

# 东江源地表水污染优先控制治理分析

宋墩福, 张孝金, 彭欣, 黄红兰

(江西环境工程职业学院, 江西 赣州 341000)

**摘要:** 将东江源沿线 18 个水环境功能区划分成寻乌控制单元、安远控制单元和定南控制单元, 2011~2012 年间进行东江源地表水水质监测和污染负荷核算, 结果表明, 影响最广的主要污染源包括农业面源污染、城镇化加剧的区域生活污染和矿产企业工业点源污染, 东江源地表水水质污染趋重, 污染物以 COD、氨氮和总氮为主, 这些污染物指标均值分别为  $21.86\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.90\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.96\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 污染负荷分别达  $1\,235.9\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $622.8\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $3\,361.8\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ; 筛选确定了寻乌、定南控制单元 2 个优先治理单元, 以及寻乌县石排下游、定南下历河砂头下游 2 个重点监控点。其中寻乌控制单元主要污染物的年污染输出最大, 分别占东江源流域的 56.5%、51.5%、44.9%; 安远控制单元的水质监测和年污染负荷量相对较低; 定南控制单元主要污染物指标分别为  $26.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $1.41\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $1.13\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 劣 Ⅴ 类水质的功能区 2 个, 数量最多。

**关键词:** 控制单元; 水质监测; 水污染负荷; 东江源

中图分类号: X52

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2015)03-0031-07

东江流域是国家级特殊生态功能区, 其中江西省寻乌、安远和定南三县位于珠江流域东江水系的流域面积  $3\,524\text{km}^2$ , 属东江流域的河源地区, 简称东江源区。据水文监测, 上世纪末期以来, 东江源多数水质指标下降明显, 2007 年水质达 Ⅲ 类水标准。因此其水环境问题陆续受到广泛重视, 2003 年省人大颁布了《关于加强东江源区生态环境保护 and 建设的决定》; 2004 年初, 江西省政府批转了江西省环保局《关于加强东江源区生态环境保护 and 建设的实施方案》, 组织编制了《江西省东江源头区域生态环境保护 and 建设“十一五”规划》, 相继出台了一系列政策保障措施。同期开展了有益的系列调研和理论实践探讨, 如水资源问题分析<sup>[1-2]</sup>、生态质量评价与保护<sup>[3-6]</sup>、面源污染<sup>[7]</sup>及其管理或控制模式<sup>[8-9]</sup>等。但鲜有报道东江源沿线支流子流域水环境现状, 未考虑区域内排污口的分布状况、排放方式及其排放量, 对水环境治理工作缺乏有效的指导。

来源于美国水质规划的控制单元理论逐渐成为国内外水环境污染管理的重点。控制单元是指保证控制断面水质达标的主要污染物控制区域<sup>[10]</sup>, 它作为流域水环境管理的最小载体, 是流域水环境管理的最佳手

段之一。一般是将水质污染严重、污染排放量大、环境敏感、环境风险大的控制单元作为优先控制单元, 从而制定科学、合理的治污方案<sup>[11]</sup>。自“九五”开始, 我国国家级水污染防治规划相继引入控制单元, 在“十二五”规划中, 就重点流域水污染防治建立了“流域—控制区—控制单元”三级水环境分区管理体系<sup>[12]</sup>。控制断面水质监测评价主要有控制单元边界来水的水质及其污染源的排放量等指标, 但由于我国多数流域缺少长时间的水文、水质监测系列数据等资料, 目前主要利用有限资料包括常规水质监测数据和天文数据进行水质评价、污染源核算。其中野外实地监测在我国应用较广, 它通过监测典型径流小区, 以小区污染单位负荷量估算研究区域污染负荷量, 这种小区监测推广到大区域, 精度不高。为了提高估算精度, 多采用试验场法<sup>[13-15]</sup>, 将研究划分不同污染类型区, 建立典型小区监测, 估算各污染类型的污染负荷, 该方法适用于小流域。本文加强东江源沿线水环境功能区选设和水质现状监测, 进行控制单元区划, 通过试验场法不同类型水功能区的排污口、出境断面水质检测, 依据不同污染类型核算污染排放通量及其负荷, 分析水质污染的主要来源和构

收稿日期: 2014-02-20

基金项目: 江西省科技支撑项目资助(20103BBF60185, 2011 ZBBA10040)

作者简介: 宋墩福(1964-), 男, 江西信丰人, 硕士, 教授, 主要研究方向为生态修复。E-mail: sdf1979@sohu.com

成比例,确定东江源水环境污染的优先控制单元,为东江源水资源治理提供参考。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 研究区域概况

东江发源于江西省寻乌县桎髻钵,上游称寻邬水,南流入广东境内,至龙川合河坝汇安远水(又名定南水)后称东江,即江西省寻乌、安远和定南三县位于珠江流域东江水系的东江源区。其中寻乌水为东江干流,发源于寻乌三标乡桎髻钵山,由北向南流经寻乌县水源乡、澄江镇、吉潭镇、南桥镇、留车镇、龙廷乡,在斗晏水库下游入广东省境内。寻乌水江西省流域面积1841km<sup>2</sup>,流域长度71.4km,主河道长115.4km<sup>2</sup>。多年平均天然年径流量为159912×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,主要有剑溪河、马蹄河、龙图河、晨光河等支流(表1)。定南水为东江一级支流,发源于寻乌县三标乡大湖寮村。自东北向西南流入安远县濂江乡大坝村后,流经安远县凤山乡、镇岗乡、孔田镇、鹤子乡、定南县龙塘乡、天九镇,在定南县长滩水库下游入广东省境内。定南水江西省流域面积1683km<sup>2</sup>,流域长度104km,主河道长91.2km<sup>2</sup>。多年平均天然年径流量为137755×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,主要有下历河、新田河、柱石河、老城河、鹅公河等支流(图1)。

#### 1.2 水功能区划

根据2006年水资源统计资料,寻乌、安远和定南三县东江区域实际年总地表水用水量为15752×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,其中农业灌溉用水量11499×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,占总量73.0%;工业用水量1099×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,占总量7.0%;生活及其他用水量3154×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,约占总量20%。

以水体的规划综合功能和结合水体现状质量确定东江源区功能区,共区划18个水功能区19个监测断面(图1、表1~2)。

#### 1.3 监测采样与分析

自2011年10月到2012年9月,1次/15d频率采集取样,同时测定污水流量,水样24h内送实验室分析总氮(TN)、总磷(TP)、NO<sub>3</sub>-N和NH<sub>3</sub>-N等指标。

#### 1.4 水污染负荷核算

污水、污染物排放过程中,水量、水质在一定的时 间之内相对稳定,通过每月监测排污口的污水通量和水质,计算东江源流域排放污水、污染物的月通量,各月通量之和即为年负荷<sup>[17-18]</sup>。月通量计算公式:

$$W=C_m \cdot V$$

式中:W为污染负荷(kg/月);C<sub>m</sub>为污染物月平均浓度(mg·L<sup>-1</sup>);V为该集水区污水月流量(m<sup>3</sup>);C<sub>m</sub>和V取每个月两次或者多次采样监测的平均值。

根据2009年江西省污染源普查动态更新数据,并结合实地调查,东江源流域排污口主要是城镇污水处理、工业排污口以及农业面源污染的区域,如寻乌水马蹄河寻乌工业用水区和定南水下历河定南工业用水区是主要的城镇污水处理排污口,寻乌水寻乌保留区是工业排污口,东江定南水安远—定南保留区与寻乌水晨光河寻乌保留区是农业面源污染比较集中区域。其中城镇污水排污口、工业排污口取样检测水质和排污水量,分别核算城镇生活污水和工业入河污染点源负荷;以断面实测总负荷减去点源负荷法统计农业面源污染,各水功能区总污染负荷与上述污染负荷的差值即为各对应功能区的农业面源污染负荷。



图1 东江源水系分布图  
Fig.1 Distribution in the river systems in the Dongjiang headwater area

表1 东江源控制单元区划

Table 1 The control unit divisions of the Dongjiang headwater area

功能区	简称	水环境功能区	行政区	河流名称	长度/km
寻乌水源头保护区	X1	自然保护区	江西省寻乌县	寻乌水	29.0
寻乌水寻乌保留区	X2	景观娱乐用水区	寻乌县	寻乌水	64.5
寻乌水赣粤缓冲区	X3	景观娱乐用水区	寻乌县	寻乌水	9.0
寻乌水马蹄河保留区	X4	寻乌 景观娱乐用水区	寻乌县	马蹄河	17.0
寻乌水马蹄河寻乌饮用水源区	X5	控制 寻乌水马蹄河寻乌饮用水源保护区	寻乌县	马蹄河	4.2
寻乌水马蹄河寻乌工业用水区	X6	单元 寻乌水马蹄河寻乌工业用水区	寻乌县	马蹄河	10.8
寻乌水马蹄河寻乌九曲湾水库饮用水源区	X7	寻乌水马蹄河寻乌饮用水源保护区	寻乌县	马蹄河	3.25
寻乌水龙图河保留区	X8	景观娱乐用水区	寻乌县	龙图河	46
寻乌水晨光河寻乌保留区	X9	景观娱乐用水区	寻乌县	晨光河	33
定南水源头保护区	A1	自然保护区	寻乌县、安远县	定南水	31.5
东江定南水安远-定南保留区	A2	安远 景观娱乐用水区	安远县、定南县	定南水	55.5
东江定南水赣粤缓冲区	A3	控制 景观娱乐用水区	定南县	定南水	4.0
定南水新田河源头保护区	A4	单元 自然保护区	安远县	新田河	14.5
定南水新田河保留区	A5	景观娱乐用水区	安远县	新田河	11.0
定南水下历河定南饮用水源区	D1	定南 饮用水源保护区	定南县	下历河	8.5
定南水下历河定南工业用水区	D2	控制 定南水下历河定南工业用水区	定南县	下历河	8.0
定南水下历河定南保留区	D3	单元 景观娱乐用水区	定南县	下历河	15.0
定南水老城河定南保留区	D4	景观娱乐用水区	定南县	老城河	65.5

## 2 结果与分析

### 2.1 东江源控制单元划分

控制单元作为流域水环境管理的一个基本实施单位,分为基于行政区的控制单元、基于水文和基于水生态区的控制单元3种。进行污染控制单元划分时,汇水区是基本的聚合单元,水生态功能区是污染控制单元确定的基本外边界限制条件。自1987年Omernik提出了水生态区的概念和划分方法<sup>[16]</sup>以来,水生态区在国内外得到广泛推广并运用到流域的各领域。我国由孟伟院士首先提出流域水生态分区的控制单元<sup>[11]</sup>,同年构建了基于水生态区的辽河流域水环境管理技术支撑体系。众多研究也认为,通过水生态区的环境监测数据利于确定需要优先监测、治理、保护和恢复的区域<sup>[11-12,17-18]</sup>。

本控制单元划分是以东江源水系图为底图,以流域现有水环境功能区划为基础,综合考虑水系完整性、水质控制断面分布,结合地形图、流域边界和行政区划边界拟立控制单元边界。根据划分结果,东江源流域共划分为3个基于水生态区的控制单元,从上游至下游依次为寻乌控制单元、安远控制单元和定南控制单元(表1)。

### 2.2 水环境污染分析

#### 2.2.1 水质评价

依据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002),

2011—2012年东江源水功能区区域的水质监测均值(表2)表明,断面水质超标因子以氨氮、COD和总氮污染指标为主,另外有总磷、总砷、溶解氧等。寻乌水一级支流马蹄河九曲湾水库、定南水一级支流下历河的水源地水质多为Ⅰ类水,污染主要因子是COD、TN和NH<sub>3</sub>-N。水质达标的有13个功能区,占72%;5个水功能区的水质超标。其中寻乌石排下游河段(图2)、定南县城区下游河段和砂头河段(图3)为劣Ⅴ类水,属严重污染;寻乌斗晏和定南长滩出境水为Ⅳ类水,属重度污染;寻乌县城下游为Ⅲ类水,属轻度污染。此外,寻乌九曲湾水库水质部分时期出现铁、锰超标。与2007年水文监测结果比较,2012年东江源地表水水功能区断面的水质污染加重,COD均值为21.86mg·L<sup>-1</sup>,氨氮为0.90mg·L<sup>-1</sup>,总氮为0.96mg·L<sup>-1</sup>;其中寻乌控制单元COD均值为21.57mg·L<sup>-1</sup>,氨氮为0.84mg·L<sup>-1</sup>,总氮为0.91mg·L<sup>-1</sup>;安远控制单元检测指标均值分别为18.82mg·L<sup>-1</sup>、0.84mg·L<sup>-1</sup>和0.70mg·L<sup>-1</sup>,定南控制单元则分别为26.4mg·L<sup>-1</sup>、1.41mg·L<sup>-1</sup>和1.13mg·L<sup>-1</sup>。总体上来讲,寻乌控制单元水质污染较重,经安远控制单元的两个自然保护区断面,生态流量较为丰富,与定南水下历河断面来水汇合后经过进一步自然降解COD类易降解有机污染物,水质有了明显改善;但由于纳入了新的点源和非点源污染,到了定南下历河砂

表2 2012年东江源水质监测现状

Table 2 Status of the water quality monitoring in the Dongjiang headwater region

功能区	控制单元	监测河段	超标项目	COD/mg·L <sup>-1</sup>	TN/mg·L <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> -N/mg·L <sup>-1</sup>	水质类别	
X1		寻乌澄江	无	13.9	0.41	0.09		
X2-1		寻乌县石排上游	无	14.8	0.48	0.11		
X2-2		★寻乌县石排下游	氨氮	41.1	1.92	2.23	劣	
X3	寻乌 控制 单元	★寻乌斗晏	氨氮	39.8	1.88	2.09		
X4		寻乌县城上游	无	11.76	0.44	0.07		
X5		寻乌罗新敦	无	13.4	0.44	0.31		
X6		★寻乌人民医院	氨氮	29.7	1.38	1.73		
X7		九曲湾水库	无	14.1	0.49	0.41		
X8		龙图河入寻乌水	无	18.5	0.89	0.79		
X9		晨光河入寻乌水	无	18.6	0.76	0.57		
A1		安远 控制 单元	安远镇岗	无	13.1	0.32	0.45	
A2			定南转塘	无	12.3	0.27	0.46	
A3	★定南长滩		氨氮	39.3	1.91	2.22		
A4	安远三百山		无	11.8	0.45	0.42		
A5	安远孔田		无	17.6	0.56	0.67		
D1	定南 控制 单元	礼亨水库	无	11.6	0.37	0.35		
D2		★定南变电站	氨氮、总磷、总砷、溶解氧	40.9	1.89	2.36	劣	
D3		★定南砂头下游	氨氮	40.6	1.9	2.44	劣	
D4		定南油田电站	无	12.5	0.36	0.47		

注:氟化物、汞、镉、六价铬等未检出或痕量,未列入表中;★重污染测点

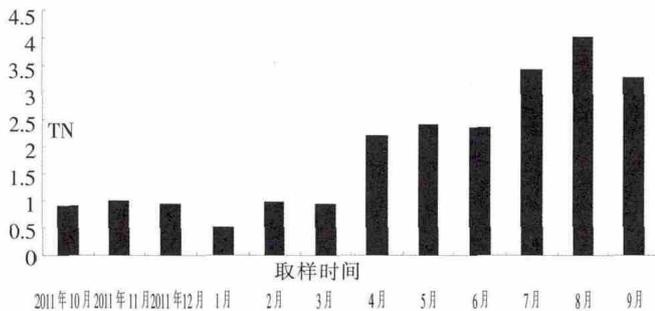


图2 石排下游监测断面 TN 浓度动态变化

Fig.2 Dynamic change of TN pollution concentration of the monitoring section in the Shipai downstream

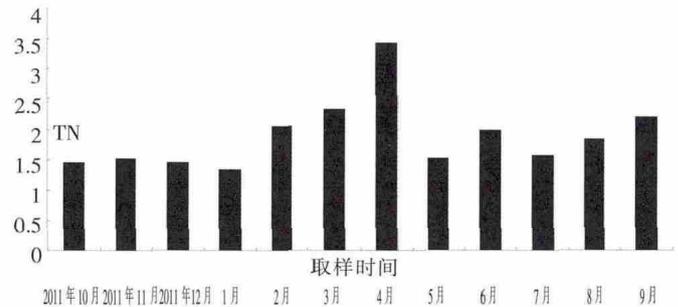


图3 下历河砂头下游监测断面 TN 浓度动态变化

Fig.3 Dynamic change of TN pollution concentration of the monitoring section in the Shitou downstream of the Xiali river

头下游断面,定南控制单元的水污染最重,不如寻乌控制单元水质。

### 2.2.2 污染负荷分析

东江源主要入河污染负荷核算结果表明(表3),2012年东江源流域COD为 $1\,235.9\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,氨氮为 $622.8\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,总氮 $3\,361.8\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,总磷 $1\,493.9\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

#### 2.2.2.1 城镇生活污染负荷

东江源城镇生活污水污染主要在寻乌控制单元的马蹄河寻乌饮用水源区、马蹄河寻乌工业用水区和定南控制单元的定南水下历河定南工业用水区,以马蹄河段污染最严重。东江源生活污水污染COD月通量在

$1\,891.02\sim 11\,966.61\text{kg}$ 之间,年负荷为 $195.90\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,人均均为 $1.35\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ ;NH<sub>3</sub>-N月通量在 $308.11\sim 3\,400.12\text{kg}$ 之间,年负荷为 $32.27\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,人均均为 $13.60\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ ;TN月通量在 $1\,201.53\sim 1\,666.01\text{kg}$ 之间,年负荷为 $31.03\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,人均均为 $163.06\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ ;TP月通量在 $841.61\sim 1\,058.33\text{kg}$ 之间,年负荷 $12.07\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ ,人均排放 $0.11\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ (表3)。负荷核算结果显示,城镇集中活动加剧了区域生活生产排污,寻乌水马蹄河和定南水下历河下游城镇生活点源污染负荷超过石排下游河段的工业点源污染,是影响定南水定南工业用水区至赣粤缓冲区水环境质量的主要污染源。

2.2.2.2 工业点源污染负荷

东江源工业点源污染严重程度依次为寻乌保留区石排河段下游、定南水下历河工业用水区和寻乌水马蹄河工业用水区,其点源 COD 负荷为  $305.2t \cdot a^{-1}$ ,  $NH_3-N$  为  $256.6t \cdot a^{-1}$ , (表 3), 污染物以 COD、 $NH_3-N$  为主。工业点源排放量较大的河段均为寻乌保留区石排下游河段, 约占东江源工业点源污染负荷的 50%或以上, 可能主要受寻乌县稀土矿区水土流失、稀土冶炼及污水处理厂废水排污的影响, 且是影响寻乌保留区至赣粤缓冲区水环境质量的主要污染源之一。

2.2.2.3 农业面源污染负荷

东江源区地处赣南偏远山区, 农业为主, 由于当地种植业施用化肥农药的不合理排放<sup>[8]</sup>, 以氮和磷元素流失为主引起严重的污染。2012 年农业面源污染负荷 COD 为  $336t \cdot a^{-1}$ , 氨氮为  $263.2t \cdot a^{-1}$ , 总氮  $3221.3t \cdot a^{-1}$ , 总磷  $1422.5t \cdot a^{-1}$ 。面源 TN 和 TP 占总入河污染负荷的 95%以上, 是影响东江源水环境质量的最广的主要污

染源。其中面源 TN 排放量较大的河段为寻乌保留区石排河段上游、定南水老城河定南保留区和寻乌水晨光河寻乌保留区; 面源 TP 排放量较大的河段为寻乌保留区石排河段上游、寻乌水晨光河寻乌保留区和定南水老城河定南保留区。近年来农业统计年鉴数据也表明, 东江源是赣南脐橙主产区, 2009 年果园使用农药量  $24.31kg \cdot hm^{-2}$ , 2011 年施用量已超过  $30kg \cdot hm^{-2}$ , 是我国平均施用农药  $13.9kg \cdot hm^{-2}$  的 2.16 倍; 化肥平均施用量(折纯)达  $369.471kg \cdot hm^{-2}$ , 是我国单位面积化肥的平均折纯施用量  $258.5kg \cdot hm^{-2}$  的 1.43 倍, 超过发达国家化肥施用量  $225kg \cdot hm^{-2}$  的安全上限, 属农药、化肥施用量较严重的过度区域。

本文使用断面实测总负荷减去点源负荷法会使可统计到的点源负荷偏低, 导致面源负荷估算过高。这是因为东江源区所辖县乡村庄几乎没有完善的污水收集处理系统, 特别是一些小城镇没有下水道系统, 还有很多小企业的排放未纳入监控范围内, 或与

表3 东江源水污染负荷统计

Table 3 The statistics of water pollution load in the Dongjiang headwater area

功能区	控制单元	农村人口	入河污染物负荷 / $t \cdot a^{-1}$															
			入河污染物负荷 / $t \cdot a^{-1}$				城镇生活污染源 / $t \cdot a^{-1}$				工业污染源 / $t \cdot a^{-1}$				农业污染源 / $t \cdot a^{-1}$			
			COD	氨氮	总氮	总磷	COD	氨氮	总氮	总磷	COD	氨氮	总氮	总磷	COD	氨氮	总氮	总磷
X1		20 622	23.1	17.2	153	68.2								23.1	17.2	153	68.2	
X2-1		95 139	20.0	15.1	623	282.7								20.0	15.1	623	282.7	
★X2-2			265.8	189	41.9	28.6					223.5	161.9	22.6	19.1	35.8	27.1	19.3	9.5
★X3		5 883	6.6	4.9	124	53.0								6.6	4.9	124	53.0	
X4	寻乌	13 031	14.6	14.0	82.6	33.1								14.6	14.0	82.6	33.1	
X5	控制单元	5 023	28.4	12.4	88.7	38.0	22.7	3.7	15.2	10.1				5.7	8.7	73.5	27.9	
★X6		10 800	329	61.3	71.2	29.6	311	51.2	22.4	13.4	10.3	0.3	2.7	1.5	7.2	9.8	46.1	14.7
X7			0.5	0.3	235	102								0.5	0.3	235	102	
X8		9 329	10.5	7.2	91.4	43.2								10.5	7.2	91.4	43.2	
X9		37 589	42.1	26.8	354	159								42.1	26.8	354	159	
合计		197 416	740.6	348.2	1 864.8	837.4	333.7	54.9	37.6	23.5	233.8	162.2	25.3	20.6	166.1	131.1	1 801.9	793.3
A1		24 710	23.4	11.4	64	33.5								23.4	11.4	64	33.5	
A2		58 886	47.7	37.6	38.9	18.2								47.7	37.6	38.9	18.2	
★A3		18 201	13.4	8.1	55.8	26.4								13.4	8.1	55.8	26.4	
A4	安远控制单元	14 677	13.9	5.3	12.3	6.1								13.9	5.3	12.3	6.1	
A5		25 772	24.4	7.9	154	50.1								24.4	7.9	154	50.1	
合计		142 246	122.8	70.3	325	134.3								122.8	70.3	325	134.3	
D1		3 100	2.3	8.5	118	47.7								2.3	8.5	118	47.7	
★D2	定南	16 384	301	145.8	278	123	254	41.9	55.5	12.7	34.9	87.1	11.3	8.9	12.1	16.8	211.2	101.4
★D3	控制单元	8 192	42.6	30.9	453	168.2					36.5	7.3	10.8	5.7	6.1	16.6	442.2	162.5
D4		36 059	26.6	19.9	323	183.3								26.6	19.9	323	183.3	
合计		63 735	372.5	205.1	1 172	522.2	254	41.9	55.5	12.7	71.4	94.4	22.1	14.6	47.1	61.8	1 094.4	494.9

注: ★重污染测点

城镇生活污水混合分散排放,实际上这些类排放应算作点源。

### 2.3 重污染控制单元分析

寻乌控制单元 COD、氨氮、总氮和总磷的年污染负荷量分别占东江源流域的 56.5%、51.5%、44.9% 和 45.4%, 安远控制单元 COD、氨氮、总氮和总磷的年污染负荷量分别占东江源污染输出的 13.4%、15.6%、10.2%、19.6%, 定南控制单元 COD、氨氮、总氮和总磷的年污染负荷比率分别为 30.1%、32.9%、34.9%、35.0% (表 3)。东江源上游寻乌控制单元的污染输出负荷最大, 流至安远控制单元后, 污染负荷相对较少, 经过河道的自然降解, 水质改善明显。而流至东江源下游的定南控制单元时, 由于工业和城镇废水的点源汇入, 加上农业面源的农村生活污水与畜禽散养废水的未治理排放, 导致水质恶化较严重。所以调查寻乌控制单元和定南控制单元的污染源, 针对性的提出污染防治措施至关重要。

#### 2.3.1 重污染测点分析

根据 2011~2012 年水文检测数据和污染负荷核算, 东江源 19 个水环境功能区共筛选出寻乌县石排下游、寻乌斗晏、寻乌人民医院、定南长滩、定南变电站、定南砂头下游 6 个重污染测点 (表 2), 分列在寻乌控制单元、安远控制单元和定南控制单元。这些检测点的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN 和 TP 污染输出负荷总量分别为  $958.4\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $440\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $1023.9\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $428.8\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ , 分别占东江源总污染输出的 77.5%、70.6%、30.5% 和 28.7%, 以  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 COD 污染物为主, 工业与城镇生活污水的点源污染严重 (表 3)。其中寻乌县石排下游、定南下历河砂头下游水环境功能区的污染最严重, 且具复合性。以 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 污染物为主, 污染输出分别占 6 个重污染测点的 59.1%、76.1% 和 31.2%, 导致水质劣类, 低于其水环境功能区划的 III 类标准, 因此, 成为东江源污染控制的重中之重。

#### 2.3.2 优先控制单元分析

东江源属东江流域的源头区, 划分的 3 个控制单元均有自然保护区、县城饮用水源地、景观娱乐及工业用水区, 从清洁边界分级原则和保护饮用水源地的角度考虑, 对排污口约束较严, 水环境功能区划主要为 III 类水标准。2011~2012 年, 东江源各控制单元均存在河段断面水质超标问题, 相对而言, 安远控制单元的水环境污染较轻, 其较丰富生态流量一定程度缓解了本单元及下游单元的污染恶化风险。寻乌控制单元和

定南控制单元则应成为东江源污染治理的优先控制单元, 消灭 IV 类水的存在, 重点监控河段为寻乌县石排下游、定南下历河砂头下游。

## 3 讨论与结论

东江源水环境问题自上世纪末受到广泛关注, 在理论和实践层面积累了富有建设性的成果, 立足宏观生态和政策保障, 提出恢复建设<sup>[1,19]</sup>、保护政策保障<sup>[1,3,4]</sup>和生态补偿建议<sup>[3]</sup>, 加强了水质的环境容纳量<sup>[1,20]</sup>及其数据库收集<sup>[6]</sup>, 统计分析面源污染<sup>[6,7]</sup>及探讨实践应用控制模式<sup>[8,9]</sup>。然而, 主要针对某个局部、某个单个具体功能或因素考虑, 未能将流域水文序列的水文、水质动态变化及时地反映出来, 导致水资源整体改善的研发及其推广应用目标模糊。东江源流域水资源的管理迫切需要总体开发、利用与保护, 以便合理调度。我们已分析了寻乌较严重的农业面源污染现状<sup>[7]</sup>, 本文跟踪东江源沿线支流水环境现状监测, 引入流域水环境管理的控制单元区划, 得到主要结论如下:

(1) 东江源流域从上游至下游依次划分为寻乌控制单元、安远控制单元和定南控制单元, 根据 2011 年 10 月至 2012 年 9 月的水质监测数据和污染负荷统计结果, 优先控制单元为寻乌、定南控制单元, 重点监控点 2 个: 是寻乌县石排下游、定南下历河砂头下游。

(2) 东江源污染源主要来自城镇生活污水、工业点源和农业生产面源污染。农业面源污染是影响东江源水环境质量最广的主要污染源; 城镇集中活动加剧了区域生活生产排污污染, 是影响寻乌水马蹄河和定南水下历河下游水环境质量的主要污染源; 工业生产的点源污染严重, 大多未经处理, 携带重金属污染, 极具潜在危害, 是影响寻乌保留区至赣粤缓冲区水环境质量的主要污染源之一。而重点监测点的污染来源具复合性, 受到农业面源污染与工业点源污染的协同侵袭。目前东江源水环境污染源的这种现状, 亟待加强治理措施: 取缔小规模无序企业; 规范规模矿产企业的废水废物排放及其净化处理; 不适宜推崇东江源城镇化规模, 以及控制农业面源污染排放量。

#### 参考文献:

- [1] 张荣峰, 胡立平. 东江源区水资源问题与防治对策探讨 [J]. 水资源保护, 2004(5):49-51. (ZHANG Rongfeng, HU Liping. Water resources

- problem for source regions of Dongjiang river and countermeasures[J]. Water Resources Protection, 2004(5):49-51. (in Chinese))
- [2] 王好芳,郭乐,龚实. 基于主成分分析的东江流域水资源承载能力评价[J]. 水文, 2008,28(4):16-19. (WANG Haofang, GUO Le, DOU Shi. Assessment of water resources carrying capacity based on principal component analysis in Dongjiang river basin [J]. Journal of China Hydrology, 2008,28(4):16-19. (in Chinese))
- [3] 刘良源,李玉敏,李志萌,等. 东江源区流域保护与生态补偿研究[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2011. (LIU Liangyuan, LI Yumin, LI Zhimeng, et al. Study on the Protection of the Source Region and Ecological Compensation of Dongjiang River [M]. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press, 2011. (in Chinese))
- [4] 杨修祖. 关于东江源区水资源保护与治理的几点思考[J]. 江西水利科技, 2012,38(1):48-50. (YANG Xiuzhu. Some thought of water resources protection and treatment on Dongjiang sources area [J]. Jiangxi Hydraulic Science & Technology, 2012,38(1):48-50. (in Chinese))
- [5] 郭秋忠,周学林,严玉平,等. 江西东江源区生态环境综合评价[J]. 江西农业学报, 2011,23(6):126-128. (GUO Qiuzhong, ZHOU Xuelin, YAN Yuping, et al. Comprehensive evaluation on ecological environment of Dongjiang river source area in Jiangxi province[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2011,23(6):126-128. (in Chinese))
- [6] 胡卡,郭秋忠,何文莉,等. 江西东江源保护区生态环境监测数据库的构建与应用[J]. 江西科学, 2013,31(6):737-742. (HU Ka, GUO Qiuzhong, HE Wenli, et al. The application and construction of Eco-environment monitoring data base on the Dongjiang reserves, Jiangxi province[J]. Jiangxi Science, 2013,31(6):737-742. (in Chinese))
- [7] 黄红兰,曾斌,王胜,等. 赣州市农业面源污染的区域空间分异性研究初探[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(4):835-841. (HUANG Honglan, ZENG Bin, WANG Sheng, et al. A preliminary study on spatial differences of agricultural non-point source pollution in Ganzhou city, Jiangxi province [J]. 2010,32(4):835-841. (in Chinese))
- [8] 龚丽萍,席运官,刘明庆,等. 东江源柑桔果园肥料、农药投入及潜在环境影响分析[J]. 生态与农村环境学报, 2010,26(增):64-67. (GONG Liping, XI Yunguan, LIU Mingqing, et al. Input of fertilizers and pesticides in citrus orchards in headwater area of Dongjiang river and its potential environmental impact [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2010, 26 (Suppl.): 64-67. (in Chinese))
- [9] 席运官,刘明庆,王磊,等. 东江源山地果畜结合区面源污染生态化控制模式与效果分析[J]. 东北农业大学学报, 2013,44(2):92-97. (XI Yunguan, LIU Mingqing, WANG Lei, et al. Study on ecological control mode of non-point source pollution from the system of orchard linked with animal husbandry in the valley of Dongjiang river headwater [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2013,44(2):92-97. (in Chinese))
- [10] USEPA. Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters [EB/OL]. 2008, [http://www.epa.gov/owow/nps/watershed\\_handbook](http://www.epa.gov/owow/nps/watershed_handbook)
- [11] 孟伟,张远,郑秉辉. 水生态区划方法及其在中国的应用前景[J]. 水科学进展, 2007,18(2):293-310. (MENG Wei, ZHANG Yuan, ZHENG Binghui. Aquatic ecological region approach and its application in China [J]. Advances in Water Science, 2007,18(2):293-310. (in Chinese))
- [12] 姚瑞华,赵越,王东,等. 重点流域水污染防治十二五规划的总体设计[J]. 中国人口资源与环境, 2011,21(3):419-421. (YAO Ruihua, ZHAO Yue, WANG Dong, et al. The overall design for water pollution control of major river basins in the 12th five-year plan [J]. China Population, Resources and Environment, 2011,21(3):419-421. (in Chinese))
- [13] 蔡明. 渭河陕西段氮污染及控制规划研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2005. (CAI Ming. Nitrogen Pollution and Its Control Planning in Shaanxi Reach of Wehe River [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2005. (in Chinese))
- [14] 于涛,孟伟,Edwin Ongley,等. 我国非点源负荷研究中的问题探讨[J]. 环境科学学报, 2008,28(3):401-407. (YU Tao, MENG Wei, Edwin Ongley, et al. Problems and recommendations for non-point source pollution identification in China [J]. Research of Environmental Science, 2008,28(3):401-407. (in Chinese))
- [15] 王少平,俞立中,许世远,等. 苏州河非点源污染负荷研究[J]. 环境科学研究. 2002,15(6):20-24. (WANG Shaoping, YU Lizhong, XU Shiyuan, et al. Research of non-point sources pollution loading in Suzhou creek [J]. Research of Environmental Science, 2002,15(6):20-24. (in Chinese))
- [16] Omemik JM, Bailey RG. Distinguishing between watershed and ecoregion [J]. Journal of American Water Resources Association, 1997,33(5):935-949
- [17] 孟伟,王海燕,王业耀. 流域水质目标管理技术研究(一): 控制单元的水污染物排放限值与削减技术评估[J]. 环境科学研究, 2008,21(2):1-9. (MENG Wei, WANG Haiyan, WANG Yeyao. The study on technique of basin water-quality target management : the control-unit-based effluent permit limits and pollutant reduction technology assessment [J]. Research of Environmental Science, 2008,21(2):1-9. (in Chinese))
- [18] 张鹤. 辽河流域控制单元划分与典型污染物识别[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2011. (ZHANG He. Division of Control Units and Identification of Typical Contaminants in Liao River Basin [D]. Shenyang: Liaoning University, 2011. (in Chinese))
- [19] 欧阳昊. 东江源水生态系统保护与修复措施初探[J]. 水文, 2009,(1)增刊:128-130. (OUYANG hao. Preliminary study on the protection of water ecosystems and the restoration measures of Dongjiang river [J]. Journal of China Hydrology, 2009,(1)Suppl:128-130. (in Chinese))
- [20] 曾金凤. 东江源区重要江河湖泊水功能区纳污能力及限制排污研究[J]. 人民珠江, 2012,34(5):64-67. (ZENG Jinfeng. Research on assimilative capacity of and sewage disposal restriction on water function zones of key rivers and lakes in Dongjiang source area [J]. Pearl River, 2012,34(5):64-67. (in Chinese))

- niversity, 2013. (in Chinese)
- [8] 李新杰,胡铁松,郭旭宁,等. 0-1 测试方法的径流时间序列混沌特性应用 [J]. 水科学进展, 2012,(6):861-868. (LI Xinjie, HU Tiesong, GUO Xvning, et al. Application of the 0-1 test algorithm for chaos to runoff time series [J]. Advances in Water Science, 2012,(6):861-868. (in Chinese))

## Identification and Spatial Distribution for Chaos of Precipitation in Heilongjiang Province

QIAO Yu<sup>1</sup>, YAN Baizhong<sup>1</sup>, LIANG Xiujian<sup>1</sup>, WEI Runchu<sup>2</sup>, LIU Hongzhi<sup>1</sup>, ZHANG Qian<sup>1</sup>

(1. *Key Laboratory of Groundwater Resources and Environment, Ministry of Education, Changchun 130021, China;*

2. *School of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410000, China)*

**Abstract:** To better study on the nonlinear characteristics of precipitation time series, using 0-1 test method to identify precipitation time series characteristics of chaos of the 30 meteorological stations in Heilongjiang Province from 1958 to 2011. Three different time scale are month, season and half year, And the Beilin Station, Mohe Station and Mudanjiang Station have the smallest values, which indicates that all the stations exist chaotic characteristics within the scope of the province, the chaos characteristics of month series and half year series are stronger, and season series is smaller. To study the province within the scope of precipitation spatial distribution chaos characteristics, Kriging values for the K of each station were interpolated. The results show different time scales, the precipitation series all produced chaotic characteristics, which are consistent with climate types, topography features, human activities.

**Key words:** precipitation; chaos; 0-1 test; Kriging; spatial distribution

(上接第 37 页)

## Monitoring and Analysis of Water Pollution in Dongjiang Headwater Area

SONG Dunfu, ZHANG Xiaojin, PENG Xin, HUANG Honglan

(*Jiangxi Environment Engineering Vocational College, Ganzhou 341000, China)*

**Abstract:** Based on the three divisions of Xunwu control unit, Anyuan control unit and Dingnan control unit from the 18 water function parts of the Dongjiang headwater area, the water quality monitoring and the calculation of water pollution load were made during 2011-2012. The results show that surface water pollution has got more serious, caused by the most extensive main pollution source of agricultural non-point source pollution, urbanization intensified regional domestic pollution and the industrial point source pollution dominated from rare earth mineral. The main pollutants are COD, NH<sub>3</sub>-N and TN, respectively accounting for 21.86mg/L, 0.90mg/L, 0.96mg/L, and their pollutant load of 1 235.9t/a, 622.8t/a and 3 361.8 t/a.

**Key words:** control unit; water quality monitoring; water pollution load; Dongjiang Headwater Area