

# 广西茅岭江入海典型污染物通量估算方法<sup>\*</sup>

马进荣<sup>1</sup>, 程梦妍<sup>1,2</sup>, 廖文凯<sup>3</sup>, 郭雅琼<sup>1</sup>

(1. 南京水利科学研究院港口航道泥沙工程交通行业重点实验室, 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏南京 210024; 2. 河海大学港口海岸及近海工程学院, 江苏南京 210098; 3. 广西壮族自治区水文水资源局, 广西南宁 530007)

**摘要:** 茅岭江是入注茅尾海的重要河流, 其携带的污染物是茅尾海污染物的主要来源之一。由于各种因素, 流域的总径流量和污染通量估算存在一定困难。为掌握茅岭江污染物入海情况, 本研究结合茅岭江入海口附近的两条污染物浓度监测断面的监测数据, 针对观测时间相对较长的  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度开展年入海通量估算方法研究。研究利用修正的流域径流数据结合断面监测浓度, 提出缺乏流量观测资料子流域的径流估算方法, 并比较分析 3 种不同概化方法估算年污染物通量。结果表明, 采用年平均修正流量与年平均河口断面监测浓度可以简单估算茅岭江的污染物入海年通量。该方法也可以直接应用于其他污染指标的年通量计算。

**关键词:** 污染物 通量 茅岭江 茅尾海

中图分类号: P76, P734. 4<sup>+</sup>3

文献标识码: A

文章编号: 1005-9164(2019)03-0335-06

## 0 引言

河流入海污染物通量是近岸海域环境保护与管理的重要关注因子。有河流入注的近岸海域, 其污染源通常包括河流带来的陆域污染、排污口污水(包括工业污水、生活污水、雨污排水口等)、沿海养殖污染、港口污染源、施工作业污染源、风浪引起的底泥污染物二次释放等<sup>[1-2]</sup>。前 3 项所占比重相对较高, 各占近岸海域污染总量的比例因周边经济发展程度不同有所差异, 甚至有些经济发达地区的近岸海域可能没有近海养殖污染, 但各地河流携带的入海污染物一般都在近岸海域污染物中占有重要比例<sup>[3]</sup>。入海通量值定义为通过河口断面进入海域的污染物总量, 一般以年为统计时段。无论以点源还是面源方式进入河

流的污染物, 随水流运动一般都会有生化反应, 浓度值也因此发生变化, 通常表现为衰减, 因此流域内各源项的累计值并不等于入海通量值。入海通量最常用的计算方法为流量乘以浓度<sup>[4]</sup>, 该计算方法获得了广泛的应用<sup>[5-8]</sup>。若要掌握潮流界内污染物的分布与变化过程需要详细的监测资料, 包括上游和下游断面浓度变化过程、沿岸的源汇污染物浓度变化过程、潮流界河段内特征部位的浓度变化过程。监测站的污染物浓度一般会有潮汐性的周期变化。由于每天的涨、落潮潮时并不固定, 观测的时间间隔需识别涨、落潮, 且能较精确描述流量过程和污染物浓度变化过程, 如要进行整年或若干代表季的周期性监测, 其成本往往难以接受<sup>[9]</sup>。因此很多入海河流都缺乏详细的监测资料, 只进行一条或两条断面的观测, 如何通

<sup>\*</sup> 国家重点研发计划项目(2017YFC0405504)和南京水利科学研究院基金项目(Y217012)资助。

### 【作者简介】

马进荣(1971—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事水动力、水环境及工程泥沙研究, E-mail: jrma@nhri.cn.

### 【引用本文】

DOI: 10. 13656/j. cnki. gxkx. 20190506. 007

马进荣, 程梦妍, 廖文凯, 等. 广西茅岭江入海典型污染物通量估算方法[J]. 广西科学, 2019, 26(3): 335-340.

MA J R, CHENG M Y, LIAO W K, et al. Method of estimating the typical pollutant flux from Maoling River to Maowei Sea in Guangxi [J]. Guangxi Sciences, 2019, 26(3): 335-340.

过有限的观测提高入海污染物通量计算的精度还需要探索。当断面布置在潮流界以上时,通量值难以包含近海区的污染排放量,但这一区域往往经济相对发达,而且污染排放量大;观测断面越接近入海口,受潮汐动力影响越明显,当断面布置在潮流界内时,观测的浓度值可能已混合来自海域的污染物,因而基于这种潮汐影响断面浓度值计算的河流入海污染物通量可信度如何存在争议。根据有限的观测经费,优化调度观测时间,避免或最大程度减小涨潮期上溯污染物对观测成果的干扰,探讨相应的河流入海污染物通量估算方法,对实施“三线一单”的生态环境管控要求<sup>[10]</sup>有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究水域概况

#### 1.1.1 河流流域

入注茅尾海的河流有两条,东侧为钦江,西侧为茅岭江。本文以茅岭江为例开展研究。

根据全国水利普查资料,茅岭江发源于钦北区板城乡,流经钦北区、钦南区和防城港市防城区,全长 117 km,总落差 135 m,流域面积 2 875 km<sup>2</sup>。下游黄屋屯水文站距河口约 18 km,控制流域面积约 1 826 km<sup>2</sup>。黄屋屯上游 17.5 km 已建拦河坝,坝下感潮。流域西部为十万大山山脉,发育有两条入汇茅岭江的支流(图 1),其中滩营河支流在离河口约 11 km 处入汇,流域面积约 824 km<sup>2</sup>,该支流无水文站观测流量信息;另一支流为冲仑江(芙蓉江),流域面积约 85.1 km<sup>2</sup>,在河口附近入汇,也无常设水文站。流域多年平均年降水量 1 500~2 800 mm,年径流深 750~2 000 mm。黄屋屯站年径流总量,2012—2016 年分别为  $15.91 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,  $21.62 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,  $19.72 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,  $13.02 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,  $16.01 \times 10^8$  m<sup>3</sup>。

表 1 茅尾海水域年度实测水质

Table 1 Annual measured water quality in Maowei Sea

年份 Year	GX001		GX002		QZ3		QZ4	
	水质 Water quality	超标因子 Excessive factor	水质 Water quality	超标因子 Excessive factor	水质 Water quality	超标因子 Excessive factor	水质 Water quality	超标因子 Excessive factor
2012	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.4)	Ⅳ	DIN (0.6), DIP	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.6)	劣Ⅳ Four inferior	DIN (0.7), DIP
2013	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.4)	劣Ⅳ Four inferior	DIN (0.7)	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.4)	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.2), DIP
2014	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.0)	Ⅲ	pH	劣Ⅳ Four inferior	DIN (1.1)	Ⅳ	DIP (0.2)
2015	Ⅳ	DIN (0.5), DIP	Ⅳ	DIP (0.1)	Ⅳ	DIN (0.4)	Ⅳ	DIP (0.4)

注: DIN 为无机氮, DIP 为活性磷酸盐; 表中括号内数据为跟随前超标因子的超标浓度值

Note: DIN is inorganic nitrogen, DIP is active phosphate; the data in parentheses in the table are the excessive concentration following the excessive factor

m<sup>3</sup>,  $13.02 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,  $16.01 \times 10^8$  m<sup>3</sup>。

以 2012 年为基准年,流域内总人口 77.03 万,其中农业人口 63.77 万,工业总产值 92 063.7 万元。统计得流域污染物入河总量为 8 169 t/a,其中化学需氧量 6 468 t、氨氮 537 t、总氮 1 033 t、总磷 132 t<sup>[11]</sup>。



图 1 茅岭江位置示意图

Fig. 1 The location map of Maoling River

#### 1.1.2 茅尾海水环境

茅尾海属钦州港内湾,面积约 135 km<sup>2</sup>,东、西、北三面为陆地所环绕,南面通过宽度仅约 1~2 km 的龙门海峡与钦州港外湾(钦州湾)相通,钦州湾呈喇叭型,南面连通北部湾,位于广西沿海中段<sup>[12]</sup>。茅尾海内滩涂广布,有大片红树林分布(红树林保护区面积达 2 784 m<sup>2</sup>),各河口均有深浅不等的潮沟与湾口相通,形成特有的滩槽格局,且历数十年基本不变,滩面稍有淤高。

茅尾海内目前有 4 个近岸海域水质固定监测站,其中 3 个区控站、1 个国控站(图 1)。收集近岸海域环境质量报告 2012—2015 年度报告(环保公报),摘录 4 监测站的水质评价成果,列于表 1。表中监

测点水域水质功能要求 GX001、GX002 为 II 类, QZ3、QZ4 为 III 类, 2012—2015 年监测值均未达标。其中 GX002 靠近湾口, 综合 4 年情况可见该点位附近水质相对好于其他站点。

广西海洋部门每年也发布海洋环境质量公报(海洋公报), 并列给出广西各入海河流的污染物入海通量。摘录 2012—2015 年度公报中茅岭江河口污染物入海通量, 列于表 2。

表 2 河流入海污染物通量(t/a)

Table 2 Annual river pollutant flux to the sea (t/a)

年份 Year	污染物种类 Pollutant type					
	茅岭江 Maoling River			钦江 Qinjiang River		
	COD <sub>Cr</sub>	DIN	TP	COD <sub>Cr</sub>	DIN	TP
2012	50 178	2 456	521	31 583	2 682	332
2013	128 238	2 713	766	85 430	4 876	821
2014	37 855	428	170	19 691	908	130
2015	26 105	1 909	181	13 653	2 058	87

### 1.1.3 其他水质调查评价

环保公报和海洋公报均由相应政府部门发布, 数据可信度高, 不过在对照分析时仍有一些疑问, 例如: 表 2 中 2014 年度的 DIN 入海总量是 4 年中最少的, 但表 1 中该年度的 DIN 浓度检测值并不是最小的, 2015 年度的 DIN 浓度值是 2014 年一半; 表 2 中总磷在 2015 年度的通量最少, 但表 1 内的 DIP 却在该年度有 75% 的点位超标, 远大于其他年度。当然, 河流入海污染物只是海域污染物状态的一个源项, 还有其他源项共同作用才最终决定监测的浓度值, 这种不完全对应的关系正反映了区域污染物来源的复杂性。

除两份公报的编制机构在进行系统的检测外, 许多学者也进行各种专项调查。如亢振军等<sup>[13]</sup>在茅岭江河口取 3 个定点, 观测 5 月、8 月、10 月 3 个月的特征污染物浓度, 观测期为 2012 年和 2013 年。两年内茅岭江河口 DIN 变幅约为 0.06~0.66 mg/L, 而远离河口区的区控和国控监测点中最小值与其观测的最大值接近。韦重霄等<sup>[14]</sup>根据连续两年水质监测调查资料分析认为茅尾海总体处于中度富营养状态, 时空差异较为明显, 以夏季最为严重, 从湾顶河口往南部湾口减轻。钦江、茅岭江的入海污染是茅尾海营养和有机污染的主要物质来源。

茅尾海盛产大蚝、对虾、青蟹、石斑鱼, 是区域重要海产品增殖基地, 养殖过程产生的大量排泄物、残饵、用药等对水环境污染不容忽视, 增殖区水污

染程度有逐年增长趋势, 需加强监管<sup>[15-16]</sup>。

## 1.2 污染物入海通量的估算

茅尾海水域的污染状态是在径流、潮流、风浪等多动力影响下, 由自然界生物因素和人类活动干扰等多因素决定的, 其中污染源的输入最为关键, 尤以河流输入为主。缺乏资料时可直接采用海洋公报的河流入海污染物通量值, 但如表 2 所示, 入海污染物通量年际差异大, 实际应用于客观评价时往往会产生困扰。本文以茅岭江入海 COD<sub>Cr</sub> 为例, 探讨污染物入海通量计算时存在的问题和科学估算的有效方法。

### 1.2.1 基础资料

茅岭江入海口附近有两个河道水质监测断面, 上断面为长墩断面, 位于滩营河汇入口略偏下游侧; 下断面为茅岭江大桥断面, 在冲仑江汇入口下游侧(断面示意位置参见图 1), 两监测断面相距约 7.5 km。收集到长墩断面 2014 年 6 月至 2015 年 12 月监测资料、茅岭江大桥断面 2013 年 1 月至 2016 年 12 月监测资料。两断面均为每月监测一次, 断面上布置 3 个测点, 均在落潮低平潮附近观测, 因此两断面的观测时间均不在同一天。两断面的 COD<sub>Cr</sub> 浓度过程线如图 2 所示。

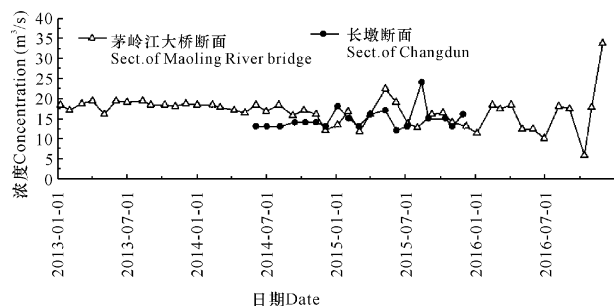


图 2 两断面实测 COD<sub>Cr</sub> 浓度过程图

Fig. 2 Process of measured COD<sub>Cr</sub> concentration in the two monitoring cross-sections

另外收集 2013—2016 年茅岭江黄屋屯站的月平均径流量资料(图 3), 可见流量较大值一般在 7—9 月, 其他月份一般小于 50 m<sup>3</sup>/s。

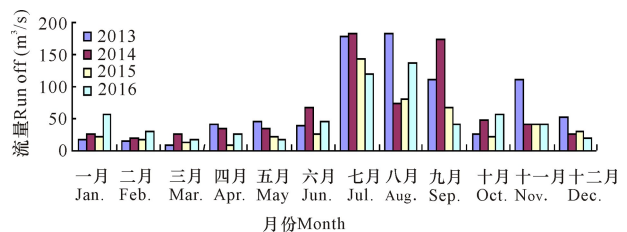


图 3 2013—2016 年黄屋屯站月平均径流量分布

Fig. 3 Monthly average runoff at Huangwutun station in 2013—2016

### 1.2.2 通量计算方法

污染物通量计算的基本方法为浓度和流量的乘积<sup>[17]</sup>,浓度、流量都是对应某一时间长度的平均值。断面平均浓度值只有每月1个数据,因此时段长度可对应取月平均值。流量观测只在黄屋屯设站,收集到的月平均流量值不含滩营河和冲仑江径流。如用长墩断面浓度乘以黄屋屯和滩营河的合计流量进行计算,其计算结果不包含冲仑江的污染物通量在内。

比较长墩站与大桥站的 COD<sub>Cr</sub> 浓度过程。去掉一个最大值和一个最小值(算术均值易受到具有偶然性的个别极端数据的影响,当只关注均值时可以去掉再取算术均值),因此2014年6月至2015年12月两站均值分别为14.79 mg/L、15.72 mg/L,说明大桥断面的浓度均略高于长墩断面,即冲仑江子流域携带的污染物使河口区 COD<sub>Cr</sub> 浓度略有升高(假定大桥断面附近区域没有其他污染源条件下)。

因此,相较长墩断面,茅岭江大桥断面污染物通量基本能反映茅岭江全流域的入海污染物通量,但计算时需配合计算同时段的滩营河和冲仑江时段平均流量值(这两个子流域的流量值采用相邻流域的降雨径流关系进行简单类比估算)。

### 1.2.3 子流域径流量估算方法

有流域出口流量和域内合理分布雨量信息时,可建立降雨和径流的关系,通过雨量较准确地推算出径流量。资料缺乏,特别是没有径流观测资料时,只能采用相邻流域的降雨径流关系简单类比估算。滩营河和冲仑江子流域均没有径流观测资料,只能采用简单估算法,并以茅岭江北部流域为参考流域,估算公式如下:

$$R_i = K_i \frac{P_i A_i}{P_0 A_0} R_0, \quad (1)$$

式中: $R, P, A$  分别表示径流、降雨量、集水面积;下标0为参考流域, $i$ 为待估算流域; $K$ 为因流域产汇

流特征差异引起的修正系数。由区域年降雨量分布可知<sup>[18-19]</sup>,靠近海侧的滩营和冲仑江子流域的年降雨量较黄屋屯站控制的茅岭江北部流域年降雨量要略大。冲仑江子流域地势更趋平坦,汇流难度大于参照流域;滩营河则由于河源在十万大山区,降雨强度大,流域也有一定的坡陡<sup>[20]</sup>。考虑两待估算流域没有准确降雨信息资料,降雨比值项与径流折算系数合并为综合系数,滩营河与冲仑江分别取1.1,1.0。待有子流域流量过程时,可进一步研究确定两子流域与茅岭江北部流域的折算系数,不过这两个子流域的径流流出过程会受河口潮汐影响,计算径流量时应扣减涨潮水量。

### 1.2.4 通量计算方案

长墩站与大桥站两站 COD<sub>Cr</sub> 浓度过程线中7—9月的各年浓度值没有显著升高或降低,说明 COD<sub>Cr</sub> 浓度与流量的相关性不显著,即流域内污染物在非降雨期的累积效应不明显,这可能与研究流域降雨丰富有关。

考虑到浓度值与流量的相关性不显著,采用月、年两种时段平均方法来计算年 COD<sub>Cr</sub> 通量值。其中“简法一”是指流量不进行修正,直接采用黄屋屯站的流量值,按月平均流量乘以月平均浓度,逐月累计得到年通量;“月均修正”法采用修正流量值,按月平均修正流量乘以月平均浓度,逐月累计得到年通量;“年均修正”法采用修正流量,按年平均修正流量乘以年平均浓度计算通量。

## 2 结果与分析

如表3所示,3种方法通量估算成果中“简法一”通量值明显小于另两种方法;“月均修正”与“年均修正”差别不显著。除2013年海洋公报的通量值与估算值差别显著外,其他3个年份的估算值与公报值偏差不大。

表3 不同计算方案下进入茅岭江的年 COD<sub>Cr</sub> 通量值

Table 3 Annual COD<sub>Cr</sub> value entering Maoling River under different calculation schemes

年份 Year	黄屋屯 流量 Runoff of Huangwutun (m <sup>3</sup> /s)	全流域 流量 Runoff of whole basin (m <sup>3</sup> /s)	年均 COD <sub>Cr</sub> 浓度 Annual average concentration of COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	COD <sub>Cr</sub> 年通量 Annual flux of COD <sub>Cr</sub> (t/a)			
				海洋公报 Ocean bulletin	简法一 Simplification approach	月均修正 Monthly average correction	年均修正 Yearly average correction
2013	68.6	91.7	18.36	128 238	40 273	54 162	53 086
2014	62.5	83.8	16.81	37 855	29 365	44 253	44 399
2015	41.3	55.2	15.39	26 105	19 079	25 658	26 766
2016	50.6	67.8	16.04	43 443	23 124	31 099	34 294

### 3 讨论

河流携带污染物入海通量的基本算法是明确的, 只是资料的完备性因地而异, 对于缺乏资料的入海河流, 需要针对选定的同一时段修正流量和浓度两个关键因子。

#### 3.1 流量修正

流量数据一般可依托河流最下游的控制站长系列观测资料提取, 这类控制站一般不会设在河口断面附近, 且大多不受潮汐影响; 即使有潮汐影响的测站, 一般也可采用径流整编资料。流量修正则是在控制站的径流基础上加入控制站至河口断面间的支流和区间入流。

有多种具体的水文学方法对无流量观测站支流和区间流量进行修正, 各方法依据的资料条件存在差异。本文茅岭江算例没有收集到足够的流域参数, 也没有收集到支流的验证资料, 暂时用经验系数类比, 这是以后应改进的方向之一。

#### 3.2 浓度修正

浓度与流量需要统一时段平均值, 一般浓度观测时间步长远长于流量, 多以浓度观测周期进行修正。茅岭江算例中一个月仅有一次浓度测量值, 唯一的数据作为月浓度均值的代表性缺乏说服力, 可能有学者认为数据过于粗糙, 精度存疑。

通常认为茅岭江河口段的水体中污染物浓度大于海域, 不妨假定远离河口区的海域污染物浓度基本一致且相对清洁, 有一个海区基准浓度值存在, 风浪和潮汐条件变化仅引起海域的污染物浓度围绕海区基准浓度略有波动。同样地, 假定河口断面上游径流携带的污染物也相对稳定, 有一河流基准浓度值, 随径流量变化引起的河流污染物浓度围绕河流基准浓度波动。忽略海区和河流的浓度波动, 仅以基准浓度来分析, 远离河口断面的海区为海区基准浓度(低值), 远离河口断面的河道上段为河流基准浓度(高值), 河口断面附近的浓度受径流与潮流掺混影响介于两基准值之间。涨潮时, 强掺混区往河口断面上游移动, 河口断面的平均浓度逐渐下降, 如果涨潮流足够强劲, 断面平均浓度将趋于与海区基准浓度一致, 理论上涨潮流达到潮流界附近时断面平均浓度值最低; 落潮时, 强掺混区自潮流界向海回退, 河口断面浓度逐渐上升, 落憩时强掺混区已经在河口外相对较远的海区, 河口断面浓度接近或达到河流基准浓度。从一个理想的涨、落过程分析可知, 如果任意时刻进行

断面浓度观测, 测得的大部分浓度值是径、潮流掺混值, 即小于基准河流浓度值, 需要修正加大浓度。为避免修正浓度的不确定性, 建议尽量在落憩时刻附近观测回避修正。考虑到潮汐的不对称性, 污染源的散乱分布特征, 为确保能观测到代表性好的断面浓度值, 应选取落潮潮差较大的大潮期落憩期观测。

### 4 结论

在目前有限的监测条件下, 采用径流量乘以断面平均浓度的计算方式估算河流携带污染物入海通量的方法是适用的, 其中子流域的流量修正系数还有待进一步验证。比较近4年的估算结果与公报数据, 估算值年际波动幅度小于公报值, 总体能反映年污染物入海通量。除  $COD_{Cr}$  外, 其他污染物通量也可以采用此估算方法进行计算。由于估算通量值的年度差异较大, 建议结合流域污染源的分析, 采用若干年平均值作为本底通量值。

因茅岭江下游的滩营河与冲仑江子流域的产流模式与黄屋屯水文站控制流域不完全一致, 除流域产流机制对流域出口流量过程有影响外, 还应考虑流域内的水利工程等人为用水调控的影响, 这方面的研究也有待进一步深入。

考虑河口区的污染源相对复杂, 宜开展代表季节的逐时断面流量、浓度观测, 通过逐时的潮流量和断面浓度乘积, 累计得到净泄污染物通量, 以检验径流量算法的准确性。

#### 致谢:

感谢广西壮族自治区海洋环境监测中心站、钦州市海洋局、环保局, 广西沿海水文局钦州分局为本文研究提供了宝贵基础资料。

#### 参考文献

- [1] 张际标, 姚兼辉, 杨波, 等. 雷州湾陆源入海污染负荷及其对海水水质的影响[J]. 海洋开发与管理, 2015(6): 107-113.
- [2] 戴晶晶, 陈红, 彭焱梅, 等. 太浦闸水量水质联合调度对金泽水库水质影响[J]. 水利水运工程学报, 2017(4): 20-27.
- [3] 丁大志, 张静波, 周向华, 等. 围垦工程对沙垌河口污染物输运影响分析[J]. 水利水运工程学报, 2017(2): 115-120.
- [4] 隋吉学, 王健国, 韩庚辰, 等. 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.
- [5] 王修林, 崔正国, 李克强, 等. 渤海  $COD$  入海通量估算及其分配容量优化研究[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(5):

- 497-500.
- [6] 黄浩,陈彬,马志远,等. 港湾入海污染物估算方法研究及示范应用[J]. 海洋环境科学,2011,30(4):564-568.
- [7] 王焕松,雷坤,李子成,等. 辽东湾北岸主要入海河流污染物入海通量及其影响因素分析[J]. 海洋学报:中文版,2011,33(6):110-116.
- [8] 孙伟,张守本,杨建森,等. 小清河口水环境质量评价及主要污染物入海通量研究[J]. 海洋环境科学,2017,36(3):366-371.
- [9] 张利茹,贺永会,唐跃平,等. 海河流域径流变化趋势及其归因分析[J]. 水利水运工程学报,2017(4):59-66.
- [10] 梁鹏,戴文楠,孔令辉,等. 环境影响评价改革的重要技术支持——导则体系重构[J]. 环境保护,2016,44(22):11-15.
- [11] 陈群英,沈萍,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.
- [12] 郭雅琼,马进荣,邹国良,等. 钦州湾湾口填海对茅尾海水交换能力的影响[J]. 水运工程,2016(6):84-92,124.
- [13] 亢振军,郭伟,李杰,等. 茅岭江入海口水质状况分析与评价[J]. 海洋科学前沿,2017,4(1):7-16.
- [14] 韦重霄,赵爽,宋立荣,等. 钦州湾内湾茅尾海营养状况分析与评价研究[J]. 环境科学与管理,2017,42(9):148-153.
- [15] 孙辰琛,胡宝清. 茅尾海海水养殖业污染变化趋势分析及控制对策[J]. 安徽农业科学,2015,43(11):252-254.
- [16] 李晓飞,黄鹤,佟智成. 广西茅尾海增养殖区海水水质现状评价[J]. 钦州学院学报,2015,30(2):1-6.
- [17] 郝晨林,邓义祥,汪永辉,等. 河流污染物通量估算方法筛选及误差分析[J]. 环境科学学报,2012,32(7):1670-1676.
- [18] 代俊峰,王娜,杜君,等. 广西降雨量时空变异规律[J]. 水电能源科学,2013,31(6):6-9.
- [19] 孙桂凯,高沫,余璇. 南宁市不同历时降水结构的多时间尺度研究[J]. 水利水运工程学报,2017(2):107-114.
- [20] 李宏恩,何勇军. 水库与山洪灾害防治协同预警模式[J]. 水利水运工程学报,2017(1):37-42.

## Method of Estimating the Typical Pollutant Flux from Maoling River to Maowei Sea in Guangxi

MA Jinrong<sup>1</sup>, CHENG Mengyan<sup>1,2</sup>, LIAO Wenkai<sup>3</sup>, GUO Yaqiong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Port, Waterway and Sedimentation Engineering of the Ministry of Transport, State Key Laboratory of Hydrology Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing, Jiangsu, 210024, China; 2. College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hehai University, Nanjing, Jiangsu, 210098, China; 3. Guangxi Hydrology and Water Resources Bureau, Nanning, Guangxi, 530007, China)

**Abstract:** Maoling River is an important river into the Maowei Sea, the pollutants which carries are one of the main sources of pollutants in Maowei Sea. Due to various factors, there are certain difficulties in estimating the total runoff and pollution flux of the basin. In order to grasp the situation of Maoling River pollutants entering the sea, this paper studied the annual seawater flux estimation method for the COD<sub>Cr</sub> concentration with relatively long observation time based on the monitoring data of two pollutant concentration monitoring sections near the estuary of the Maoling River. The study used the modified watershed runoff data combined with the section monitoring concentration, proposed a runoff estimation method of the sub-basin that lacked flow observation data, and compared and analyzed three different generalization methods to estimate the annual pollutant flux. The results show that the annual average corrected flow rate and the annual average estuary section monitoring concentration can be used to estimate the annual flux of pollutants into the sea. The method can also be directly applied to the annual flux calculation of other pollution indicators.

**Key words:** pollutant, flux, Maoling River, Maowei Sea

责任编辑:米慧芝