

# 北京大学环境地理研究的回顾与展望

王学军, 李本纲, 李金玲

(北京大学城市与环境学院 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

**摘要:** 北京大学的环境地理学研究承载于城市与环境学院的环境学系, 其前身为北京大学地理系自然地理学专业环境教研室。65年来北京大学的环境地理学研究从传统的自然地理学, 到将化学与地理学相结合的化学地理学, 再到有地学环保性质的环境地理学, 研究领域不断扩大, 研究内容不断深入。目前, 环境学系依托地理学二级学科环境地理学, 在全球或区域环境中有毒污染物的区域环境过程、污染物的生物地球化学循环和界面间的迁移转化、污染物的环境毒理效应及其生态和健康风险等领域取得了一系列具有国际显示度的创新成果, 研究水平处于国内这一领域的领先地位, 各研究团队还将基础研究和应用研究紧密结合, 围绕环境领域的热点问题, 开展了一系列面向国家重大需求的应用型研究和咨询工作, 为保护生态环境以及实现经济社会可持续发展发挥了重要作用, 也为国家培养了大量高水平学术型和实用型人才。未来北京大学环境地理学科将从科学创新和面向国家重大需求两个角度出发, 以培养高水平人才为核心, 争取在多方面逐步取得较大突破。

**关键词:** 北京大学; 环境地理学; 学术贡献; 展望

DOI: 10.11821/dlxb201711007

工业革命以来地球表层系统发生了急剧变化, 人地关系日益尖锐, 环境问题不断演化。地理学以人—地系统作为研究对象, 把特定区域的人与地理环境作为一个整体来考虑, 研究地理环境对人的影响和人对地理环境的适应、利用、改造。因此, 地理学在解决人类所面临的环境问题方面可以发挥重要的作用。正是在这个基础上, 环境地理学成为一门新兴的学科, 在全球逐步发展壮大。它发挥地理学研究方法的特长, 同时吸收化学、生命科学、医学、物理学、数学、经济学等学科的方法, 在理论和实践上为实现区域可持续发展发挥着重要作用。

## 1 发展脉络

北京大学地理系是国内最早研究环境问题的单位之一。1952年陈静生教授随着高校院系调整从清华大学转入北京大学, 并于1954年在《地理学报》上发表文章, 呼吁提高中国自然地理学的自然科学水平, 以深化对自然地理现象和过程的认识, 建议地理学从相邻学科吸取营养, 对重要的自然地理过程和问题进行学科交叉性研究<sup>[1]</sup>。此后陈静生教授参加了中苏联合新疆综合考察研究, 独自和合作翻译出版了多本苏联自然地理学和景观地球化学方面的著作, 撰文介绍了苏联自然地理学的学术动向, 特别是介绍了苏联土壤和风化壳地球化学方面的研究进展<sup>[2]</sup>, 促进了自然地理学的一个新兴分支学科“化学地理学”在中国的诞生和发展。

收稿日期: 2017-10-20; 修订日期: 2017-11-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(41630748) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41630748]

作者简介: 王学军(1964-), 男, 辽宁阜新人, 博士, 教授, 研究方向为环境地理学。E-mail: xjwang@urban.pku.edu.cn

2009-2017 页

20 世纪 70 年代初,中国长期积累的环境问题开始显现,为了能够更好的研究和解决面临的环境问题,北京大学于 1973 年在地质地理系设立了国内第一个地学环保教学单位——环境地理学教研室。陈静生作为创建人之一,率先开设了“环境地球化学”和“水环境化学”等新课程,他编著的教材《水环境化学》和《环境地球化学》教材在大陆和台湾两地出版<sup>[3]</sup>。在陈静生教授的带领下,北京大学环境地理学的教研团队将地理学和地球化学理论及方法应用于环境污染控制研究,并于 20 世纪 70-80 年代期间,同其他科研机构一起开展了北京西郊和东南郊污染调查研究<sup>[4-6]</sup>。这是中国较大规模区域环境研究工作的开端,在这些调查研究中,陈静生教授等探究了土壤和水体沉积物中元素及化合物的分布,研究了重金属类污染物在水、土环境中的行为和影响,为后续对中国河流泥沙对水质的影响研究、水体重金属污染防治研究、地下水污染防治研究等提供了知识积累及技术支持<sup>[7-8]</sup>。

“七五”期间,北京大学环境地理学科与其它科研机构共同承担了国家重点科技攻关课题——中国土壤环境背景值研究。此次研究在全国 30 个省市(除台湾省外)和 5 个沿海开放城市布设了 4095 个土壤采样点,共采集了 12000 个样品,测试了 61 种元素,获得准确、可比的土壤测试数据 40 万个,建立了中国土壤环境背景值数据库以及中国土壤样品库<sup>[9]</sup>。陈静生教授率领的北京大学团队在此次研究的基础上对多种重金属、一些重点区域开展了更为深入的研究,同时应用土壤地理、环境地球化学原理和多种数学方法,阐明了中国土壤元素大、中尺度的区域分异规律,深入探讨了土壤元素的组合关系及影响土壤背景值的主导因素,这些调查研究推进和深化了成土因素对土壤背景值影响的认识<sup>[10-12]</sup>。

65 年来,随着时代的发展和需求的变化,北京大学环境地理学科的研究工作从地学性质明显的自然地理学,到将化学与地理学相结合的化学地理学,再到有地学环保性质的环境地理学,研究领域不断拓展,研究内容不断深入。从研究的物质种类看,早期侧重于重金属的研究,近年来更侧重持久性有机污染物的研究,也拓展到内分泌干扰物等;从研究的环境介质看,早期侧重于土壤和水体,后期增加了大气领域的研究,特别是更广泛地开展了多介质环境过程研究;从研究工作所涉及的学科看,早期的研究工作仍在地理学范畴之内,后期增加了与地理学相关的地球化学和化学手段,近年来又增加了环境生物学、毒理学、环境工程学等手段。为了更好的面向国家需求和服务社会,学术研究工作与政策和管理的结合也在不断强化。目前北京大学环境地理学科的各个研究团队承担着大量国家自然科学基金项目、科技专项项目、部委项目、国际合作项目等。研究工作贯穿了污染物的产生、在多介质环境中的迁移和转化、对生态系统和人体健康的影响,以及相应的政策措施和技术标准的全过程。

在学校和学院的大力支持下,北京大学环境地理学科师资队伍不断扩大,已经形成了一个高水平的研究团队。现有教职人员 21 人,其中教授 7 人、副教授 3 名、工程师 5 名,其中包括中国科学院院士 1 名,千人计划学者 1 名,教育部长江学者奖励计划特聘教授 3 名,国家杰出青年基金获得者 6 名,国家优秀青年基金获得者 3 名。

几十年来,北京大学环境地理学科的科研工作也获得了多项奖励,曾先后获得国家自然科学二等奖 2 次、国家科技进步二等奖 1 次、教育部自然科学一等奖 1 次,以及其他多项部级以上各种奖项。进入 21 世纪以来,北京大学环境地理学科很多研究工作都取得了高水平成果,并发表在包括 *Nature* (1 篇)、*PNAS* (3 篇)等重要学术刊物上,在国际学术界产生了重要影响。

## 2 重要学术贡献

通过长期的发展,北京大学环境地理学科逐步确定了学科的总体定位,即:针对国家在资源保护利用、生态文明建设和环境保护等方面的重大需求,聚焦于不同尺度的空间区域,从地表物理过程、环境化学过程、生物过程及其相互作用着手,开展环境问题研究,建成国内外有重要影响的环境地理学科学研究、人才培养和学术交流基地。近年来,根据这一总体定位的要求,环境地理学科取得了长足进展,不但为国家培养了大量人才,在科学创新以及解决国家重大环境问题方面也取得了显著成绩,一些研究成果达到了国际一流水平。

### 2.1 区域环境过程与模拟

污染物的区域环境过程是环境地理学研究的核心,北京大学环境地理学科针对各类热点环境问题,充分考虑区域自然和人文地理特征的不同,开展了一系列污染物区域环境过程与模拟研究,如区域和全球尺度的污染物排放和分布格局、迁移和归趋定量模拟等。

早期陈静生教授带领北大环境地理学科教师将地理学和地球化学理论及方法应用于水、土污染物环境过程研究,先后进行了中国土壤元素背景值调查研究、中国河流水质与沉积物质量研究、水体重金属污染防治研究、地下水污染防治研究等,识别了中国土壤和水体沉积物中元素及化合物的分布情况、重金属类污染物在水、土环境中的行为和影响、中国大河(长江、黄河、松花江等)水质与区域自然条件的关系和20世纪后半叶在人类活动影响下的变化等,发表了大量文章和专著,为中国环境地理学科后续的区域环境过程与模拟研究奠定了基础<sup>[13-18]</sup>。

很长一个时期里,由于缺乏相关的研究,关于中国环境中微量有毒污染物的污染程度、发展趋势、影响途径和危害状况等知之甚少,这种状况给采取合理的管理措施(如制定法规和标准)和工程措施(如发展污染控制和修复技术)造成严重困难。为此,加强微量有毒污染物的应用基础研究以及区域特征研究具有重要意义和应用前景。陶澍院士等科研团队先后开展了深圳土壤微量元素含量成因研究、山地土壤表层水溶性有机物淋溶动力学模拟研究、中国北方多环芳烃的空间格局和区域环境过程的经向变异研究、环渤海西部地区多环芳烃的区域环境过程研究、中国东部地区典型半挥发持久性有机污染物的来源、归趋、人群暴露及健康风险研究、纳米颗粒的环境过程和影响研究等<sup>[19-23]</sup>。近期,陶澍院士等科研团队还结合中国当前的环境问题热点,开展了基于排放—健康—社会经济关系综合分析的华北地区大气污染研究<sup>[24-27]</sup>。在污染物区域环境归趋研究中,各研究团队建立了具有空间分辨率的多介质模型,阐明了决定土壤中持久性有机污染物空间分异的主要机理,建立了多环芳烃从产生、迁移、暴露到健康危害的系统模拟方法,揭示了有机氯农药摄入量与人体组织残留水平之间的定量关系,识别了多环芳烃呼吸暴露对中国人人群的健康危害,将基因易感性等参数的变异特征引入风险模型,定量阐明了健康风险的变异和不确定性<sup>[28-30]</sup>。

李本纲教授课题组利用国际科学界认可的全球排放数据、过程模型和贡献区分技术方法,结合逐因子全过程不确定性分析,首次全面而客观地评估了中国对全球气候变化的贡献及其时间变化趋势。该研究以中国为研究区域,时间跨度长(1750-),且涵盖目前已知的所有气候胁迫因子,在解决长期以来困扰政府决策及科学界认识的“中国贡献”问题方面获得了新的认识,在方法集成及降低不确定性方面具有明显创新性。该研究指出,中国目前正逐步实施的空气质量控制措施会减少大气气溶胶的排放,因此将降



低负辐射强迫, 并可能增加中国排放对全球气候变化的贡献比例。该成果对全球气候变化的区域责任分担研究具有重要的科学意义, 可为国家决策部门制定应对气候变化策略、推动污染物减排及开展环境外交等提供重要科学依据<sup>[31]</sup>。

近期, 为了更加准确的掌握污染物的排放迁移过程以及相应的环境健康效应, 陶澍院士率领的科研团队对全球高分辨率黑炭排放、东亚大陆多环芳烃排放、输出与长距离输送潜力等进行了深入的研究。在全球高分辨率黑炭排放清单建立和暴露估算方面, 发展了洲际尺度插值方法, 建立了具有不确定性信息的全球高分辨燃烧源清单, 如  $\text{CO}_2$ 、黑炭和多环芳烃的排放清单。利用该清单和大气传输模型, 模拟了全球大气黑炭浓度的空间分布, 并完成了全球人群呼吸暴露评估。结果表明, 模拟值和全球已有观测值的符合程度远高于以往模拟结果, 并且发现全球大气传输模拟中常用的空间分辨率会导致对呼吸暴露的显著低估<sup>[32-33]</sup>。在多环芳烃呼吸暴露诱发的肺癌风险评估方面, 运用大气传输—多介质交换耦合模型在全国尺度上模拟了多环芳烃的大气输送规律, 估算了中国人群的室外大气多环芳烃呼吸暴露量, 评估了中国人群多环芳烃呼吸暴露诱发的肺癌风险<sup>[34]</sup>。

近年来中国快速城市化导致的人口迁移备受关注。大规模人口迁移改变了污染物排放和呼吸暴露特征及空间分布, 但尚未有关于其对空气质量影响的定量评估。陶澍院士课题组与法国和美国相关机构研究者合作, 完成了近 30 年人口分布变化高分辨率空间量化, 结合研究组开发的 PKU 系列高分辨排放清单, 定量分析了城市化过程中移民家庭直接能源结构转型对空气质量及健康的有利影响。研究发现, 农村居民移居城市后能源结构发生根本性变化, 基本摆脱了生物质燃料, 降低了各类生活源大气污染物的排放。在绝大多数城市, 其作用超过人口聚集带来的负面效应, 因此有利于改善空气质量。据估算, 这一过程导致全国平均  $\text{PM}_{2.5}$  暴露浓度下降  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 相当于 30 年间减少 45 万人口过早死亡。与此同时, 由于人口高度聚集, 北京和广州等超大城市暴露水平略有上升<sup>[35]</sup>。

## 2.2 环境毒理和风险评价研究

随着人类对环境污染认识的不断深入, 学术界更加关注污染物对生态系统和人类健康的影响。为了能够识别污染物对机体可能发生的生物效应、作用机理及早期损害的检测指标, 北京大学环境地理学科开展了大量的有毒化学物质的环境行为研究、生态毒理研究及风险评价研究等。

胡建英教授带领的研究团队针对复杂环境介质中微量有害化学物质如内分泌干扰物质、医药品和个人护理品、农药和典型持久性有机物质等开展了大量研究, 开发了以铅和二噁英为主的健康风险评价系统软件, 针对不同的环境物质开发了多种化学物质的检测方法, 并通过暴露实验的生物测试, 研究不同物质在环境介质中的行为及影响, 还采用生物监测法与仪器检测法相结合的方式寻找环境中未知的风险物质<sup>[36-41]</sup>。

胡建英课题组自 2000 年开始就系统展开了典型环境污染物的低浓度、长期、复合暴露下的生态毒理效应及其毒理机制研究, 发现环境浓度下三苯基锡显著抑制鱼类性腺发育, 子代出现严重胚胎出血、骨骼畸形和眼睛变小甚至缺失的现象, 并阐明了该效应的分子毒理机制。以长江溯河洄游的国家珍稀动物野生中华鲟为对象开展了三苯基锡的生态效应研究, 发现长江野生中华鲟幼鱼中出现了严重的畸形现象; 利用鱼卵显微注射证明三苯基锡是导致长江野生中华鲟畸变的主要物质。建立了环境污染与生态效应之间的直接联系, 为中国中华鲟保护提供了一个新的视角和思路<sup>[42]</sup>。

内分泌干扰物质能导致动物繁殖发育异常, 是导致生物多样性锐减和物种灭绝的重要因素。胡建英教授及其他课题组结合高灵敏度、高特异性环境监测方法和毒理学评价方法, 揭示了生物降解是城市污水厂有效削减各类固醇激素含量的主要机理, 首次揭

示了糖皮质激素类内分泌干扰物的环境污染问题, 发现了氯消毒过程中双酚 A 形成雌激素活性更强的氯代双酚 A, 而且广泛存在于中国饮用水中<sup>[43-47]</sup>。

富营养化水体中青蛙畸形普遍发生的成因解析是国际前沿和难点。胡建英教授课题组自 2005 年开始通过建立高灵敏的维甲酸类物质分析方法, 系统调查了中国饮用水水源地以及太湖和辽东湾等中国主要水系, 发现该物质在富营养化水体中具有较高浓度, 首次证明了低等生物蓝藻水华能够产生高浓度脊椎生物特有的维甲酸类物质<sup>[48]</sup>。

该研究团队还早在 2009 年开始, 就通过大量的暴露实验, 对正常商业渠道购买的“无双酚 A”水杯的安全性进行了研究, 在水杯中首次检出了双酚芬, 研究发现该物质具有强抗雌激素活性, 可造成小鼠生殖发育损失, 引起不良妊娠, 而且在习惯使用塑料水瓶盛装热水的大学毕业生血清样品中检出了双酚芬, 应重视人群, 尤其是孕妇和儿童对该物质的暴露风险。目前虽然一些国家会筛查化学物质的雌激素活性, 但抗雌激素性并不在常规筛查项目之列而忽视风险, 未来有必要强化化学物质替代的科学研究<sup>[49]</sup>。

### 3 在应用领域对解决环境问题的贡献

学术研究要紧紧围绕国家的重大需求来开展, 北京大学环境地理学科的基础研究和应用研究紧密结合, 围绕环境领域的热点问题, 如大气和水土环境问题、重金属和持久性有毒污染物等, 形成了一些实力较强的研究团队, 开展了一系列面向国家重大需求的研究和咨询工作, 为保护环境以及实现经济可持续发展发挥了重要作用。

早在 20 世纪 90 年代, 陈静生教授等通过中国土壤元素背景值调查研究, 提供了中国部分土壤中 61 种元素的含量水平资料, 深入探讨了土壤元素的地域分布规律, 为《中国土壤环境质量标准》和中国《绿色食品土壤环境质量标准》的制定提供了基础和依据。近年来, 一些教师对中国地表水体及地下水重金属等污染问题开展了大量的研究, 为在实践中解决这些问题提供了重要的理论依据, 加快了我国水体污染治理的步伐。京津冀地区复合型大气污染是当前关注的热点, 陶澍院士等参与了由国家自然科学基金委和英国相关机构共同支持的中英北京地区大气污染国际合作研究项目(基于排放—健康—社会经济关系综合分析的北京地区大气污染治理方案研究), 这一项目集中了中英双方的力量, 拟借鉴发达国家的经验, 找到一条解决京津冀地区大气污染问题的有效途径。

环境治理离不开制度建设以及法律和政策措施的出台, 王学军教授等根据国家的需要, 发挥环境地理学科的多学科交叉优势, 参与了国家环境保护、生态文明、节能减排、循环经济、清洁生产等领域的一系列立法、政策制定、规划制定等工作, 包括参与起草了节能法、清洁生产促进法、循环经济促进法等多部相关法律, 参与起草了多个国家级重要政策性文件, 如《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》等, 参与制定了国家多个节能环保领域五年规划文件以及标准, 从实践上推动了国家现代环境治理体系的构建。

环境修复是北京大学环境地理学科一个实践意义非常显著的研究领域。早期中国经济的发展主要是采用粗放型发展方式, 这种发展方式带来经济快速增长的同时也产生了严重的环境问题, 如水体污染、大气污染以及土壤污染等。李喜青教授等对此开展了大量的研究, 例如针对湖南省郴州市王仙岭尾砂重金属污染的环境修复研究, 在该项目中, 研究人员对该场地重金属污染现状进行了调查与分析, 在后期的修复工程中, 为防止尾砂污染扩散, 采用了重金属稳定化和阻隔防渗组合技术, 取得了良好的效果<sup>[50]</sup>。

北京大学环境地理学科教师开展的另一个有特色的应用型研究工作是毒品污水流行

病学研究。截止到2015年6月,中国吸毒人口数量已经超过300万,人类使用违禁药物后,其母体化合物或代谢物会随尿液、粪便等进入污水处理厂,污水处理过程不能将其完全降解,因此污水中的违禁药物及其代谢物会最终进入河流、湖泊等水环境<sup>[51-52]</sup>。鉴于毒品问题的严重性,李喜青教授等与有关禁毒部门合作,开展了有针对性的研究,确定了污水样的理想测定方法,并在一些地区进行了应用和验证,受到了有关部门的充分肯定。

## 4 未来展望

北京大学环境地理学科已经逐渐发展成为国内最好、有较大国际影响的环境地理学教学和科研基地之一。当前,中国环境形势十分严峻,发达国家上百年工业化过程中分阶段出现的环境问题,在中国已经集中出现,并表现出显著的复合型和区域性特征。为此,北京大学环境地理学科还应从科学创新和面向国家重大需求两个角度出发,以培养高水平人才为核心,注重青年骨干教师的培养,争取在以下方面逐步取得较大突破:

(1) 提高环境地理学与其他相关学科(如化学、生物学、环境医学、遥感与GIS等)的融合水平,更好的运用多学科手段和技术,对人—地系统环境问题进行整体把握,提高环境地理学解决问题的能力,为区域乃至全球环境治理提供理论依据和实践指导。

(2) 对于当前突出的区域环境问题,如雾霾、室内污染、化学品环境风险、土壤重金属污染等,集中力量开展学术攻关,充分利用前期的研究成果及研究方法,寻求更为有效的重大区域环境问题的环境地理学解决方案。

(3) 进一步分析环境问题产生与区域地理条件的相关性,分析环境问题的地理尺度特征,探索区域环境问题的风险防范、控制和修复措施。

(4) 进一步探索如何更好地将环境地理学研究成果应用于环境修复、环境管理等领域,指导这些领域的实践活动,服务于国家的重大实践需求。

## 参考文献(References)

- [1] Chen Jingsheng, Chen Fukang, Wang Enyong, et al. The opinion to improve the science level of physical geography. *Acta Geographica Sinica*, 1954, 20(2): 245-247. [陈静生, 陈傅康, 王恩涌, 等. 我们对于提高自然地理学的自然科学水平的意见. *地理学报*, 1954, 20(2): 245-247.]
- [2] Chen Fukang, Wang Enyong, Chen Jingsheng. *Introduction to Landscape Geochemistry*. Beijing: Geological Publishing House, 1958. [陈傅康, 王恩涌, 陈静生. *景观地球化学概论*. 北京: 地质出版社, 1958.]
- [3] Chen Jingsheng. *Water Environmental Chemistry*. Beijing: Higher Education Press, 1987. [陈静生. *水环境化学*. 北京: 高等教育出版社, 1987.]
- [4] Chen Jingsheng. *The Environmental Geochemistry*. Beijing: Higher Education Press, 1990. [陈静生. *环境地球化学*. 北京: 高等教育出版社, 1990.]
- [5] Zhu Jicheng. The remarkable achievements in industrial pollution source investigation and management of Beijing. *Environment and Sustainable Development*, 1981, 24: 6-7. [朱济成. 北京市工业污染源调查与治理成果显著. *环境与可持续发展*, 1981, 24: 6-7.]
- [6] Xijiao Special Cooperation Group. Research on environmental pollution survey and environmental quality evaluation in the western suburbs of Beijing. *Environmental Protection*, 1977(2): 7-8. [西郊专题协作组. 北京西郊环境污染调查及环境质量评价的研究. *环境保护*, 1977(2): 7-8.]
- [7] Li Xianfa, Wang Donghua, Wang Jianhua, et al. Environmental pollution investigation and control measures in the south eastern suburb of Beijing. *Environmental Science Trends*, 1986(4): 31. [李宪法, 王东华, 王建华, 等. 北京东南郊环境污染调查及其防治途径的研究. *环境科学动态*, 1986(4): 31.]



- [8] Chen Jingsheng, Yang Benjin. The reason research of Beijing groundwater hardness rise. *China Environmental Science*, 1981, 1(1): 91-93. [陈静生, 杨本津. 北京地下水硬度升高原因研究. *中国环境科学*, 1981, 1(1): 91-93.]
- [9] Chen Jingsheng, Zhou Jiayi. Study on the Heavy Metal Pollution in Water Environment of China. Beijing: China Environmental Science Press, 1992. [陈静生, 周家义. 中国水环境重金属研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.]
- [10] Wei Fusheng, Chen Jingsheng, Wu Yanyu, et al. Study on China's soil environmental background value. *Environmental Science*, 1991, 4(12): 12-19. [魏复盛, 陈静生, 吴燕玉, 等. 中国土壤环境背景值研究. *环境科学*, 1991, 4(12): 12-19.]
- [11] Chen Jingsheng, Wei Fusheng, Zheng Chunjiang, et al. Background concentrations of elements in soils of China. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1991, 57/58: 699-712.
- [12] Chen Jingsheng, Wang Xuejun. Regional distribution of trace element contents in soils from the alluvial plains of eastern China. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1994, 14(1): 11-18. [陈静生, 王学军. 我国东部冲积平原土壤元素背景值地域分异规律. *环境科学学报*, 1994, 14(1): 11-18.]
- [13] Chen Jingsheng, Tang Fei. Mobilization of mercury from estuarine suspended particulate matter: A case study in the Yalujiang Estuary, Northeast China. *Water Quality Research Journal of Canada*. 1995, 30(1): 25-32.
- [14] Wang Xuejun, Chen Jingsheng. Trace element contents and correlation in surface soils in China's eastern alluvial plains. *Environmental Geology*, 1998, 36(3/4): 277-284.
- [15] Chen Jingsheng, He Dawei, Cui Shubin. The response of river water quality and quantity to the development of irrigated agriculture in last four decades in the Yellow River Basin, China. *Water Resources Research*, 2003, 39(3): 1047-1058.
- [16] Chen Jingsheng, He Dawei, Zhang Na, et al. Characteristics of and human influences on nitrogen contamination in the Yellow River system, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2004, 93: 125-138.
- [17] Chen Jingsheng, He Dawei, Yuan Lihua. Relation between water quality changes and the "dryings-up phenomena" in the Yellow River, China. *Environmental Chemistry*, 2001, 20(3): 205-211. [陈静生, 何大为, 袁丽华. 黄河“断流”对该河段河水中主要离子化学特征的影响. *环境化学*, 2001, 20(3): 205-211.]
- [18] Chen Jingsheng, Zhang Yu, Yu Tao, et al. Problem and solution in assessing the oxygen-demanding organic matters of the Yellow River, China. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2005, 25(3): 279-284. [陈静生, 张宇, 于涛, 等. 解决黄河耗氧有机物评价中存在问题的方法探讨. *环境科学学报*, 2005, 25(3): 279-284.]
- [19] Chen Jingsheng, Yu Tao. Influence of high levels of total suspended solids on measurement of COD and BOD in the Yellow River, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2006, 116(1-3): 321-334.
- [20] Tao Shu, Cao Jun, Li Bengang, et al. Distribution pattern of trace elements in soil from Shenzhen area. *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(2): 248-255. [陶澍, 曹军, 李本纲, 等. 深圳市土壤微量元素含量成因分析. *土壤学报*, 2001, 38(2): 248-255.]
- [21] Tao Shu, Cao Jun. Leachate kinetics of water soluble organic carbon from surface horizon of upland soil. *China Environmental Science*, 1996, 6(16): 410-414. [陶澍, 曹军. 山地土壤表层水溶性有机物淋溶动力学模拟研究. *中国环境科学*, 1996, 6(16): 410-414.]
- [22] Zhang Yanxu, Tao Shu. Seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) emissions in China. *Environmental Pollution*, 2008, 156(3): 657-663.
- [23] Peng S S, Piao S L, Bousquet P, et al. Inventory of anthropogenic methane emissions in Mainland China from 1980 to 2010. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 2016, 16(22): 1-29.
- [24] Meng J, Liu J F, Guo S, et al. The impact of domestic and foreign trade on energy-related PM emissions in Beijing. *Applied Energy*, 2016, 184: 853-862.
- [25] Zhu D, Tao S, Wang R, et al. Temporal and spatial trends of residential energy consumption and air pollutant emissions in China. *Applied Energy*, 2013, 106: 17-24.
- [26] Chen Y L, Wang R, Shen H Z, et al. Global mercury emissions from combustion in light of international fuel trading. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(3): 1727-1735.
- [27] Meng J, Liu J F, Xu Y, et al. Globalization and pollution: Tele-connecting local primary PM<sub>2.5</sub> emissions to global consumption. *Proceedings of the Royal Society A*, 2016, 472: 1-17.
- [28] Meng J, Liu J F, Xu Y, et al. Tracing primary PM<sub>2.5</sub> emissions via Chinese supply chains. *Environmental Research Letters*, 2015, 10(5): 1-12.
- [29] Huang Y, Shen H Z, Chen H, et al. Quantification of global primary emissions of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, and TSP from combustion and industrial process sources. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(23): 13834-13843.
- [30] Liu Wenxin, Li Yao, Zuo Qian, et al. Residual characteristics of HCHs and DDTs in surface soils from the western zone

- of Bohai Bay. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2008, 28(1): 142-149. [刘文新, 李尧, 左谦, 等. 渤海湾西部表土中HCHs与DDTs的残留特征. *环境科学学报*, 2008, 28(1): 142-149.]
- [31] Li Bengang, Gasser Thomas, Ciais Philippe, et al. The contribution of China's emissions to global climate forcing. *Nature*, 2016, 531: 357-361.
- [32] Tao Shu, Luo Yongming, Zhu Lizhong, et al. A typical regional environmental process of trace organic pollutants. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2006, 26(1): 168-171. [陶澍, 骆永明, 朱利中, 等. 典型微量有机污染物的区域环境过程. *环境科学学报*, 2006, 26(1): 168-171.]
- [33] Han Chen, Ye Huang, Shen Huizhong, et al. Modeling temporal variations in global residential energy consumption and pollutant emissions. *Applied Energy*, 2016, 184(2): 820-829.
- [34] Wang Rong, Tao Shu, Balkanski Y, et al. Exposure to ambient black carbon derived from a unique inventory and high-resolution model. *PNAS*, 2014, 111: 2459-2463.
- [35] Shen H Z, Tao S, Chen Y L, et al. Urbanization-induced population migration has reduced ambient PM<sub>2.5</sub> concentrations in China. *Science Advances*, 2017, 3(7): 1-13.
- [36] Zhang Y X, Tao S, Shen H Z, et al. Inhalation exposure to ambient polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk of Chinese population. *PNAS*, 2009, 106: 21063-21067.
- [37] Hu Wenxin, Gao Fumei, Zhang Hong, et al. Activation of peroxisome proliferator-activated receptor gamma and disruption of progesterone synthesis of 2-ethylhexyl diphenyl phosphate in human placental choriocarcinoma cells: comparison with triphenyl phosphate. *Environmental Science and Technology*, 2017, 51(7): 4061-4068.
- [38] Zhao Fanrong, Wan Yi, Zhao Haoqi, et al. Levels of blood organophosphorus flame retardants and association with changes in human sphingolipid homeostasis. *Environmental Science and Technology*, 2016, 50(16): 8896-8903.
- [39] Aizawa Takako, Hu Jianying, Magara Taiji. A method of multi-section solid phase extraction column and the concentration method used for the condensing of trace matters in water. Special permission Heicei 9-254469, Japan. [相泽贵子, 胡建英, 真柄泰基. 用于水中微量成分浓缩的多段式固相萃取柱及其水中成分浓缩方法. 特许平 9-254469号, 日本.]
- [40] Zhang Zhaobin, Hu Jianying, et al. The DNA sex identification method for young fish and fertilized eggs of fish. Application number: 200510011322.7. [张照斌, 胡建英, 等. 幼鱼或鱼受精卵的DNA鉴定性别的方法. 申请号: 200510011322.7.]
- [41] Yuan Guanxiang, Peng Hui, Huang Chong, et al. Ubiquitous occurrence of fluorotelomer alcohols in eco-friendly paper-made food-contact materials and their implication for human exposure. *Environmental Science and Technology*, 2016, 50(2): 942-950.
- [42] Dong Zhaomin, Hu Jianying. Development of lead source-specific exposure standards based on aggregate exposure assessment: Bayesian inversion from biomonitoring information to multipathway exposure. *Environmental Science and Technology*, 2012, 46(2): 1144-1152.
- [43] Hu Jianying, Chang Hong, Wang Lezheng, et al. Detection, occurrence and fate of indirubin in municipal sewage treatment plants. *Environmental Science and Technology*, 2008, 42(22): 8339-8344.
- [44] An L, Hu J, Yang M. Evaluation of estrogenicity of sewage effluent and reclaimed water using vitellogenin as a biomarker. *Environmental Toxicology & Chemistry*, 2008, 27(1): 154-158.
- [45] Yu Z, Jin F, Hu J, et al. An improved method for analyzing chlormequat and mepiquat in source waters by solid-phase extraction and liquid chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 678(1): 90-95.
- [46] Wan Wanfeng, Hu Jianying, Yu Jianwei, et al. Determination of N-nitrosodimethylamine in drinking water by UPLC-MS/MS. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, 22(10): 1508-1512.
- [47] Hu Jianying, Zhang Zhaobin, Wei Qi, et al. Malformations of the endangered Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, and its causal agent. *PNAS*, 2009, 106(23): 9339-9344.
- [48] Wu Xiaoqin, Jiang Jieqiong, Wan Yi, et al. Cyanobacteria blooms produce teratogenic retinoic acids. *PNAS*, 2012, 109(24): 9477-9482.
- [49] Zhang Zhaobin, Hu Ying, Guo Jilong, et al. Fluorene-9-bisphenol is anti-oestrogenic and may cause adverse pregnancy outcomes in mice. *Nature Communications*, 2017, 8: 14585. doi: 10.1038/ncomms14585.
- [50] Gong Yalong, Li Hongyan, Li Xiqing, et al. Case study on remediation of heavy metal contamination by tailings in Wangxianling tourism resort of Chenzhou city. *Environmental Engineering*, 2016, 34(2): 170-174. [龚亚龙, 李红艳, 李喜青, 等. 郴州市王仙岭尾砂库重金属污染治理工程实例. *环境工程*, 2016, 34(2): 170-174.]
- [51] Gao Tingting, Du Peng, Xu Zeqiong, et al. Optimization and validation of the analytical method to detect common illicit



drugs in wastewater. *Environmental Science*, 2017, 38(1): 201-211. [高婷婷, 杜鹏, 徐泽琼, 等. 污水中常见违禁药物分析方法优化及验证. *环境科学*, 2017, 38(1): 201-211.]

- [52] Zhang Huafang, Yang Jun, Du Peng, et al. Concentrations of ketamine and norketamine in the water environment in Beijing. *Environmental Science*, 2016, 37(7): 2522-2529. [张华方, 杨军, 杜鹏, 等. 北京水环境中氯胺酮和去甲氯胺酮的浓度水平. *环境科学*, 2016, 37(7): 2522-2529.]

## Retrospect and prospect of environmental geography research at Peking University

WANG Xuejun, LI Bengang, LI Jinling

(Laboratory for Earth Surface Processes, Ministry of Education, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** The environmental geography research at Peking University has been conducted in the College of Urban and Environmental Sciences, with the support of Ministry of Education Laboratory for Earth Surface Processes Analysis and Simulation. They grew out of the Environmental Research Section of Physical Geographical Specialty of the Department of Geography at Peking University. In 65 years of geographical research at Peking University, environmental geography research was initiated from traditional physical geography, and developed into chemical geography and environmental geography gradually in the 1970s, due to the emerging environmental pollution and ecological degradation issues in this period. Since then, the research areas have been widened gradually. Nowadays, relying on the discipline of environmental geography, one of the branches of geography, researchers in the Department of Environment Sciences have made creative achievements in the fields such as regional environmental processes of toxic pollutants, biogeochemical cycling and interface migration of pollutants, toxicological effects of pollutants and their ecological and health risks. Now, their research holds a leading position in China. In addition, this department carried out a number of applied studies and consulting studies on environmental hotspots of China, such as environmental policy making, environmental and resource law drafting, and contaminated land remediation. Their studies have played significant roles in environmental protection, ecological conservation and sustainable development of the country. In the last decades, we have fostered many high-level professional talents, who have made remarkable achievements after their graduation. In the future, the environmental geography research team at Peking University will continue its efforts in scientific research and personnel training, especially in providing comprehensive solutions for regional environmental governance, as well as for some key environmental problems related to air pollution and soil pollution, so as to meet the needs of the country.

**Keywords:** Peking University; environmental geography; academic contribution; prospect