关注热点　前瞻行业　引领发展

宇圖
MAPUNI

2016年12月第3期（总第11期）
主办：中科宇图科技股份有限公司

专访

生态环境管理与创新应用

独家策划

国家环境监测网环境空气监测质控数据统计应用探析
环境监测存在问题及解决措施分析
基于高分辨率卫星数据的突发地质灾害生态环境遥感监测
农村环境质量监测技术及评价方法研究进展

关注中科宇图
微信公众平台

环境监管与创新应用

杨志峰
中国工程院院士

加强环境监管　助力生态文明创新

刊首语

日前，环境保护部部长、中国环境与发展国际合作委员会（国合会）中方执行副主席陈吉宁出席国合会2016年年会并发表讲话。陈吉宁部长表示，中共十八大以来，中国生态文明建设的步伐明显加快。在建设生态文明的进程中，破解发展与保护的矛盾，实现可持续发展，改善环境质量，必须抓住创新这条主线。

“十三五”时期是我国环境管理体制改革和制度创新的重要时期。新常态下，我国环境管理工作肩负着创新机制、积极实践、推动绿色可持续发展的重要使命。环境监管是环境管理的重要组成部分，是实现环境保护目标的重要保障，是推进环境基本公共服务均等化的重要内容。新时期、新形势和新任务对我国环保工作提出了新的要求，必须将监管贯穿于环保工作的全过程与各方面，不留空白，不遗盲点；各地应加大环境监管力度，创新监管机制，全面实施“科学监管”、“精准打击”的监察执法要求，保障地区环境安全。在国家生态文明创新建设的征程上，应不断开拓创新，让监管之眼及时洞见，让监管之手全面覆盖，从而使环境监管能力进一步加强，同时监管的领域也进一步拓展。

随着经济社会的不断发展，挑战与风险，总是伴随着生态环境建设。以创新的思路保护和建设生态，加强环境监管能力建设，建立完善的生态环境监管体系，严守资源环境生态红线，可最大限度地降低环境风险带来的危害，减少环境污染事故的发生。大力实施创新驱动发展战略，多方面统筹联动，汇聚力量，共同推进环境监管体系的全面改革，生态文明创新必会迎来明媚的春天。

2016年12月

目　录

版权声明

新 理 念
新 技 术

新 生 活
新 健 康

编辑委员会

主办单位　中科宇图科技股份有限公司
主编　刘锐
编辑顾问　姚新　许新宜　孙世友
副主编　杨竞佳
执行主编　秦羽
美术主编　张紫林
工作人员　张媛媛　周露　李英杰
《宇图》编辑部电话　86-10 51286880-308
传真　86-10 51286880-801
地址　北京市朝阳区安翔北里甲 11 号创业大厦 B 座 2 层
邮编　100101
咨询邮箱　qiny@mapuni.com
公司网址　www.mapuni.com
合作媒体　《环境保护》杂志
3sNews 泰伯传媒
中国环境报（网）

扫描新媒体平台

中科宇图微信公众平台　　中科宇图新浪微博

★ 习近平对生态文明建设作出重要指示

近日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平对生态文明建设作出重要指示并指出，生态文明建设是“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局的重要内容。各地区各部门要切实贯彻新发展理念，树立“绿水青山就是金山银山”的强烈意识，努力走向社会主义生态文明新时代。

习总书记强调，要深化生态文明体制改革，尽快把生态文明制度的“四梁八柱”建立起来，把生态文明建设纳入制度化、法治化轨道。要结合推进供给侧结构性改革，加快推动绿色、循环、低碳发展，形成节约资源、保护环境的生产生活方式。要加大环境督查工作力度，严肃查处违纪违法行为，着力解决生态环境方面突出问题，让人民群众不断感受到生态环境的改善。各级党委、政府及各有关方面要把生态文明建设作为一项重要任务，扎实工作、合力攻坚，坚持不懈、务求实效，切实把党中央关于生态文明建设的决策部署落到实处，为建设美丽中国、维护全球生态安全作出更大贡献。（中国环境报）

★ 2017 年中国 80% 以上市县将完成录入不动产存量数据

在今年 11 月 29 日召开的全国国土资源信息化工作会议上，国土资源部党组成员、副部长王广华强调，要加快推进建设不动产登记信息管理基础平台。“2017 年将大力推进不动产登记平台的接入，中国 335 个地市州盟和 2854 个县市区旗要全部接入国家级信息平台，80% 以上的市县要完成存量数据整合入库，并向省和部汇交数据。”他指出，在 2016 年剩下不多的时间中，要不断完善各级不动产登记信息管理基础平台和登记系统，完成 1000 个市县接入国家级信息平台，到 2017 年要实现县级以上的全部接入，2018 年实现信息平台的全面运行。

中国的不动产登记始于 2015 年，业内人士指出，对房屋统计后可以算出空置率及平均使用面积等，这些数据将为政府把脉房地产发展提供依据。“这些信息的录入和信息平台应用将为中国房屋产权的交易提供数据支撑。”王广华表示。

中国正大力推行网络强国战略、“互联网 +”行动计划，国土资源信息化也是中国国家信息化战略的重要组成部分之一。

除了不动产登记，王广华指出，“十三五”时期（2016 年 -2020 年）中国国土资源信息化建设将建立三大体系，包括建立以“国土资源云”为核心的信息技术体系，建立基于大数据和“互联网 +”的国土资源管理决策与服务体系，建立全覆盖全天候的国土资源调查监测及监管体系。（泰伯网）

★ 扎实做好垃圾排查整治 着力推进农村环境保护

经国务院同意，非正规垃圾堆放点排查整治工作电视电话会议近日在京召开。会议深入贯彻习近平总书记重要指示精神，认真落实国务院决策部署，进一步统一思想、明确责任，动员开展非正规垃圾堆放点全面摸底调查和集中整治，部署加强垃圾治理工作。环境保护部部长陈吉宁、住房和城乡建设部部长陈政高出席会议并讲话。

陈吉宁部长说，垃圾治理是农村环境保护工作的重要内容。习近平总书记对农村环境保护十分关心。总书记指出，中国要美，农村必须美，美丽中国要靠美丽乡村打基础。要因地制宜搞好农村人居环境综合整治，尽快改变农村脏乱差状况，给农民一个干净整洁的生活环境。李克强总理、张高丽副总理也多次提出明确要求。按照国务院部署，环境保护部联合住房和城乡建设部牵头建立垃圾治理工作部际联席会议制度，制定非正规垃圾堆放点排查工作方案，明确了排查对象和范围、责任主体和工作要求。各地、各部门要深刻领会中央领导同志重要指示批示和国务院专题会议精神，按照工作方案要求，进一步统一思想，明确责任，狠抓落实。（中国环境报）

★ 气象数据网960种卫星遥感数据面向公众发布

据中国气象局消息，近日，中国气象数据网和卫星遥感数据网完成整合，正式向公众发布包含风云系列、日本MTSAT和美国EOS/MODIS等在内的共计960种卫星遥感数据及相关产品，并提供相关服务。

目前，用户可通过登录中国气象数据网（http://data.cma.cn/）进入卫星资料栏目进行查看卫星资料相关信息，该网站同时还可满足用户检索卫星资料和基于订单的定制下载。此次整合还完成了卫星元数据信息的集中管理。

中国气象数据网与卫星遥感数据服务网的整合，有助于解决气象信息系统数据分散、信息孤岛和应用林立等突出问题，建立权威、公益性的气象基础资料与产品开放共享服务平台。

根据《气象信息化行动方案（2015-2016年）》，中国气象局国家气象信息中心和国家卫星气象中心通过前期的交流探讨，顺利完成两网整合工作。

今后，国家气象信息中心资料室将按照信息化总体要求和集约化发展理念，与国家卫星气象中心一起继续深入合作，增强数据环境支撑与服务产品加工能力，进一步丰富数据产品种类，完善数据服务功能，提升服务数据的质量和技术含量。（泰伯网）

★ “十三五”规划将研发水气土和新型污染物监测仪器

近日，环保部、科技部联合发布了《国家环境保护‘十三五’科技发展规划纲要》，纲要提出，初步构建我国环境污染物健康风险评估与控制理论体系，夯实符合我国国情和社会发展需要的国家环境基准体系。

在水环境方面，“规划”要求开展自动分析流路、定量检测等关键技术研究，研发常规水质分析仪器的小型化设计、快速移动式在线检测集成装置和以质谱仪为中心的在线水质挥发性有机物检测仪器等；在大气环境监测方面，“规划”要求根据大气细颗粒物变化特征、形成机理，研发大气细颗粒物多参数和便携式在线分析系统，实现大气细颗粒物质量浓度、粒径谱、化学成份的一体化快速测量；在土壤和地下水环境方面，“规划”要求研发小型化土壤重金属现场监测设备。

在新型污染物监测技术方面，“规划”要求研究典型环境污染物的识别与风险评价技术，研制适合新型污染物环境持久性和生物富集性量化表征的仪器。（中国仪器仪表网）

★ 环保部公布2016年前11个月全国空气质量状况

12月13日，环保部对外公布2016年前11个月全国空气质量状况。

1-11月，74个城市中空气质量排名相对较差的后10位城市（从第74名到第65名）分别是：保定、石家庄、邢台、唐山、邯郸、衡水、郑州、济南、太原和西安市。

1-11月，74个城市中空气质量排名相对较好的前10位（从第1名到第10名）城市依次是：海口、舟山、惠州、厦门、福州、珠海、深圳、丽水、拉萨和昆明市。

环境保护部环境监测司司长罗毅说，1-11月监测数据表明，今年以来全国地级及以上城市空气质量总体呈改善趋势，但11月份部分地区和城市空气质量有所下降。专家分析表明，11月份受不利气象条件影响，京津冀及周边地区连续发生三次大范围重污染天气，东北地区多个城市也出现了极端重污染天气过程；另外，我国兰州等西北部分城市发生三次大范围沙尘天气，导致11月份全国颗粒物浓度有较明显升高。（中国环保在线）

★ VOCs治理市场近三年将达1800亿元

中国环保产业协会近日公布了《有机废气治理行业2015年发展报告》。根据协会统计，近一年来，国内15个省（直辖市）出台了VOCs（挥发性有机物）收费细则，大约40个城市颁布实施了治理、整治方案。除了收费办法的出台实施，相关排放标准和地方整治方案的制定实施，也推动VOCs治理，利于企业开拓VOCs治理、监测市场。

伴随着VOCs相关减排政策、标准和方案的制定出台，各地政府及其环保部门明显加大了监管和处罚力度，特别是处于大气污染重的京津冀等区域。环保部门通过明察暗访，对违规生产、治理延后、治理设施不达标的企业进行了严厉处罚。

由于VOCs的污染涉及到众多污染物种类和行业，目前我国尚未建立VOCs污染企业的源清单，对VOCs治理市场总容量难以进行准确的计算。总体来讲，VOCs的控制治理市场可以划分为源头减排、末端治理、VOCs监测和第三方服务等细分领域。

以全国200个城市和地区计算，近3年的VOCs治理市场将达到1800亿元，平均每年600亿元左右。实际上许多城市VOCs治理重点企业数量要远超过300家，实际的末端治理市场要超过这个估算的数据。（中国环境报）

★ 政策助力环保行业阔步前行 “十三五”投资将达15万亿

作为国民经济新的支柱型产业，国家对环保产业发展重视程度不断提升，近两年政策出台速度加快，集中在环境污染防治、环境监测体系构建、环保基础设施建设及环保产业化等方面。进入“十三五”时期，政策支撑力度将持续增强，同样环保产业投资额将实现突破，超过15万亿。

我国环保产业是典型的政策驱动型行业，其发展受政策影响显著。比如出台的土壤污染防治行动计划，将显著推动土壤修复产业快速发展。

“十三五”时期，我国环保产业投资额将实现突破，超过15万亿。到“十三五”中期，环保产业投资在GDP中的比重预计接近3%；到“十三五”后期，环保产业投资将突破3%，产业发展重点由环境污染控制转向环境质量改善。此外，多个环境热点如PPP模式、土壤修复、黑臭河整治、海绵城市建设等将带动数万亿投资，引爆环保产业爆发式增长。在“十三五”时期，各领域龙头企业不断延伸产业链和拓展业务领域，成长为环境综合服务商，企业间的并购事件将不断增加。（中国产业信息网）

★ 垂直管理打造绿色利剑 环保执法力量将挺直腰杆

环保执法体制的垂直管理，有利于加大对地方政府的追责力度，切实提高地方政府监管环境的效能。据悉，垂直管理改革不只是机构隶属关系调整，也涉及环保基础制度的调整，试点外其他地区在没有全面铺开之前，各级环保部门职责和任务不变。

十三五规划建议明确提出，省以下环保机构监测监察执法垂直管理要在试点基础上全面推开，力争“十三五”时期完成改革任务。这是环保领域的重大改革举措，也是落实“只有实行最严格的制度、最严密的法治，才能为生态文明建设提供可靠保障”的具体表现，具有非常重要的意义。

对于今年可能会推行试点的城市，部分专家认为可能会从京津冀等近年来环境治理任务较重的城市入手，专家表示，近年来中央、社会对于京津冀等地愈发提高的环保要求，已经令这些地方环保部门愈发强势，环保监管执法的震慑力度与日俱增，从这些地方开始实施垂直管理难度相对较小。（中国环保在线）

大气环境监测大数据应用的创新与实践

刘锐 陈静 徐春萌 汪焕 盛琳 薛超玉

（中科宇图资源环境科学研究院）

1、引言

大气污染问题一直是我国经济社会发展的主要制约因素之一。目前，以细颗粒物、臭氧和酸雨为特征的区域性复合型大气污染日益突出，区域内空气重污染现象大范围同时出现的频次日益增多，严重制约社会经济的可持续发展，威胁人民群众身体健康。

我国大气污染主要呈现为煤烟型污染特征。城市大气环境中颗粒物浓度普遍超标；二氧化硫污染保持在较高水平；机动车尾气污染物排放总量迅速增加；氮氧化物污染呈加重趋势；全国形成华中、西南、华东、华南多个酸雨区。而大气颗粒物（可吸入颗粒物PM10、细颗粒物PM2.5）常常为大气污染中的主要污染指标，同时灰霾也是大气颗粒物的主要特征之一，因此加强大气颗粒物监测预警系统建设的需求尤为迫切。目前，我国在大气环境监测预警的技术领域较之以往已经有了长足的发展进步，但整个监测预警的技术支撑体系仍然有很多不足之处。

1.1 环境数据采集方式

我国目前环境空气质量数据采集主要以固定站监测为主，站点的布设既要考虑全区域覆盖，又需要考虑建设与监测的成本。随着我国经济的高速发展，区域发展的不断加快，需要监测的区域也不断扩展，原有的环境空气监测点位都呈现出数量上的不足或者空间分布有限，不能继续满足大气环境监测的技术要求，面临着监测区域覆盖面过小，监测维度单一和监测点位灵活度不足等问题。总之，目前大气环境监测技术在大尺度，多维度，灵活度上亟待进一步发展。

1.2 监测数据的处理与挖掘

随着环境监测技术的不断发展，目前已经呈现出天地一体化的发展趋势。但是总体而言，我国的大气环境监测目前仍处于以地面固定站点监测和手工采样监测相结合的方式，部分地区探索开展了基于多源卫星遥感的空气质量监测，基于便携式平台的多源数据环境监测尚处于科研探索阶段，缺乏业务化运行的应用实践。与此同时，各个监测手段和监测方法之间彼此独立应用，“天地”一体化监测尚处于物理集成的概念阶段，在监测数据的深度挖掘方面和“天地”一体化数据融合层面，缺乏深入的研究，从而大大限制了监测数据能效的发挥。

1.3 预报预警与决策支持

目前，我国的环境空气质量预报预警业务刚刚起步，常见的空气质量预报预警系统采用的预报方法主要有统计预报和数值预报两类，其中统计预报模式主要依赖于对历史气象、环境空气质量数据的统计分析与处理，其缺点在于无法对污染的过程和机制进行定量化的分析，对于污染防治的决策支持能力有限；数值预报是以大气动力学理论为基础，基于对大气物理和化学过程的理解，建立大气污染浓度在空气中的输送扩散模型，借助计算机来预报大气污染物浓度在空气中的动态分布。但由于模型构建复杂，对于源清单等基础数据要求高，且运算量大对于硬件基础设施要求较高，目前在我国的应用比较有限，而且数值预报常用于科研领域，在政府部门决策支持和公众服务方面仍有不足。

2、大气环境监测大数据应用关键技术

在云计算、移动互联网等发展的推动下，每年环保部门产生了海量的数据，人们将这种海量和多源数据称之为“大数据”。在大数据时代，环境信息化的应从大数据中发现具有规律性、科学性和有价值的环境信息，建立环境数据中心，从而为环保部门的日常管理与科学研究做出贡献。公众舆论借助互联网将对企业排污形成巨大压力，督促其有效治污，也将推动环境质量改善因素由政府单一向全社会延伸。大气环境监测大数据应用的关键技术主要由环境空气质量多源数据采集、环境空气质量多源监测数据分析与处理、环境空气质量监测预警平台和信息共享发布平台四个方面来阐述。

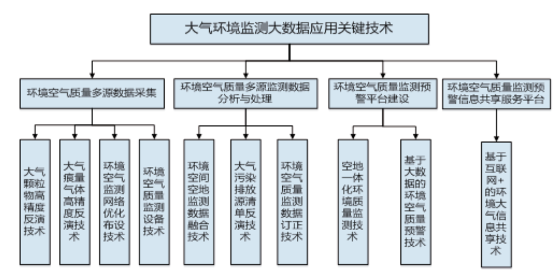


图 1 大气环境监测大数据应用关键技术

2.1 大气颗粒物高精度反演技术

针对不同区域和季节下气溶胶垂直分布与颗粒物吸湿增长特性差异，构建适用于不同区域、季节及时空尺度相适应的吸湿增长模型与卫星AOD动态订正方法，以有效去除气溶胶垂直分布与粒子吸湿增长的不确定影响，建立卫星遥感近地面颗粒物（PM10和PM2.5）的反演模型。

2.2 大气痕量气体高精度反演技术

差分光学吸收光谱法DOAS是紫外–可见光波段痕量气体反演的主要方法。它以比尔定律为基础，将对入射光的消光作用分为粒子散射和气体吸收两部分。根据二者差异，DOAS方法通过光谱差分技术将消光作用分解为慢变部分和快变部分，通过低阶多项式拟合消除慢变部分影响，并从快变部分中提取目标气体沿吸收路径的总量信息。它的优点在于可以不通过求解大气辐射传输方程而同时获取多种痕量气体的总量信息。但该技术存在缺陷，即获取的痕量气体结果为柱浓度而非近地面浓度。高精度的痕量气体反演技术则是DOAS方法反演痕量气体的改进，可通过痕量气体的柱浓度求取近地面质量浓度，突破了原技术的不足。

2.3 基于遥感监测的环境空气监测网络优化布设技术

在优化布点研究的不断发展完善过程中，单纯利用功能区法和数理统计法的分析进行布点的精度较低，应用也越来越少。基于遥感监测的环境空气监测网络优化布设技术是采用克里金方差最小化原则确定点位信息，以空间模拟退火算法优化点位模型，以区域克里金方差指标进行评价，最终得到最优布点方案。这种技术优化了现有的监测网络，全面覆盖了监测区域，在环境监测的“盲区”增加了监测点位，对于信息冗余的点位也进行了废弃处理，可以大大节省监测成本。

2.4 便携式多指标环境空气质量监测设备技术

将低功耗、小型化、自动化的大气环境质量监测传感器与小型便携式大气环境质量多指标（SO_2、NO_2、O_3、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$、VOC）监测仪结合，并与气象传感器、GPS定位模块、无线通讯模块、控制模块、供电模块等进行集成，形成具有快速部署适应能力且满足监测精度要求的大气环境移动监测物联网，形成弥补地面固定空气质量监测站点不足情况下的大气环境加密监测网的快速部署能力。

2.5 环境空间空地监测数据融合技术

环境空间空地监测数据融合技术是将卫星遥感数据与地面监测数据通过薄盘样条函数插值的方法进行融合，可以充分利用多源卫星遥感周期性大范围宏观观测和地基监测站高时间分辨率的优势，两者互相补充，可以有效弥补遥感数据空间覆盖率较低以及地面监测数据的大范围缺失问题。

2.6 大气污染排放源清单反演技术

传统的源清单处理方法是自下而上的，即通过统计和调研污染源信息得到污染源排放，这种方法需要大量的人力物力。而通过卫星资料的大气污染排放源清单反演技术可以实现自上而下的得到污染源排放信息，且更为简单经济快速。通过卫星反演的大气污染物浓度和模型模拟浓度的对比可以对排放源进行同化和反演，从而自上而下地获得大气污染排放源数据。

2.7 基于大数据的环境空气质量监测数据订正技术

基于海量数据的挖掘技术获取数据特征，通过离线训练的数据分析方式初次确定人工神经网络模型参数。在此基础上，通过在线校准的数据分析方式校准人工神经网络模型参数，形成具有更高准确性的算式并封装进环境空气质量多指标监测设备。基于在线校准的人工神经网络模型结果，通过高斯过程（GP）推断模型进行时空上的推断，获取最终的算法订正结果。算法最终支持了环境空气质量监测数据的精细分析。

2.8 空地一体化环境质量监测技术

空地一体化环境质量监测技术是将遥感原始数据、遥感监测成果数据、地面监测数据、基础地理数据、气象数据等进行综合管理和分析，结合 3S 技术实现对大气污染情况的空间分析，通过建立科学、完整、统一的信息共享平台，打破环保行业各系统之间的信息孤岛，提供信息互通互联的共享平台，实现环保信息与业务的共享，从而提高环境保护行业的综合决策能力和公共服务能力。

2.9 基于大数据的空气质量预警技术

基于大数据技术的空气质量预警预报技术不仅能利用传统的中小尺度空气质量模型对监测数据、气象数据、地表数据等结构化数据的模拟分析，从而对区域大气污染的联防联控起到一定支持作用；同时还可以在对视频，语音，文档和图片等非结构化的环境数据进行挖掘，结合传感器监测的环境数据，利用人工神经网络，高斯判别分析方法等，实现全范围的空气质量预报，特别是没有监测设备部署的地方，给地方进行本地化的专题分析和预测预警。

2.10 基于“互联网 +”的环境大气信息共享技术

“互联网 +”包含了“空、云、大、物、移、智”六大技术。“空”指以地理空间信息为基础的“天空地一体化”数据采集技术，“云”指云计算技术，“大”指大数据，“物”指物联网，“移”指近些年移动互联网的发展，“智”指智能化。基于“互联网 +”的环境大气信息共享技术是借助于互联网的概念将环境遥感监测与预警推进到一个新的发展层次，为政府、公众参与环保提供了一个新的便捷的入口，成为完善环境治理体系和提高环境治理能力的重要手段。

3、建设目标及总体框架

针对大气环境领域中大气环境监测多元感知体系的数据可用性和空气质量预警预报结果的准确性两个制约行业发展的共性问题，围绕环境空气质量多源数据采集、多源监测数据分析与处理和监测预警平台建设三个步骤，结合大气颗粒物高精度反演技术、大气痕量气体高精度反演技术、环境空气监测网络优化布设等上述 10 项关键技术，建成多源环境空气质量大数据采集系统、环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统、环境空气质量监测预警系统和环境空气质量监测预警信息共享服务系统 4 个系统和 1 个大气环境监测大数据综合应用平台。平台满足大气环境监测与预警大数据的多元化需求，带动行业技术和产品不断升级，服务于相关企业和政府部门的环境空气质量数据采集、数据挖掘与处理、环境质量预报预警、环境质量信息发布和环境政务等全过程，有利于完善我国环境治理体系和提高我国环境治理能力。

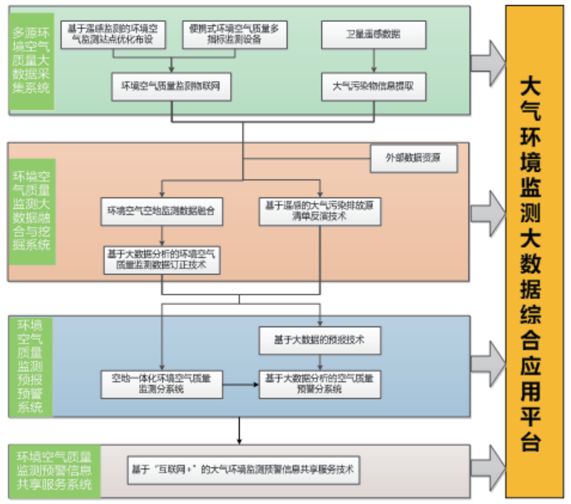


图 2 大气环境监测大数据综合应用平台总体框架

4、建设内容

4.1 多源环境空气质量大数据采集系统

针对多源大气环境监测数据采集问题建立的基于物联网架构的高效协同多源环境空气质量大数据采集系统，解决了基于遥感技术的大气污染物信息提取和环境空气质量物联网构建两个重要问题。其中大气颗粒物高精度反演技术、大气痕量气体高精度反演技术以及痕量气体由大气柱浓度到近地面浓度的转换技术是大气污染信息提取的重要技术支撑；而便携式多指标环境空气质量监测设备技术和基于遥感监测的环境空气监测网络优化布设技术则成为构建环境空气质量监测物联网的重中之重。多源环境空气质量大数据采集系统结合了传统地面监测和先进的卫星遥感监测两种环境数据获取方式，为环境空气质量监测大数据融合与挖掘提供了数据支撑。

4.2 环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统

针对获取的大量的传统地面监测数据、卫星遥感监测数据和外部数据（如社会经济数据、互联网数据等），建立环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统。应用环境空间空地监测数据融合技术将传统高精度的地面监测数据和多源卫星遥感数据进行融合，使其优势互补，从而获得既有高精度又有高覆盖和高时效的环境监测数据；应用基于大数据的环境空气质量监测数据订正技术对融合结果进行修正，使其能够满足环境空气质量监测数据的精细分析要求；应用大气污染排放源清单反演技术实现自上而下简单经济快速的得到污染源排放信息。环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统旨在分析、处理、挖掘通过各种方式收集到的环境信息数据，服务于后续的环境质量预报预警。

4.3 环境空气质量监测预报预警系统

环境空气质量监测预报预警系统是在多源环境空气质量大数据采集系统和环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统的成果基础上，应用基于大数据的空气质量预警技术，开展空气质量预测预警业务。系统对监测数据、卫星遥感数据、气象数据、地表数据等结构化数据的模拟分析，结合传感器监测的环境数据，利用人工神经网络，高斯判别分析方法等，实现全范围的空气质量预报预警。系统服务于区域空气质量分析、空气质量预测和重污染天气预警。

4.4 环境空气质量监测预警信息共享服务系统

以物联网、大数据和云计算技术为支撑，建设大气环境监测预警信息共享服务系统，通过手机短信、网站、手机客户端等多种途径，实现空气质量监测与预警信息的主动发布，为专业技术人员、环境管理相关部门及社会公众提供多级别、多层次、多指标的大气环境信息服务。

4.5 大气环境监测大数据综合应用平台

在高效协同的多源环境空气质量大数据采集系统、环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统、环境

空气质量监测预报预警系统、环境空气质量监测预警信息共享服务系统4个系统的基础上，利用云服务模式的信息共享关键技术进行一体化集成，建设大气环境监测大数据综合应用平台。平台服务于环境空气质量数据采集、数据挖掘分析、空气质量预报预警和信息共享发布全过程，实现大气环境监测预警大数据综合应用，可应用于环保部门的大气环境空气质量监测和大气污染预警业务。

5、应用案例

大气环境监测大数据综合应用平台，最终目的是服务相关环保部门的环境空气质量监测预警与重污染后评估等工作。目前，平台已应用于南京青奥会、广州亚运会、西安世园会等大型赛事，相关案例已覆盖河南省、贵州省、大连、宁夏、柳州、朔州、晋城、临汾、太原、吕梁等多个省、市级单位。

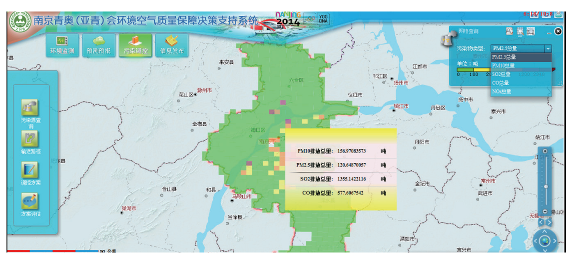


图 3 南京青奥（亚青）会环境空气质量保障决策支持系统

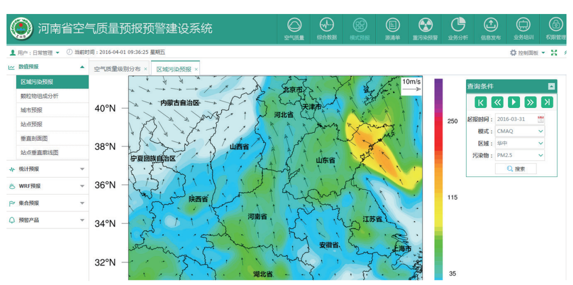


图 4 河南省空气质量预报预警建设系统

图 5 大连市空气质量预报预警信息管理与展示平台

6、小结与展望

本文针对当前我国大气环境监测体系中环境数据采集、环境数据的分析与挖掘、预报预警与决策支持三个方面的不足，阐述了便携式多指标环境空气质量监测设备技术、大气痕量气体高精度反演技术、基于大数据的空气质量预警技术等10项关键技术，提出了构建大气环境监测大数据综合应用平台。平台包括多源环境空气质量大数据采集系统、环境空气质量监测大数据融合与挖掘系统、环境空气质量监测预警系统和环境空气质量监测预警信息共享服务系统共4个子系统。平台各系统间相辅相成，共同服务于环保部门的大气环境空气质量监测和大气污染预警业务，对完善我国环境治理体系和提高我国环境治理能力具有重要的借鉴意义。

当前全球环境信息技术呈现出新的趋势，主要表现在以遥感技术、信息共享集成技术、物联网传感技术、GIS/RS/GPS和大数据技术为技术支撑的环境信息远程监测监控和分析技术、高速移动网络数据传输技术等为依托的信息新技术成为环境信息技术应用中的新亮点。将现代的信息新技术应用于传统的环境保护管理领域是环保工作现代化的标志，也是当前环保部门面临的紧迫任务。基于环保部门的业务化与常态化的需求，加大对环境污染事件的管理力度，建立环境空气监测预警信息化系统已经成为保证我国社会、经济和环境可持续发展的重要任务之一。

生态环境管理与创新应用

专访嘉宾：中国工程院院士 杨志峰

杨志峰，1963年生，中国工程院院士，博士、教授、博士生导师。国家杰出青年科学基金获得者，国家重点基础研究发展规划项目（973项目）首席科学家。原北京师范大学环境学院院长，水环境模拟国家重点实验室主任，新世纪百千万人才工程国家级人选，享受国务院政府特殊津贴专家。主要从事水资源与水环境、生态规划与管理等方面的研究。

研究领域： 湿地生态过程、流域生态环境需水、城市生态规划与管理

社会任职：

国务院学位委员会第六届、第七届学科评议组成员

第四届、第五届教育部科学技术委员会委员

民盟第十一届中央委员会委员、生态环境委员会主任；

中国环境科学学会第四届、第五届理事会常务理事、咨询评估工作委员会主任委员；第六届理事会环境地学分会理事长

国家自然科学基金委第十届、第十一届地球科学部，第十三届工程与材料科学部学科评议组专家

国际能值学会（ISAER）亚太地区分会总负责人

Journal of Environmental Accounting & Management 主编等任职

记者：作为教育部长江学者特聘教授、国家杰出青年基金获得者、国家创新群体学术带头人、国家973项目首席科学家，您先后主持了多项国家级重点项目，在生态环境规划与管理、环境系统工程等领域取得了令人瞩目的成就。能谈谈近年来您对生态环境领域的研究心得吗？

杨院士：近几年来，我国的生态环境与过去的历史相比，虽然有了明显的改善，但由于诸多因素造成的大气污染、水体污染、土壤污染等生态环境问题还未得到完全或有效的解决，经济发展与资源环境承载能力的矛盾仍然突出，还不能适应全球城市经济社会发展三大转变的趋势，还不能满足人民群众对生活质量的新期盼，仍然存在以下五个问题：一是尽管国家环境保护意志坚定，但是公众环境保护意识比较淡薄；二是区域功能定位不合理，导致了生态环境的恶化；三是许多企业整体技术水平落后，造成了生态环境破坏；四是资源开发与利用效率不高，直接破坏了生态环境；五是环保基础设施建设滞后，阻滞了生态环境的优化。

2015年我国发布“关于加快推进生态文明建设的意见”，认为生态文明建设事关“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴中国梦的实现。加强生态文明建设，有利于人与自然的和谐、有利于人与人的和谐、有利于可持续发展，是全面建设小康社会战略目标的重要保障。在生态环境规划与管理实践中，要树立系统化和生态化的思想，坚持节约优先、保护优先与自然恢复，坚持绿色发展、循环发展与低碳发展，在全社会范围内不断培育生态文化，使生态文明建设与我国工业化和现代化的发展相契合。

记者：在前不久中国环境科学学会的学术年会论坛上，您的发言里特别提到，对于湖泊及生态流域系统的治理要“一湖一案”。可以具体给大家讲讲您的思路与想法吗？

杨院士：不同湖泊流域的社会经济、地质地理、气候特征、水文条件、污染因子和生态水平迥异，因此，针对特定湖泊，需先“诊断”其问题，再因地制宜制定保护战略和修复措施。我在大会发言里提到了白洋淀研究区域，就拿白洋淀来说，白洋淀位于大清河流域，由9条河流汇水形成。淀区总面积366 km2，当前水域面积萎缩到60%，芦苇台田约占四成。90%以上入淀径流被山区库坝截蓄利用，上世纪80年代以来，多次实施应急式调水措施，1997年后每年进行调水补淀，依赖外调水维持湿地特征。淀区有143个淀泊，周边村庄环统，35万人口的生活排污和7000吨渔业养殖量的饲料投喂是淀区主要污染源。府河是目前唯一常年有水的入淀河流，携带保定市两个二级污水处理厂尾水汇入白洋淀，这些水具有低氧低碳高氨氮的特点。通过水量、水质、水生态一体化监测及生态健康诊断，结果表明：白洋淀流域各水文站年径流量均呈显著减少趋势，农业用水占水资源总量的比例大（84.28%），水资源供需矛盾引起的生态需水短缺是当前白洋淀生态环境问题的首要根源；监测发现：白洋淀植被的年内蒸散发耗水量要远远高于水面的蒸发。因此，需要通过节水措施达到降低淀区耗水量的目的。

从上述分析我们可以看出，对白洋淀而言，节水是缓解水资源不足、供需矛盾日益紧张的有效措施，社会经济效益也相当明显。同时，对湖泊生态环境保护及修复不能只局限于湖泊一个点，应从流域整体的角度，考虑湖泊和其他水体之间的“源—汇—流”关系，开展系统层面上的研究和管理，就北方地区湖泊而言，其生态退化与当地人口和经济发展导致的水资源紧缺是密不可分的。另外，还应考虑通过虚拟水战略优化产业布局、减少高耗水产业，将有限的水资源投入到低耗水高效益产业，提高用水效率，为流域生态需水提供保障。

记者：在大会的发言里您也提到，对一个问题的分析要系统化，从空间而言要在更大的程度上考虑问题，比如以白洋淀为核心区，重点突出流域主要河、库和淀区的源－汇－流关系，体

现空间和内容上的系统性和整体性，从流域尺度构建北方草型湖泊“诊断＋节水－控源－净淀－调控”一体化调控措施。您能详细介绍下这个一体化措施的内容吗？

杨院士：诊断与节水在上个问题已经分析过，控源是通过外源污染控制、“河道－湿地－前置库”一体化河流水质改善、淀区营养盐逐级拦截生态净化等系列关键技术，实现对点源、面源、入淀河道、淀区污染负荷的全过程削减。比如，针对府河流程长、氮源污染主要来自污水厂的特点，构建“河道－湿地－前置库”一体化河流水质改善技术，充分利用河流现有泄洪区，在河道、湿地和前置库中建立厌氧好氧（A-O）交替环境，研发河流自养脱氮工程技术，控制入淀河流污染物的输入。对于面源污染，白洋淀流域与南方地区完全不同，其面源污染具有突发性特征，但是入河量却非常小，因此，面源污染控制的重点在淀内而不是淀外。在淀中村生活污水及垃圾综合整治的基础上，依据生态学原理和营养盐循环特征，在淀中村湖滨带建立了陆－水－沉积物的立体化营养盐循环削减控制的逐级拦截生态净化技术，有效控制了淀区面源污染，并形成了符合白洋淀淀区特点的生态拦截与修复屏障。

净淀与调控是指利用水生植物调控富营养化技术、生物链调控富营养化技术、水生植物镶嵌调控沼泽化技术、以及台田格局优化调控沼泽化技术等，从而建立白洋淀富营养化与沼泽化的逐级调控技术体系。由于白洋淀清水草型－过渡型－浊水藻型是时间维的退化过程，因此，对于处于不同阶段的淀泊水域，应分别采取不同的修复措施，通过对症下药，克服过分医治和用药不足的问题，在特定时空尺度内优化调控目标，实现环境效益和经济效益的双赢。

在上述攻关研究基础上，进一步集成和优化了白洋淀“诊断＋节水－控源－净淀－调控”的一体化技术，将白洋淀水量保障、水质改善与生态健康有机结合，实现了流域尺度水生态系统的综合调控。基于GIS数据和可视化平台，建立了综合决策与应用系统，形成并完善了白洋淀“水量保证—水质改善—生态健康—环境友好—管理有效”的数字化技术平台，依托环境监测部门建立了监测－模拟－评估－技术－决策的一体化集成系统。

记者：加强生态环境的监管与规划，对实现城市的可持续发展具有决定性的意义。对于未来城市的可持续发展，您有什么好的建议吗？

杨院士：首先，进行生态环境资源的保护和可持续利用。城市系统结构发展的可持续性与生态环境资源的保护和合理开发利用关系十分密切。水、土地、能源等环境资源的类型、数量、质量及其承载能力是决定城市社会和经济结构可持续性的基本因素。因此，可持续性城市系统的规模结构和发展速度要与生态资源的容载力相协调，这样城市系统结构和规模体系在发展过程中不断趋于合理和完善，促进城市系统经济效益、社会效益和环境效益的同步提高。

其次，实现经济结构的优化。一是实现经济产业结构由以劳动密集型产业为主向以技术密集型产业和资金密集型产业转移，产业结构由以第二产业及第三产业为主向第三产业方向发展；二是实现3次产业的产值结构、产品结构、技术结构、投资结构等的合理化。城市的可持续发展应该处理好城市的产业功能、作用与性质的关系，充分发挥城市向心吸引力和离心辐射力，促进城市的现代化和区域化，实现满足城市发展需求的可持续性目标。

第三，加强基础设施的建设。基础设施是城市各种经济、社会、物质实体的支撑系统和承载体，城市系统结构的可持续性是与城市基础设施的容量密切相关的，城市基础设施的建设包括水源、能源动力、交通运输、邮电通讯、生态环境、防洪和房地产开发等7个系统。它们之间需要相互适应、相互配合、相互联系，是城市人流、物质流、能源流和信息流的输送系统，因此，加强城市基础设施建设，对实现城市的可持续发展具有决定性的意义。

国家环境监测网环境空气监测质控数据统计应用探析

■ 张震 米方卓 杨楠 付强

（中国环境监测总站，北京，100012）

【摘 要】环境空气监测质控数据统计是质控体系的末端，由于其作用实际游离于环境空气监测过程之外，是对全过程监测质控实践操作的评价和数据加工反馈。但是随着海量数据的不断积累，质控数据统计必然突破原有数据质量评价的定位。本文从质控统计评价、数据质量监视、误差识别与管理、质量控制状况评估四个递进层级梳理了数据统计质控的主要内容和需要解决的技术问题。同时对质控数据统计工作制度化应用进行了探讨，界定了环境空气监测质控数据统计分析手段的定位，对管理体制和管理机制进行了简要分析。并从大数据的角度，提出质控数据统计应用于国家环境空气监测网优化、环境空气监测社会化监管效率、质控信息公开与舆情释疑的设想。

【关键词】环境空气监测；质控数据统计；大数据

1、引言

国家环境监测网环境空气监测站点已覆盖338个地级以上城市，建成并运营1436个，2016年将增加至1600个，每年国家网收集数据量将达数亿个。巨量数据所形成的“大数据”集正在颠覆传统的环境监测数据思维。在传统以尽可能精准的抽样、设点来代表总体基础上，大数据分析更擅长通过海量数据还原总体。数据体量的增加意味着数据内涵价值需进一步挖掘，但目前海量数据还并没有进行深入分析，地方数据造假现象却已被证实。由于我国国家环境监测网仍处于建设期，仍然存在质控措施不全面，环境监测人员业务素质参差不齐等问题；环境监测事权上收虽带动第三方监测的发展，可短期内社会监测能力仍不足，环境空气监测质量控制工作面临着多重挑战。

面对剧增的数据质控压力，相对于管理能力的不足，需要通过系统高效的环境空气监测质控数据统计作为辅助手段。可见，质控数据统计将需要包括更宽泛的内涵，需要构建环境空气监测质控数据统计体系，从监测设备，站点，城市，省域等不同尺度，对应异常值，误差等不同问题建立质控数据统计范式，并在此基础上架构大数据分析模式。从而通过构建系统的质控数据统计应用制度与标准方法，规范数据统计做为环境监测质量管理的手段，更好的为生态环境监测网络建设服务。

2、环境空气监测质控数据统计分析内容

质控数据统计既是为监测科学性负责，也为环境管理服务，作为质控环节，包涵监测源数据及其处理结果，涉及到从单一设备、单一污染物，某站点，到市、省、国家不同层面。图1列出了质控数据统计的四个递进内容。数据质控统计评价与质控监视是以某个污染物因子和某个站点为分析对象，而误差识别与管理和质量控制状况评估则是针对整个国家环境监测网体系。

图1 质控数据统计关键环节

2.1 质控统计评价

数据质量统计评价，是对任何点位上报数据的质量进行统计描述，对数据有效性，异常值情况的汇总，用来评价环境空气监测数据的完整性、稳定性和有效性。国家标准依据包括数据有效性判定（GB 3096-2012），数据修约与极限值（GB/T 8170-2008），异常值数据统计（GB/T 4883-2008）。作为质控数据统计环节，从数据出发难以实现全过程质控，因此在统计评价中主要关注数据的有效性和异常值处理情况质控统计评价，通过核算站点不同时间尺度的数据有效率，数据异常值出现率等情况来反映站点运维情况。本文初步通过对北京五环内7个监测站站点2015年全年的小时值进行统计，发现PM10的数据有效率较其他参数较低，在75%附近，其余5参数都维持在98%附近，其中在有效数据中，PM10与PM2.5的倒挂率在10%左右。如表1可见，质控统计评价可以明确描述在不同时间尺度下的缺失值和有效率情况，从而最直接评价站点数据质量。对缺失值的统计也可以根据统计结果发现缺失规律，从而设计缺失值弥补统计方法。

表1 北京市五环内站点2015年全年小时值数据有效率

站点	SO_2数据有效率（%）	NO_2数据有效率（%）	O_3数据有效率（%）	CO数据有效率（%）	PM_{10}数据有效率（%）	$PM_{2.5}$数据有效率（%）	有效数据中颗粒物倒挂率（%）
奥体中心	97	97	95	97	75	96	9
官园	98	98	98	98	72	97	12
农展馆	97	97	97	97	73	96	15
东四	98	98	98	98	73	97	14
天坛	97	97	97	97	70	97	14
海淀万柳	97	91	95	97	72	97	10
万寿西宫	97	97	97	97	74	96	9
平均	97	96	97	97	73	96	9

2.2 数据质量监视

监测质控问题监视是通过数据校核手段，对环境空气监测数据质量进行核查与监督，包括数据的准确性、逻辑性、可比性与合理性。问题导向将是质控数据统计的重点，需要开发以问题为导向的质控数据统计方法，及时识别环境空气监测的共性问题和特别情况，包括监测工况；人为数据造假；环境影响；同一监测点位同一监测因子监测结果的变化趋势；同一监测点位一定时间段，相关联监测因子的相关性和合理性；历史数据的比较；等等（HJ 630-2011）。经过数据累积，问题数据统计形态的验证，可采用大数据分析方法找寻监测异常规律，发现被忽视的质控环节。

但是需要明确统计异常并不就等于质控问题，需要通过实际异常验证和反馈来总结数据异常出现的可能性，根据统计形态与规律来明确数据异常的表现与频率；若如果数据异常无法对应问题识别，这也并不等于系统误报，而有可能是问题识别不清或实时分析的时间尺度存在问题。为更清楚的识别质控问题，可纳入环境空气自动监测运维与核查的记录，例如设备仪器型号，设备故障，日常是否按照合同要求运维，监测使用耗材的购置与安装，监测设备定期校准和量值溯源时限等等。通过与异常数据之间进行相关分析，从而更好的识别管理问题，增加质控预警系统的准确率，制定解决方案。

针对人为数据造假，通过McCrary Test（2008）发现在2001年至2010年的三参数数据存在空气质量考核临界值间断的情况，说明人为数据造假情况非常明显。然而随着2013年开始全国六参数环境空气自动监测网络实时审核上报机制，已经很难通过粗放式的更改某时段数据。本文利用StataMP 14.0软件及McCrary Test（2008）模型，对京津冀地区地级以上城市2015年全年的颗粒物日均值数据进行分析。假设存在人为干扰，间断点浓度值左侧的密度将会显著高于右侧的密度。选择PM10浓度150处为假设间断点进行验证，计算结果列于表2。PM10京津冀地区的数据断崖显著性水平平均大于0.05，拒

绝原假设。图2、图3、图4展示了北京、天津、河北日均值PM10指标在150处断点检验情况。PM2.5浓度75处为假设间断点进行验证，计算结果列于表1。由表1可知，PM2.5京津冀地区的数据断崖显著性水平均大于0.05，拒绝原假设。图5、图6、图7展示了北京、天津、河北日均值PM2.5指标在75处断点检验情况。

通过分析，从宏观上来看，京津冀地区的颗粒物浓度没有明显的数据断崖及异常聚集，数据质量状况较好。验证结果与目前通过网络实时审核上报机制，已经很难粗放式的虚报篡改数据的情况相吻合。

表2　2015年京津冀地市级以上城市环境空气 PM_{10} 与 $PM_{2.5}$ 日均值浓度断点回归验证参数

城市	PM_{10} 连续性验证参数	P值	$PM_{2.5}$ 连续性验证参数	P值
北京	0.319	0.34	-0.027	0.30
天津	0.561	0.38	0.117	0.31
保定	0.413	0.30	0.100	0.24
承德	-0.476	0.38	-0.491	0.47
沧州	0.484	0.29	-0.292	0.25
邯郸	0.094	0.23	0.092	0.23
衡水	-0.031	0.23	0.126	0.20
廊坊	-0.526	0.24	0.271	0.28
石家庄	-0.373	0.25	0.185	0.24
唐山	-0.084	0.24	0.013	0.22
邢台	0.222	0.25	-0.049	0.22
张家口	-0.373	0.50	1.001	0.80
秦皇岛	0.494	0.39	0.147	0.36

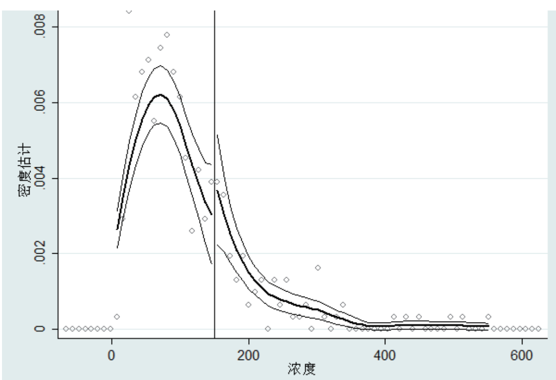


图2　2015年北京市日均值 PM_{10} 指标在150处断点检验

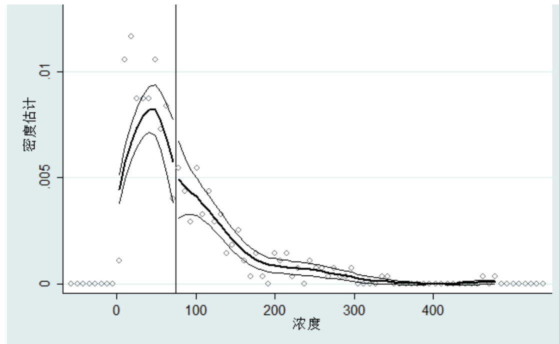


图3 2015年北京市日均值 $PM_{2.5}$ 指标在75处断点检验

2.3 误差识别与管理

误差识别是依靠统计方案设计识别环境空气监测系统误差与偶然误差存在的情况，指导量值溯源与传递，持证考核工作。系统误差通过颗粒物手工比对，标气定期更换，校准仪与流量计量值溯源与量值传递体系进行保证，由于国家环境空气监测网建立仍处于起步阶段，质控体系仍在建设和完善之中，目前还并没有明确的研究成果确定国家环境空气监测的系统误差情况，仍属于研究空白。而在其他监测领域已经通过数理统计模型对系统误差情况进行了总体评估，例如气象部门的气压数据，工业设备仪器等。随着有效数据的累积，需要设计统计方案对环境空气监测网内部系统误差进行评估，尤其关注颗粒物与臭氧。系统误差的识别能够修正国家环境监测网量值溯源与传递体系，偶然误差的推测能够识别运维方的能力，从而为质量管理决策服务。

2.4 质量控制总体评估

环境空气监测全过程质控普查的目的是通过全面评估环境空气监测质量，为进一步开展质控工作提供决策依据。全过程质控不仅仅是技术问题，同时还是社会与管理的问题，包括监测点位设置，操作人员业务素质，监测设备仪器的问题，地方政府的干预，站点运维的难度等等。在全面事权上收之后，由于事权发生根本性的变化，国家环境保护部需要对全国环境空气质量监测数据质量进行全面摸底，充分评估存在问题，不仅仅是解决运维问题，更关键的是指导进一步优化国家环境空气监测网络。

建议采用定性与定量相结合的方法进行评估，按照社会调查方法，在成本控制和人力物力限制下，设计适当的抽样方案，从而系统性的对1436个国家上收点位的环境空气监测质控情况掌握，并得出具体分析报告。并且形成常态机制，可以采取明确周期进行。

建议采用分层抽样的方式，选择一定的置信区间，根据调查成本设置适当比例，依据经济发展水平，空气污染水平，人口密度等进行分层。在调查中通过实地核查，问卷调查，平行比对，现场核查（飞行检查）等方式，评估样本数据质量情况，总体把握数据质量情况，并筛选出关键管理问题。

3、环境空气质量监测质控数据统计制度探讨

3.1 质控数据统计分析手段定位

环境监测质量管理的本质是控制和减少在环境监测环节中各种存在的误差，不同的误差来源对应着不同的环境监测质量管理手段，而质控数据统计处于监测环节末端并不产生实际误差，但却能够识别误差。质控数据统计的关键是数据量和处理能力，数据资源的大量汇总与集中处理，以及质控数据统计不受地理位置和人员的限制，是一种质量管理成本有效的手段。

质控数据统计分析的定位是全过程质控的辅助，通过数据资料为质量管理提供信息支持，为数据质量控制决策提供依据，为质量控制手段提供明确对象和建议，如图4。例如：在监测点位建设方面，可根据全国所有监测站点的运行与维护数据识别仪器稳定性和故障率，总结优势设备清单，同时提供给设备生产厂商关键数据参数，提高设备精度，也能够通过加入地理信息数据与周边数据，识别站点选址的科学性；在监测过程中，自动监测能够借助物联网实现网络质控，对量值溯源与标准传递进行识别和提醒，对运行与维护进行定时监督，同时也能够通过数据本身出现的异常值识别监测设备异常，以及通过加入半结构化和非结构化数据信息综合评判数据的数据内容和代表性；在监测数据上报与审核过程中，可以通过数据统计方法自动监测数据有效性，自动识别缺失数据并弥补，自动实现数据质量预警；等等。

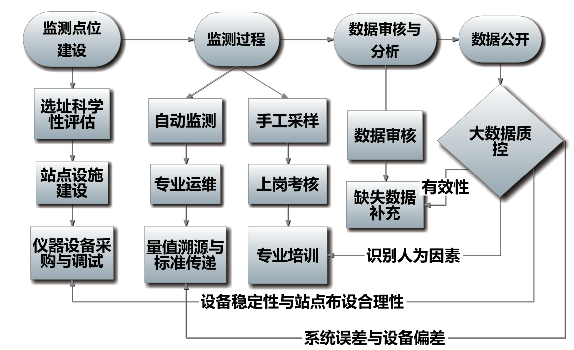


图4 环境空气监测质量控制数据统计方法定位与反馈

3.2 质控数据统计分析管理体制

随着事权上收，对应在国家环境监测网环境空气自动监测工作中的三方都存在不同的优势，同时也伴随出现相应的劣势，尤其是社会第三方监测运维人员业务能力不足，如表3。事权上收的优势是解决我国国家生态环境监测网络的必然要求，而相应短期的劣势可以通过质控数据统计方法和应用来改善并缓解。质控数据统计关键是形成数据评估、审核、监督的信息流，也就能够自然形成贯穿始终和不同干系人的互动与共享的角色。

事权上收后，地方政府的环境空气监测任务和地位变化最大，在数据用作政绩考核目的时，应当给予当地环境保护部门数据质量监督权。地方环保监测部门可以承担相应的数据审核和运维公司日常监督，并且提供技术援助，但地方环境监测部门不能对数据进行改动，对监测站的运维不当采集证据，提交给环境监测总站；当采用该数据进行地方政府

考核时，如有异议可以通过数据质量监督情况进行申诉，形成理性怀疑的沟通渠道。

表 3 数据统计质控对监测体制存在问题

干系人	优势	劣势	质控数据统计应用
监测总站	总体规划，统一标准规程；减少地方干扰，资金保证；	监督与管理压力剧增；	数据平台能够减少工作量；精确并自动识别问题；
运维公司	促进第三方监测行业发展；市场化管理，提高环境监测效率；	运维公司本身监测能力与管理制度参差不齐；	实时监控识别站点运行情况；通过传统抽样和大数据工具实时监控平台评价运维效果；
地方政府	减少监测任务压力；	数据质量存疑，站点重复建设；	给予数据监督权力，数据认可权限，反馈到数据质控。

如图 5，将地方政府纳入到质控环节当中，形成稳固的三角体制，监测总站下达给运维公司运维合同并且根据运维合同要求采取质控手段，运维公司负责提供可靠数据给监测总站；地方政府与运维公司之间有报告和监督的关系；地方政府有权对数据监督与核查，对被考核数据有申诉的权利。

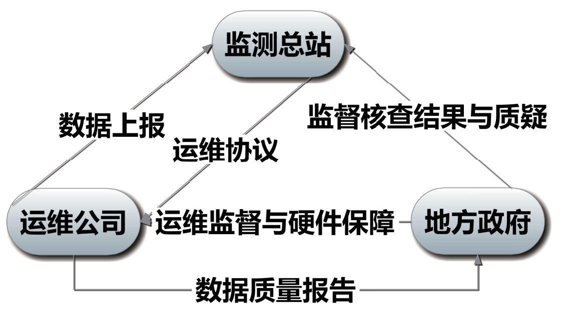


图 5 事权上收后带来的数据质量监督管理体制建议

3.3 质控数据统计分析管理机制

质控数据统计制度化仍需要考虑统计分析的决策机制，信息机制，核查与问责机制等管理机制要素。相对于一般的环境政策手段来所，质控数据统计的主体就是信息，制度化的关键是由监测数据到质管信息的生成。在事权上收之前，监测责任主体分散，缺乏信息共享与质量问责机制，设备与仪器购置与更新仓促等，使得质控工作多集中于点，而很少涉及到面的管理。随着事权上收，责任主体与考核目标定位的明确，需要在监测末端充分利用数据信息，通过数据统计方法与应用管理制度的建立，将数据信息转变为有效的质量管理信息，如图 6。

在管理机制中的主要干系人里，环境监测总站应提供管理依据，地方政府负责地方站点运维的监督与核查，问责处罚的对象是第三方运维公司，对收集的数据也应该最终对数据质量进行综合评价，应用于考核、管理、处罚、问责需要国家统一的数据分析方法标准，需要进一步研究数据分析方法，统一核查问责算法，辅助数据平台的构建。即管理依据需要标准统计方法为支撑；数据质量评价需要科学合理的统计样本并定期评价；监督核查对应纳入地方政府对数据质量理性质疑的监督与核查；以及最终不断修正和完善与第三方运维公司的法律合同条款。

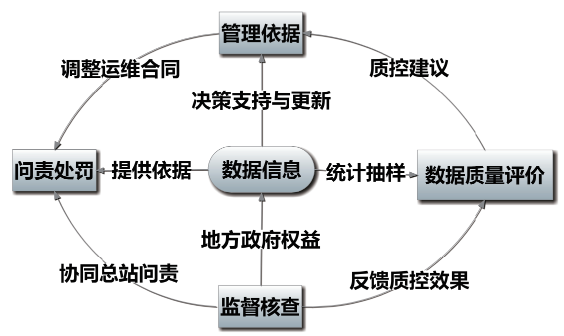


图 6 质控数据统计管理机制

4、大数据关联分析对环境空气监测质控数据统计的应用

在大数据时代下，各种数据平台，信息媒介，社交媒体为公众提供了充分的参与空间，大量的非结构化数据可供监测数据质量控制应用。这些数据包括网络搜索内容，环境空气质量相关的社交媒体讨论，专业技术和研究管理人员的自媒体分享，实时卫星数据。通过数据挖掘等大数据分析方法，使环境空气监测数据质量管理从监测技术的角度拓展至环境公共管理，直接面对公众，实现实时舆情分析与环境空气监测数据质量回应。

首先，优化环境监测设备水平，能够通过全国的数据来评价现装设备的稳定性，对应不同海拔、气候条件、污染状况等因素，识别仪器设备运行差异，能够指导设备生产商改进仪器性能，提高我国环境监测设备制造能力。

其次，随着生态环境监测网络的构建，与环境空气质量相关的数据都会集中在相同的体系之中，例如污染源数据，经济发展水平，人口密度，同一区域周围城市站点的数据质量情况，机动车数量等等。通过数据挖掘方法能够通过统计相关、反推验证等方式对环境监测数据质量进行精确判断。

第三，通过国家环境监测网环境空气监测全过程质控，可以通过识别非结构化数据中的管理要求，进行国家环境监测网环境空气监测成本效益分析，站点选址评估，仪器配置，运维方案简化等等，优化国家环境监测网的建设。

最后，也能够拓展环境空气监测数据质量管理范围，验证多种环境监测数据采集模式，对社会公众尤其是科研与政府管理部门使用相关数据时提供数据质量验证服务，也或许在未来减少国家环境空气自动监测站点的建设，降低财政压力。

环境监测存在问题及解决措施分析

■ 孙国鼐
（天津市环境监测中心，天津，300191）

【摘 要】随着社会主义市场经济的发展，环境问题越来越受到人们的关注环境保护工作面临着巨大的挑战在这种条件下对环境监测的要求也越来越高，本文首先介绍了环境监测的概念，然后分析目前我国环境监测过程中存在的问题，最后针对存在的问题提出了加强各项认证的工作力度及队伍建设，建立完善的竞争制度和设备共享制度，充分利用大型现代化设备等解决措施.

【关键词】环境监测；存在问题；解决措施

1、前言

现阶段环境监测质量管理中存在的问题主要体现在环境检测的管理人员、制度方面以及设备不足等方面，对此，我们必须采取多种措施，提高环境监测质量技术手段、提高环境监测质量管理队伍的素质、保证仪器完备齐全，保障监测数据的准确有效，通过多策并举，真正提高环境监测质量管理水平，促进我国环保事业的健康、快速发展。

2、环境监测管理的重要性分析

随着经济的发展和社会的进步，人们的生活水平在不断提升，因此更加关注生活的质量，其中，环境问题成为关注的焦点。从近几年发展情况来看，政府十分重视环境保护工作，并且提出了要建设环境友好型社会，由此可见环境监测管理工作的重要性。环境监测管理工作是环境保护工作的基础，能够更好地改善城市环境质量。同时，环境监测管理工作也是实施环境监督的重要手段，是制定环境保护政策和法规的重要依据，将这一工作深入地贯彻和落实，对于环境管理有着积极的作用。

3、环境监测质量管理的涵义及内容

3.1 环境监测质量管理的涵义

质量管理就是为确定质量方针、目标和职责，并在质量体系中通过质量策划、质量控制、质量保证和质量改进，使其实施全部的管理职能活动。环境监测工作质量是指与监测结果有关的各项工作对监测结果质量的保证程度。衡量监测工作质量的指标一般有：质控数据的合格率、监测结果的产出率、仪器设备的利用率和完好率以及监测事故的出现率、应急监测能力等等。影响监测工作质量的因素有很多，例如：建立健全各项规章制度，做到人员分工明确，在监督工作中每个人都有章可依，管理人员严格监督各项规章制度的执行情况等等，这些都是保证监测工作质量的显性的必要因素。同时，影响监测工作质量的还有一些隐性因素，如监测集体的凝聚力，职工的职业道德水平和爱岗敬业精神等。这就要求监测工作的领导者应提高管理水平，不仅要搞好显性影响因素的管理工作，更要注重搞好隐性因素的管理工作，使所有参与环境监测的人员能共同努力，积极提高监测工作质量。

3.2 环境监测质量管理的内容

环境监测工作包括布点、采样、检测、数据处理和综合评价等几个环节，全面质量管理要求管理工作贯穿从布点到报告报出的整个过程。质量管理要求监测工作要按照统一的技术规范，标准方法的要求，依照一定的程序，进行科学的组织与技术上的规范化管理。环境监测质量管理主要包括两方面内容，一是确定环境监测的质量方针、质量目标和职责；二是实施质量方针、质量目标和职责。具体实施过程又包括质量策划、质量保证、质量控制、质量监督和质量改进等工作内容。

4、 环境监测中存在的问题

4.1 缺乏内在动力

现阶段，我国的环境监测工作依旧受传统的计划经济制度的影响，其时间资金的投入受到一定程度上的限制，很多环境监测的部门没有按照相关的规定进行环境监测工作，在事业型机制的影响下，我国的环境监测部门缺乏内在动力。

4.2 监测能力不足

目前，监测部门的环境监测能力与监测领域还存在较大的差距。由于受到硬件条件的限制，监测部门对上级所要求的监测任务的展开工作还不够全面，不能使监测功能得到充分的发挥，一级二级站的监测力度不够强，三级站的监测能力差距更加的明显。在经济全球化进程不断推进的情况下，环境污染的问题越来越严重，相应的也加大了环境监测的任务量，而监测设备、人员、技术等方面也比较紧张，难以应付大量的工作负担，以至于环境监测的工作质量也逐渐下降。

4.3 监测人员跟不上环境监测发展的脚步

现阶段，我国监测人员与监测工作还存在一定程度的差距，依旧存在人员数量较少、技术水平低、监测人员素质差等诸多问题，尤其是监测人员不能够完全熟练的操作现代化的设备，相关的技能不够强、分析能力比较薄弱，从而大量的缺少复合型的人才，技术人员以及指导人员等。由此可见，环境监测人员的整体素质还有待加强，目前并不能满足环境监测工作的要求。同样的，监测人员也没有参与过相关的培训工作，管理人员的综合素质也不够强，从而使监测部门的实力大大的下降。

4.4 大型设备闲置

环境监测站中很大一部分大型仪器以及成为标准的配置，各部门也加大了这方面的投入，给予了高度的重视，但是监测部门对设备的使用程度还不够高，基本上只是为了完成考核指标而对设备进行购置，使监测工作也不够完善，不能为相关部门提供有效的决策依据，有的设备购置后，并没有经常性的使用，造成了设备闲置的状况。

4.5 监测工作资金投入不足

由于经费欠缺，不能够满足环境监测工作的费用，以至于环境监测工作面临着巨大的资金压力，很大程度上影响了环境检测的质量和水平。只有足

够的资金支持，才能够应对大量的监测工作，提高监测能力，促进设备的健康运行，才有足够的实力去完成减排监测，土壤调查等多方面的环境监测工作。

4.6 环境监测部门的行政性强

环境监测是一种政府行为，在监测机构的设置和管理上都有行政的影子。有的地方的环保局为了政绩着想，采用行政手段影响干预环境监测数据。在如今城市环境与经济发展与行政政绩息息相关的情况下，这种情况已经越来越多。

5、 加强基层环境监测管理的建议

5.1 完善环境监测管理体系

环境监测管理工作需要多部门的协同合作，只有完善环境监测管理体系，才能保证各部门之间的有效合作。首先，要加强环境监测站建设，将环境监测站建设作为政府惠民建设的重要目标，督促相关部门开展环境监测站建设工作，并将环境监测标准化进程作为考察政府环保目标的重要部分，确保能及时开展环境检测工作，提升环境监测站的综合工作能力；其次，各部门要建立起完善的环境监测目标，分阶段开展环境监测管理工作，确保各部门能有足够的工作精力完成环境监测管理配合工作；最后，加强监测监督工作，保证整个环境监测管理工作能保质保量的进行。

5.2 加强环境监测人员培养工作

环境监测工作作为一项现代化特征较明显的工作，对相关工作人员的技术能力、工作意识都提出了很高的要求，要把加强环境监测人员培养工作作为开展环境监测活动的重中之重。在培养环境监测管理人才中，首先要加强管理意识培养工作，针对基层工作人员普遍存在管理意识不足的情况，要将管理意识培养工作作为整个培养人才工作的基础。在进行管理意识培养中，首先让工作人员明确环境监测工作的重要性，通过播放环境恶化短片等方式，加深相关人员对环境监测管理工作重要性的认识。其次，加强各地区之间的人员交流。通过各地区人员之间的交流，及时分享各地区环境监测管理经验，方便各个地区开展环境监测管理工作。

5.3 提高环境监测质量技术手段

随着社会的进步和信息时代的发展，目前信息化、网络化、自动化的先进技术手段已经逐步取代传统的环境监测质量管理方式，先进的仪器设备是实现环境监测数据准确、使用高科技信息技术手段对环境进行检测，有利于提高环境监测数据的科学性和可靠性，综合考虑各种因素，选择科学合适的监测仪器，也减少了传统环境监测的重复繁冗的工作程序，从而提高了环境监测管理工作的质量。

6、 结论

环境监测管理水平关系着环境建设质量。在现代化建设中，要充分认识到现阶段环境监测中的种种不足，降低环境问题对我国现代化建设的影响，保障人们的生活水平。人们自身也要加强环境意识培养，保护环境，降低环境监测管理的难度。

基于高分辨率卫星数据的突发地质灾害生态环境遥感监测

■ 杨旻 肖如林 李静 蔡明勇

（环境保护部卫星环境应用中心，北京，100094）

【摘 要】基于多源高分辨率卫星数据，针对尼泊尔 8.1 级重大突发地质灾害导致的生态环境与人居环境破坏，根据地震烈度等级，在Ⅸ级、Ⅷ级烈度区内，采用面向对象自动分类与人工解译相交互方式，结合野外地面实地调查，通过灾前、灾后等多期卫星数据，第一时间对地震造成的次生地质灾害，以及对人居环境、陆表植被、河流、环境敏感目标等的影响，展开动态变化信息提取和统计分析。监测发现地震导致大范围的次生地质灾害 1801 处，倒塌性受损居民地共 285 处，陆表植被破坏 1628 处，河道破坏 29 处，各类环境敏感目标生态受损点 256 处，为受灾地区的应急救援和恢复重建提供指导，为灾区生态环境监管提供了技术支撑。

【关键词】高分辨率卫星；突发地质灾害；生态环境；遥感；监测

1、前言

近年来，我国先后出现地震、强降雨等自然因素导致的山洪泥石流等重大自然灾害，造成重大人员伤亡和财产损失，引起党和国家的高度重视。2010 年 10 月，国家出台了关于加强地质灾害防治的相关文件，要求进一步加大中小河流治理和中小水库除险加固、山洪地质灾害防治和易灾地区生态环境综合治理力度。

环境灾害事件具有明显的突发性和区域性特点，利用卫星遥感数据进行区域环境灾害事件的遥感监测与评价具有突出优势。遥感技术通过卫星等空间信息技术手段获取地表生态环境信息，借助业务化的数据处理和信息提取手段，快速、实时、动态地监测大范围的环境变化和环境污染， 跟踪部分类型的突发环境事件的发生、发展， 已经成为生态环境管理工作的技术支撑和依托。

2015 年 4 月 25 日，尼泊尔境内博拉克市发生 8.1 级地震，震源深度 20 千米，所释放的能量是“5 · 12 汶川地震”的 1.4 倍，对尼泊尔当地和我国西藏相邻地区的社会经济和区域生态环境产生重大影响，我国西藏日喀则地区的聂拉木、吉隆、樟木 3 县受灾较为严重。

本研究以此次地震Ⅸ度和Ⅷ度烈度区为重点，综合利用多源高分辨率卫星遥感数据，采用面向对象自动分类与人工解译相交互的方式，结合野外地面实地调查，开展了地震及其引发的次生地质灾害对人居环境、陆表植被生态系统、河流生态系统、环境敏感目标等的影响评估与分析，为受灾地区的应急救援和恢复重建提供指导与技术支撑。

2、研究方法

2.1 技术路线

开展突发地质灾害生态环境变化遥感监测，在地震发生后第一时间，收集包括中国地震局发布的地震烈度分布、灾区地质地貌数据、气候特征数据和河流水文数据等多项基础地理数据，为确定生态环境监测目标提供基础数据支撑。

灾害发生后，地震引发的次生地质灾害、居民点、陆表植被、河流等敏感目标具有典型的光谱特征，利用他们的光谱特性，针对不同破坏类型，根据已有遥感影像信息提取方法，主要采用面向对象自动分类及人工编辑相结合与目视解译的方式，通过灾前、灾后等多期卫星数据进行动态变化信息提取和统计分析，获取地震造成的各类生态破坏遥感监测结果。数据处理流程见图 1 所示。

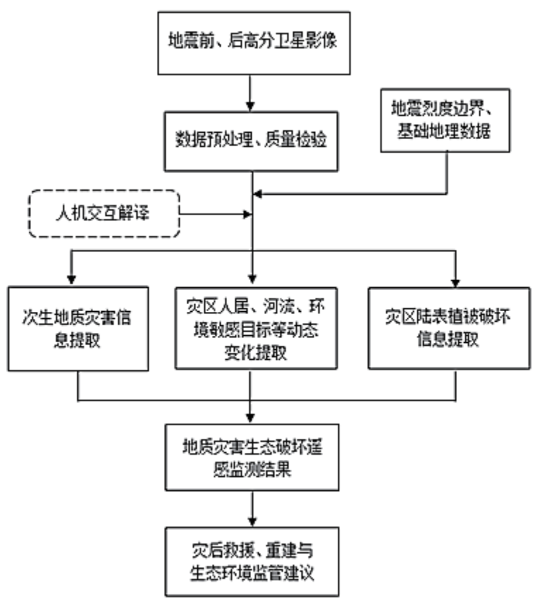


图 1 突发地质灾害生态影响遥感监测流程图

2.2 数据源介绍

高空间分辨率的卫星数据在地质灾害破坏目标识别与监测工作方面，精度可以满足管理与应用的需求。为获得受灾地区人类活动和生态环境破坏状况，选择灾害发生前后高分一号卫星、资源三号卫星、Quick Bird 等多源数据开展遥感监测，可以满足突发地质灾害所需数据的要求，保证监测结果时效性。

表 1 卫星有效载荷技术指标

	有效载荷	波段号	光谱范围/μm	空间分辨率/m	幅宽/km	重访时间/天
GF-1	全色波段	--	0.45 ~ 0.89	2	68	3-5
	多光谱相机	1	0.45-0.52	8		
		2	0.52-0.59			
		3	0.63-0.69			
		4	0.77-0.89			
	Wide Field View Multispectral Camera(WFV)	1	0.45-0.52	16	820	2
		2	0.52-0.59			
		3	0.63-0.69			
		4	0.77-0.89			
ZY-3	前视相机	--	0.5-0.8	3.5	52	3-5
	后视相机	--	0.5-0.8	3.5	52	
	正视相机	--	0.5-0.5	2.1	51	
	多光谱相机	1	0.45-0.52	6	51	5
		2	0.52-0.59			
		3	0.63-0.69			
		4	0.77-0.89			
Quick Bird	全色波段	--	0.45-0.90	0.61	16.5	1-6
	多光谱相机	1	0.45-0.52	2.44		
		2	0.52-0.66			
		3	0.63-0.69			
		4	0.76-0.90			

2.3 遥感监测目标

突发性强烈地震对区域生态系统和生态环境敏感目标的破坏巨大，引发的次生地质灾害更危险。利用高分辨率卫星进行地震灾区生态遥感监测时，重点对山区滑坡、泥石流等次生地质灾害空间分布、地震对人居环境破坏面积和空间分布、地震对河道水体的影响（堰塞湖空间分布）、敏感环境目标（自然保护区等）生态环境遭破坏状况、地震对陆表植被破坏面积和空间分布影响等进行监测与评估。将监测对象归纳为：

（1）生态环境敏感目标指标：居民点、道路、河流（堰塞湖）、相关敏感及重要保护目标（自然保护区）；

（2）陆表植被指标：森林（含灌丛）、草地、农业生态系统；

（3）次生地质灾害指标：山区滑坡、崩塌、泥石流。

3 、结果分析

3.1 研究区简介

北京时间 2015 年 4 月 25 日 14 时 11 分，尼泊尔发生 8.1 级地震，地震震中位于尼泊尔的博克拉市，地理位置为北纬 28.2 度、东经 84.7 度。震源深度 20 千米，地震最高烈度为Ⅸ度及以上区域，面积约 7400 平方公里；Ⅷ度区面积约 2.14 万平方公里。我国境内，Ⅸ度及以上区域面积约 130 平方公里，Ⅷ度区面积约 2063 平方公里，西藏日喀则地区的聂拉木、吉隆、樟木 3 县受灾较为严重。

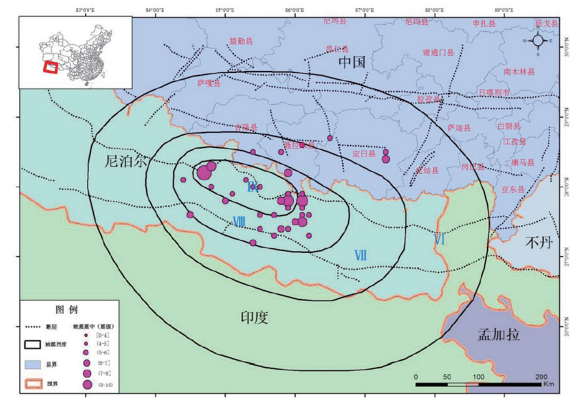


图 2 研究区位置

3.2 突发地质灾害生态环境影响评价结果

基于地震前、后高分辨率卫星数据，提取各类型破坏信息（图 3），次生灾害及破坏情况见表 2。

表 2 各类灾害及破坏信息统计表

破坏类型	次生地质灾害		陆表植被		环境敏感目标	
	面积/ hm^2	百分比/%	面积/ hm^2	百分比/%	面积/ hm^2	百分比/%
Ⅸ级烈度区	7200.42	0.97	6899.87	0.93	1065.39	0.14
Ⅷ级烈度区	764.51	0.04	702.99	0.04	606.75	0.03
破坏类型	居民点/处		道路/处		河流/处	
Ⅸ级烈度区	285		23		25	
Ⅷ级烈度区	0		13		4	

注：百分比为地震破坏斑块面积与对应级别烈度区陆地面积比

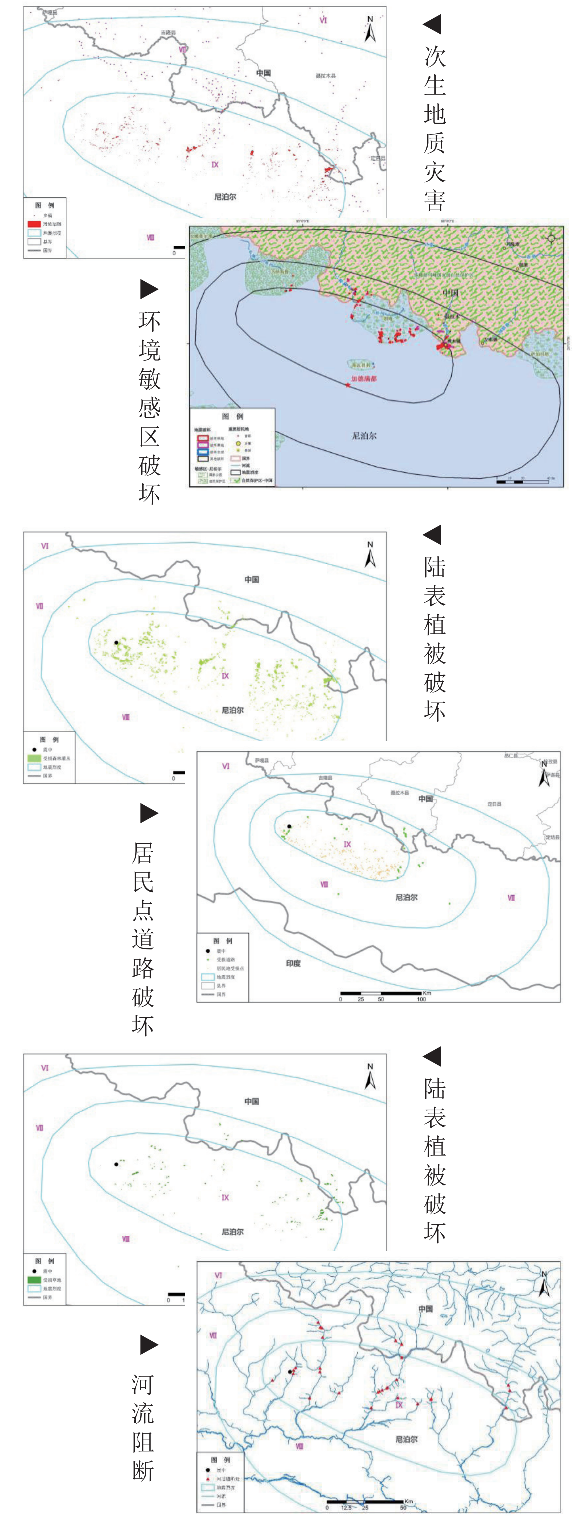


图 3 研究区灾害及各类破坏分布

（1）地震引发次生地质灾害

震区滑坡、崩塌等次生地质灾害多发，区域内共发现1801个滑坡、崩塌等次生地质灾害点，面积约7964.93公顷，次生地质灾害多位于河道两侧、山体边缘，是人类活动较为集中的地区。

（2）地震对人居环境影响

此次地震破坏导致Ⅸ级烈度区内共有285处倒塌性受损居民点有不同程度的受损。倒塌程度在90%及以上的居民点共41处，这是由于农村地区建筑物类型以砌石结构、土砖房为主，未经过抗震设计，抗震性能差所致。

地震导致道路受损36处。其中，受损较为严重的道路共11处，西藏地区3处，尼泊尔境内8处。Ⅸ级烈度带中有7处道路损毁严重；Ⅷ级烈度带中有4处道路损毁严重。

（3）地震对陆表植被生态系统影响

地震对区域森林（含灌丛）生态系统覆盖和立地条件影响大，直接破坏森林生态系统面积为6434.99公顷。其中，Ⅸ级烈度带1351处、Ⅷ级烈度带中81处次生地质灾害点，对森林生态系统造成严重影响。地震直接破坏草地生态系统面积为1150.92公顷。其中，Ⅸ级烈度带174处、Ⅷ级烈度带中27处次生地质灾害点，对草地生态系统造成严重影响。地震对农田生态系统破坏不大，地质灾害直接影响农田36处，损毁面积16.95公顷，全部发生在Ⅸ级烈度带。

（4）地震对河流生态系统影响

滑坡、崩塌物往往会堵塞河谷或河床，使流水聚集，漫溢储水到一定程度便形成堰塞湖。遥感监测共发现29处河道阻断，由于多数河道阻塞规模较小，加之崩塌滑坡处河流水量不大，河道阻塞不严重，没有形成具有较大威胁的堰塞湖。

（5）地震对环境敏感目标影响

灾区内监测到我国珠穆朗玛峰国家级自然保护区存在124处各类破坏，总面积约606.75公顷，主要以林地损毁为主；尼泊尔境内共有2处国家公园（朗塘、斯瓦普利）、1处自然保护区（马纳斯鲁）发现各类破坏132处，总面积约1065.39公顷，主要以林地损毁为主。

4、结论与讨论

此次地震导致大范围的滑坡、崩塌和泥石流等次生地质灾害，面积约7964.93公顷，区域地质灾害发生风险加大。次生地质灾害对区域陆表植被生态系统，特别是森林生态系统的破坏，面积减少和质量降低直接导致生态系统土壤保持和灾害防御等服务功能降低。Ⅸ、Ⅷ级烈度区内共有各类破坏4076处，由于区域内地形复杂，自然生态环境脆弱，生态恢复与重建时间长、难度大。恢复与重建工作不仅要治理各种地质灾害，还要恢复生态系统及其服务功能，任务十分艰巨。

灾后开展地质环境灾害防治工作，排查次生地质灾害隐患。要根据该地区特殊自然地质环境情况，对重点区域、典型流域地质灾害进行系统综合整治，提升地质灾害防治、管理科技水平。以国家级自然保护区等环境敏感区域为重点，开展生物生境恢复和区域生态重建工作。对灾后森林生态系统恢复、生态系统健康状况、生物多样性维护功能开展连续监测调查，保障区域生态安全。综合考虑自然禀赋能力和社会经济发展需求，科学准确地评估道路、机场等公共基础设施建设的生态风险和生态影响，统筹恢复重建各类用地需求，合理规划和选择工程建设位置，预防不合理的布局对区域生态恢复和生态安全产生影响。加强恢复和建设过程的生态监管，避免对脆弱地、敏感地生态系统产生严重影响。

由于生态破坏效应的滞后性，突发灾害对生态环境影响的还需长效地、全面地生态监测和评估。高分辨率卫星数据所具有的快速、实时、动态地监测大范围的环境变化和环境污染，可以为灾区的应急救援和恢复重建提供指导，为生态环境监管提供强有力的技术支撑。应基于多源卫星遥感数据，继续开展灾区生态环境影响全面监测和生态风险评估，加强生态破坏重灾区生态环境监测，保障区域生态安全，全面支撑和保障灾后恢复重建工作。

农村环境质量监测技术及评价方法研究进展

■ 王晓斐 何立环 马广文 王业耀

（中国环境监测总站，国家环境保护监测质量控制重点实验室，北京，100012）

【摘 要】本文从农村环境质量监测技术和评价方法两大方面，评述了近几年在农村环境质量监测方案、农村水、空气和土壤等各环境要素的监测技术、农村环境质量综合评价技术等研究进展情况，针对目前国内农村环境监测现状，对监测技术和综合评价方法提出一些建议，以期对我国农村环境质量监测技术与评价方法体系的完善有所帮助，更好地推进农村环境质量监测工作，为农村环境保护管理决策提供技术支持。

【关键词】农村；环境质量；监测技术；评价方法；研究进展

1、前言

伴随着农村经济的迅速发展，农村环境污染问题也日益突出。农村的生活污染、面源污染还相当严重，工业污染、城市污染不断向农村转移，水土流失、土地沙化、生态功能退化等状况没有得到有效遏制，环境污染与生态破坏交织在一起。这不仅威胁到数亿农村居民的健康，最终也会通过大气污染、水污染和食品污染等渠道对总体环境造成影响。农村环境污染问题阻碍了农村社会和经济的健康持续发展，因此，保护农村环境具有重要的现实意义和深远的社会意义。

近年来，农村环境污染问题得到党中央、国务院的高度重视。2005年，中央提出建设社会主义新农村，其中治理农村环境、整洁村容是重要组成部分。自2008年开始，中央财政设立了农村环境保护专项资金，实行“以奖促治”政策，扶持各地开展农村环境综合整治，加快解决群众反映强烈、严重危害农村居民健康的突出环境问题。2009年，环保部印发实施《全国农村环境监测工作指导意见》，提出了“十二五”初步建立农村环境质量监测技术体系、网络体系和预警体系，逐步摸清农村污染源、环境质量状况，掌握潜在的环境风险，发布农村环境质量状况报告，初步形成农村环境监管能力的工作目标。

按照环保部关于农村环境保护的工作部署，自2008起中国环境监测总站组织全国各省级环境监测站开展农村环境质量试点监测工作，涉及空气、地表水、饮用水源地、土壤和生态等环境要素，开拓了全国范围的农村环境质量监测工作领域，并逐渐建立和不断完善农村环境质量监测技术与评价体系。各级环保部门和科研单位也积极响应，针对当地农村环境特点，在农村环境质量监测技术和评价方法等方面开展了许多的研究和探索。本文从农村环境质量监测技术和评价方法两大方面，对具有代表性的研究工作进行总结，以期对我国农村环境质量监测技术与评价方法体系的完善有所帮助，更好地推进农村环境质量监测工作，为农村环境保护管理决

策提供技术支持。

2、农村环境质量监测技术进展

近年来，农村环境质量监测涉及多要素、多领域、多学科，如何有效开展农村环境质量监测是近年来研究的一个热点。研究人员针对农村环境的特点，根据监测目的和任务，构建针对性的监测体系，涉及布点原则、监测方案、监测指标和监测方法等方面。

2.1 农村环境质量监测方案及体系技术研究

王伟等人提出利用生物及其指示体开展农村环境大气、土壤与水体污染的监测，生物监测赖其指示体易得性、灵敏性、成本低、好管理，更兼农村生物多样性丰富等特点，易在农村实行，但尚需进一步完善监测方法的标准化、监测参数的科学化、监测对象的定量化以及生态广域种的选择，因此该法在实际应用中未得到广泛应用。张铁亮等人提出了农村环境质量监测布点原则与方案，并构建了农村环境质量监测与评价指标体系，该体系含盖面广、监测指标多，但多项监测指标没有评价标准，虽然该体系在评价上非常不便、可操作性不强，但却针对农村环境质量监测体系的构建提出了一个很好的思路。赵晓军等人通过对农村环境污染特征分析，结合大量试点村庄的现场调研数据，确定了农村环境质量监测的点位布设原则，并结合城市现有监测指标，对农村环境质量监测指标进行了优化，具有较好的指导作用。刘三长等人利用国家环境监测方案，对南方地区典型村庄开展环境质量监测与评价研究，涉及农村饮用水源地、地表水、农业灌溉水、环境空气、土壤和污水处理设施等方面的监测，构建了适合南方地区农村环境监测与评价指标体系，对于当地的农村环境保护管理可以提供更具有针对性的技术支持。李桂祥等人通过桂林漓江流域农村环境质量监测结果分析研究，提出桂林漓江流域农村环境质量监测指标体系构建原则，结合当地农业种植模式和农业种植污染特点，构建针对性强，既满足国家农村环境质量监测工作要求，又考虑到当地农业污染特征，适合当地农村环境质量监测的指标体系。中国环境监测总站根据近几年农村环境质量监测试点工作的基础上，提出了以县域为基本单元，开展县域监测和村庄监测的监测方案。在村庄监测层次，选择一定数量的代表性村庄，对环境空气质量、饮用水水源地水质和土壤环境质量进行监测；在县域监测层次，对地表水水质和生态环境质量状况开展监测。这种监测方案综合村庄和县域两个层次，便于从点到面对农村环境质量状况进行监测和评价，基本满足我国目前的农村环境质量监测的要求，更具有适用性和可操作性。

2.2 农村单环境要素的监测研究进展

农村环境质量监测涉及空气、地表水、地下水、土壤、生态等不同环境要素，针对不同的环境要素的监测，科技人员也开展了相应的研究和探索，涉及监测项目、监测方法、布点方法等方面，为完善农村环境质量监测技术提供参考和指导。

(1) 农村空气环境质量监测研究

焦宝玉等人利用 GIS 软件将四川省划分网格，分别统计每个网格中的工业废气污染点源数量和主要交通线路长度，得出四川省工业废气污染点源密度分级图和四川省主要公路密度分布图，结合农村污染面源的情况分析，总结出农村区域的主要污染密度分布类型，根据四川省污染源分布规律为农村空气自动监测布点提供了指导。冯静等人结合农村环境质量监测的实际需求，分析了当前农村环境空气监测存在的不足，建议在农村开展空气质量自动监测，并借鉴城市环境空气质量自动监测站的管理模式，最好采取社会化运营模式；综合考虑农村的生活、生产布局及污染源的地理位置，选取居民生活区、作物生长区和污染排放企业周边等代表性的区域开展监测；在监测项目上，设置必测项目和特征污染物等。黎宁等人通过对广西 13 个地市 71 个村庄的在 2011-2014 年间环境空气质量状况进行监测和对比，总结出广西农村环境空气质量状况特点，分析出主要超标污染物及造成空气污染的主要原因，并为环境管理提出相应的建议。

(2) 农村水环境质量监测研究

林涛等人对营口市农村地区 6 条河流的水质进行污染监测，并解析了主要污染物近几年的变化趋势，其研究发现随着农村经济发展及城镇化的加快，农药的过量使用导致农业面源污染，乡镇工业的污水处理率低及旅游度假村等生活污染的排入成为农村地区河流的主要污染源。于秋颖通过对包头市典型农村、牧区饮用水水源地水质监测和调查评估结果进行评价与分析，掌握了当地农村饮用水环境质量和污染现状，并根据水质超标的特点和原因，提出相应对策。纪丁愈以四川大英县黄腊溪小流域饮用水水源地为研究对象，对该流域水质进行为期 9 个月的连续监测，分析确定当地饮用水源地的污染物特征，并提出了污染防治对策。

(3) 农村土壤环境质量监测研究

李桂祥等人通过对桂林市试点村庄土壤中的 5 种酞酸酯进行调查分析，发现 DMP、DEP、DOP 都未检出，但 DBP、DEHP 在 13 个监测点全部都有检出，结合我国农药和地膜塑料制品的使用情况，建议在国家农村环境质量试点监测工作中，土壤监测增加 DBP、DEHP 等有机物项目的监测。陈丹青等人以广东省某村庄为例，对村庄的菜地、基本农田、曾经污灌农田和怀疑受污染的农田土壤进行监测，分析了不同类型土壤污染程度。马娟等人对宁夏 25 个代表性村庄的土壤环境质量进行调查监测，并将土壤项目的监测结果与其背景值进行比较，更全面地对村庄的土壤环境质量进行评价。

3、农村环境质量综合评价技术研究进展

环境质量综合评价是在区域环境调查的基础上，针对区域的环境特点和评价的目的，选取一定的评价指标和数学方法进行综合评价，以判断不同评价单元的环境质量状况。如何科学、有效地评价农村环境质量状况一直是近年来环境监测领域的一个热门，主要集中在计算方法的研究，其中研究较多的方法主要有综合指数法、层次分析法、主成分分析法和多层次模糊综合评价法等。

3.1 综合评价指数法

综合评价指数法，即加权综合评分法，是指通过实测、估算和调查获得的各项指标的测定值，再将指标的实测值或者测定值换算成质量指数，用加权法计算各分指数值和整个指标体系的总指数值，再根据总指数的数值范围确定环境质量等级，用来评价环境质量。各污染指标的权重值及各分指数的权重值，根据实际情况、民意测验或者专家评定等方法研究确定。

朱承章提出利用综合评价指数法开展农村生态环境质量的评价，建立的评价体系包括土壤环境质量子系、水环境质量子系，大气环境质量子系及人群生物质量子系，该评价方法的提出为建立农村生态环境质量监测评价方法体系奠定了一定的基础。郝英群等人通过对江苏省典型村庄环境质量的研究，提出了农村环境质量指数方法，用以表征和评价农村环境质量状况，该评价方法涵盖农村水、空气、土壤等环境要素，具有较好的可行性，但是存在分指数权重较为主观的问题，各指数权重确定的合理性有待于进一步验证。马广文等以农村环境质量和生态系统结构为核心，以县域为农村环境质量综合评价单元，筛选了农村生态状况指数，构建了农村环境质量综合评价办法，并进行典型区应用。该评价方法涵盖农村环境质量的空气、饮用水、地表水和土壤和县域生态质量，较为全面和综合地反映了农村生态环境质量，该评价方法同样存在权重确定的合理性问题。但是通过大量典型区数据的应用，调整了各指标的权重，使得该评价方法具有较好的普遍应用性。

应用综合评价指数法最关键的是评价指标的权重的确定，一般采用的有简单易行的特尔菲法（专家打分法），但这种方法受人为因素影响较大。采

用综合指数对农村环境质量进行评价，可以直接明了的反映其环境质量状况，且利于时间与空间的比较。因此，目前国家农村环境质量综合评价就是采用这种方法，该法可用于同一村庄和县域环境质量的年度比较，也有利于比较不同区域农村环境质量情况。各个地方也结合当地的实际情况，利用综合指数法开展了一些环境质量综合评价的研究和应用。

3.2 层次分析法

层次分析法（Analytical Hierarchy Process，简称AHP）是由美国运筹学家萨蒂（Saaty T.L.）在20世纪70年代提出的一种定性方法和定量分析方法相结合的多目标决策分析方法。该方法是通过分析复杂问题所包含的因素及其相互关系，将问题分解为不同的要素，并将这些要素归并为不同的层次，从而形成多层次结果，在每一层次可按某一规定准则对该层元素进行逐对比较，得出该层要素对于准则的权重，根据综合权重按最大权重原则确定最优方案。这种分析方法的特点是将分析人员的经验判断给予量化，对目标结构复杂且缺乏必要数据的情况更为实用，具有理论严谨，所需数据量较少，评分花费时间短，计算工作量小等优点，近年来在环境评价中得到较多应用。

邵云等应用特尔斐法和层次分析法相结合，确定自然生态环境指标、社会生态环境指标、经济生态环境指标3大类，共35项指标的指标权重，用35 项指标加权得到农村环境质量指数，给出评价结果等级的分类，建立了一套较为系统的农村地区生态环境质量评价体系，但其采用指标繁多、且权重计算复杂，难以应用于各地差异大的农村环境质量评价。雷波等人利用层次分析法，从经济发展、污染控制、资源利用、人居环境、生态保护和社会环境等六大方面、选取了28项评价指标，构建了新农村环境质量综合评价模型。曹连海等人利用层次分析法，构建了三层农村生态环境评价指标体系，给出各指标评价的标准值，利用主成分分析法计算指标的权重，给出了各指标的计算方法，并设计了一个五级分级标准，用以评价农村地区的生态化程度。该评价体系较为复杂，是一个多属性、多层次的子组织系统，涉及自然环境因素、经济因素和社会因素等。

3.3 主成分分析法

主成分分析法（Principal Components Analysis，简称PCA）也称为定量分析，最早由美国统计学家皮尔逊（Person）在1901年的生物学理论研究中引入。1933年，由Hotelling将此法用于心理学研究，并得到进一步的发展。该法是一种常用的多指标统计方法，是一种简化数据集的方法，能够最大限度地保留原始数据信息的基础上，对高维变量进行综合和简化，达到降维，将原来多个变量转化为少数几个综合指标，并且能够客观地确定各个指标的权重，避免主观随意性，已经被广泛应用于环境领域。

杜敏利用主成分分析法确定所选区域的环境质量中大气、水、土壤和生物等指标权重，该法充分利用全部数据所包含的信息，依靠数据之间的关系进行分析，无须人为分析，运用主成分的贡献率作为指标的权重值，较为客观。李丽利用主成分分析法对小城镇生态环境质量进行评价，研究发现该方法简洁、客观、可比性强，但是需要分析样本间的规律，要求监测样本比较充足并能满足正态分布。杨仲玮等人利用主成分分析法对张掖市部分区域的农村环境空气质量和饮用水质进行了评价分析，其研究发现利用主成分分析法可以用少量综合变量代替原有变量，简化数据结构，可以有效的反映各环境要素中不同污染物的污染程度及其相关性和内在差异性。总体来说，主成分分析法适合对中小尺度区域农村环境质量进行综合评价分析。

3.4 模糊综合评价法

模糊综合评价法（Fuzzy Comprehensive Evaluation Method）是一种基于模糊数学的综合评价办法。该法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价，即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或者对象做出一个总体评价，具有结果清晰、系统性强的特点，能较好地解决模糊的、难以量化的问题，适合各种非确定性问题的解决。在实际中应用较多的是多层次综合模糊评价法，即先把要评判的同一事物的多种因素，按某一属性分成若干层次，然后对每个层次进行综合评判，在此基础上再对初级层次综合评判的结果进行高层次的综合评判，广泛地应用于工程技术、社会经济等各个领域。近年来，多层次综合模糊评价法在环境空气质量、水环境质量、土壤环境质量以及生态环境质量等评价领域应用较多。

廖兴勇等人通过对重庆市璧山县璧北蔬菜基地的大气、灌溉水及土壤等各项指标的监测，采用多层次模糊综合评价法对该蔬菜基地的空气、灌溉水和土壤以及整体的环境质量进行综合评价和分析，较好地克服了综合污染指数评价法不具有模糊性的问题。程慧波等人结合污染指数法、质量指数法、特尔斐层次分析法、模糊物元法，采用多要素模糊综合评价法对甘肃省73个村庄环境质量进行评价，选取多要素模糊综合评价可以将农村环境质量指标体系的某一属性分成若干个层次，先进行单一环境要素的评价，然后对各个层次进行综合评价，最后对初级评价的结果进行高层次的综合分析评价，此法有助于形成一套功能完善、科学合理、操作简便的村环境质量综合评估指标体系和技术方法。

4、建议

目前我国农村环境质量监测技术体系和评价方法仍处于起步阶段，如何有效的开展农村环境质量的监测和综合评价仍是研究的热门领域。结合近几年农村环境监测技术与评价方法的研究进展，针对我国目前农村环境监测与评价技术体系方面提出以下建议：

4.1进一步完善和细化农村环境质量监测方案。我国村庄数量近60万，虽然国家已经初步建立以县域为基本单元的农村环境质量监测技术方法，有助于各地开展农村环境质量监测工作，具有较好的可操作性和指导性，但其却没有针对不同地区农村环境质量的特点优化监测指标。目前农村环境质量监测定位地方事权，建议各地环境监测机构在国家方案的基础上，能够结合当地农村环境的特点和主要污染来源，增加特征污染物的监测，优化监测频次，制定更加细化的监测方案，将有助于更好地说清当地农村环境质量状况，为农村环境保护管理提供更具有力的技术支持。

4.2加强农村环境质量监测能力建设。以空气监测为例，目前设置在村庄的空气自动监测站较少，村庄环境空气质量监测主要以手工监测和流动监测车监测为主，同时限于目前县级监测站缺少足够人力和设备，监测的频次设定为一年四次；在饮用水水源地水质监测方面，同样存在监测频次不足的问题，这些还不能满足监测需求，因此建议切实加大农村环境监测能力建设，具体包括业务、技术、人才、设备等方面，使之能够满足农村环境质量监测的需求，保证监测数据的科学性和有效性。

4.3优化农村环境质量综合评价方法。农村环境质量评价方法是为了说清农村环境质量，发现农村环境质量存在的问题，目前的综合评价办法各有利弊，建议根据监测对象的特点和目的，合理选用综合评价方法，以更好地评价农村环境质量。比如，在中小尺度农村范围内，选用主成分分析法和综合评价指数法相结合的方法，利用主成分分析法，通过对一定数量的数据分析，确定不同环境要素的权重，再根据这些权重进行综合评价，既能避免专家打分法的人为主观性，也可以利用综合评价指数法对村庄环境质量进行空间和时间的比较分析。

综上所述，如何针对区域农村环境特点和监测的目的，优化监测技术方案和评价办法，建立和完善适合农村环境特点的监测技术体系和评价方法，真实、有效地反映农村环境质量状况，仍需要广大科技人员积极研究探索。

大气细颗粒物监测数据验证与空间分析

■ 文－谢涛[1] 顾伟伟[1] 陈亚新[1] 李岩[2]

（1. 中科宇图资源环境科学研究院，北京，100101；2. 北京中科云谱物联技术有限公司，北京，100009）

【摘　要】本研究基于北京市海淀区局部区域的光散色法大气细颗粒物在线监测设备，获取 2016 年 1 月的大气细颗粒物浓度数据，与同研究区内的国家空气质量在线监测同期数据进行对比验证，通过高斯过程插值法进行空间分析与推断。研究结果表明，研究区域较为中心的 3 个光散色法大气细颗粒物在线监测设备的数据，与国家空气质量在线监测设备的数据形成显著的相关性，小时值相关性 $R^2>0.8$，日均值相关性 $R^2>0.9$，方法可信度较高。基于研究区域所有的光散色法大气细颗粒物在线监测设备的数据，以更适用的高斯过程插值法，空间分析得到整个区域内任何点位的细颗粒物浓度数据，生成逐小时的细颗粒物浓度热图。细颗粒物浓度热图可用于小微尺度污染区域识别、污染物传播路径还原和民众健康路径规划，为城市区域小微尺度的环境风险评价提供数据基础。

【关键词】细颗粒物；数据验证；插值；空间分析

谢涛

1、研究区域概况

大气环境和人类生存息息相关。目前我国的大气环境污染问题已经十分严峻，大气污染问题成为了经济社会发展的主要制约因素之一。目前，以可吸入颗粒物（PM_{10}）、细颗粒物（$PM_{2.5}$）和臭氧（O_3）为特征的区域性大气环境问题日益突出，区域内空气重污染现象大范围同时出现的频次日益增多，严重制约社会经济的可持续发展，损害人民群众身体健康，影响社会和谐稳定。随着我国工业化、城镇化的深入推进，能源资源消耗持续增加，大气污染防治压力继续加大。其中，细颗粒物的污染作为我国常态的首要污染物，作为对大气能见度等有重要的影响的污染物，一直是我国大气环境污染问题的最主要限制因素，也一直受到国内外的广泛关注。

北京市是我国的首都，是政治中心和文化中心。近十几年来，北京市连续采取大气污染治理措施，空气中主要污染物浓度逐年下降，但大气污染物排放总量仍然超过环境容量，空气质量与国家新标准和公众期盼依然存在较大差距，大气污染复合型特征突出，城市正常运转和市民日常生活产生的污染物所占比重越来越大，大气污染防治形势仍然十分严峻。

在本研究中，选取北京市海淀区局部区域（以中关村地铁站和海淀黄庄地铁站为中心区域），研究区域范围约为东经 116.29° -116.35°，北纬 39.96° -40.01°，东西跨度约 5 公里，南北跨度约 4.5 公里。本研究区域中有多种 POI（Point of Information，信息点）类型，包括道路、公园、小区、医院、商业区等类型，具备城市区域环境的代表性，适合作为研究区域。研究区域如图 1 所示。

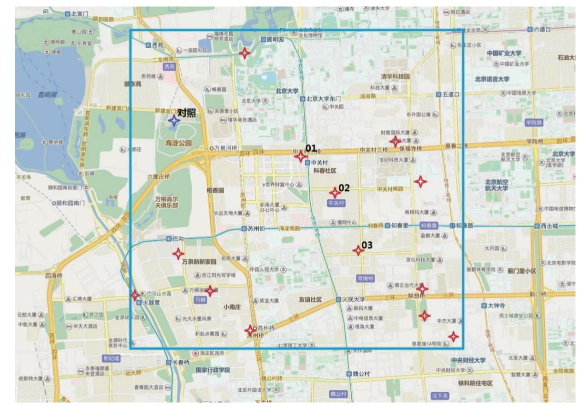


图 1 研究区域与监测点位图

2、数据与方法

2.1 数据来源

本研究的大气细颗粒物监测设备部署区域如图 1 所示，区域内监测点位数为 13 个。大气细颗粒物监测设备采用激光传感器，基于光散射法测定空气中的细颗粒物浓度。光散射法是根据颗粒物的散射光强度与其质量浓度成正比的原理工作的，采用光散射法测定空气中的颗粒物浓度，该方法具有快速、简便、能连续测定等特点，能够便捷迅速的监测。本研究基于光散射法的大气细颗粒物监测设备，连续测定研究区域的大气细颗粒物浓度数据。

本研究基于网络爬虫技术连续获取的环境保护部官方数据，获取了本研究区域内唯一的国家空气质量在线监测点（海淀万柳）的基本信息与大气细颗粒物浓度数据，作为对照。监测点基本信息如表 1 所示。

表 1 对照监测点信息

名称	经度	纬度	POI
海淀万柳	116.287	39.987	公园

本研究的时间区间为 2016 年 1 月 1 日 -1 月 31 日，共 1 个整月，研究监测频次与对照监测频次均为每小时 1 次，监测数据的单位均为微克 / 立方米（μg/m³），下同。

2.2 空间分析方法

本研究中，不同于只针对于监测点位所获取数据的研究，本研究基于多种空间分析方法，包括线性插值法、多项式（三次样条）插值法与高斯过程插值法，做研究区域内 13 个研究监测点的空间分析，实现监测数据的由点及面，区域分析。

2.2.1 线性插值法

线性插值法是数学、计算机图形学等领域广泛使用的一种插值方法，又名线性内插法。线性插值是根据一组已知的未知函数自变量的值和它相对应的函数值，利用等比关系去求一种未知函数其他值的近似计算方法，是一种求未知函数逼近数值的求解方法。在平面上，线性插值法形成三角网，三角网中每一个三角形的倾斜和标高都由定义这个三角形的三个原始数据点确定。

2.2.2 多项式插值法

多项式插值法是计算出一个公式（通常是一个多项式）的处理过程，该公式的图形将通过一组给定的采样点计算得出。多项式插值法是一个具有一定快速确定性和平滑性的插值方法。多项式插值法不需要样本数据的假设。多项式插值法仅在定义邻域内的所有样点符合指定次序（0 次，1 次，2 次，3 次等）的多项式。多项式三次样条插值则是通过一系列形值点的一条光滑曲线，通过求解三弯矩方程组得出曲线函数组的过程。重叠邻域和每次预测的值，就是在邻域中心拟合的多项式的值。

2.2.3 高斯过程插值法

高斯过程又称正态随机过程，是一个随机过程，其中任意随机变量的有限子集合都满足多源高斯分

布。高斯过程为无参数模型，因而可以对输入参数的任意分布进行建模。

通常，定义一组随机变量的集合{h(x) : x ∈ Rn} 满足均值函数为m(•)，且协方差函数为k(•,•)的高斯过程，如果对于其中任意有限元素集合x(1)，x(2)，…，x(m) ∈ Rn，这些随机变量的联合分布满足公式1分布：

$$\begin{bmatrix} h(x^{(1)}) \\ \vdots \\ h(x^{(m)}) \end{bmatrix} \sim N\left(\begin{bmatrix} m(x^{(1)}) \\ \vdots \\ m(x^{(m)}) \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} k(x^{(1)},x^{(1)}) & \cdots & k(x^{(1)},x^{(m)}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k(x^{(m)},x^{(1)}) & \cdots & k(x^{(m)},x^{(m)}) \end{bmatrix}\right)$$

在本研究中，可以将研究范围内的PM2.5分布当做一个随机分布，高斯过程可以动态地对任意时刻的数值进行建模，可以预测得出任何地点的PM2.5的数值。在空间推断模型中，将研究区域划分为若干网格区域并统计了各个网格中与空气质量相关的特征参数。这些特征参数包括GPS信息，温度、湿度数据，POI信息。通常，一个网格区域会表现出与邻近网格相类似的空气质量情况。相类似的气象及地理环境的区域，PM2.5等级也具有很大的相似性。

3、结果与讨论

3.1 数据验证

本研究选取了处于较为中心区域的3个研究监测点，分别位于北京市海淀区的中关村一桥、中关村南路、双榆树小区。研究监测点的具体信息如表2所示。

表2 研究监测点信息

编号	名称	经度	纬度	POI
01	中关村一桥	116.323	39.992	道路
02	中关村南路	116.328	39.986	医院
03	双榆树小区	116.333	39.977	小区

本研究基于中关村一桥、中关村南路和双榆树小区3个研究监测点的数据，同时引入国家空气质量在线监测点海淀万柳1个对照监测点的数据，进行验证分析。本研究选定了2016年1月1日-1月31日的细颗粒物数据，进行研究。4个点的细颗粒物监测数据的小时值变化曲线如图2所示，日均值变化曲线图如图3所示。

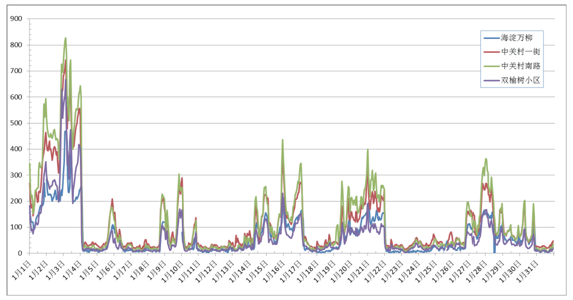


图2 四个监测点细颗粒物小时数据变化

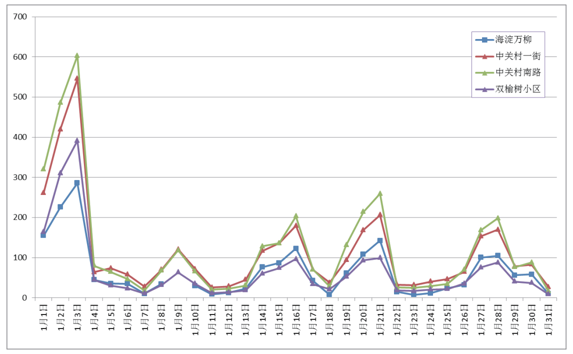


图3 四个监测点细颗粒物日均值数据变化

由图2和图3可分析得出，在2016年1月，研究区域内3个研究监测点与1个对照监测点所监测到的细颗粒物小时数据与日均数据波动都较为明显，而且波动趋势基本相同。其中，研究监测点与对照监测点所测得的细颗粒物浓度最高值均出现在1月3日凌晨，中关村一街监测点达到743μg/m³，中关村南路监测点达到827μg/m³，双榆树小区监测点达到667μg/m³，而海淀万柳监测点达到469μg/m³。2016年1月小时平均值，中关村一街监测点为114.6μg/m³，中关村南路监测点达到124.3μg/m³，双榆树小区监测点达到66.1μg/m³，而海淀万柳监测点为65.6μg/m³。无论是研究监测点还是对照监测点，绝大部分的数值是在<200μg/m³的范围内。3个研究监测点之间比较，监测数据差异较为明显，很可能是因为POI和地理位置的不同，造成了不同地点的$PM_{2.5}$数值存在较大的差异，

剔除掉3个研究监测点与1个对照监测点所监测数据的异常值（无数据），分析对照监测点与研究监测点的数据相关性，如图4和图5所示。

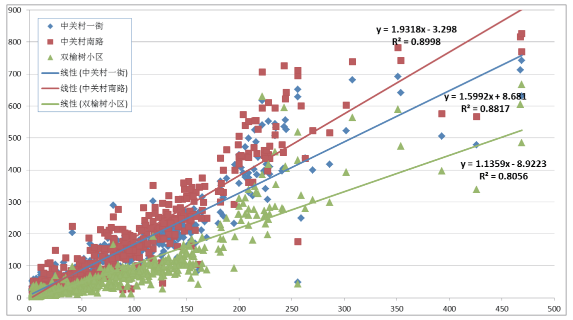


图4 研究监测点与对照监测点小时数据相关性

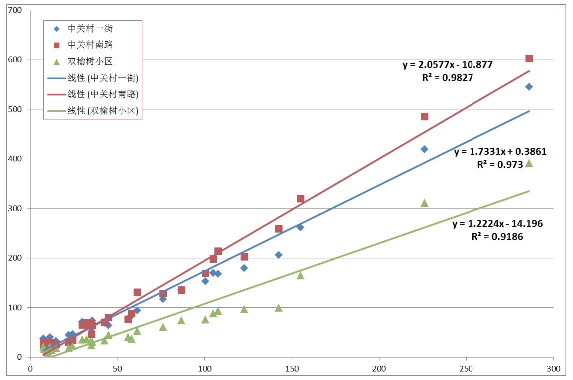


图5 研究监测点与对照监测点日均值数据相关性

由图4和图5可分析得出，在2016年1月，研究区域内3个研究监测点与1个对照监测点所监测到的细颗粒物数据，小时数据相关性的R^2都大于0.8，而日均值数据相关性的R^2都大于0.9，均具备显著相关性。这说明，基于光散射法的大气细颗粒物监测设备的数据质量较高，在本研究区域中可以与国家空气质量在线监测设备的数据质量形成显著的相关性，方法可信度较高，在本研究区域内可以形成较强的监测能力。

3.2 空间分析

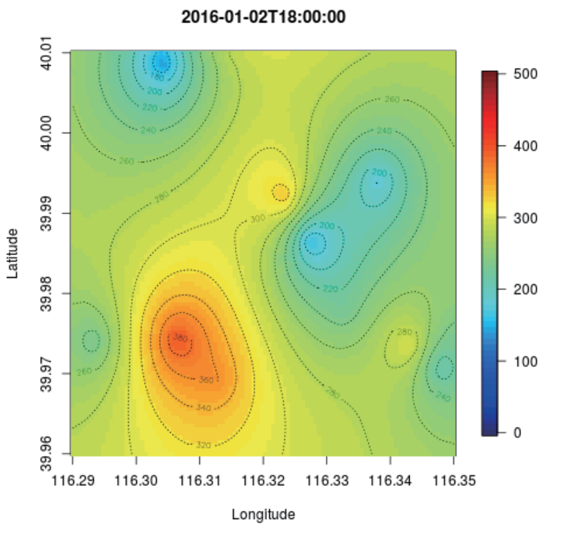
基于多种空间分析方法，包括线性插值法、多项式（三次样条）插值法与高斯过程插值法，比较不同空间分析插值方法的适用性，结果如表3所示。

表3 三种空间分析方法误差比较图

方法				RMSE	
线性插值	929135.20	33.54	5991.73	36.00	266.92
多项式插值	975562.63	35.21	6379.94	38.33	266.92
高斯过程插值	585229.04	21.12	4101.57	24.64	154.14

表3列出了使用不同的规则得到的三种差值方法的误差（其中x表示绝对误差向量），可分析得出，高斯过程在测试中的误差表现要好于其他两种方法，这表明在空间PM2.5的分析推断方面，高斯过程具有很好的实用性。

在本研究中，形成了包括中关村一桥、中关村南路和双榆树小区3个点在内的13个基于光散射法的大气细颗粒物监测设备集合，连续测定研究区域的大气细颗粒物浓度数据。在与国家空气质量在线监测设备对照比较的基础上，光散射法可信度较高，具备显著相关性。本部分的空间分析，基于13个光散射法大气细颗粒物监测设备所获取到的2016年1月1日-1月31日的细颗粒物数据，通过高斯过程插值法，进行批量空间分析，得到整个区域内任何点位的细颗粒物浓度数据，并做成2016年1月1日-1月31日逐小时的细颗粒物浓度热图，其样例如图6所示。



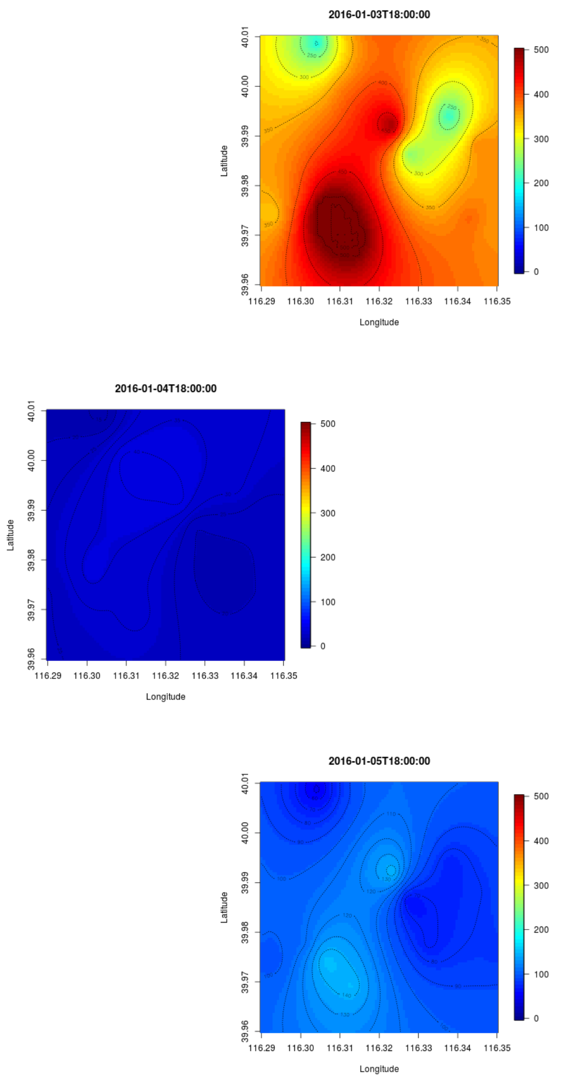


图 6 1 月 2 日 -1 月 5 日 18 时细颗粒物浓度热图

图 6 所示，为研究区域内 1 月 2 日 -1 月 5 日每日 18 时的细颗粒物浓度热图样例。在东西跨度约 5 公里，南北跨度约 4.5 公里的研究区域内，通过高斯过程插值算法，基于区域内 13 个监测点位数据，推断出整个研究区域内的细颗粒物浓度分布，形成研究区域内的细颗粒物浓度热图。

由图 6 中可以看出，1 月 2 日 -1 月 5 日中的每日 18 时，整个研究区域内细颗粒物浓度的时空差异还是非常明显的，整个污染过程从加重到减轻与国家空气质量在线监测数据趋势一致。1 月 3 日的细颗粒物严重污染的情况实现了空间上的表达。

图 6 反映了在研究区域中间的中关村地铁站和研究区域西南部的巴沟地铁站，在污染加重的大趋势下，更容易受到细颗粒物的高浓度污染影响，而在区域西北部的海淀公园和区域北部的颐和园、北京大学和清华大学一带，更不容易受到细颗粒物的高浓度污染影响。形成这种现象的原因，可能是由于 POI 属性与周边环境不同，导致细颗粒物污染受到了不同的影响。这种现象，也可能是受到了北京冬季较弱的北风影响，风力不足以驱散整个区域的污染，造成了空气污染堆积的现象。

4、结论与展望

本研究基于北京市海淀区研究区域内的 13 个光散色法大气细颗粒物在线监测设备，获得了 2016 年 1 月每小时 1 次的大气细颗粒物浓度数据，与同研究区内的国家空气质量在线监测数据进行对比验证，以高斯过程插值法进行空间分析与推断，生成 2016 年 1 月 1 日 -1 月 31 日逐小时的细颗粒物浓度热图。主要结论与展望有如下几个方面：

（1）研究区域较为中心的 3 个光散色法大气细颗粒物在线监测设备的数据，经对比验证，可以与国家空气质量在线监测设备的数据形成显著的相关性，小时值相关性 $R2>0.8$，日均值相关性 $R2>0.9$，方法可信度较高。

（2）基于研究区域所有的 13 个光散色法大气细颗粒物在线监测设备的数据，以更适用的高斯过程插值法，得到整个区域内任何点位的细颗粒物浓度数据，并生成逐小时的细颗粒物浓度热图。

（3）逐小时的细颗粒物浓度热图具有广泛的用途，它可用于小微尺度污染区域识别、污染物传播路径还原和民众健康路径规划，为城市区域小微尺度的环境风险评价提供数据基础，最终有助于城市人居环境的改善。

河南省环境空气质量预测预警平台建设与应用

■ 文 - 徐春萌[1] 王玲玲[2] 马双良[2] 王晶晶[2] 张丽伟[1] 陈亚新[1]

（1. 中科宇图资源环境科学研究院，北京，100101；2. 河南省环境监测中心站，郑州，450000）

【摘 要】近年来，河南省各地市面临着严重的大气污染问题，而环境空气质量预测预警平台的建设是河南省环境监测中心站在空气质量预报及相关业务领域的必要而紧迫的业务需求。中科宇图科技股份有限公司紧密围绕客户需求，构建河南省环境空气质量预报预警系统平台，实现河南省环境监测、数据分析、空气质量预测预报、污染来源解析与去向追踪，为区域大气污染联防联控和公众信息服务提供重要技术支撑。平台实现了与环保部中国环境监测中心站以及气象部门等相关部门的信息共享和数据对接，同时为大气污染联防联控政策制定和实施及会商工作提供重要技术支撑、并为各地市预报预测业务开展提供技术指导。这对实现环境空气质量的长期改善目标，提升河南形象、创建生态文明、建设宜居环境具有重要科学意义和社会文化价值。

【关键词】空气质量；预测预警；技术支撑；河南省

徐春萌

1、前言

近年来，大气重污染事件的多次、持续发生引发了公众、舆论和中央等各个层面对于大气污染的极大关注。在新的《环境空气质量标准（GB3095-2012）》及评价方法发布及试运行后，严峻的污染形势对我国大气污染防治工作提出了更高的要求，也为以往以牺牲环境为代价的经济发展模式敲响了警钟。

导致我国大气污染形势严峻的根本原因，是大气污染特征发生了本质性的变化。由于社会经济和城镇化的快速发展，主要城市群正经历由过去比较单一的大气污染向大气复合污染快速转变。以 $PM_{2.5}$、O_3 为特征的区域性复合空气污染日益突出，污染源排放及其影响的地域跨越了城市甚至省际的行政边界，总体呈现出区域性和二次污染日趋显著的特征。这种以 $PM_{2.5}$ 和 O_3 为代表的二次污染已逐渐成为阻碍我国城市和区域空气质量改善的主要瓶颈。

河南省是我国的经济大省、人口大省、农业生产大省、新兴工业大省，位于中国中东部，黄河中下游，是中华民族的发祥地之一，是中原经济区的重要组成部分，其地位十分重要。改革开放以来，河南经济快速发展，经济总量大幅提升，人民群众物质生活质量

得到极大改善。然而，粗放型的经济发展方式不可避免地导致了环境质量日渐恶化，近年来尤以大气污染最为受到关注。工业污染源、机动车保有量、城市建筑工地数量和油气、溶剂挥发污染等的快速增长，叠加区域煤烟型污染，使得大气中污染物类型和浓度的时空变化更加复杂。在静稳天气条件下，区域复合污染极易持续积累，能见度持续下降，造成严重的区域大气灰霾事件。河南各地市产业结构、工业发展水平、能源利用水平、城市规划及气候条件等存在较大差异，这就决定了河南各地市大气污染程度的差异性，但总体来说河南各地市大气污染在全国来说都是比较严重的。严重的大气污染问题已成为影响河南形象、限制区域经济发展和威胁人民健康水平等的重要因素，从民间到领导层都有共识需要有所作为。

2014 年，河南省政府在《河南省蓝天工程行动计划》中对河南省开展重污染天气预报预警工作做了部署：环保、气象部门要合作建设重污染天气监测预警体系。同年 10 月，省政府在《河南省重污染天气应急预案》中进一步明确了环保和气象部门的职责和工作程序，环保厅负责重污染天气预报工作。2015 年河南省重点环保工作进一步明确了监测处和监测中心负责落实建立空气质量预报预警体系，实现预报的目标。

2、项目概况

中科宇图科技股份有限公司围绕河南省环境监测中心站在空气质量预报及相关业务领域的需求，按照《环境空气质量预报预警方法技术指南》和《环境空气质量预报预警业务工作指南》文件要求，构建河南省环境空气质量预报预警系统平台。河南省环境空气质量预报预警系统的建设目标是集成先进的 CMAQ、WRF-Chem、CAMx、CUACE 等模型计算技术、3S 技术、网络技术、可视化协同会商技术等，结合空气质量预报预警工作的实际需求，建立完善的空气质量预报预警体系，构建先进模型系统，实施风险评估、风险预警，提高空气质量预报准确率，实现重污染天气及时预警，避免或降低严重污染天气的危害，保障公众的生命财产安全，促进社会经济的全面、可持续发展。

为积极响应国家大气污染防治的行动计划要求，加快开展河南省空气质量预报预警工作的推进，通过建立河南省级环境空气质量预报预警平台，实现河南省环境监测、数据分析、空气质量预测预报、污染来源解析与去向追踪，为区域大气污染联防联控和公众信息服务提供重要技术支撑；同时实现与环保部中国环境监测中心站以及气象部门等相关部门的信息共享和数据对接。

平台除了能满足广大人民群众获取空气质量的预报预警信息，以方便为日常出行提供参考的要求，还可以满足管理部门及时掌握空气质量和大气污染发展态势的需求，同时为大气污染联防联控政策制定和实施及会商工作提供重要技术支撑、并为各地市预报预测业务开展提供技术指导。这对实现环境空气质量的长期改善目标，提升河南形象、创建生态文明、建设宜居环境具有重要科学意义和社会文化价值。

3、系统构架

本项目总体架构设计充分考虑未来业务的扩展需求，采用模块化的核心思想来构建可扩展总体框架，并在此基础上，降低模块间的耦合性，提高模块的复用性。按照“共享平台＋模块化系统”建设思想进行框架设计，依托统一的环境信息标准规范体系、信息化运维管理体系和信息化安全保障体系，基础软硬件支撑平台，考虑与相关系统平台集成对接，利用已有的信息化成果，对于新的功能模块构建在新的底层应用框架上，实现数据共享。采用 B/S 模式和 J2EE 架构，遵循 SOA 架构、系统间使用 Web Service 方式进行调用，权限的设计遵循 RBAC 模式。

基于总体建设目标，按照高性能计算机平台所做的技术开发架构如下图所示：

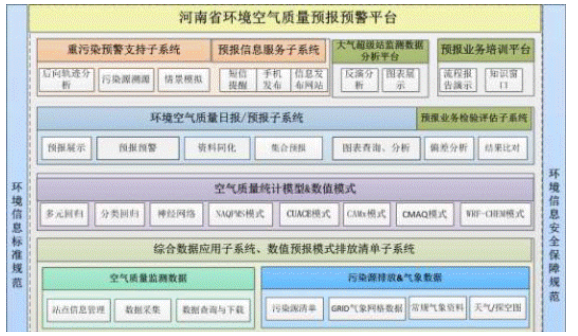


图 1 总体架构图

4、系统功能

搭建河南省区域环境空气质量预报预警业务平台，实现以污染源清单驱动的、与中尺度气象模式耦合的河南省区域环境空气质量多模式数值预报，平台具有空气质量相关性分析、区域污染来源解析、污染去向追踪等功能。平台由多个子系统构成，包括综合数据应用子系统、数值预报模式排放清单子系统、环境空气质量日报 / 预报子系统、预报结果业务化和检验评估子系统、重污染预警支持子系统、预报信息服务子系统等，其中环境空气质量日报 / 预报子系统将采用 5 种国内外应用较为成熟的数值模型，以及针对河南省 18 个省辖市开发的统计模型。

4.1 空气质量功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的空气质量功能包括了空气质量综合分析，城市监测数据，站点监测数据，气象监测数据，省均值统计数据，污染源监测数据，气象监测数据，超级站检测数据的分析展示功能。

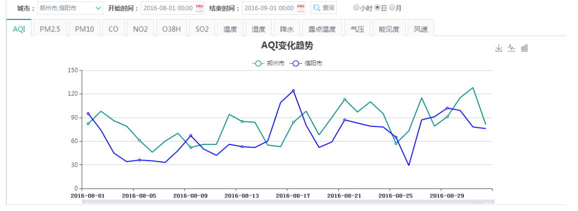


图 2 城市监测数据对比

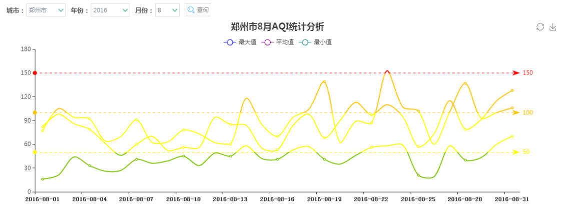


图 3 城市监测数据月度总结

4.2 综合数据功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的综合数据功能包括韩国陆地天气图，韩国气象厅，欧洲气象厅，实况数据图，数值预报图，天气预报图，环境气象公报，每日天气提示的获取、分析与展示功能。

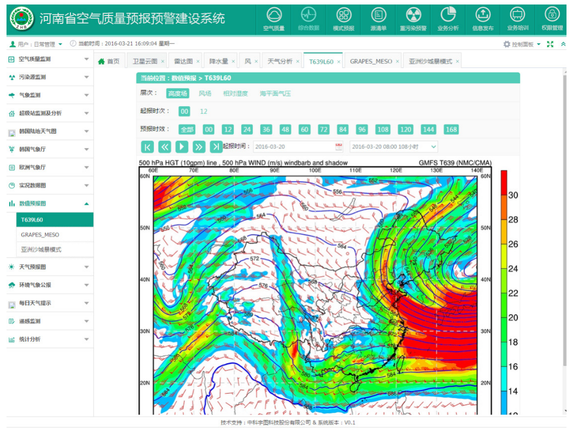


图 4 T639L60 气象图

图 5 全国霾预报图

4.3 遥感监测功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的遥感监测功能，可支持针对颗粒物和二氧化硫等气态污染物的卫星遥感反演，反演空气浑浊度、总悬浮颗粒物浓度、可吸入颗粒物浓度产品，大气痕量气体产品，为区域环境空气质量评价提供依据。

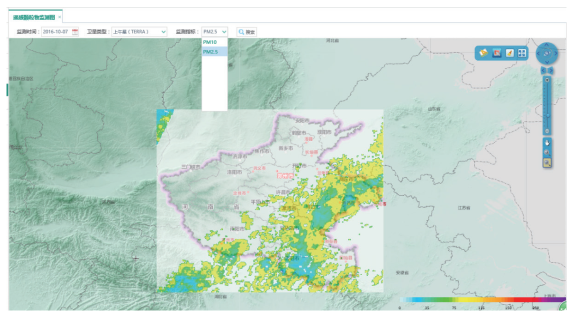


图 6 近地面细颗粒物遥感监测结果

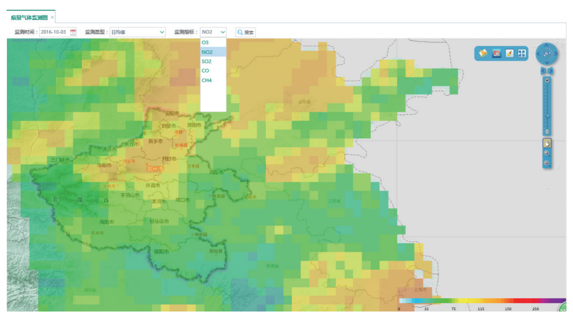


图 7 痕量气体遥感监测结果

4.4 模式预报功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的模式预报功能，其中包括了空气质量数值预报，空气质量统计预报，WRF 气象预报，空气质量多模式集合预报等功能。

其中，同时使用两个或两个以上的空气质量数值模式，把这几个子集合预报的值汇成一个确定性的结果，称为空气质量多模式集合预报。多模式集合预报系统（Multi-model ensemble forecast system）：区域空气质量模式包括多个环境空气质量预测模式（例如 CMAQ+CAMx+NAQPMS 模式），系统采用统一的模式区域设置，使用统一污染排放清单及排放处理过程（SMOKE），并由统一气象模式（WRF）产生统一气象驱动，以减小由于气象、排放处理的不一致引起模式性能差异，可更客观评价不同空气质量模式模拟效果优异，并以此为基础发展合理的多模式集成预报方案，如算术集合平均、权重集成方法等。

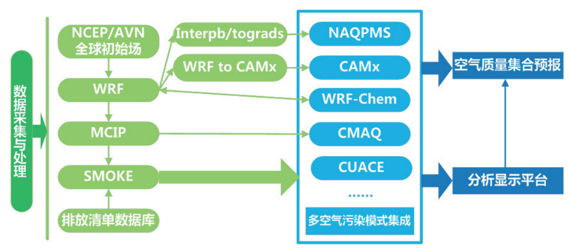


图 8 多模式集合预报框架图

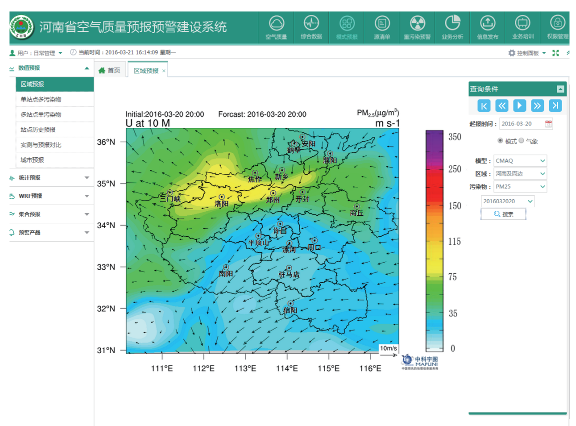


图 9 模式预报结果

4.5 源清单功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的源清单功能包括了源清单总体概览，源清单分类统计，工业点源统计、展示与分析，机动车源统计、展示与分析等功能。

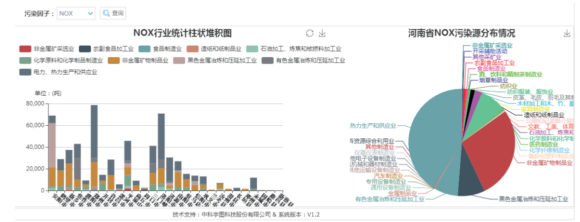


图 10 工业点源行业统计图

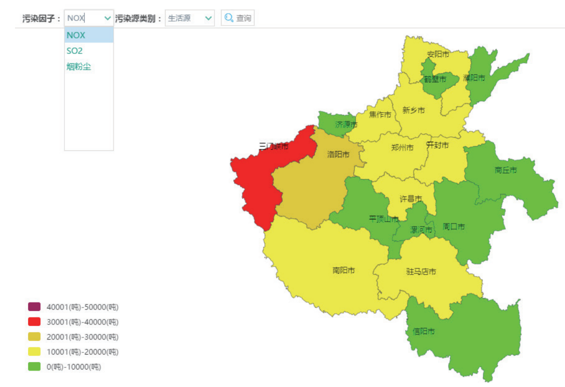


图 11 生活源清单分布图

4.6 重污染预警功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的重污染预警功能，包括了污染来源贡献，污染分析，情景分析，典型案例库等功能。

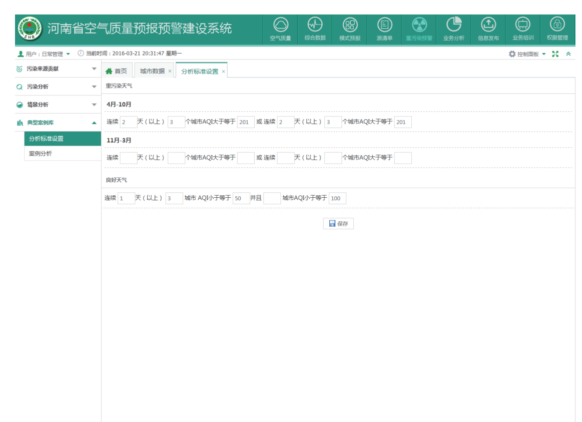


图 12 重污染过程分析

图 13 重污染案例分析

4.7 信息发布功能

河南省环境空气质量预测预警平台所具备的信息发布功能，包括了网站发布，短信发布以及手机客户端 APP 发布。本平台的特色就是手机客户端 APP 发布。

图 14 APP 实时监测展示

5、项目成效

河南省环境空气质量预测预警平台从开始建设至今，在不断开发集成的基础上，已经业务化运行1年的时间。建立河南省级环境空气质量预报预警平台，实现了河南省环境监测、数据分析、空气质量预测预报、污染来源解析与去向追踪，为区域大气污染联防联控和公众信息服务提供重要技术支撑；同时实现与环保部中国环境监测中心站以及气象部门等相关部门的信息共享和数据对接。平台对实现环境空气质量的长期改善目标，提升河南形象、创建生态文明、建设宜居环境具有重要科学意义和社会文化价值。

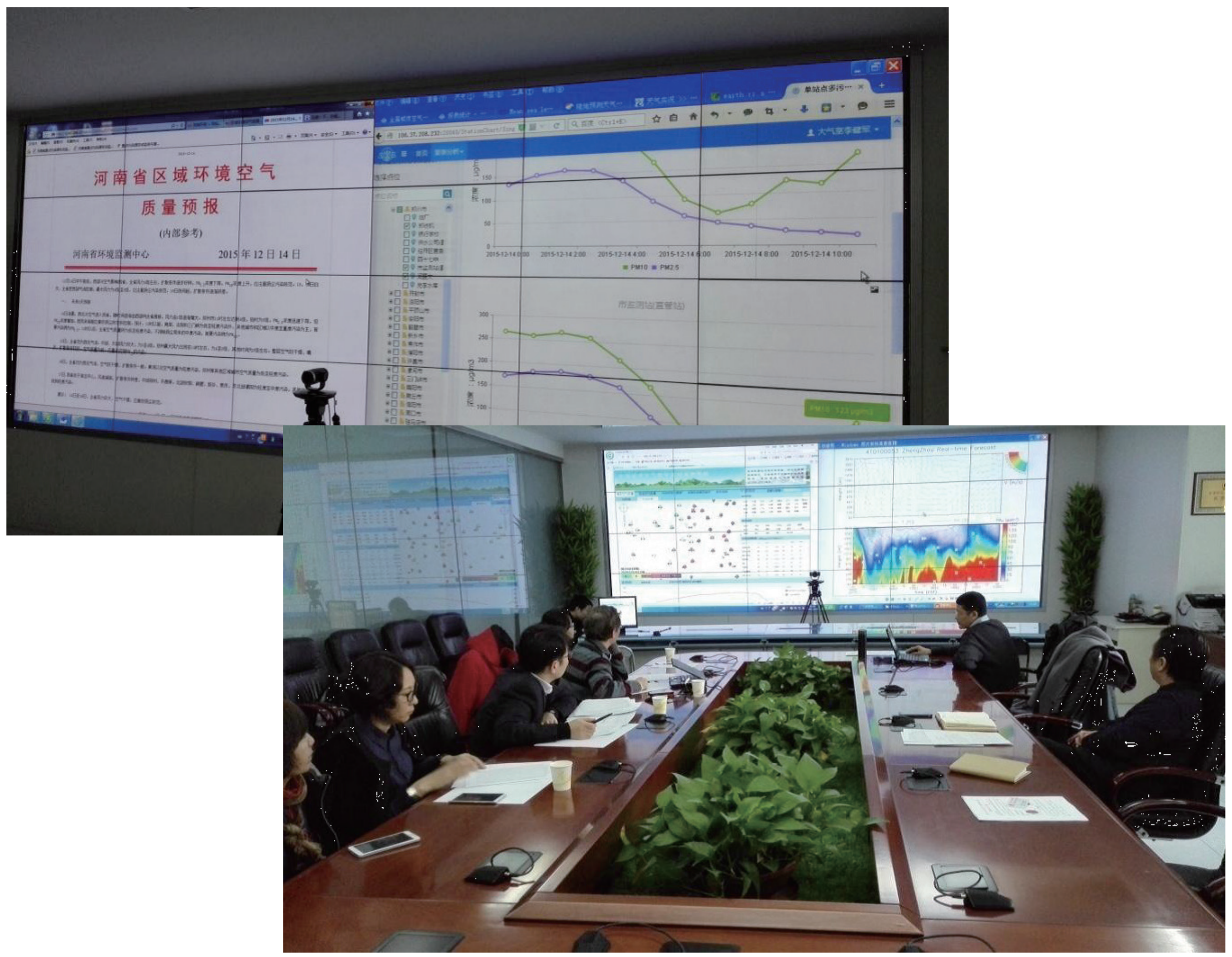


图15　峰会期间系统平台专家会商

环境无人机应用的实践与探讨浅析

■ 文 - 汪玉峰　刘艳民

（中科宇图科技股份有限公司，北京，100101）

汪玉峰

1、基本概况

1.1 建设背景

我国幅员辽阔，做好环境保护工作意义十分重大。近几年随着我国经济高速发展，加上部分企业忽视环境保护工作片面追求经济利益，导致生态破坏和环境污染事故频发，甚至有的企业为节约成本故意不正常使用治污设施偷排污染物，环境形势严峻，环境监管执法任务越来越繁重，深度和难度逐年增加，执法人员明显不足，监管模式相对单一，传统的执法方式已很难适应当前工作的需要。无人机遥感系统可以从宏观上观察污染源分布、排放状况以及项目建设情况，为环境管理提供依据；另外可以实时快速跟踪突发环境污染事件，捕捉违法污染源并及时取证，为环境监察执法工作提供及时、高效的技术服务。

根据国家要求，“强化执法能力保障。推进环境监察机构标准化建设，配备调查取证等监管执法装备，保障基层环境监察执法用车。强化自动监控、卫星遥感、无人机等技术监控手段运用”。环保部和部分省市已开始将无人机遥感系统应用到环境保护的多个领域，特别是用于监督执法，可以比常规手段更加隐秘和便捷，不受地方行政和空间、地形的制约，直接取得第一手的真实资料，效果非常显著。如：2014年APEC期间环保部对北京周边省市区利用无人机遥感系统进行督察，发现多家企业违法排污；腾格里沙漠污染事件中，国务院办公厅组织环保部等有关部门，利用无人机遥感系统对腾格里沙漠内的所有水塘进行了排查，发现宁夏、内蒙古、甘肃境内多家企业违法排污。

无人驾驶飞机具有快速、高效、自动化的优势。通过搭载高清摄像装置，将无人机获取的图像及视频信息通过无线网络实时传回地面站或监控终端，对城市建成区及周边地区进行高分辨率、广覆盖的巡航监测，让执法人员能够实时的、直观的辨别废气排放口、污水排放口、秸秆焚烧烟雾、可见漂浮物等情况，并在软件的分析下生成污染源的分布图。同时，通过搭载热红外成像装置、气体监测及分析装置、气象监测装置等仪器设备，无人机能够实现夜间巡查和应急监测等工作，使环境监管工作做到有的放矢，使环境监管工作得到充分合理的安排，缓解监察人力及设备不

足，提高环境监管高效准确。

基于上述原因，通过建立无人机环境监察平台，利用无人驾驶飞机可对大面积水域及上游周边进行高分辨率、广覆盖的巡航监管，根据无人机搭载设备获取的图像、视频、监测数据，识别环境违法行为、应对环境突发事故，为环境监测、监察、监管、执法及环境应急提供强有力的技术手段支撑，使环境监管工作做到有的放矢，弥补人员、设备在区域监管上的不足，提高环境监管效率，实现环境监管、应急能力的跨越式发展。

1.2 建设目标

系统利用无人机巡航侦测生成的高清晰图像，可直观辨别污染源、排污口、可见漂浮物等并生成分布图，实现对环境违法行为的识别，为环保部门环境评价、环境监察执法、环境应急提供依据，从而弥补监察人力不足、巡查范围广，事故响应不及时等问题，强化环境监管能力。无人机生成的多光谱图像，可直观、全面地监测地表水环境质量状况，形成饮用水源地水质管理的新模式，提高库区环境整体的水生态管理水平。

系统可快速获取地理、资源、环境等空间信息，完成数据采集、处理和应用分析。将系统应用于环境监管执法领域，可弥补环境监管执法比较单一的局面，为环境保护部门处理环境违法案件、环境污染事件以及环境应急提供多元化的技术支持。

针对环境应急事件，无人机可立刻对事故区进行实时全景监控。此外，无人机的机动能力强，遥感作业半径范围广。污染事故发生后，根据无人机所获取的实时视频信息可快速了解污染状况变化，实现环保部门快速响应和处置决策。

1.3 建设内容

(1) 制定巡检航线规划

根据辖区内风险源、重点源分布情况制定巡检航线规划。无人机环境监测采取平战结合的原则，即可定期沿既定路线进行巡检监察，也可不按既定路线随机对环境质量状况及环境违法行为进行抽查性巡航监察。

(2) 建设无人机地面控制基站

根据既定环保无人机巡检航线辖区内地形状况建设无人机地面控制基站，为确保无人机巡航的通信链路畅通，提供技术保障。

(3) 硬件平台搭建

环保无人机机体集成自主驾驶系统、图像采集系统、图像传输系统、红外热像仪、地面控制基站等设备。利用固定翼无人机搭载摄像机及视频监控设备对巡检范围内及周边各种环境进行大范围的连续巡航侦测，将获取的航拍图像及视频信息传送回后台服务器，经过处理后推送到环境监察执法及环境应急管理系统，为环境监察执法提供执法依据，为突发环境应急事件处理处置提供决策支持。

(4) 软件平台开发

在日常状态下，实现对航拍图像的快速拼接、校正和处理；实现视频信息的查询、分析和违法行为识别；针对所识别的违法行为完成图片的裁剪，并向移动执法前端系统和后台支撑系统提供所裁剪图片和识别相关信息，为环境执法提供执法依据；

在应急状态下，针对突发性水环境污染事件，根据事发地点初步判断，提供快速航迹现场规划、航拍、视频监控等功能，无人机获取的相关信息能够有效的推送到环境应急平台后台支撑系统和现场移动应急指挥系统，为突发环境应急事件处理处置提供决策支持。

2、应用优势

无人机是一种有动力、可控制、可携带多种任务设备并能重复使用的环境监察监管手段，其具有机动灵活、不受场地限制、无危险因素、使用要求低、综合效益高等诸多优点。

针对应急事件，无人机可立刻对监测区进行大范围侦测，单台无人机日监测能力最高达到200—300平方公里。

无人机针对污染源、污染口、可见漂浮物等拍摄生成的高清图像及视频信息可同步传回地面指挥系统，执法人员现场可直接辨别污染物排放是否超标并决定是否需要惩处；执法人员在现场时，地面指挥系统可通过网络把图像传输到执法人员的移动终端，以此作为将来惩处的依据。

无人机通过不同航高可实现高空间、大面积监测，也可实现低空间较小范围精确监测，可全面展示测区环境状况、测区污染物影响程度、范围，为相关部门决策提供依据。

无人机搭载的影像采集装备其分辨率可达到0.1米，优于目前国内外一些高分辨率卫星影像数据。

无人机替代传统以人员巡查手段，可对工作人员无法进入的区域进行航拍例行监测或突击监测。

与传统解决方案的对比：

传统解决方案	1、无法直观快速的采集证据； 2、当水体受到污染时，在地面上观测无法确定污染源具体位置。
无人机解决方案	1、无人机可、快速做出应急反应、用于大面积水域污染巡查飞行和事故应急飞行； 2、通过大范围飞行快速巡查，弥补环境监察能力的不足； 3、通过无人机型搭载大气传感器掌握大气污染程度，地面工作站根据实时航拍监控数据立即通知环保局采取措施。
固定翼无人机进行应急常规飞行优势	无人机自身优势：获取数据及时、操作简单、反应迅速、载荷丰富、任务用途广泛、起飞降落对环境的要求低、自主飞行 应急优势：提高了监测监察队伍在处理应急事件的办事效率，快速准确的为受污染地区进行定损评估、调查取证。

3、应用领域

3.1 环境污染范围调查

传统的环境监测通常采用点监测的方式来估算整个区域的环境质量情况，具有一定的局限性和片面性。无人机航拍、遥感具有视域广、及时连续的特点，可迅速查明环境现状。借助系统搭载的多光谱成像仪、照相机生成图像，直观全面地监测地表水环境质量状况，提供水质富营养化、水华、水体透明度、悬浮物排污口污染状况等信息的专题图，　从而达到对水质特征污染物监视性监测的目的。无人机还可搭载移动大气自动监测平台对目标区域的大气进行监测，自动监测平台不能够监测的污染因子，可采用搭载采样器的方式，将大气样品在空中采集后送回实验室监测分析。无人机遥感系统安全作业保障能力强，可进入高危地区开展工作，　也有效地避免了监测采样人员的安全风险。

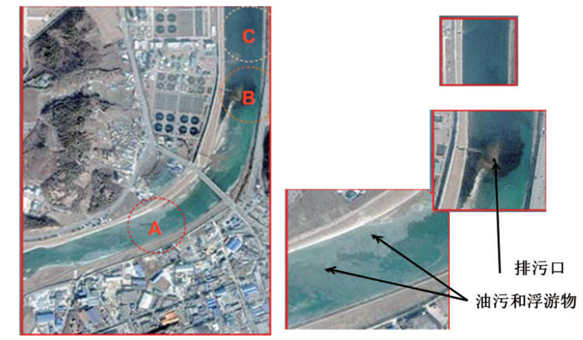


图1 点监控示意图

3.2 突发事件现场勘测

无人机遥感系统在环境应急突发事件中，可克服交通不利、情况危险等不利因素，快速赶到污染事故所在空域，立体的查看事故现场、污染物排放情况和周围环境敏感点分布情况。系统搭载的影像平台可实时传递影像信息，监控事故进展，为环境保护决策提供准确信息。

无人机遥感系统使环保部门对环境应急突发事件的情况了解得更加全面、对事件的反应更加迅速、相关人员之间的协调更加充分、决策更加有据。无人机遥感系统的使用，还可以大大降低环境应急工作人员的工作难度，同时工作人员的人身安全也可以得到有效的保障。

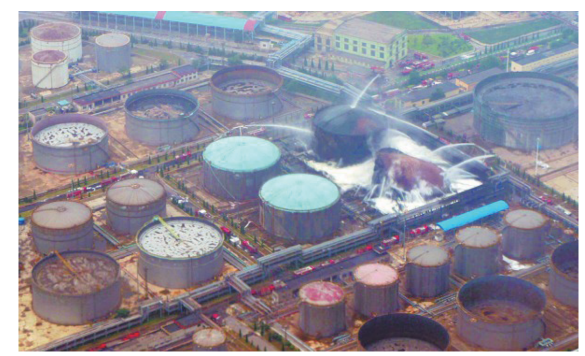


图2 无人机遥感系统在环境应急突发事件

3.3 区域巡查执法取证

当前，我国工业企业污染物排放情况复杂、变化频繁，环境监察工作任务繁重，环境监察人员力量也显不足，监管模式相对单一。无人机可以从宏观上观测污染源分布、排放状况以及项目建设情况，为环境监察提供决策依据；同时通过无人机监测平台对排口污染状况的遥感监测也可以实时快速跟踪突发环境污染事件，捕捉违法污染源并及时取证，为环境监察执法工作提供及时、高效的技术服务。

图3 区域巡查执法取证

3.4 建设项目审批取证

在建设项目环境影响评价阶段，环评单位编制的环境影响评价文件中需要提供建设项目所在区域的现势地形图，在大中城市近郊或重点发展地区能够从规划、测绘等部门找到相关图件，而在相对偏远的地区便无图可寻，即便是有也是绘制年代久远或图像精度较低而不能作为底图使用。如果临时组织绘制，又会拖延环境影响评价文件的编制时间， 有些环评单位不得已选择采用时效性和清晰度较差的图件作为底图，势必对环境影响评价工作质量造成不良影响。无人机航拍、遥感系统能够有效解决上述问题，它能够为环评单位在短时间内提供时效性强、精度高的图件作为底图使用， 并且可有效减少在偏远、 危险区域现场踏勘的工作量，提高环境影响评价工作的效率和技术水平，为环保部门提供精确、可靠的审批依据。

3.5 自然生态监察取证

自然保护区和饮用水源保护区等需要特殊保护区域的生态环境保护一直以来是各级环保部门工作的重点之一，而自然保护区和饮用水源保护区大多有着面积较大、位置偏远、交通不便的特点，其生态保护工作很难做到全面细致。环保部门可采用无人机获取需要特殊保护区域的影像，通过逐年影像的分析比对或植被覆盖度的计算比对，可以清楚地了解到该区域内植物生态环境的动态演变情况。无人机生成高分辨率影像甚至还可以辨识出该区域内不同植被类型的相互替代情况，这样对区域内的植物生态研究也会起到参考作用。区域内植物生态环境的动态演变是自然因素和人为活动的双重结果，如果自然因素不变而区域内或区域附近有强度较大的人为活动，逐年影像也可为研究人为活动对植物生态的影响提供依据。当自然保护区和饮用水源保护区遭到非法侵占时，无人机能够及时发现，影像也可作为生态保护执法的依据。

3.6 监测空气、水质采样分析

气体的取样，利用无人机搭载真空气体采集器对大气和工业区经行气体采集泵吸式无线传输智能八合一气体无人机专用探测器，适用于各种工业环境和特殊复杂环境中的进行气体浓度采集和检测，利用无人机平台可以进行高空检查和多方位检测，探测器采用进口气体传感器和微控制器技术，响应速度快，测量精度高，稳定性和重复性好，操作简单，完美显示各项技术指标和气体浓度值，可远程无线在电脑上查看实时数据，实时报警功能、数据历史查询和存储、数据导出等功能。定点航线飞行检测气体溶度值，可设置不同溶度的报警值。

自动水质的采样，其采样方式为无人机搭载自动水样采集器悬停在目标区域进行采样取水。系统主要用在江、河、湖、以及环境复杂、人员不易到达的危险地带，通过无人机搭载自动水质采样系统，实现全程全自动飞行及采样，并全程高清影像记录。

流域水环境质量监测与预警系统建设研究

■ 文 – 王佳怡[1] 李红华[1] 鱼京善[2] 谢涛[1]

（1. 中科宇图科技股份有限公司，北京，100101；2. 北京师范大学，北京，100875）

【摘 要】 结合流域水环境质量改善和饮用水安全保障的需求，综合运用数据库、网络、GIS（地理信息系统）、模型等技术手段，设计以总量控制、污染溯源、突发事故模拟为核心的应用系统，以期建立集监测、模拟、展示、分析、信息公开一体化的流域水环境质量监测与预警系统，为流域水污染防治、水环境质量管理和饮用水完全保障提供有效的数字化平台和决策支持依据。本文介绍了该系统的关键技术和功能设计。

【关键词】流域；水质监测；预警；信息系统

王佳怡

1 、建设背景

国务院正式发布的“国务院关于印发水污染防治行动计划的通知”（“水十条”）要求加强对河流、饮用水、地下水、湖泊以及排放污水等水体的全面监测，增强水环境风险评估与预警能力，进一步强化提升饮用水安全与流域水环境监管能力。随着监测预警体系在现代流域水环境监管中越来越重要，直接牵动流域管理系统的运转，建立符合中国水情和水污染防治需求的流域水环境质量监测预警系统显得尤为重要。目前，国内外在以河流为典型的流域水污染预警方面进行了一些相关研究，如德国和奥地利联合开发的多瑙河流域水污染预警系统、德国在莱茵河流域开发的水污染预警系统以及我国的辽河、汉江流域水质预警系统等。本文设计建立的流域水环境质量监测与预警系统不仅可以正向模拟预测水质变化情况，同时可以逆向追溯污染物来源，并从环境容量的角度提出水污染物排放总量控制方案，多元一体化的监测预警体系可以充分满足水质目标管理的需求，为流域水环境质量管理提供必要的决策支持。

2、我国流域水环境管理存在的问题分析

水环境管理能力不足，缺乏科学全面的信息化监管手段。随着信息技术的飞速发展和广泛应用，信息化日益成为推动生产力发展、促进生产关系变革的重要力量。环境信息化是国家信息化建设的重要组成部分，深入推进环境信息化建设是全球信息化发展的客观要求，是建设服务型机关的重要手段，是实现环境管理科学决策和提升监管效能的基本保障。近几年，国家以及部分省市先后安排资金和组织力量开展了一些监测平台的能力建设、技术研预和跟踪研究，由于长期以来缺乏集中统一、全面的水环境信息化平台作为支撑，监管能力相对薄弱。

水环境信息“孤岛化”严重，缺乏数据共享和利用的平台。政府各部门如发改委、水利厅、农业厅、林业厅、水文局、气象局等的数据孤岛化很厉害，相互之间没有数据流动的桥梁，信息无法共享。而且由于缺乏完善水环境信息资源的交换共享机制以及对统一的数据框架对数据进行集中管理，大量水环境质量模拟的相关数据资源没有得到充分的开发利用。水环境相关数据的多部门分散管理，数据之间关联度不够，无法实现数据的综合应用，环境数据加工分析局限于面向单一主题的数据，导致环境信息支持能力薄弱。

水质超标预警能力薄弱，缺乏污染物溯源的有效手段支撑。相对日益严峻的水环境风险防范形势，我国流域的水环境风险的监控预警能力仍然薄弱、水质超标预警以及污染溯源机制尚未建立。一旦水质发生变化，如果不能第一时间对流域下游发出水质污染的预警预报，就会形成污染事件产生后果后才被动响应的局面，也就不能及时、准确的追踪污染源，并采取积极有效的应急措施，将难以为在确保水质断面达标基础上，为污染源定量化排放削减提供依据以及环境管理的决策服务。

3、系统总体设计

针对流域水环境质量改善和饮用水安全保障的需求，基于已有监测数据资源及优化性研究，综合运用数据库、网络、GIS（地理信息系统）、模型等技术手段，建立集监测、模拟、预警、展示、分析、信息公开为一体的流域水环境预警管理系统，全方位的实现流域水环境质量监测与预警，为流域管理机构和政府部门水环境管理和宏观决策提供有力的技术支撑，并使公众能及时得到水环境信息资讯（见图1）。

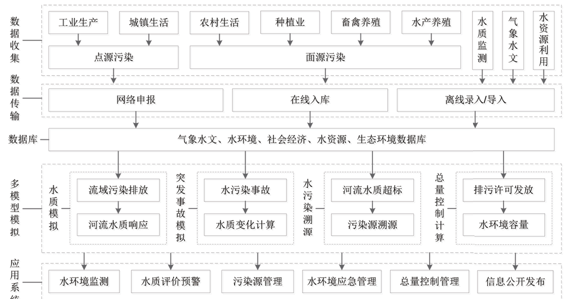


图1 流域水环境质量监测与预警系统总体设计

4、系统功能设计

流域水环境质量监测与预警系统采用B/S与C/S结合的系统架构进行系统设计，从监测、模拟、预警、应用系统、信息发布、系统管理等角度进行系统结构和主要功能建设（见图2）。

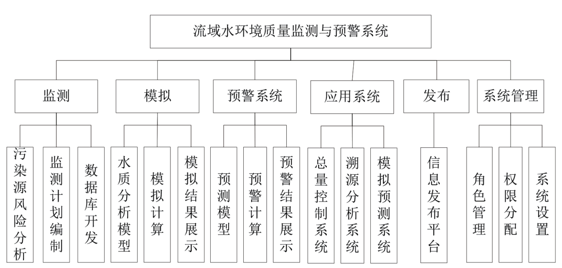


图2 流域水环境质量监测与预警系统系统功能模块

4.1 流域污染源调查与行业关系分析

开展流域污染源现状调查，主要包括点源和非点源，为流域污染源数据库的建立提供基础数据，也为后续的水质模拟以及污染物排放总量控制提供数据，同时初步分析流域主要污染源类型及其排放特征，并初步识别优先控制的污染源及污染物。同时，开展常规性水污染和突发性水污染的行业风险分析包括识别区域主要污染来源和风险来源，比如工业园区聚集污染型、山区雨洪污染型、特定行业污染型等，以及经济社会发展中农业、工业、生活的污染排放预测，构建基于不同行业相关污染企业的基本情况、历史观测数据和机理模型，结合对现状的调查分析，全面掌握主要风险源的基本情况，确定重点治理的行业和监控的污染对象、污染物类型等，评估水环境风险压力及水环境污染事故的发生概率，分析未来可能出现的水环境污染事故。

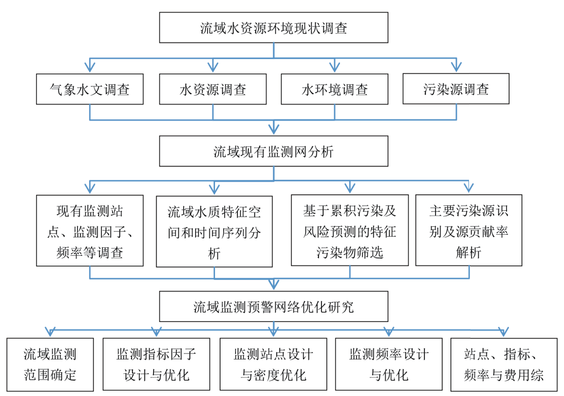


图3 污染源与流域水环境质量关系图

4.2 流域水环境监测计划编制

首先，分析流域水资源水环境现状，识别流域主要污染源类型及其排放源谱，筛选流域特征污染物并解析其主要来源及贡献比例；其次，调查现有水环境监测站点、监测因子、监测频率和检测方式等，分析流域水质的时间和空间分布特性，阐明现有水质监测系统的运行机制；最终，通过研究基于水质安全预警的流域监测体系，基于累积污染及风险预测的特征污染物筛选和主要污染源识别及水质贡献率解析，优化流域水环境预警监测网络，形成完善、可靠的预警监测计划。

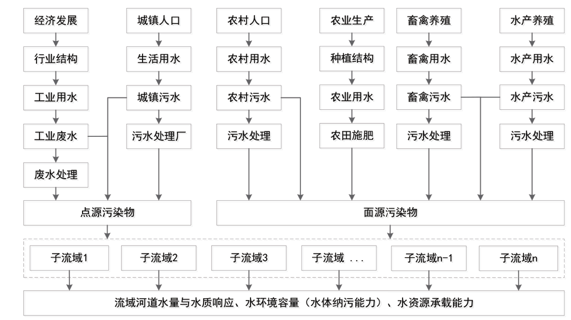


图4 流域水环境监测计划编制技术路线

4.3 流域水环境质量现状评价与趋势分析

结合国家以及地区水环境监测技术规范与标准，在已有监测及补充监测数据的基础上，对流域水质安全状况进行系统全面科学的评价。在流域现状调查以及水质监测数据的基础上，借鉴相关研究，建立水质风险评价指标体系，结合历史监测结果，以水质类别、富营养状态和水质风险为评价对象，运用模糊综合评价法、神经网络模型等多种方法，开展水质安全评价，旨在客观准确地描述流域的水质现状和未来发展趋势，反映流域水质存在的问题，提出污染控制对策。并通过水质现状评价及趋势分析，把握河流域水质时空演变特征，初步识别需优先控制的水质因子及河段，为科学合理构建预警系统提供支持。

4.4 流域水环境综合数据库开发

利用数据仓库技术对各种业务数据进行统一抽取、过滤、转换清洗、整合及加载，消除数据孤岛效应，同时提供数据的查询、统计分析结果展示、资源目录、数据服务接口等功能。通过集成整合流域水质监测数据、污染源排放数据、污染源基本信息等相关数据资源，开发相关数据库，并在此基础上建立流域污染排放清单，说清各污染源排放现状和影响范围，建立污染源排放与流域的对应关系，同时对比分析不同数据

来源的污染排放情况。

通过建立信息完整的可实时动态更新的流域水环境综合数据库，提供信息共享的流域水环境数据资源统一应用目录服务，为系统用户提供全方位的数据服务功能。

4.5 流域水质分析模型建立与预期功能分析

为了定量评估污染排放对水环境水质的影响，需要建立水量水质模拟分析模型。本任务利用GIS、数据库及软件工程技术，根据污染物迁移转化的规律，以QUAL2K、EFDC、WASP等多种模型为基础，根据需求开发适合不同流域水质模拟模型系统，包括降水-径流模拟模块和河道水量水质联合模拟模块。河道水文计算包括取水、排水、自产径流、跨界河流和闸门影响，污染源输入包括点源和面源。模型输出包括任何河流断面的水量、流速、污染物浓度。系统将具备地图浏览、基础地理信息查询等基础的地图服务功能；提供监测数据查询、横向查询、纵向查询三种查询方式，以多样化、全方位的形式将监测数据呈现给用户；并绘制专题图，直观展示空间上的水质等级情况分布；最后提供了统计分析功能，可分别以水质评价结果和监测指标为统计目标，以统计图表的形式直观反映一定时间段内的水质变化状况。

4.6 流域水质预警体系建立与构架设计

运用预警的理论、方法，在流域范围内，针对常规水污染物超标和各类河流突发性水污染事故预警要求建立预测预警模型，以模型库的方式存储并管理，通过一定的调用机制进行模型选择及调用。常规水污染物浓度超标或突发性水污染事故发生后，依据污染物特点和预警需求选择合适的预警模型建立预警任务，并将预警任务纳入任务队列进行调度管理；与此同时，通过预测预警模型计算、校正，对水质状况进行分析、评价，开展水环境预警过程模拟预测，形成基于GIS的可视化模拟结果。在确定水质状况和水质变化趋势、速度以及达到某一变化限度的时间等信息基础上，预报不正常状况时空范围和危害程度，按需要适时地给出变化或恶化的各种警戒信息及相应的综合性对策，即对已出现的问题提出解决措施，对未出现或即将出现的问题给出防范措施及相应级别的警戒信息，从而保障水环境的安全。

4.7 流域水污染物排放总量控制系统

流域水污染物排放总量控制系统将综合考虑区域经济发展水平、环境功能区划分、环境质量现状、污染源、自然环境特征及国家和地方环保政策等因素，确立总量控制指标体系，根据水环境质量改善的实际需求，开展水环境承载力容量核算和水污染负荷计算研究，进行总量控制的超标预警，并从水污染物排放特征、水环境质量状况、经济社会发展压力、环境效率等方面解析重点区域水环境超载的成因，基于多目标优化调控模型，从经济社会发展、产业结构及布局、水资源利用效率、水环境约束角度制定基于环境容量的总量控制方案。

4.8 流域水环境污染溯源分析系统

运用常规的水质监测信息，掌握污染物的性质和迁移转化规律，评估水环境污染与污染源间的关系，追踪污染物来源，实现污染成因的分析和污染源解析及突发污染事故中的溯源分析以及GIS动态信息展示，为控制水环境污染的扩散，进一步为水环境的综合管理提供科学的技术支持。以流域的水质监测数据、污染源数据、空间属性数据、行业污染数据、水环境污染事故案例数据为数据支撑，建立多元统计分析方法为核心技术的污染源解析技术，运用因子分析，实现不同分类水质的主要污染物特征分析，建立与污染物的相关性分析，结合污染源和行业数据信息，建立污染源相关关系。根据污染源分布特征和水环境综合评价分析结果筛选出需要溯源的典型污染物。根据筛选出的典型污染物，依据水环境的区域性特征和水环境污染事故的历史信息分析，构建出污染物溯源规则，并建立溯源规则库。根据溯源规则信息，依托GIS中的拓扑分析功能，实现水环境典型污染物的超标预警和溯源分析。

4.9 流域突发污染事故模拟预测系统

突发性环境污染事故是威胁人类健康、破坏生态环境的重要因素。系统的设计将满足其日常管理和污染事故应急处置的需要，使管理者能够方便地进行流域重点污染源和水环境信息的查询、录入、修订、评价，确定流域污染源风险级别；对于污染事故应急，系统将使环境应急决策部门及时、准确和形象地了解流域突发性重大水环境污染事故中污染团发展态势，帮助决策者在发生事故时做到判断准确、处置及时和措施有效。运用GIS空间分析能力、属性数据与空间数据之间的动态连接，将数值计算结果快速转换成空间数据，动态的模拟展示突发污染事故的水质变化、扩散路径等信息，使数据的展现更加直观、方便、准确。系统将实现突发性水污染事故的事故识别，提炼出流域研究区内可能作用于突发性水污染事故影响的作用因子和作用类型，并通过定量计算或定性分析的方法对事故的影响后果进行预报，预测事故对环境敏感因子的影响程度和影响范围。对各种污染源排放条件变化的水质响应进行预报，给出污染团到达的时间和最高浓度值，对污染团的运行过程提前发出预警，并且向相关人员发出警情预报。

4.10 流域信息发布平台

利用政务网站进行对接，同时与移动端设备进行数据传输，为专业技术人员、环境管理相关部门及社会公众提供实时信息发布，扩大环境保护的公众影响力，提升社会公信力，展示流域水环境质量的监测预警工作成果，促进水环境预报预警事业的发展。系统将满足通用的信息发布手段，包括通过文件传真的方式向相关部门、单位发布预警信息，对突发性污染事故的模拟预测内容以及溯源分析结果进行简单说明，包括预测时间、主要污染物类型、污染企业划定范围等。通过移动终端向各责任部门及联络员以短信方式发布预警信息，以便相关业务人员能够第一时间了解预警信息及时采取措施。以及通过公众网站将预报预警等信息向公众发布，可通过图形、表格、空间分布等不同的形式实现信息发布。为相关管理人员配备专用的移动终端，终端具备实时数据推送及水环境质量超标预警提醒等功能，环境管理人员可以随时随地查看监测数据；还包括基于公众服务的开放的移动端应用，公众可以通过下载应用，查看最新的水环境质量相关信息的更新数据，为公众提供一个了解水环境状况的最简单、最有效的途径。

4.11 系统管理

由于灵活可维护性强的系统是建立在良好的系统管理之上的，针对流域水环境质量监测与预警系统后台操作以及前端管理，设计系统管理模块，可以对系统进行数据维护及用户权限的管理，主要包括：信息维护、用户角色及权限管理（用户口令、用户角色以及用户权限）、监管信息维护以及日志管理等功能。

5、小结

本文针对流域水环境质量改善和饮用水安全保障工作的需要，综合运用地理信息系统（GIS）、水质预测预警模型技术、数据仓库技术等先进的技术手段，对流域水环境质量监测与预警系统建设进行了有益的探索研究，其更为科学、高效、精确的技术体系设计，能够为流域水环境质量管理提供全方位的、可视化的决策支持，推进了流域水质监测预警信息化水平的进一步提升。

本文提出的流域水环境质量监测与预警系统初步进行了系统整体框架以及系统结构和主要功能的基础设计，尚需结合具体的流域，进行技术的深入研究以及适用性系统平台的建设，并基于预警模型技术、3S技术、计算机技术和水质监测等多项技术的发展而不断更新、完善。

水环境承载能力监测预警平台构建与应用

■ 文－郭晓　李红华　顾伟伟

（中科宇图资源环境科学研究院，北京，100101）

【摘　要】为科学衡量水环境对经济社会发展的承载能力，有效解决日趋严重的水环境问题，国家及一些地方环保部门已开展水环境承载能力的监测与评估等研究工作，但相关业务平台开发明显落后。本文从水环境承载能力监测预警平台构建角度，系统阐述了平台框架、所需关键模型技术、数据库设计、GIS 平台搭建及平台应用，以期推动水环境承载能力监测评估预警业务化、系统化运行，为解决水环境承载力的监测预警提供技术支撑。

【关键词】水环境承载能力监测预警平台；水环境承载能力；水环境容量；模型

郭晓

1、引言

目前，我国的水环境状况日益恶化，水体污染物排放量难以遏制，也致使水环境纳污能力几近上限，为水环境的保护工作带来了巨大的压力。与此同时，经济社会发展面临“新常态”，新形势对水环境承载能力研究提出了新的要求与挑战，全面监测与评估各地区水环境承载能力现状与形势、深入探究区域水污染物排放量与水环境容量的相关关系是必要且紧迫的。

党的十八届三中全会明确提出要“建立资源环境承载能力监测预警机制，对水土资源、环境容量超载区域实行限制性措施”。2015 年 4 月，国务院颁布了《水污染防治行动计划》执行通知，明确提出了“到 2020 年，组织完成市、县域水资源、水环境承载能力现状评价”的工作任务实施要求，并于 2016 年 6 月将“水环境承载能力监测预警”的一般规定写入《水污染防治法（修订草案）》的污染防治措施章节中。这就为国家、各地方政府及相关环境保护单位关于环境承载能力监测预警机制的研究和建设确立了硬指标，也为水环境防治工作的开展提出了新的思路和方向。

目前，国家及一些地方环保部门已开展水环境承载能力的监测与评估等研究工作，包括环境承载能力的定义、评估指标体系、评估方法、阈值确定等方面。但是水环境承载能力监测评估预警系统、决策支持系统等平台开发明显落后。在系统化与应用化方面，国内的环境承载能力监测预警平台还没有很好的开展。本文从水环境承载能力监测预警平台构建角度，探索平台框架、所需关键模型技术、数据库设计及 GIS 平台搭建等，以期推动水环境承载能力监测评估预警业务化、系统化运行。

2、平台设计框架

平台采用多层架构以及模块化的开发方式，各模块之间相互独立，模块接口开放、明确。平台总体框架如图 1 所示，以 GIS 基础应用平台为可视化平台，集成成熟的水环境容量计算模型核心算法，同时开发非点源污染负荷计算模型、多目标优化模型、水质模拟模型等核心算法，依托省、市县级或流域级基础地形数据、社会经济数据、环境监测与统计数据、污染源数据等作为建模基础，搭建水环境容量计算系统、水污染负荷计算系统，水环境承载能力评估预警系统，构建水环境承载能力监测预警平台。

平台设计以 GIS 技术、数据库技术以及模型技术为依托，深化水环境容量核算与承载能力监测预警业务应用，充分发挥 GIS 基础应用平台的良好的直观的展示效果，开发新颖的信息服务模式，提高承载能力评估工作的实用性和可操作性。

为满足水环境承载力的监测、评估、预警等业务需求，平台重点研发设计了包括数据库及数据库管理、GIS 基础应用、数据共享与服务、水环境承载能力监测预警、系统管理模块等功能。

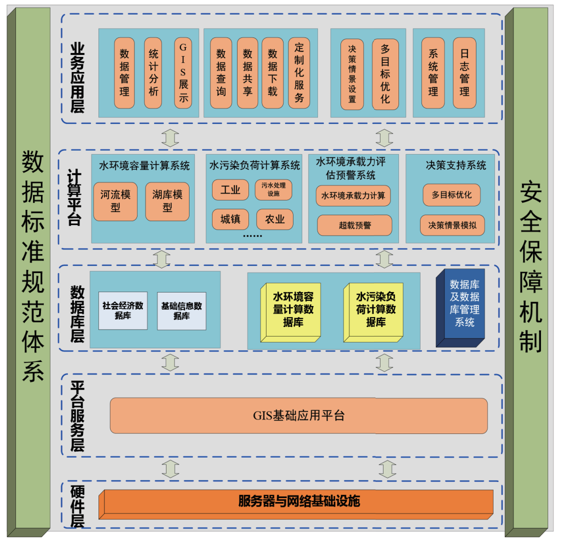


图 1 水环境承载能力监测预警平台总体框架图

3、核心模型

核心模型包括水环境承载力计算模型、水环境容量计算模型、非点源污染负荷计算模型、多目标优化调控模型和水质模拟模型。针对超载地区，从水污染物排放特征、水环境质量状况、经济社会发展压力、环境效率等方面解析重点区域水环境超载的成因，基于多目标优化调控模型，从经济社会发展、产业结构及布局、水资源利用效率、水环境约束角度提出限制性政策措施。同时，设置不同决策情景，进行模拟，定量评价不同决策情景对水质及水环境承载力的贡献度。

3.1 水环境承载力计算模型

水环境承载力的计算包括单指标水环境承载力计算与水环境承载力综合评价模型两种。

（1）单指标水环境承载力

以某一计算单元内各项水污染物的水环境容量来表征水环境系统所能承受人类各种社会经济活动的阈值，以该计算单元内水污染负荷与水环境容量的比值来表征该计算单元内各项污染指标的水环境承载力，即承载率评价法，计算公式如下：

$$R_{水ij} = C_{ij} / W_i$$

式中：i 表示水污染物；j 表示计算单元；$R_{水ij}$ 表示第 j 个计算单元第 i 项水污染物的承载力；C_{ij}表示第 j 个计算单元第 i 项水污染物的年排放量，W_i表示第 i 项水污染物的环境容量。

（2）水环境承载力综合评价模型

该模块通过借鉴单因子水质评价方法构建水环境承载力综合评价模型：

$$R_{水j} = \max_i \left(R_{水ij} \right)$$

式中：$R_{水ij}$ 为第 j 个计算单元第 i 项污染指标水环境承载力的大小；$R_{水j}$ 为第 j 个计算单元的水环境承载力的大小。

3.2 水环境容量计算模型

水环境容量计算模型按照水体的不同分为河流模型和湖库模型。模型采用环境保护部环境规划院2003年颁布的《全国地表水环境容量核定技术指南》中的容量计算模型。

（1）河流模型

当污染物进入河流后，在一定范围内达到充分混合，或者根据水质管理的精度要求允许不考虑混合过程采用此种水环境容量计算模型，见下式：

$$W_i = 31.54\frac{C_S(Q+Q_P) - C_0 e^{-k\frac{L}{u}}Q}{e^{-k\frac{x}{u}}} = 31.54[C_S(Q+Q_P)e^{k\frac{x}{u}} - C_0 e^{-k\frac{L-x}{u}}Q]$$

式中：W_i—第i个排污口允许排放量，t/a；Cs—第i河段所在功能区水质目标值，mg/L；Q—第i河段设计流量，m^3/s；Qp—第i河段内废水入河量，m^3/s；C_0—第i-1河段所在功能区水质目标值，mg/L；u—第i河段的设计流速，m/s；x—概化排污口到第i河段下断面的距离（m）；k—污染物综合降解系数（1/d）。

在排放口下游指定一个限定区域，使污染物进行初始稀释，在此区域内可以超过水质标准，这个区域称为混合区。混合区水环境容量模型为：

$$W_i = 31.54e^{\frac{z^2u}{4E_yx_1}}[C_S e^{k\frac{x_1}{86.4u}} - C_0 e^{-k\frac{x_2}{86.4u}}]h \cdot u\sqrt{\pi E_y\frac{x_1}{1000u}}$$

式中：h—设计流量下污染带起始断面平均水深，m；x_1、x_2—概化排污口至上下游控制断面距离，km；Ey—横向扩散系数，m^2/s。

（2）湖库模型

不考虑混合区的水环境容量模型如下：

$$W_c = 31.54(QC_S + KC_SV/86400)$$

其中：Wc—水环境容量，t/a；V—湖泊中水的体积（m^3）；Q—平衡时流入与流出湖泊的流量（m^3/s）；Cs—湖泊中水质标准（mg/L）。

湖泊混合区水环境容量计算时，需要限定污染混合区边界进行混合区内的二维水质模拟计算分析，以混合区边界为约束，得出环境容量。

3.3 非点源污染负荷计算模型

非点源污染负荷计算模型采用流域分布式水文模型SWAT模型原理，模拟长期土地管理措施对水、泥沙和农业污染物的影响。SWAT模型的水文循环基于水量平衡方程：

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t}(R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

式中：SW_t—最终土壤含水量（mm H_2O），SW_0—第i天的初始土壤含水量（mm H_2O） t—时间（days）， R_{day}—第i天的降水量（mm H_2O），Qsurf—第i天的地表径流量（mm H_2O）， Ea—第i天的蒸散发（mm H_2O），w_{seep}—第i天通过土壤剖面进入包气带的水量（mm H_2O），Q_{gw}—第i天的回归流量（mm H_2O）。

实际采用的是由北京师范大学与中科宇图数字流域实验室开发的中文SWAT模型应用工具BNU-SWAT，该模型工具简化并优化了原有的英文版界面，生成水文响应单元之后完全脱离ArcGIS软件平台，可与GIS专题图结合输出各类计算结果，进行水量平衡分析，可模拟地下水埋深以及气温、降水与土地利用变化对水文过程及农业污染负荷的影响。

3.4 多目标优化模型

为满足水环境承载力超载区域限制性管理措施的制定要求，平台建立多目标优化模型。以水环境承载能力超载区域经济效益最大化和水环境容量占用最小为目标函数，以行业发展规模、工业、生活、农业水污染物排放量等作为约束条件，构建多目标优化模型。具体采用改进的非支配排序遗传算法求解得到重点行业总产值和水污染物排放量的解集。

3.5 水质模拟模型

为模拟管理措施的环境改善效果，平台集成了水质模拟模型。模型基于不同决策情景及空间数据，重新设置流域点源和面源污染输入数据，将流域划分为若干个子流域，结合一维河网模型（数字流域实验室，2010）和离散化等方法对流域水质进行模拟。

点源污染的入河计算是基于一维河网模型算法，计算公式为：

$$C_s = C_0\exp(-kL/u)$$

式中， L为河长（km）。

面源污染利用数据空间统计和数据离散化方法，将行政区内面源污染物排放数据转化为子流域空间单元数据。得到各子流域的面源污染浓度。

4、水环境承载能力监测预警平台的构建

4.1 数据预处理系统

由于水环境容量采用模型计算，模型建立时准备数据过程较为复杂，因此平台设置数据预处理系统对模型计算所需数据进行预处理，包括计算单元划分、相应水文数据、水质数据、排污口数据的预处理、降解系数确定等，并与计算单元进行关联。当模型进行计算时可直接调用此处数据。

4.2 GIS平台

GIS在空间数据的存储、分析、显示方面具有显著优势，因此通常被用来完成空间数据的前期处理与分析，以及后期模拟结果的可视化。在系统中，以数据库为纽带，GIS的多个功能模块能够与不同模型进行集成，既发挥了GIS的空间分析优势，又利用了模型强大的计算功能。无论是数据的采集、模型的选定、还是备选方案的生成，需要根据水环境的时空变化进行动态调整，都依靠GIS平台完成。

4.3 数据共享与服务平台

数据共享与服务平台是环境业务数据和控件信息数据共享的门户，利用环保专网提供各类环境基础数据共享，数据上传和下载，保障环境基础数据的安全。用户通过访问数据共享与服务平台可以在线查询数据，也可以通过用户权限管理共享环境数据、申请平台的各类资源与定制市县（子流域）级精细化监测预警服务。

4.4 水环境承载能力监测预警支持模型库

在平台中，模型库是连接输入端与输出端的纽带，而综合模型的集成又是模型库的关键。模型库主要包含水环境容量计算模型、污染负荷计算模型、多目标优化模型、水质模拟模型等。在模型集成时，采用数据耦合的模式，通过开发语言的模块定义功能在其中定义系统各个窗体之间需要调用的公共变量，进行各个窗体之间的通信，以实现独立的功能。

5、平台应用

平台在应用方面实现了水环境容量核算、水污染负荷计算、水环境承载能力监测评估预警及超载区域优化调控等一体化建设，实现了水环境承载能力监测评估业务的系统化、科学化。

5.1 水环境容量计算系统

对不同水体包括河流、湖库等基于对流域水文特征、污染源排污方式、水环境功能区划分等数据基础进行计算单元划分，选择相应的水环境容量计算模型，结合规划水质目标需求，设置模型所需参数，进行水环境容量计算。并按实际计算需求，将水环境容量重新分配到县或子流域中。

计算结果可以在地图上展示。采用绿、黄、红等3种颜色分别代表水环境容量由大到小3个等级的变化情况（图2、图3）。图中红色代表该区域（市或子流域）水环境容量较大，绿色代表该区域水环境容量较小。


图 2 2010 年河北省水环境容量分布图（样例数据）


图 3 2010 年长江流域水环境容量分布图（样例数据）

5.2水污染负荷计算系统

对行政区划或流域范围内的污染源包括工业、城市污水处理设施、城镇生活、农村生活、农业、畜禽养殖、水产养殖、矿山径流等，进行水污染负荷的计算，并将计算结果分配到相应计算单元中。水污染负荷的空间分布情况可通过 GIS 专题图等形式展示（图 4、图 5）。同时，各污染源所占比例及排污结构分析可以饼状图形式展示。

系统采用绿、黄、红等 3 种颜色分别代表水污染负荷由大到小 3 个等级的变化情况。图中红色代表该区域（市或子流域）的水污染负荷较大，绿色代表该区域（市或子流域）的水污染负荷较小。


图 4 2010 年河北省水污染负荷分布图（样例数据）

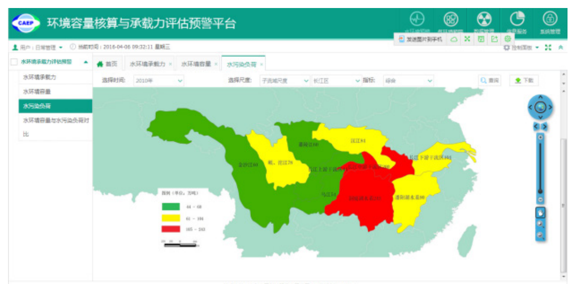


图 5 2010 年长江流域水污染负荷分布图（样例数据）

5.3水环境承载能力评估预警系统

系统将计算得到的水污染负荷与对应的水环境容量进行比值运算，得到相应计算区域的水环境承载率，即承载率评价法。根据确定的阈值进行研判。如果区域水环境承载率小于 0.8，则该区域处于未超载状态；水环境承载率在 0.8~1.2 之间，则该区域处于临界超载状态；若大于 1.2，则该区域处于超载状态。

系统采用绿、黄、红等 3 种颜色分别代表水环境承载能力 3 个等级的分布情况。图中红色代表该区域（市或子流域）的水环境承载能力为超载状态，黄色代表水环境承载能力处于临界超载状态，绿色则代表未超载。同时，系统将该区域的水环境容量与水污染负荷以柱状图形式同时展示，方便用户直观对比两者目前状态及差异，如图 6、图 7 所示。


图 6 2010 年河北省水环境承载能力及水环境容量与污染负荷对比分布图（样例数据）


图 7 2010 年长江流域水环境承载能力及水环境容量与污染负荷对比分布图（样例数据）

6、结论

水环境承载能力监测预警平台是未来水环境承载能力监测、评估、预警业务化运行乃至流域水环境规划与管理的重要技术手段，不仅可以准确地对水环境承载能力现状进行评估，还可以对当前及未来水环境承载能力状况进行监测、预警，为决策者制定环境管理措施和决策提供有力支持。本系统基于样例数据，通过多模型集成耦合，方便用户及时、直观把握区域流域水环境承载能力现状，合理制定超载调控与未来规划管理方案，为流域的水环境规划、管理及优化调控提供了科学化决策支持工具。

STUDY, DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN EARLY WARNING ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING STATION

■ DANG QUANG THIEU, TRAN NGOC TOAN, NGUYEN THI BAO MY, NGUYEN VAN SY, VU VAN TIEN, NGUYEN THI THUY MAI AND LE DINH CUONG

（Institute for Nuclear Science and Technology, Vietnam Atomic Engergy Institute）

I. INTRODUCTION

More and more nuclear reactors are being constructed and operated worldwide for the purpose of power generation as well as for doing research. Consequently, continuous monitoring of the ambient dose rate is an essential task that must be carried out routinely in order to provide the responsible radiation protection governmental authorities with the necessary information. This includes:

a) establishing a national data base of environmental dose rates covering the whole country;

b) in a preliminary phase, measuring and recording baseline background gamma radiation levels to be used as a reference for future surveys;

c) providing an early warning alarm in case of an important increase of the radioactivity level.

This requires the installation and operation of an array of radiation detectors (GM and/or scintillation detectors) to survey and monitor the environmental dose rate. They must be read out continuously at well defined time intervals. While the elements of such an array are relatively simple instruments, their operation as a global system, including other possible sensors aimed at providing additional information, such as weather conditions, and at improving the accuracy of the measurement requires much care.

There exist many types of commercially available radiation detectors that can do the job but, as a very large number of these will be required, a low cost design would be particularly welcome. The purpose of the present paper is to discuss such a device that has been conceived as a prototype environmental radiation monitor to be used in Hanoi.

II. DESIGN AND CONSTRUCTION

Some radiation counters and detectors as well as nuclear instruments have been designed and constructed within our electronics department of the Institute for Nuclear Science and Technology, Hanoi, Vietnam, and sufficient experience has been gained through the postgraduate programs for teaching, training and research.

The aim of project is to design and construct a prototype unit for the monitoring of the ambient dose rate in the environment. The dose range that is considered is within the range of the dose rate of 0.01 μSv/h to 50 mSv/h, for the energy range of 80 keV to 3 MeV. The expected accuracy is around ±15%. The unit is suitable for working in environmental conditions within the temperature range: 0oC to 50oC and relative humidity up to 95%.

An online connection is a feature design of our monitoring unit to allow the connection with other units of monitoring network through LAN or Internet.

In addition, this project will enhance the capabilities for the staff in the field of design, construction and maintenance of the nuclear instruments within our institution.

The electronics department of the Institute for Nuclear Science and Technology (INST, Hanoi) has experience in designing and constructing nuclear instruments including radiation detectors, as well as in providing graduate and postgraduate training in the field.

We have designed and constructed a prototype monitoring unit of the ambient gamma ray dose rate. The dynamical range is from 0.01 μSv/h to 50 mSv/h and the energy range from 80 keV to 3 MeV. The precision is of the order of ±15%. The unit is suitable for working outdoor at temperatures between 0and 50oC and under relative humidity of up to 95%.

The unit can be read-out online, allowing for its connection with other units of the monitoring network via LAN or Internet.

Hardware Design

The design of the Early Warning Environmental Radiation Monitoring Station (EWRMS) is illustrated in Fig.1. It consists of:

Detectors

The unit uses four gamma-ray detectors; one of these is a NaI(Tl) crystal of area 1.5”×1.5”. The other three are GM counters.

Each detector includes a high voltage generator and front-end electronics (a preamplifier for the NaI detector and pulse shaping circuits for the GM counters).

Amplifier and 12 bit-ADC

The spectrum amplifier and 12 bit-ADC are of a simple design using standard chips. The spectrum amplifier includes a preamplifier, amplifier, shaping, baseline restoring, and zero adjustment. In particular, the gain of the amplifier has been digitized and can be adjusted by a microcontroller allowing for automatic calibration and gain stabilization using a reference light source described below.

The ADC block includes a pulse stretcher, a fast ADC and a logic controller using GAL technology.

Reference light source and energy spectrum stabilization

A light emitting diode (LED) provides a reference light source using a thin light fiber inserted between PMT photocathode and crystal. Its signal, around 4 MeV equivalent, namely far away from the environmental spectrum, is used as a reference by the microcontroller to adjust the PMT gain.

Microcontroller board

The microcontroller uses a single-chip 8 bit unit, 89C51RD2, a derivative of the 80C51 family, manufactured in advanced CMOS. It contains a 1kB RAMand a non-volatile 64 kB Flash program memory that is both parallel programmable and serial In-System and In-Application Programmable. The instruction set is 100% compatible with the 80C51 instruction set. The device has four 8 bit I/O, three 16 bit timer/event counters, a multisource, four-priority-level, nested interrupt structure, an enhanced UART and on-chip oscillator and timing circuits.

One MBYTE RAM is added for increased data memory capacity. Also included are a real time clock, internet connection, LCD display and DC-DC converter.

Probe selection board

A probe selection board is used to select suitable probes corresponding to the level of radioactivity. The dose ranges of the selected probes are listed in Table 1.

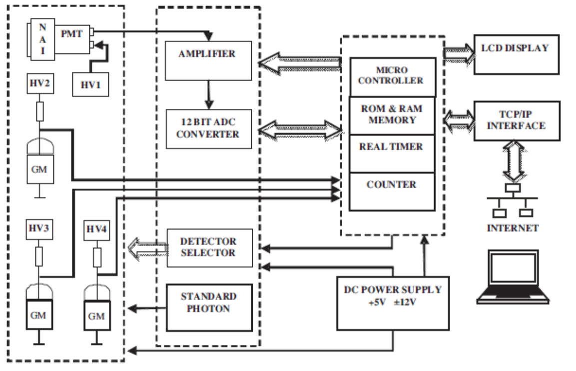


Fig. 1. Block Diagram of the EWRMS

Table 1. Probe selections and corresponding ranges of dose rate

No.	Probe selection	Dose range
1	NaI(TL)	0.1 μSv/h to 25 μSv/h
2	GM1	25 μSv/h to 250 μSv/h
3	GM2	250 μSv/h to 1mSv/h
4	GM3	1mSv/h to 100mSv/h

Software Design

The software, running on Philip microcontroller 89C51RD2, controls all operations of the instrument and calculates the dose from the measured gamma spectrum. It is written in C programming language Keil. A flow-chart is shown in Figure 2. The program performs the following tasks:

Start ADC and store data in RAM for each time cycle.

Calculate and convert measured gamma spectrum to doses, display result on LCD and store data in memory.

Process spectrum and identify origin of radiation incident.

Transmit warning alarms and related information to the monitoring centre via Internet.

Each time cycle measure the reference light source signal and adjusts the amplifier gain accordingly.

The interface with the computer is written by in LabView, allowing for data monitoring as well as for sending commands to control the instrument.

III. CONVERTING THE PULSE HEIGHT SPECTRUM INTO DOSES

The gamma ray flux, its composition and associated exposure rates are obtained from the pulse height spectrum measured using the NaI(Tl) scintillation detector. The exposure rate X is related to the spectrum through the following relation:

$$X = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} N(E)\, G(E)\, dE = \sum^{I_{\max}} N(I)\, G(I) \qquad (1)$$

where N(E) measures the pulse height spectrum in cpm per keV and N(I) in cpm per channel, E being the pulse height in keV andl the channel number; Emin is the pulse height threshold (keV), Emax is the maximum energy for the exposure rate evaluation (keV), Imin is the channel number corresponding to Emin, Imax is channel number corresponding to Emax, G(E),G(I) are the spectrum-to-dose conversion operators.

G(E) can be expressed as a sum of polynomials:

$$G(E) = \sum_{K=1}^{K\max} A(K).\, \langle \log_{10}(E) \rangle^{K-M-1} \qquad (2)$$

where A(K) are coefficients to be determined. In the case of a 1” ×1” NaI(Tl) crystal, they are given in Table 2 with Kmax=20 and M=3.

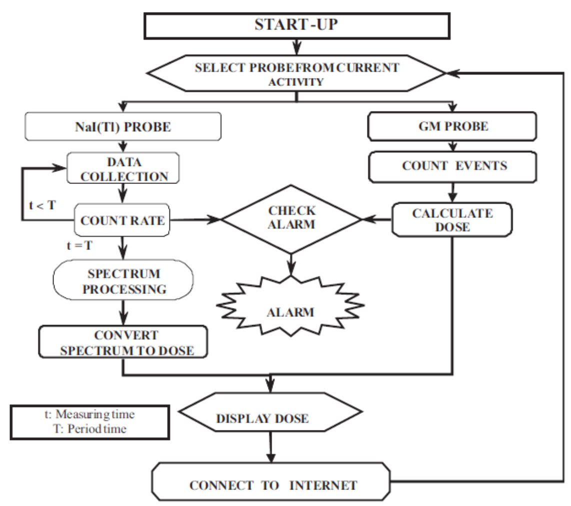


Fig. 2. Flow-chart of the program

IV. RESULT AND DISCUSSION

An EWERMS prototype has been constructed (Fig. 3).

The detectors have been calibrated at the Secondary Standards Dosimetry Laboratory (SSDL) of the Institute for Nuclear Science and Technology for a dose rate range from 0.7 µSv/hr to 20 mSv/hr. The result, displayed in Figure 4, implies an uncertainty of ± 15% that is within acceptable standard.

The instrument, when used within environmental ONLINE radiation monitoring and early warning networks, will provide essential benefits and important information in case of possible locally detectable radiation incidents. It provides measurements of the radiation levels and origin of radiation.

Its benefits are:

Early detection of abnormal environmental radiation situation;

Supports to identify the origin of radiation incident;

Table 2. Values of $A(K)$

A(K)	K_{max} = 20 , M = 3	A(K)	K_{max} = 20 , M = 3
A(1)	1.49275099570029E+03	A(11)	-1.15787023098615E+00
A(2)	-2.91658773780102E+03	A(12)	8.94041702581576E-01
A(??)	1.15926424258823E+03	A(13)	7.87239563912950E-01
A(4)	1.14140418958232E+03	A(14)	-3.03009156457287E-01
A(5)	-1.01302040986778E+03	A(15)	-7.62288782837513E-02
A(6)	9.08322216928152E+01	A(16)	5.27880449195923E-02
A(7)	1.23704377416037E+02	A(17)	-6.90413288198483E-03
A(8)	-5.14679285896588E+01	A(18)	-7.33025657836061E-04
A(9)	3.02223431771800E+01	A(19)	2.45581452872742E-04
A(10)	-1.28281664110684E+01	A(20)	-1.62008901437124E-05

Fig. 3. Pototype monitoring station, including the radiation detectors in a metal enclosure and the interface.

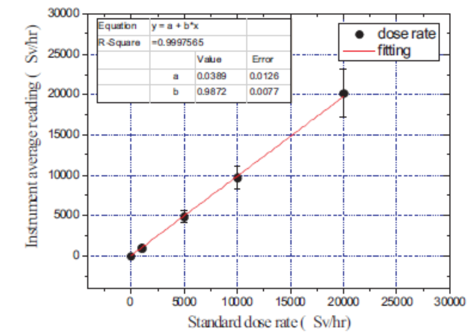


Fig. 4. Dose rate calibration μSv/hr as measured up to 20 mSv/hr.

Low TCO (Total Cost of Ownership) due to low investment, highly automated operation, very low maintenance, remote configuration and control capabilities.

V. CONCLUSION

Measurements of ambient dose rates are required for the establishment of a national data base, the continuous monitoring of the environmental radioactivity and the prompt detection of imporatnt and/or sudden changes. Monitoring stations are being constructed for this purpose, based on simple detectors (a radiation detector together with extra environmental sensors). The high cost of commercially available detectors calls for conceiving a low cost design. The present EWERMS prototype addresses this need with the aim to produce a reliable low-cost instrument. It can also be used for many other applications in the domain of radiation monitoring and radiation safety. The construction and operation of the present prototype has demonstrated its feasibility as a home made, low consumption and low cost instrument that conforms to standards.

(This article is excerpted from *Journal of Computer-Aided Molecular Design*, 2012, 24(4):281-91)

15 周年宇图人风采专题

——系列选登

2016，对于中科宇图，是一个值得纪念的年份。忆往昔，峥嵘岁月 15 载，宇图风雨兼程，从蹒跚学步到如今意气风发地成长；宇图人辛勤耕耘，以技术为根本，承院士之智慧，开创空间环保新纪元，硕果累累。15 年来的披荆斩棘，多少宇图人并肩携手，奋力拼搏，和宇图同舟共济，一路前行。

在这个特别的 15 周年，宇图编辑部从宇图人中选择了 8 年以上具有代表性的基层员工与领导，作为“宇图人风采录”专题的特约采访者，听他们讲述心声，讲述这些年的一点一滴，与宇图记忆深刻的故事。

西北数据销售部 西安 魏小丽 销售 宇图司龄：10 年

夯实业务，稳扎稳打

采访一：
姓名：魏小丽
部门：智慧地图产业群 - 西安分公司
生日：4 月 21 日
血型：AB 型
性格特点：上进心强，刻苦耐劳，责任心强，工作踏实，与人为善
最喜欢吃的食物：面条
爱好：旅游、爬山
个人座右铭：一个明智的人总是抓住机遇，把它变成美好的未来

Q: 作为一个在中科宇图工作了十年的老员工，一路走来对于公司或者自己，有没有什么话想表达?

A: 作为中科宇图的一名普通员工，十年的工作经历让我有太多的话想要表达。中科宇图培养了我，给了我发展机会，让我成长。宇图就像我的家一样，既是我经历风雨时的温暖港湾，也是助我勇敢前行的坚强后盾。我觉得中科宇图是一个快速发展、充满前景和机遇的公司，只要你准备好了，随时等待着你去提升与突破。

Q: 你还能记起初到公司的场景吗? 当初是什么原因让你选择了中科宇图?

A: 刚来公司的时候办公地点在北京创业大厦 13 层，公司的环保、地图、研发、销售、生产等部门都在一起办公，那时候公司部门没现在这么细，总人数在 200 人以内。应聘当天的场景我至今都记忆犹新，回想起来那些过往的点点滴滴，都如影片一样呈现在眼前。选择中科宇图并长期留在这里的原因主要是中科宇图给我提供了一个提升自我价值的平台，虽然在提升自我价值的过程中有艰辛，但当我回头来看却是十分充实。十年间我见证了中科宇图由小变大、由弱到强，逐步勾画出宏伟蓝图，在行业内脱颖而出。今天来看，事实证明我的选择是非常正确的。

Q: 入职以来，你经历不同的岗位在驾驭工作中有哪些经验能给大家分享吗?

A：经验分享谈不上，在中科宇图经验丰富，有能力的同事很多很多，我就说下如何能很好地适应新岗位的要求。从刚入职时做地图矢量化，到后来做项目组长，再后来做项目经理负责售前、实施、售后工作，再到目前的销售，每次岗位的转变对于我个人来说也都是一次转变，但是每次转变又不是生搬硬套的被安排，而是逐级而上的不断攀登和自我超越。在做地图矢量化时把基本功做扎实就具备了做项目组长的能力，做项目组长时把整个项目组人员的工作安排到位、每个环节把控好就具备了做项目经理的能力，做项目经理时跟客户接触机会比较多，只要掌握项目售前交流、实施、验收等工作就具备了做商务的能力。以上说这么多，其实就是想告诉我们的同事，在日常工作中，多学、多问、多做、多思考，接触更广范围的工作没有坏处，也就是所谓的处处留心皆学问。中科宇图对内部员工的竞争上岗政策非常好，只要你准备好了，机会来了就能抓住。

Q: 在这十年中，伴随着公司的成长，你的能力和职位也在发生着变化。除了这些，你能发觉到自身有哪些变化?

A: 说起我自身最大的变化，我感觉是处理问题的能力和效率。在日常生活和工作过程中，其实就是不断发现问题并解决问题的过程。在中科宇图待的时间长了，受中科宇图的企业文化以及各位领导的做事风格熏陶和影响，不管是生活中还是工作中，在处理问题时都有自己的想法、见解，而且越来越多元化。

Q: 漫长的十年间有人走有人来，你有过挣扎或者瓶颈期吗? 怎么度过的?

A: 十年的时间可以改变很多事情，也会发生很多事情，挣扎与瓶颈说没有是骗人的，肯定是有的。来公司前几年的时候看着和我同期入职的同事一个个离开，有的去了同行业公司、有的回老家发展、有的自己做生意，我迷茫、恍惚过。在项目比较多，需要经常加班，非常辛苦的时候，也挣扎过。转做销售后，很多售前商务工作不知从何处着手，遇到瓶颈过。在以上各类问题发生的时候，我都是以发现问题，解决问题为导向，在迷茫、恍惚的时候找同事、家人聊一聊，听取别人的建议并调整好自己心态，理性面对问题并分析原因，最后做出理智的选择。在挣扎的时候周末去爬爬山，放松一下、大吃一顿，星期一又是新的一周，

所有不开心、不如意的事情都会烟消云散。在遇到瓶颈的时候，充分利用身边的资源，找领导或者经验丰富的同事取经，听取他们的意见，你会发现世界远比你想象的宽广，事情远没自己想象的复杂。

Q: 在公司内部如果要感谢一个人，你会感谢谁？为什么？

A: 在宇图要感谢的人很多很多，包括上级领导及同事。在我迷茫、挣扎、遇到瓶颈的时候，他们的顶力相助、支持、配合让我成长。如果一定要感谢一个人，我想感谢杨献。他雷厉风行的做事风格让我受益匪浅，他在我从技术转入销售队伍后，在我遇到瓶颈时亲自带我跑业务，教我如何操作。我非常感激他的提携，他是我职业生涯中的指路灯，我将以杨总为目标，努力向他学习。

Q: 在未来更久的时间里，你觉得自己和公司还有哪些方面需要去完善与加强？

A: 在未来更长远的日子里，我希望中科宇图越来越好，继续快速发展，顺利上市，并在智慧地图、智慧环保、智慧水利、公众服务、环境治理等领域创造出属于中科宇图自己的品牌，从中国走向世界。在我自身方面，我个人的能力还需再加强，专业知识和个人价值还需努力提升。

地理数据中心 北京 张平 数据部总监 宇图司龄：13 年

专注技术，精益求精

采访二：
姓名：张平
部门：公众服务产业群－北京大地图科技有限公司－地理数据中心
生日：7 月 21 日
血型：B 型
性格特点：开朗乐观、办事直爽、待人诚恳
最喜欢吃的食物：甜食
个人座右铭：没有任何挽回不了的绝望境地——如果你没有得到你想要的，你将得到更好的！

Q: 作为中科宇图十三年的老员工，您最大的感想是什么？

A: 时间转瞬即逝，我已经在中科宇图度过了 13 个春秋。在这十三年的工作中，我感受到宇图人艰苦奋斗、奋发图强的敬业精神，体会到宇图人团结一致、同心同德、坚忍不拔的优秀品质，汲取了宇图人的“狼性”文化，收获了宇图人乐观开朗的性格。

Q: 无论生活还是工作都充满着选择。从 2003 年选择宇图直至今天，您的初衷是什么？

A: 我选择宇图至今的初衷，看中的是宇图这个大平台、宇图的企业文化、宇图的发展前景。

Q: 能跟我们谈谈十三年间您所处的部门或公司发生了哪些变化吗，自己又有哪些变化？

A:13 年间，亲眼见证了宇图的发展壮大。办公场地由原来几十平米简单式生产发展成现在上千平米的规模化生产。宇图团队由原来的二三十人，扩大到现在七八百人。主营业务由原来单一的地图数据制作，发展到软件、硬件和数据集成的自主研发产品制作。业务涉足环保、水利、通信、电力、公安、国土农业、城市管理等多个行业。合同总额由原来的百万级、千万级上升到现在几个亿的规模。宇图今天的成就离不开公司领导的英明决策和宇图人的辛勤耕耘。

对于我自己，感谢宇图提供了这个大平台，感谢公司领导对我的栽培和厚爱，感谢公司员工对我的支持，通过自身业务知识和管理能力的不断提高，我由原来的技术人员晋升为部门总监，实现了质的飞跃。我深知，我自身还存在一些缺点和不足，我会在今后的工作中取长补短，继续提升自我的综合能力，与宇图共努力、共发展！

Q: 您现在主要从事哪方面的工作？对于工作您有什么看法？

A: 我目前在北京大地图科技有限公司担任数据部总监一职，主要负责大地图平台数据产品的加工生产及管理。身为中层的管理人员，我处于承上启下的重要位置，努力做一个上级领导可以信赖的中层管理者。另外，积极主动配合领导，充分发挥自己的工作积极性，提升自身的业务综合能力，提高执行能力和管理能力，充分调动下属的工作积极性，团结一心，通力配合，从而完成最终的目标任务。

Q: 作为宇图的老员工，您有哪些话想对新同事说吗？

A: 作为宇图的老员工，非常欢迎新同事能融入到宇图这个大家庭。通过宇图平台，充分施展个人才华，在个人努力和公司的帮助下，实现自己的工作和生活理想，同时，与宇图共同成长进步，不断提升自身能力、自身价值，实现自身的全面发展！

Q: 今年是宇图十五周年，您有什么话想对宇图说吗？

A: 宇图人通过十五年的不懈努力、精耕细作，铸就了宇图今天的辉煌成就。2003 年入职以来，我见证了宇图的不断发展壮大，我为我是宇图人感到骄傲和自豪。在今后的工作与学习中，我将不断的总结与反省，不断地鞭策自己并充实能量，努力提高自身素质与业务水平，以适应宇图的发展，与宇图共同进步、共同成长。在宇图 15 岁生日这年，衷心祝愿宇图齐心协力、再造辉煌！

1、中国工程院孙九林院士一行莅临中科宇图指导交流

2016 年 9 月 1 日下午，中国工程院孙九林院士莅临中科宇图指导交流。公司董事长兼总裁姚新、副总裁兼研究院院长刘锐、环境治理产业群总裁谢涛等相关领导参加了交流活动。

姚总表示，公司秉承做专做精的理念，聚焦大地图、大数据，形成了大数据和大资环两大产业生态圈，走出了一条特色发展道路。

孙院士指出，做精做强的思路很正确，这样能够切实地提供数据产品，从而真正将大数据服务于社会；科学大数据很重要，应包括政府、社会、互联网、科技四个层面的大数据。

公司领导层表示，孙院士从信息资源角度出发提倡充分运用科学数据资源，与公司的契合度很高，将与院士建立并保持长效的沟通与联系，进一步开展深入合作。

2、2016Esri 中国用户大会落幕 中科宇图两大生态圈获业界青睐

2016 年 9 月 8 日，为期两天的“第十四届 Esri 中国用户大会”在北京国际会议中心召开。作为中国领先的地理信息服务商，中科宇图在今年的 Esri 中国用户大会上推出了两大生态圈概念，并设立展示区，迎来全国 GIS 从业者的围观。

围绕大气、水、土、生态等资源环境业务，依托大数据理念和技术，中科宇图致力于环境保护和可持续发展，积极构建资环大数据生态圈。目前，中科宇图已逐渐形成“天空地一体化”监测网络，运用大数据挖掘、多引擎的弹性计算、空间自相关等技术实现对资源环境领域的智能综合分析、评价、监管预警等。中科宇图资环大数据生态圈的建设将有助于提高资源环境的承载能力，为人们创造更加美好生活环境。

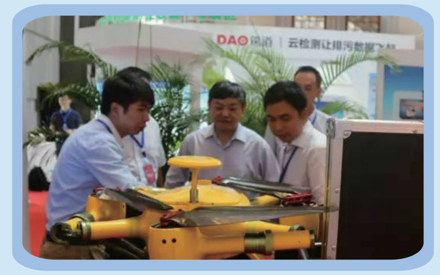
3、中科宇图携科技创新成果亮相“双创周”北京主题展

2016 年 10 月 12 日，第二届全国大众创业万众创新活动周北京会场主题展正式开幕。作为中国领先的地理信息服务商，中科宇图受邀参展，并展示了天空地一体化环境监测体系，环保卫士无人机监察监测系统。

中科宇图此次展示的天空地一体化环境监测体系由公司自主研发。该系统可对大气、水和生态环境开展卫星遥感动态监测，建立天空地 - 京津冀一体化环境遥感动态监测数据库，提升监测评价精度和时效性，提高突发环境事件应急响应能力，改变常规的地面监测模式，实现对京津冀地区的大范围、高效率、高精度的卫星环境监测。

据了解，本届主题展共展示近 200 个涉及前沿技术和产业领域的项目，凸显全国双创向产业纵深发展与实体经济创新发展的新趋势。

4、中科宇图亮相中国环境科学学会学术年会 顺利举办“环境监测与预警”分论坛



以“环境科技创新改善生态环境质量”为主题的中国环境科学学会 2016 年学术年会于 10 月 13 日至 14 日在海南省海口市会展中心圆满闭幕，中科宇图受邀出席本次大会。

展会期间，中科宇图环保无人机整体解决方案作为本次会议期间的亮点，受到了环境保护部黄润秋副部长的关注。该方案是中科宇图与环保部门密切结合，经多年研发推出的一体化多项检测无人机系统，系统可对水质、空气及土壤进行实时在线检测和取样，同时具备昼夜不间断对可疑污染点进行侦查和取证的能力。

围绕本次年会主题，由中国环境科学学会环境监测专业委员会主办，中科宇图协办的“环境监测与预警”分论坛于 13、14 日两天顺利举行，中科宇图资源环境科学研究院院长刘锐、中科宇图助理总裁汪玉峰在会上进行了主旨发言。

5、中科宇图战略发展与科学技术委员会第三次委员会议顺利召开

2016 年 12 月 2 日上午，中科宇图战略发展与科学技术委员会迎来第三次委员会议。本次会议，得到战略委员会成员的高度关注，中国工程院院士、中国环境监测总站研究员魏复盛，中国工程院院士、环境光学监测领域专家刘文清出席会议。

刘文清院士指出，做智慧环保，需要与仪器设备的运营商相结合；许新宜副总裁也表示，进入公司的设备需获得如技术监督局、环境监测总站、环保部等专业单位（国家级）的认证。

魏复盛院士为公司技术项目创新、监测监察等问题提出建议。魏院士强调，要确保监测和监察的联动。将大气污染源监测和监察紧密结合起来，监测数据要为监察服务，建立一套全面的系统。

宇图 2016年大事记

01

1 一月份

★ 中科宇图科技股份有限公司“院士专家工作站”正式授牌成立。

02

2 二月份

★ 中科宇图环境监察移动执法项目荣获北京市科学技术奖。

03

3 三月份

★ 北京市朝阳区常委领导、各委办政府领导走访慰问中科宇图。

04

4 四月份

★ 中科宇图发起成立的地图大数据创新工作委员会论证会在国家测绘地理信息局召开，国家测绘局领导出席并做重要指示。

05

5 五月份

★ 中科宇图亮相中国测绘地理信息高端论坛，顺利举办地图大数据技术创新与应用发展分论坛。

★《互联网时代的环境大数据》新书首发暨院士专家工作站授牌仪式成功举行。

06

6 六月份

★ 中科宇图荣获亚运村街道先进基层党组织。

★ 中科宇图领导层走访比利时、荷兰，针对生态、环境治理与清洁生产领域深入考察。

07

7 七月份

★“不忘初心，方得始终”中科宇图 2016 年上半年度总结计划会顺利举行。

08

8 八月份

★ 中科宇图成为《软件成本度量标准实施指南》编写单位。

09

9 九月份

★ 中科宇图走出国门访问斐济 助力中斐测绘地理信息合作

★ 中科宇图出席 Esri 中国用户大会，首推“大数据与大资环两大产业生态圈”概念获业界青睐。

★ 中科宇图携“天空地一体化环境监测体系”与无人机亮相“双创周”北京主题展。

★ 中科宇图出席中国环境科学学会学术年会，并主办“环境监测与预警”分论坛。

10

10 十月份

★ 中科宇图荣获“信息系统集成及服务”二级资质。

★ 中科宇图战略发展与科学技术委员会第三次委员会议顺利召开。

11

11 十一月份

★ 中国测绘地理信息学会学术年会召开，中科宇图承办“构建智慧生态 创新时空互联暨大数据时代发展与创新”分论坛。

★ 国防科工局重大专项工程中心领导莅临中科宇图考察。

★“从大数据走向大智慧”，中科宇图亮相 2016 中国水博览会。

★ 全国环境信息技术与应用交流大会召开，中科宇图生态环境大数据与环保无人机获业界青睐。

12

12 十二月份

《宇图》征集令

《宇图》主题征稿

《宇图》是一本关注行业热点、前瞻趋势、引领行业发展，以学术论文、成果应用分享为主的期刊读物。我们立足于全行业，以大数据为背景，持续关注环保、水利信息化、环境治理、环境服务、大数据应用等领域。现开始向社会公开征稿，我们欢迎广大读者朋友积极参与，广泛来稿，与我们进行讨论交流。

投稿须知：

1. 投稿作品应具有创新性、科学性和可读性，数据可靠、调理清晰、文字精炼、逻辑性强；
2. 投稿作品可以是文章、访谈、论文等形式，文字在 4000 字以内，配图；
3. 稿件提供者须提供真实姓名 / 单位 / 职称 / 详细通讯地址及联系方式，以便稿酬确认。优秀稿件编辑部将免费推送至核心期刊发表；
4. 投稿邮箱：qiny@mapuni.com　联系人：秦羽　联系方式：（010）51286880-308

——《宇图》编辑部

《宇图》期刊读者意见反馈表

《宇图》是中科宇图倾力打造的一本关于地理信息、环境、水利、微地图、微环保领域的期刊。期刊为季刊，以关注热点、前瞻行业、引领发展为宗旨，意在搭建一个传播新理念、新技术、新生活与新健康的自媒体平台。期刊每期发行 5000 册，通过送达与邮寄的形式供环保部、各省、市（区）相关管理部门领导，空间地理信息各应用单位，行业内的相关学会、科研院所、大中院校的专家、学者及行业内公司的高层阅读。

欢迎大家对《宇图》提出宝贵建议。您可以填写下方意见反馈表，打印后邮寄到《宇图》期刊编辑部，地址：北京市朝阳区安翔北里甲 11 号创业大厦 B 座 2 层　100101《宇图》期刊编辑部收　或直接发送您的宝贵建议至邮箱：qiny@mapuni.com

1，您觉得本刊在哪些方面还需要改进？

☐ 版式设计　☐ 文章内容深度　☐ 栏目策划专题　☐ 图片样式　☐ 发行方式

其他（请注明）：

2，您对本刊哪些栏目比较感兴趣？

☐观点与探索　☐ 专访　☐ 独家策划　☐ 产品专栏　☐ 国际瞭望　☐ 宇图风

希望增加的专栏（请注明方向）：

3，您对《宇图》期刊还有哪些宝贵建议？

个人信息：

姓　　名：

职　　位：

工作单位：

通信地址：

联系方式：

我们会认真听取您的宝贵建议，对积极参与反馈的读者，一旦您的建议被编辑部采纳我们将赠阅 2016 年全年期刊，欢迎大家积极与我们互动！