

中国科学院院士江桂斌的登峰与远航—— 决胜万亿分之一的“破毒”之战

■ 本报记者 谢丹颖 通讯员 薛雅文

江桂斌又准备去西藏了,今年的行程定在7月中旬。

与记者印象中的进藏不同,他没做什么特殊准备。用于测量污染物的各种设备、采样瓶和几件冲锋衣,几乎是他所有的行李。轻装上阵,是为了方便登上高山——团队最高曾抵达6200米的前进营地。在西藏从事污染物研究的17年来,他对这片雪域高原和自己的工作,有了新的认识。

位于地球之巅,青藏高原有一条隐形的线——海拔在此之上,人迹罕至。在很多人的观念里,那里是一片净土,离污染很远。

纳木措的湖水映着雪山,风里没有PM2.5的味道,但江桂斌说:“许多农村散养的家禽和蔬菜拿去测,全氟化合物的含量比超市的可能还要高。”如今世间各污染物,多是看不见、摸不着的,随风顺水,便蔓延至世界各个角落。

“什么对健康影响最大,我们就研究什么。”随着采访深入,记者不断惊讶于他广博的学识体系:从微观分子结构延伸至宏观环境治理,再落脚于人群毒害风险防控。他精通化学、擅研仪器,不是化工从业者,却深谙产业机理、发展的难处。面对全球70%疾病与40%死亡源于环境因素的现实,他始终层层剥茧,执着探寻经济发展与环境保护的最佳平衡点。

为污染下诊断

珠峰北坡绒布冰川末端,海拔约5300米。空气稀薄得像被抽走了大半,每一次呼吸都像在跟肺讨价还价。

江桂斌身着深色冲锋衣,半蹲在乳白色的溪流边,托着酸洗过的采样瓶浸入水中,提起、分装、标记,操作平稳,一如在实验室。“高原是污染物的天然沉降区,”他说,“这里的水样是全球POPs(持久性有机污染物)长距离迁移的直接记录。”

今年6月,团队发文:首次从冰川融水中检出新型PFAS(全氟和多氟烷基物质),并推翻以往观点——驱动PFAS释放的主导因素并非阳光照射,而是水文过程。聊到这里,江桂斌突然话锋一转,沉声道:“连珠峰这样远离城市的地方都能检测出污染物,这是非常值得重视的。”

这不止关乎一地一国。“不仅是我们的事,更是世界的大事。”谈及教科书上的环境事件,江桂斌总能精确到年份、数字和化学表征:1952年伦敦烟雾事件,1956年日本水俣病事件……“20世纪70年代,中国面临同样的发展挑战。我们不仅要管污染总量,还得管其形态——工厂排出的无机汞本来毒性平平,经底泥微生物甲基化便成了高毒的有机汞……”

随着产业迭代,新的威胁接踵而至。江桂斌清楚记得,本世纪初,浙南某地聚集了大量作坊式电子废弃物拆解户,露天焚烧取铜等贵金属、酸洗提金释放的PCBs(多氯联苯)、二噁英、PBDEs(溴代阻燃剂)等POPs,兼具高毒、持久、生物蓄积、长距离迁移的特性。

2004年,我国加入联合国《斯德哥尔摩公约》,治理首批12类POPs,“国内作坊释放的毒物,全在黑名单上。”于是,作为中国科学院生态环境研究中心的一名研究员,我国新污染物研究领域的开拓者,江桂斌一头扎了进去。

如果把污染物研究比作登山,POPs便是公认的险峰,其中又以二噁英为攀顶路上的“卡脖子”隘口。作为典型的工业副产物,二噁英毒性非常高。更棘手的是,其危害多来自低剂量长期暴露,极难通过常规动物实验推演。

这种“难”,江桂斌做了个对比:普通化学实验是“A+B生成C”,假设清晰、验证简单。但二噁英的生成路径复杂,可能源于垃圾焚烧、钢铁冶炼、汽车尾气等场景,浓度又在万亿分之一级别——好比在一个标准泳池搜寻一滴水里特定的几个分子。其家族还有210种异构体,反应多次、不断演变,毒性相差数百倍。“啃下二噁英,相当于摸透了POPs分析的半部方法论。”

更难的是,当时超高灵敏检测设备长期被欧美垄断:一台高分辨气相—高分辨质谱仪标价甚高,样本只能送出国测,周期长,核心数据还受制于人。

没有方法?自己造。没有采样装置?自己造。被质疑?跑遍工厂、高山、低地……10大类62个子类排放源,这些数据是中国首份二噁英排放清单最可靠的来源。

2005年,团队首次提出“成组毒理学”概念;2013年,成功研制全球首台



2011年江桂斌(中)在珠峰大本营科考。

受访者供图

化学结构决定物质性质,性质决定环境行为,最终决定生态与健康风险,这是认识污染物不可动摇的基本科学规律。

——江桂斌

人物名片

江桂斌,1957年生于山东,中国科学院院士、发展中国家科学院院士、美国国家工程院外籍院士、欧洲科学院院士,现任中国科学院大学杭州高等研究院环境学院院长、中国分析测试协合理事长。我国新污染物研究领域的开拓者,长期致力于分析科学、环境污染与健康研究。主持研制出世界首台“高通量多功能成组毒理学分析仪”,迄今发表SCI论文1800余篇,出版中英文专著28部,分别于2003年、2011年和2018年三次获国家自然科学二等奖。



江桂斌在西藏野外采样点。

受访者供图

高通量多功能成组毒理学分析仪,实现在同一台设备上对二噁英、PCBs、PBDEs等POPs和新污染物的同步分析与毒性评价。“那时我们在全球属于领跑地位,这套方法到现在都不过时。”

轻描淡写背后,是难以想象的攻坚。团队成员王颖告诉记者,她带上科

考船的那台用于水体超痕量汞形态分离设备,“做了6年还是个半成品。”

从高考恢复后成为山东大学化学系第一届学生以来,回望来时路,江桂斌坦言:“没什么先见之明,也没什么精密规划,只是觉得国家需要,就做了。”在他看来,对科学边界的探索,更像责任,而非选择。

寻找平衡的学问

就像大气污染治理不能只关注一个烟囱的事。做一个整体的治理方案,意味着要从整个链路去考虑。于是江桂斌的方案,往往兼顾了技术、成本和现实——

7年前,他牵头在浙江淳安建立起“千岛湖水研究基地”。团队不仅回溯源头查清污染物,也没有建议搞“一刀切”式治理,守住千岛湖I-II类优质水体底线,保留了当地“以鱼控藻、以渔保水”的传统做法:控制面源污染,让老百姓一边靠水发展,一边守护水源。

“提出一个观点或政策建议时,必须考虑方方面面的影响。”江桂斌深知,污染治理从来不是一道纯化学题,而是涉及技术、成本、国情的系统工程。他特别不愿看到“一项好措施,结果产生了坏影响”。

比如,源头管控确实行之有效——本世纪初,团队曾在全国几十个点位采样比对,发现在对比的11个国家中,中国人血液中的PFOS(全氟化合物)含量最高。2009年限制该类物质后,人群血液中的含量呈现下降趋势。但科学就是这样:解决旧问题,往往会带来新问题。老的全氟化合物被禁,厂家转而使用新的小分子替代品,它们又是否安全?

这份辩证思考,贯穿江桂斌的整个研究脉络。“很多都是平衡的学问。”他随手拿起身边的瓶装水举例,污染物双酚A几乎存在于所有水体中,如果标准定成“不准含有双酚A”,“那可能喝不上水了。”在保护健康与保障发展间找到支点,需要“制定符合中国国情的科学清单,长三角有长三角的重点,西藏有西藏的重点”。

这也倒逼团队把视线前移。他提出“依据PBT(持久性、生物蓄积性、毒性)原则主动发现新型有机污染物”,在环渤海、长三角等区域,团队已发现100多种国际首次报道的新污染物,不再被动等待,而是以特定的毒性靶点为切入点,结合分子流行病学主动溯源。

为此,团队构建非靶向筛查、成组毒

理学分析、跨介质迁移模拟的全链条技术体系。其中,自主研发的世界首台成组毒理学分析系统,打破了传统“单一污染物—单一毒性”的研究范式,将污染防治的关口直接前移至化学品的设计、生产与使用的源头。

“我们发现的每一点,都将为后人继续探索的基础。”江桂斌深知,或许他们这一代人,此生不会看到全部的结果,也无法看见一个绝对无毒的世界。但他相信,地球、大气、森林、海洋都是自身规律的,今天的行动,终将会让下一代人,下一代人,身体更健康、生活更美好。

在无人区落地

6月23日,国科大杭高院毕业典礼上,江桂斌身着红黑导师服,心情愉悦。登台拨穗时,他忍不住掏出手机,对着台下的学生连拍数张。

“他们是未来。”聊到团队,他最先想到的也是年轻人,随即对项目、准确叫出名字:“杨琳和王颖,我的学生和学生的学生,专门研究汞的姑娘,刚从东印度洋科考回来。”

团队不断登顶、入海,去往南北两极,从未知中探寻新方向。江桂斌总跟学生说:“不跟踪、不唯量,去发现。”这份期许,体现在他培养的学生身上,有一种共同的使命感,以及一系列做事的根本性原则:敢于在无人区站定,并在创新的喜悦中保持清醒。

这份对后辈的牵挂,延续到了国科

对话

新污染物知多少

我国是世界最大的化工产品生产使用国,也是最主要的化工原料供应国,在生产或使用的化学物质超过5万种。新污染物涵盖了广泛的人工合成化学品或微生物,其在环境中的存在会造成潜在的生态风险和健康危害。

记者:“新污染物”到底“新”在哪里?

江桂斌:其实并不“新”。新污染物(New Pollutants)是相对于传统污染物而言的,指的是那些我们以前没注意到,或者以前技术达不到没检测出来的污染物——过去二十多年,全球通过环境监测研究发现,日用品、食品、饮用水里都存在大量化学品生产使用带来的新问题,比如持久性有机污染物、环境内分泌干扰物,对生物体和人类普遍有毒性,这类物质被归为新污染物,涵盖广泛的人工合成化学品或微生物。

记者:新污染物大概有哪些种类?有统计吗?

江桂斌:2022年国务院《新污染物治理行动方案》明确的主要是POPs、内分泌干扰物(EDCs)、抗生素这几类。生态环境部后来发的重点管控清单,从14类到5类典型新污染物,即优先淘汰或限制六氯丁二烯、多氯苯、五氯苯酚、十溴二苯醚、短链氯化石蜡等。各省摸底

大杭高院环境学院实验室里——过道堆着两三个半人高的纸箱,靠墙立着几个一人高的黑色采水瓶。“在帮我们的学生打包远洋科考的器材。”王颖和杨琳笑着解释。

不同于了解“本地海洋生态”,此次登上中国新型地球物理综合考察船“实验”6号,是为了追踪海洋里汞的踪迹,查明其种类、浓度、来源、分布及变化趋势,完善全球汞地球化学循环理论体系。“江老师从20世纪80年代就开始研究汞,但放到海上,这个领域才刚起步,设备、方法都得重新设计。”

“老师怎么做事,大家看在眼里。他们的一举一动时刻影响着我们。”学生时代,王颖跑过各地废弃汞矿,也和导师阴永光——江桂斌的学生——租小渔船去近海采样:“他帮我打水,我在旁边测,然后我俩一起晕船。”她至今记得,当初汇报科研进展时,江桂斌很忙,不时回个消息、接个电话,但最后却一针见血指出:“要去海上考察,真实环境中的一价汞到底怎么样?”

“落地”,是江桂斌团队高频出现的词。可做环境研究,很多时候像是在黑夜里摸索——不知道方向对不对,不知道多久能出结果,也不知道能不能做出来。采访中,常听王颖和杨琳互相调侃,无论是杨琳拎着10升大玻璃瓶来回跑,还是王颖在仪器前一坐就是十几个小时,都有着团队大导师江桂斌的影子。自嘲“劳动密集型工作”的背后,是不想错过任何一个“万一”的执着:5900海里、78个监测站,她们连海员钓的鱿鱼都采了样本。

但问及成功是否靠运气,两人都摇头,给出否定的答案:勤勉是基础,关键在于“提问题”。

“江老师就很擅长提问题,而且是一种基于长期经验积累和严密分析形成的科学直觉。”据王颖介绍,当年教科书上的汞循环只有“零价汞+二价汞+甲基汞”三条线。江桂斌敏锐意识到:中间得给“一价汞”留位子,否则redox转化(得失电子的氧化还原反应)的诸多细节无法解释。实验室一测,果然如此。刚入学的王颖便接下了这个课题,一做就是好多年。

这种“从问题中来”的清醒,也让江桂斌在国际会议上直接提出异议,多次呼吁“收紧新污染物的定义”。面对每天新增的4万种新化学品,全球总量已达2.7亿种的现状,他不认同美国学者的宽泛定义:“任何对健康有可疑危害的都是新污染物”。“真按这个来,我们要治理3000—5000种,根本不可能。”随即提出聚焦典型“坏分子”的中国方案。

就连大热的微塑料研究,他也保持着科学家的冷静:“微塑料归根到底是固体颗粒,迁移能力有限,更多是表面吸附,源头减塑就能解决。”强调相比2.3万篇论文的热闹,“我们应该更多地关注石棉、液晶、锂电化学品等更紧迫、更难管的新型污染物。”

采访结束,江桂斌匆匆赶往机场。步履间透着一丝不待我的紧迫,但透过这位环境污染与健康研究者的双眼,你又能看见一种从容与达观。他所从事的工作,注定是一场长跑,需要坚韧与坚守。

记者:对于想报考环境专业的学生,您有什么建议?

江桂斌:首先,不要怕跨界。环境科学是交叉学科,需要化学、生物、医学,现在还需要人工智能和大数据。我本人很喜欢读历史名著,文科的思维、历史的思维和哲学的思维能帮助理科的科研。

其次,要有韧性。科研是反复证明的过程,失败是常态。基础研究往往超前于时代,可能你现在做的研究,十几年后才派上用场。要敢于啃硬骨头、坐冷板凳,做原创性基础研究,别跟风浮躁。面对生活里遇到的困难,也要保持积极向上的态度,积极地工作,而不是消极应对,我觉得这是非常重要的。

第三,我们讲研究要务实。不一定要跟踪别人的研究,不一定要追求数量,可以做你自己的工作。未来新污染物治理的期待和希望,掌握在你们年轻一代手中。环境专业现在的就业形势不错,国家正在大力强化新污染物治理,到处都需要人才。只要你有一技之长,既能实现个人发展目标,也能为国家做贡献。



中国新型地球物理综合考察船“实验”6号船员在做科考准备。

受访者供图