

海岸与近海环境变化过程

戴志军

华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200241

海岸及毗连海域是全球生物量最丰富、生物多样性最高和人类活动最强的区域之一。随着全球海平面上升、极端台风风暴潮加剧以及日趋增强的人类活动影响, 该区域人地矛盾渐显突出, 直接构成海岸及毗连海域生态安全风险。当前全球海岸及毗连海域业已面临严峻挑战: 流域入海水沙变异、海岸冲淤转型、港湾环境质量恶化与生态系统退化等。开展海岸与近海环境变化过程, 理解各种外部应力与区域水沙、地貌、生源要素及生物的耦合作用, 能给海岸及近岸地区社会、经济、环境与资源可持续发展提供理论支撑。

自然应力通常是控制海岸及毗连海域系统变化的主导要素。影响海岸及港湾的动力作用极其复杂且导致环境要素的变化既具有突变性, 又有缓变或长期性。近期徐杰等的报道发现, 强冷风引起的温带风暴途径洋山港海区主要表现为先短时风暴增水后出现长时间风暴减水的特征, 在洋山港最大风暴减水可达 65~70cm, 这种有别于其他研究工作的现象很可能是强动力与洋山海区多汊道地貌的耦合表征。同时, 热带风暴对海岸的影响也并非只是侵蚀, 喜扬洋等分析了 2020 年台风“浪卡”对中-强潮的波控北海银滩的影响, 认为区域水下沙坝通过自身消亡而有效减缓海滩侵蚀, 从而在表观上该台风没有引起银滩发生侵蚀后退。实际上, 有植被覆盖的海岸就可部分抵消台风大浪的影响而维护海岸避免侵蚀(从新 等)。每年偶尔登陆的台风或风暴对海岸及海湾造成的破坏具有瞬时性, 然而大范围和持续较长时间的海流则可能对海区环境构成重要影响。曾毅港等的工作展现了夏季南海北部陆架形成的跨陆架 Ekman 输运在长期西南风的驱动下, 不仅可能是构成南海北部锋面不稳定, 也极可能是大量营养物质或生源要素的主要输送动力, 这对区域环境造成深远影响。

不同应力的耦合作用是极为复杂的, 相应的泥沙输移及生源要素变迁等亦可能呈现复杂化。然而, 动力和泥沙及生源要素耦合的最终结果之一就是悬浮于水体的物质极可能沉积于海湾海床, 但在一定的时间和动力作用下又将再悬浮于水体。这种物质沉降-沉积-再悬浮的过程是导致海湾环境质量出现差-好-差的重要缘由。以环渤海这一高强度人类活动影响的海区为例, 李震等就发现海区表层沉积物粒径和有机质通过影响沉积物氮通量吸附与解吸, 从而间接控制其上覆水可转化氮与叶绿素的通量多寡, 进而影响海区环境质量。王朝辉等通过对福建东山湾表层沉积物有毒有害甲藻孢囊的分布, 以及孢囊分布与生源要素的关系研究, 证实了表层沉积物中较高的异养型甲藻孢囊可在一定程度说明水体中较高的初级生产力及富营养化水平。这种复杂动力控制的海床表层沉积物与上层水体基于生源要素为媒介而影响海区环境质量的固-液过程, 从而很难从物理机制上对海区环境质量进行评估和预报。但海区大量水文气象及水质等实测数据的出现, 让基于机器学习的统计模型进行环境质量预报成为可能。苏金洙等以长达 6 年的福建平潭海区影响海藻生物量变化的气象与水质因子作为输入变量, 海藻生物量作为输出变量, 基于不同统计模型比较而选择监督学习的 KNN 模型形成了海藻预报模型, 随后构建 BP 神经网络模型对无叶绿素 *a* 监测指标的海域进行了较好精度的赤潮预警。从海湾复杂的动力-沉积-环境耦合机理的认识构建模型对环境质量状态予以预警, 这给当前亟需解决海湾富营养化和蓝色海湾前景的实现提供了很好的思路与契机。

海湾给人类提供无与伦比的生态价值, 发育于海湾陆缘的潮间带则还提供了重要的旅游与休憩空间。但全球潮间带地貌因海平面上升而已出现大规模侵蚀, 这受到众多学者关注。值得提及的是, 台风

风暴潮、波浪以及植被等影响的潮间带动力地貌的冲淤具有多解性。譬如较大潮差影响的长乐海滩波浪向岸传播,其波能耗散由窄频域向宽频域转移,能量趋于耗散,这有利于泥沙沿程沉降,但波浪破碎又将形成长重力波(宋嘉诚 等),并可能引起泥沙低频输移,这就需要考察波浪与潮位变动的内在联系。郭俊丽等的工作则表明沉积物颗粒的粗细将体现在对台风大浪的影响上,如砾石滩显然受台风大浪作用较小,海滩水下沙坝以及沙坝-潟湖海岸植被的存在也在一定程度消耗台风大浪作用,从而有效防护海滩侵蚀(喜扬洋 等;丛新 等)。生长于热带和亚热带潮间带的红树林亦能通过改变局部环境的波流耦合作用,从而加速滩面淤积(黄祖明 等)。然而,潮间带地貌的冲淤转型与否,很可能取决于长时间的动力、沉积、地貌及生物等的观测,其中泥沙作为中间枢纽,水体悬沙浓度的大小变化是控制潮间带淤积或侵蚀的物质条件。限于潮间带难以进入、出露时间短以及容易塌陷,故亟需开展涉及光学、声学、音叉谐振、压差和放射性射线衰减等原理在水体悬沙浓度连续测量方面的应用研究,着重在多技术路线传感器融合以及使用人工智能算法模型等方面进行水体悬沙浓度的精度信息提取研发(李为华 等)。

此外,高强度人类活动引起的入海泥沙减少导致三角洲及海岸侵蚀后退似成为常态,王伟斌等的研究工作发现入海泥沙减少也影响了离端元更远的海区沉积环境,如闽江来沙量减少导致了海坛海峡

地貌发生强烈冲刷。这种现象较早地发生在浙江沿岸,该海岸因长江泥沙减少而出现侵蚀。人类活动的影响也体现在采砂(王伟斌 等)、人工海滩构建(冯炳斌 等)、岸线裁弯取直,如我国粤港澳大湾区海岸线相对平直(苏倩欣 等)、人工岛建设活动导致海南日月湾海滩侵蚀后退(张达恒 等),特别是沙坝-潟湖海岸受人类活动影响更为严重,山东荣成天鹅湖沙坝-潟湖体系的沙坝完全展现了上陡下缓的地貌状态(余建奎 等),这种不稳定的地貌在未来极可能进一步侵蚀后退,深远影响区域生态系统安全。

海岸及毗邻海区响应高强度人类活动与自然应力的影响,前景无疑并不乐观。特别是全球海平面还将继续以3~4mm的速率上升,未来人类还将继续向海岸聚集,如何维护海湾生态健康,尤其是海岸生态系统安全是任重而道远的工作。近期提出的构建基于自然的海岸生态系统堤防或许给解决前述问题提供较佳选择(高抒),但予以指出的是,理解海岸与近海环境的变化过程仍旧是关键,是进行包括海岸绿色生态堤防在内的一系列海岸海湾生态修复、维护区域生态系统安全技术研发和政策制定的基础。未来我们需要加快加强先进、实时和连续监测仪器的研制,尽快开展和定量甄别人类活动、自然应力及二者衍生的影响因素对海岸海湾环境构成影响的贡献分析,尽早形成“自上而下”和“自下而上”的闭合环路的政策顶层设计,真正实现绿色海岸和绿色海湾。