



国家自然科学奖推荐书

(2017 年度)

一、项目基本情况

学科评审组：

序号：

编号： 000-2092

| | | | | |
|--|-----|---|-----------------|---------|
| 推荐单位（盖章） 或推荐专家 | | 张玉奎,柴之芳,杨秀荣 | | |
| 项目 名称 | 中文名 | 复杂环境污染物的质谱分析及典型地区污染特征研究 | | |
| | 英文名 | Mass spectrometry analysis of complex environmental pollutants and their pollution characteristics in typical regions | | |
| 主要完成人 | | 蔡宗苇(香港浸会大学), 黄铭洪(香港浸会大学), 王亚韡(中国科学院生态环境研究中心), 张庆华(中国科学院生态环境研究中心), 江桂斌(中国科学院生态环境研究中心) | | |
| 学科分类 名 称 | 1 | 环境化学 | 代码 | 6101015 |
| | 2 | 质谱分析 | 代码 | 1502530 |
| | 3 | 化学分析 | 代码 | 1502510 |
| 任务来源 | | 国家自然科学基金, 其它基金 | | |
| 具体计划、基金的名称和编号： 国家自然科学基金-面上项目 NSFC21175025 国家自然科学基金-杰出青年基金(海外和港澳地区) NSFC20329701 Hong Kong Research Grant Council (RGC), Collaborative Research Fund (CRF), HKBU1/00C & HKBU5/CRF/10 Hong Kong Environmental Conservation Fund, ECF/10-11/06-CHEM RGC-General Research fund (GRF), HKBU200209, HKBU200310 & 12300114 | | | | |
| 已呈交的科技报告编号： | | | | |
| 项目起止时间 | | 起始： 2003年1月1日 | 完成： 2013年12月31日 | |

国家科学技术奖励工作办公室制



二、专家推荐意见

| | | | |
|---|--------------------|------|------------|
| 姓 名 | 张玉奎 | 身份证号 | ██████████ |
| 院 士 | 中国科学院院士 | 学 部 | 化学部 |
| 最高奖 | 否 | 年 度 | 2017 |
| 工作单位 | 中国科学院大连化学物理研究所 | | |
| 职 称 | 研究员 | 学科专业 | 分析化学 |
| 通讯地址 | 大连市中山路457号 | 邮政编码 | 116023 |
| 电子邮箱 | ykzhang@dicp.ac.cn | 联系电话 | ██████████ |
| 责任推荐专家 | 是 | | |
| <p>推荐意见：</p> <p>从包含复杂基质的环境样品中检测低浓度的有毒物质是对分析化学的一大挑战。该团队依靠质谱分析灵敏度高、选择性强、准确性好等优点，围绕环境污染和人体健康的核心内容，对有毒物质的环境分布以及毒理学进行了系统研究，在多环境介质中典型污染物的质谱方法学的研究和新型环境有机污染物的发现及鉴定方面取得了创新性成果。</p> <p>项目开发和应用了针对典型复杂环境污染物的质谱新技术，针对二恶英、多氯联苯和多溴二苯醚等复杂环境污染物的物化性质十分相似、污染复杂性相当高的特征，开发了一次性提取综合定量分析多种复杂污染物的技术，准确度高，相对误差小，同时合成了多种纳米材料运用于环境质谱分析中，并利用同位素稀释法结合高分辨质谱分析实现三类污染物的精确定量；利用色谱-质谱的方法学率先发现了醌类代谢物可以与DNA生成加合产物，利用基于质谱的代谢组学研究了二恶英的毒理效应，发现了潜在的生物标记物。上述研究在国际上属首次报道，具有明显的学术创新性，为深入理解多溴二苯醚和二恶英的毒性作用机理提供了新证据。</p> <p>该项目经过多年的研究，获取了大量与复杂环境污染物相关的数据，取得了丰硕的科研成果，推动并引领了我国对复杂环境污染物的科研发展，为我国该领域的研究在国际学术界占有一席之地做出了积极贡献。项目的8篇代表性论文的他引总次数超过1800次，其中SCI他引超过1500次；4人获国家自然科学基金，1人获聘长江学者讲座教授。</p> <p>推荐该项目为国家自然科学奖二等奖。</p> <p>声明：本人遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则，以及《专家推荐国家科学技术奖试行办法》的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，所提供的推荐材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人已征求被推荐者同意；作为推荐者，本人同意在项目公示时向社会公布；本人承诺根据需要参加答辩，接受评审专家质询；如产生争议，保证积极调查处理。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。</p> <p style="text-align: right;">专家签名：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p> | | | |



| | | | |
|--------|-------------------------|------|------------|
| 姓 名 | 柴之芳 | 身份证号 | ██████████ |
| 院 士 | 中国科学院院士 | 学 部 | 化学部 |
| 最 高 奖 | 否 | 年 度 | 2017 |
| 工作单位 | 中国科学院高能物理研究所 | | |
| 职 称 | 研究员 | 学科专业 | 放射化学、环境化学 |
| 通讯地址 | 北京市石景山区玉泉路19号乙（北京918信箱） | 邮政编码 | 100049 |
| 电子邮箱 | chaizf@ihep.ac.cn | 联系电话 | ██████████ |
| 责任推荐专家 | 否 | | |

推荐意见：

复杂环境污染物如二恶英、多氯联苯、多溴联苯醚以及一些重金属具有很强的毒性，对环境有长期的影响。中国作为斯德哥尔摩公约的主要成员国之一，近年来不断加大对环境污染物的监测和控制，同时也在相关研究领域取得重大进展，正在赶超国际先进水平。

该项目在复杂环境污染物的质谱方法学和典型地区污染特征的研究取得了较好的成果，在相关国际前沿研究领域以及斯德哥尔摩公约审查委员会等国际组织有一定的影响力。蔡宗苇教授和江桂斌研究员等长期合作，在国内较早提出了复杂环境污染物研究方向，围绕样品萃取和富集、质谱分析新方法、环境行为和毒性效应等方面的关键科学问题，开展了系统的原创性工作，取得了突破性成果。通过开发和应用新的质谱分析技术，推动了复杂环境污染物环境分析方法学的发展；针对我国特征污染源，研究了复杂环境污染物在一些典型地区的污染现状和特征。这些研究使我国在这些复杂环境污染物的若干研究领域具有引领作用，引发了大量的引用和后续研究，并为我国制定有关环境污染物的控制法规和履行斯德哥尔摩公约提供了重要科学依据。该项目的实施，促进了我国该领域的学科建设，为我国环境化学领域的研究在国际学术界占有一席之地做出了积极贡献。

蔡教授受联合国环境规划署委托，与联合国环境规划署亚太区域组委会成员和领域专家合作，完成了公约实施后亚太区域的两次监测报告，相关报告被全球引用，为斯德哥尔摩公约的成效评估做出了重要贡献。

推荐该项目为国家自然科学奖二等奖。

声明：本人遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则，以及《专家推荐国家科学技术奖试行办法》的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，所提供的推荐材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人已征求被推荐者同意；作为推荐者，本人同意在项目公示时向社会公布；本人承诺根据需要参加答辩，接受评审专家质询；如产生争议，保证积极调查处理。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。

专家签名：

年 月 日



| | | | |
|--------|-------------------|------|------------|
| 姓 名 | 杨秀荣 | 身份证号 | ██████████ |
| 院 士 | 中国科学院院士 | 学 部 | 化学部 |
| 最 高 奖 | 否 | 年 度 | 2017 |
| 工作单位 | 中国科学院长春应用化学研究所 | | |
| 职 称 | 研究员 | 学科专业 | 分析化学 |
| 通讯地址 | 吉林省长春市人民大街5625号 | 邮政编码 | 130022 |
| 电子邮箱 | xryang@ciac.ac.cn | 联系电话 | ██████████ |
| 责任推荐专家 | 否 | | |

推荐意见：

复杂环境介质中高毒性超痕量有机污染物的分析方法学研究一直是环境科学领域研究的难点，也是解决环境污染问题的最重要的技术手段。该合作团队致力于复杂环境介质中高毒性超痕量有机污染物的质谱分析方法学研究，成功建立了高分辨质谱检测环境介质中复杂污染物，发明了筛查和识别新型有机污染物的方法体系，相关的研究在国际上具有明显的学术创新性。

该项目针对不同样品和要求，建立了一系列的复杂基质样品中特定复杂环境污染物的高效样品处理和质谱分析方法，并应用于典型地区的污染特征分析。通过系统研究特定复杂环境污染物在典型地区的来源、分布、迁移、累积与放大行为、毒性效应，以及在严格的环保监管措施下的含量变化，了解它们在典型地区的污染特征。

项目以质谱分析为核心技术，针对环境与健康这一命题，在方法学研究领域开展了系统的原创性工作，取得了一些突破性成果。研究内容以环境与健康为主题，侧重于研究方法的开发和应用，构建了一个包括分析化学和环境科学的学科交叉的研究体系。

该项目由京港两个国家重点实验室经过长期深入的合作，在环境介质中高毒性超痕量有机污染物的质谱分析方法学研究方面取得了重要创新成果，促进了分析化学学科发展，同时也为我国典型地区的环境污染现状和污染监控做出了重要贡献。

推荐该项目为国家自然科学奖二等奖。

声明：本人遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则，以及《专家推荐国家科学技术奖试行办法》的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，所提供的推荐材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。本人已征求被推荐者同意；作为推荐者，本人同意在项目公示时向社会公布；本人承诺根据需要参加答辩，接受评审专家质询；如产生争议，保证积极调查处理。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。

专家签名：

年 月 日



三、项目简介

本项目属于分析化学、环境化学和环境毒理学的交叉学科领域。

复杂环境污染物如二恶英、多氯联苯、多溴联苯醚以及一些重金属等的环境污染和生态毒性效应已成为全球共同关注的重大环境问题。他们的检测和潜在危害评估是当前的研究热点。复杂环境污染物在环境介质中存在着种类繁多、含量变化大、理化性质各异、环境影响因素复杂等特点。因此，发展快速高效的萃取、富集、分离和灵敏分析方法成为研究的前沿。本项目以复杂环境污染物为研究对象，发展了一系列基于质谱的分析方法，并应用于典型地区污染特征的研究，取得如下创新成果：

1、复杂环境污染物的质谱分析方法学。通过应用新技术和新原理，建立了一系列的环境基质样品中复杂环境污染物的质谱分析方法。合成了多种纳米材料运用在环境质谱分析中，开发了污染物的高效提取新方法，实现物化性质十分接近的二恶英、多氯联苯、多溴联苯醚的同时萃取，缩短样品前处理周期和降低成本。此外，建立了质谱方法研究环境污染物的生物代谢物与 DNA 的加合反应，探讨基因毒理效应。

2、复杂环境污染物在典型地区的污染特征。对两个不同的电子垃圾拆解地和填埋场周边环境中的大气、土壤、水体、动植物以及人体中的复杂环境污染物进行分析，考察它们的空间分布及其迁移转换。系统研究了典型地区土壤中重金属污染物的主要成因、环境行为及污染物在生物体内分布积累规律与生态毒理。率先在世界“三极”开展研究，证实了几种复杂环境污染物的长距离迁移特性。

3、服务国家和地区。蔡宗苇受联合国环境规划署委托与联合国环境规划署亚太区域组委会成员和领域专家合作，作为 Principle Author 完成公约实施后亚太区域的两次监测报告，为斯德哥尔摩公约的成效评估做出重要贡献，也为我国污染物的限制、监控和治理提供了有力的依据。王亚韡为我国撰写了多份斯德哥尔摩公约候选物质履约对策建议报告，成为我国国际谈判的重要决策依据之一。

该项目是香港浸会大学-中科院生态环境研究中心“环境科学联合实验室”建立近 15 年来，以及北京香港两个分析化学和环境科学领域的“国家重点实验室伙伴实验室”经过长期与深入合作的结晶，为香港地区乃至全国的复杂环境污染物的检测和毒理研究提供了完善的技术平台，在亚太区域相关污染物的监测和控制发挥了主导作用；在多次二恶英污染事件中为污染问题的解决提供技术支撑，在解决危机中发挥了重要作用。

4、研究成果概括。本项目在国际顶级环境化学和分析化学杂志（如 Environ. Sci. Tech.; Anal. Chem.）发表了多篇论文，其中 8 篇代表性论文的他引总次数超过 1800 多次，其中 SCI 他引超过 1500 次；项目完成人 4 人获评国家杰出青年基金，1 人受聘“长江学者-讲座教授”，在多个专业期刊中担任主编或者编委。组织举办了 30 多个质谱和环境分析化学相关的国际会议，100 多次受邀在国际会议做大会或邀请报告。



四、重要科学发现

1. 重要科学发现

我国经济在过去二十余年迅猛发展，促进了社会的繁荣和进步，但与此同时也带来了严重的环境污染问题。大量未经妥善处理即排放的工业废料以及逐年增加的生活垃圾，导致一系列环境污染物被大量排放到自然环境中，种类复杂繁多，污染机理复杂多变，其毒性和潜在的健康风险引起了极大的关注。以多溴联苯醚为例，同类物多达 209 种，且与多氯联苯和二恶英等的物化性质十分相似。而这些污染物大多难以自然降解，可远距离传输，能够生物累积并对动物和人类健康造成不利影响；其污染的严重性和复杂性远远超过常规环境污染物，威胁了人类生存与健康。

复杂环境污染物在环境介质中含量低、同系物复杂、含量变化大、理化性质各异、环境影响因素复杂。因此，发展快速高效的样品处理和高灵敏度的分析方法成为研究的前沿问题。我国在对复杂环境污染物的研究上起步较晚，污染状况及迁移转化规律亟需开展，而大量新兴复杂环境污染物的样品前处理效率低，需使用大量的有毒有机溶剂，尚未形成快速有效测定的能力，制约了其污染状况与环境行为的研究。

本项目在上述背景下，针对不同样品和要求，建立了一系列的复杂基质样品中特定复杂环境污染物的高效样品处理和质谱分析方法，并应用于典型地区的污染特征分析。通过系统研究特定复杂环境污染物在典型地区的来源、分布、迁移、累积与放大行为、毒性效应、以及在严格的环保监管措施下的含量变化，了解它们在典型地区的污染特征，为编写及履行斯德哥尔摩公约提供科学数据支撑。

1、开发了针对复杂环境污染物的质谱分析新方法以及环境样品的提取和富集（分析化学，环境化学；代表性论文 1、2、8）

多氯联苯和多溴联苯醚都曾被大量生产和广泛使用过而进入环境造成污染。研究表明它们和二恶英一样具有长距离传输性和生物累积性，已经成为一类无处不在的新型污染物，而且种类繁多复杂。因此，快速有效的精确鉴定和定量是一大科学难题，阻碍了相关的研究进展。本项目针对一个典型电子垃圾处理区域，开发和应用同位素稀释方法和高分辨质谱分析，在我国较早开始了不同环境介质中复杂环境污染物的痕量分析（代表性论文 1、2），对我国在相关领域的研究起了重要的推动作用，引领了大量的后续研究。

二恶英、多氯联苯和多溴联苯醚等的物化性质十分相似，且污染复杂性相当高。现有方法大多涉及各自单独的样品制备程序，消耗大量时间与溶剂。本项目发展了一次性提取综合定量分析多种复杂污染物的技术，准确度高，相对误差小。而且整个方法周期短、速度快、效率高，可一次性将这三类物质完全分离，并



实现对精确定量 (H. Liu, Q. Zhou, Y. Wang, Q. Zhang, Z. Cai, G. B. Jiang*, *Environ. Int.*, 2008, 34, 67-72)。我们也利用加速溶剂提取和微波辅助提取某些正辛醇-水分配系数大的污染物, 根据基质和分析的要求, 通过优化提取条件, 通过适当调节温度和压力, 获得较好的提取回收率。这些方法的建立, 为复杂污染物的准确检测提供了有力的技术支持 (P. Wang, Q. Zhang*, Y. Wang, G.B. Jiang et al, *Anal. Chim. Acta*, 2010, 663, 43-48)。

针对复杂环境污染物在环境介质中含量低和样品前处理效率低问题, 本项目合成开发了多种纳米材料运用在环境质谱分析中。创新性地通过共价结合方式将石墨烯修饰到二氧化硅上, 解决了石墨烯的自聚性质及尺寸上的多分散性等科学难题, 使得石墨烯-氧化硅表现出亲水-亲脂平衡吸附剂的特征, 使其成为具有高负载能力的固相萃取吸附剂, 有利于分析具有更宽范围的污染物小分子。该新型固相萃取吸附剂提供了对于各种复杂多变的环境污染物的多功能和高性能平台, 成为可用于正/反向固相萃取的通用吸附剂。与商业可得的吸附剂相比, 呈现了令人满意的可再现性及可比性能 (**代表性论文 8**)。本项目更基于如上材料的改进, 开发了在无基质背景干扰的石墨烯纳米材料基质, 使得负离子激光解吸/电离的质谱分析方法可以应用于分析低分子量化合物。与常规基质相比, 纳米新材料辅助电离具有许多优点, 包括简单的样品制备, 无基质背景干扰, 高耐盐性和优异的再现性 (M. Lu, Z. Cai* et al. *Anal. Chem.*, 2011, 83, 3161-3169)。在此基础上开发了一系列基于纳米材料 MALDI-TOFMS 分析方法, 并应用于鉴定分析复杂样品中小分子化合物 (M. Lu, Z. Cai* et al, *Chem. Commun.*, 2011, 47, 12807-09; X. Gao, Z. Cai* et al, *Chem. Commun.*, 2012, 48, 10198-200)。同时也开发了 LC-ESI-MS 新方法, 研究复杂污染物的代谢产物。发现醌类衍生物可能拥有更大的毒性。基于质谱的检测结果首次发现了多溴联苯醚与 DNA 形成共价结合, 生成 I 型或者 II 型的加合产物, 说明其对生物体有潜在的基因毒性 (Y. Lai, Z. Cai* et al, *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 10720-27)。

2、研究了典型地区复杂有机污染物的特征、分布和迁移, 率先在世界“三极”(南极、北极和青藏高原)开展了复杂污染物研究(环境化学, 分析化学, 环境毒理学; **代表性论文 1、5、6**)

有关电子垃圾拆解造成的环境污染是近年来研究的热点之一。本项目较早研究了电子垃圾拆解地的环境污染情况和人体健康风险问题。基于上述方法开发的基础上, 对电子垃圾拆解地周边环境中的大气、土壤、水体、动植物以及人体中复杂污染物进行了质谱分析, 取得了典型区域污染状况的详细信息。发现无论是电子垃圾填埋场地附近的土壤还是附近的河流的沉积物都可以检测到多溴联苯醚, 表明电子垃圾拆解已经造成区域土壤严重污染。

粗放的电子废料回收, 如燃烧及酸浸, 是多溴联苯醚污染的主要源头。本项目通过比较贵屿、香港和广州三地的空气总悬浮颗粒物以及 PM_{2.5} 的空气样品中



22 种多溴联苯醚同系物的含量，发现在贵屿测到的 PBDEs 的含量是其余两地的 58-691 倍，且比其他地方报道的结果高出至少 100 倍 (W. J. Deng, et al., **M. H. Wong***, *Environ. Int.*, 33, 1063-1069)。对电子废物回收站贵屿土壤和燃烧残渣的分析也证实了酸浸和露天燃烧释放的二恶英和多溴联苯醚浓度最高。这项研究是处理由粗电子废物回收产生的污染的重要问题的少数研究之一，指出了电子废物加工已成为二恶英和多溴联苯醚对陆地环境的主要贡献者之一 (**代表性论文 5**)。而对典型电子垃圾拆解地贵屿的河里采集的淤泥和鱼类样品分析发现，河畔的淤泥、鱼类的肌肉和肝脏样品中多溴联苯醚的结果分别高于其它研究的结果 10 和 1000 倍。河底淤泥二恶英和多溴联苯醚的浓度和鱼类体内的浓度表现出显著的相关性 (**代表性论文 1**)。且浓度与肌肉的脂肪含量显示良好的相关性，表明多溴联苯醚的生物富集与脂肪密切相关 (Q. Luo, **M. H. Wong***, Z. Cai*, *Talanta*, 2007, 72, 1644-1649)。本项目亦显示污水处理厂的排放水也是 PBDEs 环境污染的重要源头。在对大型污水处理厂接收污水排放的小湖的水、沉积物及水生物种的分析显示，在水生物种中多氯联苯和多溴联苯醚的变化量之间存在明显的线性相关，但在沉积物中则不是，因为鱼类样品存在代谢脱溴 (Y. Wang, Q. Zhang, et al., **G. B. Jiang***, *Environ. Sci. Technol.*, 2007, 41, 6026-6032)。

作为新发现的复杂环境污染物，其毒性效应及作用机理都尚不清楚。本项目较早的开展了一系列这方面的研究，通过分析典型地区的土壤，灰尘及生物样本，分析其毒性效应，研究其作用机理。通过分析生物电子废物回收场所及其附近城镇收集的土壤，生物群和植物样品，发现了二恶英、多氯联苯和多溴联苯醚的存在，并发现在电子废物回收站中检测到的二恶英和多氯联苯的毒性当量 (TEQ) 显著高于邻近样品；确定了生物群和植物也受到该地区高水平复杂污染物的污染，而对广东贵屿镇的印制电路板回收车间地板、道路、学校操场和室外食品市场收集的表面灰尘的毒性测试表明该地区的灰尘毒性显著高于其他地方的 (A. O. Leung, Z. Cai, **M. H. Wong*** et al, *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 5775-82)。

对另一个典型电子垃圾拆解地，浙江台州电子废物(垃圾)回收站点育龄女性的母乳、胎盘和头发样品的分析显示，该地区妇女的多溴联苯醚身体负荷显著高于参考点，同时也高于其他研究报道的结果。研究估算母乳喂养的 6 个月大的婴儿多溴联苯醚的摄入量是参考点婴儿的 57 倍，发现露天焚烧电子垃圾的热降解可能是它们产生的源头。除多溴联苯醚以外，原始的电子垃圾回收方式亦会加剧毒性更大的二恶英在生物体内的堆积。该研究的结果也表明通过食物或者呼吸进入成人体的水平是 WHO 可接受的 25 倍，从母乳传递给婴儿的水平要高出 11 倍。证据表明，原始的电子垃圾回收方式导致当地居民高二恶英和多溴联苯醚身体负荷，并可能威胁到婴儿的健康 (J. K. Chen, **M. H. Wong***, *Environ. Sci. Technol.* 2007, 41, 7668-74)。



长距离迁移是复杂污染物的四大基本特征之一，也是其成为全球污染物的重要原因。通过检测它们在极地环境中的含量，可以为其长距离迁移特性提供最直接的证据。据此项目完成人在“三极”地区开展了多种复杂污染物检测的工作。率先验证了聚氨酯泡沫大气被动采样器在南极地区大气采样的适用性，解决了缺乏电力供应采样困难的问题。基于上述开发的质谱技术对南极菲尔德斯半岛区域 5 个采样点采集的大气样品进行了分析。结果显示，多氯联苯中二氯至四氯代的化合物占绝大多数，呈现出典型的大气长距离迁移来源特征 (P. Wang, Q. Zhang, G. B. Jiang* et al, RSC Adv., 2012, 2, 1350-55)。

通过分析从世界上海拔最高的青藏高原，包括珠峰北坡的表面采集的土壤样品，发现多氯联苯和多溴联苯醚沿着海拔梯度而变化：在海拔约 4500 米以下负相关性，高于此值显示正相关性，意味着这两类持久性有机污染物对高度的依赖与污染源无关，是高海拔山区的全球蒸馏涉及的冷凝效果。同时也发现，在高海拔地区低挥发性的同系物比高挥发性同系物更容易富集。高海拔地区复杂有机污染物的环境行为和生物积累的研究对于揭示多氯联苯和多溴联苯醚全球迁移规律以及对高原地区长期的环境和健康影响都具有重要的意义(代表性论文 6)。

3、系统研究了典型地区土壤中重金属污染物的主要成因、环境行为以及污染物在生物体内分布积累规律与生态毒理(环境化学，分析化学；代表性论文 3、4、7)

本项目系统阐述了电子废弃物地区土壤污染重金属分布，通过人体和生物样品的采集分析，系统评估了各类污染物的人体负载，据此对典型污染物的人体健康风险进行了预测。本项目较早的研究调查了电子废物回收区的稻米和土壤样品中的重金属含量，显示台州的农业土壤被镉严重污染，其次是铜和汞；数据也表明空中沉积是水稻中金属污染的潜在来源。所有稻米样品中的铅含量超过国家最大允许浓度 (MAC)，而镉含量亦远高于其他地区或以前报道的水平。测算显示该地区铅每日经大米摄入量已超过粮农组织可耐受的每日摄入量 (TDI)，而镉经大米摄入量已经占据了 TDI 的 70%。此外尽管大米的 As 和 Hg 平均 EDI 低于 TDI，但伴随射入其他污染的食物如肉，牛奶和作物，也可能导致两种金属 TDI 水平过高。本项目的研究表明，长期食用该地区的大米的消费者有着重金属暴露的危险，亦警示不仅应该关注电子废物中心周围的居民，还应注意居住在该地区下游/下风的人群。此外，还应对通过食物链对生物群的污染给予极大的关注(代表性论文 7)。

本项目也对植物金属耐受性的获得进行了细致而深入的研究工作。发现和遴选了一批适应在贫瘠和重金属胁迫等恶劣条件下生长的湿地植物，包括菖蒲、芦苇、狗牙根等。研究显示湿地植物中的金属耐受性可主要取决于其金属排除能力，但内部解毒金属耐受机制也可能存在于一些物种中。研究也揭示了影响湿地植物吸收土壤重金属的因素，这意味着可以通过控制水位，土壤养分和其他



因素来促进金属的植物固化及植物提取 (**代表性论文 4**)。通过多项细致的研究, 本项目更提出轮种不同种属的草种有利于恢复土壤肥力和加速生态继承, 最终改造重金属污染区域使得其适合后来的植物社区, 减少有毒金属开采区域的空气和水污染。基于以上的积累, 本项目完成人在国内最早利用人工构建湿地技术处理工矿废水, 为在中国推广该技术提供了指导性的意见 (**代表性论文 3**)。

4、总结了复杂环境污染物在亚洲的污染状况, 撰写了亚太地区关于持久性有机污染物斯德哥尔摩公约的第一和第二报告(分析化学, 环境化学, 代表性论文 6, 其他证明材料 1、2)

本项目通过长期追踪观察, 总结了二恶英、多氯联苯和多溴联苯醚等复杂污染物在亚洲的状况。尽管整体上浓度与发达国家地区相当, 在人口密集和高度工业化地区附近海域的沉积物中, 东亚多溴联苯醚等水平是所有文献报道中最高的。在日本和中国, 在过去的 20-30 年沉积物中的浓度均呈增长趋势。另在过去 20 年, 日本人的母乳含量增加约 10 倍, 1994 年海狗中的含量比 1972 年增加了约 150 倍 (**代表性论文 6**)。

蔡宗苇教授 2003 年在浸会大学建立了香港唯一非政府辖下的二恶英实验室。实验室研究香港以及珠三角地区环境样品中有毒物质的存在状态、分布规律和污染现状, 建立该区域内二恶英等污染物对环境影响的资料库, 为地区环境决策提供科学依据。同时积极参与针对多种复杂污染物研究方面的国际合作, 与联合国环境规划署、香港环保署联合举办了多次工作坊及科学论坛, 亦被多份国际科学杂志邀请撰写综述, 阐述我国科学家在各种复杂污染物的研究领域作出的贡献 (W. Xu, Z. Cai* et al, *Anal. Chim. Acta.*, 2013, 790, 1-13; T. Wang, Y. Wang, G. B. Jiang* et al, *Environ. Sci. Technol.*, 2009, 43, 5171-75)。在此基础上建立了“环境与生物分析国家重点实验室”, 为香港地区乃至全国的环境监测和毒理研究提供了新的技术平台。所获得的成果得到了联合国环境规划署的肯定, 受聘作为主要作者 (Principal Author) 编写第一和第二个斯德哥尔摩公约下亚太地区持久性有机污染物的监测和控制报告, 为污染物的限制、监控和治理提供了有力的依据 (**其他证明材料 1、2**)。

综上所述, 本项目经过多年的研究, 开发和应用了针对典型复杂环境污染物的质谱新技术, 所研发的检测方法对相关环境污染物的研究起了重要影响; 获取并发现了大量与复杂环境污染物相关的数据和证据, 取得了丰硕的科研成果; 在国际本学科领域的顶尖杂志发表了大量的科研文章, 推动并引领了我国对这些复杂环境污染物的科研发展, 引发了大量的后续研究, 为我国该领域的研究在国际学术界占有一席之地做出了积极贡献。更重要的是, 该项目所获得的科研数据为中国及亚太地区的斯德哥尔摩公约提供了科学基础及依据, 其研究成果也为检测复杂环境污染物的相关毒性效应及基因毒理等科学问题提供了分析工具。因此, 本项目为保护我国环境及人类健康免遭复杂环境污染物的污染做出一定的贡献。



2. 研究局限性

项目完成人在质谱方法学研究方面取得了一些创新性成果，在质谱方法学理论方面有一些突破，建立了一系列质谱学方法，并将其成功用于复杂体系中多种超痕量复杂环境污染物的分析测定，并以质谱学方法为基础，研究这些有毒物质的毒性作用机理。

基于质谱的方法学研究对仪器依赖性很强。本项目针对新型污染物在环境介质中存在着种类繁多、含量变化大、理化性质各异、环境影响因素复杂等特点，建立了对这些物质如多溴联苯醚的快速灵敏高效的质谱分析方法，并成功应用于典型地区污染特征的研究，在新型持久性有毒物质的环境污染和生态毒性效应的研究方面取得了一些创新成果。但是，这些方法所依赖的核心仪器及耗材均是进口产品，缺乏自主装备。如何根据实际研究的需要，自主研发一些具有针对性的专业色谱、质谱仪器可能是今后研究的重要方向。比如，开发一些新型的离子源，提高其性能，以克服环境污染物浓度低而难以检测的问题。

通过对典型垃圾拆解地区的长期追踪观察，已经发现严格的环保措施可以控制持久性有毒物质的排放对区域污染物水平的影响。因此，如何将目前积累的基础研究数据转化成具有积极意义的政策、措施，仍然是需要继续努力的方向。通过与政府、生产企业等部门的合作，根据检测结果，制定适当的控制、治理措施，逐步将污染物的水平降低到可接受的范围，是这些研究数据实现最大价值的途径之一。

五、客观评价

代表性论文 1 采用了离子阱质谱方法研究了电子垃圾拆解地的周边环境及生物中 PBDEs 的含量。美国环境保护署的著名化学家 Anne P. Vonderheide 博士在引用该文章的时候,对使用离子阱质谱进行 PBDE 检测的优点也表达了高度赞同,认为采用的离子阱质谱方法是较为经济的手段,然而却能获得等效于高分辨仪器的选择性—“Recently, the ion trap mass spectrometer operated in MS-MS has seen an increased number of application as investigators search for a **less expensive** means to obtain the selectivity of a high resolution instrument....This instrumental scheme additionally displays **quite low limits** of detection due to background removal in the second stage analysis”(代表性引文 1)。

代表性论文 2 检测了电子垃圾回收站周边土壤的 PBDE 的含量。该数据被广泛作为典型环境污染区域 PBDE 含量的参考值,用于分析研究该地区 PBDEs 污染的来源、清单和归趋等。欧盟委员会健康与消费者保护联合研究中心 Athanasios Katsoyiannis 博士大幅引用并评价指出认为代表性论文全面的检测了土壤中复杂的 PBDE 混合物,并确定了在电子垃圾土壤中污染最严重的 PBDE 物质-- “the major PBDE congeners detected in soils were, Tetra-(BDE-47), penta-(BDE-99) and hexa-BDE (BDE-139, BDE-153, BDE-154) were the predominant congeners in the studies of Wang et al.and Cai and Jiang”. 被环境化学家 Tasneem Abbasi 等在其综述性文章中作为典型性案例评价垃圾回收站附近的农业土壤中的 PCBs, PAHs, and PBDEs 等环境污染物在中国处于上升趋势(代表性引文 2)。

代表性论文 3 综述了维持重金属矿区植被对于土壤修复的生态影响,指出建立一个良好的植被对于最大化地减少矿区重金属污染问题是非常重要的一种手段。中山大学的束文圣教授同意我们的观点并认为 “一个有效的植被恢复系统不仅可有效地满足污染控制,减少对人类的污染,同时也可保证区域的生物多样性并恢复对于生态的破坏”—“A successful revegetation program can not only fulfill the objectives of stabilization, pollution control, visual improvement and removal of threats to human beings”(代表性引文 3)。

代表性论文 4 研究了我国湿地环境下的 12 种植物对于铅, 锌, 铜以及镉等重金属的富集性能和可能的影响因素,并对这些植物在潜在的植物修复领域中的应用做了探讨。波兰教授 Agnieszka Klink 认为“该工作对于选择合适的植物进行相应的重金属植物修复提供了重要的数据” —“The knowledge about the abilities of certain macrophyte species accumulation of metals provide insight into choosing appropriate plants for wetland control and phytoremediation systems”(代表性引文 4)。

代表性论文 5 研究了中国南方贵屿地区(电子垃圾回收地)多溴联苯醚、多氯联苯、二苯呋喃在表面土壤和垃圾燃烧残余物的空间分布,为该地区的环境治理与保护提供了重要研究数据,并被 SCI 引用高达 277 次。美国哈佛大学 Hauser



教授认为“鉴于世界范围内心血管病负担加重，二噁英暴露的潜在作用可以作为预防重大公共健康和临床研究的风险因素，尤其是在二噁英环境污染增加的中国地区” –“Given the large worldwide burden of CVD, the potential role of dioxin exposure as a preventable risk factor could be of substantial public health and clinical interest, especially in the context of recent reports of elevated environmental dioxin levels in China”(代表性引文 5).

代表性论文 6 综述了多溴联苯醚在东亚地区的污染现状，并重点对比了和详解了与欧洲和北美地区的差异。美国国家暴露研究实验室 Richardson 教授在其综述性论文中长篇引用并指出“王等综述了多溴联苯醚在东亚地区环境中国的现状，他总结和关键性评判了东亚地区多溴联苯醚污染的现状，并与欧洲和北美地区已经报道的进行了对比，通常东亚地区（中国大陆、日本、中国香港、韩国和新加坡）多溴联苯醚含量相当或低于欧洲和北美地区，但是在一些重污染和工业地区多溴联苯醚达到了报道的最高值”-- PBDEs in the East Asian environment were the subject of a review by Wang et al., who summarized and critically reviewed the status of PBDE pollution in East Asia and compared levels to those reported in Europe and North America. In general, levels found in East Asia (China, Japan, Hong Kong, Korea, and Singapore) are comparable to or lower than those in Europe and North America, but in some highly populated and industrialized areas, the PBDE levels are among the highest reported in the world (代表性引文 6).

代表性论文 7 研究了中国东南典型电子垃圾回收地区大米中的重金属污染以及对人体健康存在的潜在风险。清华大学 Li Jinghui 教授在其评论性论文中具体引用文章数据并指出本研究的稀缺性“我们发现只有一篇研究评价了从大米中摄入重金属，与联合国粮农组织和世界卫生组织（FAO/WHO）允许每天摄入量相比，...”“We found only one study that evaluated the dietary intake of heavy metals from rice (Fu et al., 2008). Comparing the tolerable daily intakes given by FAO/WHO (WHO, 1993) with the mean estimated daily intake ...” (代表性引文 7).

代表性论文 8 首次将石墨烯应用于 SPE 吸附填料，合成了高性能硅胶填料，制备了石墨烯 SPE 小柱，萃取性能显著优于或相当于商品化材料。该工作是首次合成石墨烯复合材料用于样品前处理，并克服了直接使用石墨烯作为吸附填料的缺点。*J. Chromatogr. A* 杂志主编新加坡 H. K. Lee 教授在 *TrAC* 杂志上发表综述评价“Liu 等首次将石墨烯粉末应用于 SPE 吸附填料...展现了石墨烯对芳香类化合物杰出的萃取能力——The **first** utilization of graphene powder as SPE sorbent was presented by Liu et al...This work demonstrated the outstanding extractive ability of graphene towards aromatic compounds...”(代表性引文 8).文中所开发的合成策略也被许多其他研究者采纳或参考用于合成石墨烯基复合吸附材料(*J. Chromatogr. A*, 2013, 1307, 135-143; *Talanta*, 2013, 109, 133-140; *J. Chromatogr. A*, 2013, 1293, 20-27; *J. Mater. Chem. A*, 2013, 1, 1875-1884 etc.).



六、代表性论文专著目录

| 序号 | 论文专著名称/ 刊名/作者 | 影响 因子 | 年卷页码 | 发表 时间 | 通讯 作者 | 第一 作者 | 国内作者 | SCI 他引 次数 | 他引 总次 数 | 知识 产权 是否 归 国内 所有 |
|----|---|----------|---------------------|-------------|------------------------------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------------------------|
| 1 | Polybrominated diphenyl ethers in fish and sediment from river polluted by electronic waste/SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT/Qi an Luo, Zongwei Cai*, and Ming H. Wong* | 3.976 | 2007, 383, 115-127 | 2007年09月20日 | Zongwei Cai and Ming H. Wong | Qian Luo | 罗茜, 蔡宗苇, 黄铭洪 | 89 | 115 | 是 |
| 2 | Determination of polybrominated diphenyl ethers in soil from e-waste recycling site/Talanta/Zongwei Cai* and Guibin Jiang | 4.035 | 2006, 70, 88-90 | 2006年08月15日 | Zongwei Cai | Zongwei Cai | 蔡宗苇, 江桂斌 | 53 | 71 | 是 |
| 3 | Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils./Chemosphere/M. H. Wong* | 3.34 | 2003, 50, 775-780. | 2003年02月28日 | M. H. Wong* | M. H. Wong* | 黄铭洪 | 364 | 426 | 是 |
| 4 | Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China./Environ. Pollut. /H. Deng, Z. H. Ye, M. H. Wong* | 4.143 | 2004, 132, 29-40. | 2004年11月30日 | M. H. Wong* | H. Deng | 邓泓, 叶志鸿, 黄铭洪 | 230 | 274 | 是 |
| 5 | Spatial distribution of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soil and combusted residue at Guiyu, an electronic waste recycling site in southeast China/ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY/Ann a O. W. Leung, William J. Luksemburg, Anthony S. Wong, Ming H. Wong | 5.393 | 2007, 41, 2730-2737 | 2007年04月15日 | Ming H. Wong | Ann a O. W. Leung | 梁爱华, 黄铭洪 | 277 | 346 | 是 |
| 6 | Polybrominated diphenyl ether in the East Asian environment: A critical review. /Environ. Int. /Yawei Wang, Guibin Jiang*, Paul K. S. Lam, An Li, | 5.929 | 2007, 33, 963-973. | 2007年10月31日 | Guibin Jiang* | Yaw ei Wang | 王亚韡, 江桂斌, 林群声 | 144 | 182 | 是 |



| | | | | | | | | | | |
|----|--|--------|------------------------|-------------|-------------|----------|-----------------------------|------|------|---|
| 7 | High levels of heavy metals in rice (<i>Oryza sativa</i> L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health/Chemosphere/J. J. Fu, Q. F. Zhou, J. M. Liu, W. Liu, T. Wang, Q. H. Zhang, and G. B. Jiang | 3.34 | 2008, 71(7), 1269-1275 | 2008年04月30日 | G. B. Jiang | J. J. Fu | 傅建捷, 周群芳, 刘杰民, 刘伟, 张庆华, 江桂斌 | 176 | 196 | 是 |
| 8 | Graphene and Graphene Oxide Sheets Supported on Silica as Versatile and High-Performance Adsorbents for Solid-Phase Extraction /ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION/Qian Liu, Shi, JB; Sun, JT; Wang, T; Zeng, LX; GB Jiang | 11.709 | 2011, 50, 5913-5917 | 2011年12月21日 | GB Jiang | Qian Liu | 刘倩, 史建波, 孙建腾, 曾力希, 江桂斌 | 177 | 193 | 是 |
| 合计 | | | | | | | | 1510 | 1803 | |

补充说明：

承诺：上述论文专著用于推荐国家自然科学奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的作者的同意。知识产权归国内所有，且不存在争议。

第一完成人签名：



七、代表性论文专著被他人引用的情况

| 序号 | 被引代表性论文专著序号 | 引文题目/作者 | 引文刊名/影响因子 | 引文发表时间 |
|----|-------------|--|---|-------------|
| 1 | 1 | A review of the challenges in the chemical analysis of the polybrominated diphenyl ethers. /Anne P. Vonderheide | Microchemical Journal/2.893 | 2009年05月29日 |
| 2 | 2 | The status of soil contamination by semivolatile organic chemicals (SVOCs) in China: A review/Cai . QY, Mo CH, Wu QT, Katsoyiannis A, Zeng QY. | Science of the Total Environment/3.976 | 2007年10月22日 |
| 3 | 3 | Acidification, heavy metal mobility and nutrient accumulation in the soil – plant system of a revegetated acid mine wasteland/Sheng-Xiang Yang, Bin Liao, Jin-tian Li, Tao Guo, Wen-Sheng Shu* | Chemosphere/3.698 | 2010年08月18日 |
| 4 | 4 | Typha latifolia (broadleaf cattail) as bioindicator of different types of pollution in aquatic ecosystems—application of self-organizing feature map (neural network)/Agnieszka Klink , Ludmi ł a Polecho Ń ska , Aurelia Ceg ł owska, Andrzej Stankiewicz | Environ Sci Pollut Res/2.76 | 2016年07月13日 |
| 5 | 5 | Dioxins and Cardiovascular Disease Mortality/Olivier Humblet, Linda Birnbaum, Eric Rimm, Murray A. Mittleman, Russ Hauser | Environmental Health Perspectives/8.443 | 2008年11月19日 |
| 6 | 6 | Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues/Susan D. Richardson | Analytical Chemistry/5.886 | 2009年05月20日 |
| 7 | 7 | A systematic review of the human body burden of e-waste exposure in China/Qingbin Song, Jinhui Li | Environmental International/5.929 | 2014年01月14日 |
| 8 | 8 | Materials-based approaches to minimizing solvent usage in analytical sample preparation/Huang, ZZ; Lee, HK | TRAC-TRENDS IN ANALYTICAL CHEMISTRY/7.487 | 2012年10月30日 |



八、主要完成人情况表

| | | | | | | | |
|---|-------------------|-----------------------------|---|--|-------------|-------|-------------|
| 姓 名 | 蔡宗苇 | 性 别 | 男 | 排 名 | 1 | 国 籍 | 中国 |
| 出生年月 | | | | 出 生 地 | 福建福州市 | 民 族 | 汉族 |
| 身份证号 | | | | 归国人员 | 是 | 归国时间 | 2001年01月01日 |
| 技术职称 | 教授 | | | 最高学历 | 研究生 | 最高学位 | 博士 |
| 毕业学校 | 德国Marburg大学 | | | 毕业时间 | 1990年10月03日 | 所学专业 | 分析化学 |
| 电子邮箱 | zwcai@hkbu.edu.hk | | | 办公电话 | 34117070 | 移动电话 | |
| 通讯地址 | 香港九龙塘香港浸会大学化学系 | | | | | 邮政编码 | 000000 |
| 工作单位 | 香港浸会大学 | | | | | 行政职务 | 国家重点实验室主任 |
| 二级单位 | 香港浸会大学化学系 | | | | | 党 派 | 群众 |
| 完成单位 | 香港浸会大学 | | | | | 所 在 地 | 香港 |
| | | | | | | 单位性质 | 大专院校 |
| 参加本项目的起止时间 | | 自 2003年01月01日 至 2011年06月03日 | | | | | |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>负责设计和规划项目的实施方案、汇报总结研究结果，对项目“重要科学发现”所列第1，2，4项做出了创造性贡献，是代表性论文1，2的通讯作者。提出复杂环境污染物研究方向，开发了针对复杂环境污染物的样品前处理以及质谱检测新方法，并应用于典型地区的环境介质中的污染特征研究。作为主要作者编写第一个和第二个斯德哥尔摩公约下亚太地区持久性有机污染物的监测和控制报告，为持久性有机污染物的限制、监控和治理提供了有力的依据。领导建立了香港浸会大学第一个国家重点实验室。</p> | | | | | | | |
| <p>曾获国家科技奖励情况：“典型持久性有毒污染物的分析方法与生成转化机制研究”，2011年国家自然科学二等奖，2011-Z-104-2-05-R05，排名第五。</p> | | | | | | | |
| <p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p> | | | | <p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被推荐无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p> | | | |



| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------------|---|--|-------------|-------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|
| 姓 名 | 黄铭洪 | 性别 | 男 | 排 名 | 2 | 国 籍 | 中国 | | | | | | | |
| 出生年月 | | | | 出 生 地 | 深圳 | 民 族 | 汉族 | | | | | | | |
| 身份证号 | | | | 归国人员 | 是 | 归国时间 | 1973年12月01日 | | | | | | | |
| 技术职称 | 教授 | | | 最高学历 | 研究生 | 最高学位 | 博士 | | | | | | | |
| 毕业学校 | 英国Durham大学 | | | 毕业时间 | 1973年08月03日 | 所学专业 | 污染生态学 | | | | | | | |
| 电子邮箱 | mhwong@hkbu.edu.hk | | | 办公电话 | 34116673 | 移动电话 | | | | | | | | |
| 通讯地址 | 香港九龙塘香港浸会大学 | | | | | 邮政编码 | 000000 | | | | | | | |
| 工作单位 | 香港浸会大学 | | | | | 行政职务 | 无 | | | | | | | |
| 二级单位 | 香港浸会大学裘槎环科所 | | | | | 党 派 | 群众 | | | | | | | |
| 完成单位 | 香港浸会大学 | | | | | 所 在 地 | 香港 | | | | | | | |
| | | | | | | 单位性质 | 大专院校 | | | | | | | |
| 参加本项目的起止时间 | | 自 2003年01月01日 至 2011年06月03日 | | | | | | | | | | | | |
| <p>对本项目主要学术贡献： 对本项目“重要科学发现”部分所列第2, 3项做出了创造性贡献，是代表性论文1, 3, 4, 5的通讯作者。 研究了典型地区土壤中大气、土壤、水体、动植物中复杂有机污染物及重金属污染物的主要成因、环境行为以及污染物在生物体内分布积累规律与生态毒理。</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>曾获国家科技奖励情况：</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p> | | | | <p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被推荐无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p> | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------------|---|--|-------------|-------|---------|
| 姓 名 | 王亚韩 | 性别 | 男 | 排 名 | 3 | 国 籍 | 中国 |
| 出生年月 | | | | 出 生 地 | 河南平顶山 | 民 族 | 汉族 |
| 身份证号 | | | | 归国人员 | 否 | 归国时间 | |
| 技术职称 | 研究员 | | | 最高学历 | 研究生 | 最高学位 | 博士 |
| 毕业学校 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | 毕业时间 | 2006年06月30日 | 所学专业 | 环境科学 |
| 电子邮箱 | ywwang@rcees.ac.cn | | | 办公电话 | 10-62849124 | 移动电话 | |
| 通讯地址 | 北京市海淀区双清路18号 | | | | | 邮政编码 | 100085 |
| 工作单位 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 二级单位 | 环境化学与生态毒理学国家重点实验室 | | | | | 党 派 | 群众 |
| 完成单位 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | | | 所 在 地 | 北京 |
| | | | | | | 单位性质 | 公益型研究单位 |
| 参加本项目的起止时间 | | 自 2006年09月01日 至 2011年06月03日 | | | | | |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对本项目“重要科学发现”部分所列第2，4项做出了创造性贡献，是代表性论文6的第一作者。研究并总结了复杂环境污染物在亚洲的污染状况，率先在国内开展了短链氯化石蜡的定量分析方法开发。为我国撰写了多份关于新型持久性有机污染物以及候选物质的斯德哥尔摩公约的履约对策建议报告。</p> | | | | | | | |
| <p>曾获国家科技奖励情况：</p> | | | | | | | |
| <p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p> | | | | <p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被推荐无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p> | | | |



| | | | | | | | |
|--|---------------------|-----------------------------|---|--|-------------|-------|---------|
| 姓 名 | 张庆华 | 性 别 | 男 | 排 名 | 4 | 国 籍 | 中国 |
| 出生年月 | | | | 出 生 地 | 湖北 | 民 族 | 汉族 |
| 身份证号 | | | | 归国人员 | 否 | 归国时间 | |
| 技术职称 | 研究员 | | | 最高学历 | 研究生 | 最高学位 | 博士 |
| 毕业学校 | 中国科学院研究生院 | | | 毕业时间 | 2004年07月30日 | 所学专业 | 环境科学 |
| 电子邮箱 | qhzhang@rcees.ac.cn | | | 办公电话 | 10-62849818 | 移动电话 | |
| 通讯地址 | 北京市海淀区双清路18号 | | | | | 邮政编码 | 100085 |
| 工作单位 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | | | 行政职务 | 无 |
| 二级单位 | 环境化学与生态毒理学国家重点实验室 | | | | | 党 派 | 中国共产党 |
| 完成单位 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | | | 所 在 地 | 北京 |
| | | | | | | 单位性质 | 公益型研究单位 |
| 参加本项目的起止时间 | | 自 2004年09月01日 至 2011年06月03日 | | | | | |
| <p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>对本项目“重要科学发现”部分所列第1, 4做出了创造性贡献，是代表性论文7的作者。率先在世界“三极”（南极、北极和青藏高原）开展了复杂有机污染物研究，证实了几种典型复杂环境污染物的长距离迁移特性，是该项研究的主要实施者。</p> | | | | | | | |
| <p>曾获国家科技奖励情况：</p> | | | | | | | |
| <p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p style="text-align: right;">本人签名：</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p> | | | | <p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被推荐无异议。</p> <p style="text-align: right;">单位（盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p> | | | |



| | | | | | | | |
|--|---------------------|-----------------------------|---|--|-------------|-------|----------------|
| 姓 名 | 江桂斌 | 性别 | 男 | 排 名 | 5 | 国 籍 | 中国 |
| 出生年月 | | | | 出 生 地 | 山东 | 民 族 | 汉族 |
| 身份证号 | | | | 归国人员 | 否 | 归国时间 | |
| 技术职称 | 研究员 | | | 最高学历 | 研究生 | 最高学位 | 博士 |
| 毕业学校 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | 毕业时间 | 1991年06月30日 | 所学专业 | 环境科学 |
| 电子邮箱 | gbjiang@rcees.ac.cn | | | 办公电话 | 10-62849179 | 移动电话 | |
| 通讯地址 | 北京市海淀区双清路18号 | | | | | 邮政编码 | 100085 |
| 工作单位 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | | | 行政职务 | 环境化学与生态毒理学国家重点 |
| 二级单位 | 环境化学与生态毒理学国家重点实验室 | | | | | 党 派 | 中国共产党 |
| 完成单位 | 中国科学院生态环境研究中心 | | | | | 所 在 地 | 北京 |
| | | | | | | 单位性质 | 公益型研究单位 |
| 参加本项目的起止时间 | | 自 2003年01月01日 至 2011年06月03日 | | | | | |
| <p>对本项目主要学术贡献： 对本项目“重要科学发现”部分所列第2, 3, 4项做出了创造性贡献，是代表性论文6, 7, 8的通讯作者。通过长期追踪观察，总结了复杂有机污染物在东亚的状况；研究了典型区域内复杂污染物如重金属污染物在生物体内积累的规律。</p> | | | | | | | |
| <p>曾获国家科技奖励情况：“有毒化学污染物形态研究中的联用技术、方法学和相关机理”，2003年国家自然科学二等奖，证书编号2003-Z-104-2-01-01，排名第一。 “典型持久性有毒污染物的分析方法与生成转化机制研究”，2011年国家自然科学二等奖，2011-Z-104-2-01-R01，排名第一。</p> | | | | | | | |
| <p>声明：本人同意完成人排名，遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定，承诺遵守评审工作纪律，保证所提供的有关材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。该项目是本人本年度被推荐的唯一项目。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。</p> <p>本人签名：</p> <p>年 月 日</p> | | | | <p>完成单位声明：本单位确认该完成人情况表内容真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。</p> <p>工作单位声明：本单位对该完成人被推荐无异议。</p> <p>单位（盖章）</p> <p>年 月 日</p> | | | |



THE NOMINATION FORM FOR THE STATE NATURAL SCIENCE AWARD, P. R. CHINA

1. GENERAL INFORMATION

| | |
|--|--|
| Project Title | Mass Spectrometry for the Investigation of Emerging Organic Pollutants and Their Pollutions in Representative Regions |
| Primarily achieved by | Zongwei Cai and Ming-Hung Wong (Hong Kong Baptist University) Yawei Wang, Qinghua Zhang and Guibin Jiang (Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academic of Sciences) |
| Subject category | Environmental Chemistry Mass Spectrometry |
| Brief introduction to the project (within 500 words) | <p>This project was from the interdisciplinary research of analysis chemistry, environmental chemistry and environmental toxicology. Mass spectrometry method development as well as the investigation on environmental pollution and toxicology of emerging persistent organic pollutants (Emerging POPs), including polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), perfluorochemicals (PFAAs) and short-chain chlorinated paraffins (SCCPs), have become a major global issue of common concern. The detection of emerging POPs and assessment of potential hazards is the important research topic currently. The chemicals with a great variety, wide range of levels in various environmental matrices, as well as the different physical and chemical properties, have posted significant impact to environmental and human health. Therefore, development of rapid, sensitive and efficient methods for the separation and detection of the emerging POPs has become a research forefront. In this project, mass spectrometry-based analytical method of emerging POPs were developed and applied for the investigation of pollution characteristics of emerging POPs in specific regions, with significant of innovative achievements.</p> <p>1. Mass spectrometry-based methodology of emerging POPs</p> <p>A series of extraction and determination methods of PBDEs were developed, to simultaneously analyze and separate polychlorinated biphenyls and dioxins from PBDEs. The formation of DNA adducts of PBDE metabolite was studied by developing and using LC-MS methods. Genotoxicity mechanism of PBDEs was investigated. Moreover, a new LC-MS method was developed on perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOSF) based on a chemical reaction, which solved the analytical problem due to the lack of ionizable functional group of PFOSF and thus became the first published analytical</p> |

method for PFOSF. In addition, the project team was also the first to develop the mass spectrometry method for the analysis of SCCPs.

2. Investigation on pollution characteristics of emerging POPs

The pollution characteristics, distribution, transportation and toxicity effects of the emerging POPs in specific regions such as electronic recycling sites, waste water treatment and chemical manufacturing sites were studied through the analysis of various environmental matrices. Also, the project played a leading role in the investigation of POPs in “three poles (south pole, north pole and Tibetan plateau), which showed the long-distance transport of the POPs. Furthermore, the outcome of long-term tracing study and observation allowed better understanding on the effects of measures of environmental protection on pollution levels of the specific regions.

3. Significance to research on emerging POPs on China and Asian-Pacific region

The project team was invited to lead an international consultant team for collecting and writing the 1st and 2nd Asian-Pacific regional report on POPs under the Stockholm Convention. With the sponsorship from the United Nations Environment Program (UNEP), the team has organized several regional and international workshops on the POPs.

The State Key Laboratory of Environmental and Biological Analysis in HKBU was established, which provides a comprehensive technology platform focusing on research of emerging POPs and providing support to relevant studies in Hong Kong and Mainland China. The Dioxin Analysis Laboratory of HKBU participated has been approved as first tier laboratory of POPs analysis and monitoring by UNEP and played a leading role in the Asia-Pacific region for POPs monitoring.

4. Brief summary of academic achievements

The team has published over 500 scientific papers on POPs research, many of which were on top journals in the areas such as Environ. Sci Tech. and Anal. Chem., with high citation rates. According to the instruction, 8 representative and 20 major papers were selected. In addition, the project has also trained numerous talent experts in POPs-related areas. The team has organized 15 international conferences of environmental and analytical chemistry, and the team members have been invited to give plenary and keynote speeches for over 100 times.



2. PRIMARY DISCOVERIES

Emerging persistent organic pollutants (emerging POPs) are known for the complex congeners and low levels in the environment. Therefore, highly efficient extraction, purification procedures and sensitive analytical technique are required in order to effectively detect these substances. A series of mass spectrometry (MS)-based methods have been developed for the analysis of emerging POPs in complex environmental and biological samples. Systematic studies have been carried out for polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), perfluorinated compounds (PFAAs), short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) and other emerging or potential POPs. The source, distribution, transportation, accumulation, amplificatory behavior and toxic effects, as well as the level changes upon the stringent environmental regulatory measures were investigated for the better understanding on the pollution characteristics. The obtained results not only had scientific significance but also provided the support to fulfill the Stockholm Convention on POPs.

1. Development of novel methods for extraction and detection of PBDEs, and for distinguishing PBDEs from their chemically and structurally similar substances like PCBs and PCDD/Fs (representative paper 1, 2, major paper 9)

PBDEs were extensively used as flame retardants in furniture, building materials and electronic components. The long-distance transport and bioaccumulation made it a widely existed emerging POP. Mishandling at e-waste recycling site resulted serious PBDEs pollution in the region. The project team published several reports, for the first time, for PBDEs pollution in various environmental matrices in regions near e-waste recycling sites and investigated the pollution status and effects on environmental and human health in the specific regions.

Coupling with Soxhlet extraction and multiple-step column chromatographic clean-up, gas chromatography/ion trap mass spectrometry method with high accuracy and sensitivity was developed to determine PBDEs. Up to 43 PBDE congeners could be determined in the soil sample collected from the e-waste recycle site (representative paper 1, major paper 9). As the structure and chemical property of PBDEs are very similar to PCBs and PCDD/Fs, a simultaneous quantitative analysis method for PBDEs, PCBs and PCDD/Fs from a single extraction was established with low relative error and relative standard deviation. The application of this fast and efficient method allowed the complete separation of the three kinds of substance and achieved accurate determination for each of them (Talanta, 2006, 70: 20-25).

Furthermore, three commonly applied extraction techniques for POPs, namely Soxhlet extraction (SE), accelerated solvent extraction (ASE) and microwave-assisted extraction (MAE), were applied on samples to evaluate their performances. For both PCBs and PBDEs, the two more recent developed techniques (ASE and MAE) were in general capable of producing comparable extraction results as the classical SE, with higher extraction recovery for some PCB congeners with large octanol–water partitioning coefficients (K_{ow}). For PBDEs, difference between the results from MAE and ASE (or SE) suggested that the MAE extraction condition needed to be carefully optimized according to the characteristics of the matrix and analyte in order to avoid degradation of higher brominated congeners and to improve the extraction efficiency. The establishment and evaluation of the extraction protocol provided a solid technique support for accurate measurement of PBDEs (representative paper 2).

2. Investigation of PBDEs distribution in atmosphere, soil, water, plant, animal and



human samples collected near the electronic waste dismantling sites. Formation mechanism of PBDE-DNA adducts was reported, for the first time. Genotoxicity study of PBDEs metabolites was investigated (representative papers 3,4,5,6,7 , major paper 10,11,12)

By using the above developed methods, PBDEs distribution in various environmental and human samples collected near electronic waste dismantling sites were investigated. Sediment and fish samples were collected and analyzed for PBDEs from rivers in Guiyu, China, a typical e-waste recycled and disposed area. The total PBDEs concentrations in sediment, fish muscles and livers were found 10 to 1000 times higher than those from other studies. A significant correlation of concentration of each PBDE congener between sediment and muscle from Guiyu was observed (representative paper 3). Levels of total PBDEs (Σ PBDE) in fishes showed the following trend: grass carp < mud carp < crucian carp < silver carp < carp. PBDEs congener concentrations in muscles correlated well with their lipid content, suggesting that bioaccumulation of PBDE was closely related with lipid (representative paper 4). Air samples of total suspended particles (30-60 microm), and particles with aerodynamic diameter smaller than 2.5 microm (PM_{2.5}) were collected simultaneously at Guiyu, three urban sites in Hong Kong and two urban sites in Guangzhou, South China. PBDEs congeners tested in Guiyu were up to 58-691 times higher than the other urban sites and more than 100 times higher than the studies reported elsewhere (major paper 10). Surface dust collected from printed circuit board recycling workshop floor, road, a schoolyard, and an outdoor food market in Guiyu, China, were investigated for levels of PBDEs and PCDD/Fs. PBDEs concentrations in dust from workshop-floor and on adjacent road to the workshop were highest among the study sites whereas PCDD/F concentrations were highest at the schoolyard and in a workshop. Analyses of <2 mm and <53 μ m dust particle sizes did not show significant difference in PBDEs concentrations. The cytotoxicity of the dust from Guiyu was higher than dust from the other sites investigated (representative paper 5). This study showed that the primitive recycling of e-waste introduced toxic pollutants into the environment, which might be potentially harmful to the health of e-waste workers and local residents, especially children, and thus warrants an urgent investigation into the emerging POPs related health impacts.

Multiple human matrices (human milk, placenta, and hair) of child-bearing-aged women at another e-waste recycling site (Taizhou, China) are collected to investigate PBDEs body burden. The body burdens of women from the e-waste site showed significantly higher levels than those from the reference site and were higher than those reported in other studies. The estimated intake of PBDEs of 6-month-old breastfed infants living at the e-waste site was 57 times higher than that of infants from the reference site. The difference between the two sites was due to e-waste recycling operations, for example, open burning, which led to high background levels. In fact, in addition to PBDEs, primitive e-waste recycling also leads to high body burdens of more toxic PCDD and PCDD/F. The estimated daily intake of PCDD/Fs within 6 months by breastfed infants from the e-waste processing site was 2 times higher than that from the reference site. Both values exceeded the WHO tolerable daily intake for adults by at least 25 and 11 times, respectively. These studies provide evidence that primitive e-waste recycling in China leads to high PBDE, PCDD and PCDD/F body burdens in local residents and can potentially threaten the health of infants (representative paper 6, major paper 11). More importantly, metabolites of PBDEs, PBDE-quinone (PBDE-Q), might possess higher cytotoxicity compared with PBDEs and OH-PBDEs. DNA adducts were characterized by using electrospray ionization tandem mass spectrometry. PBDE-Q with substituted



bromine on the quinone ring was proven to be a favorable structure to form a type I adduct, while the absence of bromine on the quinone ring resulted in a type II adduct; suggesting a potential genotoxicity of PBDEs (major paper 12).

Sewage treatment plant (STP) was also found to serve as an important source for PBDEs pollution. Water, sediment, and aquatic species including plankton, fish, and turtles were collected from a small lake in Beijing, which receives effluent discharged from a large STP. The samples were examined to investigate PBDEs and PCBs. A strong linear correlation ($R^2 = 0.92$) was found between sigma 12 PBDEs and sigma PCBs levels in aquatic species but not in sediments. The different PBDE congener profiles in sediments and biota samples suggested the possible metabolic debromination in the sampled fish. The logarithm bioaccumulation factor (BAF) decreases with the number of bromines in PBDEs molecules, while the log BAF versus the number of chlorines in PCBs appears to be parabolic (representative paper 7).

In summary, investigation of distribution pattern of PBDEs in atmosphere, soil, water, plant and animal as well as human samples surrounding the electronic waste dismantling place and sewage treatment plant have suggested that POPs pollution has become a serious problem for these typical areas.

3. Long-term follow-up investigation summarizing PBDEs contamination status in East Asia, and the impact of stringent environmental protection measures on level of PBDEs and other pollutants (major paper 13)

Summary and critically review of the PBDEs contamination status in East Asia, with the emphases on the comparison to Europe and North America and the interpretation of the difference were conducted. In general, the concentrations of PBDEs in atmosphere, sludge, human and biological samples of East Asia were comparable to or lower than those in Europe and North America. However, in the sediments of waters near the densely populated and heavily industrialized areas, PBDE levels were among the highest ever reported. In Japan and China, concentrations of PBDEs in sediment cores showed an increasing trend for the past 20-30 years. Also, PBDEs levels in human breast milk in Japan increased about 10-fold in the past 20 years. Regional and inter-continental transport cannot be confirmed due to insufficient information. However, the detection of a number of PBDEs congeners in a pristine lake on the Tibetan Plateau may be an evidence of the long-range transport (major paper 13).

Primitive e-waste dismantling activities is the main reason for PBDEs pollution. Regulations on illegal e-waste recycling activities should be strengthened to reduce the potential harm caused. Rice in areas near e-waste recycling site was investigated for the temporal trends of PCDD/Fs, PCBs and PBDEs. The average concentrations of the POPs in rice hulls have markedly decreased during the period of 2005–2009 (Chemosphere, 2012, 88: 330-335). The congener profiles indicated that levels of lowly-halogenated congeners decreased, suggesting that they have been gradually degraded from the field soil over the years (Environmental Science-Processes & Impacts, 2013, 15: 1897-1903). These studies also suggested that enhanced regulation had effects in controlling the POPs pollution, with a gradual decrease of overall pollution levels.

4. Study of PFAAs *in vivo* occurrence among employed workers and the general population. The first quantitative analysis method to detect PFOSF based on derivatization and LC-MS analysis (representative papers 8, major paper 14,15,16)

Perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOSF) is a main precursor of environmentally ubiquitous perfluorooctanesulfonate (PFOS). PFOSF presents significant challenges for



mass spectrometry analysis due to the poor ionization efficiency. A new method was developed by derivatizing PFOSF with benzylamine to allow rapid quantitative analysis by using LC-MS. The derivatization was selective for PFOSF, whereas PFOS did not nearly react. The developed analytical method with good reproducibility not only was applied for analysis of PFOSF in the environment but also for supporting investigations on environmental fate of PFOSF, particularly its environmental and biotransformation to PFOS. This is by far the most accurate method for the determination of PFOSF (major paper 14).

PFAAs has a very strong bio-accumulative property. They can be released to the surrounding environment during their manufacturing and usage. Investigation of the release of PFOS and other PFAAs to the ambient environment around a manufacturing plant was conducted. Very high concentrations of PFOS and PFOA were found in dust from the production storage, raw material stock room, and sulfonation workshop in the facility. A decreasing trend of the three PFAAs levels in soil, water, and chicken egg with increasing distance from the plant was found, indicating the production site to be the primary source of PFAAs in this region (major paper 15).

PFAAs were also widely detected in general population. 85 samples of human blood collected from nine cities were analyzed for PFAAs. Among the 10 compounds measured, PFOS was the predominant compound. PFHxS was the next most abundant perfluorochemical in the samples. No age-related difference in the concentrations of PFOA, PFOS, PFOSA, and PFHxS were observed. Gender-related difference was observed, with males higher for PFOS and PFHxS, and females higher in PFUnDA. There was difference in the concentration profiles (percentage composition) of various PFAAs in the samples among the nine cities of China, suggesting the source of pollution was different from place to place (representative paper 8).

Toxicological effects of PFOA and PFOS on male Sprague-Dawley rats were examined after 28 days of subchronic exposure. Abnormal behavior and sharp weight loss were observed in the high-dose PFOS group. Marked hepatomegaly, renal hypertrophy, and orchioncus in treated groups were in accordance with the viscera-somatic indexes of the liver, kidney, and gonad. Histopathological observation showed that relatively serious damage occurred in the liver and lung. The highest concentration of PFOA detected in the kidney and PFOS in the liver, indicating that the liver, lung, and kidney might serve as the main target organs for PFAAs. Furthermore, a dose-dependent accumulation of PFOS in various tissues was found. The accumulation levels of PFOS were universally higher than PFOA, which might explain the relative high toxicity of PFOS. The definite toxicity and high accumulation of the tested PFCs might pose a great threat to biota and human beings due to their widespread application in various fields (major paper 16).

It is apparent that global large-scale production of PFOS products is no longer a feasible option due to the toxicological considerations. As China is the major manufacturing country of PFOS, it is necessary to consider the impact on the environment as well as the current production and application of PFOS. Investigations on the environmental risks surrounding the manufacturing plants, the exposure pathway and health risks of the occupational group are of crucial importance. The data would serve as reference for the policy making, control of industry standard and risk management (Environmental Science & Technology, 2009, 43, 5171-5175).

5. First development of quantitative analysis method for SCCPs and published the first manuscript about the SCCPs of China (major paper 17, 18, other evidence 1)



Short-chain chlorinated paraffins (SCCPs, C10-C13) is the relatively more toxic components of the chlorinated paraffins, and has been listed as emerging POPs candidate in Stockholm Convention in 2006. However, there is no report of environment pollution or cytotoxicity of SCCPs in China in 2008 when audit on the draft risk profile of SCCPs was conducted. As a result, the project team published the first manuscript about the SCCPs in China, indicated the importance and urgency of SCCPs research, together with the first quantitative analysis method for SCCPs (other evidence 1).

SCCPs have a huge number of homologues, enantiomers and non-enantiomer, plus the interference of medium-chain chlorinated paraffins (MCCPs) during detection, resulting in inaccurate quantitative results and poor reproducibility. By calculating the ratio of the abundance of qualitative and quantitative ions, the use of multiple injections and the time window dividend technology, combined with mathematical calculation method, a quantitative analysis method for SCCPs is established. The interference of MCCPs is greatly reduced, and the accuracy for SCCPs quantitation is significantly enhanced (major paper 17).

Sewage treatment plants is a major SCCPs source. A field study was conducted to determine the behavior and possible removal of SCCPs during the sewage treatment process in an advanced municipal STP. It was suggested that the activated sludge system including basic anaerobic-anoxic-aerobic processes played an effective role in removing SCCPs from the wastewater, while the sorption to sludge by hydrophobic interactions was an important fate of SCCPs during the sewage treatment (Environmental Science & Technology, 2013, 47: 732-740). The concentrations and distribution of SCCPs in farm soils from a wastewater irrigated area in China were investigated and a noticeable spatial trend and specific congener distribution were observed in the wastewater irrigated farmland. Soil vertical profiles showed that Σ SCCP concentrations below the plowed layer decreased exponentially and had a significant positive relationship with total organic carbon in soil cores. This demonstrated that effluents from sewage treatment plants could be a significant source of SCCPs to the ambient environment and wastewater irrigation can lead to higher accumulation of SCCPs in farm soils (major paper 18). A follow-up study in East China Sea showed that a significant linear relationship was found between total organic carbon and total SCCP concentrations. Spatial distributions and correlation analysis indicated that TOC, riverine input, ocean current, and atmospheric deposition played an important role in controlling SCCP accumulation in marine sediments. The results suggest that SCCPs are being regionally or globally distributed by long-range atmospheric or ocean current transport (Environmental Pollution, 2012, 160: 88-94)

6. First study on emerging POPs in “three Polar Regions” (south pole, north pole and the Tibetan Plateau), indicated the long-range transport (principal paper 19 and 20)

The long-range atmospheric transport is one of four basic characteristics of POPs, which was considered as the main influence factor of global pollutants. Analysis of POPs in the Antarctic and Arctic were carried out. The PUF-disk based passive air sampler was employed in Antarctic atmosphere for the first time. The atmospheric concentrations and distributions of PBDEs were reported for the first time in Antarctic air. The atmospheric concentrations of PBDEs were at very low levels, reflecting the pristine status of the Antarctic air. Long-range atmospheric transport and local sources from the research stations were suspected to contribute to the pollution of PBDEs in this pristine area. The levels and distribution PBDEs were investigated in various environmental matrices including soil, sediment, lichen and moss from Fildes Peninsula at King George Island and Ardley Island, west Antarctica. BDE-47 dominated the detected congeners, whereas



BDE-99 and 71 were more abundant in the dropping-amended soils from Ardley Island. These results indicated that long-range atmospheric transport could be the main pathway to King George Island although anthropogenic influence ([principal paper 20](#); Rsc Advances, 2012, 2: 1350-1355.)

Compared with the Polar Regions, it is more convenient in the long-range transport in high latitudes for monitoring POPs. Surface soil samples were collected from the Tibetan Plateau that is the highest plateau in the world, which includes the northern slope of Mt. Qomolangma. The TOC-normalized concentrations of PBDEs and PCBs were log-transformed and then correlated with the altitudes of the sampling sites. Regression analysis between the log-transformed TOC-normalized concentrations and the altitudes of the sampling sites showed two opposite trends with regard to altitude dependence: negative relationship with altitude below about 4500m followed by a positive altitude dependence above this point. Considering minimum anthropogenic activities and very sparse precipitation in the north of Himalayas, the trends above 4500 m imply that the significant altitude dependence of these two groups of POPs were irrespective of pollution sources, but could be predicted by the global distillation effect involving cold condensation in high altitude mountain areas. Increased levels of heavier congeners were found in higher altitude sites, although the lighter congeners were the main contributors to the total amount, suggesting that less volatile congeners seem to become enriched easier than those more volatile at higher altitudes in this region ([principal paper 19](#)).

In summary, the over-years project has resulted significant number of data and evidence on the emerging POPs, with the development and applications of novel mass spectrometry-based methods. The obtained results led to a large number of high-impact publications and stimulated a lot of follow-up study on emerging POPs in China. The data also contributes an important scientific basis for the Stockholm Convention in China and Asian-Pacific region. In addition, the developed methods may have extensive significance for relevant studies of other emerging POPs. The outcome of this project may also provide important analytical tool for investigations on the associated toxicity and genotoxicity of the emerging POPs. It is anticipated that the project may have significant long-term impact on the environmental and human health protection from the contamination of emerging POPs.



3. PUBLICATIONS

1. Qian Luo, Zongwei Cai* and Ming H. Wong*, Polybrominated diphenyl ethers in fish and sediment from river polluted by electronic waste, *Sci Total Environ*/, 2007, 383, 115-127.
2. Zongwei Cai* and Guibin Jiang, Determination of polybrominated diphenyl ethers in soil from e-waste recycling site, *Talanta*/ 2006, 70, 88-90.
3. M. H. Wong*, 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere* 50, 775-780.
4. H. Deng, Z. H. Ye, M. H. Wong*, 2004. Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China. *Environ. Pollut.* 132, 29-40.
5. Anna O. W. Leung, William J. Luksemburg, Anthony S. Wong, Ming H. Wong*, 2007. Spatial distribution of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soil and combusted residue at Guiyu, an electronic waste recycling site in southeast China. *Environ. Sci. Technol.* 41, 2730-2737.
6. Yawei Wang, Guibin Jiang*, Paul K. S. Lam, An Li, 2007. Polybrominated diphenyl ether in the East Asian environment: A critical review. *Environ. Int.* 33, 963-973.
7. J. J. Fu, Q. F. Zhou, J. M. Liu, W. Liu, T. Wang, Q. H. Zhang, and G. B. Jiang*. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health, *Chemosphere*, 2008, 71(7), 1269-1275.
8. Qian Liu, Shi, JB; Sun, JT; Wang, T; Zeng, LX ; GB Jiang*, Graphene and Graphene Oxide Sheets Supported on Silica as Versatile and High-Performance Adsorbents for Solid-Phase Extraction *ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION*, 2011, 50, 5913-5917.

2017年度推荐科技论文版



4. PRINCIPAL ACHIEVERS

| | | | |
|--|---|------|--|
| Achiever No | 1 | Name | |
| Primary Academic contributions to this project | | | |
| Achiever No | 2 | Name | |
| Primary Academic contributions to this project | | | |
| Achiever No | 3 | Name | |
| Primary Academic contributions to this project | | | |
| Achiever No | 4 | Name | |
| Primary Academic contributions to this project | | | |
| Achiever No | 5 | Name | |
| Primary Academic contributions to this project | | | |