

寻求环境风险“最优解”

■本报记者 甘晓



毕军(右二)和研究人员在企业生产现场调研。
受访者供图

2024年的一天,沿江某地的生态环境执法人员直奔城郊的一家化工企业。引导他们前往的并非随机抽查名单,而是一条关于“该企业存在危险废物瞒报嫌疑”的线索。这一线索来自南京大学环境学院教授毕军团队研发的“企业危险废物瞒报漏报风险预警系统”,并经多源大数据智能研判后推送。

执法人员现场核查后,查实了该企业未按规定申报危险废物的情况。让一线执法人员振奋的是,在智能风险预警系统辅助下,生态环境执法正由人防转向技防,效率大幅提升。

该系统正是国家自然科学基金创新研究群体项目“环境风险管理”(以下简称创新研究群体项目)多年科研攻关的成果之一。创新研究群体项目于2020年正式启动,由毕军担任学术带头人,聚集了南京大学环境学院教授张炳和黄蕾、社会学院教授陈云松、地理与海洋科学学院教授黄资金、政府管理学院教授张海波以及商学院教授贺伟等骨干成员,共同开展研究。

近期,创新研究群体项目完成结题验收。毕军表示,他们这个团队围绕环境风险管理的基础科学问题开展合作研究,致力于完善复杂系统视角下环境风险产生、传导与调控的理论和方法体系,构建面向未来的环境风险治理新范式,在发展与保护之间探寻环境风险的“最优解”。

在他看来,“打好防范重大环境风险的主动仗,是维护国家发展重要战略机遇的关键保障。”

高精度“CT扫描”

在公众认知中,环境风险多表现为爆炸、泄漏、“毒地”或严重雾霾等突发性事件。而在学术视角下,环境风险本质上是一个复杂系统过程,既包括突发事件风险,也涵盖长期慢性风险,并可能通过多尺度系统关联产生级联演化。

毕军告诉记者:“环境风险管理的核心命题是如何在效率与公平间寻求平衡。”我国环境风险的时空特征和作用机制复杂,管理资源有限。最优的环境风险管理需要根据环境风险热点分布规律,建立优先序以分配管理资源。精准揭示风险热点分布格局,是做好环境风险管理的第一步,也是关键一步。

在创新研究群体项目支持下,毕军团队融合机器学习、卫星遥感、干预实验等技术,揭示了全国尺度上企业突发事故、PM2.5、臭氧、垃圾焚烧、重金属、内涝灾害、气候变化等20余

种环境风险的分布规律,追踪贸易分工和物流运输双重驱动下的跨区域环境风险转移责任,并识别出需要优先监管的企业和地区,以及需要优先保护的群体。

这项工作相当于给环境风险做了一次高精度“CT扫描”,将无形的风险转化为可视化的图谱。

搞清楚了风险在哪里发生,接下来的问题便是风险一旦发生,会引发怎样的连锁反应。

环境风险不是孤立事件,会呈现出复杂的级联效应,在社会经济系统中非线性传播。“例如,化工园区遭遇洪水后,不仅造成生态环境灾难,还会导致供应链中断,冲击区域经济,甚至波及全球贸易。”毕军解释道。

政治、经济、社会、心理等因素共同塑造了风险传播的路径。其中,风险传播引发的心理焦虑等隐性成本常被传统模型忽视。

为此,微观层面上,团队创建了国内首个环境生理心理学实验室,聚焦公众对不同环境风险的感知研究,证实空气质量改善能够带来可观的心理健康效益。同时,宏观层面上,团队充分挖掘社交媒体大数据,实现了极端天气或重大环境事件下公众情绪的实时追踪。

基于此,团队对环境风险的整体认知更加系统。正如毕军所言:“只有搞清楚风险在哪里发生,呈现何种特征,如何演化传播,才能避免‘一刀切’的盲目治理,将有限资源投放到最关

键的风险管理环节。”

“精准画像”助力环境执法

摸清家底、看透演化,最终落脚点在于“怎么管”。研发高效、精准的管控手段与工具,成为治理环境风险的核心抓手。

以环境污染责任为例,其初衷是利用市场机制倒逼企业提升风险管理水平。然而,企业内部存在生产、运输、装卸、贮存、处置等不同环节成千上万个风险节点。由于缺乏对企业风险底数的精准掌握,常导致保费定价与风险水平脱节,政策激励效果欠佳。

为此,团队利用人工智能与大数据技术,开发了高效的企业环境风险评估模型,只需输入地理位置、产业类型、产量等6-10项关键参数,便能在4分钟内完成企业风险等级“精准画像”。

“如同社交软件为用户画像,我们给企业做环境风险画像,帮助保险公司快速区分企业环境风险的高低,低风险直接出单,高风险再到现场核查。”毕军表示,这一技术既为保险定价提供了科学依据,也为监管部门的分级分类管控提供了技术支持。

与此同时,团队还在探索将“兵棋推演”引入环境应急管理,开发基于数字孪生的环境应急演练和培训平台。针对环境应急演练和培训

存在的“只演不练”问题,该平台支持一线员工在虚拟环境中对突发事件应急响应进行全流程实战模拟训练和考核。

毕军认为,这种实战“演习”更为有效。“不同岗位的企业员工在事故场景下能反复练习,确保事故发生后的快速应对,有效解决当前应急体系在复杂情境下响应能力不足的问题。”

此外,在危险废物管理领域,针对瞒报漏报、非法转移倾倒等顽疾,团队构建了基于产品、工艺、废水排放监测、用电监控等数据的逻辑校验算法,预测危废产量和瞒报风险。通过对比理论产废量与实际申报量,这一算法能够敏锐捕捉异常线索,锁定问题企业,准确率超85%。

团队的相关研究成果已在江苏多地落地应用,助力环境执法从“大海捞针”转向“精准打击”。毕军充满信心地说:“根据预警线索针对性开展现场执法,我们极大提高了环境监管效率。”

理论与实践相结合的重要性

团队的成绩源于他们30余年的坚守。1991年还在读博的毕军便在国内率先开展环境风险研究,提出了环境风险场、全过程管理、优先管理等概念。彼时,该研究领域鲜有人问津,但他坚信随着社会发展,国家越来越需要这方面的研究。

1995年,国家自然科学基金青年科学基金项目(C类)成为毕军科研生涯的“第一桶金”,助力他积累数据,完善方法。后来,毕军又去国外求学、访问、工作。2002年回国后,他陆续获得面上项目、重点项目、国际合作研究项目以及创新研究群体项目的资助。在他看来,国家自然科学基金见证了他带领团队持续深耕的历程。

在毕军回国后的几年时间里,松花江水污染事件、大连输油管线爆炸等重大环境风险事件的治理,成为中国环境风险管理进程持续改善的里程碑。跟随资深专家参与国家重大科技项目设计、重大环境风险事件现场处置的经历,让毕军深刻意识到理论与实践相结合的重要性。回忆起棘手的现实难题,他常常反思:“如果书里那些理论能真正用上,很多难题就能迎刃而解了。”

这份信念促使他坚定地开展“顶天立地”的研究,既要紧盯国际前沿构建自主创新理论,又要扎根中国实际,深入一线。

过去20年,毕军团队一直参与并服务国家与地方的环境风险管理工作,既为国家战略制定提供支撑,又将理论和技术融入不同应用

场景。这种在实践中发现问题、解决问题的循环,让团队研究始终与国家需求同频共振。

开展创新研究群体项目期间,团队有力支撑了国家智能环境治理实验基地的建设,得到生态环境部信息中心、江苏省生态环境厅认可,称其“为探索建立智能环境治理模式起到示范引领作用”。毕军认为,“科研必须把论文写在祖国大地上。”

组建“六边形战士”团队

环境风险管理是复杂系统工程,靠单一学科难以胜任。在创新研究群体项目支持下,毕军组建了一支如同“六边形战士”的科研团队。

团队鲜明的学科交叉特色源于毕军自身的学术经历。他本科学习生物、硕士、博士、博士后阶段“跨界”钻研地理学、管理学,还曾系统学习了计算机技术。“不同学科让我能多维度分析问题,宏观把握规律,微观设计方案。”

在毕军的带动下,团队形成了开放包容的氛围,不同背景的骨干成员围绕共同目标合力攻关,实现了“1+1>2”的协同效应。

在人才培养上,毕军则坚持系统设计思维与个性化发展并重。“从事学术研究不仅需要扎实的知识、过硬的技术,还要有思考问题的底层逻辑和全局视角。”他解释道。

每个人都要发展自身所长。“我不赞同学生与我做完全一致的研究,为了发论文而重复研究是毫无意义的。”毕军表示,研究方向选取与拓展要兼容并蓄,敢于在不同的领域开拓创新。在这样的理念下,毕军团队先后培养出一批在国内外颇具影响力的学者,包括张炳、美国耶鲁大学副教授陈凯等,研究领域覆盖气候变化、人工智能、环境健康、环境经济学等多个前沿交叉方向。

其中,在张炳攻读博士学位期间,毕军发现他数学功底扎实,对经济学有浓厚兴趣,于是鼓励他深耕环境经济学。2018年,他获得了国家自然科学基金青年科学基金项目(A类)资助。张炳认为,正是这样因材施教的培养方式助力他迅速成长,既能在经济学一流期刊发表高水平论文,又能深度参与国家与地方环境管理政策制定。

2024年,由北京理工大学牵头,毕军团队联合华中科技大学等成功获批国家自然科学基金卓越研究群体项目(原基础科学中心项目)。此后,团队一直深耕“气候与环境风险”这一核心方向,推动相关研究向更深层次迈进,为国家应对环境与气候风险提供坚实的科技支撑。

要想“顶天”,先要“立地”

■本报记者 陈彬

在苏州,有一家为国内外消费者提供婚纱、礼服等产品的跨境电商公司。随着业务越做越大,该公司在大型跨境电商平台销售产品时,遇到了一系列问题。由于电商平台经常采取促销方式,该公司的库存常出现剧烈波动,但婚纱礼服不同于普通消费品,难以精准预测客户需求。这使得该公司频繁出现缺货或库存积压等情况,而跨境电商补货周期长、成本高的特点又进一步放大了库存问题。

如何精准预测未来需求,协调库存补货,成为关系该公司发展的重大问题,这也引起了中国科学技术大学讲席教授余玉刚的关注。他在接受《中国科学报》采访时说:“当商品供应链从传统的串联结构,转变为大数据背景下的平台化的‘端到端’并联储存后,企业整体的供应链运作管理就已被彻底颠覆了,并由此产生很多系统性问题。”

在国家自然科学基金创新研究群体项目“平台化供应链运作管理研究”(以下简称创新研究群体项目)的支持下,余玉刚带领团队在“平台化供应链”领域取得了一系列原创性理论研究成果。同时,他们还用实践行动围绕破解科研、产业“两张皮”问题给出了自己的答案。

打破学科壁垒

“简单地说,供应链就是企业从引进原材料到购买零部件,再到成品加工,最终通过销售渠道到消费者手中的全过程。”余玉刚说,传统供应链就是一条线,单向连接着原料、供应商、企业、分销商和用户。

在21世纪第二个十年,随着各类交易平台、物流平台、供应链金融平台的涌现,平台化供应链产生并很快进入加速发展期。

平台化供应链以数字平台为枢纽,把供应商、制造商、物流商、渠道商等多方主体连接成生态,实现资源、能力、信息的全局优化配置,协同效率大幅提升。

“原来一个产品从北京销售到安徽可能需要四级经销商,但现在只要在网上下一个订单,产品就可以直接从北京发送到安徽。”余玉刚说。

但一些新问题也随之出现,比如系统设计与运作协同的失衡、数据安全与隐私保护风险突出、算法不透明可能导致的公平性问题等。

余玉刚团队将这些“新问题”划分为4个研究课题,分别为平台化供应链的“系统设计与协同机制”“信息系统与行为机理”“风险分析与治理”和“数据挖掘与决策优化”,并针对每个研究课题,组织专门人员开展研究。

“最初,我们希望在‘平台化供应链’的大方向上,取得一些原创性理论研究成果,并形成一定的国际影响力。”余玉刚说。

为实现这一目标,团队打破学科壁垒,集聚了管理科学、运筹学、人工智能、大数据分析等多领域骨干力量,并采用了产业需求驱动的“数据分析+优化建模+产业验证”三维研究范式,将实验室研究与企业实践进行了深度融合。

最终的研究成果没有令团队成员失望。余玉刚告诉《中国科学报》,团队成员在4个研究课题的十余个研究方向上均取得了原创性理论成果,不仅实现了既定研究方向的全面覆盖,还在各研究方向上都取得了具有影响力的创新突破。

比如,针对“系统设计与协同机制”子课题,团队聚焦平台与上下游主体的利益分配、权责划分难题,构建了多主体协同优化模型,破解了传统平台“重连接、轻协同”的痛点;在“信息系统与行为机理”研究中,团队通过分析平台的海量交易数据,揭示了供需双方的行为特征与决策逻辑,为平台优化服务模式、引导良性互动提供了理论支撑……

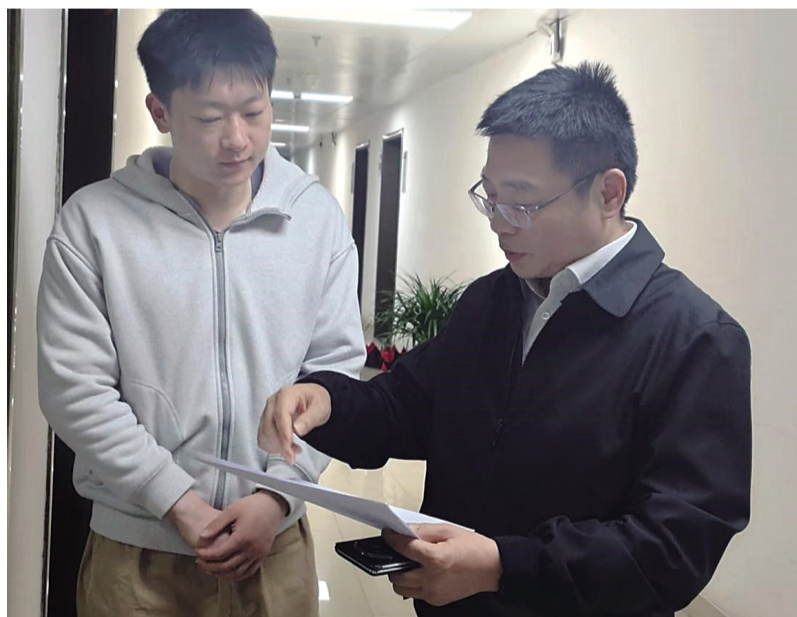
然而,这些研究成果并不是余玉刚团队工作的全部。因为除了研究本身,他们还有更高的要求。

“找一个能落脚的点”

这个更高的要求便是为研究“找一个能落脚的点”。

值得一提的是,余玉刚团队来自中国科学技术大学管理学院。中国科学技术大学管理科学起源于20世纪80年代的“系统科学与管理科学”专业。近30年来,该学科历经多代学术带头人,但“理论联系实际”的研究风格始终未变。

“国内有些项目存在一个通病——申请项目时轰轰烈烈,等项目完成,成果便被搁置。”余玉刚说,他们在申请创新研究群体项目之初就在考虑如何在项目完成后实现科技成果的转化。



余玉刚(右)在指导学生。
受访者供图

他直言,为基础研究找到一个能落地的点,“这其实是更具挑战性的地方”。

为此,余玉刚团队专门成立了工程中心,其内部的数据中心可为不同企业提供数据共享和场景共享,中心的工程师基于研究成果自主开发软件,可以将其拿到企业进行小试和中试;学生们对接企业时,也会有专门的项目经理帮助他们解决遇到的“疑难杂症”。

“通过这种方式,我们希望能建立一套‘立地顶天’的闭环创新体系。”余玉刚解释说,所谓“闭环”,就是要实现从产业发现问题到基础研究,再到小试中试,直至产业应用的完整循环。

“换句话说,我们希望能体系化地把企业问题变成科学问题,再通过数据资源和场景资源的共享,带动多方进行科学研究,最终将研究成果转化为现实生产力。”余玉刚说。

需要注意的是,不同于通常“顶天立地”的叫法,该团队将这套体系命名为“立地顶天”,这是因为在他们看来,要想“顶天”,先要“立地”。

“只有在‘地’上找到问题,才能借助理论创新,将其上升为‘顶天’的问题,并最终落回地面。”余玉刚告诉《中国科学报》。

本文开头提到的那家苏州公司的问题,便

是余玉刚团队在“立地”的过程中遇到的。针对企业的问题,团队为其跨境电商平台库存补货与布局决策设计了科学的优化方案,并基于理论结果设计出相应的销售-库存分析系统,实现了全供应链的库存预测和布局协同优化。

据介绍,目前余玉刚团队基于创新研究群体项目的研究成果已经在相关行业的大型平台企业实现落地转化,创收超1000万元。

管理要围绕人展开

随着创新研究群体项目实施,在对外建立闭环创新体系的同时,余玉刚团队也在构建属于自己的组织范式。

余玉刚团队正式组建于2012年。那一年,中国科学技术大学给予他们100万元科研经费,用于成立校级创新群体。该群体于2019年获得创新研究群体项目资助,并在2020年获得国家自然科学基金重大项目资助。

十余年间,团队不断成长壮大,目前已成为总人数超百人的跨校研究团队。对于这样一支队伍,余玉刚的标准十分明确。

“我们团队定位清晰,即用数字化的方法搭建供应链,做‘立地顶天’的研究。”他说,

这决定了进入团队的人,只能聚焦做供应链研究。在研究范式上,余玉刚也要求团队成员运用给定的范式,比如“人工智能+运筹算法”等。

“当然,我们也会随着时间推移,对团队内部的研究范式进行迭代,以保证团队成员的研究在国际上处于前沿水平。”他说。

这样的要求看似严格,但余玉刚有着自己的考虑。“我们要做世界前沿的研究,而且每一项研究都需要长期聚焦,在这种情况下,‘放羊’式的组织模式是绝对不行的。”

在这一理念的指导下,余玉刚团队中每个人都有明确的分工,即便是日常繁杂等细小事务,也有专人负责。团队里的学生全部参与岗位分工,并通过专业的企业内部软件,实现信息化模式下的协同分工。

不过,这也带来一个问题——团队内部的精细化管理必然会导致师生失去部分“自由”,他们会不会“不服”?

“团队管理要想被广泛接受,就必须让成员有获得感,否则就要反思管理的切入点与最终结果是否相违背。”余玉刚坦言,要想让团队成员有获得感,关键在于通过管理给每个人赋能。

所谓“赋能”,就是要发掘每个人潜在的优势,并通过统筹分工,在最大限度发挥其特长的同时让团队其他成员享受便利。“举个最简单的例子,一个人擅长财务,那就让他负责团队成员的财务工作,这样既发挥了他自身的优势,其他成员也不必天天为财务而操心。”

这看似简单,实则非常考验领导者的能力。“首先要了解各成员的优势,再根据这个优势在团队中发挥其特长。”余玉刚说,这并不容易,但非常重要。

在这样的管理模式助力下,仅在创新研究群体项目执行期间,余玉刚团队就有16人获得职称晋升,还有多位成员在国内外知名院校及研究机构获得了终身教职。这也走了一条依托国家重大科研项目,发现、引进、锻炼和培养具有学术潜力的科技创新优秀青年人才的道路。

“所有管理都要围绕人展开,要结合一个人的心智模式和行为规则进行管理。不管看似多么严格的管理模式,如果没有这样一个柔软的核心,都会是失败的。”余玉刚说。