出，到 2015 年，我国重点区域 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 年均浓度要分别下降 10%、5%。规划把解决人民群众最关心、最直接、最现实的 $PM_{2.5}$ 污染问题作为根本出发点和落脚点，切实维护人民群众的健康权益和环境权益。

2013 年 6 月 14 日，国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，部署大气污染防治 10 条措施。2013 年 9 月，国务院批准实施大气污染防治“国十条”——《大气污染防治行动计划》，要求全国各地进一步加强大气污染防治防控工作，显著改善空气质量：到 2017 年年底，京津冀、长三角和珠三角 $PM_{2.5}$ 年均浓度比 2012 年分别降低 25%、20% 和 15%；2013 年年底前京津冀地区、2014 年年底前长三角和珠三角地区、2015 年全国其他地区要开展大气重污染监测预警和应急处置工作；各省、自治区、直辖市与国家签订责任书，确保空气质量改善目标顺利完成，对未按时开展大气重污染监测预警工作以及在应急处置过程中失职渎职的有关人员，实施行政问责。

综上所述，近年来以 $PM_{2.5}$ 与 O_3 为代表的区域性大气复合污染形势日益严峻。国家与地方各级政府高度重视，颁布空气质量新标准，提出空气质量改善目标，制定大气污染防治方案，开展面向新标准的空气质量监测网络建设。空气质量监测是反映空气质量状况，赋予公众大气环境知情权，评估大气污染防治效果的基础。随着国家与地方各级政府逐步开展面向新标准的空气质量自动监测站的大规模建设，区域空气质量监测网信息管理平台（简称“平台”）的研发与建设需求凸显，其将为政府部门与公众及时全面地掌握城市、区域级（城市群）乃至全国的空气质量实况及特征提供有力保障，并进一步支撑区域大气污染联防联控、空气质量预报预警等空气质量改善工作。

第二节 国内外现状

一、国外现状

美国自 20 世纪 70 年代初颁布《空气清洁法》（*Clean Air Act*）开始，建立了一套较完整的空气质量监控网络作为保护环境和评估空气质量的重要手

段。在过去的 40 年间,美国逐渐建立了覆盖全面、监测性质丰富、级别和目的不同的空气质量监测网络(秦虎,2005),主要包括:SLAMS(State and Local Air Monitoring Stations)网络、NAMS(National Air Monitoring Network)网络、“国家核心网络”(National Core Network, NCore)、由联邦政府运营和统一调配的 SPMS(Special Purpose Monitoring Stations)网络、CASTNET(Clear Air Status and Trends Network)网络及 PAMS(Photochemical Assessment Monitoring Network)网络等。

对于监测网络的要求,美国国家环保局于 2006 年 10 月对州及地方政府环保局管理的空气监测网络颁布最终法规,规定各州环保局必须提交年度监测网络计划(Annual Ambient Monitoring Network Plan)。该计划需要提供建立和维护空气质量监测系统的方案,并列出监测网络的任何改变。经过长期发展,美国已积累了丰富的空气监测经验:由于经济发展及环境变迁,从最初考虑单一性污染物如 PM_{10} 、 O_3 污染物对环境及人体健康的影响,到如今众多学者纷纷倡议的多元化污染物监测(Multi-pollutant Monitoring)。不管是单一化或是多元化的空气监测,最终仍以监测空气质量、根据监测数据提出合适的减排改善措施、改善环境及保护人体健康为最终目的。(图 1-1)

欧洲空气质量监测网络分为涵盖欧盟各国的区域监测网络和各国内部的监测网络两大体系,两者在监测范围和监测项目上互为补充。涵盖欧盟各国的区域空气监测网络以 EMEP(European Monitoring and Evaluation Program)最为著名,EMEP 监测网络为利用 EMEP 模型计算区域通量提供了一个平台(云雅如,2010)。目前 EMEP 在欧洲 37 个国家拥有 302 个监测站,其主要目的为:①提供污染物浓度、沉积、扩散和区域传送的观测与模拟数据并及时反映它们的趋势;②确认污染物浓度和沉积的来源,分析污染物的扩散和迁移以及对区域空气质量的影响;③深入了解空气污染对生态系统和人类健康的影响,以及相关化学、物理过程;④探究和关注新型空气污染物及其环境浓度。目前,EMEP 密切关注乡村和背景区域的监测,以进一步分析和研究区域污染的迁移及转化特征。EMEP 为欧洲最重要的空气质量监测系统,其功能除了一般监测外,更可评估长程跨地域的大气污染传输,亦包括利用互动 GIS 技术的空气质量地图计划——Air4EU。(图 1-2)

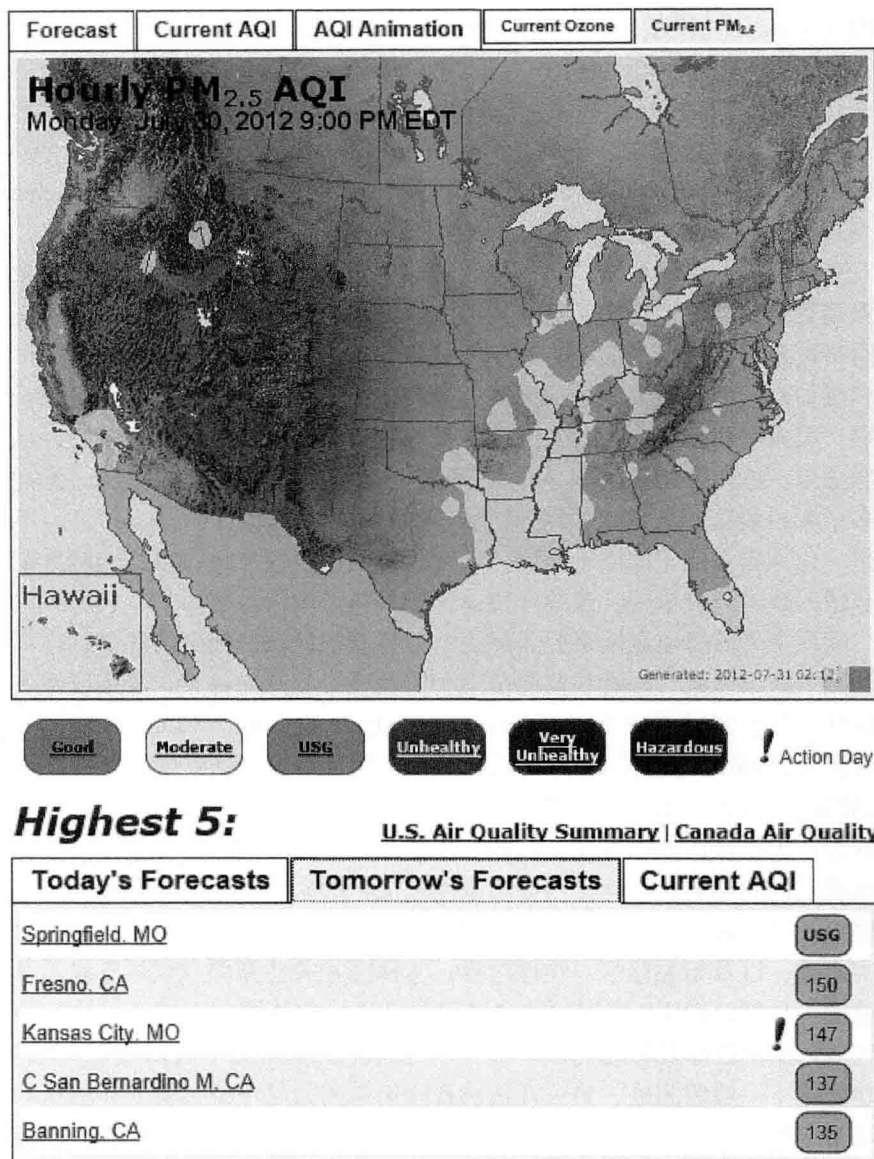


图 1-1 美国监测网络空气质量发布示意