



中科宇图视频号



中科宇图抖音号

# 创新与发展



中科宇图科技股份有限公司

SCIENCE CHINA SCIENCES MAPUNIVERSE TECHNOLOGY CO., LTD.

地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号创业大厦B座2层

电话：010-51286880

传真：010-64860285

网址：[www.mapuni.com](http://www.mapuni.com)

邮编：100101

邮箱：[liuXX@mapuni.com](mailto:liuXX@mapuni.com)

# 宇圖

MAPUNI

2022年 6月刊 (总第29期)

主办：中科宇图科技股份有限公司

推进环境治理体系现代化，为生态文明建设保驾护航

## 独家专访

中科宇图：北京“冬奥蓝”背后的守卫者

## 热点聚焦

中科宇图生态保护红线监管平台助力三省守好环境“生命线”

## 产品专栏

加强和规范排污口监督管理 中科宇图助力把好入河入海“闸门”

## 宇图样板

冰雪冬奥，服务有我，中科宇图获延庆区政府来信表扬

## 宇图资讯

中科宇图成功入选北京市专精特新“小巨人”企业名单



中科宇图公众号



中科宇图微博

## 推进环境治理体系现代化 为生态文明建设保驾护航

“生态文明建设”环境保护治理体系的现代化探索，是平衡经济发展与环境保护，促进国家全面深入改革，推进国家治理体系现代化总目标落地的探路者和桥头堡。生态兴则文明兴。建设生态文明是关系人民福祉、关乎民族未来的千年大计，是实现中华民族伟大复兴的重要战略任务。

党的十八大以来，在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，在习近平生态文明思想指引下，中国人民凝心聚力，坚定不移走绿色发展之路，人与自然和谐共生的美丽中国正在从蓝图变为现实。习近平生态文明思想传承中华优秀传统文化、立足我国环境和发展实际、顺应时代潮流和人民意愿，从党和国家事业发展战略和全局的高度深刻回答了“为什么建设生态文明、建设什么样的生态文明、怎样建设生态文明”等重大理论，为新时代建设美丽中国、实现中华民族永续发展提供了根本遵循。

围绕“成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者”的发展理念，党的十九大明确提出加快生态文明体制改革，建设美丽中国。党中央以前所未有的力度推进生态文明建设，全国各地推动绿色发展的自觉性和主动性显著增强，从思想、法律、体制、组织、作风上全面发力，全方位、全地域、全过程加强生态环境保护，着力解决突出环境问题。坚持全民共治、源头防治，持续实施大气污染防治行动，打赢蓝天保卫战；加快水污染防治，

实施流域环境和近岸海域综合治理；强化土壤污染管控和修复，加强农业面源污染防治，开展农村人居环境整治行动；加强固体废弃物和垃圾处置。提高污染排放标准，强化排污者责任，健全环保信用评价、信息强制性披露、严惩重罚等制度；构建政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的环境治理体系。积极参与全球环境治理，落实减排承诺，推动划定生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，开展一系列根本性、开创性、长远性工作，决心之大、力度之大、成效之大前所未有，生态文明建设从认识到实践都发生了历史性、转折性、全局性变化。

全面建设社会主义现代化国家，推动高质量发展，创造高品质生活，我国生态环境保护需要付出更为艰巨的努力，多方着手为美丽中国建设保驾护航。为了让天更蓝、山更绿、水更清、环境更优美，从各级政府和生态环境部门，到社会各界和公众，都应深入贯彻习近平生态文明思想，全面落实党中央决策部署，脚踏实地、迎难而上，我们一定能够以生态环境高水平保护推动经济高质量发展，以生态文明之光照耀前行道路，推动中华民族实现永续发展。◆

# 《宇图》

关注热点 前瞻行业 引领发展

## 中科宇图战略发展与科学技术委员会

### 主任

郝吉明 中国工程院院士、清华大学环境科学与工程研究院院长

### 副主任

魏复盛 中国工程院院士、中国环境监测总站研究员

童庆禧 中国科学院院士、中国科学院遥感与数字地球研究所研究员、中国科学院遥感应用研究所原所长

刘文清 中国工程院院士、中国科学院安徽光学精密机械研究所所长

杨志峰 中国工程院院士、北京师范大学环境学院原院长

### 委员

刘锐 中科宇图资源环境科学研究院院长

夏青 中国环境科学研究院原副院长兼总工程师、研究员

池天河 中国科学院遥感与数字地球研究所研究员、博士生导师

何平 国际中国环境基金会总裁、全国政协海外特邀代表

何平 中国国际工程咨询公司农村经济与地区发展部主任、教授

## 编辑委员会

主办单位 中科宇图科技股份有限公司

顾问 姚新

主编 刘锐

副主编 杨竞佳

执行主编 刘晓旭

美术主编 田振厂

传真 86-10-64860285

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

投稿邮箱 liuxx@mapuni.com

公司网址 www.mapuni.com



中科宇图公众号



中科宇图微博

# 目录 Contents

## 独家专访 Exclusive Interview

P07 / 中科宇图：北京“冬奥蓝”背后的守护者

## 热点聚焦 Hot Focus

P12 / 中科宇图生态保护红线监管平台助力三省守好环境“生命线”

P14 / 提升城市“智治力”！中科宇图生态环保大数据平台赋能襄阳环境智慧监管

P17 / 中科宇图全流域水环境质量监测监控系统，守护古城蓝天碧水，建设生态美丽开封

## 产品专栏 Product Column

P21 / 加强和规范排污口监督管理 中科宇图助力把好入河入海“闸门”

P24 / 中科宇图“臭氧强化高效富氧设备”致力于黑臭水和劣V类水治理

## 独家策划 Exclusive Planning

P26 / 温县大气污染特征及气象因素分析

P37 / 空间信息技术在入河入海排污口监督管理工作中的应用

P42 / 平顶山 PM<sub>2.5</sub> 污染特征与气象因子关系的分析

## 宇图样板 Classic Case

P51 / 中科宇图把脉开良方，“环保管家”见证“偃师蓝”

P53 / 冰雪冬奥，服务有我，中科宇图获延庆区政府来信表扬

P54 / 中科宇图专家团队协助襄州分局开展大气污染防治培训及形势研判

## 宇图风采 Mapuni Style

P55 / 【宇图人风采录】在不断突破中拥抱变化——访环保部委销售经理 张传东

P57 / 【宇图人风采录】“相信公司，相信产品，相信自己”——访华中分公司销售总监 谭茗心

## 宇图资讯 Company Information

P59 / 朝阳有线：“双奥”气象，服务有我！中科宇图倾力守护“冬奥蓝”

P60 / 中国生态文明研究与促进会生态文明大数据分会召开2022年第一次工作会议

P62 / 中科宇图成功入选北京市专精特新“小巨人”企业名单



## 版权声明

本刊所有文字、图片等作品，经著作权人授权本刊，未经本刊许可，不得转载。本刊对发表的文章拥有电子版、网络版版权，并拥有和其他网络交换信息的权利。

Cover Story | 封面故事

### 中科宇图：北京“冬奥蓝”背后的守护者

守护“冬奥蓝”。

本刊记者 姚新/文



中科宇图董事长姚新

2022年北京冬奥会期间，滑雪运动员在北京碧蓝的天空下腾空翻转，这一画面被中外运动员发布到社交网络上，“冬奥蓝”成为冬奥会期间最靓丽的风景线之一。

“冬奥蓝”背后，得益于中科宇图对生态环境的有效监测与治理。中科宇图成立于2001年，是环保行业中的优秀企业。冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图承建的“北京市环境监察移动执法系统”及其提供的大气精准治霾服务，有效守护了“冬奥蓝”；此外，朝阳区智慧环保项目和延庆智慧环保项目中，中科宇图也利用先进的技术手段承建了其中多个体系。

20年的发展历程中，从最初布局地理信息领域，到深耕智慧环保，再到积极响应“双碳”政策，构建“黄河一号”小卫星星座计划，中科宇图通过一次次技术创新，不断引领业界潮流思路的变革，始终秉承“集天下科技，创宇图未来”的发展理念，为中国智慧环保行业积极贡献每一份力量。

推动黄河流域生态环境保护修复的“黄河一号”小卫星星座计划，为黄河生态治理提供精准数据支撑。中科宇图作为该项目的承建单位，承担了黄河生态治理数据平台的建设和运营工作。

中科宇图先后承担了生态环境部国家环境大数据平台、“一屏一脑”生态环境大数据基础平台、生态环境大数据平台、“第二次全国污染源普查”空间信息管理系统等多个重大项目。同时，公司在全国范围内推广“生态环境大数据平台”“移动执法APP系统”等产品线，并与合作、联盟等多家企业建立战略合作关系，在业内客户超过1000家，在业界树立了良好的口碑。

**本刊记者：**此次冬奥会，您组织了哪些新的工作？达到了什么效果？

**姚新：**首先，冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图承担了“北京市环境监察移动执法系统”及其提供的大气精准治霾服务，有效守护了“冬奥蓝”；此外，朝阳区智慧环保项目和延庆智慧环保项目中，中科宇图也利用先进的技术手段承建了其中多个体系。

**本刊记者：**中科宇图发展至今，经历了哪些科技挑战？如何应对？

**姚新：**中科宇图发展至今，经历了哪些科技挑战？如何应对？

精准治理服务。冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图严格落实大气污染防治相关工作要求和各项防控措施，最大限度实现减排降碳，空气质量指数一路向好。借助大数据，精准治理，精准治污，全力保障空气质量。冬奥会、冬残奥会期间，强化监督检查，加大执法力度，将违法动态执法、突击执法、溯源执法、多措并举，为提升大气环境质量保驾护航。

**本刊记者：**科冬奥会的过程中，在数据合作中的趣事？您如何评价此次合作？

**姚新：**2017年前，延庆村区域的空气质量在北京市排名中曾少排名十一位。但冬奥会、冬残奥会期间，延庆空气质量明显改善。

**本刊记者：**冬奥会、冬残奥会期间，您认为最大的挑战是什么？

**姚新：**冬奥会、冬残奥会期间，最大的挑战是数据合作。我们与合作伙伴建立了良好的合作关系，确保了数据的准确性和及时性。

## 中科宇图：北京“冬奥蓝”背后的守护者

2022年北京冬奥会期间，滑雪运动员在北京碧蓝的天空下腾空翻转，这一画面被中外运动员发布到社交网络上，“冬奥蓝”成为冬奥会期间最靓丽的风景线之一。

“冬奥蓝”背后，得益于中科宇图这样一批对生态环境保护做出贡献的企业。中科宇图成立于2001年，是环保行业中的优秀企业。冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图承建的“北京市环境监察移动执法系统”及其提供的大气精准治霾服务，有效守护了“冬奥蓝”；此外，朝阳区智慧环保项目和延庆智慧环保项目中，中科宇图也利用先进的技术手段承建了其中多个体系。

20年的发展历程中，从最初布局地理信息领域，到深耕智慧环保，再到积极响应“双碳”政策，构建“黄河一号”小卫星星座计划，中科宇图通过一次次技术创新，不断引领业界潮流思路的变革，始终秉承“集天下科技，创宇图未来”的发展理念，为中国智慧环保行业积极贡献每一份力量。

融资中国期刊记者专访了中科宇图董事长姚新，向读者分享中科宇图与冬奥会背后的故事。



## Q: 作为冬奥会的参与者，请介绍公司的基本情况？

**姚新：**中科宇图发展至今，紧跟时代科技前沿，从初创时期布局地理信息领域，以地理信息遥感数据服务作为立身之本，到GIS和遥感技术跨界应用于环保、公安、能源、金融、水利、交通等多个行业；再逐步深耕智慧环保领域，提出“精准治霾、系统治水、科学治土、智慧管理”的战略思路；近两年，针对“双碳”背景下环境污染的监测与治理，又构建起推动黄河流域生态环境保护和高质量发展的“黄河一号”小卫星星座计划，大力提升国家环保部门和企业生态环境治理的精准施策和智能化管理能力。

中科宇图先后承担了生态环境部的国家流域水环境管理大数据平台、“一带一路”生态环保大数据服务平台、生态遥感大数据平台、“第二次全国污染源普查”空间信息管理系统等十多个重大项目。同时，公司在全国范围内做强“生态环境大数据平台”、“智能大气精准调控平台”、“水环境污染防治智能监管平台”等产品线，并与华为、阿里等多家大公司建立战略合作关系，在全国的客户量超过1000余家，在业界树立了良好的口碑。

## Q: 此次冬奥会，公司做了哪个环节的工作？达到了什么效果？

**姚新：**首先，冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图承建的“北京市环境监察移动执法系统”通过信息化手段全面、实时地掌握各区环保执法部门对环境违法案件的现场执法情况和查处进程，分析环境违法案件的处理情况，提高执法效率，实现了应查尽查、不重不漏，做好蓝天守卫者，确保北京冬奥蓝。

其次，中科宇图为朝阳区亚运村街道及麦子店街道提供了大气精准治霾服务。冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图坚决落实大气污染防治相关工作要求和各项防控措施，最大限度实现削峰降频，空气质量指数一路向好。借助大数据，准确锁污，精准治污，全力保障空气质量。冬奥会、冬残奥会期间，强化督察检查、加大执法力度，特别是动态执法，常态执法，举报执法，多措并举，为提升大气质量保驾护航。

此外，朝阳区智慧环保项目和延庆智慧环

保项目中科宇图作为技术支撑单位充分运用物联网、大数据、云计算等先进技术手段承建了其中多个体系。冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图环保管家团队基于延庆智慧环保平台的建设，联合延庆生态环境局开展了延庆区的大气污染防治第三方咨询服务，为持续提升区域生态质量、服务冬奥会提供优质环境保障。

**Q：和冬奥合作的过程中，有哪些合作中的故事？您如何评价此次合作？**

**姚新：**2017年前，亚运村区域的空气质量在北京市朝阳区43个街乡排名中一直很靠后，曾经连续几个月甚至是倒数前三。

从2017年9月开始，中科宇图连续5年为亚运村街道提供了量身定制的“精准治霾”服务方案。方案实施后，每年排名都有大幅提升，2018年至2021年每年PM<sub>2.5</sub>浓度都在全区43个街乡中排在前10名以内。这表明，尽管这区域的空气质量受到周围空气环境污染的影响，只要通过有针对性地精准服务方案，空气质量就可以做到明显的改善。

每座城市情况不同，但通过大数据分析，中科宇图基本上可以真正找出这座城市空气质量不好的病根所在。针对环境应急事件，中科宇

图精准治霾服务就能够根据当下的具体情况，给出一套合理的解决方案，可以协助高层决策，提高应急响应效率，减少损失。

**Q：公司所处行业的科技创新思路以及发展设想？**

**姚新：**为了更好地实现高质量发展，中科宇图将从3个方面继续延展“科技引领”设想。

一、创建城市环境大脑 打造生态智慧城市  
从技术的角度、从建设环境大脑的角度，中科宇图提出数据驱动、科技赋能、业务流程再造的设计思想。同时，考虑业务、数据、架构三个层面的顶层设计，着力构建城市环境大脑的“两个中心”，即城市环境大脑数据中心与城市环境大脑运营中心来解决生态环境管理主要问题，实现顶设穿透、融合共享、科技赋能、流程再造的目标。

二、加强资源有效整合，推动科技创新成果转化

借助社会科研院所多、跨国企业多、大型企业多、高新企业多等特点，整合优势资源，推进科技成果转化，依靠科技创新，驱动高质量发展。

深耕在人工智能领域、智慧应用领域、场

景建设领域等一系列建设构想。比如，在智慧应用领域开展“城市管理大脑”、“城市经济大脑”、“城市安全大脑”专项主题建设。比如，在场景建设领域推动人工智能、5G、物联网、大数据、区块链等创新技术与城市管理、政务服务、科技冬奥等领域深度融合。

三、把生态环境建设放在突出的战略位置，着力推动“蓝天、碧水”工程

一方面，要用精准治霾的观念，大抓“蓝天工程”。

中科宇图以“服务生态环境、改善环境质量”为宗旨，重视环境数据挖掘与模型分析能力建设，在北京、河南、陕西、湖南、湖北、广东、江苏等多个省市落地近50余个大气咨询管理项目。

另一方面，紧抓契机，打造水污染防治从“技防”向“智防”转变。

要想更好地落实好科学治污、精准治污，就要实现水环境管理由“技防”向“智防”转变。

2020年中科宇图承建了开封市全流域水环境质量监测监控系统项目，项目于2021年6月通过专家验收。不仅建设了五大智慧系统，还开发了开封环保通APP，可在手机上随时查看各类环境信息，真正实现了从“技防”向“智防”的迈进。同时开封作为试点已将工业企业视频监

控系统接入到生态环境部。

## Q：公司接下来还有哪些战略发展？

**姚新：**在新一轮市场机遇中，中科宇图提出“黄河一号”卫星星座建设计划的战略性决策，计划未来4年内发射6颗遥感卫星，主要类型为亚米级全色+多光谱+热红外+激光雷达+高光谱载荷卫星。我们将利用“黄河一号”为黄河流域及沿岸城市提供生态环境、自然资源、智慧城市、水利等方面的数据共享、分析、定制服务的同时，也可获取全球的高分辨率遥感观测数据。◆

## 《融资中国》专访

# 智能大气精准调控平台 IPP-AIR

“大数据监测+智能化分析+网格化巡查”  
一体化服务



# 中科宇图生态保护红线监管平台助力 三省守好环境“生命线”

划定并严守生态保护红线，功在当代，利在千秋。十八大以来，习近平总书记多次就划定并严守生态保护红线做出重要批示，明确指出生态保护红线是国家生态安全的底线和生命线，不能突破。

2019年，为实现西藏、福建、黑龙江省生态保护红线常态化监管，及时预警生态风险和发现破坏生态保护红线行为，中科宇图科技股份有限公司开发承建了“西藏、福建、黑龙江省级生态保护红线监管遥感应用系统”，并于2022年04月通过验收，该项目包括两个方面的重点工作：

一是构建生态保护红线综合监管系统数据库。实现对卫星影像、矢量数据、外业数据、文档视频等多类型数据的存储、分发和备份。结合省级有关部门和地方现有的监测站点，查漏补缺，建立标准统一、能力一致的监测网络体系，快速、准确、实时获取生态保护红线的监测数据，实现红线监管的实时化与信息化；

二是建设生态保护红线监管平台。加强与其他部门监测监管网络的互联互通，通过“互联网+”、大数据等技术手段，整合各类监测数据，实现生态保护红线监管中各类数据的可视化。



## 生态保护红线综合监管系统数据库

针对生态保护红线监管业务和管理需求，整合和集成监管工作所需的生态保护红线划定成果数据、自然保护区边界数据、基础地理信息数据、多源卫星遥感数据、地面观测核查数据等各种基础数据，同时集成各类生态保护地的空间分布、人类活动分布信息等专题数据。

生态保护红线综合监管系统数据库的支撑下，监测人员开展综合评价、分析，实现生态保护红线监测、评估和管理的业务化运行，保障生态保护红线监管系统的正常运行，保障相关数据的安全，有效提高区域内生态保护红线管理决策科学化水平。

## 生态保护红线监管平台

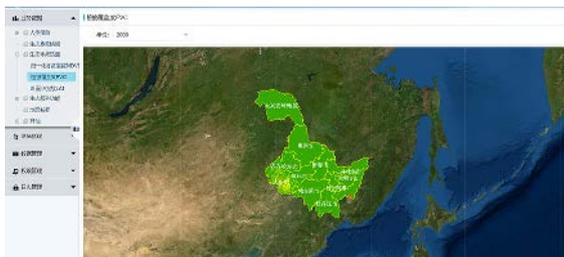
完成红线信息综合管理 & 展示系统、生态保护红线综合监管系统、生态保护成效与评估系统、移动核查系统等 11 项子模块的研发工作。在对红线信息管理与浏览的基础上，实现对生态保护

红线区人类活动、生态系统、生态参量及其变化的综合监管与评估，并以移动核查系统为支撑，保证信息真实。



### 红线信息综合管理 & 展示系统

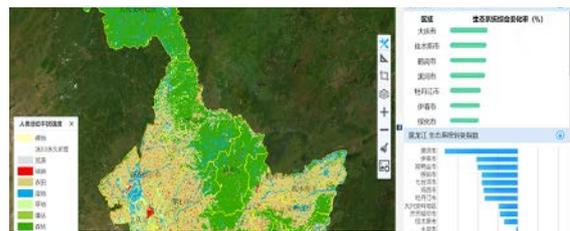
具有红线数据综合查询、红线数据多维展示、数据库管理等功能，为图像的管理、发布、显示、检索查询、下载等业务提供底层技术支持。系统通过统计结果的多样化展现和生态保护红线监管成效的综合评定，确保监管面积不减少、用地性质不改变、质量不降低、服务功能不下降，有效服务生态保护红线综合监管，支撑红线监管人员的业务分析及决策。



### 生态保护成效与评估系统

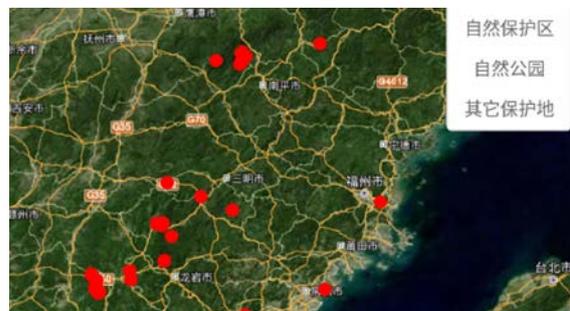
通过监管面积变化指数、人类活动干扰指数变化、生态系统综合变化率等模块数据分析，对红线区范围内生态保护成效进行综合评价和

分析服务，系统按照数据库中现场监管核查任务、核查区域、核查人员等信息进行空间展示，从空间维度分析区域内人类活动的基本情况、整改情况、审批情况等，通过对比发现核查过程中的薄弱环节，利用分析指标，综合反映核查情况，为领导决策提供依据。



### 移动核查系统

根据红线监管业务需要，实现对红线内疑似违法违规问题线索进行核查取证，进行信息采集和核查信息提交。基于基础的移动 GIS、定位导航、照相及信息采集等功能，同时通过生态保护红线、自然保护区的相关边界和人类活动监测等业务数据的同步功能，支撑地面核查人员，实现人类活动实地核查、信息采集与数据同步等移动核查任务。◆



# 提升城市“智治力”！中科宇图生态环保 大数据平台赋能襄阳环境智慧监管

生态文明建设，离不开现代科技力量的支撑，在生态环境督查日益严格并成为常态的形势下，做好生态环境治理工作需要采取更先进的手段。为此，中科宇图联合襄阳市生态环境局一同搭建了襄阳市生态环保大数据项目，并于2021年11月4日通过专家评审，顺利完成验收。襄阳市生态环保智慧化征程，就此拉开帷幕。

襄阳市生态环保大数据项目是中科宇图充分利用移动互联网、云计算、物联网、大数据、GIS、遥感监测等应用及分析技术，以“智慧环保”为核心，基于“环保一张图”理念，汇集大气环境、水环境、污染排放的实时监测数据，运用多源数据融合分析和智能算法技术进行数据的挖掘应用，构建“天空地一体化”全方位、多层次、广覆盖的环境监测监控体系。通过数据纵向、横向及内部数据的汇集，实时预警大气环境、水环境、污染源超标情况，及时对问题进行分发办理、反馈和销号，形成部门协同办理闭环机制，实现人类社会与环境业务系统的整合，以更加精细和动态的方式实现环境管理和决策，以科技助力襄阳生态文明建设绿色高质量发展。

## 智慧环保“天网”监测

构建了6台标准空气质量监测站、6台微型水质自动监测站、120台大气网格化微站。接入全市国控、省控标准空气质量监测站，以及国控、省控微型水质自动监测站、空气质量超级站和空气质量边界站的数据。同时，通过无人机航飞、激光雷达扫描、颗粒物 & VOCs 手持式监测仪器等科技手段，实现辖区全方位、无盲区的环境监管体系。

## 打破“信息孤岛”构建大数据平台

接入包含工业、农业生活以及污水处理等几千家污染源数据。基于智慧襄阳“华为云”大数据中心，建设生态环保大数据资源中心。规范

统一数据组织、整合、存储、访问、交换及发布标准，理清海量环境管理数据内在关联，实现数据整合、集成、存储、管理、服务与查询，解决数据分散存放、不一致、难以共享的问题，彻底消除“信息孤岛”，纠正数据自身的问题，形成环境数据中心和业务系统的“一对多”关系，为平台提供数据支撑。

## 热点溯源，靶向治理

建设了水环境污染分析管理平台、大气环境质量监测系统、大气网格化管理系统、空气质量预报预警系统、环境信访管理系统、行政处罚系统及生态环境数据可视化平台等，通过建设的“一个中心、两个应用、三个门户、四个平台”，

实现智能预测预警和污染的定向溯源。可有效提高政府环境治理规划、污染物减排目标及最优路线图制定的决策水平，推动产业结构调整，为政府提供极具价值的支撑与量化决策依据。实现环境管理集成化，业务办公智慧化。



### 水环境管理平台

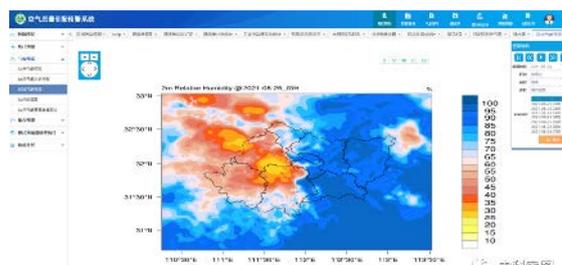
通过一张图实现了对襄阳水环境的全面监控，针对污染源水质在线数据、排污口数据及水环境质量在线监控数据，进行超标状况预报预警；实现专题数据展示、污染物溯源。

### 大气预警及防治决策管理平台

包含3大子系统：空气质量预报预警及决策支持系统、大气网格化监测监管系统与大气环境质量监测系统。平台主要通过大气环境质量监测系统，全面了解襄阳市空气质量现状；利用空气质量预报模式进行空气质量的预报预警，分析大气污染成因找出污染源，为重污染天气的应急管控提供决策支持。再通过大气网格化监测监管系统，全面展示重点污染源点位信息，同时在地图上实时展示空气微站等环保设施和人员动态。

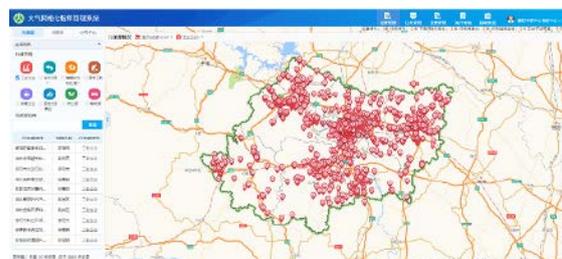
### 空气质量预报预警系统

利用大气监测数据、源清单数据、气象数据使用 CMAQ、CAMx 模型对未来七天空气质量情况预报，生成预报结果数据。集成模式预报结果、污染源分析、大气条件分析等信息，对预报员预报提供参考，实现预报会商。



### 大气网格化指挥管理系统

主要是利用微型站的监测数据，掌握污染源清单，明确网格化环境监管责任。促进环境数据整合，为综合研判提供决策支撑；构建 GIS 监管平台，建立精细化监管体系。



### 大气环境质量监测系统

结合 GIS 一张图，展示监测站点分布情况以及各监测设备空气质量和常规污染物监测情况，直观看到各区域的空气质量，做到及时预警、及时管理。

## 生态环境数据可视化平台

实现对污染源数据、污染排放数据、环境质量数据、各类业务数据的可视化及综合分析。借助 GIS 平台的专题分析能力，实现对专题数据的制作和管理，并按照行业、区域、污染源类型等分类对数据进行专题展示，发挥了“领导驾驶舱”作用，为领导提供各种治理指导措施。



## “互联互通”一网统管

通过网格化系统与 APP 结合的方式，将数据接入襄阳“一网统管”系统中，形成“一网管全城”的城市污染治理新模式，达到污染事件全程闭环处理流程，实现及时有效的跨部门协同处理。运用 APP 的移动、实时、实地的拍照核查，不断完善污染源清单，实现全市污染源“透明化”；通过网格化精细管理，将污染问题快速对应到相关责任人，形成“事找人”的高效督办城市污染管理体系。

目前，该项目已建设完成并顺利投入使用，

襄阳生态环境持续向好，2021 年全市 PM<sub>10</sub> 均值 68.1 微克 / 立方米，同比下降 19.0%；PM<sub>2.5</sub> 均值 52.3 微克 / 立方米，同比下降 13.3%；优良天数 274 天，同比增加 45 天，优良率 74.9%，同比增加 12.2%。全市国考、省考断面及县级以上集中式饮用水源地水质达标率保持 100%。



良好的生态环境是美好生活的前提和基础，也是高质量发展的底线和支撑。未来，中科宇图还将继续为襄阳市委市政府、襄阳市生态环境局带来从软件技术、专家咨询到智慧环保等多样服务，以创新科技为助力，为襄阳生态文明建设作出更多绿色贡献。◆



## 中科宇图全流域水环境质量监测监控系统 守护古城蓝天碧水，建设生态美丽开封

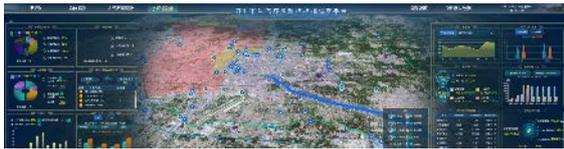
开封市是黄河流域最重要城市之一，素有“一城宋韵半城水”的美名，开封因水而美丽，千种韵致，万般风情，八荒争凑，万国咸通。开封这座城，因黄河而兴，所有的繁荣，皆由河而来，是著名的北方水城。

2020年，由于屡遭水患、水资源开发利用不合理等诸多因素影响，水源不够、水量不足、水工程不多等问题成为制约开封市经济高质量发展的“水瓶颈”。为切实践行习近平生态文明思想，推动开封高质量发展，在“一渠六河”黑臭水体治理工程的契机下，开封市生态环境局联合中科宇图科技股份有限公司共同打造了“全流

域水环境质量监测监控系统项目”，并于2021年06月顺利通过专家验收。该项目结合了物联网、云计算、大数据、人工智能等先进技术，以“一渠六河”、“十河十湖”、城市集中式饮用水水源地为重心，围绕持续完善水环境治理监管体系，创新水污染治理和水环境保护体制机制，构建了全流域水环境质量监测监控系统。为打造开封水生态文明建设先行区，提供技术支撑。

“开封市全流域水环境质量监测监控系统”依据强化科技支撑的原则，利用现代信息科技手段，在开封市智慧城市建设的整体框架内，把开封市“一中心四平台”作为基座，以服务于水生

态、水环境根本治理和有效管控为目标，构建智慧环保监管体系。充分发挥现代科技的威力，以“用数据说话、用数据决策、用数据管理、用数据创新”为目标，拓展并提升大气、土壤等相关环境监管能力，在智慧环保框架内，实现全市水环境以及其它相关环境治理和管控的科学化、精准化、法制化、智能化。



## 生态环境大数据体系

将生态环境大数据体系的建立作为支撑开封市水环境管理科学决策的重要手段，通过现代智能分析技术和模型技术实现“用数据决策”。通过大数据分析技术多维深度挖掘环境数据，用大数据支撑整体生态环境形势综合分析、分析污染物排放状况，对环境管理问题精准定位，实现水污染来源的监管和污染物的风险管控；围绕水环境管理支撑环境质量评价、风险评估、预测预警、政策措施制定与实施评估大数据应用分析；促进生态环境综合决策科学化，提升环境保护参与经济发展与宏观调控的能力。

## 水环境监测监控

完善水监测监控网，实现立体监管，及时、精准发现水环境问题，实现从“技防”向“智防”转变。根据当前开封市水环境监控、监测的实际需求，考虑现有监测监控布点情况和工业企业、集中式污水处理设施分布情况，以全市水环境全

流域覆盖为目标，依托第四代智能视频监控技术和水质监测技术，合理进行规划布点，重点满足“一渠六河”“十河十湖”黑臭水体的管控和全市水域的管理需求。整合已建的国控、省控、市控监测站点和饮用水源地、污水处理厂、涉水工业企业的监测监控资源，实现全市水环境监测一体化全覆盖，形成开封市水环境监测监控布点全面、数据互联、智能识别、自动预警的“一张网”体系。通过智能图像识别技术和大数据分析技术，能够精准识别水体当前问题并能启动任务处理程序，实现水环境监管从技术管理向智能管理转变。



## 构建智能应用

实现水环境监管的可视化，提升任务处置效率，形成水环境管理工作闭环。以任务为驱动，构建水环境监管从“问题识别—任务派发—处置跟踪—绩效考核”的全闭环管理体系。以水环境地理信息基础平台为基础，汇集水环境视频监控数据、预警预报数据、水环境质量目标考核、水环境决策分析等数据，建立水环境管理一张图，实现水环境监管挂图作战。利用大数据和智能分析技术，实现智能化应急决策和指挥调度，以彻底“打赢碧水保卫战”为目标，利用“互联网思维”和大数据技术和模型技术，建设“能发现、能追溯、能决策”的水环境质量目标管控应用，

实现水污染防治指挥调度、水环境应急指挥、水环境决策分析等全业务覆盖。

### 智慧环保体系

以实现开封市全流域水环境质量管理为基础，构建智慧环保体系，实现用数据管理，促进以水环境环境管理为核心的生态环境监管精准化。将智慧环保和生态环境大数据资源体系的建立作为创新水环境监管方式的重要手段，实现“用数据管理”。充分运用大数据技术，围绕开封市全流域水环境质量监测监控管理，进一步在智能环保框架内，整合大气、土壤、噪声等环境监控、监测数据资源和应用系统，提升生态环境综合服务和决策能力；集成工业企业、施工工地、污染源监测监控数据、环境质量监控数据、“天眼”监控数据、用电监管数据等，利用大数据技术进行数据的横向融合贯通、纵向挖掘分析，达到生态环境要素信息数据资源的整合、共享。促进大气、土壤等生态环境管理数据在全市范围的共享应用。



### 污染防治监测监控调度平台

依托开封市“一中心四平台”指挥体系，有效整合了环境空气质量、蓝天卫士、工地扬尘、渣土车管理、工业企业视频监控、用电监管、重点污染源管理七大系统，利用融合分析思维，将

空气质量和蓝天卫士深度结合，有的放矢进行巡查。形成了发现问题统一推送、交办、调度、反馈的闭环化监管模式。同时，构建了环境污染问题“一单三交办”工作模式，通过网格员微信群实时交办、一中心四平台自上而下交办、形成问题报告单转市攻坚督查组督办，达到处置高效，整改到位的效果。

自项目运行以来，共累计巡查发现问题 28955 个，印发巡查通报 499 份，有效提高了企业治污自觉性和履行治污主体责任的能力，助力开封环境空气质量实现“七降一增”，优良天数增幅在全国 337 个城市中排名第 8 位，全面完成“十三五”各项目标任务。2022 年北京冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图全流域水环境质量监测监控系统共巡查交办解决各类环境问题 1650 个，印发技防专报 43 期，助力开封市圆满完成空气质量联防联控目标任务，项目运维团队更是受到开封市污染防治攻坚战领导小组办公室的高度表扬。



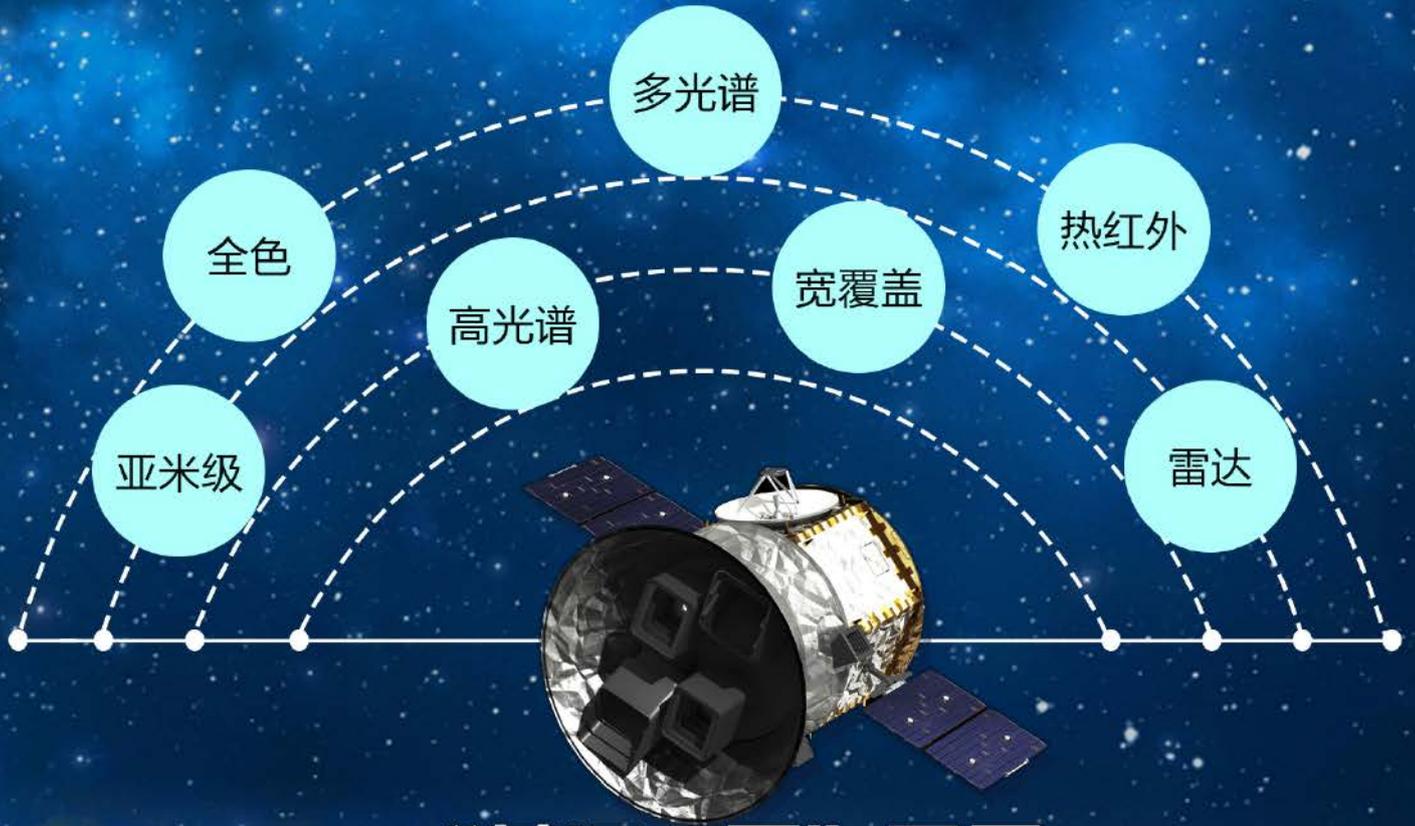
### 开封环保通 APP

构建移动应用系统，APP 包含环境掌上地图、任务提醒、水环境、大气环境、用电监管、视频监控、重点污染源等相关的模块，实现环境保护动态监管，及时执法，促进内部管理高效化。



# 黄河流域生态环境大保护专属卫星

—— 专注于卫星运营与遥感应用服务 ——



## “黄河一号” 卫星

自然资源

农业农村

智慧城市建设

生态环境

水利

星座互联网

城市专属卫星

定制服务



## 加强和规范排污口监督管理 中科宇图助力把好入河入海“闸门”

日前，国务院办公厅颁发了《关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》（国办函〔2022〕），以改善生态环境质量为核心，深化排污口设置和管理改革，建立健全责任明晰、设置合理、管理规范、长效监督管理机制，提出排污口“查、测、溯、治、管”的改革举措，对有效管控入河入海污染物排放，不断提升环境治理能力和水平，建设美丽中国具有重要意义。

为配合推动生态环境监管新格局的构建，坚持精准治污、科学治污、依法治污理念，积极推动排污制度改革。早在2020年，中科宇图科技股份有限公司利用企业自身在空间遥感技术与生态环境业务研发方面优势，形成完整入河入海排污口遥感智能排查生产能力，完成“入河、入海排污口信息管理系统”研发工作。至今，中科宇图打造的“入河、入海排污口信息管理系统”已经在长江及黄河一二级支流及其它流域部分省市排污口的排查中得到广泛应用，为未来七个流域干流及重要支流、重点湖泊、重点海湾排污口建立体系完备、技术成熟、管理高效的排污口监督管理制度提供了科技支撑。

中科宇图“入河、入海排污口信息管理系统”是依据“查、测、溯、治、管”的改革思路，利用卫星、无人机、无人船、智能视频识别等技术，结合网格化日常巡检、在线监测数据等手段发现



排污口存在问题；监测预警系统将分析得出的预警信息和智能识别出的精确信息推送到巡查系统中，并下达定向巡查任务；巡查人员对现场核实确认、水质采样、照片取证并将数据上传系统，系统将利用在线监测数据、现场的采样数据，通过模型分析，实现污染源溯源；依据溯源结果，利用挂图作战“一张图”对相关入河排污口和污染源采取专项整治行动，并对专项整治的过程和结果进行监管。

### 查 采用“三级排查”方式

在人工排查基础上利用卫星遥感、无人机航拍、无人船监测以及智能机器人探测等方式对区域内工业废水排污口、生活废水排污口以及所有直接、间接排放的各类排污口采用“三级排查”方式，做到“有口皆查、应查尽查”。

#### 一级排查：无人机排查

利用无人机可快速获取高分辨率影像的优

势，实现大陆、岛屿海岸带、入海河流、工业集聚区、城镇集聚区、港区、滩涂、湿地等大面积排查工作，排查范围可延伸至江（河、海）岸线2-5公里。根据区域内不同地势特征，派遣不同类型的无人机提高排查工作效率，例如：电动旋翼垂直起降无人机（适用于河流弯曲度大，飞机机动灵活，携带方便）、多旋翼无人机（通过搭载红外相机适用于水下暗管的排查及疑似排口的确认）、电动固定翼垂直起降无人机（适用于面积较大，河流弯曲度小，工业聚集区及城镇聚集区等）。



## 二级排查：人工排查

根据无人机高清影像识别后提供的排污口分布图对疑似排污口进行人工现场核实确认；确认疑似排口、排口来源信息登记、核实排口来源；统计排口数量及分布情况，进行记录归档。

## 三级排查：机器人重点攻坚

对无人机影像图上沟、桥、涵洞等人员无法到达或水下区域，利用机器人对桥梁和涵洞下发进行排查，根据机器人拍摄结果寻找和统计排口信息。



## 测 “边排查、边监测”

为区域制定完善的入河入海排污口监测计划，监测区域内排污口的水质情况、污染物种类，以及当前的排放情况。摸清掌握区域内各类排污口的分布及数量、污水排放特征及去向、区域内排污单位基本情况等信息。



## 溯 “谁污染、谁治理”

对监测发现排污问题突出的排污口进行溯源，通过对水质模拟、水质监测断面、遥感反演、水文降水等数据进行数据融合及多元统计分析

处理，查清污水的来龙去脉。逐一明确排污口责任主体，建立责任主体清单。



### 治 “一口一策” 原则

在排查、监测、溯源的基础上，按“一口一策”工作原则，将排查发现的各类入海排污口统一编号，整合建立全口径的入海排污口名录，全面掌握入海排污口的数量和分布。逐一明确入海排污口整治要求，分类推进入海排污口规范整治，有效管控入海排污量，确保入海排污口水质逐步改善。实施入海排污口整治销号制度，整治完成一个、销号一个。在此基础上，健全和完善入海排污口管理信息系统，实现可视化管理。总结入海排污口排查工作经验，形成相关工作程序和规范，对国家允许排放的排污口进行智能化监管，包括：基础资料收集及对比方式方法，排查工作技术方法应用原则及具体要求，无人机、无人船和人员现场勘查注意事项及工作程序等各类程序方法。

### 管 建设信息平台

配合地市级、县级人民政府根据排污口类型、责任主体及部门职责等，落实排污口监督管

理责任，与水利等相关部门分工协作，发现问题及时通报有关单位。建立排污单位、排污通道、排污口、受纳水体等信息平台，提升排污口信息化管理水平。同时对入河、入海排污口进行“一口一档”日常管理，并通过数据综合分析为排污口精细化管理提供技术支撑。



截止到目前，中科宇图“入河、入海排污口信息管理系统”已在国家科技支撑计划、十二五水专项、十三五水专项中成功应用；同时，在安徽、河南、内蒙等多个省市中应用。未来，中科宇图将继续加强科技研发，开展各类遥感监测、水面航测、水下探测、管线排查等实用技术和装备的研发集成，为完成排污口排查整治任务提供保障。将继续深入开展排污口管理基础性研究，分析排污口空间分布及排放规律对受纳水体水质的影响，识别输入输出响应关系，推动区域构建“受纳水体—排污口—排污通道—排污单位”全过程监督管理体系。◆

## 中科宇图“臭氧强化高效富氧设备” 致力于黑臭水和劣V类水治理

近几年，随着国内城市黑臭水体综合整治工作的开展，整治效果逐渐体现，但也出现了治理后水质不稳定，黑臭现象反复的问题。研究表明，该问题主要与内源污染物的微生物降解和外源污染物的输入有关，因此，实现长效治理除应保证外源污染得到有效控制外，内源污染治理及治理后水环境的生态修复成为关键。

磷、氮是极其常见的污染物之一，绝大多数的废水都含有或多或少浓度的磷、氮。普通废水只需要经过传统的生物法处理即可将磷和氮的含量降低到标准浓度。而特殊行业的废水，有的会排放出成分复杂的有机磷、氮，由于处理设施的负荷设计有限和氮素等对微生物的毒害抑制作用，传统的生物法已经无法处理此种废水。针对此类黑臭水体有机氮磷污染成分复杂、溶解氧含量低、水体流动性差的特点，中科宇图自主研发的“臭氧强化高效富氧设备”是一套具有自动化控制功能的催化氧化污水处理设备。该设备是对原有“高效富氧设备”进行升级，在高效富氧技术将水与纯氧充分融合，并在高速的旋转切割作用下将氧与水的流体混合物切割成为分子，形成细分子化超饱和溶氧流体的基础上，通过利用空气中的氧气经高压放电产生臭氧，对河道内难于生化的大分子进行氧化，臭氧产生的羟基自由基具有极强的氧化能力，能将水体中的有机物和还原性无机物氧化，同时臭氧分解产生了氧气，也会增大水体的溶解氧浓度，可有效对高含量有机磷、氮等污染成分进行预处理，提高水体的可生化性，实现水体COD、氨氮、总磷的降低。该设备先后在北京朝阳区孙河、广东阳江高排渠和孟州（滩区、蟒改河、老蟒河）等地区运维应用。



对河道内难于生化的大分子进行氧化，臭氧产生的羟基自由基具有极强的氧化能力，能将水体中的有机物和还原性无机物氧化，同时臭氧分解产生了氧气，也会增大水体的溶解氧浓度，可有效对高含量有机磷、氮等污染成分进行预处理，提高水体的可生化性，实现水体COD、氨氮、总磷的降低。该设备先后在北京朝阳区孙河、广东阳江高排渠和孟州（滩区、蟒改河、老蟒河）等地区运维应用。

## 臭氧作为高效处理方法的原因：

●臭氧具有强烈的杀菌消毒的能力。实验证明，当水中的臭氧浓度达到 0.3 ppm 以上时，便具有强烈的杀菌消毒效果。

●臭氧具有强烈的氧化性。可以把水中的有机物氧化，降低水体的 COD。也可以把有色有机物氧化成无色物质。

●臭氧可以氧化水中的某些无机物，如氨、亚硝酸盐、硫化氢等具有还原性的物质。将氮化合物氧化成高电位的物质如硝酸盐。

●臭氧在水中作用后无有害残留。分解后的唯一物质是氧气，对水体有增氧作用。

臭氧氧化有着很多优势，但是也存在水体中溶解度低、稳定性差、效率较低等问题。臭氧是一种强氧化剂，但氧化反应具有选择性，对于化学结构十分稳定的难降解有机污染物，处理效果并不理想。中科宇图“臭氧强化高效富氧设备”通过臭氧催化技术能克服臭氧分子选择性氧化不饱和有机物且对有机物矿化不彻底的弊端。利用臭氧在特定催化剂的作用下产生氧化反应，使其具有比臭氧分子更强的氧化能力，可快速氧化分解污水中大量有机污染物，从而提高水体和底泥的含氧量，改善供耗氧失衡问题，去除沉积物中的致黑物质，使底泥颜色恢复至正常的黄褐色，对黑臭水体和底泥修复有较好效果。

同时，“臭氧强化高效富氧设备”氧化能力强、无二次污染、臭氧浓度高，具有“高效富氧、协同氧化、催化强化”的特点。通过已有二塔工艺制备所得纯氧作为臭氧反应物来源，避免污染物的引入；筛选催化

剂，优化臭氧催化氧化反应器，最大程度的降低臭氧和反应物的活化能，提升臭氧的有效利用率；缩小设备产生的臭氧气泡直径，提高臭氧在常温、常压条件下在水中的浓度；安装过滤器或反冲洗设施，避免悬浮颗粒物对催化剂造成堵塞，减小催化剂阻力；采用分段组装，设置人孔、卸料口等，便于装填和更换催化剂，根据具体水源状况和处理能力自由组合多个单塔串联工作；加载自动化控制系统，实现实时查看工况、远程数据调阅等功能。◆



# 温县大气污染特征及气象因素分析

黄智磊 王振楠 张玉娜 边帅鹏 王荣基 王文亮

(中科宇图科技股份有限公司, 北京市 100101)

**摘要:** 利用 2017~2020 年温县大气环境质量监测数据和常规气象观测数据, 分析主要污染物及其与气象因子的关系, 结果表明: 2017~2020 年温县空气质量整体以良为主, 2019 年起空气质量趋于转好, 首要污染物以  $O_3$ -8h、 $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  为主,  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  质量浓度冬高夏低, 峰值出现在 1 月或 11 月; 而  $O_3$  则是夏高冬低, 峰值出现在 6 月或 8 月,  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  和  $O_3$  的日变化特征也较为明显。 $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  质量浓度与温度和降水存在显著负相关性, 与气压存在显著正相关性, 还与相对湿度呈不同程度的负相关, 但与风速相关性不显著;  $O_3$  浓度与温度存在显著的正相关, 与气压呈显著的负相关, 与降水、风速的负相关性不显著。潜在源贡献因子分析法 (PSCF) 结果表明郑州区域对温县  $PM_{2.5}$  的影响较大; 浓度权重轨迹分析法 (CWT) 结果表明安阳、鹤壁、郑州、开封和新乡及河北南部对温县  $PM_{2.5}$  的影响较大; 两种计算方法下短距离传输的值明显高于长距离传输, 表明短距离传输对温县  $PM_{2.5}$  浓度的影响更大。

## 1 前言

随着我国经济持续高速发展, 能源消耗增加, 废气、烟尘排放量不断增加, 大气污染较为严重, 对人体健康、社会经济、生态平衡和气候变化均产生不利影响<sup>[2]</sup>。近年来, 国内关于大气污染的研究较多, 发现空气质量与气象条件关系密切, 气温、风向、风速、降水、相对湿度等气象要素对污染物浓度变化均具有一定的影响<sup>[7]</sup>。赵敬国等<sup>[8]</sup>研究兰州市城区空气污染情况以及与气象条件分析, 发现降水、相对湿度和风速对兰州市的空气污染状况有显著影响。张宝贵等<sup>[9]</sup>研究分析秦皇岛市的城市空气污染物浓度变化与气象条件的关系发现气压、风速和降水与空气污染指数的相关性最大。与此相关的研究成果还

有许多, 这不仅丰富了大气污染研究内容, 也推进了这一领域研究进程。但是以往的研究都集中于地级市, 对县域空气质量与气象关系研究较少。为弥补当前对县域城市空气质量与气象因素关系认识的不足, 本文选定县域城市温县为研究区。

温县地处豫北平原西部, 南滨黄河, 北依太行, 属北温带大陆性季风气候, 四季分明。为了深入探讨温县大气污染变化特征及气候条件对污染物扩散的影响, 本研究采用 2017~2020 年温县省控空气质量自动监测站的常规空气质量数据, 分析温县大气污染物的浓度水平和污染特征, 评估该地区的空气质量状况, 并结合气象参数分析气象条件对空气质量的影响, 为了进一

步研究城市区域间的传输影响，基于后向轨迹模型，利用潜在源贡献因子分析法（PSCF）和浓度权重轨迹分析法（CWT）综合分析温县大气中首要污染物 PM<sub>2.5</sub> 的潜在污染源区，以期为温县大气环境的治理提供有效的科学依据。

## 2 资料与方法

### 2.1 数据来源

本研究选择的 2017~2020 年温县主要大气污染物 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 和 O<sub>3</sub>-8h 质量浓度数据来自河南省城市环境空气质量自动监控系统 (<http://10.41.100.77:8081/hnhb/index.html>)，温度、湿度、气压、风速和降水量的气象数据来自中国气象数据网 (<http://data.cma.cn>)，后向轨迹模型所用的气象数据来自美国国家环境预报中心（NCEP）的全球资料同化系统（GDAS）气象数据 (<ftp://ftp.arl.noaa.gov/pub/archives/gdas1>)。

### 2.2 研究方法

在分析过程中，对全年按气候学定义进行季节划分，即 3~5 月为春季，6~8 月为夏季，9~11 月为秋季，1~2 月、12 月为冬季。本文采用统计分析方法对温县大气污染物的日、月质量浓度变化情况进行分析，采用 Pearson 相关系数计算主要大气污染物浓度与气象条件的相关关系，运用 PSCF 和 CWT 分析首要污染物 PM<sub>2.5</sub> 的潜在源区分布特征，以温县环境空气质量监测站（34.94° N，113.08° E）为受点，计算起始高度设置为 500 m，对温县 2017~2020 年冬季（12 月至次年 2 月）的 24 h 后向轨迹进行计算，将 HYSPLIT 计算的气团轨

迹区域网格化，分辨率为 0.5° × 0.5°，PM<sub>2.5</sub> 阈值设定为各年冬季的均值。数据处理分析使用 Excel2019、Origin2019、MeteoInfo2.4.0 等软件。

## 3 结果与讨论

### 3.1 温县大气污染特征

#### 3.1.1 空气质量等级分布与首要污染物占比分析

由图 1 可知，2017~2020 年温县空气质量整体以良为主，轻度污染次之，2018 年较 2017 年优良天数减少，污染天数增加，空气质量恶化，2019 年起优良天数逐年增加，污染天数逐年减少，空气质量趋于转好。

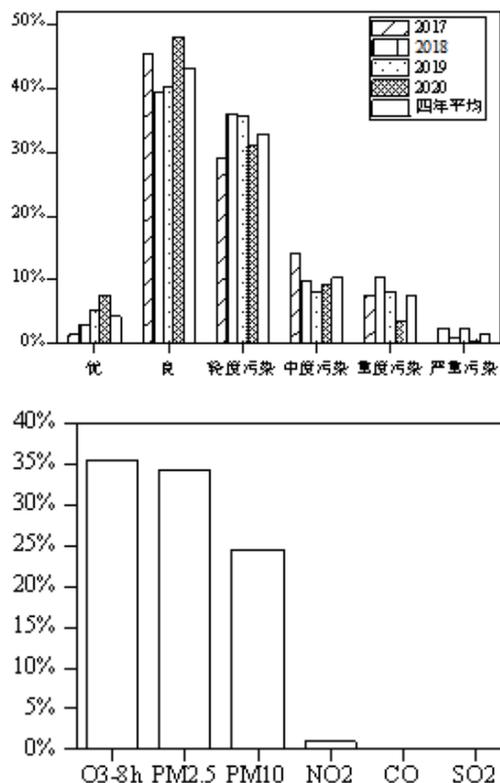


图 1 2017~2020 年空气质量等级分布及首要污染物占比

温县开展长期监测的大气污染物有  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $O_3$ 、 $SO_2$ 、 $NO_2$  和  $CO$ ，每种污染物对大气污染的贡献不同，作为首要污染物出现的频次也不同。如图 1 所示，2017~2020 年温县空气污染的首要污染物占比从大到小依次为： $O_3-8h$  (35.5%) >  $PM_{2.5}$  (34.3%) >  $PM_{10}$  (24.5%) >  $NO_2$  (1.0%) >  $CO$  (0.1%) >  $SO_2$  (0.0%)，因此，后续内容仅分析对环境空气质量影响较大的  $O_3$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  三种首要污染物的变化特征及其与主要环境气象因子之间的相关性。

### 3.1.2 大气污染物浓度月变化

图 2 展示了 2017~2020 年温县主要大气污染物浓度的月度变化，从温县 2017~2020 年主要大气污染物年度变化趋势来看，2017 年  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $O_3-8h$  均值为四年来最高，2018 年  $O_3-8h$  峰值明显下降，2019 年  $PM_{10}$  同比明显改善，2020 年各污染物浓度均值、峰值均为四年来最低。温县 2017~2020 年主要大气污染物呈现明显的季节差异， $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  整体表现为冬高夏低的变化特征，冬季  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  的平均质量浓度分别是夏季的 2.2、2.3、2.5、1.8 和 3.1、3.1、4.4、3.4 倍，可以看出温县细颗粒物  $PM_{2.5}$  的季节变化特征显著高于粗颗粒物  $PM_{10}$ ，月均浓度变化趋势大体相似，均呈单峰“U”型分布， $PM_{10}$  除 2018 年最高值出现在 11 月外，其余年份均出现在 1 月， $PM_{2.5}$  最高值则均出现在 1 月， $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  最低值出现在 7 月和 8 月，造成颗粒物污染季节差异的原因可能是供暖期间燃煤量大幅增加，使  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  质量浓度急剧上升，加之冬季气温低，易出现静

风和逆温现象，导致颗粒污染频发，而夏季气温高，大气对流活动加强，有利于大气污染物的扩散，降水量充足，对大气污染物也具有较好的清除作用<sup>[10]</sup>。 $O_3-8h$  的变化特征与  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  相反，最高值均出现在夏季，月均浓度变化呈现单波峰倒“U”型，最高值均出现在 6 月和 8 月，最低值出现在 1 月和 12 月，是因为夏季太阳辐射强度大、气温高，有利于光化学反应生成臭氧<sup>[11]</sup>。此外 2020 年 2 月  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  浓度环比明显下降，与疫情防控期间许多社会生产活动强度下降，污染排放强度降低关系密切。

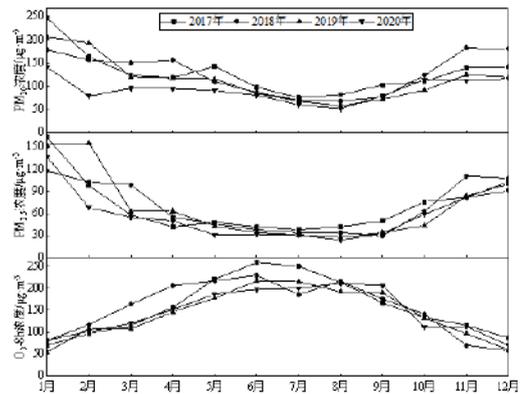


图 2 2017~2020 年  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $O_3-8h$  月变化

### 3.1.3 大气污染物浓度日变化

由图 3 可知，2017~2020 年温县主要大气污染物的日变化特征显著， $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  均表现出夜间高白天低，上午高下午低的变化特征， $PM_{10}$  呈“双峰双谷”型变化特征，双峰分别出现在早间 2 时和上午 9~10 时，且早间小时峰值高于上午，表明早间  $PM_{10}$  更容易累积，双谷分别出现在早间 6~7 时和下午 15 时，且早间小时

峰值高于下午。PM<sub>2.5</sub>变化特征为“单峰单谷”型，峰值和谷值分别出现在早间3~4时和下午16时，可看出PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>谷值均出现在下午16时左右，16时后浓度再次升高，早间均升至峰值，导致这种现象的原因可能有两个：一个是由于大气边界层降低，污染物垂直扩散受阻引起的<sup>[12]</sup>；另一个是因为16时后进入下班高峰期，机动车流量再次增加，此外居民需要大量燃烧化石燃料进行烹饪，排放大量的污染物引起<sup>[13]</sup>。虽然夜间人类活动相对减少，但污染物浓度仍维持在较高浓度，甚至有所增加，推测该现象的产生除了受到大气边界层较低且稳定的影响外，还受到夜间人们活动排放影响，如夜间重型卡车运行、建筑工地施工、非法焚烧等活动的影响<sup>[15]</sup>。PM<sub>10</sub>在上午9~10时出现第二个峰值，可能受建筑工地和工业企业复工复产及早高峰道路扬尘排放等有关。午间温度升高，湍流垂直交换能力增强，有利于污染物扩散，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度于16时左右降至最低。O<sub>3</sub>呈现出与颗粒物相反的日变化特征，虽呈“单峰单谷”型变化特征，峰值却出现在下午15~16时，谷值在早间6~7时，这是由于白天随着温度的升高和太阳辐射的不断增强，光化学反应速率逐渐加快，O<sub>3</sub>浓度持续上升，下午15~16时升至峰值，随后随着太阳辐射强度的减弱而逐渐降低，这是由于光照减弱，温度下降的环境下生成O<sub>3</sub>的光化学反应较弱，同时晚高峰排放NO通过滴定反应不断消耗O<sub>3</sub>(O<sub>3</sub>+NO→NO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>)，O<sub>3</sub>浓度逐渐下降<sup>[16]</sup>。

### 3.2 主要污染物与气象因子的关系

#### 3.2.1 温度对主要污染物的影响

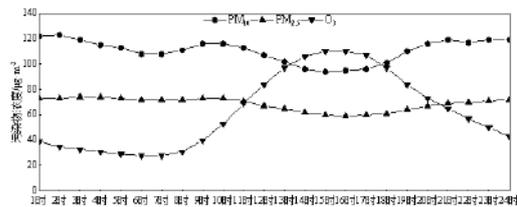


图3 2017~2020年PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>-8h日变化

通过对2017~2020年温县主要污染物质量浓度与气象因素的相关性分析(表1)，结果发现PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>与温度呈显著负相关性，地面温度较高时，大气层结稳定度降低，近地层大气对流旺盛，有利于大气的垂直运动，从而促使近地层污染物浓度降低<sup>[17]</sup>。PM<sub>2.5</sub>与温度的负相关性强于PM<sub>10</sub>，说明温度对PM<sub>2.5</sub>的影响大于PM<sub>10</sub>，这是因为细颗粒物在空气中以接近布朗运动的形式悬浮于空气中，这种运动受温度影响更明显<sup>[18]</sup>，颗粒物质量越小，其对温度变化越敏感。结合不同温度区间下PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>平均质量浓度和超标率(图4a、图4b)可以看出，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度、超标率在温度上升时整体呈下降趋势，当温度小于0℃时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度、超标率均为最高，分别为183.1 μg/m<sup>3</sup>、128.7 μg/m<sup>3</sup>、49.1%和64.8%；温度升至10℃时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度、超标率均明显下降；温度高于25℃时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>超标率较低，同时PM<sub>10</sub>浓度降至最低，为76.8 μg/m<sup>3</sup>；温度在30℃以上，PM<sub>10</sub>超标率最低，为2.0%，PM<sub>2.5</sub>浓度最低，为31.7 μg/m<sup>3</sup>，且无超标日的出现。

O<sub>3</sub>-8h与温度呈显著正相关性，这是因为温度越高时，太阳辐射越强，且化学反应速率越大，二次生成的O<sub>3</sub>浓度会越高<sup>[19]</sup>。结合不同

温度区间下 O<sub>3</sub>-8h 平均质量浓度和超标率 (图 4c) 可以看出, O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率与温度呈协同上升趋势, 温度 <0℃ 时, O<sub>3</sub>-8h 浓度最低, 为 49.2 μg/m<sup>3</sup>, 且未出现超标日; 温度升至 0~5℃ 时, O<sub>3</sub>-8h 开始出现超标现象, 温度升至 20~25℃ 时, O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率显著增加, 温度 ≥ 30℃ 时, O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率均达到最高, 分别为 171.3 μg/m<sup>3</sup>、66.7%。

污染物	温度	气压	相对湿度	降水量	风速
PM <sub>10</sub>	-0.468**	0.377**	-0.183**	-0.200**	0.005
PM <sub>2.5</sub>	-0.593**	0.504**	-0.046	-0.147**	-0.044
O <sub>3</sub> -8h	0.744**	-0.703**	0.054*	-0.017	-0.016

表 1 温县主要污染物与气象要素的 Pearson 秩相关系数

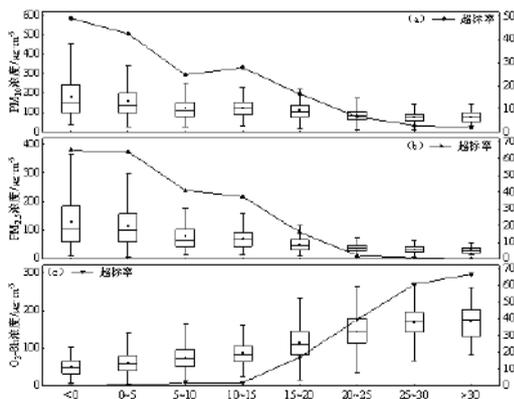


图 4 2017~2020 年不同温度区间 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率变化

### 3.2.2 气压对主要污染物的影响

通过对 2017~2020 年温县主要污染物质量浓度与气象因素的相关性进行分析 (表 1), 发现 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 与气压表现出显著正相关关系, 当低压系统控制时, 低层空气辐合上升, 近地面污染物随空气上升到高空, 同时空气在上升

过程中温度降低, 水汽充沛时可形成降水, 有利于近地面污染物向高空扩散和随雨水沉降; 高压控制时, 中心气流则向四面辐散, 高空气流下来补充, 形成下沉气流, 并常形成下沉逆温, 阻止污染物的向上扩散。如果高压移动缓慢, 长期停留在某一地区, 就会造成由于高压控制伴随而来的小风速和稳定层结, 不利于污染物的稀释和扩散 [20-21]。当高压天气晴朗时, 夜间容易形成辐射逆温, 对污染物的扩散更不利, 环境空气质量差 [22-23]。结合不同气压区间下 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 平均质量浓度和超标率 (图 5a、图 5b) 可以看出, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 浓度和超标率随气压上升呈上升趋势, 当气压在 980~990 hpa 时, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 浓度和超标率均为最低, 分别为 78.6 μg/m<sup>3</sup>、34.9 μg/m<sup>3</sup>、3.6% 和 0.7%, 气压高于 1000 hpa 时, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 浓度明显上升, 超标率显著增加, 气压在 1020~1030 hpa 时, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 浓度和超标率均达到最高, 分别为 167.3 μg/m<sup>3</sup>、121.3 μg/m<sup>3</sup>、39.7% 和 58.7%。

O<sub>3</sub>-8h 与气压存在显著负相关关系, 结合不同气压区间下 O<sub>3</sub>-8h 平均质量浓度和超标率 (图 5c) 可以看出, O<sub>3</sub>-8h 平均浓度和超标率随气压上升而下降, 气压在 980~990 hpa 区间时, O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率均为最高, 分别为 167.9 μg/m<sup>3</sup>、61.9%, 气压升至 1000 hpa 时, O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率均有明显下降, 气压升至 1020~1030 hpa 时, O<sub>3</sub>-8h 浓度降至最低, 为 47.1 μg/m<sup>3</sup>, 且无超标日的出现, 这可能与华北地区冬季多冷高压活动有关。

### 3.2.3 相对湿度对主要污染物的影响

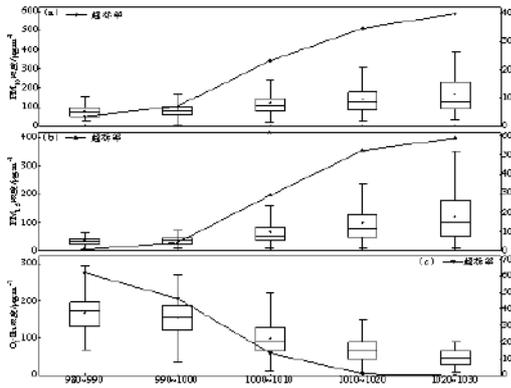


图5 2017~2020年不同气压区间PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率变化

通过对2017~2020年温县主要污染物质量浓度与气象因素的相关性分析(表1), 结果发现PM<sub>10</sub>与相对湿度表现为很好的负相关, PM<sub>2.5</sub>与相对湿度的负相关较弱且未通过显著性水平检验, 结合不同相对湿度区间下PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>平均质量浓度和超标率(图5a、图5b)可以看出, 在相对湿度<80%时, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>平均质量浓度和超标率整体呈波动下降趋势, PM<sub>10</sub>浓度和超标率最高值均分布在相对湿度<40%时, 分别为146.9 µg/m<sup>3</sup>、31.6%, 最低值均在相对湿度70%~80%区间, 分别为97.8 µg/m<sup>3</sup>、12.8%, 相对湿度≥80%后, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率均出现反弹上升趋势, PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率最低值均分布在相对湿度60%~70%区间, 分别为58.7 µg/m<sup>3</sup>、21.7%, PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率最高值均出现在相对湿度≥90%时, 分别为85.7 µg/m<sup>3</sup>、38.1%, 较高的相对湿度利于大气颗粒物在水汽上附着, 使得颗粒物质量浓度增加. 湿度大的天气多存在逆温现象, 使空气中的颗粒物不易扩散, 容易

形成雾罩, 而雾罩会更加抑制颗粒物扩散<sup>[24]</sup>.

O<sub>3</sub>-8h与相对湿度呈显著正相关性, 但相关系数较小. 结合不同相对湿度区间下O<sub>3</sub>-8h平均质量浓度和超标率(图6c)可以看出, O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率随着相对湿度的增加呈先上升后下降的变化趋势, 当相对湿度<40%和≥90%时, O<sub>3</sub>-8h平均质量浓度和超标率均较低, 最低值处于≥90%时, 分别为85.3 µg/m<sup>3</sup>、14.0%; O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率最高值分布在相对湿度介于60%~70%时, 分别为124.9 µg/m<sup>3</sup>、32.2%, 这与安俊琳等<sup>[25]</sup>研究发现O<sub>3</sub>及其前体物的体积分数在相对湿度达到60%之后随相对湿度的增加而减小, 即相对湿度为60%左右时, 光化学反应强度存在临界值这一结论基本相符.

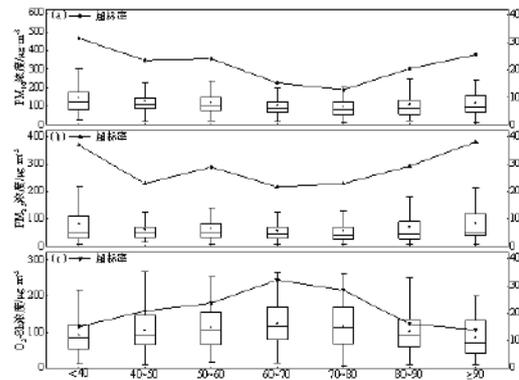


图6 2017~2020年不同相对湿度区间PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率变化

### 3.2.4 降水对主要污染物的影响

通过对2017~2020年温县主要污染物质量浓度与气象因素的相关性分析(表1), PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>与降水量存在显著的负相关关系, 降水对

PM<sub>10</sub>的影响强于PM<sub>2.5</sub>，研究表明，降水对于颗粒物浓度有明显的降低、清除作用<sup>[26]</sup>，与于彩霞等<sup>[27]</sup>对合肥地区研究结果一致，且对PM<sub>10</sub>清除作用更明显，降雨能大幅增加空气相对湿度，进而增加空气中颗粒物的黏性和自重，有助于颗粒物的吸湿增长<sup>[28]</sup>，使粒径较大的颗粒物更容易沉降。结合不同降水量区间下PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>平均质量浓度和超标率（图7a、图7b）可以看出，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率随降水量增加呈下降趋势，无降水时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率均达到最高，分别为128.4 μg/m<sup>3</sup>、72.8 μg/m<sup>3</sup>、24.6%和31.0%；降水量在0~10 mm时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和PM<sub>10</sub>超标率均有明显下降，降水量增大至10~20 mm时，PM<sub>2.5</sub>超标率明显下降；降水量>20 mm时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率均降至最低，分别为57.8 μg/m<sup>3</sup>、30.9 μg/m<sup>3</sup>、3.8%和3.8%。

O<sub>3</sub>-8h与降水量负相关性较弱且未通过显著性水平检验，结合不同降水量区间下O<sub>3</sub>-8h平均质量浓度和超标率（图7c）可以看出，O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率随降水量增加呈先下降后上升的变化趋势，无降水时，O<sub>3</sub>-8h平均浓度和超标率均为最高，分别为111.6 μg/m<sup>3</sup>、25.2%；降水量在0~10 mm、10~20 mm时，O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率呈下降趋势；降水量>20 mm时，O<sub>3</sub>-8h平均浓度和超标率表现出不降反升的变化趋势，这可能是由强对流天气下，近地面的O<sub>3</sub>来自于平流层中O<sub>3</sub>向下传输导致<sup>[29]</sup>。

### 3.2.5 风速对主要污染物的影响

PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>与风速的相关性较弱且未通

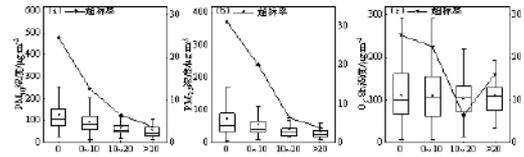


图7 2017~2020年不同降水量区间PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率变化

过显著性水平检验（表1），风速对污染物的环境浓度具有双重影响，在一定范围内，风速越大越有利于空气污染物的扩散和稀释；超过这一范围，风速增大将使空气中可吸入颗粒物浓度明显增加，导致空气污染加重<sup>[30-31]</sup>，结合不同风速区间下PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>平均质量浓度和超标率（图8a、图8b）可以看出，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率随风速增加呈先下降后上升的变化趋势，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率最大值均分布在风速<1 m/s时，分别为158.2 μg/m<sup>3</sup>、103.6 μg/m<sup>3</sup>、44.7%和50.0%，风速升至1 m/s时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率均有明显下降，风速处于1~4 m/s时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率变化幅度较小，PM<sub>10</sub>浓度和超标率最低值均在风速为1~2 m/s时，分别为113.8 μg/m<sup>3</sup>、19.1%；PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率最低值分别分布在风速为3~4 m/s和2~3 m/s，分别为61.8 μg/m<sup>3</sup>、24.7%；风速<4 m/s时，随着风速的增加，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率均随之下降；风速≥4 m/s时，PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>浓度和超标率均有所增加，因此推断临界值为4 m/s，即4 m/s前后风速的增大对污染物分别起到稀释和加重作用。

O<sub>3</sub>-8h与风速负相关性较弱且未通过显著性水平检验，风速的大小反映了大气边界层湍流

的强弱，其不但能影响 O<sub>3</sub> 前驱物在空气中的累积和稀释情况，还会影响到 O<sub>3</sub> 的水平传输和垂直输送，从而影响到环境空气中的 O<sub>3</sub> 浓度<sup>[32]</sup>。结合不同风速区间下 O<sub>3</sub>-8h 平均质量浓度和超标率（图 8c）可以看出，O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率随风速增加呈先上升后下降的变化趋势，风速 <1 m/s 时，O<sub>3</sub>-8h 浓度最低，为 81.5 μg/m<sup>3</sup>；风速 <3 m/s 时，随着风速的增加，O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率也随之增加，风速 2~3 m/s 时，O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率达最大值，分别为 116.8 μg/m<sup>3</sup>、27.8%，而当风速 ≥ 3 m/s 时，O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率随风速的增加呈下降趋势，风速 ≥ 4 m/s 时，O<sub>3</sub>-8h 超标率最低，为 10.3%。风速的增大会使大气的水平运动增加，加速了区域空气的混合，导致其他区域高浓度的 O<sub>3</sub> 前体物向观测点附近传输，另外较大的风速抬升了大气边界层高度，会使大气湍流作用增强，有利于上层的 O<sub>3</sub> 向底层大气混合<sup>[33]</sup>，但当风速过大时（≥ 3 m/s），风速作为水平扩散作用的凸显，地面观测的 O<sub>3</sub> 的浓度有所下降。

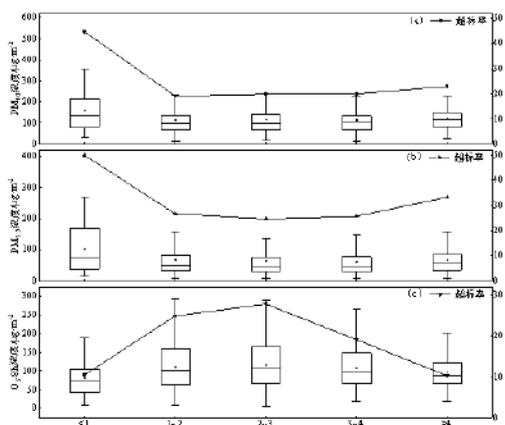


图 8 2017~2020 年不同风速区间 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>-8h 浓度和超标率变化

### 3.3 潜在源分析 (WPSCF 和 WCWT)

图 9 给出了基于 PSCF 和 CWT 分析的 2017~2020 年温县 PM<sub>2.5</sub> 的潜在源区分析结果，颜色越深，WPSCF 和 WCWT 值越大，表明该网格区域对温县 PM<sub>2.5</sub> 污染的影响程度越大，2017 年 WPSCF 高值区域主要集中在济源、郑州、开封、濮阳等周边城市以及山西南部、山东西部和河北北部，其 WPSCF 值均在 0.8 以上。2018 和 2019 年 WPSCF 数值明显降低，表明区域传输对温县 PM<sub>2.5</sub> 浓度的影响减弱，2018 年 WPSCF 高值区域向东南方向延伸，主要集中在郑州、开封、新乡、安阳、鹤壁、许昌、漯河等周边城市及河北南部。2019 年 WPSCF 高值区域明显缩小，主要集中在郑州、开封、新乡、安阳、鹤壁等周边城市及河北南部。2020 年对温县 PM<sub>2.5</sub> 影响较大的区域集中在郑州、平顶山、漯河、周口等周边城市和河北北部，其 WPSCF 值均在 0.8 以上，说明区域传输影响加重。

由于 PSCF 只能反映每个网格中污染轨迹的比例，不能反映轨迹的污染程度，而 CWT 可以计算轨迹的权重浓度，因此可以反映其污染程度，WCWT 相对于 WPSCF 结果具有较好的一致性，2017~2018 年 WCWT 高值区域均主要集中在安阳、鹤壁、郑州、开封和新乡等周边城市以及河北南部，其 WCWT 均在 160 μg/m<sup>3</sup> 以上，表明该区域对温县 PM<sub>2.5</sub> 污染浓度贡献较大。2019~2020 年 WCWT 值明显下降，值在 100 μg/m<sup>3</sup> 以上，区域传输明显减弱，主要潜在源区分布在洛阳、安阳、濮阳、鹤壁、郑州、开封、新乡、平顶山及河北南部和山东西部。

2017~2020年短距离传输的WPSCF和WCWT值明显高于长距离传输,表明短距离传输对温县PM<sub>2.5</sub>浓度的影响更大。

#### 4 结论

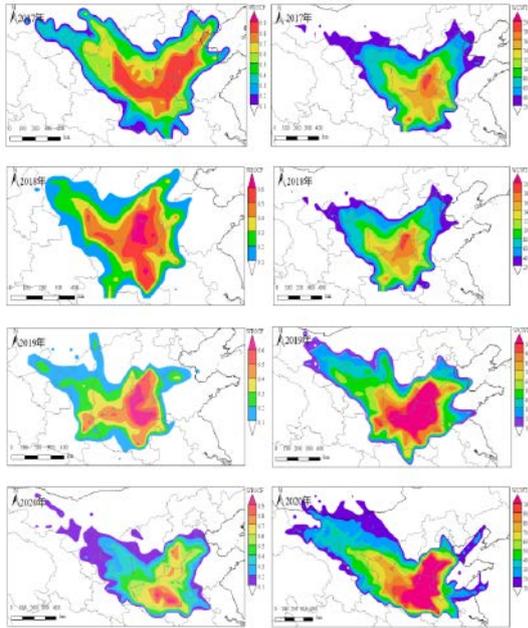


图9 基于PSCF和CWT分析法对2017~2020年PM<sub>2.5</sub>潜在来源分析

(1) 2017~2020年温县空气质量整体以良为主,轻度污染次之,2018年空气质量恶化,2019年起空气质量趋于转好,首要污染物以O<sub>3</sub>-8h、PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>为主,PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>整体表现为冬高夏低的变化特征,峰值出现在1月或11月,谷值出现在7月或8月;O<sub>3</sub>-8h则表现出相反的夏高冬低的变化特征,峰值出现在6月或8月,谷值出现在1月或12月。

(2) 主要大气污染物的日变化特征显著,PM<sub>10</sub>呈“双峰双谷”型变化特征,双峰分别出现在早间1~2时和上午9~10时,双谷分别出现

在早间6~7时和下午15~16时。PM<sub>2.5</sub>变化特征为“单峰单谷”型,峰值和谷值分别出现在早间3~4时和下午15~17时,O<sub>3</sub>虽呈“单峰单谷”型变化特征,峰值却出现在下午15~16时,谷值在早间6~7时。

(3) PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>平均质量浓度与温度和降水存在显著负相关性,与气压存在显著正相关性,还与相对湿度呈不同程度的负相关,但与风速相关性不显著。PM<sub>2.5</sub>对温度变化更敏感,降水使粒径较大的颗粒物更容易沉降。风速对污染物的环境浓度具有双重影响,4m/s前后风速的增大对污染物分别起到稀释和加重作用。

(4) O<sub>3</sub>平均质量浓度与温度和相对湿度存在显著的正相关,与气压呈显著的负相关,与降水、风速的负相关性不显著。相对湿度为60%左右时,光化学反应强度存在临界值。降水量>20mm时,O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率不降反升可能是由强对流天气下近地面的O<sub>3</sub>来自于平流层中O<sub>3</sub>向下传输导致。风速<3m/s时,随着风速的增加,O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率也随之增加,而当风速≥3m/s时,O<sub>3</sub>-8h浓度和超标率随风速的增加呈下降趋势。

(5) 从WPSCF计算结果来看,2017~2020年温县WPSCF高值区域分布呈先增大后缩小的特征,WPSCF值呈先下降后上升的变化特征,郑州四年来均处在高值区域范围内,对温县PM<sub>2.5</sub>的影响较大。从WCWT计算结果来看,2019~2020年温县WCWT值明显下降,区域传输明显减弱,安阳、鹤壁、郑州、开封和新乡及河北南部对温县PM<sub>2.5</sub>的影响较大。

两种计算方法下短距离传输的值明显高于长距离传输,表明短距离传输对温县 PM<sub>2.5</sub> 浓度的影响更大。◆

参考文献:

[1] 向荣, 许显, 欧劲. 空气污染对儿童变应性鼻炎影响的 Meta 分析 [J]. 中国医药导报, 2014, 11 (15) : 109-113.

[2] 张兵, 杨俊, 宋昆仑, 等. 大气污染的危害及其对经济社会的影响研究 - 以石家庄市为例 [J]. 环境科学与管理, 2015, 40 (7) : 61-64.

[3] 陈欣昊, 张蕾, 杨晓春, 等. 近五年周至空气污染气象条件分析 [J]. 陕西气象, 2019, (1) : 29-32.

[4] 孙田文, 张淑敏, 吴宁, 等. 铜川市空气污染气象条件分析 [J]. 陕西气象, 2015, (5) : 27-32.

[5] 姚海涛, 唐迪, 董钰春, 等. 江苏省宿迁市气象条件对空气污染的影响 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43 (12) : 399-405.

[6] 张琨, 王式功, 张文宗, 等. 河北南部空气污染特征及其气象条件分析 [J]. 东北农业大学学报, 2015, 46 (3) : 87-94.

[7] 肖建能, 杜国明, 施益强, 等. 厦门市环境空气污染时空特征及其与气象因素相关分析 [J]. 环境科学学报, 2016, 36 (9) : 3363-3371.

[8] 赵敬国, 王式功, 王嘉媛, 等. 兰州市空气污染与气象条件关系分析 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2013, (4) : 491-496.

[9] 张宝贵, 孙丽华. 秦皇岛市空气污染与气象要素的关系 [J]. 气象与环境学报, 2009, 25 (4) : 43-47.

[10] 郭蒙蒙, 姜楠, 王申博, 等. 郑州市 2014-2017 年大气污染特征及气象条件影响分析 [J]. 环境科学, 2019, 40 (9) : 3856-3867.

[11] 安俊琳, 王跃思, 李昕, 等. 北京大气中 NO、NO<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 浓度变化的相关性分析 [J]. 环境科学, 2007, 28 (4) : 706-711.

[12] ZHANG YL, CAO F. Fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in China at a city level [J]. Scientific Reports, 2015, 5: 14884.

[13] 江琪, 王飞, 张恒德, 等. 北京市 PM<sub>2.5</sub> 和气态前体物相关关系分析 [J]. 环境科学与技术, 2018, 41 (4) : 77-84.

[14] WESTERDAHL D, WANG X, PAN X C, et al. Characterization of on-road vehicle emission factors and microenvironmental air quality in Beijing, China [J]. Atmospheric Environment, 2009, 43(3): 697-705.

[15] 严少敏, 吴光. 夜间废气排放加重中国雾霾污染 [J]. 广西科学, 2015, 22 (6) : 675-680.

[16] 代东决, 刘卫, 张驹, 等. 都江堰市城区 PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> 浓度变化特征 [J]. 环境科技, 2016, 29 (6) : 61-65.

[17] 吴昊旻, 王伟征, 麻碧华, 姜燕敏. 丽水市大气污染的时空分布特征及与气象要素的相关分析 [J]. 环境污染与防治, 2012, 34 (10) : 51-55.

[18] Tallis M, Taylor G, Sinnett D, et al. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. Landscape & Urban Planning, 2011, 103: 129-138

[19] 徐敬, 张小玲, 赵秀娟, 等. 夏季局地环流对北京下风向地区 O<sub>3</sub> 输送的影响 [J]. 中国环境科学, 2009, 29 (11) : 1140-1146.

[20] 李新令. 西安城市气候年变化特征及其与 PM<sub>10</sub> 污染特征的相关分析 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2003.

[21] 郑美秀, 周学鸣. 厦门空气污染指数与地面气象要素的关系分析 [J]. 气象与环境学报, 2010, 26 (3) : 53-57.

[22] 陈添. 气象条件对北京市空气质量的影响 [J]. 环境保护, 2006, 5 (10) : 46-49.

[23] 徐晓峰, 李青春, 张小玲. 北京一次局地重污染过程气象条件分析 [J]. 气象科技, 2005, 33 (6) : 543-547.

[24] 赵晨曦, 王云琦, 王玉杰, 张会兰, 赵冰清. 北京地区冬春 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 污染水平时空分布及其与气象条件的关

系[J]. 环境科学, 2014, 35(02): 418-427.

[25] 安俊琳, 杭一纤, 朱彬, 等. 2010. 南京北郊大气臭氧浓度变化特征[J]. 生态环境学报, 26(6): 1383-1386

[26] CHAO CY, WONG KK, CHENG E C. Size distribution of indoor particulate matter in 60 homes in Hong Kong[J]. In-door and BuilEnvironment, 2002, 11(1): 18-26.

[27] 于彩霞, 邓学良, 石春娥, 等. 降水和风对大气PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>的清除作用分析[J]. 环境科学学报, 2018, 38(12): 4620-4629.

[28] Beckett KP, Freer-Smith PH, Taylor G. Urban wood-lands: Their role in reducing the effects of particulate pollution. Environmental Pollution, 1998, 99: 347-360.

[29] 齐艳杰, 于世杰, 杨健, 尹沙沙, 程家合, 张瑞芹. 河南省臭氧污染特征与气象因子影响分析[J]. 环境科学, 2020, 41(02): 587-599.

[30] 张国文, 陈义珍, 刘厚凤, 等. 北京PM<sub>2.5</sub>污染特征的分析[J]. 江西农业学报, 2012, 24(8): 121-124.

[31] 刘彩霞, 边玮. 天津市空气质量与气象因子相关分析[J]. 中国环境监测, 2007, 23(5): 63-65.

[32] 严茹莎, 陈敏东, 高庆先, 等. 北京夏季典型臭氧污染分布特征及影响因子[J]. 环境科学研究, 2013, 26(1): 43-49.

[33] 易睿, 王亚林, 张殷俊, 等. 长江三角洲地区城市臭氧污染特征与影响因素分析[J]. 环境科学学报, 2015, 35(8): 2370-2377.

# 空间信息技术在入河入海排污口 监督管理工作中的应用

胡磊（中科宇图科技股份有限公司，北京 100101）

**摘要：**入河入海排污口是流域水体污染物的重要输入渠道，做好对入河入海排污口的排查、监督、管控是提升水环境质量的重要手段。入河入海排污口具有个体分布零散、总体围绕污染源聚集的特点，污染源、排污口、受纳水体、水环境质量之间具有较强的空间逻辑关系。本文从提升入河入海排污口监督管理工作的效率与科学性角度为出发点，着重阐述空间信息技术在入河入海排污口的全生命周期管理中的作用。空间信息技术是入河入海排污口排查的重要科技手段，可大幅提升排查工作的效率；同时，在入河入海排污口的日常审批、管理工作以及污染事件的应急调度工作中可发挥积极作用，在针对污染物的空间溯源分析及污染物的遥感识别监测方面，有较大的应用潜力。

入河入海排污口是水体生态环境保护的重要节点，加强和规范排污口监督管理，是推进生态环境治理体系和治理能力现代化建设的重要举措。近年来，国内外对于遥感技术在入河入海排污口的排查方面的研究相对较多，已达到实用化应用阶段。遥感技术是空间信息技术的组成部分，如何将空间信息技术成体系的应用于入河入海排污口的全生命周期管理中的研究与应用比较欠缺。政府主管部门近年来着力推动对各大流域和重点海域排污口的排查、整治工作，强调加强空间信息技术等科技手段在监督管理工作中的应用，推动排污口空间分布及排放规律对受纳水体水质的影响研究。本文希望通过探讨与分析空间信息技术在排污口监督管理全过程中的应用，进一步提升入河入海排污口的监督管理能力。

## 1 概况

空间信息技术是在测绘技术为基础发展起

来的一门新兴技术，并随着计算机、卫星、遥感及无人机技术的进步在理论与应用方面得到迅猛发展，现已广泛、深入的应用于各行各业。特别是以地理信息技术、全球导航卫星技术、卫星及无人机遥感技术、激光雷达技术、声纳技术为代表的典型空间信息技术，在生态环境领域得到了持续深入的应用。

在入河入海排污口的监督管理工作中，空间信息技术在污染源识别、排污口排查、污染物溯源分析、排污口审批及日常管理、污染事件应急调度等方面有较大的应用潜力。

入河入海排污口的监督管理工作主要涉及“查、测、溯、治、管”等方面，空间信息技术可在各方面工作中发挥重要作用。综合运用卫星遥感、无人机航拍、无人船监测以及智能机器人探测等先进技术手段并结合人工排查，全面摸清各类排污口情况。在排污口水质监测方面，除使用监测仪器外，也可使用多光谱遥感、红外遥感、

高光谱遥感以及智能视频技术,对排污口水质异常进行监测监控。针对监测发现排污问题突出的排污口进行溯源,查清污水的来龙去脉,厘清排污责任。在此工作中,可使用空间分析技术,协助排查、锁定污染源。在排查、监测、溯源的基础上,重点开展排污口清理整治工作,可利用空间分析技术对排污口分布进行大数据分析,提出排污口设置建议。对排污口日常运行的监督管理。包括卫星及无人机遥感监测、污染超标溯源分析、治理情况日常监督管理等。

## 2 排污口排查工作

### 2.1 背景底图

通常包括矢量电子地图、遥感影像地图、瓦片地图;有条件的区域,可建设三维地图、倾斜摄影、全景三维地图等。背景底图在排污口监督管理工作中,提供基础空间数据库支撑与基础空间定位等不可或缺的功能。

#### 2.1.1 底图来源

根据区域具体情况,采用自建或调用网络地图的方式。底图来源应符合国家对地图使用的相关规定,避免使用不明来源或来源不合规的底图。

#### 2.1.2 坐标系

坐标系是空间定位的基础,为保证空间坐标数据通用性,减少共享交换障碍,推荐统一使用2000国家大地坐标系。

#### 2.1.3 底图尺度

考虑排污口监督管理工作的具体需要,采用多比例尺融合的方式进行底图建设。二维地图与遥感影像尺度建议如下表,其它底图可根据区

域实际情况进行建设。

区域	二维地图	遥感影像	备注
城区	1:2000、1:5000	0.05米-1米分辨率	排污口排查影像采用0.05-1米分辨率卫星影像、航空影像
郊区	1:1万-1:2.5万	1米-2.5米分辨率	

表1 底图尺度  
Table 1 Scale of the basemap

### 2.2 污染源排查

涉水污染源的排查、定位,是排污口监督管理与规范化建设工作的重要组成部分。以电子地图、卫星影像、航飞影像为工作底图,通过图上分析及实地调研,将城区或水体周边污染源及排污口采集上图,形成污染源与排污口空间数据库。

### 2.3 排污口排查

#### 2.3.1 工作流程

入河入海排污口排查工作包括四个阶段,分别为解译准备、解译对象与标志库建立、遥感解译、人工实地核查等步骤。

#### 2.3.2 工作底图

排污口的排查工作通常采用数字正射影像、红外影像、高光谱影像及地图数据作为工作底图。影像数据可通过卫星和无人机手段获取。基于影像时效性、排查成果准确性、排查工作经费等情况综合考虑,工作底图通常选择0.05-0.1米分辨无人机航空影像,以0.3-1米分辨率卫星影像及红外影像为补充;有条件地区或疑难重点地区结合高光谱影像。

高分辨率航空影像具有时效性好、可辨识性强、解译成果错误率低的特点,是排污口排查工作的主要底图。统计数据显示,高分辨率航空

影像排污口解译综漏率约为4.7%，解译错误率为6.6%，综合解译准确率为88.7%。

卫星影像空间分辨率通常低于航空影像，通常采用0.3米-0.5米分辨率卫星影像作为航空影像获取困难地区的有效补充；高分辨率卫星影像时效性与含云量覆盖不达标的区域，可采用1米分辨率卫星影像。

红外影像针对排水温度较高的工业排口有更好的辨识度，通常为可见光航空影像的有效补充。

高光谱影像对特定污染物有更好的辨识度，但存在影像空间分辨率低、机载设备造价较高、设备较重、对影像解译人员技术水平要求高等特点。

除影像数据外，工作底图通常还包括行政区划、水系、岸线、敏感区、地下管网、功能区划、历史排污口信息等相关地图数据、图件。

### 2.3.3 建立解译标志

选择具有代表性和典型性的入河入海排污口和排放类型，采用野外调查的方式采集现场照片、空间坐标、排污口类型等信息。根据空间坐标，在遥感影像中确定排污口位置，建立排污口类型与遥感影像的对应关系，构建各类排污口解译标志库。

### 2.3.4 人机交互解译

针对遥感影像进行人机交互解译通常是排污口排查工作中的一级排查。利用遥感影像处理软件系统，在遥感与地理信息系统、可视化环境下，以前期建立的解译标志为基础，采用人工目视解译方法针对遥感影像进行入河入海排污口

解译。

解译内容主要包括疑似排污口类型、归属地、空间坐标等信息。

### 2.3.5 影像智能识别

基于神经网络对遥感影像进行大量样本训练，进而实现入河入海排污口的机器智能识别。有研究显示，影像智能识别技术针对排污口的检测精度可达到0.7010，召回率达到95%，取得比较好的效果。

### 2.3.6 人工实地核查

人工实地核查是排污口排查工作中的二级排查，通过人工徒步排查等方式，沿河、湖、海岸线对一级排查中的疑似入河入海排污口、可疑区域、历史入河入海排污口等信息进行实地确认、修改，并沿岸线查找第一级排查遗漏入河入海排污口。

该部分工作以及后续针对疑难问题的三级排查工作，可基于空间信息技术，开发排污口核查移动终端系统（app、小程序等），以遥感影像与电子地图为底图，叠加一级排查过程中发现的疑似排污口形成在线专题地图，辅助排查人员进行排污口导航、定位、拍照、修改、录入工作；对于一级排查中遗漏的排污口，提供在线定位、信息添加功能。

对于疑难及复杂区域，可通过无人船搭载声纳的方式，对河底及水下岸线进行扫描、构建三维模型，排查暗管等隐蔽排污口。

人工实地核查时，通常需要排查排污口对应的污染源，并建立污染源与排污口的映射关系，为排污口后续规范化治理、监督管理工作提

供支撑。

### 3 排污口管理系统建设

构建排污口管理系统，充分发挥地理信息技术、遥感技术在空间数据管理、时空大数据挖掘、遥感智能识别、定位导航等方面的优势，建立排污口时空数据中心、智能决策中心、协同调度中心，实现排污口全生命周期监管，提升排污口监督管理能力。

#### 3.1 时空数据管理

汇集地图数据、影像数据、DEM数据、全景数据、河道数据、专题图层等空间数据，通过清洗转换加工，将空间数据统一入库并存储，形成入河排污口大数据空间资源中心，为空间可视化展示、分析提供数据支撑。

基于地图数据、影像数据，构建入河入海排污口一张图、重点污染源一张图、网格化巡查一张图、排污口专项整治一张图，实现排污口管理工作的图形化展示，提升决策能力。

#### 3.2 审批管理

以污染源排污类型与规模、污染源空间分布、受纳水体水文特征为数据基础，利用空间分析技术构建污染物扩散、消减模型，推演排污口变化对受纳水体水质周边环境的影响，推演结果可作为排污口取缔、合并、规范、新建的决策依据。

#### 3.3 智能决策

整体展示域内排污口的数量、排类型、时间段排污量、污染物类别、污染来源、河段区域水质级别等，根据各排污口的水质状况结合各类环保要素进行统计，并以表格、直方图、折线图

等形式直观地进行综合显示。对流域排污口整体达标率、累计达标率进行分析，利用GIS功能，实现水系整体水质情况分析，辅助管理者实时了解区域水质情况及水质变化趋势，对决策提供依据和支持。

#### 3.4 遥感监测

排污口常规监测通常采用自动监控设备、人工取样及视频监控等方式；采用遥感的监测方式，可对常规监测进行有效补充，提升排污口监督管理的感知能力。

目前国内对于水质指标的遥感监测技术，比较成熟的有针对叶绿素a、悬浮物、透明度和富营养化指数、水温等指标的反演。与排污口监测关联较大的水温反演，采用热红外波段卫星影像，对流域水温进行监测，发现温度异常区域，有助于发现异常排放、暗管排放、隐蔽偷排等。

同时，可利用无人机搭载可见光相机、多光谱相机、高光谱相机等，对重点河道、排污口排放情况进行定期巡查与抽查。

#### 3.5 溯源分析

通过建立监测断面-受纳水体-排污口-污染源之间的空间关系模型与映射关系库，结合污染源的行业、污染物类型、排污特点、规模等信息，运用SWAT、HSFT等模型算法，可进行监测断面主要污染物的溯源工作。

#### 3.6 协同调度

入河入海排污口协同调度中心主要实现非法排污、排污量超标等事件的应急处置，并对接环境执法、督查、信访等应用系统，实现与相关政务平台的联动和业务协同。

应急接警：通过信访投诉、自动监测、网络化巡查等渠道，完成事发地坐标定位、事件性质信息获取、录入和上报功能；

应急调度：根据事故现场情况、事故等级，围绕应急处置需要，通过空间分析功能，调度事发地周边相关单位、专家、应急物资，查询可参考历史案例等，为应急指挥提供科学支持。

### 3.7 执法监督

建立与环境日常监管领域双随机抽查系统、移动执法系统等已有系统的对接接口，建立“一企一档”，实现对污染源全方位监管；建立“一事一档”，实现执法任务全过程管理；建立“一张图”，实现对执法区域的网格化管理，帮助环境管理部门掌握执法区域内污染源分布和网格内责任体系布局情况，为环境资源数据的共享夯实基础。

## 4 结论

空间信息技术在入河入海排污口监督管理工作的各个环节都有较多的应用，特别是遥感技术在入河入海排污口的排查工作中已经有较为成熟的应用模式。空间信息技术与污染物扩散模型、溯源模型的融合、排污口空间分布及排放规律对受纳水体水质的影响等方面的研究，有较高的应用价值。◆

### [参考文献]

- [1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见. 国办函〔2022〕17号.
  - [2] 张元敏. 无人机航测技术在入海排污口排查中的应用 [J]. 测绘通报, 2020 (01): 146-149+153.
  - [3] HJ 1232-2021. 入河(海)排污口三级查技术指南 [S].
  - [4] HJ 1233-2021. 入河(海)排污口排查整治无人机遥感航测技术规范 [S].
  - [5] HJ 1234-2021 入河(海)排污口排查整治无人机遥感解译技术规范 [S].
  - [6] 祁舟. 基于深度学习的无人机航拍图像排污口检测方法研究 [D]. 2021.
- 作者简介: 胡磊 (1982-), 男, 河南通许人, 工程师, 学士, 主要从事空间信息技术行业应用工作。

# 平顶山 PM<sub>2.5</sub> 污染特征与气象因子的关系分析

边帅鹏, 王振楠, 张玉娜, 赵利, 张雪珍, 杨如春

(中科宇图科技股份有限公司, 北京 100101)

**摘要:** 根据平顶山市 2016~2019 年大气主要污染物和气象数据, 分析了关键污染因子水平、季节变化、比值特征及气象条件影响。结果表明: 2016-2019 年平顶山市 PM<sub>2.5</sub> 年均浓度分别为 74.6、68.0、63.4、58.8 μg/m<sup>3</sup>, 污染程度逐渐改善, 但并未根本解决, 超标率依旧处于高位, 季节差异明显, 冬季均值远高于其他三个季节。利用特征比值法进行分析, 颗粒物污染以细颗粒物为主, 冬季二次污染对细颗粒物贡献较大; 燃煤源对 PM<sub>2.5</sub> 的贡献逐渐减少, 移动源对 PM<sub>2.5</sub> 的贡献逐渐增加。空气动力与水汽条件对平顶山冬季空气质量影响较大, 当气压小于 1013.1 hPa、24h 变压值达 -1.5 hPa 以下、相对湿度高于 64%、露点温度高于 -7.0℃时, 发生污染可能性较大; 当气压大于 1014.5 hPa、变压值达 3.6 hPa 以上、当相对湿度小于 53%、露点温度低于 -7.0℃时, 发生污染天气的可能性较小; 此外, 盛行风向传输也是造成污染的原因之一。利用浓度权重轨迹法 (CWT) 分析了平顶山市 PM<sub>2.5</sub> 的贡献特征, 结果表明, 2016~2019 年 WCWT 高值分布范围呈先增大后缩小的变化特征, 污染影响区域逐渐由短距离影响转变为短距离以及跨省的复合传输, PM<sub>2.5</sub> 污染源区主要分布在河南区域 (除西北部)、安徽东北部、山东西部以及陕西部分区域。

颗粒物特别是细颗粒物 PM<sub>2.5</sub> 不仅是导致大气能见度下降、灰霾加重、环境恶化的根本原因, 而且极易引发哮喘、支气管炎和心血管病等方面的疾病, 严重危害人体健康, 从而受到各国政府及有关部门的高度重视<sup>[1-2]</sup>。同样, 随着我国机动车保有量以及工业污染物排放量急剧增长, 各地政府部门以及环保部门面临的大气污染防治的形势越来越严峻, 尤其是京津冀地区的大气环境污染现状尤为突出。造成城市大气污染的内因是污染物排放, 即污染源的数量、类型和排放强度。风力、湿度、大气层高度等气象条件是环境污染不可忽视的外因。气象因素可显著影响

大气污染物的迁移、扩散、以及二次转化, 进而影响 PM<sub>2.5</sub> 的形成<sup>[3]</sup>。为了改善空气质量, 研究气象条件与颗粒物污染的关系变得十分必要<sup>[4]</sup>。

近年来, 许多学者对颗粒物污染及其气象影响因素做了广泛研究, 发现天气形势、逆温层结、混合层厚度、静小风等气象条件对 PM<sub>2.5</sub> 浓度具有显著影响<sup>[5]</sup>。在珠三角地区, 吴兑等研究得出广州地区 PM<sub>2.5</sub> 污染严重, PM<sub>2.5</sub> 是造成能见度恶化的主要因素, 且污染过程与区域静小风关系密切<sup>[6]</sup>; 在京津冀地区, 刘丽丽等研究出弱风和高湿度导致局地排放累积, 且在高湿度条件下, 持续偏南风促使 PM<sub>2.5</sub> 稳步增加, 配合弱北

风和弱东风  $PM_{2.5}$  震荡上扬<sup>[7]</sup>。李梦等人研究发现,不利的大气垂直扩散条件是京津冀地区近地面长时间高浓度污染的主要原因<sup>[8]</sup>。在南京地区,姜迪等研究得出较大混合层厚度和不稳定的大气层结有利于  $PM_{2.5}$  浓度的降低<sup>[9]</sup>。在太原地区,杨素英等研究发现  $PM_{2.5}$  浓度与风速和相对湿度存在显著的相关关系,其中与大气相对湿度呈显著的正相关关系,与风速呈现显著的负相关关系<sup>[10]</sup>。目前,国内关于  $PM_{2.5}$  与气象因素的关系研究多集中在城市群、大型城市或省会城市尺度上,对小型城市的  $PM_{2.5}$  与气象因素关系的污染研究较少。本文以平顶山市为研究区,细致区分不同气象要素与平顶山空气质量的关系,在此基础上研究平顶山  $PM_{2.5}$  浓度的变化特征。弥补了当前对中小型城市  $PM_{2.5}$  与气象因素关系认知的不足。根据研究结果,还可以反映出平顶山大气环境的治理情况,并为以后的治理对策提供方向。

## 1 方法

### 1.1 数据的选取

本文  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$ 、 $CO$  和  $O_3$  监测数据来源于2016年1月1日至2019年12月31日平顶山市环境空气质量国控点的质量浓度数据。地面气象要素数据来源于中国气象科学数据共享服务网(<https://data.cma.cn/>),包括平均风速、气温、气压、相对湿度,以及降水量等。后向轨迹模型所用的气象数据来自美国国家环境预报中心(NCEP)的全球资料同化系统(GDAS)气象数据(<ftp://arlftp.arlhq.noaa.gov/pub/archives/gdas1>)。

### 1.2 分析方法

根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012)针对大气污染物质量浓度数据统计有效性的要求,对监测数据进行质量控制,剔除缺测值和异常值。本研究中,以3、4、5月为春季,6、7、8月为夏季,9、10、11月为秋季,12、1、2月为冬季。气象数据统计采用四分位法,将一组数据从小到大(或从大到小)排列,分为相等的四部分,其中每部分包括25%的数据,处在各分位点上的数值就是四分位数,分别记为25%分位数、50%分位数(即中位数)、75%分位数。 $PM_{2.5}$  潜在源分布特征,选择潜在源浓度权重轨迹进行分析,以平顶山市(N 33.735241, E 113.307718)为受点,设置500m为计算起始高度,每天24h为计算起始时间,收集研究期间平顶山市冬季的48h后向轨迹进行计算, $PM_{2.5}$  限定值为国家二级日均浓度限值  $75\mu g/m^3$ 。数据处理分析使用Excel2019、Origin2019、MeteoInfo2.4.0等软件。

## 2 结果与讨论

### 2.1 $PM_{2.5}$ 的时空变化特征

#### 2.1.1 $PM_{2.5}$ 超标天数及污染等级频率统计

根据《环境空气质量指数(AQI)技术规范(试行)》(HJ633-2012)中  $PM_{2.5}$  污染等级标准,统计得出2016~2019年平顶山  $PM_{2.5}$  超标天数及污染等级频数。如表1、图1所示,2016~2019年  $PM_{2.5}$  超标天数分别为114天、92天、84天、91天。2016~2019年  $PM_{2.5}$  浓度等级为优的频率为9.82%,良的频率为34.31%,轻度、中度、重度、严重污染的频率

年份(天)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	总计
2016	25	15	11	8			2	2	6	2	15	28	114
2017	23	16	15	8			2			4	11	13	92
2018	20	14	11	3	2					6	11	17	84
2019	25	22	6	5						3	15	15	91
总计	93	67	43	24	2	0	4	2	6	15	52	73	-

表1 2016~2019年平顶山市首要污染物为PM<sub>2.5</sub>的环境空气质量超标天数统计

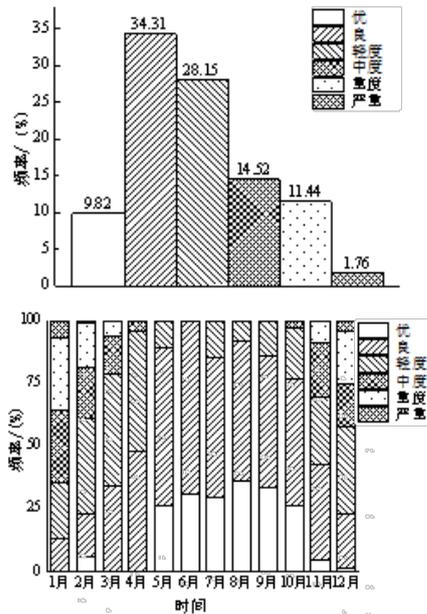


图1 2016~2019年PM<sub>2.5</sub>平均污染等级频率及月平均污染等级频率

合计达55.87%。1月PM<sub>2.5</sub>污染最重，轻度及以上污染频率合计达86.92%，其次是2月和12月，轻度及以上污染频率分别为77.01%、76.84%，5~9月无中度及以上污染，4~10月无重度污染及以上污染，3-11月无严重污染。

### 2.1.2 PM<sub>2.5</sub>浓度季节性、月度变化特征

201~2019年平顶山市PM<sub>2.5</sub>年均浓度分别为74.6、68.0、63.4、58.8μg/m<sup>3</sup>，分别超过GB3095-2012《环境空气质量标准》二级标准限值(35μg/m<sup>3</sup>)的113%、94%、81%、

68%，但PM<sub>2.5</sub>的年均浓度在逐年减小，得益于国家出台的各项管控措施，使得颗粒物污染逐年改善。图2是平顶山市PM<sub>2.5</sub>季节变化特征，冬季PM<sub>2.5</sub>季均值远高于其它三个季节，达109.5μg/m<sup>3</sup>，夏季PM<sub>2.5</sub>季均值浓度最低，为37.8μg/m<sup>3</sup>，具有明显的季节差异。对PM<sub>2.5</sub>浓度逐月变化情况进行分析(见图4)，发现PM<sub>2.5</sub>浓度月度变化特征总体上呈现两边高、中间低的“V”型变化趋势，其中1月污染最严重，7月污染较轻。主要原因是：①冬季平顶山市处于采暖期，多采用煤炭取暖，本地污染物排放浓度高、强度大；②冬季大气层结稳定，易形成较厚逆温层，大气垂直扩散条件差，污染物累积后极易形成持续污染天气，且冬季湿度高，促进二

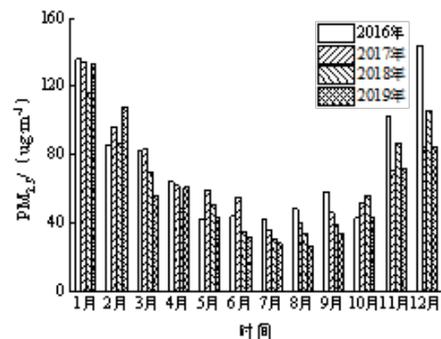
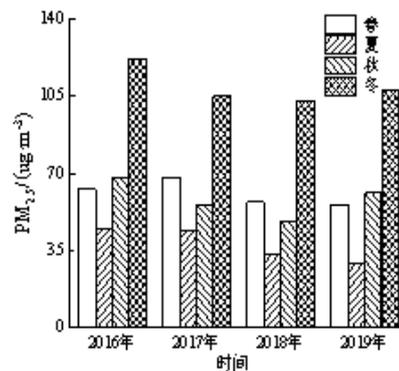


图2 2016~2019年PM<sub>2.5</sub>浓度季节性及逐月变化特征

次颗粒物的吸湿增长,进一步加剧细颗粒物的污染程度;冬季雾霾天气频发,往往受到区域霾污染传输影响,造成细颗粒物浓度居高不下。而夏季大气垂直扩散条件好,气旋活动频繁,水汽输送好,有利于产生降雨,较频繁的降雨及大风天气,有利于PM<sub>2.5</sub>的扩散和清除,因而一年中夏季的PM<sub>2.5</sub>浓度最低。

### 2.1.3 与其它污染物的相关性及特征比值分析

平顶山市大气污染物PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>与CO、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>均成显著正相关,表明它们来源相似。PM<sub>2.5</sub>与PM<sub>10</sub>的相关性最强,其中冬季相关性高达0.932(P < 0.01)。2016~2019年两者全年相关系数分别为0.818、0.855、0.808和0.883(P < 0.01)。图3为大气污染物季节浓度比值分布,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>能够反映可吸入颗粒物中细颗粒物的含量以及细颗粒物的二次形成,平顶山市PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>四年均值为0.60,高于周边郑州市(0.56)、洛阳市(0.56)、南阳市(0.56)、漯河市(0.58),表明平顶山市较周边城市受二次污染影响更大。两者比值呈现秋冬高,春夏低的季节差异,表明秋冬季细颗粒物的二次形成对平顶山市PM<sub>2.5</sub>的贡献更高。本研究期间PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>始终处于较高水平,表明平顶山市细颗粒污染的状况依旧严峻。

CO是惰性气体,PM<sub>2.5</sub>/CO常用于分析PM<sub>2.5</sub>二次形成的时间变化。平顶山市大气污染物PM<sub>2.5</sub>/CO年均值分别为0.056、0.056、0.065、0.055,最高值出现在冬季,表明冬季二次形成对PM<sub>2.5</sub>的贡献更高。

SO<sub>2</sub>是燃煤排放的主要污染物,PM<sub>2.5</sub>/SO<sub>2</sub>用于研究燃煤对PM<sub>2.5</sub>的贡献。年均值分别为3.0、3.6、4.2和4.4,比值呈逐年上升趋势,其中2019年冬季两者比值高达8.1,表明散煤治理成效明显。

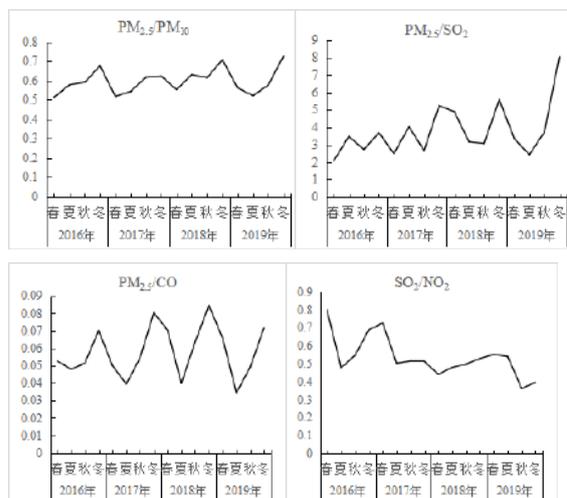


图3 2016-2019年大气污染物的季节比值

季节	项目	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub> -8h
春季	PM <sub>2.5</sub>	1	0.709**	0.451**	0.528**	0.637**	-0.134*
	PM <sub>10</sub>	0.709**	1	0.417**	0.401**	0.358**	-0.028
夏季	PM <sub>2.5</sub>	1	0.897**	0.301**	0.389**	0.652**	0.215**
	PM <sub>10</sub>	0.897**	1	0.376**	0.495**	0.610**	0.393**
秋季	PM <sub>2.5</sub>	1	0.898**	0.451**	0.615**	0.749**	-0.131*
	PM <sub>10</sub>	0.898**	1	0.519**	0.673**	0.618**	-0.036
冬季	PM <sub>2.5</sub>	1	0.932**	0.349**	0.611**	0.798**	-0.286**
	PM <sub>10</sub>	0.932**	1	0.432**	0.635**	0.741**	-0.253**

表2 2016~2019年PM<sub>2.5</sub>与其他因子的相关性分析  
注: \*表示在0.05水平(双侧)上显著相关, \*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关,下同。

NO<sub>2</sub>是机动车尾气排放的主要污染物,SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>可作为固定源和移动源的空气污染指标。SO<sub>2</sub>/NO<sub>2</sub>的年均值分别为0.627、0.564、0.487和0.462,呈现逐年下降的趋势,表明平顶山市燃煤源对PM<sub>2.5</sub>的贡献逐渐减少,移动源对PM<sub>2.5</sub>的贡献逐渐增加。

### 2.2 PM<sub>2.5</sub>浓度与气象因子的关系

### 2.2.1 PM<sub>2.5</sub>与气压

由图4可知,当冬季优良天气状况下,气压集中区间约为1007.1~1014.5hpa,中位数为1011.5hpa;轻度污染时,气压集中区间平均1006.4~1012.7hpa,中位

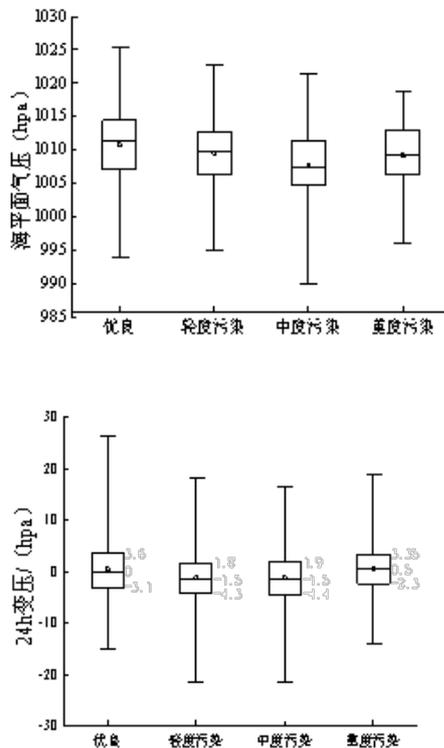


图4 PM<sub>2.5</sub>污染等级与海平面气压场、24h 变压场的关系

数为1009.9pa;中度污染时,气压集中区间平均1004.9~1011.5hpa,中位数为1007.4hpa;重度污染时,气压集中区间平均1006.5~1013.1hpa,中位数为1009.3hpa。清洁天气下气压区间上限值整体高于污染天气时,这主要与高压对应的冷空气有关,冷空气活跃,扩散稀释作用强,降低污染水平;统计结果显示,当气压小于1013.1hpa时,出现污染天气可能

性较大,当气压大于1014.5hpa时,出现PM<sub>2.5</sub>污染天气可能性较小。

对平顶山2016~2019年冬季PM<sub>2.5</sub>浓度进行24小时均值变压情况统计分析,由于24小时正变压是描述冷空气活动的标准之一,当24h变压为较大正值时,表示冷空气活动明显,扩散条件较好。优良天气状况下,24小时集中变压区间平均-3.1~3.6hpa,变压中位数为0hpa;轻度污染时,24小时集中变压区间平均-4.3~1.8hpa,中位数为-1.5hpa;中度污染时,24小时集中变压区间平均-4.4~1.9hpa,中位数为-1.5hpa;重度污染时,24小时集中变压区间平均-2.3~3.4hpa,中位数为0.5hpa。因此,对平顶山而言,24小时正变压有利于空气的清洁,变压值达3.6hPa以上,出现重污染天气的可能性较小;24小时负变压则有利于出现污染天气,变压值达-1.5hPa以下时,出现污染天气的可能性较大。

### 2.2.2 PM<sub>2.5</sub>与相对湿度

由图5可知,在清洁和污染天气下相对湿度的集中区间分布差异显著,平顶山市空气质量对相对湿度较为敏感。当空气质量为优良时,相

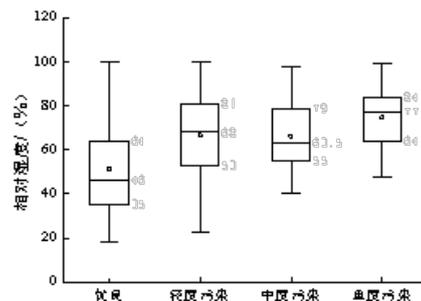


图5 PM<sub>2.5</sub>污染等级与相对湿度的关系

对湿度集中区间为 35%~64%，中位数为 46%；轻度污染时，相对湿度集中区间为 53%~81%，中位数为 68%；中度污染时，相对湿度集中区间平均 55%~79%，中位数为 64%；重度污染时，集中相对湿度区间平均 64%~84%，中位数为 77%。统计结果表明，污染天气状况下的相对湿度较清洁天气状况下明显偏高，当相对湿度高于 64% 时，出现重污染天气的可能性较大，当相对湿度小于 53% 时，出现重污染天气的可能性较小。

### 2.2.3 PM<sub>2.5</sub> 与温度

冬季空气质量等级与地面 2m 温度的关系分析结果如图 6 所示。当空气质量为优良时，温度集中区间平均 1.3~7.3℃，中位数为 4.7℃；

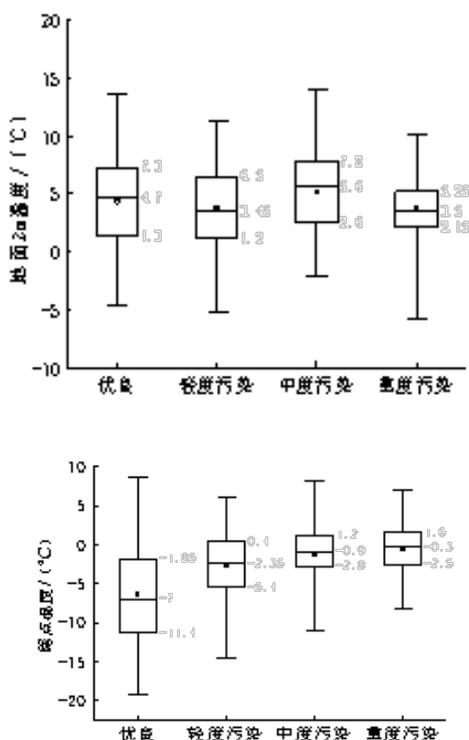


图6 PM<sub>2.5</sub> 污染等级与地面 2m 温度、露点温度的关系

当 PM<sub>2.5</sub> 浓度为轻度污染时，温度集中区间平均 1.2~6.5℃，中位数为 3.5℃；中度污染时，温度集中区间平均 2.6~7.8℃，中位数为 5.6℃；重度污染时，温度集中区间平均 2.2~5.3℃，中位数为 3.5℃。除中度污染外，整体空气质量随温度降低而逐渐转差，当出现重度污染时，集中区间明显减小，温度整体较低，这可能与冬季低槽冷风过程下京津冀污染传输有关，在冷空气过境过程中，往往出现传输过程导致的重度污染天气。

与地面 2m 温度相比，露点温度在污染天气下的温度区间分布集中、差异显著（图 9）。与优良天气相比，污染天气露点温度明显偏高，其中轻度污染时，集中区间为 -5.4~0.4℃，中位数为 -2.4℃；中度污染时，集中区间为 -2.8~1.2℃，中位数为 -0.9℃；重度污染时，集中区间为 -2.5~1.6℃，中位数为 -0.3℃。因此，当露点温度低于 -7.0℃时，发生污染天气的可能性较小，当露点温度高于 -7.0℃时，发生污染天气的可能性增强，且露点温度越高，污染程度越重。

### 3.2.4 PM<sub>2.5</sub> 与风向、风速

对平顶山 2016~2019 年冬季 PM<sub>2.5</sub> 污染状况与风向、风速的关系进行统计分析，取风向在 337.5°~22.5°之间为正北风，将风向分为 8 个方向，计算在每个风向上的污染状况，结果如图 7 所示。当风速小于 3.0m/s 时，水平扩散条件较差，污染物易累积，各个风向污染日数占比均较大；当风速大于 3.0m/s 时，水平扩散条件转好，只有东南风、南风、东风、东北时污染日数占比

大，可能与污染传输及回流有关。风向及风速对冬季空气质量影响均较大，西北风对污染有较明显的驱散作用，东南风则对污染起着明显的累积作用；当风速大于 3.0m/s 时，扩散条件较好，但易出现污染传输现象，造成污染天气。

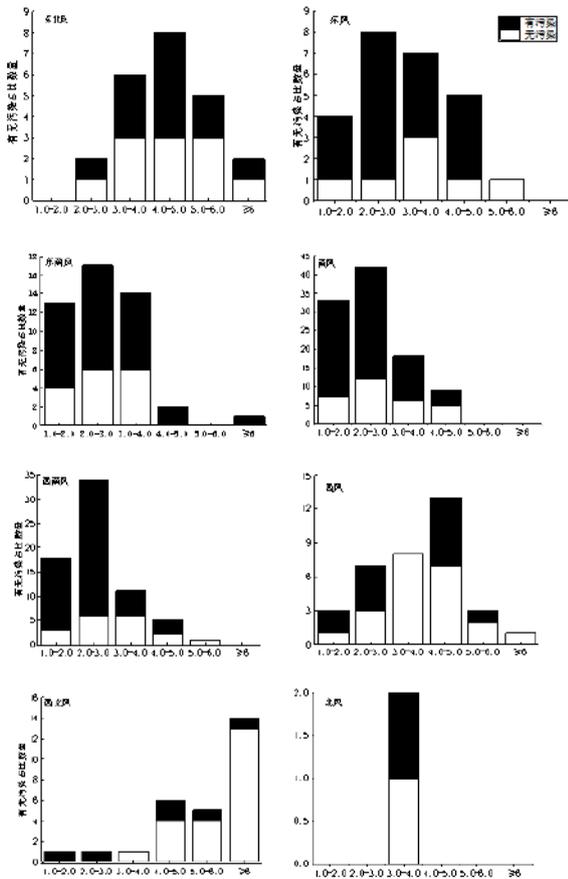


图7 不同风向、风速下 PM<sub>2.5</sub> 污染状况对比情况 风速: m/s

项目	温度	相对湿度	风速	降水	气压
相关系数	-0.008	0.437**	-0.367**	-0.043	-0.181**

表3 PM<sub>2.5</sub> 浓度与气象因子的相关性分析

### 2.2.5 PM<sub>2.5</sub> 与各气象要素之间的关系

由表3可知，平顶山冬季 PM<sub>2.5</sub> 浓度与温度、风速、降水、气压均呈负相关关系，相对湿度呈显著正相关关系，其中与相对湿度相关系数最大

为 0.437，表明湿度是冬季 PM<sub>2.5</sub> 浓度增长的关键气象因子，随相对湿度增加，PM<sub>2.5</sub> 浓度增高；其次与风速相关性系数为 -0.369，低风速更容易产生高浓度的 PM<sub>2.5</sub> 污染，高风速有利于空气的水平运动，利于污染物扩散。

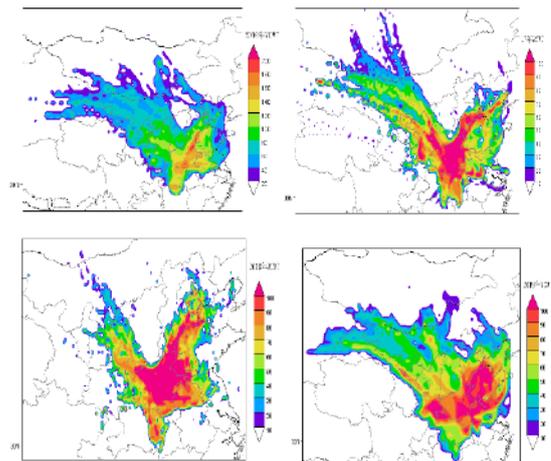


图8 平顶山市 2016~2019 年 PM<sub>2.5</sub> 潜在源分析

### 2.3 潜在源区分析

为了研究平顶山冬季 PM<sub>2.5</sub> 潜在污染源的分布特征，利用浓度权重轨迹进行分析。结果如图8所示，2016年 WCWT 最高，高值区主要集中在河南（除西北部）、河北南部以及山东东部区域，尤其是河南北部、河北北部区域，其 WCWT 均在 140μg/m<sup>3</sup> 以上，表明该区域对平顶山市 PM<sub>2.5</sub> 污染浓度贡献较大。2017年和2018年 WCWT 形态相似，高值区受周边城市影响加大，尤其是河南北部、中部、东部区域，其中 WCWT 均在 100μg/m<sup>3</sup> 以上，表明短距离的区域污染对平顶山市 PM<sub>2.5</sub> 污染贡献加重。2019年，WCWT 高值区域范围明显缩小，区域污染减弱并向东南部转移，潜在源区主要分

布在河南东部、安徽东北部、山东西部以及陕西南部。由分析可知, 2016~2019年WCWT高值分布范围呈先增大后缩小的变化特征, 污染影响区域逐渐由短距离影响转变为短距离以及跨省的复合传输, 总体来讲, 短距离以及跨省传输对平顶山市PM<sub>2.5</sub>贡献均较显著。

### 3 结论

(1) 平顶山近几年整体PM<sub>2.5</sub>年均浓度逐渐改善, 但并未根本解决, 超标率依旧处于高位; 季节差异明显, 冬季均值远高于其他三个季节; 颗粒物污染以细颗粒物为主, 冬季二次污染对细颗粒物贡献较大; 燃煤源对PM<sub>2.5</sub>的贡献逐渐减少, 移动源对PM<sub>2.5</sub>的贡献逐渐增加。

(2) 对平顶山冬季而言, 空气动力与水汽条件对其空气质量影响较大, 当气压小于1013.1hpa、24h变压值达-1.5hPa以下、相对湿度高于64%、露点温度高于-7.0℃时, 发生污染可能性较大。相反, 当气压大于1014.5hpa、变压值达3.6hPa以上、当相对湿度小于53%、露点温度低于-7.0℃时, 发生污染天气的可能性较小。西北风对污染有较明显的驱散作用, 东南风、南风、东风、东北时污染日数占比大, 可能与污染传输及回流有关。

(3) 2016~2019年WCWT高值分布范围呈先增大后缩小的变化特征, 污染影响区域逐渐由短距离影响转变为短距离以及跨省的复合传输, PM<sub>2.5</sub>污染源区主要分布在河南区域(除西北部)、安徽东北部、山东西部以及陕西部分区域, 总体来讲, 短距离以及跨省传输对平顶山市PM<sub>2.5</sub>贡献显著。◆

### 参考文献:

- [1] 郭蒙蒙, 姜楠, 王申博, 等. 郑州市2014~2017年大气污染特征及气象条件影响分析[J]. 环境科学, 2019(9).
- [2] 谢鹏, 刘晓云, 刘兆荣, 等. 我国人群大气颗粒物污染暴露-反应关系的研究[J]. 中国环境科学, 2009, 29(010):1034-1040.
- [3] Li M, Zhang L. Haze in China: Current and future challenges[J]. Environmental Pollution, 2014, 189(Complete):85-86.
- [4] 党聪聪, 姜坪. 气象条件对大气中PM<sub>2.5</sub>浓度的影响[J]. 洁净与空调技术, 2019, No.102(02):36-42.
- [5] Bauer M J, Herrmann R. Estimation of the environmental contamination by phthalic acid esters leaching from household wastes[J]. Science of the Total Environment, 1997, 208(1-2):49.
- [6] Zhang Y, Wang P, Wang L, et al. The influence of facility agriculture production on phthalate esters distribution in black soils of northeast China[J]. Science of the Total Environment, 2015, 506-507:118-125.
- [7] 刘丽丽, 王莉莉. 天津冬季重霾污染过程及气象和边界层特征分析[J]. 气候与环境研究, 2015, 20(002):129-140.
- [8] 李梦, 唐贵谦, 黄俊, 等. 京津冀冬季大气混合层高度与大气污染的关系[J]. 环境科学, 2015(06):1935-1943.
- [9] 姜迪, 李聪. 南京市PM<sub>2.5</sub>扩散与气象条件的关系[J]. 环境监测管理与技术, 2016, 28(1): 36-40
- [10] 杨素英, 余欣洋, 赵秀勇, 等. 太原冬季PM<sub>2.5</sub>影响霾污染的关键尺度谱特征[J]. 环境科学, 2018, 39(006):2512-2520.

# 精准治霾智能调控解决方案

以立体监测和大数据分析为基础，依托“8721”工程，建立一套以“立体监测、精准研判、靶向管控、科学评估”为核心的大气污染防治业务流程；构建大气污染精准防治、智慧管控以及科学评估的工作模式，为城市精准治霾提供技术支撑和管理手段。

## 7种大数据及模型分析方法

- ◆ 空气质量现状诊断分析
- ◆ 空气质量预测预报
- ◆ 多源数据融合研判分析
- ◆ 污染输送通道分析
- ◆ 大数据异常识别分析
- ◆ 颗粒物来源分析
- ◆ 快速情景模拟分析

## 1套运营机制

- ◆ 专家服务保障机制
- ◆ 成效评估机制
- ◆ 绩效考评机制

## 8种立体化监测技术

- ◆ 卫星监测
- ◆ 高空监测
- ◆ 无人机航拍
- ◆ 网格化微站监测
- ◆ 激光雷达走航
- ◆ 机动车尾气排放监测
- ◆ 扬尘在线监测监控
- ◆ 餐饮油烟在线监测

## 2个精准治霾智能化平台

- ◆ 大数据研判分析平台
- ◆ 智能调控决策支持平台

## 经典案例

- 北京市昌平区环境网络化监管平台项目
- 北京市昌平区环境网络化监管平台项目
- 北京市延庆区张山营镇提升空气质量保障能力服务项目
- 河南省滑县大气污染防治第三方专家咨询服务项目
- 湖北省咸宁市大气污染防治第三方专家咨询服务项目
- 湖北省枝江市大气污染防治信息化服务项目
- 北京市朝阳区亚运村精准治霾项目
- 河南省平顶山市大气污染防治第三方管理项目
- 河南省新密市大气污染防治第三方专家咨询服务项目
- 湖北省襄阳市环境保护局空气质量网格化监测试点项目





## 中科宇图把脉开良方 “环保管家”见证“偃师蓝”

近年，偃师区始终坚持以深入打好污染防治攻坚战为主线，以改革创新为动力，坚持稳中求进总基调，把握减污降碳总要求，统筹推进绿色低碳转型、环境污染治理、生态系统保护、治理能力提升，朝着全面建成现代化偃师的宏伟目标阔步迈进，城乡面貌焕然一新，“山清、水碧、岸绿、天蓝”的美丽画卷徐徐铺开。

在洛阳市环委办的指导下，在区委、区政府的领导下，通过各成员单位合力攻坚及中科宇图环保管家团队的精准治霾服务，偃师区环境状况持续改善，取得阶段性成果。2022年第一季度，偃师区空气质量综合指数 5.36，同比改善

14.10%，PM<sub>2.5</sub>浓度为 65 微克 / 立方米，同比改善 7.14%；PM<sub>10</sub>浓度为 123 微克 / 立方米，同比改善 18.54%；优良天数 51 天，同比增长 1 天。整个冬奥会赛事期间，偃师区 PM<sub>2.5</sub>平均浓度为 55 微克 / 立方米，达到 75 微克 / 立方米重点时段保障目标要求。同比改善 17.91%；优良天数为 19 天，优良率 86.36%。

自 2021 年 9 月，偃师区以“改善环境质量”为目标，聘请中科宇图环保管家团队协力精准治污、科学治污、依法治污，形成“环保管家”，增设视频无人机、气溶胶激光雷达等技术，“环保管家”对偃师区大气污染源进行定位、分析，

并组织技术人员对中心城区气候、空气质量进行预测，每日进行预报，提前做好应对污染天气的准备。“环保管家”通过大气网格化监控，做到科学布设、精准监测；实时预警，实现监测与监管协同联动；科学研判，提供切实可行的管控建议，推动偃师区大气污染防治工作由经验型向科技型、粗放型向精准型转变。坚持精准管控，不搞“一刀切”。对空气质量监测站点、乡镇站点等监测数据进行精准分析，安排专人时刻关注、及时精准调度，并组织人员立即到高值点位周边污染源进行排查，对发现的污染问题立即整改。



2021年9月底以来，偃师区攻坚办联合中科宇图环保管家团队梳理并建立了“形势研判-指令发布-任务落实-响应回复-现场核查-考核问责”的大气污染防治工作机制，建立“偃师区大气污染防治攻坚调度群”，在群内晒问题、晒整改，精准溯源，及时发现和解决污染事件和环境突发问题。更好地推动了偃师区各大气办成员单位间的工作联动，各部门在大气污染防治工作上稳健发力，污染防治攻坚取得显著成效。

下一步，中科宇图环保管家将继续助力偃

## 偃师区大气污染防治 巡查日报

中科宇图大气污染防治技术组      2022年4月1日

### 一、巡查内容

3月31日，偃师区大气污染防治技术组对我区重点管控区域进行现场巡查视频照片拍照，共发现4处问题，工地扬尘问题2处，道路扬尘问题1处，黄土裸露问题1处；1处问题未反馈。发现问题如下：

责任单位	问题详情	问题照片	管控建议	反馈时间	责任单位反馈内容	反馈照片
1 偃阳山街道	时间：3月31日 11时05分 地点：洛阳新型包装材料产业园项目 巡查问题：大面积黄土、建筑垃圾裸露。		请责任单位对裸土、建筑垃圾设置覆盖到位。	11:41	偃阳山街道党工委副书记姜杰和企业负责人已到现场。	
偃阳山街道	时间：3月31日 11时32分 地点：洛阳新型包装材料产业园项目 附近无名消纳场 巡查问题：道路干燥积尘较厚，车过扬尘严重。		请责任单位对进出车辆冲洗，对道路进行清扫、常态化洒水保洁。	11:53	偃阳山街道已到现场。	

师区贯彻落实习近平生态文明思想，认真落实中央、省、市生态环境保护工作要求，确保完成2022 大气环境目标要求，深入打好污染防治攻坚战，持续巩固提升偃师区生态环境质量。◆

## 冰雪冬奥，服务有我 中科宇图获延庆区政府来信表扬



近日，中科宇图科技股份有限公司收到延庆区委、区政府、延庆赛区运营保障指挥部发来的一封表扬信。信中表达了对中科宇图为延庆赛区冬奥及冬残奥会期间提供的服务保障工作的高度肯定，对中科宇图的服务品质和服务宗旨表示赞许。

信中高度赞誉了中科宇图“一直以来，不断健全延庆赛区环境质量监测监管平台，及时提供动态关联数据，综合研判空气质量走势，全力支持延庆冬奥会服务保障工作，不断为延庆筹办举办注入新力量。”一封表扬信，是肯定，更是动力！

2019年，中科宇图凭借强大的专业技术背景和丰富的数据资源优势，携手延庆区及生态伙伴共同启动了智慧环保系统的建设工作，充分运用物联网、大数据、云计算等先进技术手段，积极探索“互联网+环保”新路径，最终共同建立了天空地一体、上下协同、信息共享的智慧环保系统。2022年冬奥及冬残奥会期间，中科宇图环保管家团队基于延庆智慧环保平台的建设，联合延庆生态环境局开展了大气环境污染防治第三方咨询服务，为持续提升区域生态质量、服务冬奥会提供优质环境保障。

一封表扬信，是荣誉更是责任。“延庆是属于未来的”，未来中科宇图将继续与延庆区委、区政府同心同向、同心同行，持续加强沟通合作，为建设生态文明“美丽延庆”再结硕果、再创佳绩！◆





## 中科宇图专家团队协助襄州分局开展 大气污染防治培训及形势研判

为提高镇（街）大气污染治理专业化程度，调动大气污染治理积极性，完善污染源治理清单，实现责任下沉，市生态环境局襄州分局于近日开展“特别能吃苦、特别能战斗、特别能奉献”系列教育活动，对全系统及各镇（街）分管生态环境工作负责人进行大气污染防治相关基础知识培训，并就襄州区目前面对的大气污染防治形势进行研判。

培训中，中科宇图与相关单位的专家团队向大家讲解了大气污染成因、大气污染防治背景、襄州区面临的形势、如何开展大气污染防治、激光雷达工作模式及扫描的典型问题，重点就市环委办印发的《襄阳市中心城区周边重点乡镇（街道）环境空气质量考核办法（试行）》、区环委办印发的《襄州区国控环境空气质量监测站点“点位长”制工作方案》中“三张清单”（负面准入清单、污染源清单、网格化管理清单）内容进行了详细讲解，公布了自2021年7月以来张湾、肖湾、伙牌及经开区考核排名情况，并对下一步管控手段提出建议。

襄州分局大气科负责人郭振纲介绍了襄州区目前的大气污染防治管理模式：市级管理，襄阳市针对各城区大气质量成立巡查专班，对巡查发现的问题进行通报；区级管理，襄州区成立大气攻坚指挥部及专项巡查小组，每日对城区内污染源进行排查。

襄州分局副局长杨洁建议各镇（街）成立巡查专班，主动对辖区污染源进行排查，实时更新“三张清单”内容，压实责任，构建以片保面、以点带面的大气污染防治机制，实现国控空气质量监测点周边微环境的长效、精准管控，保证空气质量达到省、市要求。◆

## 【宇图人风采录】在不断突破中拥抱变化

——访环保部委销售经理 张传东



每个优秀营销人的背后，都有着许多不为人知的故事。有的人靠天分，有的靠身份，更多的人靠的是实打实的勤奋。

张传东，中科宇图环保部委销售经理，自2011年加入宇图这个大家庭，已有十年半的时间。

十年，他从事过遥感影像和航空影像处理，又担任过项目实施经理，在2016年又再次向销售经理的岗位发起挑战。十年，张传东见证了宇图不断发展的高光时刻，陪伴着宇图发展，同时也在收获个人成长。

十年磨一剑，成败皆含香。“在不断突破中拥抱变化”，在张传东看来加入宇图是机缘、机遇也是机会，“入职后，从影像处理到项目实施，参与了国土、公安、通信、电力和农业等多个行业的项目实施工作，积累了每个行业的知

识。对我个人的临场应变能力、沟通能力都是极大的提升，同时增强了我对项目实施管理和协调能力，对我个人来讲是一种难得的历练和机遇。”

2016年，随着企业的快速发展，沉淀了五年项目经验的张传东决定向销售经理的岗位发起挑战。“锯用久了会变钝，只有重新磨后，才会锋利再现”，敢于挑战的张传东毅然决然的选择主动申请下沉到一线，走到客户身边，他希望能获得新的能力与成长。

转岗后的张传东作为一个“销售新人”开始积极活跃在项目一线，并从中不断学习，“曾经有一个项目，

最开始是我们最早帮客户做调研、做方案、参与培训，也得到了客户的认可。但因为客户方突然的人事调动，之前做的方案突然就不被认可，当时的情况十分被动。在团队领导和同事的耐心帮助和引导下，我重新从技术方案角度多次与客户方沟通讲解，最终成功中标并顺利完成项目的验收工作。”张传东感慨道，“无论是项目实施，还是销售，每个职位都有各自的做事方法，但是殊途同归，对宇图人来说，对每一件事全力以赴，掌握客户信息，及时调整策略，满足客户需求，是我们始终不变的行为准则。这，也是宇图教会我的。”

在成为销售的五年时间里，张传东参与的项目实现了从无到有，从有到多的突破，仅2022年上半年，张传东就参与了景德镇市流域水环境信息化平台、党建三期工程应用迁移、改造与集成服务、2022年度自然保护地人类活动监管系统升级、“粤港澳绿色大湾区”专区建设等项目的中标，以及生态环境保护信息化工程应用采购项目、党建三期工程应用迁移改造与集成服务、景德镇市流域水环境综合管理平台建设项目、2022年度自然保护地人类活动监管系统升级等项目的回款。

作为一名营销人员，每天都处于销售的一线，要面对面与各种客户打交道，而客户又来自社会各个领域，各个阶层，其性格也千差万别。问及与客户沟通的经验，张传东认真的回答道：“对客户来讲，他看中你的可能是你的产品、可能是你的品牌、可能是你的价格、可能是你的服务等等，当然最后是否选择你，还有很多其他因素。所以在面对客户前一定做好给客户汇报交流的准备，收集客户信息、了解客户状态、了解行业动态、清楚掌握公司的业务知识和产品，在向客户汇报交流时，做好客户需求，围绕客户需求制定营销策略，才能得到用户的认可，让客户放下防备心，这样才能获取更多的真实需求与具体想法，最终呈现给客户一个最优的解决方案。同时，对客户要长期跟踪，长期保持一个非常好的、互利互惠的关系，不要过于急功近利，过于看重眼前利益，应该保持一种坦然乐观的心态，不以物喜，不以己悲，以平常心对待得失。在以往的经历中总结经验、吸取教训，最终一定能实现目标。”

张传东用他的经历，向我们诠释何为坚持！何为奋斗！关于未来，他说，“还需要努力的去提升自己，完善自己，超越自己，在2022年下半年的工作中将会和团队尽心尽力做好项目的开拓、实施、回款和运作工作，为公司的发展贡献自己的一份力量，为公司创造更大的效益。”

征途茫茫，如星辰大海，相信富有责任担当、吃苦耐劳的他，可以在销售这条路上走得更远，能为公司描绘出更大的版图！希望他带着积极向上的正能量创造出更多的销售奇迹！◆

## 【宇图人风采录】“相信公司，相信产品，相信自己” ——访华中分公司销售总监 谭茗心



销售是一门有逻辑的、严谨的艺术，是将个人综合能力展现到极致的职业。无论是对产品的描述或是与客户交流沟通的方式方法，对从业者的逻辑思维能力都有着极强的要求。对于常人而言，销售并不是一个容易的工作；然而，每一个优秀的销售人都有一个冠军梦，能在激烈的竞争中披荆斩棘、脱颖而出的人，必有其独到之处。本期宇图人风采录采访的是在2022年上半年获得公司个人销售排行榜前五的安徽区域销售总监——谭茗心。

谭茗心，80后，一位勤奋自律、勇于挑战的销售人。从初出茅庐的销售新人到出类拔萃的销售标兵，谭茗心有过长达12年的销售经历。从迷茫懵懂到自信干练，可以说，他的成功与付出的努力是成正比的；被问及到是如何成长起来的，谭茗心回顾一路走来的历程，说到：“坚持，努力做好每一件事。”择一事终一生，不为繁华易匠心。

2021年04月，谭茗心凭借着多年积累的销售经验，经猎头公司推荐，顺利通过面试加入到中科宇图的大家庭。对于加入宇图，谭茗心认为这是机遇也是挑战，“宇图是一家有远见、能包容、愿意提供施展平台给员工的公司；在宇图，职务以及职位并不会禁锢员工施展才华。只要你有能力、愿意承担更多责任，宇图有亦师亦友的领导，有鼎力支持的技术团队，有容忍犯错的包容态度。”

谭茗心加入中科宇图仅仅一年时间，就凭借自己精湛的业务水平和吃苦耐劳的精神，过关斩将，征战市场，为公司做出不小的贡献。分别参与到了明光市房屋建筑和市政设施风险普查项目、合肥高新区第

一次全国自然灾害综合风险普查服务、临泉县农村土地承包经营权确权登记颁证技术服务项目，宣州区农村土地确权及航测项目等10个项目的签约与回款中，并按时完成了公司的任务。“知识得钻研！项目得拼搏！责任得勇于承担！只要你具备了能力，做出了成绩，宇图并不吝啬给你发挥的舞台。”谭茗心优秀业绩的背后，有宇图的倾力培养，有领导及团队的支持，有自己挥洒的汗水，还有那数个鏖战资料、开拓市场的不眠之夜。

在采访的过程中，小编曾问道：“作为一名销售人员，你认为最应具备的特征是什么？”谭茗心认真地说到：“第一点，强烈的责任心。每一个销售都必须对工作有强烈的责任心，不能为了业绩而工作，更不能为了工作而工作，而是要为客户争取最大的利益去工作，要为做好自己的那份服务而工作。第二点，不断学习的精神。要深入挖掘产品的特性，深入了解客户的需求，才能从心底打动客户。第三点，永不言弃的决心。做销售是非常难的，因为会遇到形形色色的客户，很多销售新手都是在一次次失败后放弃的，可是有什么工作是简单的呢？如果遇到困难就放弃，那无论做什么都不会成功，只有在遇到困难的时候咬牙坚持下去，才能迎来希望的曙光。”

回顾入职中科宇图这一年来工作中遇到的挑战，谭茗心感慨道，“入职后面临的最大挑战是公司业务线多，项目复杂，专业性要求高。宇图有两大板块业务，客户群体包括政府机构如生态环境局、公安局、住建局、农业农村局、自然资源局等，公司客户如三大运营商、华为、腾讯、高德、百度等。对销售的学习能力和自律性要求极高。并且不断有新的政策和项目，需要我们时刻学习，快速理解。记得刚开始开拓滁州区域风险普查业务时，由于从来没有接触过测绘类业务，所以对政策、流程、服务内容等都不清楚。当时跟徐总、小兵总一起拜访滁州市应急管理局客户，听他们交谈，客户问的专业性问题我一个都答不上，当时心里非常惭愧，也非常着急。扪心自问，作为销售应该是我给客户带来新的咨询、提出解决方案，但现在客户比我还专业，我凭什么获得客户的认可？得到客户的信任，让他放心的把项目交给我？所以我第二天马上找徐总和小兵总了解项目背景，并且要了很多项目资料及相关的政策文件。在这之后我每天关注政策文件、学习项目资料，汇总拜访客户获得的信息，向各位领导请教遇到的问题。不断学习、总结、反思、印证，才快速变得专业，最终获得了客户的认可。”

纵使自己现在的业务水平已具火候，但谭茗心从未松懈，“苟日新，日日新，又日新。如果不去努力地学习、努力地提升自己，就会跟不上宇图发展的步伐。”谭茗心在认真做好日常本职工作的基础上精益求精，从未停下向梦奋进的步伐，力求能在工作上不断突破。希望他在未来工作中继续挥洒自如，大放异彩！◆

## 朝阳有线：“双奥”气象，服务有我！ 中科宇图倾力守护“冬奥蓝”

“天下一家，拥抱未来”，在漫天绚烂的烟火映衬下，北京冬奥会圆满落幕。时空交错，恍然若梦，历经20余载的艰难跋涉，北京成为了史无前例的“双奥”之城。除此之外，绿色奥运的理念对人们的生活产生了深远的影响，尤其是冬奥会期间北京碧蓝的天空成了最美的风景，湛蓝的天空极明、极静、极宽广，将这座文明的“双奥之城”映衬得美不胜收。这是北京二十多年来始终坚持大气治理工作的成果，这其中就有中科宇图贡献的一份力量。

### 做好蓝天守护者，确保北京冬奥蓝

由中科宇图承建的北京市生态环境局“北京市环境监察移动执法系统建设项目”自2019年年底成功交付以来，始终通过信息化手段全面、实时地掌握各区环保执法部门对环境违法案件的现场执法情况和查处进程，分析环境违法案件的处理情况，提高执法效率；为环境执法工作的处理能力的提升提供信息技术支持，实现全覆盖责任体系，规范市、区、乡镇三级执法行为，数据支持北京环境监察管理综合分析。冬奥会、冬残奥会期间，“北京市环境监察移动执法系统”更是实现了应查尽查、不重不漏，做好蓝天守护者，确保北京冬奥蓝。

### 美丽中国，使命在肩；守护蓝天，奋斗有我

冬奥会期间的良好空气质量，充分体现了



多年大气污染治理攻坚克难的成效。中科宇图为朝阳区亚运村街道及麦子店街道提供了大气精准治霾服务。冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图坚决落实大气污染防治相关工作要求和各项防控措施，强化大局意识，克服麻痹、侥幸心理，最大限度实现削峰降频，空气质量指数一路向好。围绕空气质量管控目标，日日攻坚、时时攻坚，推动空气质量持续改善，借助大数据，准确锁污，精准治污，全力保障空气质量。冬奥会、冬残奥会期间，强化督察检查、加大执法力度，特别是动态执法，常态执法，举报执法，多措并举，为提升大气质量保驾护航。

### 环境治理精细化，城市建设智慧化

绿色与智慧的融合已成为当代智慧城市环保工作高质量发展的共识，朝阳区智慧环保项目和延庆智慧环保项目中科宇图作为技术支撑单位充分运用物联网、大数据、云计算等先进技术手段承建了其中多个体系。此外，冬奥会、冬残奥会期间，中科宇图环保管家团队基于延庆智慧环保平台的建设，联合延庆生态环境局开展了延

庆区的大气环境污染防治第三方咨询服务，为持续提升区域生态质量、服务冬奥会提供优质环境保障。

未来，中科宇图将继续咬定青山不放松，持续发力、久久为功，推动北京市空气质量持续改善，让‘北京蓝’常在、‘中国蓝’常在。◆



## 中国生态文明研究与促进会生态文明大数据分会 召开 2022 年第一次工作会议

3月2日，中国生态文明研究与促进会生态文明大数据分会（简称“大数据分会”）2022年第一次工作会议在北京召开。中国生态文明研究与促进会副会长兼秘书长刘青松，大数据分会会长、生态环境部卫星环境应用中心主任高吉喜，大数据分会常务副会长、中科宇图科技股份有限公司董事长姚新等出席会议。会议由大数据分会秘书长刘锐主持。

会议总结了大数据分会2021年工作开展情况。讨论制定了2022年工作计划。围绕大数据分会工作成果、存在的问题以及需要研促会支持



生态文明大数据分会会长 高吉喜

的事项进行展开了交流讨论，对大数据分会负责人选的调整和组织架构的优化进行了研究，形成了初步意见。

高吉喜会长提出，大数据作为新的技术手段和思维方式，提升了生态文明建设决策的科学性，推动环境管理逐渐向网络化和智能化转变。未来，大数据分会将充分利用大数据技术优势，加快推动与卫星遥感、双碳战略、人工智能等新业态的技术融合，推进大数据分会的可持续发展。





中国生态文明研究与促进会副会长兼秘书长 刘青松

刘青松秘书长指出，过去一年，由于新冠肺炎疫情的原因，研促会及大数据分会的工作都受到了不同程度的影响，但经过大家的共同努力，工作依然取得了积极进展。2022年，研促会将根据民政部相关政策，在积极推动分支机构的规范建设的同时，也将发挥自身资源优势全力支持分支机构的发展。未来，为了更好地推动生态文明大数据产业发展，研促会将支持大数据分会开展三项重点工作：一是积极发展会员单位，不断增强大数据分会整体力量；二是优化分支机构组织架构，以利于大数据分会可持续发展；三是加强对大数据分会的工作联系和指导，推动会员服务，务实开拓新项目，产出新产品。希望大数据分会积极参与相关标准制定、平台搭建、组织交流等工作，为我国生态环境大数据发展做出更大贡献。

中科宇图公司助理总裁王宝刚以“生态环境大数据创新应用与大数据分会工作的融合”为题作了专题报告，展示介绍了大数据处理与应用、大数据集成与治理、人工智能环境创新应用等前沿技术在生态环境大数据创新方面的应用实践。

大数据分会秘书长刘锐表示，大数据分会将继续推进大数据技术在生态环境保护领域的广泛应用，为构建生态文明城市提供更多务实有效的公众服务。中科宇图公司作为大数据分会的依托单位将积极配合分会各项工作，积极践行企业社会责任，为我国生态文明建设事业不断做出新的贡献。

中国生态文明研究与促进会会员联络部全体人员和中科宇图公司有关负责同志参加了会议。

中国生态文明研究与促进会大数据分会（简称大数据分会）是中国生态文明研究与促进会（简称研促会）的分支机构，由有志于推动生态文明大数据发展的专家、学者及生态环境大数据产业链中相关的企事业单位和社会组织共同发起成立，旨在通过组织、协调各方面社会力量，共同参与生态文明大数据研究，建设生态文明大数据领域智库和交流平台，推动生态文明大数据创新应用，同时开展有助于促进生态文明大数据建设的活动，推动生态文明大数据互联共享，为推进国家生态文明建设提供技术支持。◆



## 中科宇图成功入选北京市 专精特新“小巨人”企业名单



### 关于对2021年度第二批拟认定北京市专精特新“小巨人”企业名单进行公示的通知

来源：中小企业局 发布日期：2022-02-10 10:46

【字体：大 中 小】

查看单位：

按照国家及北京市专精特新“小巨人”企业相关政策要求，我局组织开展了北京市2021年度第二批北京市专精特新“小巨人”企业征集及评审工作。现将拟认定企业名单向社会进行公示，公示期间为2022年2月10日至2022年2月16日。公示期间，如有单位或个人对以上企业有异议的，可在公示期间以书面形式向我局反映，请注明真实姓名和联系方式，并提供证明材料。

### 2021年度第二批拟认定北京市专精特新“小巨人” 企业名单 (排名不分先后)

序号	企业名称	所属区域
110	北京网高科技股份有限公司	朝阳
111	北京世相科技文化有限公司	朝阳
112	中科宇图科技股份有限公司	朝阳
113	北京远桥科技有限公司	朝阳
114	普若泰克科技发展(北京)有限公司	朝阳

日前，北京市经济和信息化局发布《关于对2021年度第二批拟认定北京市专精特新“小巨人”企业名单进行公示的通知》，根据国家及北京市相关政策规定，经过了一系列征集和评审流程后，中科宇图科技股份有限公司（简称“中科宇图”）成功入选成为北京市专精特新“小巨人”企业。这也是继去年入选北京市和郑州市“专精特新”中小企业认定后，再获殊荣！

“专精特新”中小企业是指专业化、精细化、特色化、创新能力突出的中小企业，“小巨人”则是其中的佼佼者。专精特新“小巨人”评审考察了企业的综合实力，考核申报企业在经济效益、专业化程度、创新能力和经营管理等方面的指标，要求企业

在细分市场内名列前茅，主营业务收入占比在97%以上，平均研发经费占营收比重超过7%，平均拥有专利超过50项。

本次，中科宇图成功入选成为北京市专精特新“小巨人”企业，充分展示了公司技术创新与自主研发能力的优势，这将为公司在行业内的影响力与未来发展起到推动作用。公司作为空天大数据与环境智能化服务商，二十年来，始终坚持紧跟国家战略发展需要，根植于测绘地理信息行业，以空间地理信息数据资源为基础，以多年服务行业的技术优势，自主创新能力，推动基于“GIS+AI+大数据”相融合的技术体系深层次研究与应用。为环保、公安、通信、金融、能源、交通、水利等领域提供空天大数据资源、时空大数据平台及环境智能化应用为一体的综合服务。未来，中科宇图将继续借助企业优势，积极推动国家科技创新发展。◆

# 《字图》征集令

## 《字图》主题征稿

《字图》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、条理清晰、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：liuwx@mapuni.com 联系人：杨竞佳 联系方式：(010)51286880 ——《字图》编辑部

## 《字图》期刊读者意见反馈表

《字图》是中科字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生态环境部、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《字图》提出宝贵建议。您可以填写下方意见反馈表，打印后邮寄到《字图》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《字图》期刊编辑部收 或直接发送您的宝贵建议至邮箱：liuwx@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?

- 热点聚焦  专家论坛  独家专访  案例分享  字图样板  字图风采  
 字图资讯

希望增加的专栏（请注明方向）：

3, 您对《字图》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今年全年期刊，欢迎大家积极与我们互动！

# 臭氧强化高效富氧设备

中科宇图臭氧强化高效富氧设备适合黑臭水体以及劣 V 类、V 类水提标改造到 IV 类水等。臭氧强化高效富氧技术是在现有高效富氧技术基础上引入臭氧技术，使单独的氧气变为臭氧与氧气的混合气体，混合气体中的臭氧对河道内难于生化的大分子进行氧化、断链，提升水体生化性，同时臭氧分解产生的氧气又有益于河道内微生物的好氧生化过程，有助于快速恢复河道内的土著微生物。



① 具有自主研发的专利技术

② 提升水体可生化性

③ 显著改善水体黑臭感官

④ 快速提升水体氧化还原电位和溶解氧

⑤ 物联网云平台对水质数据实时监控和全年记录

⑥ 根据来水状况自动化变频运行，提升处理效果的同时实现电能节省

