

李道季：在河口大洋寻踪“微塑料”

本报记者 沈竹士

今年是中国禁止洋垃圾入境，推进固体废物进口管理制度改革的收官之年。自2017年以来，中国已将40种固体废物调整为禁止进口，其中包括了16种工业来源和生活来源的废塑料。

今年年初，国家发改委和生态环境部公布《关于进一步加强塑料污染治理的意见》，塑料污染治理在全国全面展开。

废塑料经过物理、化学和生物的作用会破碎和降解为直径小于5毫米的微塑料。近年来，微塑料研究在国际范围内迅速升温。科学家可以通过对海洋微塑料的研究估算出一个区域乃至一个国家的塑料垃圾入海量，进而对一个国家的塑料垃圾管控水平做出评价。

然而，长期以来全球并未形成一致认可的塑料和微塑料入海量监测方法。部分西方学者严重高估了中国入海量塑料垃圾量，甚至将中国指为全世界海洋塑料垃圾排放量最多的国家，这些观点是缺乏实测数据支撑的。

对于外媒“中国是海洋塑料垃圾的主要输出国”的论调，生态环境部海洋生态环境司相关负责人去年10月曾回应：“中国是最大的塑料生产国和出口国，但并不代表中国是塑料污染大国，越来越多的研究也证明了这一点。”

李道季，华东师范大学教授，科技部国家重点研发计划海洋微塑料项目的首席科学家，1984年进入华师大原河口海岸研究所。他修正了西方学者“中国是全球沿海国家中海塑料垃圾最大源头”的结论，领导了联合国教科文组织海洋科学委员会在亚太地区的海洋微塑料研究项目，在国际上产生了重大影响。



①李道季作为市政协委员参加上海“两会”。
②李道季在海洋调查船上进行夜间海水采集作业。
③李道季与陈吉余的合影。（除署名外，均受访者供图）
制图：邢千里

用翔实数据驳斥西方学者错误言论

记者采访李道季教授的时候，他刚刚从澳门返回上海。此行目的是为了帮助澳门特区政府开展微塑料调查及应对策略研究。他在这样的事上不吝惜精力，因为每多影响一个地方，对于未来亚太地区甚至全球建立一致的监测方法，就会多一分益处。

导致全球微塑料研究分歧太大的一个原因，是缺乏标准一致的方法。微塑料研究曾经一度夹杂着混乱、谬误和以讹传讹。

比如，瑞典学者曾在国际知名的学术期刊《科学》刊文，称其首次证明了海鲈鱼幼体对微塑料的选择性摄取，且海鲈鱼幼体的生长和发育均会受到微塑料影响。此文在引起广泛关注后，最终因学术造假而撤稿。

在这些混乱的声音中，有一部分针对中国这个人口大国的塑料垃圾排放来做文章。2015年2月13日出版的《科学》正刊，刊登了美国学者詹贝克的一篇论文。詹贝克基于海岸线50公里范围内的人口来计算各国排入海洋的塑料垃圾量，并且设定中国塑料垃圾的未合理管控率为76%，结果显示，2010年中国输出132到353万吨的海洋塑料垃圾，在全球192个沿海国家中

位列第一。

此后，又有西方学者依据此文的参数和方法进行估算，称中国长江是世界上向海洋排放塑料垃圾和微塑料最多的河流。这些研究成果无疑给世界造成了一个印象，那就是全球海洋环境持续恶化与中国有关。

那么，美国学者的研究结果，究竟能不能站得住脚？从2013年开始，李道季就开展了对长江河口水体中的微塑料的研究，他的课题组是首个在国际刊物上发表微塑料论文的国内团队，对国际上的相关研究是非常敏感的。

在第一时间拿到詹贝克这篇论文后，李道季发现文章中有个关键词是“未合理管控率”。这个数据并非来源于实测调研，而是通过文献考据得来。它大大低估了中国的垃圾管控力度。

“你知道未合理管控率76%是什么概念？按此计算，在上海这样的沿海城市，近八成的塑料垃圾随意丢弃，无人处置。真是这样的话上海的街道早就被垃圾填满了。你觉得可信吗？上海有精细化的垃圾管理，有现代化的垃圾处理设施，更不用说废品

回收市场也能够消纳垃圾。这些现实存在的管控都被无视了。我接触过西方的一些相关人士，他们总认为自己国家开展了几十年的垃圾分类，是一件非常值得骄傲的事情。他们不知道这些年在垃圾分类已经成了‘新时尚’，而且中国人的执行效率是非常高的。这是他们轻率地做出误判的思想根源。”李道季分析说。

虽然判断这篇论文严重高估了中国入海量塑料垃圾总量，中国科学家一时之间还是感到无力与难受。国内塑料垃圾和微塑料研究较滞后，这意味着缺少数据。缺乏数据支撑的辩白是软弱的。想了解真实情况，需要实测数据，而且需要大范围、系统性、可靠的实测数据。

李道季决定给中央有关部门写信。华东师大河口海岸学国家重点实验室（原河口海岸研究所）是有建言献策传统的。当年，李道季的老师、我国河口海岸学奠基人陈吉余致信时任上海市领导，根据他的建议，浦东国际机场从海堤内改建于海堤之外，为国家节约了大量土地和巨额投资，传为佳话。李道季当时就在陈老师身边，跟随老师全程参与了浦东国际机场东移的研究项目。

李道季在信中建议，尽快开展中国海洋微塑料监测和研究。这封信顺利转呈中央并很快得到了批复。2015年12月，原环境保护部、国家海洋局和科学技术部开始推进和落实国家重点研发计划“海洋环境安全保障”专项“海洋微塑料监测和生态环境效应评估技术研究”项目立项。

2018年，李道季在第二届海洋微塑料国际学术研讨会和生态文明贵阳国际论坛等多个重要国际会议上，面对全球海洋塑料垃圾和微塑料研究顶尖学者陆续公布了团队最新研究成果：

一是建立了中国塑料垃圾进入海洋输出量的估算模型，模型能够比较准确地预测中国每年产生的塑料垃圾量，预测结果与统计值相差小于8%。据此初步估算出2011年，我国塑料垃圾入海量在46万吨左右，有力驳斥了美国学者“中国是全球塑料垃圾入海量最大的国家”的错误观点。

二是依据2017年长江口及邻近海域连续三个季节悬浮微塑料的监测结果分析，估算出长江年输送塑料垃圾在8万吨以下，否定了西方学者“长江是全球运输塑料垃圾入海量最大的河流”的观点。

三是与国际上其他的河口比较，中国河口微塑料的风险也处于中低水平。中国科学家的结论令国际社会信服，因为它来源于大量扎实的实测数据。

多学科交叉培养出的“实地”教授

宗熙教授；海洋生物学家、中国科学院海洋研究所原所长曾呈奎教授；还有中国生态学界的老前辈李冠国教授。

毕业那年，李道季和同学一起到“科111”阶梯教室听讲座，主讲人是中国河口海岸学奠基人陈吉余先生，题目是中国海岸带资源开发利用的未来。陈吉余特别提到，当时的华东师范大学河口海岸所要开展多学科的综合研究，还没有海洋生物学的人才，希望能从山东海洋学院生物系招一个。

在学校的推荐和陈吉余的挑选下，李道季被华东师范大学河口海岸研究所录用。他刚报到不久，马上开始了频繁的海上。那时没有科考船，都是借用的渔船，船只定位没有GPS，渔船驶到崇明岛以北的长江北水道，他们就六分仪观测航标或岸上的烟囱，练习海上定位，然后开始水文泥沙观测。

李道季晕船了，他就要忍住恶心也要吃东西，吃了再吐、吐了再吃，直到身体强制性地适应为止。如果不这样做的话，在船上就是个废人了。夏季，海上要变

天的时候，蚊虫聚集，打开饭盒，米饭上爬满了乌泱泱的苍蝇。

李道季记得，有一次到连云港附近的无人岛去测量水位，岛上没有补给，就向渔民买海鲈鱼煮来吃，但是上岛时没有带食盐，只能吃淡的。这样吃法，顶多两天，闻到鱼肉的味道就感到难以下咽。

他的腰疾也是那个时候落下的。有一次，他们做完海上调查任务后在江苏连云港岸，他把沉重的浪潮扛在肩上，步行去火车站乘车，到上海下车后再乘一辆黄鱼车回学校。

陈吉余看重这个从山东海洋学院来的学生，让他做自己的助手，跟随身边十多年。这段时期，李道季随老师一起经历了浦东国际机场东移、九段沙生

态工程“种青引鸟”等重大研究项目。

李道季说，老师身上的很多治学精神让人铭记在心。比如，很多人都知道陈吉余非常强调深入实地，掌握扎实的一手资料。他说：“老师要你到哪里去实地调研，不管多么偏远，是川沙的海堤还是南汇的滩涂，长江口还是邻近的东海，你都必须马上去，不折不扣地做，没有商量余地。”

再如，陈吉余主张多学科交叉融合，这就是为什么他要到山东海洋学院选才的原因。李道季说：“海洋微塑料研究就是一个典型的多学科交叉领域，我现在很庆幸自己有学科交叉的底子。当年为了尽快吸收河口海岸学的知识，大量阅读了地理系图书室的文献和地学的各类专业书籍。”

中国微塑料研究占据国际话语权

2018年前后，中国开展微塑料相关研究的机构已经增长到30个左右。中国的微塑料研究逐渐在国际上占据了话语权。

正是在微塑料研究的这一“黄金时期”，李道季花了不到两年的时间，领衔了全球投入最大的海洋微塑料科研项目。研究人员足迹遍及中国近海、西太平洋、东印度洋，远至北极，深达马里亚纳海沟的深渊。

马里亚纳海沟可能是任何一个海洋微塑料研究者都想去的地方。目前普遍认为，表层海水中的微塑料只是冰山一角，更多的微塑料都沉入了深海。想要深度参与全球监测和治理，就绕不开对深海环境样本的考察。

中国科学家曾数度前往马里亚纳海沟，但要从4000米深的海底采集肉眼难辨的微塑料碎片极为困难。由于采集微塑料样本需要采集海水过滤，在一般近海表层海水中，每立方米（1000升）海水只有几个微塑料碎片，甚至是零点几个。为获得足够样本，当然是采集越多的海水越好。以往的做法是用船上的采水器或泵抽取几升或几百升海水，过滤到滤膜上，用显微镜观测。

这一招在马里亚纳海沟行不通。一是不可能有这样强力的泵机，二是科考航程等不起，科考船上都是定员、定项目、定时间的。一个航次可能搭载了十几家科研院所和高校的科研人员、许多个国家科研项目。到了时间，船就要驶向下一个科考点。在既定的时间内，只能从深海中抽取到很小体积的海水和沉积物样本。

今年1月5日，李道季团队成员随“科学”号科考船完成国家自然科学基金委2019年西太平洋航次，返回青岛母港。在95天的航程中，他们再次对马里亚纳海沟的微塑料情况进行了调查，并运用了全新的采样方法——大体积原位过滤。

李道季团队设计的新办法是只送样本，不送海水。借助改良过的工

具，在5000米深的海底对采集到的海水进行过滤，使微塑料从海水转移到滤膜上，再对滤膜进行回收。实践下来，一次可以采集8吨以上海水中的微塑料，就可满足准确定量深海中微塑料含量的需求，解决了深海海水体积不足的问题。

李道季的更大心愿，是在不同国家和地区间建立一致可靠的标准方法。

国内曾有报道称，不同研究团队对相同区域海水所含微塑料浓度的监测结果会出现相差巨大的分歧。问题可能出在微塑料中的衣物纤维。衣物纤维的大小明显小于其他种类微塑料，但在海水当中的比例却非常高。统计口径是否计入衣物纤维，就会导致微塑料浓度上的差异。

李道季主张对衣物纤维和其他微塑料区别界定。在他看来，微塑料溯源很重要。衣物纤维主要是从一般衣物尤其是洗衣机中的衣物上脱落的，经由城市污水管道排入江河湖海。一般微塑料的源头则是塑料垃圾，两者形成的路径不同。当前的社会关切是，通过微塑料研究，了解其可能产生的环境风险，促进塑料垃圾管控力度加强。

目前，以李道季为代表的中国海洋科学家积极参与联合国环境署和联合国教科文组织等国际组织以及多边和双边的国际合作计划和活动。他正领导联合国教科文组织海洋科学委员会亚太分会在亚太地区海洋微塑料研究项目，启动构建了区域海洋微塑料研究和监测网络，制定统一观测和分析的方法。

科学家们在区域10个国家的50个海滩作为试点，成立了两个工作组，分别负责水体和生物体中海洋微塑料的采样和分析工作。此项目是在国际上首次利用标准化的分析方法进行海洋微塑料研究的尝试。同时，李道季团队也正在为联合国环境署编制“海洋垃圾热点评估方法”，为亚太地区乃至全球未来海洋塑料垃圾和微塑料热点评估提供技术指南。

记者手记

中国循环经济未来值得期待

李道季有一点强势的，尤其是在面对傲慢又固执的外国专家。有一次，他向外国友人介绍上海的垃圾分类管理措施，对方不客气地问他，你是海洋学家，你会潜水吗？李道季正色道：“难道我不会潜水就不能成为优秀的海洋学家？中国有很多前辈的海洋学家，他们不会潜水，难道就能否定他们的成就？”

这种自信源自对学术研究的认真和执着。在采访中他一再强调，尽管海洋微塑料是一个新兴的研究领域，但不能单纯为了博取文章发表多寡而去写论文，那样做是没有价值的，是一种自欺欺人。在选择课题方向、甚至选择数据口径的时候，一定要着重衡量内容的独创性和对现实生活的建设性。

虽然强势，但李道季又是非

常讲求实际。他说，在国际交流中不能只说官话、套话，作为学者就应该说学术的话，用真材实料的研究去说话，这样才能得到别人的尊重和理。在一些国际场合，美国人总是以组织者、主导者自居，日本则自认为是亚洲国家的代表。在这样一种生态里，中国人只有在平等的基础上抱着开放合作的态度，才能真正参与其中。

李道季对中国大力发展循环经济的未来抱着期待。他说，中国人做事的效率是非常高的。前些年，国外禁止化妆品中使用人造塑料微珠，中国到今年年底也要禁止含人造塑料微珠的产品了。“以前，有些外国朋友对中国的垃圾管控措施还有质疑，只要他们愿意到中国来，带他们参观上海的垃圾处理设施，他们就都信服了。我们对这个事是非常有自信的。”

相关链接

微塑料普遍被定义为：尺寸小于5毫米的塑料纤维、颗粒或者薄膜。

环境中发现的微塑料大多在微米级别，肉眼往往难以看见。海洋微塑料的来源主要有两种：一是原生微塑料，指经过河流、污水处

理厂等而排入海洋环境中的粒径小于5毫米的塑料工业产品；二是次生微塑料，由大型塑料垃圾经过物理、化学和生物过程造成分裂和体积减小而形成。海洋微塑料一旦进入食物链，将会影响到海洋生态系统的健康和持续发展。海洋微塑料和海洋中的低营养级生物，例如浮游生物，具有相似的大小和密度，且许多海洋捕食者不能区分他们和微塑料，因此微塑料极易被海洋生物误食。研究发现，在来自于英吉利海峡的504条鱼粪中，36.5%的消化道里存在微塑料。在收集于北太平洋副热带环流385个藤壶中，33.5%的个体消化道中含有微塑料。在来源于养殖场和超市的成熟贻贝和太平洋牡蛎消化道中，研究者同样发现了微塑料的存在。海洋生物不仅能够直接摄食海洋微塑料，而且可以通过摄食猎物而间接吞食微塑料。

世卫组织呼吁深入研究微塑料对健康影响

2019年8月22日，世界卫生组织发布一份名为《饮用水中的微塑料》的分析报告



世卫组织呼吁深入研究微塑料对健康影响。新华社发