

◆水动力与生态环境◆

北部湾入海径流研究展望^{*}侍茂崇¹, 陈波^{2**}, 张继云²

(1. 中国海洋大学, 山东青岛 266003; 2. 广西科学院, 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007)

摘要:北部湾属于大陆架上的一个浅海湾, 入海河流众多。每年夏季汛期, 流入北部湾的入海径流形成的冲淡水在湾内构成独特的夏季型水文分布特征, 给海湾生态环境和动力环境带来巨大影响。然而, 北部湾入海径流对广西海域生态系统影响的研究至今仍未引起关注。2015-2017年, 课题组针对风对北部湾入海径流扩散的影响展开研究, 揭示了一些现象和特征, 但对入海径流复杂影响的认识还远远不够, 且目前的研究也仅限于广西近海, 范围十分有限, 得出的结论其代表性显然不足。所以, 鉴于北部湾特殊的地理位置, 可借助数值模型计算结合具有针对性的观测数据的研究方法, 将广西近海与北部湾全海湾联合在一起, 深入研究越南红河入海径流与中国广西沿岸入海径流联合作用对北部湾北部生态系统环境的影响, 找出影响北部湾北部海域海洋初级生产力高值区形成, 以及广西沿海高浓度氮、磷营养水体来源的主要原因, 为广西近海良好生态系统的建立提供科学依据。这既是今后广西入海径流研究的方向, 更是急需开展研究的新课题。

关键词:北部湾 入海径流 影响 研究 展望

中图分类号: P731.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2022)06-1026-07

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20230110.002

北部湾位于南海西北部, 在 $17^{\circ}00' - 21^{\circ}30' N$ 和 $105^{\circ}40' - 110^{\circ}00' E$ 之间, 北临中国广西壮族自治区, 东靠中国广东省的雷州半岛和海南省, 西靠越南, 南连南海, 以海南岛莺歌嘴与越南来角之间的连线为界^[1]。北部湾全部位于大陆棚内, 湾内海域面积约 12.93万 km^2 , 平均深度为 46m , 属于大陆架上的一个浅海湾, 水下地形平坦, 最大水深不超过 100m 。

北部湾处于亚热带地区, 季风特征明显, 冬半年盛行东北季风, 风力较强而稳定, 夏半年盛行西南季风, 东北季风期长于西南季风期。干、湿季较显著, 全年总降水量为 $1\ 100 - 1\ 700 \text{mm}$ (西北部沿岸达 $2\ 500 \text{mm}$); $5 - 9$ 月为雨季, 雨量充沛, 月平均降水量都在 100mm 以上, $7 - 9$ 月雨量最大, 约占全年总雨量的 $55\% - 70\%$, 夏季大量降雨为入海河流提供

收稿日期: 2022-10-12

修回日期: 2022-11-23

^{*} 国家自然科学基金项目(42066002)和广西科学院发展基金项目“基于台风影响下广西近岸风暴流产生及风流、增减水模式建立研究”(022107438)资助。

【作者简介】

侍茂崇(1935-), 男, 教授, 主要从事海洋环流研究, E-mail: mcshi@ouc.edu.cn。

【**通信作者】

陈波(1954-), 男, 研究员, 主要从事海洋动力学研究, E-mail: gxkxyzb@163.com。

【引用本文】

侍茂崇, 陈波, 张继云. 北部湾入海径流研究展望[J]. 广西科学, 2022, 29(6): 1026-1032.

SHI M C, CHEN B, ZHANG J Y. Research Status and Prospect of Runoff in the Beibu Gulf [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(6): 1026-1032.

了充足的水量来源。

流入北部湾的河流,由东至西依序排列:中国广西的南流江、大风江、钦江、茅岭江、防城河、北仑河和越南的红河等,除红河之外,越南还有马江、朱江和兰江。根据我国1964年出版的《中越合作北部湾海洋综合调查报告》^[2],每年流入北部湾的总径流量为1400亿 m^3 ,其中,越南沿岸流入北部湾的河流其径流量占94.5%,约为4195 m^3/s ;我国沿岸流入北部湾的河流其径流量只占5.5%,约为244 m^3/s 。从径流量的年变化来看,以7月、8月两月最大,2-4月最小。以1960年红河为例,8月径流量为250.4 $\times 10^8\text{m}^3$,4月径流量为17.1 $\times 10^8\text{m}^3$,相差约15倍。

2010年,Minh等^[3]根据红河上游Son Tay站多年径流数据统计,得出1996-2006年越南红河平均径流量为3300 m^3/s ,其中,1996-2000年为3500 m^3/s ,2001-2006年为3100 m^3/s 。2012年,美籍学者陈长胜教授在参加越南的学术讨论会时,从越南科学家在会上提供的资料获悉,越南红河平均径流量为6250 m^3/s ^[4],几乎高出20世纪60年代统计的平均径流量一倍,是我国珠江平均径流量10654 m^3/s 的59%(图1)。同样,我国北部湾沿岸径流量统计相差也很大。根据多年统计结果,广西沿岸年入海总径流量为1.836 $\times 10^{10}\text{m}^3$;海南省沿岸的昌化江和南渡江等两大河流年入海总径流量为1.168 $\times 10^{10}\text{m}^3$,高出20世纪60年代的径流量一倍^[5]。

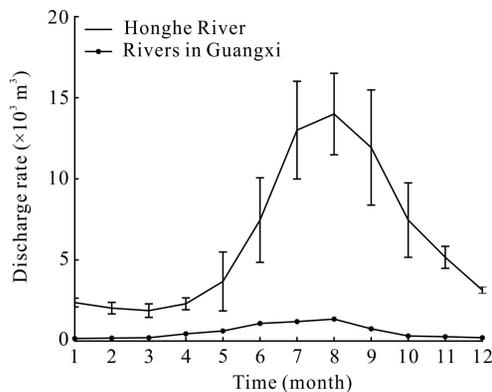


图1 越南红河和中国广西沿岸河流的气候态月平均淡水流量(数据来源于Chen等^[4])

Fig. 1 Monthly climatological mean freshwater flow of the Honghe River in Vietnam and rivers along the Guangxi coast of China (Data from Chen et al. ^[4])

从以上统计数据看,北部湾沿岸入海径流量巨大,其影响无疑也是显著的。然而,从1960年至2005年,关于北部湾入海径流的研究基本是空白的;2006年以后的一些调查成果在一定程度上才让研究

者们看到北部湾入海径流研究的不足和局限,入海径流的研究仅基于以前的结果是不够的。以前的调查研究多集中于 21°N 以北近岸水域,缺乏针对河口、覆盖全海湾的调查及综合全面分析。在北部湾生态系统研究中,如果没有越南红河这一巨量的淡水入海配合,许多生态和环境问题很难得以解决。

1 北部湾夏季入海径流作用

中国广西入海河流和越南红河等入海径流分别向南和东南入海,受科氏力作用,产生偏右向运动,加之入海径流抬升当地的海平面,这种沿岸水位抬升的梯度可进一步驱动西南向沿岸流。注入北部湾的入海冲淡水对北部湾北部的水文要素(盐度)产生重要的影响,1964年出版的《中越合作北部湾海洋综合调查报告》^[2]中的表层盐度分布指出,受沿岸冲淡水影响,1960年8月夏季 20°N 以北海区为入海冲淡水低盐水所占据,越南红河水入海后向东南呈舌状分布,前锋可以达到海南省洋浦港西面深槽处,影响范围到达40m等深线附近;表层低盐水几乎控制了北部湾大部分水域;同样,底层溶解氧饱和度与表层盐度分布基本一致,均受到入海径流冲淡水的影响。

2006年,国家组织开展北部湾近海海洋综合调查与评价(简称“908”调查),尽管“908”调查的范围只有之前中越联合调查的一半,但是做出的贡献却是显著的,让研究者们半个世纪后再一次看到北部湾的水文、生物、地质和化学等半个面貌。“908”调查数据显示^[6],夏季广西近岸向外50km范围内都为低盐水所控制,其中既有中国广西沿岸冲淡水的影响,也有来自越南沿岸冲淡水的作用。

2017年夏季,陈波等^[7]在 $21^{\circ}10'\text{N}$ 以北, $108^{\circ}10'\text{E}$ 以东之间布设33个生态环境大面调查监测站,从4月、6月、8月的3次调查结果可以看出,夏季广西沿岸入海冲淡水产生的低盐水呈现很强的势力,调查期间各水层盐度平面分布总体上呈北低南高的趋势;4月份调查区域盐度平面分布受冲淡水影响已相当明显,近岸区盐度值为26.69PSU(图2);8月份调查区域盐度值最低值达24.07PSU,平均盐度为30.5PSU;在广西沿海中部的钦州湾口,受南流江、大风江、钦江、茅岭江等入海河流冲淡水的影响,30.5PSU盐度低值线呈漏斗型向南延伸,低值区影响至涠洲岛附近,说明该区域盐度分布受到冲淡水的显著影响。

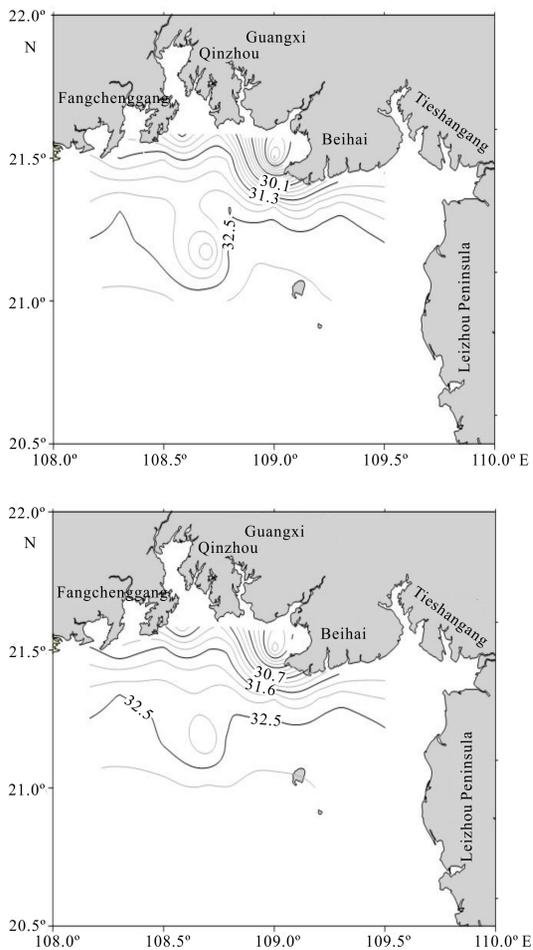


图2 2016-2017年4月北部湾北部表层(a)和底层(b)盐度等值线图(单位:PSU)^[7]

Fig. 2 Salinity contour map of the surface layer (a) and bottom layer (b) in northern Beibu Gulf in April 2016-2017 (Unit: PSU)^[7]

在盐度的垂直分布上,4月份不同水层之间盐度相差甚小,底层略高于表层和10 m层;6月和8月表层与10 m层、底层之间的差异逐渐增大,尤其是在8月,底层盐度明显高于10 m层和表层。

2 夏季广西近海高生产力和水体富营养化海域变化

2.1 入海径流为广西近海海域生态系统初级生产力提供重要的物质基础

叶绿素 a 是反映浮游植物现存量的良好指标,可显示水体中浮游植物的丰度及变化规律。而浮游植物作为海洋生态系统的初级生产者,是各种海洋动物直接或间接的饵料,也是海洋食物链网中的基本环节之一,其数量多寡和分布直接影响着海域初级生产力的水平。研究叶绿素 a 含量及其分布特征,不但对了解海洋生产力水平,阐明生态系统的结构及功能具

有重要意义,而且对分析鱼类资源生物量及丰度分布有参考价值。

吴易超^[8]根据“908”调查资料分析发现,叶绿素 a 浓度高值区分布在北部湾北部白龙半岛以西海域。侍茂崇等^[9]根据2007年卫星遥感数据分析发现,夏季北部湾近海海域表层叶绿素 a 浓度最高值区主要分布在越南西部沿岸,以及中国广西白龙半岛沿岸和琼州海峡西侧,其中,越南西部沿岸、中国广西沿岸叶绿素 a 浓度最高值为 $3-7 \text{ mg/m}^3$,比其他海域高 $2-3 \text{ mg/m}^3$;其次是琼州海峡高值区,该区的最高值为 $3-4 \text{ mg/m}^3$,是北部湾受影响最大的区域,从琼州海峡东口向西延伸,到达西端之后,一部分向西推进,最远到 109° E 附近,主体部分则向北、西北方向推进,雷州半岛西部、铁山港和北海港离岸海域都是其影响范围,以 2 mg/m^3 等值线为标识,最大占据面积约 $15\,000 \text{ km}^2$,叶绿素 a 分布详见文献^[9]。北部湾北部白龙半岛沿岸叶绿素 a 高值区,与2017年夏季北部湾北部生态环境现状调查显示的入海冲淡水最多的钦州湾口盐度低盐区不重合。此现象表明,来自越南沿岸的低盐冲淡水,在夏季盛行的西南季风作用下进入中国广西白龙半岛附近海域,并对广西近岸海域的水文环境产生显著影响。同时,粤西沿岸入海径流西向输运进入北部湾,对广西东部沿岸海域叶绿素 a 的影响也不可忽略。

张公俊等^[10]分别于2016年2月(冬季)、5月(春季)、8月(夏季)和11月(秋季)在北部湾北部海域进行4个航次底拖网调查,研究表明,春季生物量和丰度较高的站位都集中在中越交界至白龙半岛东南部近岸一带;各季节鱼类资源丰度由高到低依次为春季>夏季>秋季>冬季,这是春、夏季期间,越南红河入海径流北扩至中国广西防城港湾和钦州湾的外海所致。

2.2 入海径流是广西近海水域高浓度氮、磷营养元素水体的重要来源

入海径流是指通过河流带入到海洋的冲淡水。河流系统被认为是陆地、海洋和大气之间生物地球化学循环的重要纽带。通过河流系统,海、陆、气之间不仅实现了水循环过程,而且改变了河口、海湾、近海的海水特性。同时,河流入海径流还影响着氮、磷等地球生源要素的迁移和转化。

2015年11月和12月,覃仙玲等^[11]在钦州湾进行了两次水质监测,发现钦州湾西岸邻近海域的总氮(DN)和总磷(DP)含量均高于东岸邻近海域,在两次

监测中, DN、DP 高值区的位置基本保持不变。显然这一现象不能仅用西岸陆源污染输入多而东面陆源污染输入少来解释。因为最近 10 年, 钦州湾东岸分布有石化、炼油、冶金、机械制造等工业项目, 而西岸只有试运行不到一个月的广西防城港核电站。在同一个海湾内出现高浓度氮、磷营养元素分布与入海陆源工业污染排放很不相称的现象, 即离工业区近的地方氮、磷浓度值偏低, 离工业区远的地方氮、磷浓度值反而偏高, 说明西岸的高浓度氮、磷营养元素可能是其他区域海水受到污染后通过动力途径输送而来, 而这些高浓度氮、磷营养元素的形成与入海径流有密切关系。

赤潮作为一种自然现象, 其发生受很多因素影响, 如人类活动、水文条件和大尺度的气候变化等。人类活动造成近岸水体污染, 导致氮、磷含量增加是赤潮暴发的重要因素。然而, 赤潮的形成机制十分复杂, 普遍认为水温、光照、赤潮生物的存在, 以及充足的营养盐供给是形成赤潮的基础因素, 决定赤潮是否发生; 地理位置、地形、水文、气象、海流、海况等, 则决定赤潮发生的具体位置。

随着沿海工业及养殖业的发展, 广西沿岸附近水域海水质量有下降趋势, 赤潮现象频发。据统计, 1995-2011 年广西近海赤潮发生 12 次, 其中, 钦州湾和廉州湾累计发生 5 次; 涠洲岛发生 7 次, 占广西近海赤潮总数的 58.3%。钦州湾和廉州湾赤潮的发生可能与近岸工业污水的排放使海水受到污染有关。涠洲岛距离最近的广西北海市约 37 km, 岛上没有任何工业设施, 周围水域自诩“干净水质”, 但赤潮发生反而比近岸多, 这一现象与该海域高浓度氮、磷营养物质有关, 这些丰富的氮、磷营养物质并非全部来自广西近海, 而是通过琼州海峡从东部南海运输而来, 其源头主要是粤西沿岸及珠江口水域的入海河流冲淡水, 这是涠洲岛附近赤潮暴发的重要促成因子^[12]。

3 入海径流对生态系统变化的影响

河口生态系统及环境变化一直是海洋科学家关注的焦点。但是由于各种原因, 1964 年以后对覆盖北部湾全水域的全方位调查未再开展, 对具有最大入海径流的越南红河的了解也一直停留在 20 世纪 60 年代, 直到 2012 年美籍学者陈长胜教授访问越南时, 通过与越南科学家深入交谈, 才对红河径流有了全新的了解。2006 年由厦门大学承担的“908”调查, 虽然只在北部湾北部水域进行, 但是从发表的论文来看,

其入海径流扩散的动力学背景均与越南红河有关。说明广西近海生态系统变化与径流扩散有密切关系, 研究生态系统首先要研究入海径流的响应机制, 这是一个必要的环节。

近 20 年来的诸多研究表明, 北部湾内入海径流和琼州海峡外海水是北部湾海洋生态系统的两大驱动因子, 其中琼州海峡东部入流的研究已取得了不少共识^[13], 但对于湾内入海径流的研究却相对薄弱, 甚至空白。如果不把湾内入海径流特别是越南红河径流扩展与北部湾北部环流结构结合考虑, 广西近海出现的许多动力现象仍然得不到合理解释。

3.1 北部湾西北部鱼类资源生物量和丰度高值区的形成机制仍不清楚

根据上述分析结果, 北部湾西北部为鱼类资源生物量和丰度高值区, 与“908”调查资料分析的海洋初级生产力高值区位置基本吻合。叶绿素 a 浓度分布直接影响海域初级生产力水平, 因此, 北部湾西北部和白龙半岛附近成为广西传统渔业作业区, 广西每年渔获量的 70% - 80% 来自西北部湾西部^[14]。根据以前的观测数据及数值模型计算结果, 这里存在一个小尺度的气旋涡, 是一个小尺度的上升流区, 这为高值区的形成提供了一定的动力学依据。但是李菲萍等^[15]统计了 2000 - 2009 年广西的海洋捕捞量和捕捞强度(表 1), 发现鱼类资源与入海径流也有关联。

表 1 2000 - 2009 年广西海洋捕捞量和捕捞强度^[15]

Table 1 Marine fishing catches and marine fishing intensity in Guangxi from 2000 to 2009^[15]

年份 Year	捕捞量($\times 10^4$ t) Fishing catches ($\times 10^4$ t)	捕捞强度($\times 10^4$ kW) Fishing intensity ($\times 10^4$ kW)
2000	88.84	50.96
2001	89.31	53.36
2002	86.3	—
2003	85.1	68.21
2004	79.95	69.41
2005	84.33	57.38
2006	66.96	69.32
2007	66.96	69.4
2008	65.6	76.88
2009	66.3	73.75

Note: “—” indicates missing data

从表 1 可以看出, 2000 - 2005 年捕捞量多而稳定, 平均年捕捞量为 85.64×10^4 t, 而 2006 - 2009 年捕捞量大大降低, 平均捕捞量仅为 66.46×10^4 t, 只

有前6年平均值的77.6%,而捕捞强度却是增加的。究其原因,很有可能是越南红河2006-2009年入海径流量减少所致,但这仅是一种推测,还缺少一系列生态要素的直接观测资料与分析作为依据。

3.2 广西近海赤潮多发及高浓度氮、磷营养水体来源的动力过程仍需分析

钦州湾直接承接近岸陆源营养盐的输入,但湾内大量的氮、磷营养元素分布与近岸工业污染排放不相称。陈波等^[16]根据观测资料分析,在钦州湾口南端存在一个小尺度气旋式环流,由于该环流的影响,海水自湾东部进入湾内,然后又从西部流出,这是湾内西部水体污染物含量高于东部水体污染物含量的动力学依据。涠洲岛则与钦州湾不同,涠洲岛远离陆岸工业污染源。多位学者近10年来针对涠洲岛赤潮多发性、水体富营养化和琼州海峡水向西向输送展开相关研究并取得初步结果,认为琼州海峡东部高浓度的氮、磷元素含量水体向西向输送进入北部湾,是涠洲岛赤潮多发和水体富营养化的重要促成因子^[12],但对北部湾海洋生态系统的另一大驱动因子——湾内入海径流扩展影响的研究缺乏深入分析。在《中越合作北部湾海洋综合调查报告》^[2]中明显看出,占北部湾总径流量约95%的越南沿岸径流对北部湾生态环境的影响十分显著。夏季,北部湾北部(包括涠洲岛在内)均为径流低盐水所占据。侍茂崇等^[17]运用FVCOM模型计算不同风场情况下夏季径流扩散的区域,发现越南红河径流和琼州海峡径流在相向运动中形成的锋面恰好在涠洲岛附近,但这个锋面是否与该区域的高浓度氮、磷营养元素分布有关,仍需深入分析。

因此,广西近海物质运输、环境保护、良好生态系统建立,均不能忽略入海径流作用的影响。对入海径流作用下的北部湾生态环境展开研究,进一步弄清楚北部湾沿岸径流影响下生态环境要素的空间分布和季节变化特征,以及与近海动力环境之间的定量关系,可丰富北部湾浅海物理海洋学的研究内容。

4 展望

4.1 越南红河径流和琼州海峡外海水的联合作用

北部湾充满着各种中尺度涡,动力环境复杂,湾内生态系统同时受东部琼州海峡入流和湾内入海径流两大驱动因子的影响,南部外海水进出是补偿性的。近年来对琼州海峡东部水进入北部湾的研究发现^[18],琼州海峡入流将粤西沿岸及珠江口冲淡水源

不断地带入北部湾,其中既有丰富的营养盐,也有大量的污染物质。琼州海峡入流促进了北部湾北部气旋式环流的形成,夏季,在强的西南风作用下,产生较强北部湾西岸北向沿岸流,促使低盐冲淡水向外海输运,然后在涠洲岛东部附近形成更大范围的气旋式环流。琼州海峡东部高浓度的氮、磷元素含量水体向西向输送进入北部湾,是广西近海赤潮多发的重要促成因子;以越南沿岸红河为主的湾内入海径流形成的低盐水对北部湾北部环流结构产生重要影响。同样,受夏季西南季风影响,入海后的越南红河入海径流迅速向外扩展,西南向流具有很强的势力。加之入海径流抬升当地的海平面,这种水位抬升的梯度可进一步驱动西南向沿岸流。也就是说,湾内入海径流和琼州海峡入流对北部湾北部环流的形成产生重要的影响。但以越南红河径流为主的湾内夏季入海径流对广西近海生态环境影响的研究,目前仍然处于定性阶段,缺少一系列生态要素的直接观测资料,无法将观测结果与环流影响进行直接比对分析。所以,湾内入海径流形成的低盐水对北部湾北部环流结构形成的贡献,以及对广西近海生态环境的影响还需深入研究。

4.2 向广西外海扩展研究径流影响已成必然趋势

北部湾是一个典型的半封闭浅海湾,入海河流众多。入海径流每年夏季汛期携带的上亿立方米的悬浮泥沙及其他悬浮物质,伴随着冲淡水的向外扩散而相应演化。随着水流的减弱或增强、盐淡水混合的强弱、羽状锋的演化等多种海洋过程,在不同的空间位置会出现多种沉积过程,对近海海水理化性质产生极为显著的影响。这将导致海区温度、盐度和冲淡水等重新分配,海洋内水体结构也随之改变。因此,开展冲淡水的扩散变化规律及其动力学研究,对研究河口及近岸海域悬浮物质的输移、分布、河口及其邻近海域的沉积过程也非常重要,可为近海生态环境保护与开发提供重要的背景知识。近10年来,针对我国沿海黄河、长江、珠江的入海径流路径、泥沙输运和生态影响的调研计划有数十个,已经有上千篇文章做过论述和相应计算,至今仍然研耕不辍。由于特殊地理环境的制约,北部湾只在50多年前进行过两次中越联合调查,而且不是针对河口的调查。半个多世纪之后的今天,我们仍然停留在1960年那个起点上,显然是不够的。“908”调查尽管调查海域只有中越联合调查的一半,但是做出的贡献却是显著的,让我们在半世纪后,再一次看到北部湾的水文、生物、地质和化学的半个面貌。

过去 20 年,广西海洋研究多集中于 21°N 以北近岸水域。因为不了解入海径流扩散规律,很多观测结果很难解释。“908”调查是成功的,但是从发表论文来看,多属于描述性的成果,无法解释分布规律的内在机制。这主要受调查区域的限制及对入海河流等水系缺乏应有的认识。广西近岸河口影响是主要的,但是,随着科学的发展,研究向 20°N 水域扩展已成必然趋势。

广西近海是北部湾的一部分,在不了解北部湾整体水动力环境的情况下,广西近海的许多动力现象也无规律性解释。例如,白龙半岛以西附近海域鱼类资源生物量和丰度高值区的形成原因及其与入海径流影响的关系,渔区中叶绿素 a 高浓度值的输送途径等。北部湾充满各种中尺度涡,不在总体上把握北部湾环流特点,即使近海观测资料较多,很多动力现象和生态现象仍然得不到合理解释。所以,广西入海径流影响研究向外海扩展已成必然趋势。

4.3 采用数值模拟与观测相结合的方法研究广西径流影响,是今后开展研究的一个方向

通常河口调查总是从河口开始,然后向外海扩展。然而进入北部湾的径流量主要集中在越南境内,因此这一惯常的研究方法不能使用。这给研究带来了很大困难以及结果的不确定性。为了克服这一困难,数值模拟应与观测放在同等地位,用数值模拟指导现场观测,即在数值模拟基础上确定观测站位和时间,以数值模拟为先导,观测结果作为验证的依据。

北部湾每年汛期有大量的径流入海,使沿岸一带形成独特的夏季型水文分布特征,此外,海流、风等主要因子对北部湾沿岸流的形成、分布及变化产生重要的影响^[18]。20 世纪 60 年代进行的《中越合作北部湾海洋综合调查报告》^[2]认为,越南和中国广西沿岸入海冲淡水在夏季南风、西南风的推动下向东运移,在北部湾形成反气旋式环流。实际情况却相差甚远,因为琼州海峡入流严重干扰了这种风海流结构。在研究北部湾物质输运时,风海流的表层输运与琼州海峡入流形成复杂的锋面结构和一系列小尺度涡旋,从而引起水体上升与下降。目前北部湾生态系统变化不仅受风力驱动,也受制于琼州海峡入流。除此之外,北部巨量入海冲淡水的注入也会在很大程度上对北部环流结构造成影响,但至今尚未有定论,尤其缺乏定量的研究结果。2016 年,侍茂崇等^[17]针对风对北部湾入海径流扩散的影响展开了研究,认为径流影响是巨大的,尤其是北部沿岸,夏季越南红河等入海低

盐水控制了北部 40 m 等深线以北区域。但仍缺少一系列生态要素的直接观测,无法将观测结果与环流影响进行直接比对分析。

过去 20 年,北部湾的海洋研究主要集中在广西近海,这是不得已而为之。可是越来越多的事实证明,没有巨大的淡水体入海配合以及琼州海峡水体西向输运的影响,很多问题很难解决。例如:构成钦州湾西岸水体富营养化及涠洲岛赤潮频发的高浓度氮、磷营养水体的动力输送途径仍不清楚。对河流径流注入等复杂影响的认识还远远不够,相关研究也仅限于广西近海,范围十分有限,得出的结论其代表性显然不足。所以,鉴于北部湾特殊的地理位置,建议可借助数值模型计算结合具有针对性的观测数据的研究方法,将广西近海与北部湾全海湾联合在一起,研究越南红河入海径流与中国广西沿岸入海径流联合作用对北部湾北部生态系统环境的影响,找出影响北部湾北部海域海洋初级生产力高值区的形成,以及广西沿海高浓度氮、磷营养水体来源等生态系统变化的主要原因,将入海径流的空间分布、变化特征、演变趋势及其影响的研究引向深入,为广西近海物质输运、环境保护、良好生态系统的建立提供科学依据,这将是今后入海径流的研究方向。

参考文献

- [1] 高劲松,陈波.北部湾冬半年环流特征及驱动机制分析[J].广西科学,2014,21(1):64-72.
- [2] 中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室.中越合作北部湾海洋综合调查报告[R].北京:国家科学技术委员会,1964.
- [3] MINH L T N, JOSETTE G, GILLES B, et al. Hydrological regime and water budget of the Red River Delta (Northern Vietnam) [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2010, 37(3): 219-228.
- [4] CHEN C, LAI Z, BEARDSLEY R, et al. Current separation and upwelling over the southeast shelf of Vietnam in the South China Sea [J]. Journal of Geophysical Research Oceans, 2013, 117(C3): C03033.
- [5] 代俊峰,张学洪,王敦球,等.北部湾经济区河流水质评价研究[J].中国农村水利水电,2012(1):21-24.
- [6] 孙振宇,胡建宇,李炎,等.北部湾北部海区冲淡水及沿岸混合水分布的季节变化[C]//李炎,胡建宇.北部湾海洋科学研究论文集第2辑:物理海洋与海洋气象专辑.北京:海洋出版社,2009.
- [7] 陈波,许铭本,牙韩争,等.入海径流扩散对北部湾北部环流的影响[J].海洋湖沼通报,2020(2):43-54.

- [8] 吴易超. 北部湾初级生产力的时空格局与粒级结构[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
- [9] 侍茂崇, 陈妍宇, 陈波, 等. 2007年夏季北部湾生态与环境要素分布规律研究[J]. 广西科学, 2019, 26(6): 614-625.
- [10] 张公俊, 杨长平, 孙典荣, 等. 北部湾中北部海域鱼类群落的变化特征[J]. 南方农业学报, 2021, 52(10): 2861-2871.
- [11] 覃仙玲, 陈波. 广西沿海赤潮多发区高浓度氮磷营养元素来源探讨[J]. 广西科学院学报, 2018, 34(3): 222-227.
- [12] 侍茂崇, 陈波. 涠洲岛东南部海域高浓度氮和磷的来源分析[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 237-244.
- [13] CHEN B, XU Z X, YA H Z, et al. Impact of the water input from the eastern Qiongzhou Strait to the Beibu Gulf on Guangxi coastal circulation [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2019, 38(9): 1-11.
- [14] 王芳. 北部湾海洋资源环境条件评述及开发战略构想[J]. 资源与产业, 2000(1): 37-41.
- [15] 李菲萍, 吴志强, 钟志坚, 等. 厄尔尼诺现象对广西海洋捕捞产量的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2011(3): 62-68.
- [16] 陈波, 侍茂崇, 邱绍芳. 广西主要港湾余流特征及其对物质运输的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2003(1): 13-21.
- [17] 侍茂崇, 陈波, 丁扬, 等. 风对北部湾入海径流扩散影响的研究[J]. 广西科学, 2016, 23(6): 485-491.
- [18] 陈波. 北部湾水系形成及其性质的初步探讨[J]. 广西科学院学报, 1986, 2(2): 92-95.

Research Status and Prospect of Runoff in the Beibu Gulf

SHI Maochong¹, CHEN Bo^{2**}, ZHANG Jiyun²

(1. Ocean University of China, Qingdao, Shandong, 266003, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

Abstract: The Beibu Gulf is a shallow bay on the continental shelf with many rivers flowing into the sea. During the summer flood season each year, the freshwater formed by runoff flowing into the Beibu Gulf constitutes a unique summer-type hydrological distribution in the gulf, which has a huge impact on the gulf's ecological environment and dynamic environment. However, the study on the impact of runoff on the ecosystem of Guangxi has not yet attracted much attention. From 2015 to 2017, the research group conducted some researches on the impact of wind on the diffusion of runoff into the Beibu Gulf, revealing some phenomena and characteristics. However, the understanding of the complex impact of runoff into the sea was far from enough, and the current research was limited to the coastal area of Guangxi, the scope was very limited, so the conclusion drawn was obviously not representative. Therefore, in view of the special geographical location of the Beibu Gulf, the numerical model calculation combined with the research method of targeted observation data can be used to combine the Guangxi coastal waters and the Beibu Gulf together. The combined effects of the runoff from the Red River in Vietnam and the runoff from the coast of Guangxi, China on the ecosystem environment in the northern Beibu Gulf were studied to find out the main factors affecting the formation of the high value area of marine primary productivity in the northern Beibu Gulf and the source of high concentration nitrogen and phosphorus in Guangxi coastal waters, which could provide a scientific basis for the establishment of a good ecosystem in the coastal area of Guangxi. This is not only the direction of future research on runoff into the sea in Guangxi, but also a new topic that needs to be studied urgently.

Key words: Beibu Gulf; runoff; impact; research; expectation

责任编辑: 陆 雁