



重点实验室巡礼



铁塔之下 守望天空

——走进大气边界层物理和大气化学国家重点实验室

■本报记者 丁佳

北京北土城西路和京藏高速的交汇处，平时车来车往，熙熙攘攘。从一条小路拐进去，却有一处幽静小院。一进入中国科学院大气物理研究所（以下简称大气所）铁塔分部的大门，人们就知道，这里是一个做学问的地方。

坐落在此的，是大气边界层物理和大气化学国家重点实验室。自1991年经中国科学院批准正式成立并对外开放以来，该实验室一直面向国际学科前沿和国家重大需求，坚持观测实验、理论分析和数值模拟相结合，引领我国大气边界层物理和大气化学学科发展与交叉，并专注于开展低层大气中物理和化学过程基础研究。

“仰望天空”这件事每个人都会做的事情，大气边界层物理和大气化学国家重点实验室的80多名科研人员想要做到极致。因为对国家乃至整个人类来说，“仰望天空”不仅是诗意的表达，更是一种迫切的现实需求。

“接地气”的边界层

大气边界层是指离地球表面约1~2千米高度的低层大气。它是地圈、水圈、冰雪圈、生物圈与大气圈间物质、能量交换的界面和关键区域，对气候和环境的变化有极为重要的影响。人类的日常活动、工农业生产以及普通军事活动均集中在该层，工程活动如航空航天、高层建筑、风能利用等也与大气边界层密切相关。

“可以说，人类99%的活动都是在大气边界层开展的，因此大气边界层一直是国内外大气科学的前沿研究领域之一。”大气边界层物

理和大气化学国家重点实验室主任、大气所研究员王自发说。

例如，近年来备受世人瞩目的温室气体排放、大气灰霾等，其实都发生在大气边界层中，这也让大气边界层物理和大气化学国家重点实验室的研究变得越来越“接地气”。

自1988年利用世界银行贷款开始筹建以来，大气边界层物理和大气化学国家重点实验室的定位就一直非常明确，那就是去探寻边界层大气与地球表面的物质能量交换的科学规律。

“在基础研究方面，我们实验室主要从事大气边界层物理和大气化学这两个学科的交叉研究；在满足国家重大需求方面，我们主要研究重点天气灾害的触发、生态环境问题、城市化对气候变化的影响等等。”王自发介绍。

大气边界层物理是研究在大气边界层中所发生的物理现象的学科，是大气科学的一个重要分支。边界层的大气，既受气压梯度力、科里奥利力的流粘性力的作用，又受地面摩擦作用和由辐射引起的温度分布不均匀性的影响，运动非常复杂。

而大气化学则是研究大气组成和化学过程的学科，是大气科学的另一个重要分支，涉及气象、数学、物理、化学、生态、计算机等诸多学科。研究对象包括大气微量气体、气溶胶、大气放射性物质和降水等；研究空间范围涵盖对流层和平流层，水平尺度从城市、区域到全球；研究时间尺度从几天到几年，以至几十年；研究手段包括现场观测、实验室模拟和数值模拟等。

学科的特点决定了研究工作的事无巨细。作为实验室主任，王自发首先必须考虑的，就是学科方向的布局问题。

“一个都不能少”

大气边界层物理和大气化学国家重点实验室副主任、大气所研究员郑循华喜欢用“一把三足鼎立的小板凳”形容自己所工作的实验室。

“三条腿子是大气化学、大气边界层物理和生物地球化学，三条腿融合基础研究和应用基础研究，独立又紧密交叉，共同支撑起了整个板凳面——大气环境学。”郑循华说。

凭借着这一独特的学科交叉优势，充分利用理论研究、实验室模拟试验、野外立体综合观测实验、卫星遥测以及数值模拟等多种研究手段，大气边界层物理和大气化学国家重点实验室在大气边界层物理、大气化学，以及碳氮生物地球化学循环研究领域持续保持着领先地位。

同时，实验室也是国内唯一一家从微观到宏观全链条布局的大气科学实验室，无论是一个小小的湍流，还是全球大气输送；无论是分子尺度，还是全球尺度，实验室都有人在做。

“我们实验室一开始就是这样布局的，人不多，但布局的面特别广，要保证每个方向都有人。无论经费状况、需求情况如何‘风云变幻’，我们始终要对这几个方向稳定支持，让大家能坐得住冷板凳。”王自发坦言，“大气科学的热点一直在不断地变化，前几年是黄沙，这几年是雾霾。我们实验室要做的就是无论国家遇到了什么事，都能马上顶得上去、扛得起来。”

2008年，北京奥运会召开在即，北京的空气质量问题成为全球瞩目的焦点。当时国际上有人质疑，中国是否有能力进行空气质量的短期数值预报，而国际奥委会也一度想将奥运会期间的空气质量预报工作交与外国团队来做。

奥运会是中国人民盼了多少年的大事，岂能把空气质量预报交给别人？这对于王自发和

他的同事来说是不可接受的。于是，大气边界层物理和大气化学国家重点实验室临危受命，扛下了建立北京空气质量预报预警模式的紧急任务。

北京奥运会开幕前4个月，实验室研发的世界上首套“空气质量多模式集合预报业务系统”投入业务运行。在奥运会期间，这套系统成功预报了未来72小时的空气质量，为中国赢得了全世界的尊重。

让王自发这个实验室主任深感自豪的是，对于这套模式系统，实验室是从建模、基础研究、野外实验，到业务化、产业化全部打通的。正是这种“一个都不能少”的策略，让实验室在面对国家需求的时候，能够以最快的速度做出响应，在应对急难险重任务时，能够更加从容不迫。

经过多年的业务化实践，这套系统逐步推广开来，被广泛采用，成为国家环境质量预报预警中心、七大区域中心、20多个省级中心和50多个市中心的核心预报工具，支撑建立了国家、区域、省、城市空气质量预报预警业务体系，为上海世博会、广州亚运会、南京青奥会、APEC会议、9·3大阅兵、G20杭州峰会等国家重大活动的空气质量保障及打赢蓝天保卫战提供了核心支撑。

“人人都能当家做主”的实验室

2020年席卷全球的新冠病毒将很多人留在了家里，但大气边界层物理和大气化学国家重点实验室副主任、大气所研究员孙业乐却一直没闲着。

他注意到了一件不同寻常的事：“新冠病毒的传播极大减少了人们的户外活动，进而导致世界范围内人为排放大气污染物显著减少。然而，一些特大城市的空气质量并未因为人为排放的降低而得到预期改善，重污染事件仍有发生。”

为了探究疫情期间人为排放变化对大气

污染的影响，孙业乐和他的学生对2020年1~3月份北京颗粒物化学组分和来源进行了深入分析。他们发现，在过去近10年间，大气污染前体物的变化导致了颗粒物化学组分的变化，而气态前体物浓度的降低和大气氧化性的增强反而促进了二次气溶胶组分的形成和转化，这意味着我国未来大气二次污染的治理仍面临着巨大挑战。

对于雾霾的深刻理解和孙业乐认为要归功于实验室良好的学术氛围。“当时雾霾刚成为热点，大家都只是关注热点，但王自发老师高瞻远瞩，把实验室不同领域的年轻人组合起来，让我们搞交叉研究，结果确实取得了很重要的科学发现。这种学术自由、重视交流的氛围，对我们年轻人的帮助很大。”

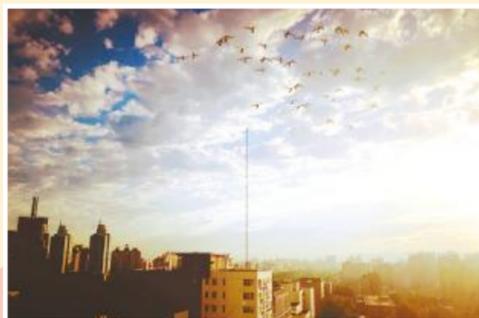
实际上，打破科学研究里的“山头”现象，一直是王自发力图解决的问题。他一直感觉传统的课题组模式就像“小农经济”，科研人员各自为政，各个“山头”之间没什么来往，不利于科研工作的开展，还容易产生隔阂和矛盾。“我们实验室的学科方向很多，就更需要设计一种新的机制，来更好地凝练学科方向，让大家集中目标，合力解决一些大的科学问题。”

为此，从2011年起，大气边界层物理和大气化学国家重点实验室采用了“研究员大会”制度进行决策——实验室所有的重大战略决策都通过研究员大会来确定，针对制度的事项，进行实名投票；针对个人的事项，则实行匿名投票。

此外，每个研究员都有机会当选大会的轮值主席，每人为期三个月。这样，人人都能够站在实验室的高度，站在他人的人角度去思考问题，从而能够始终保持队伍的团结，并且始终围绕国家需求，开展科研攻关。

“矛盾少了，人心齐了，每个人都能在实验室里做自己想做的事、国家需要的事。”王自发笑称，实验室运行机制理顺了，“我这个实验室主任都能当得更加轻松了”。

培养杰出人才，建设优秀团队，在大气边界层基础理论、大气污染成因与模拟预测、地球生物化学循环关键过程、大气化学过程与气候变化相互影响等关键研究领域，开展关键性、前瞻性的基础和应用基础研究，这个铁塔下的国家重点实验室，将始终用科学的眼光仰望天空，作出自己独特的贡献。



325米气象塔



科研人员在珠峰地区进行气体采样。



科研人员在北极海冰上进行湍流仪器设备架设。



王自发、朱江、李杰、唐晓等主持完成的项目“嵌套网格空气质量预报模式（NAQPMS）自主研制与应用”荣获2017年度国家科技进步奖二等奖。

大气边界层物理和大气化学国家重点实验室简介

大气边界层物理和大气化学国家重点实验室（State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, 英文简称LAPC）于1988年利用世界银行贷款筹建，1991年经中国科学院批准正式成立并对外开放；1995年通过国家计委验收；2000年、2005年、2010年、2015年通过国家的4次评估，成绩良好。实验室位于中国科学院北京325米气象塔院内，依托单位为中国科学院大气物理研究所。实验室现有固定人员85人。

大气边界层物理和大气化学国家重点实验室定位于低层大气中物理和化学过程的基础研究。实验室面向国际学科前沿和国家重大需求，坚持观测实验、理论分析和数值模拟相结合，引领我国大气边界层物理和大气化学学科发展与交叉，培养杰出人才，建设优秀团队，在大气边界层

基础理论、大气污染成因与模拟预测、地球生物化学循环关键过程、大气化学过程与气候变化相互影响等关键研究领域，开展关键性、前瞻性的基础和应用基础研究，成为该领域代表国家水平、具有国际影响力的一流国家重点实验室。

大气边界层物理和大气化学国家重点实验室设立大气边界层物理与探测、大气化学与大气环境、气溶胶与碳氮循环等几大研究方向，力图建设成为大气边界层物理和大气化学学科发展、人才培养和应用研发基地，在大气边界层物理、气溶胶与碳氮循环、大气化学与气候变化等研究领域，做出国际上具有重要影响的基础研究和基础性工作；同时，在大气环境与大气污染预报等应用基础研究方向，为我国经济和社会可持续发展作出重大贡献，为国家气候和环境外交提供关键科技支撑。

实验室小故事

“高攀”不起的“网红”打卡地

“北京健翔桥西边有个很高的铁塔是干什么用的？”

“城建大厦北侧有一根很高很高的铁柱子，谁知道那是什么？”

中国科学院大气物理研究所铁塔分部院里那座高达325米的铁塔，总时不时地引起网友的好奇，甚至还有人怀疑它是不是一栋“烂尾楼”。

实际上，大气所325米气象观测塔不但是附近的“网红”地标、中科院标志性的大型科学设备，更是大气边界层物理和大气化学国家重点实验室全体科研人员引以为傲的一座科学之塔。

气象塔于1976年开始建设，1979年8月建成，是一座全天候运行的气象高塔。塔塔垂直方向有15层观测平台，可实现气象、湍流、空气质量要素全天候梯度观测，并实现自动观测数据的同步传输。

气象塔主要服务于北京的空气污染研究和大气边界层、大气湍流扩散等研究。在世界众多气象塔中，大气所气象塔具有独特的优势，

其高度位居世界第三。在气象塔280米高度南北两个方向设置的两部高清相机可24小时运行，每半小时就会自动拍照，实时监测周边天气、污染和地表状况。气象塔上还有两套观测系统——15层气象梯度观测系统和7层湍流通量观测系统，也同样在24小时不间断运行着。

40多年来，该气象塔连续不间断地对北京市边界层风、温、湿平均场结构进行观测，取得了大量宝贵资料。这些积累多年的观测数据在大气科学研究领域得到了广泛应用，发挥了不可替代的巨大作用。

“在超大城市里建这么一座气象塔，在全世界也是十分罕见的。这座铁塔这么多年来始终屹立在这里，可以说见证了北京城市发展的历程，也支撑了国家大气环境的研究。”大气所研究员胡非说。

例如，2009年，北京市气象局承担了国际清洁空气保障任务，该局向大气所提出，想要使用325米气象塔的数据。大气边界层物理和大气化学国家重点实验室随即组织科研力量进行

了采样程序的修改，进行网络连接和网上数据传输程序的安装调试，并在当年9月24日下午成功实现了数据的实时传输，同时在国庆期间安排专人值班，圆满完成了此次任务。北京市气象局为此专门发来了感谢信。

目前，在大气所和北京市气象局战略合作协议框架下，气象塔的观测已纳入北京市气象局的日常观测站网。此外，气象塔数据应用于APEC会议的气象保障，取得良好成效。

这座“40多岁”的高塔也为科学研究立下了汗马功劳。据不完全统计，观测塔数据为“973”项目、“863”项目、中科院战略性先导科技专项、自然科学基金等项目提供实验平台，进行全年不间断实时连续观测，近5年用铁塔资料发表的论文就有近百篇。

“从1979年建成以来，这座气象塔一天都没有停止过工作，取得了很多不可替代的宝贵资料，为中国在国际大气科学界赢得了重要的话语权。”正如胡非说的那样，这座“兢兢业业”的高塔，铸成了大气边界层物理和大气化学国家重点实验室的“魂”。（丁佳）