

浙江大学环境与资源学院“千人计划”特聘教授俞绍才：



向大气喷水,能否清污?

向大气中喷水清污的地球工程方法,很容易在社区大规模应用和实践,其理想的状态应是大范围推广,定期喷洒,通过清除大气中的二氧化硫和氮氧化物等,直接干预雾霾的形成。

用地球工程方法解决雾霾问题是我最近一直思考的问题。今年1月,我在国际杂志《Environ Chem Lett》上发表了题为“喷水地球工程方法清除空气污染来解决中国城市的雾霾”的论文,首次提出可以用水来遏制中国的雾霾和大气污染。

靠风雨治霾是有一定科学道理的。大气污染的清除过程主要包括干沉降和湿沉降。其中,湿沉降是通过降雨、降雪等使颗粒物从大气中去除,是清除大气颗粒物和痕量气态污染物的有效方法。干沉降指气溶胶及其他酸性物质直接沉降到地表,大气的稳定度、风速、化学特征、沉降表面特征等对干沉降有着直接的影响。干沉降和湿沉降是“消除雾霾基本靠天(风和雨)”的科学依据,且湿沉降比干沉降要有效得多。

我国已经进行了一些人工消减雾霾的科学试验。中国气象局也要求,省级气象部门2015年要具备人工降雨等人为影响天气、改善空气质量的能力。但业界普遍评价,人工降雨等方法,成本高且效果有限。

由于我们目前很难从源头上彻底削减污染物,湿沉降虽是消除大气污染和雾霾的最有效方法,但人工降雨技术目前并不成熟。于是,当我看到家门口草坪中突然跳起喷水的草坪自动浇水装置,便有了大气喷水地球工程方法清除大气污染和雾霾的灵感。黄浦江穿城而过的上海笼罩在重雾霾中,且有那么多的高楼,为什么不通过从高楼、高塔等建筑物外向大气喷水的方法,来遏制

城市雾霾呢?

随后,我进行了系统研究,发现喷水强度、水滴大小及颗粒物的大小直接决定了喷水的清污效率。也就是说,自动喷水系统需要特别设计,以便喷出所需要的水滴大小和强度,达到最大的清污效果。

在这里,我先对自己研究的大气喷水地球工程方法做一个具体介绍:

(1) 对城市建筑群,在各个建筑物及高塔,如中央电视台主楼顶及上海东方明珠塔的屋顶上,安装喷水装置向建筑物外大气喷水,就如你给自家花园浇水一样。喷出的水自然会把周围大气中的污染物清洗干净,时间可长可短,视当时污染情况及气象条件而定。

(2) 对于空旷的地方如广场和公园等,可通过建水塔或其他方法将水引向高处,最好是50~200米高度以上,然后向周围的大气喷水来清除大气中的污染物。喷出的水可在地面上重新收集以便再次喷水使用。这样一来,大气喷水地球工程方法并不需要太多的水资源。

(3) 以上两点也适用于工业区大气污染物的清除。

有人会问了,在不缺水的中国江南地区,大气喷水地球工程方法是可行的,那缺水的城市如西安、北京,怎么办?我觉得,可以向干旱城市大气中喷“中水”治理雾霾。当然,这些“中水”在使用前,需要进行更多处理,以防对人体健康产生影响。

我略微估算了一下大气喷水地球工程方法应用于北京的费用。北京市面积16800多平方公里,按每250米一个大气喷水点算,北京市共需268800多个大气喷水点。一个大气喷水点的水管直径为0.03米,水流速为3米/秒,每天喷水1小时,分2次进行,晚上12点和早上5点各半小时,一个点每天喷7.6吨水。在北京,自来水价格1.7元/立方米,水资源费1.26元/立方米,污水处理费1.04元/立方米,合计4元/立方米,也就是1吨水4块钱。一吨水用水泵提升50米,水泵的效率是70%,需要0.194度电,北京电费0.49元一度,所以,一吨水用水泵提升50米的电费是0.095元。一个大气喷水点每天所需总费用是31.1元,268800个点喷水1小时总费用是8366000元。假设一年需喷水300天则总费用是25.1亿元。如果使用中水,价格是1元/吨,那么北京市一年喷水300天总费用是6.3亿元,若喷出的中水在地面上收集和再使用率为50%,一年喷水300天总费用是3.2亿元。无论如何,我觉得相对于北京准备用7000多亿元来治理雾霾,大气喷水地球工程方法的费用是非常低的。

对大气喷水地球工程方法应用于浙江杭州市的费用,我也进行了估算。因杭州市年雨日为130~160天,不用喷水。则杭州市一年需喷水220天,总费用是1.6亿元。如果喷出的水在地面上收集和再使用率为

50%,总费用就是0.43亿元/年(使用中水),0.8亿元/年(使用自来水)。

通过这些研究,我认为,大气喷水地球工程方法的优点很多,包括:

(1) 向大气中喷水来清除大气污染物的过程是像下雨一样的自然过程。

(2) 根据我的研究,只要向大气中喷浇足够的水量,在合理的水滴大小和喷水强度下,大气喷水地球工程方法可在很短的时间内,从几分钟到几小时,非常有效地降低PM_{2.5}的浓度至35微克/立方米。

(3) 有很好的技术可行性,因为所需要的物质及技术条件都已经存在,如高层建筑物、塔、水及自动喷水系统。

(4) 成本低,向大气中喷水的系统不需太高的技术要求,所需的水可取自江、河、湖,无需达到饮用水标准,喷出的水还可二次利用。如果你可以花半小时浇灌你的花园,你也可以花30分钟清洗你周围的大气。

(5) 清除大气污染物的效率高,大自然已经无数次证明,下雨是大气污染物最有效的清除方法。当然,不同的喷水方法会影响清除效率。同时还需要用大气污染模型预报大气污染分布,以便决定在何时何地何高度喷水。还需要随时观测浓度,以决定何时停止喷水。这样才能提高效率,减少成本。

(6) 也可同时清除大气中其他污染物如二氧化硫和氮氧化物,减少光化学烟雾污染发生和二次污染

物形成的可能性,从屋顶喷下的水还可清洗街道。

当然,用这个方法治理雾霾也可能存在一些问题,比如:

(1) 如果向大气中喷太多水,会产生水灾,当然这一般不可能发生。

(2) 如果向大气中喷出的水滴太小,水滴在到达地面时就已经完全蒸发,那仅会增加大气湿度,达不到清污的目的,还有可能增加PM_{2.5}的浓度。这应该是最需要注意和避免的事情。

(3) 在天气寒冷的时候,喷出的水可能在道路上形成冰,使路面打滑,这也是需要注意和避免的事情。

但不管怎样,我认为,向大气中喷水清污的地球工程方法一定是可行的,很容易在社区大规模应用和实践,对环境是安全且无显著副作用的。当然,在什么高度上,喷出多大强度的水?喷多大区域,能保持多久?如何用最低的费用达到最大的清污效果?这些问题是需要进一步试验和研究的。最理想的状态应是大范围推广,定期喷洒,通过清除大气中PM_{2.5}的前体物,如二氧化硫和氮氧化物等,直接干预雾霾的形成。在中国能源结构没有大的改变的情况下,我觉得大气喷水地球工程方法应该是一个对付中国严重雾霾污染的最可能的有效应急方案。

(本文为浙江大学环境与资源学院“千人计划”特聘教授俞绍才在北大环境学院讲座上的发言,本刊记者李莹整理)