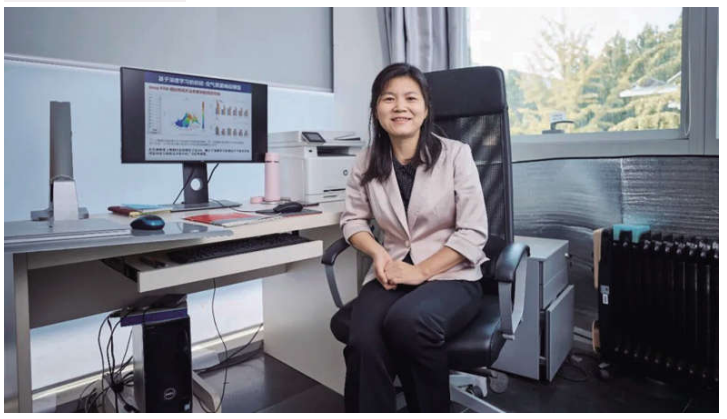
科研"她"力量

女科学家王书肖:我做的工作,在中国更重要



为大气下诊断书

观察空气与蓝天，是王书肖再熟悉不过的工作。在过去的许多年里，她每天早上起床第一件事,就是拉开窗帘,看看这一天北京天气如何。空气污染严重的日子里，她会接到各家媒体打来的电话，向他们解释这一次的污染从何而来,经历了什么过程,预计会在何时结束。

一个典型的案例，是2020年11月5日在上海开幕的中国国际进口博览会。开幕前三天,王书肖接到了环保部门的电话:5号那天会有污染，我们应该怎么调控、采取什么措施?

王书肖告诉对方,污染会从某几个方向来，要盯哪几个地方,这些措施做了,空气质量就能改善。

能做到这一点,与王书肖过去20年的工作有关。她建立了大气污染源排放清单,同时完成了区域空气质量调控技术平台的研发。排放清单就相当于在广袤的中国大地上画出一张排放地图——哪里有污染源,污染源排放了什么,排了多少,时间空间怎么变化,在地图上都清晰可见。

在此基础上，她研发的区域空气质量调控技术平台，相当于一个大气污染治理效果的沙盘推演预判技术平台，可以评估各种控制措施的空气质量改善效果，能否实现预设的空气质量改善目标，会带来怎样的健康和生态效益，以及哪些措施改善空气质量的成本更小。

王书肖从2003年至今,一直在清华大学环境学院任教。她是中国大气污染防治领域的专家，也是2019年"科学探索奖"的获奖人。

过去的20年里，我们的空气质量，经历了显著的改善之旅。2019年，联合国曾发布一份名为《北京二十年大气污染治理历程与展望》的报告,其中写到:1998年至2018年这20年间，北京的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物和挥发性有机物的年排放量分别下降83%、43%、55%和42%。这其中就有王书肖和她的同事们的努力。

源头

人的许多选择，或许都可以回到少年时代追溯源头。

上世纪70年代,王书肖出生在河北藁城。14岁时,她来到河北辛集中学读高中，当时学校附近就是一家化工企业,每天,大家都能看见河里流过五颜六色的废水,"废水颜色很鲜艳，你可以想象,那都有毒。"她的化学老师会跟学生们讲,你看这些废水,没有经过任何处理就排到农田里,我们生活在这里的人，有可能会早死很多年,或是死于各种癌症。

那时的王书肖,对"环保"、"环境"这种词,只有初步的体认,还很模糊。她加入了辛集中学的化学兴趣小组。考大学时,她报考了天津大学的化学工程系,这是当时全国排名第一的化学工程系。

那是上世纪90年代,一个苏醒的、起飞的、靠燃烧来驱动的时代,一个重工业行业产值迅速增长的时期。那个年代的化工行业,中石化、中石油等企业有最高的景气程度。在本科时期,王书肖和她的同学们，都曾到化工企业去生产实习,去的都是当时的好企业。

1993年，在化肥厂实习的一个月，老师带着学生们把所有环节走了一遍。她对烟囱排放的环节印象最深,还爬上了一根20米高的烟囱去看。

在工厂里，她开始有一些模糊的感觉——人在这里工作,闻的是臭气的味道，置身糟糕的环境之中，呼吸系统明显是不舒服的。这种不适也不局限于工厂内部，周边的环境和人同样受到影响。当时她就想:为什么化工企业一定要脏乱差、一定要给人这种印象呢?它也可以很清洁,让人在其中很愉悦。

但当时这更像一种她本能的、个人化的、超前的反思。在大学课堂上，老师们专注的还是工艺、设备、技术。政策层面对环境保护的要求宽松，企业自然也没有什么污染治理的措施。

本科毕业,她继续读研,跟之前的感受有关，她选择了一位专注于污染治理技术的导师——她觉得这个工作会很有意义。在以发展生产为中心的时代，这是一个冷门的选择。

读研的两年多时间，她最重要的工作，是开发一套烟气脱硫除尘一体化技术设备。虽然当时烟气脱硫除尘是国外已经成熟的技术,但引进的费用高。最好的解决方法就是做自主研发的国产化设备,把价格降下来。她花了两年时间,做了大量的实验,完成了技术研发。

但比起技术的研发，难的还在后面——技术有了，设备做出来了,要找企业做示范。但要说服企业,太难了,"既然什么都不做就能达标，那我为什么要花钱?"她的导师带着两位师弟,找了好多企业，到最后好不容易建成示范设备的时候，王书肖已经硕士毕业了。

经过这两年，她从化学进了环保的门,辛苦做出了技术,又被现实泼了冷水,受了打击,心中有苦闷——大家都说,无利不起早,而环保不赚钱，甚至是个花钱的行业,技术白白开发出来,躺在那里睡大觉,有什么用呢!

怎么才能让大家意识到环保的必要性?她没想明白。但很快，她偶然间在图书馆读到了清华大学郝吉明老师的一篇文章,他在文章里讲,中国应该用什么对策去控制酸雨和二氧化硫污染。

这篇文章就像一点火光,朦胧中的一些指引，她意识到自己想做的就是这方面的研究，就给郝吉明写信，说想跟着他读博士，郝吉明热情地给她回信。就这样,她1998年3月进入清华,入了环境领域的门。

扎进去

1998年，王书肖进入清华读博,开始在北京的生活。同样是这一年，北京消耗了2800万吨的煤。这个数字也意味着,它当时是世界上煤炭使用量最大的首都。当时北京二氧化硫的浓度是年均126微克每立方米,今天的数据是3微克每立方米——足足40倍的差距。

这对城市中人的影响是巨大的。尤其是在冬天,北京市民们能直接闻到空气中煤烟的味道、二氧化硫的味道。王书肖最直观的记忆是，当时如果她穿白衬衣出门,一天下来,领子会变成黄的，甚至是黑的,"这是一个很脏的城市"。

王书肖的博士导师郝吉明,是改革开放后第一批留学的博士,后来成为院士,是环境保护领域的代表人物之一。1999年,郝吉明安排她为陕西渭河电厂做一个二氧化硫污染治理的方案。设计方案的过程中,她也发现,这不是一个纯技术的活儿,企业最大的顾虑是成本。

最后她的方案，兼顾了技术、成本和现实。安装湿法脱硫的设备,随着政策变化,调整里面的参数。每个环节,都可以调整,使脱硫效果更好,这套设备也可以一直使用。

电厂最后接受了王书肖的方案。很快,2003年,国家电厂的排放标准就进一步加严。她的这套方案，被证明是有效且可持续的。她博士论文的工作,也为2002年环保总局、国家经贸委、科技部发布《燃煤二氧化硫排放污染防治技术政策》提供了直接的技术支撑。

赴美学习

博士毕业的时候,一个吸引人的选项出现了:哈佛大学和清华大学有一个合作项目,试图从保护人体健康的角度去推动大气污染的治理。这正是她最感兴趣的研究领域。

那还是本世纪初,她从北京起飞,落地美国。中美社会关心的环境问题大不相同——中国还在关注城市的二氧化硫问题,美国已经在关心细颗粒物,也就是我们现在熟悉的PM2.5。而中国直到2012年,才在《环境空气质量标准》中增加了PM2.5的指标。

她埋头研究大气污染源与人体健康之间的关系，受到了一些启蒙——任何一种污染物,排到空气中，都有一个人体吸入的过程。比如人在汽车里,离道路近,那么交通排放被人体吸入的比例就大;室内烧煤的炉灶,排放出的污染物也会直接被人体吸入;但像电厂那样的企业，虽然排放量大,但经过大气传输,风的扩散,以及一些化学过程，被人体吸入的比例就相对小很多了。

郝吉明院士(中)、贺克斌院士(右)和王书肖

不同企业排放的污染物,化学组成也不同。像电厂排放的颗粒物,主要是飞灰,以各种矿物质为主；但像烧煤和秸秆的家用炉灶，排放颗粒物上有更多的多环芳烃等有机物,致癌,对人的危害更大。

学了一腔知识,与中国的现实深切相关，她也在那时走到了一个十字路口——可以继续留在哈佛,她拿到了offer。另一方面，中国的城市大气污染问题日益严重,亟待解决,那是一种真切而有力的召唤。"我做的这个工作,在中国更重要,有更大的舞台,或者说,我也更希望改善中国人的生存环境。"

郝吉明每年去哈佛访问,也都跟她说:"哎呀,回来吧!我们现在特别需要人，我们有太多的工作要做了。"

2003年年底，她最终决定回国。当时她的丈夫已经被美国一所大学录取，因此放弃了机会。2004年3月,已经怀孕7个月的她,踏上了回国的航班。

服务社会

王书肖的工作，也深深介入了现实——她参与了《"十二五"重点区域大气污染联防联控规划》《大气污染防治行动计划(2013-2017)》《打赢蓝天保卫战三年行动计划(2018-2020)》《"十四五"空气质量持续改善行动计划》等国家重大政策的制定和后评估工作，用研究影响决策。我们生活的这片蓝天,与她和团队有真切的关系。

其中影响最深远的工作之一,是她和同事们建议,国家不再以"污染物排放总量控制"为核心来做管理，而应该以保护人体健康为导向。到了2012年,国家修订了《环境空气质量标准》,相应的,各种防治计划里,不再只考虑排放总量,都设定了PM2.5浓度下降多少的目标。

在某些地区，越贫困的人,他们享受的空气质量，尤其是室内的空气质量，往往是越差的。

她也开始关注农村城市、不同收入人群、不同受教育人群所享受的环境差异，并思考环境学家的工作——她始终认为，从根本上来说，清新的空气、清洁的水,都是一种公共资源,每个人都有权享受。

就像几乎所有女科学家那样，她不止一次被问到:"怎么平衡家庭和工作?"她会很直接地回答,她平衡得不好。

她的大部分时间都给了工作,连周末和晚上也都在工作,但还是觉得时间不够用。她的家人也早已习惯，几乎是从在清华读博士开始,二十多年来,她的作息从未改变：每天6点起床,7点就到了办公室，晚上10点才回家。

她的工作需要时间验证,尤其是气候变化，今天所做的许多事情,真正反映在地球上,可能是在50年后,甚至是百年后。或许她这一代人在有生之年,不会直接看到结果,但地球、大气和海洋都是有惯性的，今天的行动,会让下一代人,下下一代的人,生活在更好的世界。

(杨国安 金钟 来源:《人物》杂志)