

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20170828.001

李斌,谭趣孜,李蕾鲜,等.2014年北部湾主要河流污染状况及污染物入海通量[J].广西科学,2018,25(2):172-180.

LI B,TAN Q Z,LI L X,et al.The research on contaminative conditions and pollutants fluxing into sea of major rivers in Guangxi Beibu Gulf in 2014[J].Guangxi Sciences,2018,25(2):172-180.

2014年北部湾主要河流污染状况及污染物入海通量* The Research on Contaminative Conditions and Pollutants Fluxing into Sea of Major Rivers in Guangxi Beibu Gulf in 2014

李斌,谭趣孜,李蕾鲜,巫冷蝉,刘成辉,戴培建,范航清**

LI Bin, TAN Quzi, LI Leixian, WU Lengchan, LIU Chenghui, DAI Peijian, FAN Hangqin

(广西科学院广西红树林研究中心,广西红树林保护与利用重点实验室,广西北海 536000)

(Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要:【目的】研究广西北部湾主要河流的污染状况及污染物入海通量,分析主要污染物的来源及其对近岸海域水质的影响,为该流域污染物控制和近岸海洋生态环境保护提供科学依据。【方法】于2014年的丰、枯水期对广西北部湾近岸海域主要河流防城江、茅岭江、钦江、大风江和南流江的污染状况及污染物入海通量进行监测。【结果】影响河流监测断面水质的污染物主要有无机氮、无机磷和化学需氧量。丰水期各河流无机氮基本属四类或劣四类;无机磷除大风江属一类外,其余属劣四类;防城江的化学需氧量属劣四类,钦江属劣二类,其余属劣一类。枯水期各河流无机氮基本属四类或劣四类;无机磷除大风江属一类外,其余基本属四类或劣四类;化学需氧量基本属一类或劣一类。2014年广西北部湾主要河流的污染物入海通量为175 596.02 t,其中化学需氧量的入海通量约占污染物总入海量的59.1%,总氮约占37.8%,总磷约占2.0%,油类约占0.6%,重金属约占0.4%,硫化物约占0.1%。【结论】入海的河流污染物主要有化学需氧量、总氮、总磷和油类,茅岭江的总氮、总磷和化学需氧量主要源于生活污水和畜禽养殖污染源,油类主要源于畜禽养殖污染源;钦江的总氮、总磷主要源于畜禽养殖和种植业污染源,化学需氧量和油类主要源于畜禽养殖污染源;南流江的总氮、总磷、化学需氧量和油类主要源于畜禽养殖污染源。入海的河流污染物中化学需氧量、无机氮、无机磷和油类的污染负荷较高,但影响近岸海域水质的污染物主要是无机氮和无机磷。

关键词:入海河流 污染状况 入海通量 污染负荷比 北部湾

中图分类号:X522 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2018)02-0172-09

Abstract:【Objective】In order to provide the scientific basis for the control of pollutants in these rivers and coastal eco-environment conservation, the contaminative conditions of major rivers in Guangxi Beibu Gulf and the fluxes of pollutants into the sea were studied and the pollution source of main pollutants and its influence on the quality of coastal water were analyzed. 【Methods】During the wet and dry seasons of 2014, the pollution of the main rivers of the Guangxi Beibu Gulf, such as Fangchengjiang River, Maoling

收稿日期:2018-01-29

作者简介:李斌(1985—),男,助理研究员,主要从事海洋生态环境研究。

* 广西海洋环境污染源及珊瑚礁生态资源调查项目(GXZC2014-G3-0552-KLZB-A)和广西科学院基础科研业务费项目(13YJ22HS11)资助。

** 通信作者:范航清(1964—),男,研究员,主要从事滨海湿地生态学研究,E-mail:fanhq666@126.com。

River, Qinjiang River, Dafengjiang River, and Nanlijiang River, and the flux of pollutants into the sea were monitored. **【Results】**The results showed that the main pollutants of affecting the water quality of river monitoring sections were dissolved inorganic nitrogen(DIN), dissolved inorganic phosphate(DIP) and chemical oxygen demand(COD). During the wet season, the average content of DIN in each river reached/exceeded the standard values of fourth national seawater quality(Ⅳ seawater). And the average content of DIP in each river were worse than Ⅳ seawater except Dafengjiang River. Meanwhile, the average content of COD in Fangchengjiang River were worse than the Ⅳ seawater, and Qinjiang River were worse than the Ⅱ seawater, the others were worse than the Ⅰ seawater. During the dry season, the average content of DIN in each river reached/exceeded the Ⅳ seawater. And the average content of DIP in each river reached/exceeded the Ⅳ seawater except Dafengjiang River. Meanwhile, the average content of COD in each River reached/exceeded the Ⅰ seawater. The quantity of pollutants fluxing into Guangxi Beibu Gulf from major rivers was 175 596.02 t in 2014, the percentage of COD in which was 59.1%, and total nitrogen(TN), total phosphorus(TP), oil, heavy metals and sulfide were 37.8%, 2.0%, 0.6%, 0.4% and 0.1% separately. **【Conclusion】**The main pollutants fluxing into sea were COD, TN, TP and oil. The TN, TP and COD in Maoling River mainly derived from domestic sewage and stock farming, and the oil derived from stock farming. The TN and TP in Qinjiang River mainly derived from stock farming and crop farming, and the COD and oil derived from stock farming. The TN, TP, COD and oil in Nanlijiang River mainly derived from stock farming. Pollutants source of Fangchengjiang River and Dafengjiang River should be surveyed as soon as possible. The pollution loads of COD, DIN, DIP and oil were large, but only DIN and DIP affected the quality of the coastal water.

Key words: major rivers, contaminative conditions, the quality of pollutant fluxing into sea, pollution loading ratio, Beibu Gulf

0 引言

【研究意义】广西北部湾海岸东起英罗港洗米河口,西至防城港北仑河口,岸线破碎,港湾资源丰富,自东向西较大的海湾有铁山港、廉州湾、大风江口、钦州湾、防城港、珍珠湾等,较大的入海河流有北仑河、防城江、茅岭江、钦江、大风江和南流江6条。近年来,随着广西北部湾经济区国家战略的实施,经济加速发展,大规模临海工业、滨海城市群等迅速扩张,大量污染物通过河流进入海湾,据统计,2002—2012年河流携带污染物的入海总量约占污染物总入海量的65.0%~99.0%^[1]。河流污染物俨然成为广西近海水质异常、生态环境恶化^[2-3]的重要影响因素之一。**【前人研究进展】**历年的海洋环境质量公报均报道了广西北部湾主要河流的污染物入海通量,但河流各污染物的污染状况未见评述。河流污染物的入海浓度直接影响了近岸海域的水质状况,目前仅个别流域有文献报道^[4-5]。**【本研究切入点】**系统、全面地研究各河流的污染状况及污染物入海通量,可有效掌握经济快速发展给流域及近岸海域水质环境带来的影响。

本文在广西主要入海河流的感潮河段布设监测断面,连续监测氮、磷、重金属等污染物的含量及入海量,研究各河流的污染状况及污染物入海通量。**【拟解决的关键问题】**探明各河流主要污染物的来源及其对河口海湾水质的影响,为流域污染物控制和近岸海洋生态环境保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 断面布设及监测时间

于2014年丰水期(7、8月)和枯水期(12月)对广西北部湾的主要入海河流防城江、茅岭江、钦江、大风江、南流江的水质以及污染物的入海量进行监测,因北仑河属中越两国界河,未纳入本研究。入海河流监测断面根据《江河入海污染物总量监测技术规程》(HY/T 077—2005)^[6]的要求进行布设,自西向东共布设了7条断面(图1),依次是防城江断面(FC01)、茅岭江断面(ML01)、钦江西支流断面(QJ01)、钦江东支流断面(QJ02)、大风江断面(DF01)、南流江西支流断面(NL01)和南流江东支流断面(NL02)。

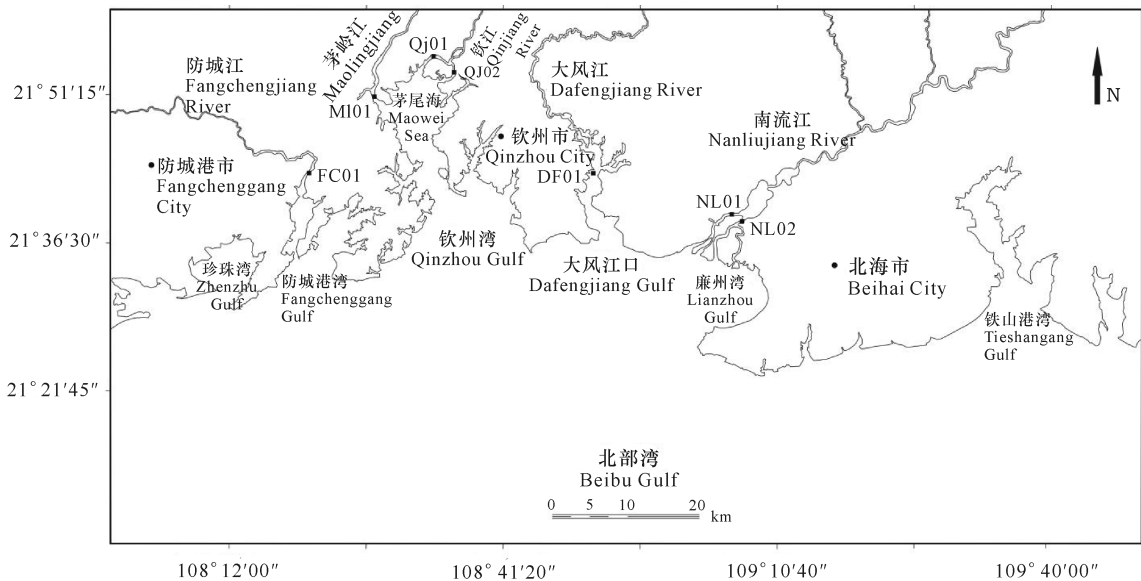


图 1 监测断面布设

Fig. 1 Sampling transect

1.2 监测内容及方法

1.2.1 河流径流量监测

河流径流量的监测依据《江河入海污染物总量监测技术规程》(HY/T 077-2005)^[6],在图 1 所示各监测断面进行,丰、枯水期期间每小时监测一次,持续监测 25 h。

1.2.2 河流水质监测

监测河流径流量的同时,每 4 h 监测一次河流水质,持续监测 24 h,第 25 小时再监测一次。监测项目包括硫化物(S²⁻),无机氮(DIN: NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N)、无机磷(DIP)、总氮(TN)、总磷(TP)、油类(Oil)、化学需氧量(COD)、铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)、铬(Cr)、汞(Hg)和砷(As)。各监测项目的样品采集、处理和分析均按《海洋监测规范》^[7-8]的要求进行。其中南流江和钦江的水质状况取各支流监测结果的均值。

1.3 数据处理与分析

1.3.1 河流污染物入海通量

取对应时段内入海污染物浓度和径流量的平均值,按公式(1)^[6]估算污染物的入海量。

$$W = \sum_{i=1}^m M_i \times Q_i, \quad (1)$$

式中, W 为污染入海总量; M_i 为 i 污染物的入海平均浓度; Q_i 为河流入海的径流量。

1.3.2 主要污染物分析

影响近岸海域环境的主要污染物采用污染负荷比进行分析,计算公式^[9]如(2)~(4):

$$p_i = \frac{c_i}{s_i} \times 10^6, \quad (2)$$

$$p_A = \sum_{i=1}^m p_i, \quad (3)$$

$$k_i = \frac{p_i}{p_j} \times 100, \quad (4)$$

式中, p_i 为 i 污染因子的等标污染负荷量,单位: T/a; p_A 为污染因子的等标污染负荷总量,单位: T/a; m 为参评的污染因子总数; c_i 为 i 污染因子的年排放量,单位: T/a; s_i 为污染因子的评价标准值,单位: mg/L; k_i 为 i 污染因子的污染负荷比,单位: %。以河口所处或毗邻的海洋功能区执行的水质标准作为评价依据,根据《广西壮族自治区海洋功能区划(2011-2020年)》^[10]的要求,南流江采用《海水水质标准》^[11]中的三类水质标准作为评价标准值,大风江采用一类水质标准,钦江采用三类水质标准,茅岭江采用二类水质标准,防城江采用三类水质标准。

2 结果与分析

2.1 主要入海河流的污染状况

由图 2 可知,丰水期各河流总氮的平均含量为 0.765~2.25 mg/L,其中钦江的平均含量最高,南流江居次,茅岭江最低。各河流的总氮均以无机氮为主,无机氮平均含量为 0.496~1.43 mg/L。根据《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[10],仅茅岭江的无机氮平均含量接近四类水质标准,南流江、大风江、钦江和防城江均属劣四类,分别超过四类水质标准的 1.9 倍、2.4 倍、2.5 倍和 2.2 倍。总磷的平均含量为 0.052~0.19 mg/L,防城江的含量最高,南流江次之,大风江最低。钦江、茅岭江的总磷以无机磷为主,其余各河流均以颗粒磷和溶解有机磷为主。各河流

无机磷的平均含量为 0.014~0.073 mg/L,仅大风江无机磷满足一类海水标准,南流江、钦江、茅岭江、防城江均属劣四类,分别超过四类水质标准的 1.2 倍、1.4 倍、1.6 倍、1.5 倍。化学需氧量的平均含量为 2.51~6.59 mg/L,防城江的含量最高,超四类水质标准的 1.3 倍,钦江超二类水质标准的 1.3 倍,其余各河流均稍劣于一类水质标准,超标倍数为 1.3~1.4 倍。各河流的油类、硫化物的平均含量分别为 0.013~0.047 mg/L 和 2.02~10.7 $\mu\text{g/L}$,均满足一类水质标准。各河流铜、镉、铬、汞、砷的平均含量也均满足一类水质标准,分别为 1.31~3.61 $\mu\text{g/L}$ 、0.020~0.038 $\mu\text{g/L}$ 、0.326~4.07 $\mu\text{g/L}$ 、0.015~0.044 $\mu\text{g/L}$ 和 0.496~3.79 $\mu\text{g/L}$ 。各河流的重金属铅、锌的平均含量分别为 0.132~1.10 $\mu\text{g/L}$ 和 8.55~21.0 $\mu\text{g/L}$,除了防城江超一类水质标准 1.1 倍外,其余均达到了一类水质标准。

枯水期各河流总氮的平均含量为 1.03~5.54 mg/L,钦江的含量最高,南流江居次,最低是防城江。

南流江、大风江和钦江的总氮以颗粒氮和溶解有机氮为主,茅岭江和防城江以无机氮为主。各河流无机氮的平均含量为 0.492~2.67 mg/L,根据《海水水质标准》(GB 3097-1997)^[11],除了大风江的接近四类水质标准,南流江、钦江、茅岭江和防城江均属劣四类,超标倍数依次为 1.4 倍、5.3 倍、2.3 倍和 1.9 倍。总磷的平均含量为 0.033~0.166 mg/L,南流江的总磷含量最高,钦江居次,大风江最低。与丰水期的监测结果一致,钦江和茅岭江的总磷也以无机磷为主,其余各河流以颗粒磷和溶解有机磷为主。各河流无机磷的平均含量为 0.014~0.101 mg/L,其中大风江的无机磷满足一类水质标准,防城江接近四类水,南流江、钦江和茅岭江均劣于四类水,分别超过四类水质标准的 1.4 倍、2.2 倍和 1.3 倍。化学需氧量的平均含量为 1.51~2.42 mg/L,除了茅岭江外,南流江、大风江、钦江和防城江均劣于一类水质标准,超标倍数分别为 1.4 倍、1.2 倍、1.3 倍和 1.2 倍。各河流油

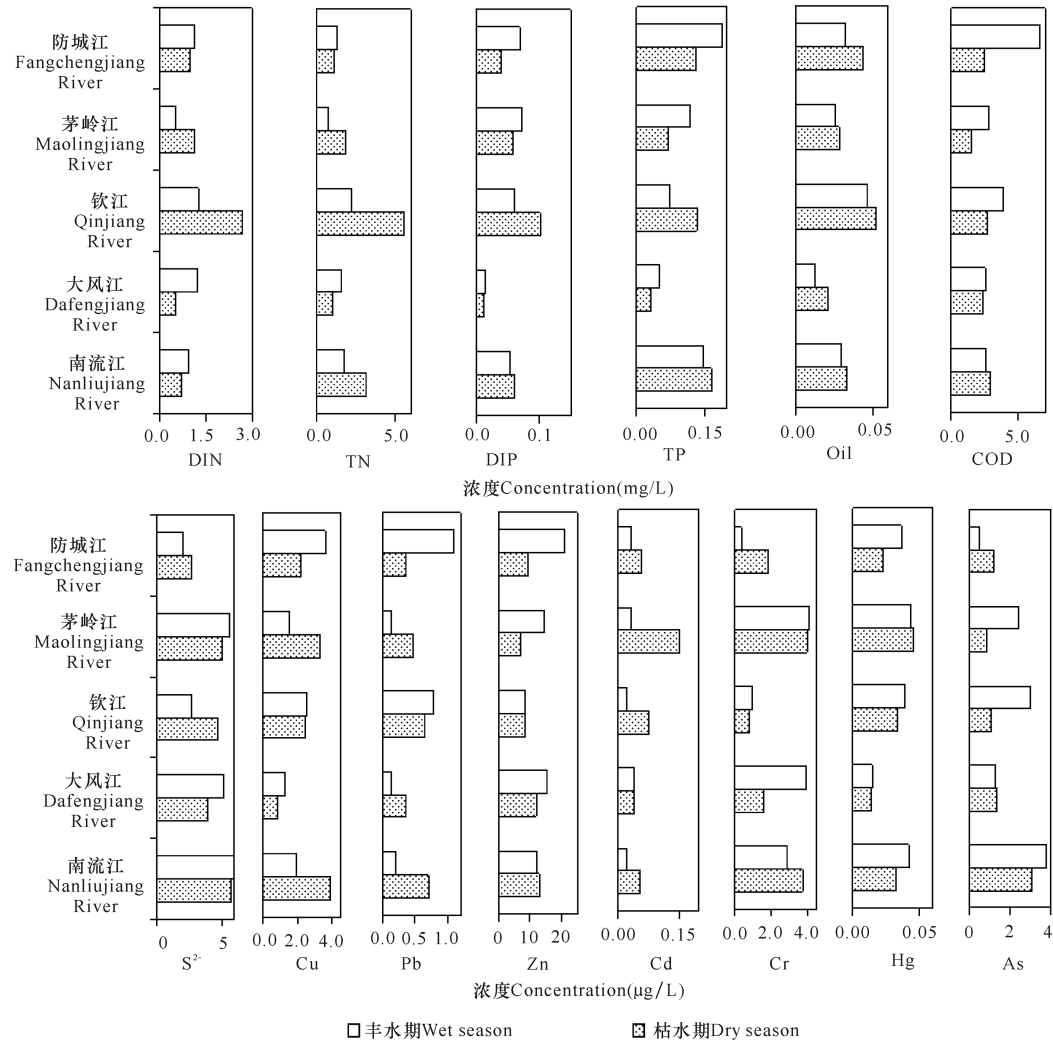


图 2 丰、枯水期主要入海河流的污染物平均浓度

Fig. 2 Average pollutant concentration of main rivers in wet and dry seasons

类平均含量为 0.021~0.052 mg/L,除了钦江稍劣于一类水质标准外,其余均满足一类水质标准。硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷 8 个监测项目均达到一类水质标准,变化值分别为 2.69~5.75 $\mu\text{g/L}$ 、0.844~3.89 $\mu\text{g/L}$ 、0.357~0.707 $\mu\text{g/L}$ 、7.07~12.9 $\mu\text{g/L}$ 、0.039~0.151 $\mu\text{g/L}$ 、0.736~3.97 $\mu\text{g/L}$ 、0.014~0.045 $\mu\text{g/L}$ 和 0.834~3.10 $\mu\text{g/L}$ 。

2.2 主要河流的污染物入海通量

由表 1 可知 2014 年通过河流汇入广西近岸海域污染物的总量为 175 596.02 t,其中化学需氧量 103 792.29 t,约占污染物总入海量 59.1%;总氮 66 322.97 t,约占总量的 37.8%;总磷 3 528.26 t,约占总量的 2.0%;油类 1 007.53 t,约占总量的 0.6%;重金属 746.30 t,约占总量的 0.4%;硫化物 198.65 t,约占总量的 0.1%。入海的氮、磷均以颗粒氮和溶解有机氮为主,其中无机氮的入海量为 32 380.56 t,占总氮的 48.8%;无机磷为 1 639.22 t,占总磷的 46.5%。重金属中铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷的年入海量分别为 92.41 t、9.59 t、455.53 t、3.02 t、87.56 t、1.21 t、96.98 t,锌的入海量占重金属入海量的 60.1%,是广西近岸海域最主要的重金属污染物(表 2)。

2014 年防城江污染物的入海量为 15 712.68 t,其中化学需氧量的入海总量最高,其次是总氮,总磷、油类、重金属和硫化物的入海量依次减少。通过防城

表 1 2014 年广西北部湾近岸海域主要河流污染物入海通量(t)

Table 1 Quantity of pollutants fluxing into the coastal water from major rivers of Guangxi Beibu Gulf in 2014(t)

流域 River	无机氮 DIN	总氮 TN	无机磷 DIP	总磷 TP	化学需氧量 COD	油类 Oil	硫化物 S ²⁻	重金属 Heavy metal	合计 Total
防城江 Fangchengjiang River	2 646.97	3 143.06	107.17	329.54	12 073.69	102.16	5.76	58.47	15 712.68
茅岭江 Maolingjiang River	4 393.18	11 178.91	509.01	885.86	17 951.63	176.15	16.30	146.11	30 354.96
钦江 Qinjiang River	4 652.87	8 720.95	34.70	128.90	9 264.03	154.65	8.15	40.16	18 316.84
大风江 Dafengjiang River	11 307.67	12 228.03	288.34	690.07	42 275.29	274.98	108.26	237.73	55 814.36
南流江 Nanliujiang River	9 379.87	31 052.03	700.00	1 493.89	22 227.65	299.60	60.18	263.83	55 397.18
入海通量 Quantity of pollutant fluxing into sea	32 380.56	66 322.97	1 639.22	3 528.26	103 792.29	1 007.53	198.65	746.30	175 596.02
占入海总量比例 Proportion of pollutant fluxing into sea	/	37.8%	/	2.0%	59.1%	0.6%	0.1%	0.4%	100.0%

江入海的氮、磷中,氮主要以无机氮为主,磷主要以颗粒磷和溶解有机磷为主;重金属中,锌的入海量最高,铜、铬、砷、铅、镉和汞的入海量依次减少。茅岭江污染物的入海量为 30 354.96 t,其中化学需氧量的入海总量最高,其次是总氮,总磷、油类、重金属和硫化物的入海量依次减少。通过茅岭江入海的氮、磷中,氮主要以颗粒氮和溶解有机氮为主,磷主要以无机磷为主;重金属中,锌的入海量最高,铜、铬、砷、铅、镉和汞的入海量依次减少。钦江污染物的入海量为 18 316.84 t,其中化学需氧量的入海总量最高,其次是总氮,油类、总磷、重金属和硫化物的入海量依次减少。通过钦江入海的氮、磷中,氮主要以无机氮为主,磷主要以颗粒磷和溶解有机磷为主;重金属中,锌的入海量最高,砷、铜、铬、镉、铅和汞的入海量依次减少。大风江污染物的入海量为 55 814.36 t,其中化学需氧量的入海总量最高,其次是总氮,总磷、油类、重金属和硫化物的入海量依次减少。通过大风江入海的氮、磷中,氮主要以无机氮为主,磷主要以颗粒磷和溶解有机磷为主;重金属中,锌的入海量最高,铬、砷、铜、镉、铅和汞的入海量依次减少。南流江污染物的入海量为 55 397.18 t,其中总氮的入海量最高,其次是化学需氧量,总磷、油类、重金属和硫化物的入海量依次减少。通过南流江入海的氮、磷以有机态为主;重金属中,锌的入海量最高,砷、铜、铬、铅、汞和镉的入海量依次减少(表 1,2)。

表 2 2014 年广西北部湾近岸海域主要河流重金属的入海通量(t)

Table 2 Quantity of heavy metals fluxing into the coastal water from major rivers of Guangxi Beibu Gulf in 2014(t)

流域 River	铜 Cu	铅 Pb	锌 Zn	镉 Cd	铬 Cr	汞 Hg	砷 As
防城江 Fangchengjiang River	7.42	1.40	44.83	0.12	3.06	0.08	1.55
茅岭江 Maolingjiang River	27.61	1.53	72.22	1.30	22.35	0.31	20.80
钦江 Qinjiang River	5.97	0.68	19.34	0.06	2.65	0.17	11.29
大风江 Dafengjiang River	20.89	0.46	153.97	1.22	30.82	0.23	30.14
南流江 Nanliujiang River	30.51	5.52	165.17	0.33	28.67	0.42	33.21
入海通量 Quantity of pollutant fluxing into sea	92.41	9.59	455.53	3.02	87.56	1.21	96.98

2.3 影响广西近海水质环境的主要污染物分析

防城江入海的各项污染物中,对河口附近海域环境产生影响的主要污染物为无机氮、无机磷、化学需

氧量和油类,污染负荷比分别为 43.4%、23.4%、12.4%和 7.3%,占各污染物等标污染负荷总量的 93.4%。茅岭江入海的各项污染物中,对河口附近海域环境产生影响的主要污染物为无机磷、无机氮、化学需氧量和油类,污染负荷比分别为 35.1%、30.3%、12.4%和 7.3%,占各污染物等标污染负荷总量的 85.1%。钦江入海的各项污染物中,对河口附近海域环境产生影响的主要污染物为无机氮、化学需氧量、油类和无机磷,污染负荷比依次为 66.0%、13.1%、8.8%和 6.6%,占污染物等标污染负荷总量的 94.5%。大风江入海的各项污染物中,对河口附近海域环境产生影响的主要污染物为无机氮、化学需氧量、无机磷和锌,污染负荷比分别为 46.1%、17.2%、15.7%和 6.3%,占污染物等标污染负荷总量的 85.2%。南流江入海的各项污染物中,对河口附近海域环境产生影响的主要污染物为无机氮、无机磷、化学需氧量和油类,污染负荷比分别为 39.2%、39.2%、9.3%和 5.0%,占污染物等标污染负荷总量的 92.5%(图 3)。

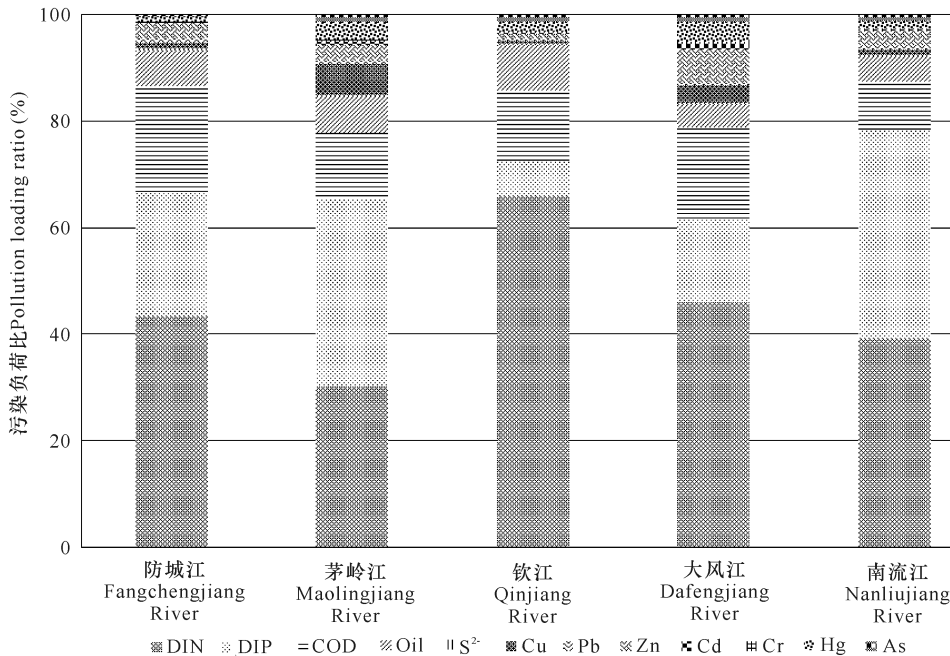


图 3 2014 年广西北部湾近岸海域主要河流污染物的污染负荷比

Fig. 3 Pollution loading ratio of pollutant in major rivers of Guangxi Beibu Gulf in 2014

3 河流主要污染物的来源分析

通过分析,广西近岸海域主要入海河流的污染物以氮、磷、化学需氧量和油类为主。由于流域产业布局短期内可认为保持不变,因此本文在引用年限相近的流域污染源调查结果^[1,12]的基础上,分析各流域

氮、磷、化学需氧量的主要来源,并结合广西海洋环境污染源调查结果^[13]估算流域内各污染源油类的入河量,分析油类的主要来源。由于缺乏防城江和大风江流域污染源调查资料,这两个流域的主要污染物来源不作分析。

茅岭江发源于钦州市灵山县的罗岭,流经那香

镇、新棠镇、长滩镇等 13 个乡镇,其中钦州市 11 个乡镇,防城港市 2 个乡镇,干流全长 136 km,流域面积 2 959 km²。据统计,2012 年茅岭江流域内工业废水排放量 6 107 700 t,化学需氧量的入河量为 767 t;生活污水排放量 42 320 000 t,其中化学需氧量入河量 10 390 t,总氮 3 008 t,总磷 258.8 t;种植业的化学需氧量入河量为 1 582 t,总氮 819 t,总磷 132 t;流域内出/存栏牲畜 63.09 万头,出/存栏家禽 4 645 万只,畜禽养殖化学需氧量的入河量为 13 649 t,总氮 1 055 t,总磷 398 t;水产品总产量 23 052 t,养殖排污中化学需氧量的入河量为 620 t,总氮 58.2 t,总磷 8.3 t。茅岭江流域的化学需氧量主要源于畜禽养殖业和生活污水,二者分别占化学需氧量入河总量的 50.5%和 38.5%。生活污水的总氮入河量最高,占各类污染源总氮入河总量的 60.9%;其次是畜禽养殖,占总氮入河总量的 21.4%。总磷主要源于畜禽养殖和生活污水,其中畜禽养殖的入河量最高,占各类污染源总磷入河量的 49.9%;生活污水居次,占总磷入河量的 32.5%。根据估算,畜禽养殖油类的年入河量约为 228 t,工业废水约为 1.04 t,生活污水约为 11 t,水产养殖约为 6.55 t。由此可推断畜禽养殖是茅岭江水体油类的主要来源。

钦江发源于钦州灵山县罗阳山,流经平山镇、佛子镇、灵城镇等 12 个乡镇,干流全长 179 km,流域面积 2 457 km²。2012 年钦江流域内工业废水排放量 2 011 300 t,化学需氧量的入河量为 918.35 t;生活污水排放量 2 916 600 t,其中化学需氧量入河量 1 048.44 t,总氮 184.91 t,总磷 14.11 t;种植业的化学需氧量入河量为 2 629.22 t,总氮 1 294.03 t,总磷 224.28 t;流域内出/存栏牲畜 108.19 万头,出/存栏家禽 5 158.10 万只,畜禽养殖化学需氧量的入河量为 21 286.32 t,总氮 1 914.67 t,总磷 557.38 t;水产品总产量 36 000 t,养殖排污中化学需氧量的入河量为 942.99 t,总氮 88.69 t,总磷 12.38 t。钦江流域的化学需氧量主要源于畜禽养殖业,占化学需氧量入河总量的 79.4%。畜禽养殖总氮的入河量最高,占各类污染源总氮入河总量的 55.0%;其次是种植业,占总氮入河总量的 37.2%。钦江流域总磷主要源于畜禽养殖和种植业,其中畜禽养殖业的入河量最高,占各类污染源总磷入河量的 69.0%;种植业居次,占总磷入河量的 27.8%。根据估算,畜禽养殖油类的年入河量约为 254.01 t,工业废水约为 0.34 t,生活污水为 0.76 t,水产养殖约为 9.97 t。据此可推断畜禽养殖是钦江水体油类的主要来源。

南流江发源于广西玉林市大容山,流经北流市、

玉州区、福绵区、博白县、浦北县、合浦县等区县,干流总长 287 km,流域面积 8 635 km²。2012 年南流江流域内工业废水排放量为 25 540 000 t,其中化学需氧量的入河量为 7 587.13 t。生活污水入河量为 10 557 500 t,其中化学需氧量入河量为 3 630.02 t,总氮 645.57 t,总磷 52.19 t。种植业的化学需氧量入河量为 5 188.95 t,总氮 2 865.77 t,总磷 355.32 t。流域内出/存栏牲畜 457.37 万头,出/存栏家禽 8 811.11 万只,畜禽养殖化学需氧量的入河量为 95 960.52 t,总氮 11 815.74 t,总磷 2 124.50 t。水产品总产量 134 600 t,其中化学需氧量的入河量为 3 614.37 t,总氮 340.26 t,总磷 47.08 t。南流江流域的化学需氧量、总氮和总磷主要源于畜禽养殖,分别占各类污染源污染物总入河量的 82.7%、75.4%和 82.4%。根据估算,南流江流域畜禽养殖的油类入河量约为 955.64 t,工业废水约为 4.34 t,生活污水约为 2.74 t,水产养殖约为 38.21 t。据此可推断畜禽养殖是南流江水体油类的主要来源(表 3)。

表 3 流域内主要污染源污染物的排放量(t)

Table 3 Quantity of pollutant discharging from main pollution sources in each river(t)

流域 River	主要污染源 Main pollution source	总氮 TN	总磷 TP	油类 Oil
茅岭江 Maolingjiang River	工业废水 Industrial waste water	/	/	1.04
	生活污水 Domestic sewage	3 008	258.80	11
	畜禽养殖 Stock farming	1 055	398	228
	种植业 Crop farming	819	132	/
	水产养殖 Aquaculture	58.20	8.30	6.55
钦江 Qinjiang River	工业废水 Industrial waste water	/	/	0.34
	生活污水 Domestic sewage	184.91	14.11	0.76
	畜禽养殖 Stock farming	1 914.67	557.38	254.01
	种植业 Crop farming	1 294.03	224.28	/
	水产养殖 Aquaculture	88.69	12.38	9.97
南流江 Nanlijiang River	工业废水 Industrial waste water	/	/	4.34
	生活污水 Domestic sewage	645.57	52.19	2.74
	畜禽养殖 Stock farming	11 815.74	2 124.50	955.64
	种植业 Crop farming	2 865.77	355.32	/
	水产养殖 Aquaculture	340.26	47.08	38.21

4 河流主要污染物对近岸海域水质环境的影响

通过分析,各河流影响近岸海域水质的污染物主要有无机氮、无机磷、化学需氧量和油类,个别流域的锌污染负荷也较高。

2014年广西近岸大部分海域的无机氮满足一、二类水质,局部海域污染较严重^[14],主要集中在河流入海口附近,防城江、茅岭江、钦江、大风江和南流江入海口附近海域基本符合或劣于四类海水水质标准,其中大风江和南流江河口附近海域无机氮超四类水质标准天数分别为22 d和28 d,占监测天数的8%和11%^[15-17]。无机氮污染严重海域主要集中在河口,这与河流无机氮含量高有关,各河流的无机氮基本劣于四类海水水质标准,高浓度的无机氮进入海湾,势必影响入海口附近海域无机氮的含量。

2014年广西近岸大部分海域的无机磷满足一类水质标准,但局部海域污染较重^[14],防城江、茅岭江、钦江、大风江和南流江入海口附近海域基本符合或劣于四类海水水质标准;其中茅岭江和钦江的河口海域污染最重,无机磷超四类海水水质标准183 d,占监测天数的75%,防城江居次,超四类海水水质标准55 d,占监测天数的22%,大风江和南流江河口附近海域无机磷超四类海水水质标准天数分别为22 d和28 d,分别占监测天数的8%和11%^[15-17]。与无机氮类似,无机磷污染严重海域主要集中在河口,也是由入海河流无机磷含量较高引起。

各河流化学需氧量的年入海通量和入海浓度较高,但未影响广西近岸水质,大部分海域均满足一类或二类海水水质标准^[14],这可能与海水溶解氧含量较高^[15-17],有机物可快速氧化降解。2014年广西近岸大部分海域的油类符合一、二类海水水质标准^[14],防城江河口海域油类劣于一类海水水质标准,茅岭江、钦江、大风江和南流江河口海域劣于二类水质标准^[15-17]。

各河流油类的年入海量较高,但入海浓度基本优于一类海水水质标准,近岸海域油类污染应主要源于河口以外的污染源。同样,大风江锌的污染负荷相对较高,但入海浓度较低,基本优于一类海水水质标准,因此大风江河口附近海域锌的含量满足一类海水水质标准^[17]。

由上可见影响广西近海水质的河流污染物主要是无机氮和无机磷。各监测河流无机氮的年入海量占总氮年入海量的30.2%~92.5%,无机磷的年入海量占总磷年入海量的32.5%~57.5%,有研究表

明海水中不同形态的氮、磷在一定环境条件下可转化为无机氮和无机磷^[18],因此入海河流的颗粒氮和溶解有机氮、颗粒磷和溶解有机磷的含量高会提高近岸海域水体富营养化的风险,应引起重视。

5 结论

2014年的丰、枯水期对广西北部湾近岸海域主要入海河流防城江、茅岭江、钦江、大风江和南流江的污染状况及污染物入海通量进行监测,并分析污染物的主要来源及其对近岸海域水质的影响,得到如下结论:

(1)影响河流监测断面水质的污染物主要有无机氮、无机磷和化学需氧量。丰水期各监测河流的无机氮基本属四类或劣四类,无机磷除大风江属一类外,其余属劣四类,防城江的化学需氧量属劣四类,钦江属劣二类,其余属劣一类;枯水期各河流的无机氮基本属四类或劣四类,无机磷除大风江属一类外,其余基本属四类或劣四类,化学需氧量基本属一类或劣一类。

(2)2014年广西北部湾近岸海域主要河流污染物的入海通量为175 596.02 t,其中化学需氧量的入海通量约占污染物总入海通量的59.1%,总氮约占总量的37.8%,总磷约占总量的2.0%,油类约占总量的0.6%,重金属约占总量的0.4%,硫化物约占总量的0.1%。

(3)入海的河流污染物主要有氮、磷、化学需氧量和油类。茅岭江的总氮、总磷和化学需氧量主要源于生活污水和畜禽养殖污染源,油类主要源于畜禽养殖污染源;钦江的总氮、总磷主要源于畜禽养殖和种植业污染源,化学需氧量和油类主要源于畜禽养殖污染源;南流江的总氮、总磷、化学需氧量和油类主要源于畜禽养殖污染源。

(4)入海的污染物中化学需氧量、无机氮、无机磷和油类的污染负荷较高,但影响近岸海域水质的污染物主要是无机氮和无机磷。

参考文献:

- [1] 赖春苗,李风华,陈兰,等.广西近岸海域水环境质量变化及保护对策研究报告[R].北海:广西海洋环境监测中心站,2013.
LAI C M, LI F H, CHEN L, et al. The research report on the environmental variation and protective suggestion for coastal water of Guangxi Beibu Gulf[R]. Beihai: Marine Environmental Monitoring Center of Guangxi, 2013.
- [2] 陈兰,蒋清华,石相阳,等.北部湾近岸海域环境质量状况、环境问题分析以及环境保护建议[J].海洋开发与管

- 理,2016,33(6):28-32.
- CHEN L,JIANG Q H,SHI X Y,et al. Environmental quality condition, problems analysis and protection suggestion for the coastal waters of the Beibu Gulf[J]. Ocean Development and Management,2016,33(6):28-32.
- [3] 陈宪云,陆海生,陈波. 广西海岸带海洋环境污染现状及防治对策[J]. 广西科学,2014,21(5):555-560.
- CHEN X Y,LU H S,CHEN B. Status and control countermeasures on marine environment pollution of Guangxi[J]. Guangxi Sciences,2014,21(5):555-560.
- [4] 谭庆梅. 钦江流域水污染状况与水环境保护[J]. 广西水利水电,2009(1):49-51,84.
- TAN Q M. Water pollution and water environment protection of Qinjiang River basin[J]. Guangxi Water Resources & Hydropower Engineering,2009(1):49-51,84.
- [5] 代俊峰,张学洪,王敦球,等. 北部湾经济区南流江水质变化分析[J]. 节水灌溉,2011(5):41-44.
- DAI J F,ZHANG X H,WANG D Q,et al. Analysis of water quality change characteristic of Nanliu River in Beibu Gulf[J]. Water Saving Irrigation,2011(5):41-44.
- [6] 中华人民共和国国家海洋局. 江河入海污染物总量监测技术规程:HY/T 077-2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- State Oceanic Administration of the People's Republic of China. Technical specification for monitoring of total amount of pollutants discharged from river to sea:HY/T 077-2005[S]. Beijing:China Standards Press,2005.
- [7] 中国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 海洋监测规范:第3部分 样品采集、贮存与运输:GB 17378. 3-2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. The specification for marine monitoring-Part 3: Sample collection storage and transportation: GB 17378. 3-2007[S]. Beijing: China Standards Press,2007.
- [8] 中国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 海洋监测规范:第4部分 海水分析:GB 17378. 4-2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. The specification for marine monitoring-Part 4: Seawater analysis: GB 17378. 4-2007[J]. Beijing: China Standards Press,2008.
- [9] 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查领导小组. 广西壮族自治区海岸带和海涂资源综合调查报告:第三卷 水文、海水化学、海洋环境[M]. 南宁:广西科学技术出版社,1986.
- The Investigation Team and Leading Group of the Coastal Fishery Resource in Guangxi Province. Guangxi Coastal zone and resources comprehensive survey report-Part 3: Hydrology, seawater chemistry, marine environment[M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press,1986.
- [10] 广西壮族自治区海洋局. 广西壮族自治区海洋功能区划(2011-2020年)[Z]. 南宁:广西壮族自治区海洋局,2012.
- The Oceanic Administration of Guangxi. Guangxi marine functional zonation (2011-2020)[Z]. Nanning: The Oceanic Administration of Guangxi,2012.
- [11] 国家环境保护总局. 海水水质标准:GB 3097-1997[S]. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- State Environmental Protection Agency. Marine water quality standard: GB 3097-1997[S]. Beijing: China Environmental Science Press,1998.
- [12] 陈群英,洗萍,蓝文陆. 茅岭江流域入河污染源问题诊断及防治对策研究[J]. 环境科学与管理,2016,41(4):37-42.
- CHEN Q Y,XIAN P,LAN W L. River pollution problem diagnosis and environmental protection countermeasures of Maolingjiang River basin[J]. Environmental Science and Management,2016,41(4):37-42.
- [13] 广西红树林研究中心. 广西海洋环境污染源调查报告[R]. 北海:广西红树林研究中心,2015.
- Guangxi Mangrove Research Center. The investigation report for coastal pollutant source[R]. Beihai: Guangxi Mangrove Research Center,2015.
- [14] 广西壮族自治区海洋局. 2014年广西壮族自治区海洋环境质量公报[R]. 南宁:广西壮族自治区海洋局,2014.
- The Oceanic Administration of Guangxi. Bulletin of marine environmental status of Guangxi for the year of 2014[R]. Nanning: The Oceanic Administration of Guangxi,2014.
- [15] 防城港市海洋局. 2014年防城港市海洋环境质量公报[R]. 防城港:防城港市海洋局,2014.
- The Oceanic Administration of Fangchenggang. Bulletin of marine environmental status of Fangchenggang for the year of 2014[R]. Fangchenggang: The Oceanic Administration of Fangchenggang,2014.
- [16] 钦州市海洋局. 2014年钦州市海洋环境质量公报[R]. 钦州:钦州市海洋局,2014.
- The Oceanic Administration of Qinzhou. Bulletin of marine environmental status of Qinzhou for the year of 2014[R]. Qinzhou: The Oceanic Administration of Qinzhou,2014.
- [17] 北海市海洋局. 2014年北海市海洋环境质量公报[R]. 北海:北海市海洋局,2014.
- The Oceanic Administration of Beihai. Bulletin of marine environmental status of Beihai for the year of 2014[R]. Beihai: The Oceanic Administration of Beihai,2014.
- [18] 冯士箴,李凤岐,李少. 海洋科学导论[M]. 北京:高等教育出版社,1999.
- FENG S Z,LI F Q,LI S. An introduction of ocean sciences[M]. Beijing: Higher Education Press,1999.

(责任编辑:米慧芝 符支宏)