



科技点亮生活 创新改变未来

复旦大学上海市大气颗粒物污染防治重点实验室

在天台小屋破解上海PM2.5成因

图 东方IC

科创新探索

复旦大学第四教学楼的楼顶,有一盏“长明灯”:这是一间只有十几平方米的天台小屋,狭窄的空间里堆满了各种仪器,一根根采样管透过气窗伸到户外。这是一个24小时运转的空气监测站——由复旦环境科学与工程系领衔的上海市大气颗粒物污染防治重点实验室。

找出空气污染物源头

雾霾、PM2.5,无疑都是近年来最显眼的网络热词。如何化解雾霾?关键是实时捕捉到大气中气体和颗粒物的成分及变化,找出空气中污染物的源头和形成机制。2013年,复旦环境科学与工程系教授王琳率领的一支团队进驻这间小屋,监测站开始日夜不停地运作,每天,不管是天黑还是黎明,这里都在实时采集大气样本,随后在电脑上实时展示着观测数据的变化。那些跳动的数字看起来毫无意义,但通过后期软件处理后就能揭示隐藏在大气中的“秘密”。

一晃4年,谁也不曾想到,小小的屋顶平台竟然“飞”出重大成果:2018年7月20日,王琳团队在国际顶级学术期刊

《科学》发表论文《中国典型超大城市的硫酸二甲胺大气新粒子形成事件》,首次发现并证实了我国典型城市上海大气中的硫酸二甲胺-水三元成核现象,指出在上海城市大气中,气体硫酸分子、二甲胺分子和水分子三者是形成大气新粒子的主要来源,揭示了上海大气污染纳米微细粒子形成,也就是所谓大气新粒子形成的化学机制,这也许会成为未来破解上海城市空气污染的关键点。

在此之前,污染城市大气中的大气新粒子形成事件的化学与物理机制一直是一个未解之谜。人们一直对大气纳米微细颗粒物的来源存在争议。对于自己团队的发现,王琳给出了一个比喻:“这相当于我们从133倍于地球人口数的气体分子中找出了最关键的那2个,一个是硫酸分子,另一个是二甲胺分子,它们碰到一起,就可能发生大气新粒子形成事件了。”

关注颗粒物“二次形成”

大气PM2.5污染是关系国计民生的重要议题。在大众观念中,工厂和汽车的尾气排放是造成PM2.5颗粒物污染的主要原因之一,然而未必,“这是由人类活动或者自然活动所带来大气颗粒物直接排放,我们的‘术语’称之为‘一次排放’。”王琳介绍

说,除了“一次排放”,在空气当中,时常发生着的,还有颗粒物的“二次形成”。

相较于“一次排放”,“二次形成”过程较为复杂。其形成过程大致分为两种:第一种过程指空气中的挥发性气体可通过化学反应生成饱和蒸气压较低的反应产物,这类物种会凝降在已有颗粒物的表面上,增加颗粒物的质量浓度;而另一种过程则会大幅增加颗粒物的数量浓度,大气中部分气体分子随机碰撞,通过分子间作用力或化学键而生成分子团簇,分子团簇的进一步生长则形成了纳米微细粒子,也就是大气新粒子,期间发生从气体到凝聚态的相变;这些纳米微细粒子的继续生长,则可能造成大气PM2.5污染。“二次形成”让大气中的颗粒物变得更“重”、更“多”,我们课题组目前主要关注变“多”的过程,研究城市空气中的大气新粒子是怎么形成的。”王琳说。

显然,王琳的研究是针对破解PM2.5的要害。于是,在复旦第四教学楼楼顶平台上,人们看到了整晚整晚不灭的灯光——功夫不负有心人,王琳团队终于收获累累硕果:他们测得了上海城市大气中1-700纳米区间大气颗粒物的粒径分布浓度,获得了大气新粒子的形成速率和成长速率;并测量了大气新粒子形成事件期

间大气中性和带电分子团簇的化学组分。

下一步重点关注臭氧

研究结果表明,在上海大气新粒子的形成过程中,一个气体硫酸分子和一个二甲胺分子随机碰撞,通过氢键形成稳定的分子簇,分子簇通过与其他硫酸分子、二甲胺分子或其他硫酸二甲胺团簇的碰撞继续生长;一定尺寸以后,其他物种(例如极低挥发性有机化合物)开始加入这个过程,并最终形成大气新粒子。

几天前,第四教学楼平台小屋的大气观测暂停了。王琳告诉记者,环境监测点并没有关闭,而是即将搬到新家——复旦江湾校区环境科学与工程系的楼顶。那里还有一间“小屋”,当然,要比原来那个大许多,条件好许多,上海市大气颗粒物污染防治重点实验室将继续它的使命。王琳透露,团队下一步的工作重点是城市大气环境中的另一个难题:臭氧。与此同时,原来的研究工作也将持续。王琳希望,在现有的硫酸二甲胺-水三元成核化学机制框架下,能进一步明确我国城市大气新粒子形成事件中的前体物主控因素,理解城市大气新粒子形成事件与雾霾形成的关系,从而助力国家推出更有针对性的污染防治措施。 本报记者 张炯强



实验方舱内,通过超声波造雾可以在10分钟内将能见度降到10米以内 采访对象供图

10分钟内,模拟能见度可降至10米以下;30分钟内,模拟能见度又能从10米迅速上升到10公里以上。近日,试运行三年的国家气象计量站能见度计量检测实验室(上海)(以下简称实验室)通过了来自计量、军队、铁路、民航、高校和气象等相关领域专家的业务能力论证。据介绍,这是国内首家能见度检测与标校业务实验室,填补了国内能见度仪检测与标校的空白,截至目前已承接了市场上10余个产品型号能见度仪的检测和标校。

最大的能见度场内实验舱

实验室坐落在延安西路上的中国气象局上海物资管理处。长20米、宽3.5米、高3米的能见度环境模拟方

超声波雾起 能见度骤降

国内最大能见度模拟舱就在上海,10分钟内可降至10米以下

舱,是实验室的主体。这个立方体“大家伙”由5000多个零件、10节舱体组成的,方舱内还设有包括透射式能见度仪和标准前向散射式能见度仪等在内的50多组光学电控设备。通过超声波造雾,实验舱内可以人工模拟稳定的云雾、降雨环境,为能见度仪校准提供高标准的测试环境。

“这是目前国内最大的能见度模拟舱,在国际上也很少见。”中国气象局上海物管处标准与技术发展科科长褚进华介绍,能见度是雾霾天气判断的主要气象要素。“国内外的能见度检测大多放在户外,能见度500米以下的天气更是不可遇不可求。受刮风、下雨、灰尘等诸多不可控因素影响,检验的效率也会变低。”

如今,在实验舱里,10分钟内就能人工模拟出10米以下的能见度环境,30分钟内能见度又能迅速上升到10公里以

上。褚进华说:“从检测到报告出炉,大约只需花上2天时间,舱内能一次性同时检测8到10台仪器。”

1.5公里以下10%相对误差

近几年,所有的国家级气象观测站、环境气象站、交通气象观测站都已经配备了前向散射式能见度仪。褚进华说,以前,能见度仪并没有一个统一的行业标准,不同的设备观测数据存在不小的误差,曾送到实验室标校的两个产品的能见度测量结果居然差了1倍。2014年起,中国气象局上海物管处就开始探索建设我国首家能见度计量检测实验室,光是图纸就设计了500多份。整个实验室的建造花费了2年的时间,2016年开始投入试运行。

褚进华说,“实验室不直接参与气象站、交通站等站点观测,但可以给送检仪器提供方提供一个校准结果。目前,实验室对1.5公里以下的能见度校准相对误

差控制在10%以内,1.5公里到10公里的能见度校准相对误差为20%以内,如果送检的设备先进,相对误差可以缩小到5%以内。”

未来建立一套国家标准

中国气象局综合观测司装备处处长赵均壮表示,此次论证标志着气象部门在建立前向散射式能见度仪计量保障业务上迈出关键一步。“实验室通过业务能力论证不是终点。它仍然是‘试运行’状态。”褚进华说,目前,实验室所做的检测和校验摸索总结出来的成果,相当于提供一个行业标准。“下一步,实验室争取早日取得中国合格评定国家认可委员会认证(CNAS认证),制定出一套国家标准。”据了解,未来,实验室还将引入更多新的装备,增加人工模拟场景,包括测试雾霾天气能见度的PM2.5气溶胶颗粒环境,测试海洋能见度的海汽环境等。

本报记者 马丹