

# 汇智聚力 加强全国科技创新中心建设

## ——“2016年北京市科学技术奖”获奖项目巡礼(一)

**编者按** 近年来,北京市高度重视科技奖励工作,科技奖励在凝聚区域科技资源、激励创新人才、培育首都创新精神、引导企业技术创新、促进科技成果支撑服务首都发展、营造良好的创新环境等方面发挥了激励和导向作用。

2016年,共有180项成果荣获北京市科学技术奖,包括一等奖27项,二等奖60项,三等奖93项。其中,基础研究领域取得原创性突破;技术创新成果为产业转型升级提供新动力;以企业为主体的产学研联合攻关成果显著;民生领域科技成果全民共

享;重大疾病科技攻关成果带动医疗水平提升。这些获奖成果展现了北京高端人才集聚、科技基础雄厚的创新优势,为加强全国科技创新中心建设、深化供给侧结构性改革提供了源头活水。

在2016年的获奖项目中,涌现出了一批源于京津

冀协同创新的成果,旨在解决区域生态环境和社会经济问题。这充分说明北京落实推动京津冀协同创新体建设的举措卓有成效,也体现了北京在推动京津冀三地科技创新深度合作中的辐射带动作用。本期我们将为您推荐其中的两个优秀获奖项目。

# 协同创新揭示京津冀地面沉降之谜

□ 本报记者 申明



研究团队成员学术讨论

经常坐京津城际高铁的人会发现,高铁在经过天津的杨村或北京的亦庄附近时,往往会降速,从将近时速300公里变成时速150公里左右。

让我们将目光从亦庄往北延伸50公里,在北京高丽营地区的田野里,你可能会看到地面上裂开了一个大口子。

为什么高铁会降速?地面会裂口子?其实这都是地面沉降“惹的祸”。假如你能“透视”大地,你就会发现京津冀地区是世界上最大的地下水降落漏斗,发生地面沉降的面积达到7万平方公里。

“京津冀地区地面沉降主要是由于过量开采地下水引起的。但其他因素如构造运动、地表荷载、土体自然固结和有机质氧化也会导致地面沉降。”首都师范

大学资源环境与旅游学院副教授张全告诉记者,当高铁经过地面沉降区域,尤其是不均匀地面沉降地区,会导致部分地段路基和桥梁变形,威胁着高铁的运行安全。

首都师范大学区域地面沉降研究团队,在课题负责人首都师范大学宫辉力教授带领下,长期开展遥感与水文地质学等多学科交叉研究。近年来,他们综合InSAR(雷达干涉测量)、GRACE重力卫星与传统监测、模型,创造性地提出“多元场耦合”的区域地面沉降理论与方法,系统揭示了京津冀区域地面沉降机理与调控机制,在京津冀地面沉降防控与重大工程防灾减灾中取得良好应用,显著提升了京津冀地面沉降防控能力。在2016年度北京市科学技术奖评选中,“京津冀

地面沉降多元场耦合模型与调控机制研究”项目荣获一等奖。

### 悄无声息的地面沉降

地面沉降严重威胁地表建筑、地下管线、高铁运行和防洪等城市安全,缓慢的地面沉降常常不被大家发现,只有当局部不均匀沉降问题比较突出,并诱发地裂缝等次生灾害、对房屋、道路等造成明显的破坏时,我们才会直接感受到它的存在。

“但这种悄无声息的地质环境问题会对我们的生活造成巨大影响,地下水压采、高铁减速、建筑抗浮等与地面沉降相关的措施可能经常发生在身边。”首都师范大学区域地面沉降研究团队成员潘云教授告诉记者。

比如,地面沉降会对地表建筑和地下管线等基础设施造成破坏影响,并且会导致河床和河口严重淤积,使河流作用大为降低,降低城市的防洪能力,增加沿海地区海水入侵和风暴潮灾害等风险。

据统计,目前世界上已有150多个国家和地区发生地面沉降,包括美国、日本、墨西哥、荷兰和意大利等。地面沉降已经成为一个全球性的地质环境问题。

自从20世纪60年代以来,随着地下水开采量的不断增加,北京市地面沉降不断加剧,目前已经形成了东郊八里庄一大郊亭、东北郊一广营、昌平沙河一八仙庄、大兴榆堡一礼贤和顺义平各庄5个沉降区。特别是1999年—2007年连续9年干旱期间,大量开采地下水,进一步加剧了地面沉降的发展。最新的遥感监测显示,北京局部地区的沉降速率达到11厘米/年。

因此,在南北水调、京津冀一体化背景下,迫切需要揭示区域地面沉降驱动机理及灾变规律,实现区域地面沉降科学调控和重大工程防灾减灾,促进京津冀地区经济社会可持续发展。

### 沉降监测不再“盲人摸象”

对于地面沉降的研究,我国多个院所机构先后开展过大量工作,并取得丰硕的成绩。传统测量方法是

通过大面积精密水准测量和少量分层标获得的。“这些传统监测手段往往是沿路铺设,虽然精度高,但非常费时费力,而且只知道一个点的情况。”首都师范大学区域地面沉降研究团队成员朱琳教授说。

分析清楚成因机理和灾变模式,再去指导工程防灾与规划,就不再是单一学科视角处理问题,而是有预见性的“对症下药”。

如今遥感技术发展迅速,不同平台、不同模式的卫星可以全天时地对地进行观测。能不能将传统监测方法和日新月异的遥感卫星对地观测技术结合起来?能不能将遥感技术、水文地质和土力学等学科整合起来研究,实现学科交叉?

在首都师范大学良好的科研平台支撑下,项目团队通过具有遥感、水文和地质等不同专业背景成员之间的密切合作,以及与北京市水文地质大队等单位的产学研用协同创新,开展多学科交叉研究。

其中,通过重力卫星提供区域水文变化,为课题组提供了研究方向。重力卫星以其独特的视角,是目前唯一能够直接观测地下水储量变化的遥感手段。2002年发射的GRACE是首次实现用低轨卫星跟踪模式测量地球重力场的重力卫星,由两颗低轨卫星组成。它就像“一杆秤”,当卫星飞过重力异常区域时,K波段微波测距系统通过测量两颗卫星间的距离和距离变化率来“秤”出地球质量的变化。在华北平原,这种地球质量的变化主要是由于地下水消耗引起的。

“通过这杆秤,可以为水文研究提供与众不同的数据来源,是目前唯一能够直接观测地下水储量变化的遥感手段。”潘云说。

课题组向京津冀协同发展,首次利用GRACE重力卫星探测到华北平原内部地下水储量变化差异,并首次通过独立手段证实了深层地下水过量开采的现状,为区域地下水资源管理、地面沉降防控提供了重要依据。

“以前就像盲人摸象,关注的只是一个一个的测量点,只是点状的,无法从全局去分析数据。如今,我们

通过水文变化,摸清了地面沉降变化规律。”朱琳说。

通过多年研究,课题组据此提出并建立区域地面沉降多元场耦合模式,突破了区域地面沉降影响因素复杂、互馈机制不清的关键难点。解决了遥感现象与沉降机理彼此孤立的关键问题,首次系统揭示京津冀地面沉降演化规律与驱动机理。并且首次通过毫米、厘米和亚米级协同校正,实现了多尺度区域地面沉降多尺度、变分辨率多场数据高精度同化,突破了区域地面沉降监测要素不足、验证尺度单一等关键难点,形成了京津冀区域标准体系。在京津冀地面沉降防控与重大工程防灾减灾中取得良好应用,显著提升了京津冀地面沉降防控能力。

### 为京津冀建设保驾护航

课题组提出的多元场耦合模式理论与方法已入选联合国教科文组织(UNESCO)新方法红皮书、重要成果专辑,获UNESCOHELP项目特殊贡献奖,受邀在巴黎气候大会和UNESCO Kovacs水科学峰会等国际会议做主题报告。部分关键技术被美国麻省理工学院(MIT)、弗吉尼亚理工大学等国际同行采用。

新技术方法为全国地面沉降防治部际联席会议提供支持,成果在中国地质环境监测院、天津市控制地面沉降工作办公室和河北省地质局第四水文工程地质大队等单位取得良好应用,为南水北调、国家体育场(鸟巢)、北京未来科学城、京津/京沈高铁、首都新机场和北京城市副中心等重大工程防灾减灾提供重要科学依据。

针对老百姓担心的高铁安全问题,张有全告诉记者,采用课题研究成果,结合京沈客专建设需要,根据高铁沿线地面沉降不同驱动力及土体分层压缩特性差异,提出了有利于防灾减灾的轨道基础类型、和水文调控方案及力学补偿措施。

此外,针对地面沉降研究中地下水开采量获取困难,课题组进行了华北平原GRACE卫星重力信号泄露校正,将GRACE监测分辨率从20万平方公里提高到5万平方公里,首次发现了中东部平原区深层地下水消耗的重力异常,并且通过卫星重力均衡量化了农业灌溉对地下水消耗的影响。

“随着南水北调来水逐渐成为重要供水水源,以及北京市在再生水利用、节约用水方面的努力,北京市的地面沉降情况有可能得到改善。但是,地面沉降对于地下水的变化具有一定的滞后性,且压缩变形很难恢复。所以,北京市地面沉降仍将是未来相当长一段时间内需要重点防控的重大地质环境问题。”潘云说。

# 新技术让农业废弃物“变废为宝”

□ 本报记者 申明

轻按几个按钮,生产车间里堆积如山的牛粪,就在翻抛机的运行下翻滚发酵,半个月后,变成粉末状的有机肥。北京延庆县旧县镇大柏老村的农民通过引入畜禽粪便“三化”(安全化、减量化、资源化)处理技术,把村里的牛粪制造成高效的有机肥,不仅解决了困扰该村多年的牛粪污染问题,而且“变粪为宝”,开拓了一条致富之路。

大柏老村是北京有名的奶牛养殖村,全村养殖奶牛近1万头,然而,村民虽然收入增加了,但村子环境越来越差,村里几乎家家养牛,牛粪除了送到地里当肥料,就堆在自家院子和门口,大街小巷都是牛粪,晴天臭气熏天,蚊蝇乱飞,一下雨,粪汤到处流,根本没处下脚。

牛粪是破坏大柏老村生态环境的“罪魁祸首”,更是亟须解决的难题。将牛粪有效利用起来,变废为宝成为村干部首要考虑的问题。

很快村干部们将目光“锁定”在北京农学院城乡发展学院刘克锋教授和他的团队上。最终,经过长期研究,刘克锋率领科研团队攻克了牛粪变肥料的难题,并

帮助村民建起了肥料厂,让村里的牛粪都有了“用武之地”,肥料又应用到农田里,实现了有效循环。如今走在大柏老村子里,几乎闻不到牛粪的臭气了。

这只是刘克锋团队近些年来治理成功的一个案例。为了缓解京津冀地区农业废弃物污染环境、解决园艺基质市场短缺的问题,在刘克锋的带领下,课题组历时10多年,深入到北京及周边地区生态环境进行调查评估,创新种植、养殖废弃物安全化、减量化、资源化、基质化;积极研发具有自主知识产权的新设备、新工艺、新菌剂,将农业废弃物转化为11种园艺再生基质,取得一系列重要成果,让畜禽养殖业走上了循环农业的发展道路。在2016年度北京市科学技术奖评选中,“京津冀农林废弃物无害化生产园艺基质研究与应用”项目荣获二等奖。

### 农业废弃物危害大

据了解,农业废弃物一般为种植废弃物、养殖废

弃物和农产品加工废弃物等。比如,秸秆、玉米棒芯、残株杂草、牲畜和家禽粪便等。

刘克锋告诉记者,长期以来,我国农村农业废弃物问题未引起足够重视,“垃圾乱倒、秸秆焚烧、柴草乱堆、粪土乱堆、畜禽乱跑”“室内现代化、室外脏乱差”的现象是大多农村的真实写照。

由于农业废弃物资源量大,处理起来较为困难,大量秸秆的焚烧、丢弃,造成资源的浪费和大气的污染。此外,农业废弃物还会污染水质、污染土壤,破坏生态平衡系统。大量的农业废弃物严重影响村容村貌,降低生活质量,影响社会和谐。

刘克锋向记者提供了一份数据显示:在我国,大量的农业废弃物对环境造成了极大的污染,仅京津冀区域农业废弃物数量巨大,种植废弃物高达1.2亿吨/年。其中北京地区种植废弃物中就有秸秆220万吨/年,粪渣8万吨/年,园林废弃物195万吨/年,养殖废弃物中的畜禽粪便786万吨/年。

“农业废弃物严重影响京津冀地区的生态环境安全(水环境、大气环境和土壤环境)。如果不能及时消纳,会对农村居住环境、土壤、地下水造成严重污染。”刘克锋说。

如何将这些“放错位置”的资源充分利用起来,保护好生态环境,让畜禽养殖业走循环农业的道路。即:能源化、无害化、饲料化、材料化、生态化、基质化、肥料化,是刘克锋带领的科研团队一直努力攻关的课题。

### 解决循环农业瓶颈问题

刘克锋认为,发展循环农业的瓶颈问题就是园艺基质。“要使废弃物作为养分和支撑物归还于土壤,链接种植业和养殖业,形成‘种植业—养殖业—园艺基质—种植业’产业链条,解决循环农业瓶颈问题。”

园艺基质一般是指采用泥炭、椰糠、珍珠岩、枯枝落叶等堆肥原料,根据不同的植物生长特性,配制适合特定条件下的专用栽培营养基质。

据了解,相比国外大量使用农业废弃物生产基质的理念,我国比较落后,大量使用的基质仍为传统的蛭石、珍珠岩、泥炭等天然基质。在花卉、蔬菜 and 特种果树栽培尤其是设施农业中大量使用泥炭,造成泥炭被过量开采,导致湿地破坏和生态环境的恶化。同时,我国园艺基质需求量大,如京津冀需求约250万m<sup>3</sup>/年,因此造成一方面大量开采天然基质破坏生态环境,另一方面每年花大量外汇进口园艺基质,价格较高,供不应求。

“要充分看到利用农业废弃物生产园艺基质的发展趋势,有利于推进循环农业,对种植业和养殖业的农业循环链条,解决农业废弃物污染问题,有利于减少泥炭资源的破坏,大力保护生态环境。”刘克锋说。

然而,目前国内在基质的技术研发中存在很多的不足。例如,常规工艺产生次生污染物现象严重,很难解决发酵过程中的异味气体;EM菌高温持续时间长,设备投入成本高;市场上基质品牌众多,基质成分相差巨大,质量差等问题。

为克服当前基质研究的困难和不足,课题组在多项技术和理念上取得突破性进展。针对养殖废弃物湿法(沼汽化)产生沼液、沼渣等次生废弃物和消耗水资源等问题,提出干法处理养殖废弃物新途径;针对京津冀地区大气污染严重,尤其农业废弃物处理过程中会产生硫化氢、氨气、二氧化碳、甲烷等气体,设法消除这些气体,减排二氧化碳,减少空气污染;针对国外设备价格高、不匹配等问题,研制了好氧发酵设备和控制系统。

“我们研发出的园艺基质,完全可以替代进口园艺基质,解决了市场需求与生态环境保护问题。”刘克锋说。

### 开辟了循环农业的新途径

北京顺义区北郎中村有“京郊养猪第一村”之称。如今这里花香伴着草香,鲜花盛开,绿树环抱,小桥流水,环境优美。谁能想到,十多年前,这里到处堆满了猪粪,苍蝇满天飞,污水到处流。

与大柏老村一样,北郎中村也请来了刘克锋和他的团队。最终,在刘克锋团队的帮助下,北郎中村建起有机肥肥料厂,攻克了猪粪变成有机肥的一个又一个难题。

据了解,通过多年研究实验,刘克锋团队研发的高效率、低成本、结构简单、易操作的高温堆肥和干法厌氧发酵成套技术,能满足猪、牛、羊、鸡、鸭等禽畜规模化养殖小区连续粪污处理需求。通过系统开发,依托生物技术、环境工程技术和自动化控制技术,建立了具有自主知识产权畜禽粪污、废水处理和粪污资源深度开发利用为一体的成套设备工艺技术体系,重金属、抗生素及激素类污染物有效性明显降低。营养指标、卫生指标、空气质量符合国家标准。

让刘克锋团队引以为豪的是,二十多年来,他们与北京市土壤工作站赵永志推广团队密切合作,对研究成果进行大范围应用与示范,实现了产业化。北京的顺义、通州、延庆、门头沟等多个规模化养殖小区运用研究成果,处理了猪粪、牛粪、羊粪、鸡粪和鸭粪、液

体粪污大面积堆积污染,有效改善了农村环境和土壤、水系污染,生产出高品质有机肥和栽培基质,促进了循环农业的发展。

据了解,成果在实施过程中,研发应用了农业废弃物高效化、无害化生产再生园艺基质技术,近两年累计处理畜禽粪便735万方,生产再生园艺基质176.6万方,可增加碳贮存28.3万吨,减少CO<sub>2</sub>排放当量107.2万吨。通过资源化利用,有效减轻农业有机废弃物管理不当对土壤、水体、空气、环境带来的污染,改善了蔬菜、花卉等作物品质。

施用该系列产品,可以减少25%—30%的施肥量,成本比目前进口的泥炭成本降低150%—200%,比传统种植方式提早10天左右上市,并且增产20%左右,显著增加农民收入。近两年在花卉上应用117万方,累计效益8.13亿元;在蔬菜、草莓育苗、生产上应用59万方,累计效益0.24亿元;总效益达8.37亿元。

“我们将养殖业与种植业有效链接,解决农业废弃物对京津冀区域水环境、大气环境和土壤环境污染的难题,开辟了循环农业、再生资源的新途径,促进了低碳、环保、绿色、生态产业转型升级,为京津冀区域水源涵养和沟域经济建设创造了良好条件,有利于生态环境安全、循环经济可持续发展,对推进京津冀一体化协同发展战略,具有重要的现实意义。”刘克锋说。

据悉,刘克锋带领的团队还有何志伟教授、程高达教授级高级工程师二十余人,他们正在研究未来现代农业优质基质,为都市农业、京津冀协同发展,做出新的贡献。



团队检查肥料质量



团队检查芒果施肥效果