

十一、环境化学学科发展趋势

随着社会经济的发展、资源与能源的开发利用、城市化过程的加速、人口增加，人类活动引起的环境化学问题层出不穷，对环境化学提出了新的挑战，反过来也促进了环境化学的发展。

(一) 环境分析化学

90年代以来，无论环境生态破坏和健康问题不断出现和资源环境的破坏、管理和修复，污染控制和防治的深化以及环境科学各种研究开展的需要，促使各种新理化方法/技术/仪器的发展和应用，大大推动了环境分析化学的发展。

环境分析化学每年平均一万篇以上论文，有机分析占 2/3，平均每十年将在灵敏度上提高三个数量级，痕量分析 90 年代达 ppt (10^{-12})，超痕量分析达 ppq (10^{-15}) 级。目前需解决的关键问题有：样品采集、保存等前处理问题、形态分析、现场实时分析监测（包括快速响应）以及对难挥发性化合物、强极性化合物的分析等问题。

近年来环境有机物的分析发展尤为迅速。如直接涉及人体健康的饮用水、室内空气中剧毒化学物质的超痕量分析灵敏度的提高；复杂介质（matrix）体系中有机毒物的分离提取，包括高毒性簇化合物，PCB、PCDD、PAHs 有毒同簇体（Cogeners）分离分析；多残留等混合物质的同时测定；农药包括除草剂环境化学行为、降解代谢产物中未知物结构鉴定以及难挥发、热不稳定性和强极性农药的痕量、超痕量分析仍不断发展等等。至今高灵敏度、强极性、多残留农药（包括其消解动态）的可靠分析方法仍不理想、固体废弃物燃烧排放产物等对分析化学仍不断提出新的要求，大气中环境有机化合物的分析任务更为繁多。

从分析化学及环境分析仪器研究来看，近年来环境化学和有关学科、技术工作的一体化研究和开发成效更为显著。快速、可靠、简便以及现场分析仪器的小型化、灵敏度不断改进。如 GC/MS、LC/MS、MS/MS、HPLC (ESI) /MS、GC-AED 等联用技术出现重要发展。化学、生物传感器的研究开发受到重视。目前已着手建立 HPLC/APIMS（大气压电离质谱）联用新技术。这些值得我国重视研究。

近年来金属和金属有机物的形态分析仍然是研究的热点，其内容及分析手段均在扩大中，联用技术受到了重视。如 1994 年欧洲委员会测量与测试计划举办的“形态分析趋势”研讨会上除确认今后元素形态分析的趋势应着重研究对环境和生态有重要影响的、未知的新形态（Species）及其归宿，改进配位体与氧化还原物种等分析技术；利用高分辨 ICP-MS（“离子阱”），避免检测中干扰；选择性检出和电泳相耦合的技术；毛细管电泳与 HPLC 或 GC-荧光光谱相耦合用于现场测定（Hg, Se, Cd, Pb）；光导纤维/现场测定技术；发展生物技术：在线检测用微型化微波聚焦系统等新技术。同时也应与指出，今后研究趋势还应向金属蛋白、金属酶、有机硒等大分子物种中有毒有害成分的检出、存在与归宿等方面发展。

人类工作生活活动及居住环境引起的室内空气污染直接影响人体健康，有关分析化学也在迅速发展。瞬态物种的测定在大气化学研究中已很重要，

它的分析和监测可准确地认识大气化学动态过程，如富里叶变换红外技术，激光技术和各种联用技术仍在发展中。

总之，环境分析化学当今的发展是和目前环境问题的研究或现实问题的剖析密切联系的；应用高新技术，如激光、微波、分子束和核技术等环境中愈益显示出它们的威力，使原来的分析方法、步骤或程序，从根本上有所革新；为达到上述高灵敏度、瞬时快速和在线分析等要求，还必须从高新技术上进行多方面探索与联用，这也将是今后发展的重要途径。

(二) 大气、水体、土壤环境化学

研究环境化学物质（化学沾污物及能在环境/生物/人体产生生态效应/健康影响的化学污染物）在不同环境介质中的环境化学行为，既有其各自深入发展的特点也还有它们相互作用、跨介质/多介质变化的特点，特别是复杂体系（开放体系）动态过程（不可逆过程）的化学原理、方法和手段的研究，其内容十分丰富，这是环境化学的主要部分，目前正向纵深发展。

1. 大气环境化学

从对大气污染物的物理化学表征，进入到研究环境中的化学反应动力学、大气光化学机制以及自由基反应过程等，近年来重点已由均相化学反应转向非均相反应研究。结合区域和全球性大气问题，对气溶胶/颗粒物在大气化学过程中的作用研究受到很大重视。

1995 年度诺贝尔化学奖授予三位大气环境化学家 Crutzen、Rowland 和 Molina。他们首先提出了平流层臭氧破坏的化学机制。Crutzen 提出 NO_x 理论（1970）、Rowland 和 Molina 提出了 CFCs 理论（1974），这些基础理论的研究成果对南极“臭氧洞”的发现（1985）引起全世界的“震动”而导致《蒙特利尔议定书》的签订（1987），为保护全球环境作出了重大的贡献，同时也标志着大气环境化学已进入到成熟的阶段。

近年来平流层和对流层化学一直是大气化学研究的重要内容。如何利用化学手段进行 CO₂ 控制，已有研究。臭氧洞的形成及其原因以及如何保护臭氧层的问题，已是当今全球性环境问题的热点。非均相大气化学反应得到了很大重视，如臭氧洞形成的解释，Solomon、Turco 等人指出仅依据气相反应还不能很好解释臭氧洞的形成，必须研究大气中冰晶气溶胶上的非均相反应。研究在平流层和对流层中气溶胶表面吸附特性（如有机过氧化物自由基、金属、有机物等）与催化作用，这些非均相表面的化学过程，将有助于进一步了解臭氧洞形成的根源。为保护臭氧层，减缓大气臭氧耗损，研究超细颗粒物的低温反应的储库化合物与活性种的低温催化失活反应特性，寻找调控臭氧的最佳条件，这方面的研究极为活跃。还有提出向平流层注入烃类以减少极地涡旋中的臭氧损耗或用电子扫除平流层中 Cl 原子等方案，当然这些方案还在研究探索中。

研究辐射活性气体的发生、转化与归宿，对地球的起源、演变和持续发展有重要作用。已发现生物源的源强超过化石燃料燃烧的源强，其生成和消失的生化过程和光化学过程值得深入研究。例如，与光合作用有关的气体释放过程、与维管束传输有关的释放过程、与土壤微生物有关的释放过程以及与根系分泌物和化感物质有关的释放过程等。

室内空气污染问题（包括家庭环境和工作环境）已成为涉及千家万户的

环境问题。大量、不断地释放出来的有毒、有害气体、包括抽烟、取暖、燃气、建筑材料、生活用挥发性有机化合物，它们的存在、分布及化学转化和影响，近年来受到国内外的重视。

我国在严重的燃煤大气污染背景下，叠加了日益严重的汽车尾气污染，两类污染相互作用或影响，其耦合机制尚不清楚。此外，区域性大气环境问题与全球性环境问题的叠加也将是现今研究的重要课题。

2. 水体或水环境化学

水环境化学有较长的研究史，近年来稳步发展，以化学平衡原理为主，在水环境化学过程的速率及反应机制两方面研究均受到重视。根据天然水体系统这些关键性原理和参数所形成的模型和模式逼近真实，已使天然水体化学在它最重要的方面逐渐进入定量化研究阶段。

在固体-水界面的界面化学研究方面，无论在概念和实验方面近年来均有很大发展，特别对固体表面和溶质相互作用的吸附过程研究已相当深入。如与 H^+ 、 OH^- 、金属离子和配位体形成络合键的表面络合以及非极性化合物与水形成疏水吸附均已被认为是吸附过程的基本机制。无论对颗粒物之间胶体化学系统和行为作出解释，对地球化学过程速率规模的定量处理等方面，界面化学都是十分重要的。

近年来与水环境介质密切相关的大气和水相互作用的重要性已日益受到人们的关注，在大气中尽管水分只是一种次要的组分，然而在云雾、降水化学反应中却很重要，在联接土壤和水及大气环境方面也很重要。

在水体化学反应过程的机制研究中，近年来有关氧化还原过程中电子迁移速率的研究使得对重要的光诱导和光催化过程的非均相体系的了解更趋深入，为其应用增加了科学依据。水体中金属离子的形态分析及变化以及其络合、吸附反应动力学模型模式，包括动态模式均在迅速发展。金属离子与细菌生物膜 (Microbial biofilms) 的作用；如天然水体中的细菌可与颗粒物表面作用，并可释放出有机聚合物而与金属离子键合，因此它可以对金属离子在水体中的积累、迁移及归宿等产生影响，该领域也是环境水化学的新内容，值得予以注意。

有机物在水/土壤中的环境化学行为近几年来发展很快，一方面对单个环境化学过程在分子水平上的定量研究，描述了吸附、化学/生化降解等重要转化过程，并与其反应物的毒性效应相结合（如利用 QSAR 进行初步预测）；另一方面结合实际环境污染问题研究水体/土壤、河/湖中有机污染物在有关体系中的动态过程，并和特定污染物的源、分布和归宿的评价相结合，将环境有机化学与生物地球化学、环境工程等研究配合起来，使有机环境化学研究日趋系统化，并和实际问题密切配合。

近年来水环境化学以及有机环境化学（以水/土壤环境研究为主）的重要进展比较充分地反映在瑞士 W. Stumm 等国际上有权威的《水化学》1995 年新版（第三版）专著中以及 R. Schwarzenbach 等先后出版的《环境有机化学》（1993, 1995）两专著中。

在水环境化学的应用方面，颗粒物之间相互作用的界面化学涉及面很广。如土壤/沉积物间有机、无机化学物质的环境行为，水与底泥界上营养素的转化及再向水体中的释放过程与机制，水表微层中污染物的行为及与大气之间的界面反应以及水污染控制等过程研究中均属有广泛意义的基础性内容，应给予重视和发展。

3. 土壤环境化学

随着化学沾污物/污染物多途径进入土壤系统,如农药、化肥、生物质燃烧等农业活动加剧,大气污染物沉降和酸雨/降雨影响,污灌和污泥的土地利用,工、矿、生活固体废弃物的堆放、填埋等种种活动,由于土壤系统是如此脆弱以致容易受到种种化学物质的冲击,因而破坏了土壤系统,近年来土壤系统中重金属、农药等有机物的环境化学行为研究比前更受重视。从局部/区域土壤环境来看,人们主要关心涉及化学污染物的潜在食物链污染影响。对重金属污染来说,土壤中金属形态和生态有效性以及生态毒性的研究,多组分化学混合物以及化学污染物在多介质中的土壤环境化学行为及其模型、模式的研究受到关注。对大量有机沾污物/污染物特别是各种主要农药的研究一直是研究重点,近年来多介质土壤系统中化学污染物的化学/生化降解和氧化还原过程的研究更为系统、深入。多介质研究包括土壤/沉积物,土壤水/地下水,土壤和大气等介质。不饱和土壤对化学污染物的分配、吸附、降解等化学行为有较多影响,受到人们的重视,以上这些研究也可以为制定土壤环境中化学污染物基准,对控制、修复受污染/破坏的土壤、为保护土壤环境健康以及土壤利用提供必要的科学依据。

近年来土壤环境中有机物的降解性和移动性评价研究更多,将土壤环境化学研究和生物降解、物理扩散(挥发、逸散)流动性因素相结合而建立的综合试验、模拟动态研究等等,国际上也已开始。

当前多介质环境问题已逐渐发展、渗透到复杂生态系统、元素生物地球化学以及全球变化等研究领域,多介质环境化学在迅速发展着,土壤环境化学是它一个重要的组成部分。

4. 元素化学循环

全球性元素循环研究在不断发展,近几年来有关环境化学过程的研究有较快的发展,可以从以下汞和氮的转化和迁移过程来说明。

汞的化学循环

近年来汞作为全球性污染物已日益受到人们重视,1994年召开的国际汞会议上有二百多篇论文涉及汞的源、环境过程,特别是大气化学过程、健康影响、全球性模型模式等(其专集已于1995年发表),1996年即将召开的国际汞的会议已有四百多篇论文报名。SCOPE1992年成立汞的专题研究以来,对金矿开采、水库建设以及燃煤等人为活动引起的汞污染,及其对生态环境和健康影响的研究,有关学术活动十分频繁。国际上汞污染源的不断发现以及甲基汞影响胎儿健康等影响均引起国际环境、卫生界的关注。从环境化学研究进展来说,气态汞的取样、形态分析、超痕量不同形态汞的分析方法的不断改善,汞循环中大气化学过程及其机制的研究成果更为显著。美国、北欧在洼地、湿地及生态系统中有关地区性汞循环,包括汞的大气化学过程/机制及其迁移转化、以及有关化学模型、模式已有系统的研究。这些研究促进了人们对全球性汞循环及其影响有了进一步了解。例如大气汞的化学动力学机制,包括大气水相中汞的氧化还原反应,颗粒物与其干湿沉降过程中的非均相化学变化,电厂烟羽模拟中汞的干湿沉降过程等,这些对地区性/全球性汞循环模型的建立和模式估算均是十分重要的。

氮化合物的迁移转化过程

人类活动使区域/全球性元素循环中氮化物的迁移和转化比其他元素循环涉及范围更广,包括氮在不同生态系统中的硝化和反硝化转化过程。由于

化石燃料燃烧、氮肥生产包括固氮工业中氮化物的泄出、豆科植物栽培等人类活动，使排放的大量氮化物转化为生物有效态氮远远超过了自然过程中固定的氮。农田生物质燃烧、施肥、土地利用以及农业生产活动（这对发展中国家问题更多）将有大量氮化物排入大气，并使（贮存态）氮转化为动态氮（ N_2O 、 NH_3 、 N_2 等）

目前国内外研究发现不少生态系统显示出 NO_3^- 和 NH_4^+ 大大增长的趋势。随着陆地生态系统研究的加强，土壤中氮转化排放的 N_2O 对温室气体贡献的增加，以及 N_2O 排放和转化对水体，尤其对沿海、海湾生态系统富营养化问题，以及对海洋资源的影响等等，氮的转化和迁移受到海洋、森林、农业、大气以及气候等部门的关注。此外，大气中 NO_3^- 和 NH_4^+ 的增加，对全球一些地区的土壤、森林、农业生态系统的酸化也有影响。继之对饮用水质、植被生长也带来不利因素。

近年来国际上对热带、亚热带地区，对农业活动频繁、土地利用变化较大的亚洲地区，特别是东南亚地区氮源及氮的迁移和转化问题更为关心。IGBP、SCOPE 等国际组织先后举办过一些研讨会，1996 年春在日本就有两个研讨会，1996 年夏在台湾有一次亚洲地区性会议，1997 年 SCOPE 在我国南京召开《评估人为活动氮化物对我国长江、黄河水系影响》的研讨会。从陆地系统迁移转化进入水体、海洋的氮化物量大，变化也大，更受到国际环境界重视。

（三）污染控制化学

近年来，随着可持续发展战略正在迅速被全世界所接受，以污染预防为主的一体化污染控制方式正在向取代过去的“管端”污染控制方向转变。污染控制化学的研究与技术开发也在发生相应的转变。

以污染预防为主的一体化污染控制的主要特征是节约资源、节省能源、环境影响最少化。为此，从一种产品的设计开始，就要全面考虑其整个寿命周期（Life Cycle）中的环境影响最少化，包括整个化学工艺过程。污染控制化学家需要研究原材料和工艺及其化学产品对环境影响的最优化条件，采用环境影响小的材料、工艺和产品，最大限度减少资源和能源的使用。具体地说，污染控制化学要从化学的角度，运用“寿命周期分析”方法，研究评价所有材料、工艺和产品的环境影响，设计研究合适的工艺和产品。研究开发可作为二次资源的分离、回收或利用、重复利用技术及最佳组合技术，以产生较大的环境经济效益。例如，新加坡改用混合气体流态床法代替熔盐法进行各种金属零部件的热处理，减少了废物排放，提高了安全性和产品质量，降低了生产成本。希腊一制革厂采用一种五步间歇法回收制革废物中 95% ~ 98% 的 Cr()，并回用于生产工艺中，减少了 20% ~ 40% 含铬废水排放。荷兰一淀粉厂在生产工艺中采用反渗透法回收马铃薯淀粉工艺废水中的蛋白，解决了废水处理及节水问题。印度一硫黑印染厂利用玉米淀粉生产过程的水解物（hydroly 副产物）代替硫化钠作为还原剂处理废水，简化了印染工艺并提高了印染质量。以上实例可以看到当前污染预防发展的总趋势不仅受到发达国家的重视，发展中国家也在推行之中。以污染预防为主的战略思想日益明确，在不断研究设计方案，试点展开研究，化学方面是其中一个方面，

其主要内容为逐步进行典型行业/工艺全过程和产品寿命周期分析，建立完善、整套理论/方法等框架和系统分析方法，包括识别、检查寿命周期内各阶段环境影响及最终的综合分析，其项目是典型污染行业/工艺的“清洁工艺”及产品的设计原理研究。美国已确定的有色金属冶炼加工、碳黑、纸浆、制革等与最严重污染行业有关的研究在开展中。

对被沾污/破坏土壤环境修复 (Remediation) 方面多介质的环境化学，尤其是土壤环境化学过程也有较快的发展，从新创刊 (1991—) 的《修复》杂志中也可以见到有关多介质环境化学的内容，包括：沾污/污染源中有毒有害化学物质的鉴别、分析和表征；有毒有害物质在环境中的释放及归宿，土壤/沉积物表面，土壤水/间隙水层中污染物的化学动态过程，优先化学毒物对生物/人群的暴露评价及可能的健康影响/生态效应的预测，还包括了定量结构与活性或毒性相关性 (QSARs) 的研究，在化学修复技术中针对污染物的吸附、释放性，需要选择研究适用表面活性剂的脱吸、溶解等性能研究。

当前欧美大量工矿业固体废弃物处理场或填埋场已严重污染土壤/地下水，影响健康。在美国上万个已被发现的污染点中已有上千个点在研究修复中 (政府超基金计划)，一些科技设计、研究开发单位正在进行“点”的修复研究，包括环境污染控制化学的研究。

污染控制中强调提高废水/气处理效率被称为“生态效率” (Eco-efficiency) 的管端技术仍在发展中，其中新型高效絮凝剂的研制及絮凝过程的基础研究仍然有很多研究。多相光催化氧化法可认为是研究热点，它对多种有机物有明显去除优势，近几年来已从不同化合物种类进行可降解性规律探索，并逐渐向实际应用和反应机理纵深发展，其中以催化剂改进及太阳能利用为主导，含氯有机物的研究较为深入，含氮有机物受到重视。

与全球性有关耗损臭氧物质 (如 CFCs 和哈龙) 如何进行破坏以及新的代用品研究及对量大面广的温室气体 CO_2 能否有效用化学法 (如催化) 消除，适当控制或回收利用也是 90 年代污染控制化学一大类新的课题。

(四) 污染生态化学

环境化学物质的生态效应和健康影响近年来日益受到人们重视。一些新的研究方法在发展中，如 SGOMSEC 活动。化学和生态学相互渗透产生了生物源化学信息物质研究的新方向，化学生态学称之为化感物质 (Allelochemicals) 和化感作用 (Allelopathy)：化学物质的全球性/地区性影响研究正在扩大，分子水平的生态化学研究也在深入发展。近年来分散在多方面的研究动向有以下方面：

(1) 环境天然有机物质 (包括聚合物) 相互作用产物的生态化学，如腐殖质物质与有机、无机污染物之间的作用产物的生态效应研究。

(2) 全球性/地区性生物地球化学循环中的生态化学研究。如氮、汞化学循环中的生态化学。

(3) 非致癌人群健康影响研究中的环境化学，如雌激素化合物 (Estrogens) 在动物/人群引起生育缺陷等生殖、发育问题，国际上正在扩大对敏感性人群慢性暴露于何种环境化学物质引起疾病问题进行研究，包括可能的环境化学因素。

(4) 生物指标物 (Biomarkers) 研究中的环境化学研究。为对慢性/长期

性毒性反应/现象进行预测，国际毒理界近年来对引起生物系统损伤的估算，包括污染物暴露、敏感性等生物指标物研究很重视，这也涉及有毒化学物质和生物机体之间的化学反应（如 DNA 损伤中有关化学加成反应等），国际学术活动频繁，如 SGOMSEC 计划。生物膜作为微量元素生物指标的可能性也值得探索。

(5)有毒化学品危险性评价中的生态化学研究。为控制、管理有毒化学品，研究和发 展暴露于化学毒物及其长期健康（包括人类老化过程）中的生态化学，和生态毒理学相配合的生态化学将是一个活跃的研究领域。联合有关 QSARs 的研究，环境化学将发挥更大作用。

(6)生物源化学物质的环境化学行为研究。人为污染物与生物源释放的化学信息物质在维持生态系统平衡、抗逆污染破坏等方面起到重要的调节作用。如生物源向大气释放低碳烃等气态物质和气态污染物的关系；土壤和作物系统微生物分泌的化学物质与土壤污染物的作用；水生物（藻类等）分泌物与水体污染物相互作用引起的生态系统影响以及其他化学/生化反应机理等等，这些研究可能为生态农业、绿色技术的应用开辟新途径。

总之，生态化学和生态毒理学、化学生态学相结合并向纵深发展均将把环境化学引向新的研究领域，重视从国内外已发现的生态效应和健康问题中追溯原委、研究其化学反应机制，预测或预防污染危害，避免把重大问题传给后代，无疑是发展环保科研的重要战略任务，因而生态化学研究将具有很强生命力。

（五）环境计算化学研究

立足于环境化学与计算机科学界面上的环境计算化学研究近年来发展很快，国际上已有专著问世。它与数学、物理方法相结合，使以经验、实验为基础的环境化学研究趋于理论化和更加科学化，并解决了一些过去难以进行数值求解的问题，扩展了环境化学研究成果的应用，是值得重视的一个新的领域，它包括以下几个方面：

(1)环境计量学的研究，化学计量学在环境化学中的应用近年得到很快发展和广泛应用，有题为《环境计量学》的美国化学会专集已出版。如在某些多组分体系分析中可免去分离步骤，对混合物波谱进行定量解析，扩大了仪器处理复杂环境样品的能力。将随机变量引入传统的多元统计分析方法中，概念的突破推动了对离散性数据的模拟。遗传算法（“物竞天择”思想）等新的计算法的引入进一步发展了化学计量学在环境化学中的应用。它与人工神经网络相结合，实现了环境控制过程方案选择的优化。最近分形理论得以应用，可用于预报随机性较大的多因素控制的复杂过程，如自然灾害等，也有可能应用于环境化学类似的化学过程中。

(2)环境化学过程在大气、水体、土壤环境过程模拟、模式得到进一步发展。环境计算化学在国内外已有不少工作，近年来发展很快，如模拟水稻田释放甲烷、小麦田释放 N_2O 等实际过程、高密度有毒气体扩散模拟将包括化学热力学、化学动力学、传热传质等化学和物理过程，而不是简单的高斯模式。大气化学模式发展更快，目前已能够用确定模式描述痕量气体在生物源内的生成、释放和传输、转化等复杂过程。

(3)人工智能在环境化学中的应用，包括神经网络、专家系统和模糊数

学方面，近年来又有新发展。人工神经网络主要描述非线性规律特别是多元非线性以至突变规律，这对环境化学体系十分适合，它与过程模拟模型相结合，互补应用已形成一个新趋势，应予以支持。它与分析仪器开发相结合，形成智能分析仪器，使其功效有较大增强。它还可用于化学突发事件的灾前预测和提供灾时对策等。环境化学过程/工艺的模糊控制在不久将来可望获得较大成功。

定量结构—活性关系 (QSARs) 也是环境计算化学的一个方面，近年来仍很活跃。如经合组织 (OECD) 1994 年出版的《OECD 环境专著系列》(NO.92) 中关于化学品和农药的水生生物效应评价工作，QSARs 对毒性数据应用，实验室数据向真实环境外推和化学品对沉积物、土壤中生物的毒性效应统一成为新化学品和现有化学品水生系统风险评估模式等等。

(六) 结论

1. 环境化学发展的总趋势——日趋成熟

由于人类对环境化学品的利用和控制、对环境的合理管理等需要，从追溯、监测、分析、鉴定化学沾污物 (Contaminants) / 污染物 (pollutants) 来源，研究其在自然环境中的化学变化过程和研究其所产生的生态效应/健康影响中的化学问题到污染化学防治和控制的方法等等，都使人们愈来愈认识到环境化学家除了利用化学学科的原理、方法和手段 (包括研究其结构、过程和相关性)，还应用其他学科的有关知识和手段，研究和改造人类环境系统和环境工程系统。这些系统远比单纯系统复杂，也还有其环境特殊性。二十多年来环境化学已发展成为化学学科的一个新分支，是一门有整体性和全球性的环境科学分支，受到国际化学和环境科学界的关注。

1995 年度诺贝尔化学奖第一次颁发给三位环境化学家，进一步表明环境化学已和其他学术领域一样进入学术界主流科学之列。这几位环境化学家的实验室控制模拟结果在现实环境中得到验证。从发现、提出平流层中氧化氮可以被紫外辐射分解而破坏全球范围的臭氧层开始，追踪对流层大气中十分稳定的 CFCs 类化学物质扩散进入平流层的同样归宿，阐明了影响臭氧层厚度的化学机理，使人类可以对耗损臭氧的化学物质进行控制，为人类从灾难性的全球环境问题中解脱出来作出了杰出的贡献。

以上实例正说明环境化学家的研究价值不仅在于阐明化学动力学或分子现象，主要在于依靠运用和改进已有的化学等科学方法和技术来揭示和解决以前没有认识到的、有重要意义的现象和问题，使得对环境中复杂系统本身有更完整或整体的了解和解决办法。

2. 环境化学正向广度和深度稳步发展

自然环境是一个十分复杂的系统，在人类的环境科学研究中环境化学只是一个方面，但它始终交叉、渗透到许多其它方面，因而必须和与其相关的学科/技术联合或配合研究，才能向纵深发展。单从作为环境化学主要研究对象的环境化学物质/化学品、化学污染物研究的发展来看，从环境分析开始到产生生态效应/健康的原委和机制，环境化学和生态毒理研究密切配合已深入到分子水平。化学物质定量结构和活性/毒性关系 (QSARs) 研究支持了化合物活性/毒性的预测。目前国际上不断深入发展的化学品暴露评价部分就包括化学品“源”和释放物表征、有关化学品的暴露途径、迁移转化和归宿，从

暴露到受体变化等环境化学研究。目前化学品的安全评价已从单一化合物发展到混合化合物，从点源到非点源（分散污染源）并开始进入生态系统水平的研究。其研究发展趋势，可从国际科联环境问题科学委员会（SCOPE）有关研究专题丛书的主题中见到。

关于化学污染物来源及研究重点/优先化学品，90年代以来在逐渐明确中。随着环境科学研究的深入以及研究手段的不断提高，当前人们对环境中某些问题，开始进行重新认识，如对有机氯、汞化合物等的环境化学行为等等。1995年美国环境界按问题的重要性将它们列为：平流层臭氧耗损物质，排入海洋和水体中的氮、磷等非点源、危险性农药、室内空气污染物，化妆品，致癌物。在美国环保局（EPA）《有毒物释放清查库》（Toxic Release Inventory, TRI）规定要按年度申报的三百多种化学品中农药占半数以上。

1992年联合国环境与发展大会通过的《21世纪议程》中对加速国际间化学品安全评价提出了明确要求，近年来国际上开展了一系列政府间会议和学术活动，1996年初第二次化学品安全国际论坛上114个国家、政府间组织和非政府组织的代表再次明确目标，将在当前世界卫生组织（WHO）、联合国粮农组织（FAO）、经合组织（OECD）等已有的二百多种化学品安全评价的基础上统一标准、分析方法和评价方法，1997年前开展200种，2000年前再开展300种化合物的安全评价，主要包括农药、饮用水、大气和食品中的一些化学对象。在1995年102个国家政府代表一致承诺制定保护海洋环境免受陆地活动影响的《全球行动计划》中确定的一打“肮脏”化学品，包括：多氯联苯（PCBs）、二噁类（Dioxins）、呋喃类（Furans）、艾氏剂（Endrin）、狄氏剂（Dieldrin）、氯甲桥萘、毒杀芬（Toxaphene）、氯丹（Chlordane）、六氯苯（HCB）、七氯（Heptachlor）、DDT和灭蚁灵（MIREX），主要是农药。

国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）近年来也越来越重视化学和环境、化学和健康方面的合作研究，并计划和SCOPE、FAO等组织合作开展有毒化学品、农用化学品等方面的联合研究，还提出了开展无害工艺、无害燃料的研究设想。无疑地在21世纪即将来临之际，环境化学密切结合人类的需要必将扩大其研究和发展壮大。

再从宏观上看，以适应世界各国社会经济持续发展和管理环境的需要，结合各国局部/区域性以及全球性需要，环境化学研究要参加到有重大环境与发展意义的研究中去，如全球性元素循环、保护臭氧层、保护海洋、发展清洁工艺、确保食品供应等任务；在研究方法学上不断改进并引入一些新技术，包括新的取样、分析测试、传感技术到污染控制技术以及人工智能技术的应用等等。