

# 欧美国家大气环境监测经验与启示

Experience and enlightenments of atmospheric environmental monitoring in European and American countries

■文 / 王帅 刘文玉

美国、欧洲是世界上大气环境监测技术较为先进的国家和地区。美国国家环境保护局（EPA）作为美国联邦政府的独立行政机构，设置有空气与辐射局专职负责大气环境管理，其下设置空气质量规划与标准司，负责大气环境质量标准制修订、全国大气监测网络运行、空气质量达标判定、大气污染防治政策制定等全流程管理工作，制定了完备的法律法规、标准和技术规范。欧洲国家大气环境管理由欧盟环境局组织实施，其负责制定统一的大气环境质量标准、大气监测网络设置规范和大气监测技术方法体系，各成员国遵照执行。欧美国家长期以来探索建立的大气环境监测技术方法和经验，可为我国参考借鉴。

## 一、大气环境监测网络功能丰富，监测点位布设考虑空间代表性和污染物特征

美国环境空气质量监测网络包括常规污染物监测网络、PM<sub>2.5</sub>化学组分监测网（CSN）、国家核心监测网（NCORE）、有毒有害物质监测网（NATTS）、光化学评估监测网（PAMS）、路边监测网（Near-Road）、跨部门保护能见度监测网（IMPROVE）等不同功能目标的监测网络，网络功能丰富多样，为大气环境管理工作提供了重要技术支撑。

美国常规污染物监测网络主要用于空气质量达标判定，其组网设计方式较为灵活，依每项污染物的特点分别布点。其中PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>监测点位数量最多，其次为PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和CO。污染物监测点位的数量及其空间分布除了与各地人口密度有关外，还与其污染程度密切相关，遵从“污染越重、点位越多”的原则。欧美NCORE、NATTS等特定功能监测网络则采用多污染物监测的设计方案，例如，NCORE监测网络每个站点均开展颗粒物及其组分、气态污染物和气象参数监测，NATTS监测网络的每个城市点位必须至少开展19种必测有毒有害物质监测。

欧美国家大气环境监测网络的监测点位类型多样，监测点位布设理念先进。例如，美国要求监测网络中具备6类监测点位，分别为最高浓度监控点位、高人口密度监测点位、污染源影响监控点位、总体平均浓度点位、区域污染输送点位以及监控空气污染对能见度、植被、公共福利等影响的监测点位。为实现上述点位布设目标，引入了点位空间代表性理念，对某污染物的每一类监测点位均有其最适合的空间代表尺度，由一百米到几千米不等。

## 二、PM<sub>2.5</sub>法规监测技术体系较为科学严谨，同时广泛使用传感器监测设备发布风险预警

美国PM<sub>2.5</sub>监测采取手工参比方法与自动等效方法相结合的监测技术体系，自动监测设备占比呈上升趋势，但手工方法在PM<sub>2.5</sub>达标判定及监测数据质控方面仍然发挥着重要作用。例如，2022年美国PM<sub>2.5</sub>达标判定使用了479台手工监测设备和775台自动监测设备，2种类型设备共同组成了PM<sub>2.5</sub>法规监测网络。美国质控体系要求每年至少有15%的PM<sub>2.5</sub>监测设备（包括手工监测设备和自动监测设备）都要使用另一台PM<sub>2.5</sub>设备进行数据比对，其中手工监测设备占比在50%以上，以确保整个监测网络的PM<sub>2.5</sub>监测数据科学可比。

美国对PM<sub>2.5</sub>自动监测设备的认证要求较为严格，需要至少覆盖四个不同地理范围的冬季和夏季，分别为洛杉矶盆地或加利福尼亚州中部河谷地区（冬夏两季）、美国西部地区（仅冬季）、美国中西部地区（仅冬季）、美国东北部或中大西洋地区（仅夏季），代表了美国典型的地理气候特征和大气污染类型。对于获得美国联邦政府等效方法认证的监测设备，在实际使用过程中如发现与手工参比方法不一致的情况，则该设备监测数据将不被用于达标判定，但仍可用于空气质量信息发布。这种情况下，不允许供应商对设

备参数进行修改使其与手工方法结果一致,而是对调整参数后的新设备重新进行方法认证。

新型传感器法大气污染物监测技术在大气污染预警、社区尺度空气质量监测方面得到广泛应用。与传统自动监测和手工监测设备相比,传感器不需要更多的电耗、基础设施和专业知识,具有低成本、高便携性的特点,虽然不适用于法规监测,但在污染快速预警、高值风险筛查方面有较大优势。美国国家环境保护局与森林服务局合作在其AIRNOW官方网站发布了10分钟级频次的PM<sub>2.5</sub>传感器监测数据,将PM<sub>2.5</sub>法规设备监测数据、野火期间的临时PM<sub>2.5</sub>监测数据、低成本传感器数据进行集成发布,从而向公众快速发布野火污染预警。

### 三、欧美国家环境空气质量评价普遍采用单点评价方式,达标判定时扣除“例外事件”影响,并采用滑动平均方法平滑气象因素影响

欧美国家环境空气质量达标评价采用逐点位评价方式,最高浓度站点需满足达标要求。美国对空气质量管辖区进行达标判定时,以单站点方式进行,一般不进行站点平均。当管理区内所有站点监测结果均达标时(即最高浓度站点达标)才判定该管辖区空气质量达标。PM<sub>2.5</sub>的达标判定要求略有不同,对于靠近特定排放源、仅代表小范围空间空气质量的PM<sub>2.5</sub>监测点位,其不必达到年均值标准,但需要达到PM<sub>2.5</sub>日均值标准。

欧美国家在环境空气质量达标判定时,会扣除自然源及人为不可抗力因素导致的大气污染“例外事件”的影响。“例外事件”是指不能够合理地控制和预防、不会在特定地点重复出现的人为污染事件,自然因素导致的污染也属于“例外事件”。美国规定的“例外事件”包括计划烧除、荒地野火、大风扬尘、平流层臭氧入侵、火山爆发、烟花表演等。欧盟规定的“例外事件”包括沙尘传输、大风扬沙、海盐、荒地野火、火山喷发、冬季道路撒盐等。加拿大除了扣除“例外事件”外,还会将境外污染输送导致的污染也进行扣除,因为当地无法控制这类事件的发生。

欧美国家在空气质量达标判定时充分考虑气象波动影响,采用多年滑动平均方法。美国在进行各地区PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>达标评价时,广泛使用了三年平均的方法,目的是消除气象条件变化对空气质量达标判定结果的影响,使得达标评价结果更加稳

定,减少达标判定结果的波动性。欧盟环境空气质量标准中PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>的阶段性目标采用了三年滑动平均方法,保护自然植被的O<sub>3</sub>指标(AOT40,给定时段内臭氧小时浓度超过40ppb的浓度累积值)采用五年滑动平均计算方法。

### 四、欧美国家对我国大气环境监测的经验启示

在监测网络方面,我国目前已建设了常规污染物监测网、颗粒物组分监测网、光化学评估监测网,有力支撑了大气污染措施评估,正在加强针对城市道路、港口码头、物流园区等交通环境空气质量的监测。但我国大气环境有毒有害物的监测水平距离国外仍有较大差距,急需开展相关专项监测网络建设。另外,我国空气质量监测方案要求开展全部六项污染物监测,未来可考虑与污染程度相关联,减少清洁地区监测点位数量和监测指标数量。同时欧美国家大气环境监测网络的组网技术和点位布设技术,可为我国借鉴参考。

在监测技术方面,美国科学严谨的PM<sub>2.5</sub>监测质量控制体系为我国提供了宝贵的经验参考。目前我国正在完善全国PM<sub>2.5</sub>自动监测质控体系,从自动设备适用性检测、日常运行比对测试等方面加强PM<sub>2.5</sub>监测质控,参考美国经验,我国空气质量监测网络中需始终保持一定比例的手工参比设备作为质控基点,确保自动和手工监测结果的准确性。同时,我国已着手开展光散射等快速PM<sub>2.5</sub>监测原理设备的性能测试工作,未来可作为法规监测方法的补充,应用于沙尘、火灾等大气污染过程的快速响应。

在空气质量评价方面,欧美国家的现行经验做法可成为我国未来空气质量评价的发展方向。近年来,我国大气污染防治工作取得了显著成效,随着人为源大气污染排放管控的持续深入,气象因素以及“例外事件”对空气质量的影响权重越发明显。例如,个别年份极端高温干旱气象条件会诱导臭氧超标地显著增加,东南亚春季秸秆焚烧输送会导致云南边境城市PM<sub>2.5</sub>浓度显著升高,森林火灾和计划烧除导致下风向城市空气质量影响明显恶化等,上升现象给空气质量考核评估带来了一定困扰。采用多年滑动平均或气象影响滤除方法,以及制定适合我国的空气质量受“例外事件”影响扣除技术导则,能够更加客观科学地评估努力的成效,更好支撑我国大气环境管理工作。

作者单位:中国环境监测总站