

# 环境地理与人类健康研究成果与展望

杨林生, 王五一\*, 谭见安, 梁 涛, 董云社

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 中国科学院地理科学与资源研究所倡导和建立了化学地理研究机构, 是我国最早从事环境科学研究的单位之一, 推动了环境质量调查、环境质量评价、环境背景、环境容量和环境治理等理论和技术的建立和发展; 长期进行克山病、大骨节病等地方病的调查及其环境病因与防治的研究, 为上述疾病的控制做出了重大贡献; 创立和发展了中国的医学地理学研究体系。2000 年以后, 在持续开展西部地方病地理流行规律和稀土元素生物地球化学循环研究基础上, 重点开展了重金属等污染物及全球环境变化的健康风险评估研究, 拓展了区域碳、氮、磷等生命元素的生物地球化学循环与温室气体排放的关系研究, 强化了环境污染治理和健康保护的技术研究。实现了从化学地理到环境地理、从医学地理到健康地理的转变。未来的环境地理与人类健康研究将以地理环境的化学属性为重点, 以人口健康保护为核心, 探讨环境保护、社会经济发展和人类健康安全在整体上协调的机制与途径。

**关键词:** 化学地理; 环境地理; 医学地理; 健康地理

**文章编号:** 1000-0585(2010)09-1571-13

## 1 地理资源所环境地理与人类健康研究机构沿革

中科院地理与资源所环境地理与人类健康领域的研究始于 1960 年代。1960 年, 黄秉维先生提出了自然地理综合研究“三个新方向”的构想与提议<sup>[1]</sup>, 地理所在综合自然地理框架下开展化学地理的研究; 1967~1974 年, 应国家需求, 分别开始了地方病防治和环境保护工作方面的研究; 1974~1976 年, 正式组建化学地理研究室, 下设生态化学地理(地方病组)、流域化学地理组(水污染组)和城市环境质量组(土壤化学地理组); 1986 年地理所成立环境影响评价部; 上世纪 90 年代中期, 分为环境质量与物质循环、环境生命元素与人类健康两个研究室; 1999 年, 知识创新工程实施后, 研究室名称先后变更为“环境生物地球化学与健康研究室”、“地表环境化学过程与健康实验室”以及“环境地理与人类健康研究室”。多年来, 环境地理与人类健康研究室为我国化学地理和环境地理、医学地理和健康地理以及环境生物地球化学理论和方法的创立、形成和发展, 为我国环境保护、人口健康和农业生产事业做出了重要贡献。我所是国际地理联合会健康与环境委员会的主席单位、污染场地修复科技创新联盟第一届理事长单位和美国社会科学理事会中国环境健康项目的依托单位, 与国际地理联合会(IGU)、全球环境变化人文因素委员会

收稿日期: 2010-08-03; 修订日期: 2010-08-27

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAC03A11、2007BAI25B01); 国家自然科学基金项目(40671008、40271009)

作者简介: 杨林生(1966-), 男, 河南唐河人, 博士, 研究员。主要从事地理环境与人类健康研究。

Email: yangls@igsnr.ac.cn

\* 通讯作者: 王五一, 研究员。Email: wangwy@igsnr.ac.cn

(IHDP) 等国际组织和德国、加拿大、英国等国家的研究单位以及国内数十家大学和科研机构保持着长期的合作关系。

## 2 知识创新工程实施前的主要研究成果

### 2.1 对化学地理学建立和发展的贡献

化学地理一词最早由前苏联地理学家格里高利也夫 (A. A. Grigoryev) 于 1936 年提出<sup>[2]</sup>。20 世纪 60 年代, 黄秉维先生明确提出把发展化学地理学作为自然地理学综合研究的“三个新方向”之后, 我所作为化学地理学的首倡单位之一, 在化学地理基本理论和研究方法的形成与发展, 以及化学地理的应用领域和学科建设等方面发挥了重要作用<sup>[3]</sup>。在化学地理理论方面, 其基本任务是阐明地理环境的化学特性及其与人类的相互关系。在化学地理应用领域, 始终把化学地理的发展与我国卫生保健、环境保护和农业生产等领域的重大任务相结合, 形成了污染化学地理、医学化学地理和农业化学地理的研究体系; 同时发展了水文化学地理、大气化学地理、土壤化学地理、生物化学地理等部门, 在地理学综合观和整体观思想的指引下, 强调发展生态化学地理和区域化学地理。

### 2.2 对我国环境科学研究的奠基及其发展的影响

地理所是我国最早开展环境科学研究的单位之一。从 1972 年开始, 先后承担多个环境科研项目, 推动了环境质量调查、环境质量评价、环境背景、环境容量和环境治理等理论和技术的建立和发展, 为我国环境科学的发展做出了重要贡献, 共获得国家 and 省部级奖励 30 多项, 主要成果包括: 承担的官厅水库水体污染调查和水源保护研究是我国第一个多部门多单位联合开展的水系污染调查与水资源保护研究, 也我国第一个大规模的环境科研活动, 该项研究工作对我国此后有关污染源和污染程度调查、环境污染防治和环境保护监测体系建立等, 都具有重要指导意义<sup>[4]</sup>; 开展蓟河流域水源保护的綜合研究和湘江水系污染调查与防治研究, 开辟了流域水资源环境保护的先河<sup>[4]</sup>; 参与的西郊环境质量调查及评价和北京东南郊环境污染调查及防治途径的研究, 是我国第一个关于城市区域的环境质量调查评价和城市区域环境污染综合防治的研究<sup>[4]</sup>; 参与了湘江水系、洞庭湖水系、长江水系等水环境背景值和环境容量研究, 开拓了水环境背景和水环境容量研究, 其成果为“三峡工程对生态环境影响评价”等工作提供了数据基础<sup>[4,5]</sup>; 承担白洋淀地区水污染控制研究, 首次提出把资源利用、污染控制与经济的持续发展结合在一起, 实行内外环境结合, 水量与水质统一考虑, 以达到全面控制污染、改善环境和发展经济的目的<sup>[6]</sup>; 参与和承担了湘江谷地与吐鲁番盆地土壤环境背景值研究、全国 18 个重点城市土壤背景值调查研究、全国土壤环境背景值研究和北京、华北农业土壤和主要粮食作物中有毒物质背景值研究等多项课题, 提出了 3 区 6 种物质的土壤临界含量、土壤环境容量, 提出了污灌、污泥农用的环境基准和土壤中多种重金属的主要生物学指标及其临界含量等, 其结果对我国土壤环境标准、灌溉水质标准和污泥施用标准的制订有重要影响<sup>[4,7,8,9]</sup>; 承担和参与多项环境影响评价工作, 在油田开发和长输管道建设的环境影响以及晋陕蒙、京津塘、黄河三角洲等区域环境质量评价等领域<sup>[10]</sup>, 也取得大量成果。

### 2.3 对我国地方病病因和防治研究的贡献

1967 年, 应中共中央北方防治地方病领导小组和卫生部的要求, 地理研究所开始长达 40 多年的克山病、大骨节病等地方病的调查及其环境病因与防治的研究。先后与中科院相关研究所及卫生和疾病控制部门通力合作, 在克山病、大骨节病、地方性甲状腺肿、

地方性氟中毒、地方性砷中毒以及鼠疫等疾病的地理流行和防治等领域，承担了大量的国家和地方科研项目，共获得国家和省部级奖励近 30 项。主要成果包括：与有关部门合作，在陕西、黑龙江、吉林、四川、云南、甘肃、河北、内蒙古等省、区进行了一系列的克山病、大骨节病与地理环境关系的调查研究，并对大骨节病重病区陕西永寿县、克山病重病区云南楚雄进行了大规模多学科综合考察和研究<sup>[11,12]</sup>。发现克山病和大骨节病主要分布在我国从东北到西南、以温（暖）带森林和森林草原棕、褐土系和棕壤性紫色土系为中轴的地带内<sup>[13,14]</sup>，这一流行规律的发现为病区划定和分类，以及此后的环境病因探索提供了基础和依据；通过对病带和非病带大规模的采样分析，发现了我国存在一个自然环境低硒带，其分布与克山病、大骨节病分布相吻合<sup>[15,16]</sup>，为突破病因提供线索和主攻方向；系统地由内（人体头发、血液）外（土壤、饮水、粮食）环境论证了大骨节病、克山病与硒缺乏的关系<sup>[17]</sup>，以及硒从土壤到作物和从环境到人体的传输通量，提出我国土壤、粮食、人发中硒缺乏、适宜和过剩的阈浓度值<sup>[18,19]</sup>，为预测预报疾病发生的可能性提出了定量指标；开展地方病制图工作，系统阐述我国克山病、大骨节病、地方性甲状腺肿与克汀病、地方性氟中毒的时空变化和分布规律、流行特点、致病因素和防治效果，及其与地理环境和微观化学环境（硒、碘、氟）的关系<sup>[20]</sup>，为我国地方病病因研究和防治决策起到重要的指导作用；研制《中华人民共和国鼠疫与环境图集》<sup>[21]</sup>，不仅全面系统分析、揭示了我国 1754 年以来 200 多年鼠疫流行规律、疫源地成因与分类、鼠疫菌生态生化特征、宿主与媒介等的地域分异特征及其与环境的关系，而且发现了鼠疫疫源地与富钙（半干旱草原地区）、富铁（亚热带和热带地区）地球化学景观密切相关，为研究鼠疫疫源地的形成和鼠疫菌保存机理研究、鼠疫防治等提供了崭新思路；开展了中国环境—发展与健康综合指标体系研究和中国环境健康评价、区划与可持续发展研究，建立了能综合反映区域生命质量、环境质量和可持续发展的指标体系<sup>[22]</sup>，为我国卫生、环保和经济发展部门进行能相互协调的有关规划和决策提供了科学依据。

#### 2.4 对我国医学地理创立和发展的贡献

医学地理学主要研究人群疾病和健康状况的地理分布规律，研究疾病的发生、流行和健康状况与地理环境的关系以及医疗保健机构和设施地域配置的科学。西方学者通常把医学地理学分为两个分支，即生态医学地理（或地理病理学）和保健地理。前者主要关注疾病的地理流行及其空间分布；后者则重点关注人口健康的保护和医疗资源的配置问题<sup>[23,24]</sup>。在疾病地理研究领域，尽管不同国家、不同时期面临的疾病类型不同，研究的疾病对象有较大的差异，但其基本的研究方法和思路都基于疾病种类和疾病本身的特点，探讨其分布和流行的趋势和影响因素。我所则以人地关系为主线，从致病的环境因素分析着手，将疾病分为与环境生物因素有关的疾病（如鼠疫、血吸虫、疟疾等）、与环境化学因素（如硒、碘、氟、砷等）有关的疾病、与环境物理因素有关的疾病（如高原病）和病因复杂的疾病（如癌症、心脑血管疾病等），一方面强调不同类型地理环境因素对人类健康和生存的影响机理的差异，强调地理学综合理论和地图等手段的应用，另一方面，强调人类可以通过改良和修复其生存的环境，达到控制疾病和保护健康的目的，在此基础上发展起来的“环境生命元素平衡和调控”、“生命元素地理学”和“环境—健康—发展的平衡与调控”等理论<sup>[24~26]</sup>，不仅对指导我国地方病防控和健康保护起到指导作用，而且得到国际医学地理学界的一致好评，自上世纪 80 年代起，我所学者在国际地理联合会健康与环境委员会等组织长期担任职务，并于 2008 年当选国际地理联合会健康与环境委员会主

席。1990年中国地理学会成立的医学地理专业委员会，也一直挂靠在我所并由我所专家担任主席。

### 3 知识创新工程实施以来的主要成果

1999年，随着科学院知识创新工程的实施，研究室按照科学院和地理资源所的整体布局，及时调整学科布局和发展方向，在对传统优势继承的基础上，以国家需求和学科发展为导向，将环境地理与人类健康作为学科方向，发展环境地理和健康地理的理论体系，在人类活动对环境和健康影响、风险评价和风险的消减技术等领域，取得了明显成绩。据不完全统计，自2001年以来，地理资源所环境地理与人类健康领域研究人员共承担各类课题100多项，撰写和参与撰写专著14部，国内外发表SCI或EI论文100余篇，CSCD和其他论文近150篇，申请或获得发明专利20余项。

#### 3.1 学科发展

**3.1.1 从化学地理到环境地理** 化学地理是我国最早开展环境研究的学科之一，在解决我国面临的环境和生态问题的同时，也积极发展污染化学地理和生态化学地理等与环境科学相关的学科方向。但是，整体上，环境地理的发展却是最近10多年的事情。环境地理学的实质是地理学与环境科学的边缘学科，以人类与地理环境的关系为对象，研究人类活动对地理环境的结构、功能和演化的影响，重点研究污染物的环境行为和效应，以及对人类生存发展的反馈作用，并进行地理环境质量的评价、发展预测和调控对策等<sup>[23,27]</sup>。地理资源所自上世纪90年代中后期，在从事环境相关研究的过程中就开始倡导环境地理学的发展，创新工程实施后，一直把环境地理作为现代自然地理学的核心之一，强调在地理学综合研究基础上，研究人类活动对地理环境的影响及其效应和调控。

**3.1.2 从医学地理到健康地理** 近些年来，随全球特别是发达国家疾病的转型、人类活动影响的增强、生态环境的普遍恶化和全球环境变化等，人类健康问题已成为普遍关注的问题。健康不仅是没有疾病，更指人群的体质健康、心理健康和社会和谐，即环境与人体处于生态“平衡”状态，健康地理就是要研究这种“平衡”破坏的原因、趋势及其空间模式，研究维持这种“平衡”的最佳条件<sup>[28,29]</sup>。与传统医学地理的基于疾病种类和疾病本身的研究思路不同，健康地理重点研究人类的健康状况和生命现象或过程的地理分异及其与环境因素的关系。我国是发展中大国，当前面临双重的疾病负担，知识创新工程实施后，地理资源所在继续致力于传统地方病、传染病地理流行及其控制研究的同时，逐渐关注癌症、心脑血管病等非传染性疾病和慢性病与环境的关系；关注不同自然环境、不同社会经济对人群健康状况的影响；关注环境污染所致的环境健康风险；关注全球环境变化、城市化的健康风险及其应对；关注影响人口健康和寿命的不利和有利因素等<sup>[30-32]</sup>。

#### 3.2 目前地理资源所环境地理与人类健康研究领域的主要成果

**3.2.1 我国西部地方病持续活跃的地理生态系统机理及其控制** 针对当前我国主要地方病的危害在西部地区依然严重的问题，在科技部、基金委和中科院等有关部门的资助下，对青藏高原大骨节病、内蒙古饮水型砷中毒、陕南和贵州燃煤型砷中毒和氟中毒、西部少数民族地区饮茶型氟中毒等开展了系列研究，主要成果表现在：

(1) 青藏高原大骨节病的地理流行规律研究。研究发现青藏高原是目前中国大骨节病最严重的地区，病区主要分布在高原温带高山峡谷森林农业区和高原宽谷半农半牧区，大骨节病的持续活跃与持续农业开发有关；病区受地势和地貌格局的控制，高程越高、地

形起伏度和坡度越大、地形越破碎，大骨节病的病情也越严重；病区主要分布在暗棕壤、棕壤、灰褐土、褐土等山地淋溶、半淋溶土环境和亚高山草甸土、亚高山草原土和山地灌丛草原土等高山土壤环境中，土壤低硒是西藏大骨节病区低硒循环的物质基础；病区土壤、粮食、饮水和人发硒含量都明显偏低，病区人群处于低硒营养状态；青稞对土壤硒的利用效率较低及当地居民主食以青稞为主是大骨节病持续存在的根本原因，膳食结构的改变能明显改善区域人群硒的营养状况和达到防控大骨节病的目的<sup>[33~37]</sup>。

(2) 饮水型地方性砷中毒的地理流行规律及其防治研究。通过对西部典型砷中毒病区的系统研究后发现我国大陆饮水型砷中毒主要分布在干旱、半干旱地区，气候干燥，蒸发大于降水，内陆河或近似内陆河流域<sup>[37]</sup>；对内蒙古和新疆典型病区砷中毒患病率与饮水砷含量关系的研究发现，两者之间呈线性剂量一效应关系；发现内蒙古砷中毒病人发砷与其对应的饮水砷含量有显著的正相关关系，进而通过对内蒙古典型病区 300 多例砷中毒病人临床症状与其对应头发砷含量的分析发现，砷中毒临床发病顺序以单角化开始，然后出现脱色，最后出现色沉，并随病情加重，发砷逐渐升高，当发砷含量达到  $2.0\mu\text{g/g}$  时，即出现临床角化症状；在此基础上，首次利用硒酵母在内蒙古砷中毒病区进行了为期 14 个月的砷中毒防治试验，结果表明，硒不仅能有效缓解砷中毒病人的临床症状，而且能改变砷中毒病人的生化指标，并有效地降低体内砷的负荷水平<sup>[37~39]</sup>。

(3) 燃煤型氟、砷中毒的流行规律及其控制研究。研究发现，陕南石煤燃烧导致的地方性氟、砷中毒区人体和环境中的氟、砷含量与石煤分布和利用方式有关；燃煤型氟中毒病区氟主要经消化道摄入，占总摄氟量的  $70\% \sim 90\%$ ，煤氟含量与氟斑牙患病率间存在明显的剂量一效应关系，并确定煤氟含量的安全阈值的参考值为  $190\text{mg/kg}$ <sup>[40]</sup>；燃煤型砷中毒病区砷的主要摄入途径是呼吸道，室内外空气砷含量与砷中毒的关系表明空气砷含量限值应在  $50\text{ng/m}^3$  至  $100\text{ng/m}^3$  之间，煤砷最低阈值在  $35 \sim 100\text{mg/kg}$ <sup>[41]</sup>，砷中毒砷的最低累积暴露剂量在  $1700\text{mg}$  左右，砷中毒患者尿砷甲基化指数显著低于正常人；并通过对陕南石煤中氟、砷的赋存形态、燃烧释放规律等研究和天然特种岩石的岩性、矿物成分及其不同比例的调配，研制出高效固氟固砷剂，形成既可降低石煤燃烧的氟砷释放，又经济实用的系列技术<sup>[42,43]</sup>。

(4) 砖茶型氟中毒的地理流行规律及其防治研究。通过对内蒙古、青藏高原等少数民族砖茶饮用习惯和氟中毒的流行分析，发现西部少数民族牧区的砖茶型氟中毒临床特征与其他类型氟中毒有明显特异性，表现为骨骼 X 线征以退行性变和疏松改变率高为主要特征；长期饮用砖茶体内不仅氟明显高于对照区，铝的水平也明显高于对照区，饮茶型氟中毒病人骨骼 X 线退行性变和疏松改变率与体内发铝，血清铝水平明显正相关，而铝摄入的主要来源也是砖茶<sup>[44~46]</sup>；同时发现不同品种砖茶氟、铝等元素含量有明显差异，长期饮用康砖、青砖的藏族和蒙古族健康风险最高，而饮用浙江产砖茶和云南产沱茶、普洱茶等相对安全；基于民族地区的饮茶习惯，研制出高效砖茶除氟袋，砖茶水除氟率可达  $60\% \sim 90\%$ 。

**3.2.2 人类活动影响下典型区域重金属污染的健康风险及其消减** 针对我国目前铅、汞、镉、砷等重金属污染严重、事件频发等问题，选择典型区域和典型行业，重点开展了重金属在农业生态系统的迁移循环、健康风险评价和控制措施研究，主要成果表现在：

(1) 矿区重金属污染的成因机理及其健康风险研究。以黔东—湘西铅锌矿和汞矿为核心，开展矿区土壤中重金属污染及其健康风险研究，发现矿区重金属的来源和分布受自

然作用和人为驱动力的综合控制,除土壤性质、原生地质条件、气候因子外,采矿活动对矿区土壤尤其是耕作土壤中重金属的分布格局产生了重要影响;发现 Pb 在水稻植株中的迁移性较弱,从土壤中摄取的 Pb 大部分滞留于根部,而较少向植株地上部分转移,与土壤摄入相比,通过叶面从大气中摄取的 Pb 可能是稻米中 Pb 的更重要来源;发现矿区的粮食、蔬菜、饮用水和人体头发、血液中重金属 Hg、Pb、Cd、As 等含量明显高于对照区,矿区农村居民存在多途径、多污染元素的联合暴露风险,并从致癌风险和非致癌风险两方面来考虑矿区多介质重金属污染的健康风险,发现通过饮食和饮水两条途径给凤凰铅锌矿区居民带来的健康风险以 As、Cd、Pb 最为严重<sup>[47~49]</sup>。

(2) 矿区重金属污染的风险消减技术研究。针对湖南有色金属矿区周边农田密布和水稻易吸收有害重金属元素等特征,以砷矿区土壤为供试土壤,通过温室水稻全生育期栽培试验,筛选了低重金属吸收水稻品种;以典型铅锌矿冶区污染农田土壤作为供试土壤,通过盆栽实验,发现赤泥、磷灰石及硒三种添加剂均明显降低了大豆地上部分 Cr、Cu、Pb 三种重金属的含量,为矿区污染农田修复及农作物食品安全提供了科学依据;同时利用耐毒植物,在湖南石门雄黄矿尾砂库的植物修复上取得了成功<sup>[50~52]</sup>。

(3) 不同农业活动重金属污染及其健康风险研究。以山东禹城为例,研究不同农业活动对土壤环境质量的影响及其健康风险,发现禹城农田生态系统中 Cr、Ni、Hg、Pb 主要来自于土壤母质,而 Cu、As、Cd 主要来自于各种不同类型的农业活动;发现污水灌溉、畜禽养殖和蔬菜生产是导致土壤和粮食中 Cu、As、Cd 的含量水平及健康风险较高的主要原因;发现 As 是禹城市农田生态系统的主要污染物,健康风险评估表明,不同暴露途径下 As 的致癌和非致癌风险最大,主要暴露途径为经消化道摄入的玉米和小麦<sup>[53]</sup>。

**3.2.3 全球环境变化、城市化与人类健康** 20 世纪 90 年代以来,随着国际社会对全球环境变化的关注,全球环境变化对人类健康影响已经成为各国研究的焦点。我所开展了气候变化对敏感疾病的影响和气候变化健康影响的证据研究。主要包括:

(1) 建立了气候变化关键指标与气候敏感疾病患病率间的剂量-反应关系。确定了气温、相对湿度、气压对呼吸道疾病,心脑血管疾病和细菌性痢疾发病风险的阈值指标;构建气温、相对湿度、气压与呼吸道疾病,心脑血管疾病和细菌性痢疾的发病风险函数和风险概率评估模型,并采用该模型与 GIS 技术对我国呼吸道疾病,心脑血管疾病和细菌性痢疾的区域发病风险进行评估,明确了不同气候要素对具体健康效应风险区域的分布;采用 GIS 技术和 UVSPEC 工具估算了理想状况下我国人群对不同紫外辐射波段日暴露剂量和日最大暴露剂量的分布<sup>[54]</sup>。

(2) 开展了明清时期历史气候变化对历史疫病影响的证据研究。我所在对历史疫病文献收集和疫病种类考证基础上,建立了疫病爆发和流行的指标体系,并对明清时期疫病的时空分布进行了定性和定量分析,发现明清时期疫灾发生的频率和影响范围呈现出一个明显的上升趋势,在 1580~1589 年、1639~1648 年、1813~1822 年、1857~1866 年四个时期分别出现四个高峰;发现除昆明以外,历史疫病的暴发和扩散与气候灾害密切相关,干旱和洪涝都能引起疾病的发生和流行;在东部和南部区域,往往旱涝指数高的当年或者后一年疫灾发生的频率比较高<sup>[55]</sup>。

(3) 以鼠疫为例,系统研究了过去 150 年鼠疫流行与气候和环境变化的关系。运用 GIS 和多元数理统计及地统计学方法,深入分析了 150 年来我国鼠疫自然疫源地的空间分布特点及人间鼠疫的时空迁移规律,定量研究了鼠疫流行的地域集聚性和空间相关性;从

人间和动物间鼠疫流行的年际变化、历史人间鼠疫流行季节变化的区域差异等分析了鼠疫流行与气候变化的关系，发现北方地区降水丰富及气候温暖有利于鼠疫的流行与传播，而南方疫源地地区冬季的气温与鼠疫的流行强度有一定的正相关关系；结合土壤、植被、地貌和化学地理景观等环境因素，建立了各鼠疫源地的适宜生境，并对 3 种 GCMs  $\text{CO}_2$  倍增情景下疫源地的空间变化进行了预测，认为在 2 倍  $\text{CO}_2$  情景下，我国的鼠疫疫源地将呈现东扩西迁、南进北退的特点，疫源县面积将增加 40%<sup>[56-58]</sup>。

(4) 基于城市化过程中人口健康影响因素的变化，开展城市化过程对人口健康的影响研究。在城市空气质量方面，分别以福州和北京为例，构建了基于 GIS 的城市大气污染浓度扩散模拟及其集成算法，建立了基于 GIS 的  $\text{PM}_{10}$  等污染物浓度场模拟经验模型；建立了基于微环境的城市大气污染人口暴露评估模型，并提出了基于剂量的城市大气污染健康风险评估体系，建立了主要污染物与居民每日死亡关系的暴露-反应关系，并结合环境流行病学调查和修正的人力资本法估算并量化了城市居民大气污染引起的健康危害<sup>[59,60]</sup>。在城市饮水安全方面，综合研究了我国典型城市饮用水相关水质指标、饮用水中三卤甲烷 (THMs) 和卤乙酸 (HAAs) 等消毒副产物 (DBPs) 的种类和含量，阐明饮用水 DBPs 的时空分布规律，揭示影响饮用水 DBPs 形成能力的关键因子，并评价饮用水 DBPs 的健康风险<sup>[61]</sup>；探讨了华北地区地下水硝酸盐时空分布与农业土地利用方式、化肥施用强度和城市化过程的关系，评估了地下水中硝酸盐含量对婴儿健康造成的风险<sup>[62]</sup>；建立了北京市饮水安全信息系统，综合分析水质与城市环境结构的关系。

**3.2.4 中国陆地生态系统碳氮生物地球化学循环研究** 针对农田、草地、森林生态系统碳、氮元素生物地球化学循环过程的定量描述、区域分异及其对全球变化的响应、不同生态系统温室气体的生物源排放强度、过程、机制以及人类活动的影响等科学问题开展了长周期的野外连续定位实验研究。研究内容无论是从涉及生态系统的广泛性 (农田、森林、草地) 和大气温室气体类型的多样性 ( $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ ) 以及研究方法 (国内首次使用暗箱法) 等方面在同领域都具有明显的优势与特色。主要成果表现在：

(1) 证实了森林土壤是大气  $\text{CO}$  活性气体与温室气体  $\text{CH}_4$  的重要吸收汇以及大气中  $\text{N}_2\text{O}$  的重要释放源；弥补了我国森林痕量温室气体研究数据的缺乏；国内较早发现并提出了冻融过程对陆地表层温室气体排放的明显影响，推动了学术界对陆地表层气体生物地球化学循环机理的认识<sup>[63]</sup>。

(2) 利用静态暗箱法对区域尺度三种主要温室气体 ( $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ ) 开展了连续 8 年时间的野外试验观测，定量探讨了自然环境要素以及人类活动的影响效应，相关研究为正确评估我国温带草地对大气的碳、氮排放贡献奠定了重要的数据基础<sup>[64]</sup>。

(3) 通过 4 个年度长周期连续实验观测，获得了我国典型农作区不同肥料施用转化为  $\text{N}_2\text{O}$  的贡献系数。通过试验结果证明了 IPCC 推荐的排放系数缺省值 (1.25%) 对于我国农田  $\text{N}_2\text{O}$  排放的估算偏大，推动了国际学术界对于中国农田  $\text{N}_2\text{O}$  排放贡献的正确认识<sup>[65]</sup>。

(4) 开展了对草地整个碳循环过程的系统研究。全面测定了草地生态系统不同碳库的生物地球化学特征，实现了对草地碳循环过程时间与空间特征的定量描述；对我国荒漠草原区碳循环特征进行了开拓性的探索，弥补了我国荒漠草原区碳通量与碳收支数据的缺乏<sup>[66]</sup>。

**3.2.5 稀土元素环境生物地球化学研究** 针对稀土作为微肥在农业中长期广泛地应用所

带来的环境健康风险,利用 17 种稀土元素独特和相似的环境地球化学性质,开展了稀土元素在土壤—作物、小麦根—茎—叶系统中的迁移转化机理研究、利用稀土多素示踪氮磷在河湖流域的迁移过程与源解析等方面开展了连续性研究。主要成果包括<sup>[67~70]</sup>:

(1) 稀土元素在土壤—作物体系中迁移、循环研究。利用 ICP—MS 分析技术系统测定了国内外不同品种的 60 个小麦籽粒样品中 15 种痕量稀土元素的背景含量,并开展了大田实验、室内温室模拟实验条件下,稀土元素在农田—作物系统中的循环、通量和残留的系统研究。稀土元素在土壤—小麦体系中的迁移和分异特征研究发现,小麦地上部出现 Eu 正异常,成熟期籽粒有富集重 RE 的特征,初步确定 RE 元素 Eu 在向地上部迁移过程中发生分异强弱的顺序为:茎 $\geq$ 籽粒 $>$ 叶。

(2) 稀土元素迁移和分异的化学与生物学机制。研究发现,稀土元素在小麦地上部分异的微观机制表现为小麦木质部伤流液中的 RE 绝大部分以有机络合态的形式存在,有显著 HREE 富集分布特征,小麦叶和茎中轻、重 RE 分异是由有机配体络合作用与细胞壁吸附及磷沉淀等固定作用共同造成的;小麦根中分异的微观机制表现为 RE 在小麦根中的分异由细胞壁吸附及磷沉淀主导的固定机制造成;前者在酸性较强时 (pH=4 左右) 表现显著,随 pH 值的升高作用减弱,此后磷沉淀的影响越来越大;有机环境对稀土元素在小麦中积累和分异的影响表现为根系溶液中添加有机配体 DTPA、EDTA、柠檬酸,土壤腐殖酸和富里酸对稀土在小麦植株中的积累均以降低作用为主,同时根中 MREE 富集、叶中 HREE 富集特征减弱至消失;无机环境对稀土元素在小麦中积累和分异的影响表现为无机离子存在时降低植株中稀土的积累,分异特征变化不明显。

(3) 初步试验证实利用稀土多素能够示踪解析农业面源磷来源。利用镧族及与镧族性质相似的钇、铈等 17 种元素组成的稀土元素之间化学性质相似,且存在细微差异,开展了农业面源污染磷素示踪研究。借助 ICP—MS 分析技术和形态提取技术,系统探讨了添加外源稀土化合物的畜禽肥料被施入土壤后,不同形态磷及稀土元素随地表径流(水相和沉积物相)的迁移特征以及纵向淋溶特征,分析了各相中各形态磷迁移量与稀土迁移量之间的相关关系,识别主导磷和稀土迁移的控制因素,初步建立了利用稀土多素示踪识别农业面源磷来源的新方法。

**3.2.6 水陆界面营养盐和污染物循环模拟研究** 针对人类活动日益加剧所导致的区域营养盐生物地球化学循环严重失衡及一系列相应的生态环境问题,从流域、区域和农田等多个尺度定量表征了营养盐和污染物的生物地球化学循环,主要成果表现在:

(1) 流域营养盐生物地球化学循环模拟。以长江流域为基础,研究了氮、磷、碳、硅等营养盐输出的形态组成、时空变化和通量过程及人类活动的影响机制,并进行了量化表达,建立了河流输送的通量模型。以氮为例,研究表明,从 1970~2003 年长江流域非点源氮输入量显著增加,并大大超过作物吸收的输出量,过剩的氮量是长江流域地表水体氮污染的主要来源;发现长江向河口输出的溶解态无机氮通量呈显著增加的趋势,流域氮输入量的增加是导致长江输出 DIN 通量增加的重要原因;定量地阐明了流域内不同来源氮输入对长江输出 DIN 通量的贡献率,其中,氮肥施用和畜禽粪便氮输入二者合计占总贡献率的一半以上,大气氮沉降的贡献率大约占 15%~24%;基于千年生态系统评估计划的情景预测,估算 2050 年长江向河口输出 DIN 通量将超过 2000 年的水平 2 倍多,表明长江流域氮污染问题将是一个长期而艰巨的严重问题<sup>[71,72]</sup>。

(2) 农业面源污染物流失的速率、通量及水质响应<sup>[72,73]</sup>。分别对南方太湖上游西苕



溪流域和北方官厅水库上游妫水河流域，开展了不同尺度农业面源污染物的流失特征和负荷估算的研究，尝试了尺度转换并探索了平原河网地区面源污染负荷估算的研究方法。在小尺度研究方面，利用室内大型降雨径流模拟装置，基于系列实验揭示了表层土壤中不同形态氮、磷随地表径流横向和随壤中流垂向淋溶的迁移特征及影响因素；在中尺度研究方面，通过自行研制的便携式小型野外人工降雨模拟器，在大田尺度上研究了不同土地利用条件下土壤、径流、径流沉积物中氮、磷的含量、形态和流失速率；在大尺度研究方面，基于野外模拟试验获得的各种参数，对传统的输出系数模型进行改进，并借助 GIS 技术，结合数学模型，分别估算了南方西苕溪流域和北方妫水河流域的面源污染物年负荷量，并利用野外观测数据对估算结果进行了验证。

**3.2.7 环境污染风险评价、治理技术及环境健康保障技术研究** 针对我国近些年环境健康已经呈现的问题，环境地理与人类健康研究十分重视环境污染的治理和健康保护技术的研发工作。在科技部、科学院和北京等地方政府支持下，开展了工业场地污染风险评价和治理技术，并建立了示范工程；开发了多项人体健康防护技术，取得专利 20 多项。主要包括：

(1) 工业污染场地污染风险评价和治理技术。结合环境科学、地学、土壤学、流行病学调查学等方法，对北京、湖南和甘肃等典型区域进行大尺度土壤污染调查和风险评价，发现并揭示了我国工业活动导致大面积土壤重金属污染的特征和规律；研发能有效解决城市工业污染场地的成套修复技术，包括化学氧化修复技术和土壤气相抽提修复技术，并开发原创性修复系统与设备 2 套。研制出高效降解土壤多环芳烃、苯系物和石油烃等有机污染物的修复制剂并自主开发配套设备；研发出高效降解特定有机污染物的固体与液体菌剂，并开发原位通风修复系统，应用原位化学氧化修复技术 (ISCO)，生物通风技术 (SVE)、化学淋洗技术、微生物修复技术和植物修复技术，在北京市焦化厂厂址建立了以多环芳烃、苯系物和重金属为目标污染物的修复示范工程研究，修复面积达 1 万  $\text{m}^2$ 。

(2) 人体健康保护技术。针对环境污染物对人体健康的影响，开发了多项以保护人体健康为目的的药品和保健品，如防治神中毒的有机硒制剂、防治饮茶型氟中毒的高效除氟袋、防治铅中毒的驱铅片以及预防肥胖和尿毒症的药物等。

此外，在环境规划、生态建设等领域，也承担了大量的国家和地方项目，取得了明显的成效。

## 4 环境地理与人类健康研究展望

回顾地理资源所环境地理与人类健康研究的历程，可以看出，环境地理与人类健康研究在紧密围绕国家在环境保护和人口健康领域的重大需求同时，十分注重学科建设。知识创新工程实施前，在解决国家面对环境保护和地方病防治需求的同时，创立和发展了化学地理和医学地理；知识创新工程实施后，面对国家在环境保护、人口健康保障和可持续发展等领域面临的一系列问题，在温室气体与全球变化、环境健康风险评价、环境污染治理和健康保护技术等多个领域进行了拓展，并带动了环境地理和健康地理的发展。同时，环境地理与人类健康领域的研究还特别注重学术交流、学术刊物建设和人才培养工作。除经常参加国内外有关领域的学术会议、领域内研究生培养和参与多个杂志的编委外，几乎每年都要举办一次国际学术会议和国内学术会议，每年都在中科院研究生院开设 2~3 门专业基础课和讨论课，《国外医学医学地理分册》作为中国地理学会医学地理专业委员会会

刊,每季度定期由西安交通大学出版。尽管如此,从整体上看,地理资源所环境地理与人类健康研究领域面临的挑战依然十分严峻。我国国内环境健康研究领域起步较早,但自上世纪90年代末以来,随着我国环境健康问题的日益突出,专业环境健康科研队伍逐渐壮大,国内相关研究领域的竞争日益激烈;另一方面,在地理资源所内部,环境地理与人类健康研究领域存在与研究所主流相脱节,研究布局分散,实验条件和领军人才队伍建设的差距加大的趋势。为此,我们建议将地理环境与人类健康作为地理资源所未来的主要方向之一。未来的环境地理与人类健康研究将以地理环境的化学属性为重点,以人口健康保护为核心,探讨环境保护、社会经济发展和人类健康安全在整体上协调和谐发展的机制与途径。主要研究方向包括:

(1) 地理环境的结构、功能,尤其是地理环境化学结构和功能的演化,及其对人类生存和健康的影响机理及地理环境的健康评价。包括大气化学成份改变导致的全球和区域环境变化的健康风险,如气候变化对疾病传播和扩散的影响,气候变化对空气污染和健康的影响,自然灾害对生命和健康的综合影响及其应对,土地质量变化与食物安全和营养等。

(2) 人类社会经济活动,如迅速城市化、工业化、全球化等对环境、健康和可持续发展的深远影响和结果。包括环境污染及环境事故、生态破坏的健康风险,如营养盐、重金属、有机物在环境中迁移转化机制、生物有效性及其对环境 and 人体健康影响的风险及评估;贸易和全球化的健康风险,如食品安全、污染物和传染病的跨界传播等。

(3) 人类自身的发展,如人口迅速增长、老化、迁移、行为和生活水平的提高等对环境、健康与社会经济发展的挑战和适应等问题。包括:环境和健康公平,如城乡、区域间发展的不平衡性对社会保障、环境保护和人口健康的影响等;健康的脆弱性和脆弱人群,如老龄人口、儿童、流动人口等的健康和保健问题等;经济区域发展与健康及医疗保健资源配置和可达性研究等。

(4) 环境健康的应对技术研究,包括环境和健康安全的综合防治和修复技术;环境健康信息技术,如有关环境和健康的监测、规划、模拟和预警等。

总之,地理资源所环境地理与人类健康研究方向经过了40多年的发展,一方面在传统化学地理和医学地理等领域有深厚的研究基础,另一方面,随知识创新工程的实施,在环境地理和健康地理研究领域也取得了重要拓展。未来环境地理与人类健康研究将坚持以地理学思想为导向,重视与地理资源所人文地理、生态地理和地理信息科学的交叉与融合,进一步完善环境地理和健康地理的理论和应用体系,争取为我国人口健康和环境保护做出更大的贡献。

#### 参考文献:

- [1] 黄秉维. 自然地理学一些最主要的趋势. 地理学报, 1960, 26(3): 149~154.
- [2] 格里高利也夫. 化学地理的基本理论与方法. 论化学地理学. 见: 中国地理学会自然地理专业委员会编. 北京: 1963. 1~6.
- [3] 章申. 化学地理研究的回顾. 近期进展和展望. 地理学报, 1994, 49(S): 577~588.
- [4] 黄铁青, 庄续亮, 牛栋, 等. 中国科学院环境科技发展回顾(I). 环境科学学报, 2006, 26(4): 529~543.
- [5] 张立诚, 余中盛, 章申, 等. 长江水系水环境背景值研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [6] 章申, 唐以剑, 等. 白洋淀区域水污染控制研究. 北京: 科学出版社, 1995.
- [7] 夏增禄. 土壤环境容量及其应用. 北京: 气象出版社, 1988.

- [8] 王景华. 华北平原化学元素的表生迁移. 北京: 科学出版社, 1990.
- [9] 李森照, 等. 中国污水灌溉与环境质量控制. 北京: 气象出版社, 1995.
- [10] 穆从如. 油(气)田开发对环境影响的特点和评价. 见: 国家环境保护局自然保护司. 自然资源的合理利用与保护. 中国环境科学出版社, 1993. 59~64.
- [11] 中共中央地方病防治领导小组办公室. 永寿大骨节病科学考察文集. 北京: 人民卫生出版社, 1984.
- [12] 卫生部地方病防治局. 楚雄克山病综合性科学考察文集. 北京: 人民卫生出版社, 1988.
- [13] 中国科学院地理研究所环境与地方病组. 我国克山病的地理流行规律. 地理学报, 1979, 34(2): 85~103.
- [14] 中国科学院地理研究所环境与地方病组. 我国大骨节病的地理流行病学特点和环境病因研究. 地理科学, 1985, 5(1): 1~8.
- [15] 中国科学院地理研究所环境与地方病组. 我国克山病的分布和以粮食硒为表征的地理环境的关系. 地理学报, 1981, 36(4): 369~376.
- [16] 侯少范, 朱振源. 我国低硒地带人群全血硒含量及其与大骨节病关系的研究. 地理研究, 1984, 3(2): 14~22.
- [17] 中国科学院地理研究所环境与地方病组. 我国低硒带及其与克山病、大骨节病病因关系的研究. 环境科学, 1986, 7(5): 89~93.
- [18] Jian'an Tan, Wenyu Zhu, Wuyi Wang, *et al.* Selenium in soil and endemic diseases in China. The Science of the Total Environment, 2002, 28(4): 227~235.
- [19] 李日邦, 谭见安, 王五一, 等. 提高食物链硒通量防治大骨节病和克山病示范研究. 地理学报, 1999, 54(2): 158~164.
- [20] 谭见安. 中华人民共和国地方病与环境图集. 北京: 科学出版社, 1989. 83~118.
- [21] 刘云鹏, 谭见安, 沈尔礼. 中华人民共和国鼠疫与环境图集. 北京: 科学出版社, 2000.
- [22] 李日邦, 谭见安, 王五一, 等. 中国环境—健康区域综合评价. 环境科学学报, 2000, 20(S): 157~163.
- [23] 谭见安. 地理辞典. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [24] 谭见安. 健康、环境、发展——当代医学地理的主题. 地理学报, 1994, 49(S): 710~718.
- [25] 谭见安, 等. 环境生命元素与克山病——生态化学地理研究. 北京: 中国医学科技出版社, 1996.
- [26] 谭见安, 李日邦, 朱文郁, 等. 我国医学地理研究的主要进展和展望. 地理学报, 1990, 45(2): 187~201.
- [27] 朱颜明, 何岩, 等. 环境地理学导论. 北京: 科学出版社, 2002.
- [28] Confalonieri A, McMichael A. Global environmental change and human health. ESSP Report No. 4. IHDP, 2006. <http://www.ihdp.org/>.
- [29] 谭见安, 王五一, 雒昆利, 等. 地球环境与健康. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [30] 王五一, 李日邦, 谭见安. 我国 21 世纪环境、健康与发展研究的重点领域和主要方向. 地理科学进展, 1997, 16(1): 11~14.
- [31] 王五一, 杨林生, Thomas Krafft, 等. 环境变化与人类健康. 北京: 气象出版社, 2009.
- [32] 杨林生, 王五一, 李永华, 等. 医学地理和环境健康研究的主要领域与进展. 地理科学进展, 2010, 29(1): 031~044.
- [33] 杨林生, 吕瑶, 李海蓉, 等. 西藏山地淋溶土系列与大骨节病分布的关系. 山地学报, 2005, 23(4): 385~390.
- [34] 杨林生, 吕瑶, 李海蓉, 等. 西藏大骨节病区的地理环境特征. 地理科学, 2006, 26(4): 466~471.
- [35] Li Shunjiang, Yang Linsheng, Wang Wuyi, *et al.* Relationship between selenium concentration in child hair and the distribution of Kashin—Beck Disease in Tibet, China. Front. Med. China, 2007, 1(2): 223~225.
- [36] 张宝军, 杨林生, 王五一, 等. 壤塘县大骨节病区环境中硒的分布特征. 地理科学进展, 2009, 28(6): 886~891.
- [37] Yang L S, Peterson P J, Williams W P, *et al.* The relationship between exposure to arsenic concentrations in drinking water and the development of skin lesions in farmers from Inner Mongolia, China. Environmental Geochemistry and Health, 2002, 24(4): 293~303.
- [38] Yang L S, Wang W Y, Hou S F, *et al.* Effects of selenium supplementation on arsenism: An intervention trial in Inner Mongolia. Environmental Geochemistry and Health, 2002, 24(4): 359~374.
- [39] Yang L S, Wang W Y, Hou S F, *et al.* Arsenism clinical stages and their relation with hair arsenic concentration of residents of Bayinmaodao rural district, Inner Mongolia, China. Environmental Geochemistry and Health, 2002, 24(4): 337~348.
- [40] Li Yonghua, Wang Wuyi, Yang Linsheng, *et al.* Environmental epidemic characteristics of coal-burning endemic fluorosis and the safety threshold of coal fluoride in China. Fluoride, 2003, 36(3): 106~112.
- [41] 虞江萍, 杨林生, 王五一, 等. 高砷煤燃烧影响下的室内外空气砷含量特征. 环境科学研究, 2009, 22(8): 913~917.

- [42] 冯福建,虞江萍,王五一,等. 包裹石煤固氟燃料固氟效果的中试. 环境科学, 2005, 26(2):60~63.
- [43] 虞江萍,王五一,冯福建,等. 包裹法对民用高氟石煤氟硫污染的防治作用. 中国环境科学, 2004, 24(6):662~664.
- [44] 刘庆斌,王五一,刘学慧,等. 内蒙古陈巴尔虎旗饮茶型氟铝联合中毒调查. 中国地方病学杂志, 2005, 24(1):50~52.
- [45] Li Hairong, Liu Qingbin, Wang Wuyi, *et al.* Fluoride in drinking water, brick tea infusion and human urine in two counties in Inner Mongolia, China. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 167: 892~895.
- [46] 李海蓉,刘庆斌,王五一,等. 砖茶对牧民铝总摄入量影响. 中国公共卫生, 2007, 23(4):429~430.
- [47] Yonghua Li, Linsheng Yang, Yanfang Ji, *et al.* Quantification and fractionation of mercury in soils from the Chatian mercury mining deposit, southwestern China. *Environmental Geochemistry and Health*, 2009, 31:617~628.
- [48] 姬艳芳,李永华,杨林生,等. 湘西凤凰铅锌矿区典型土壤剖面中重金属分布特征及环境意义. 环境科学学报, 2009, 29(5): 1094~1102.
- [49] 孙宏飞,李永华,姬艳芳,等. 湘西汞矿区土壤中重金属的空间分布特征及其生态环境意义. 环境科学, 2009, 30(4):1159~1165.
- [50] Wei C Y, Wang C, Yang L S. Characterizing spatial distribution and sources of heavy metals in the soils from mining-smelting activities in Shuikoushan, Hunan Province, China. *Journal of Environmental Science*, 2009, 21(9): 1230~1236.
- [51] 王玲梅,韦朝阳,杨林生. 矿冶周边水稻对重金属污染来源的指示作用. 生态毒理学报, 2009, 4(3):373~381.
- [52] 王玲梅,韦朝阳,杨林生,等. 两个品种水稻对镉的吸收富集与转化特征及其健康风险. 环境科学学报, 2010, 30(4):832~840.
- [53] Jia L, Wang W Y, Li Y H, *et al.* Heavy Metals in Soil and Crops of an Intensively Farmed Area: A Case Study in Yucheng City, Shandong Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2010, 7(2):395~412.
- [54] 廖永丰,王五一,张莉,等. 到达中国陆面的生物有效紫外线辐射强度分布. 地理研究, 2007, 26(4):821~827.
- [55] 程杨,李海蓉,杨林生. 中国明清时期疫病时空分布规律的定量研究. 地理研究, 2009, 28(4):1059~1068.
- [56] 杨林生,陈如桂,王五一,等. 1840年以来我国鼠疫的时空分布规律. 地理研究, 2000, 19(3):243~248.
- [57] Li Hairong, Wang Wuyi, Yang Linsheng. Effect of climate change on plague prevalence of China. *Progress in Climate Change Sciences*, 2004:53~54.
- [58] 李海蓉,王五一,杨林生. 气候变化与鼠疫流行的耦合分析. 中国人兽共患病杂志, 2005, 21(10):887~891.
- [59] 廖永丰,张莉,王五一,等. 城市空气质量 GIS 数据模型及分析系统的集成与应用. 地球信息科学, 2007, 9(1):123~128.
- [60] Qi Jun, Yang Linsheng, Wang Wuyi. Environmental degradation and health risks in Beijing, China. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 2007, 62(1):33~37.
- [61] Ye Bixiong, Wang Wuyi, Yang Linsheng, *et al.* Factors influencing disinfection by-products formation in drinking water of six cities in China. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 171(1-3):147~152.
- [62] 张洪,王五一,李海蓉. 地下水硝酸盐污染的研究进展. 水资源保护, 2008, 24(6):7~11.
- [63] 董云社,彭公炳. 温带森林土壤消耗大气 CO<sub>2</sub> 总量及影响因素研究. 气候与环境研究, 1997, 2(1):71~76.
- [64] Qi Yuchun, Dong Yunshe, *et al.* Daily variation characteristics of CO<sub>2</sub> emission fluxes and contributions of environmental factors in semiarid grassland of Inner Mongolia China. *Science in China(Series D)*, 2005, 48(7):1052~1064.
- [65] Liu Xingren, Dong Yunshe, Qi Yuchun, *et al.* N<sub>2</sub>O fluxes from the native and grazed semi-arid steppes and their driving factors in Inner Mongolia, China. *Nutrition Cycle in Agroecosystems*, 2009, 86(2):231~240.
- [66] Jin Zhao, Qi Yuchun, Dong Yunshe, *et al.* Seasonal patterns of soil respiration in three types of communities along grass-desert shrub transition in Inner Mongolia, China. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2009, 26(3):503~512.
- [67] Liang T, *et al.* Environmental biogeochemical behaviors of rare earth Elements in soil-plant system. *Environmental Geochemistry and Health*, 2005, 27(4):301~311.
- [68] Liang T, *et al.* Mechanisms of fractionations of rare earth elements (REEs) in plants I. Fractionation patterns and their mechanisms of REEs in different organs of wheat. *Journal of Rare Earths*, 2005, 23(2): 224~229.

- [69] Ding S M, Liang T, *et al.* Accumulation and fractionation of rare earth elements (REEs) in wheat: Controlled by phosphate precipitation, cell wall absorption and solution complexation. *Journal of Experimental Botany*, 2005, 56 (420): 2765~2775.
- [70] Ding S M, Liang T, *et al.* Role of ligands in accumulation and fractionation of rare earth elements in plants: examples of phosphate and citrate. *Biological trace elements Research*, 2005, 107(1): 73~86.
- [71] Yan Weijin, Mayorga Emilio, Li Xinyan. Increasing anthropogenic nitrogen inputs and riverine DIN exports from the Changjiang River basin under changing human pressures. *Global Biogeochemical Cycles*, 2010, doi: 10.1029/2009GB003575.
- [72] Weijin Yan, Shen Zhang. The composition and bioavailability of phosphorus transport through the Changjiang River during the 1998 flood. *Biogeochemistry*, 2003, 65: 179~194.
- [73] Liang T, *et al.* Agriculture land-use effects on nutrient losses in West Tiaoxi Watershed, China. *Journal of American Water Resource Association*, 2004, 40(6): 1499~1510.

## Overview on the research works in the field of environmental geography and human health

YANG Lin-sheng, WANG Wu-yi, TAN Jian-an, LIANG Tao, DONG Yun-she  
(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In the 1960s, the Institute of Geography called for chemical process research in physical geography and set up the first department on chemical geography in China. The department has participated in all earlier national programmes on environment, which has promoted the development of environmental sciences and technologies in China. The department also has led other institutes in the Chinese Academy of Sciences to conduct the studies on the geographic pathogeny and controlling of Keshan disease, Kaschin-Beck disease and other endemics, which has enhanced the initiation and development of medical geography in China. In 2000, the institute redistributed the department from chemical geography to environmental geography, as well as from medical geography to health geography. The expanding research works include the ecological and health risk assessment of pollutants such as heavy metals, the health risks of global environmental change, the biogeochemical cycles of carbon, nitrogen and their relationships with greenhouse gas emissions. Sets of technologies on site pollution treatment and health protection have been developed. Further research into environmental geography and human health will focus on the chemical property of geographic environment, so as to probe into the interactions among environment, human health and socio-economic development, for human safety and sustainable development.

**Key words:** chemical geography; environmental geography; medical geography; health geography