桂林市城区主要污染物入河量估算

黄晓敏,邹俊波,邵军荣,徐成剑　(长江勘测规划设计研究院,湖北武汉 430010)

摘要　[目的]估算桂林市城区主要污染物入河量。[方法]根据用水量对桂林市城区城镇污染源包括生活源、工业源、规模化畜禽养殖源和农业面源(COD 和 NH_3 -N)的入河量进行了估算。[结果]城镇生活源和工业源是桂林市城区主要污染物入河量的主要来源;城镇生活源和工业源贡献比例分别为 27.6% ~31.4% 和 58.7% ~59.7%;桂林市区和其他区县贡献比例分别为 35.6% ~37.1% 和62.9% ~64.4%;桂江流域贡献比例最大,为 66.8% ~68.3%,其次是柳江下游,比例为 25.7% ~26.8%。[结论]经估算,桂林市城区污染源的 COD 和 NH_3 -N 入河量分别为 24 952.57 和 3 276.31 t/a。

关键词　污染物入河量;生活源;工业源;规模化畜禽养殖源;农业面源;估算;桂林市
中图分类号　S181.3　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 -6611(2016)24 -038 -06

Estimation of Major Pollutants into River in Urban Area of Guilin City

HUANG Xiao-min, ZOU Jun-bo, SHAO Jun-rong et al　(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan, Hubei 430010)

Abstract　[Objective] The aim was to estimate the quantity of major pollutants into river in urban area of Guilin City. [Method] According to water consumption, the quantity of COD and NH_3-N from urban pollution sources including living source, industrial source, large-scale livestock and poultry breeding source and agricultural surface source into river in urban area of Guilin City were estimated. [Result] The results showed that: urban living and industrial sources are the main sources of the major pollutants into river in the research area; the contribution ratios of urban living and industrial sources are 27.6% -31.4% and 58.7% -59.7%, respectively; the contribution ratios of inner-city and its suburbs are 35.6% -37.1% and 62.9% -64.4%, respectively; the largest contribution ratio is from Guijiang river basin with 66.8% -68.3%; and the second contribution ratio is from the lower reaches of Liujiang river basin with 25.7% -26.8%. [Conclusion] The quantity of COD and NH_3-N into river from urban area of Guilin City is estimated as 24 952.57 and 3 276.31 t/a, respectively.

Key words　The quantity of pollutants into river; Living source; Industrial source; Large-scale livestock and poultry breeding source; Agricultural surface source; Estimation; Guilin City

污染源调查及污染物入河量分析是水资源保护及水污染防治的重要基础。由于监测站网覆盖率有限,对通常规模以下入河排污口的污染物入河量缺乏有效的监测和统计。目前,关于农业面源污染问题的研究也较少,对农业面源污染物入河量与贡献率尚不清楚。笔者估算了桂林市城区各污染源污染物入河量,评价各污染源对水体污染的影响,旨在为桂林市城区水体污染治理提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区概况　桂林市位于广西壮族自治区东北部,地处泛珠三角、西南、东盟三大经济圈的结合部,是沟通国内西南与华南沿海经济的桥梁,贯通国内与东盟的枢纽,也是广西东北部地区及桂湘交界地区的政治、经济、文化、科技中心。

桂林市地处低纬地带,属亚热带季风气候,年平均气温接近 19.4 ℃。7、8 月最热,平均气温 28.5 ℃左右,1、2 月最冷,平均气温 8.3 ℃左右,偶尔降到 0 ℃以下,年平均无霜期 309 d,年平均降雨量 1 974 mm,年平均相对湿度为 73% ~79%。全年风向以偏北风为主,平均风速为 2.2 ~2.7 m/s,年平均日照时数为 1 670 h。桂林市属红壤土带,以红壤为主,酸碱度为 4.5 ~6.5。

桂林市河流水系发达,全市共有大小河流 100 余条,流域面积在 50 km^2 以上的河流有 35 条,其中五大河流的资江与湘江分属长江流域的资江、湘江水系,桂江、洛清江、浔江属于珠江流域的西江水系。笔者选取广西壮族自治区桂林市城区及与城区紧密相关的漓江、洛清江、湘江等部分河段所涉及的兴安县、灵川县、临桂区和永福县为研究区域,估算 2013 年各污染源污染物入河量,评价各污染源对水体污染的影响。

1.2　污染物入河量调查　根据污染源特点,将污染源分为点源和面源,其中点源包括城镇生活源、工业源和规模化畜禽养殖源,面源包括农村生活源、农业源和散养畜禽养殖源。城镇生活源主要考虑城镇居民和服务业。

根据研究区域受纳污染物特点,结合国家"十二五"环境总量指标,选择反映水体有机污染物指标 COD 和 NH_3 -N 作为分析指标[1-2]。

1.3　污染物入河量估算方法

1.3.1　城镇生活源。城镇生活源主要包括城镇居民生活和服务业两方面。城镇生活源污染物入河量是以城镇人口数量、居民生活及服务业用水量、耗水系数、污水处理率及回用率、污染物浓度及入河系数等参数为基础估算得出[3]。

城镇综合污水产生量计算公式如下:

$$Q_{城} = W_{城} \times (1 - k_{城耗}) \quad (1)$$

式中,$Q_{城}$为城镇生活污水产生量,万 m^3/a;$W_{城}$为城镇生活用水量,万 m^3/a;$k_{城耗}$为城镇生活污水耗水系数。

城镇综合污水主要污染物的污染负荷计算公式如下:

$$\begin{cases} W_{城生,i} = (W_{城生直,i} + \theta_{城生污,i}) \times \beta_{点入,i} \\ W_{城生直,i} = Q_{城} \times (1 - \zeta_{污}) \times c_{城生直,i} \times 10^{-2} \\ \theta_{城生污,i} = Q_{城} \times \zeta_{污} \times (1 - p_{城生回}) \times c_{城生污,i} \times 10^{-2} \end{cases} \quad (2)$$

式中,i 为某种污染物指标;$W_{城生,i}$为城镇综合污水污染物入河量,t/a;$W_{城生直,i}$为城镇综合污水污染物直排量,t/a;$\theta_{城生污,i}$

作者简介　黄晓敏(1987 -),女,山东安丘人,工程师,博士,从事水资源研究。
收稿日期　2016-06-03

为城镇综合污水污染物污水处理厂排放量,t/a;$\zeta_{污}$为城镇综合污水处理率;$c_{城生直,i}$为城镇综合污水排放浓度(未进污水处理厂),mg/L;$p_{城生回}$为城镇生活污水回用率;$c_{城生污,i}$为污水处理厂排放浓度,mg/L;$\beta_{点入,i}$为点源污染物入河系数。

1.3.2 工业源。工业源包括一般工业和火电工业。由于桂林市城区无火电工业,该研究的工业源为一般工业源。工业源污染物入河量是以工业增加值、用水量、耗水系数、废水处理率及回用率、污染物浓度及入河系数等参数为基础估算得出。

工业废水产生量计算公式如下:

$$Q_{工} = W_{工} \times (1 - k_{工耗}) \tag{3}$$

式中,$Q_{工}$为工业废水产生量,万 m^3/a;$W_{工}$为工业用水量,万 m^3/a;$k_{工耗}$为工业废水耗水系数。

工业废水处理包括工企业处理和城镇污水处理厂处理2种方式。工业废水的处理率为工企业处理率和城镇污水处理厂处理部分的总和。工业废水各个污染物的污染负荷计算公式如下:

$$\begin{cases} W_{工,i} = (W_{工直,i} + \phi_{工污} + \phi_{城工污}) \times \beta_{点入,i} \\ W_{工直,i} = Q_{工} \times (1 - \zeta_{工}) \times c_{工直,i} \times 10^{-2} \\ \phi_{工污,i} = Q_{工} \times \zeta_{工} \times c_{工污,i} \times 10^{-2} \\ \phi_{城工污,i} = Q_{工} \times \zeta_{工} \times \xi_{污收} \times (1 - p_{回}) \times c_{城生污,i} \times 10^{-2} \end{cases} \tag{4}$$

式中,$W_{工,i}$为工业废水污染物入河量,t/a;$W_{工直,i}$为工业废水污染物直排量,t/a;$\phi_{工污,i}$为工业园区废水集中处理站污染物排放量,t/a;$\phi_{城工污,i}$为城市污水处理厂处理工业废水的污染物排放量,t/a;$\xi_{工}$为工业园区废水集中处理站收集处理率;$c_{工直,i}$为工业废水排放浓度(未处理),mg/L;$c_{工污,i}$为工业园区废水集中处理站处理后排放污染物浓度,mg/L;$p_{回}$为废污水回用率;$\xi_{污收}$为城市污水处理厂工业废水率;$c_{城生污,i}$为污水处理厂排放浓度,mg/L;$\beta_{点入,i}$为点源污染物入河系数。

1.3.3 规模化畜禽养殖源。规模化畜禽养殖是指生猪存栏100头以上,家禽存栏3 000只以上,奶牛、肉牛存栏50头以上及肉羊年出栏100只以上的养殖场。规模化畜禽养殖源污染物入河量是以规模化畜禽养殖数量、畜禽用水定额、耗水系数、污染物排放浓度及入河系数等参数为基础估算得出。

规模化畜禽养殖污水产生量计算公式如下:

$$Q_{规模畜禽} = W_{规模畜禽} \times (1 - k_{畜禽耗}) \tag{5}$$

式中,$Q_{规模畜禽}$为规模畜禽养殖污水产生量,万 m^3/a;$W_{规模畜禽}$为规模畜禽养殖用水量,万 m^3/a;$k_{畜禽耗}$为规模畜禽养殖污水耗水系数。

规模化畜禽养殖各污染物的污染负荷计算公式如下:

$$W_{规模畜禽,i} = Q_{规模畜禽} \times c_{规模畜禽,i} \times 10^{-2} \times \beta_{点入,i} \tag{6}$$

式中,i为某种污染物指标;$W_{规模畜禽,i}$为规模化畜禽养殖污水污染物入河量,t/a;$Q_{规模畜禽}$为规模化畜禽养殖污水污染物排放量,t/a;$c_{规模畜禽,i}$为规模化畜禽养殖污水污染物排放浓度,mg/L;$\beta_{点入,i}$为点源污染物入河系数。

1.3.4 农业面源。面源污染是相对于点源污染而言,主要指用于发展农业生产的化肥、农药、农膜、畜禽粪便等以及农村居民生活排放的生活垃圾、生活污水、人粪尿等随水流失所造成的污染。晴天蓄积、雨天排放、无固定发生源是农业面源污染的最基本特征。农村生活污染物入河量是以农村人口数量、用水定额、耗水系数、污水处理率、污染物浓度及入河系数等参数为基础估算得出;散养畜禽污染物入河量是以散养畜禽数量、单位畜禽排污系数及入河系数等参数为基础估算得出[4];农田径流污染物入河量是以耕地面积、单位耕地面积污染物排放系数及入河系数等参数为基础进行估算。

农村生活污水污染负荷计算公式为

$$\begin{cases} Q_{农生} = W_{农生} \times (1 - k_{农耗}) \\ W_{农生,i} = W_{农污,i} \times \beta_{农生入,i} \\ W_{农污,i} = Q_{农生} \times (1 - \xi_{农生}) \times c_{农生直,i} \times 10^{-2} \end{cases} \tag{7}$$

式中,$Q_{农生}$为农村生活污水产生量,万 m^3/a;$W_{农生}$为农村生活用水量,万 m^3/a;$k_{农耗}$为农业生活污水耗水系数;$W_{农生,i}$为农村生活污水污染物入河量,t/a;$W_{农污,i}$为农村生活用水污染物排放量;$\beta_{农生入,i}$为农村生活污水污染物入河系数;$\xi_{农生}$为农村生活污水污染物削减率;$c_{农生直,i}$为农村生活污水污染物排放浓度,mg/L。

散养畜禽污染负荷计算公式为

$$\begin{cases} W_{畜禽,i} = W_{畜禽污,i} \times \beta_{面入,i} \\ W_{畜禽污,i} = 10 \times N_{畜禽} \times \alpha_{畜禽,i} \times (1 - \xi_{畜禽}) \end{cases} \tag{8}$$

式中,$W_{畜禽,i}$为散养畜禽污染物入河量,t/a;$W_{畜禽污,i}$为散养畜禽污染物排放量,t/a;$\beta_{面入,i}$为面源污染物入河系数;$N_{畜禽}$为散养畜禽头数(折合猪,折合标准:1头奶牛折合成10头猪,1头肉牛折算成5头猪,30只蛋鸡折算成1头猪,60只肉鸡折算成1头猪),万头;$\alpha_{畜禽,i}$为单位散养畜禽污染物排污系数,kg/(头·a);$\xi_{畜禽}$为散养畜禽污染物削减率。

农业面源污染负荷采用排污系数法进行估算,计算公式为

$$\begin{cases} W_{农业,i} = W_{农业污,i} \times \beta_{面入,i} \\ W_{农业污,i} = M \times \alpha_{农业,i} \times (1 - \xi_{农业}) \times 10^{-3} \end{cases} \tag{9}$$

式中,$W_{农业,i}$为农田污染物入河量,t/a;$W_{农业污,i}$为农田污染物排放量,t/a;$\beta_{面入,i}$为面源污染物入河系数;$\xi_{农业}$为化肥使用量削减率;M为耕地面积,hm^2;$\alpha_{农业,i}$为单位耕地面积污染物排放系数,kg/(hm^2·a)。

1.4 参数设定 人口数量、国民经济各行业主要发展指标采用2013年桂林市社会经济统计年鉴数据;各行业用水、耗水水平参考2013年桂林市水资源公报数据;各行业污水处理率及排放浓度主要为核定2013年桂林环保局提供资料后取值;废污水入河系数是根据管网漏失率取值,主要参考2013年桂林市水资源公报数据。

2013年,研究范围内城镇人口143.05万人,城镇居民和服务业用水量分别为11 231.53和6 986.05万 m^3;城镇居民和服务业耗水率均为25.0%;桂林城区和临桂区污水处理率分别为91.5%和87.2%,兴安县、灵川县和永福县污水处理率为78.0%;城镇综合污水COD和NH_3-N排放浓度(未进污水处理厂)分别为300和15 mg/L;污水处理厂尾水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一

级 B 标准,COD 和 NH_3 - N 排放浓度分别为 60 和 8 mg/L;污水、COD 和 NH_3 - N 的入河系数均为 0.75。

2013 年,研究范围内一般工业增加值约 428.94 亿元,一般工业用水量为 23 146.82 万 m^3;一般工业耗水率为25.0%;桂林城区和临桂区废水处理率约 85.0%,其中,城区和临桂区污水处理厂接受工业废水率分别为 15.0% 和 10.0%;兴安县、灵川县和永福县废水处理率约 78.0%,污水处理厂暂未接受工业废水;工业废水 COD 和 NH_3 - N 平均排放浓度分别为 238.9 和 16.7 mg/L;工业废水达标处理排放执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准,污水处理厂接受工业废水达标处理排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准;污水、COD 和 NH_3 - N 的入河系数均取 0.75。

2013 年,研究范围内规划化畜禽养殖数量约 63.27 万头(折合猪,折合标准:1 头奶牛折合成 10 头猪,1 头肉牛折算成 5 头猪,30 只蛋鸡折算成 1 头猪,60 只肉鸡折算成 1 头猪),规模化畜禽养殖用水量 1 339.28 万 m^3;参考《畜禽养殖业污染物排放标准》及规模化畜禽养殖场废污水处理工艺,规模化畜禽养殖污水 COD 和 NH_3 - N 排放浓度分别为 150 和 80 mg/L;污水、COD 和 NH_3 - N 的入河系数均取 0.50。

2013 年,研究范围内农村人口 92.94 万人,农村生活用水量 4 138.21 万 m^3;农村生活耗水率为 85.0%;桂林农村尚未建立污水处理设施,农村生活污水大多分散排放;农村生活污水 COD 和 NH_3 - N 排放浓度(未经处理)分别为 150 和 10 mg/L,入河系数取 0.25。

2013 年,研究范围内散养畜禽折合猪头数为 15.82 万头,散养猪 COD 和 NH_3 - N 的排污系数分别为 50 和 10 g/(头·d),入河系数为 0.20。

2013 年,研究范围内灌溉面积 87 385.34 hm^2,农田 COD 和 NH_3 - N 的排污系数分别为 150.00 和 30.00 kg/(hm^2·a),入河系数为 0.10。

2 结果与分析

2.1 城镇生活源 经估算,2013 年研究范围内城镇生活综合污水、COD 和 NH_3 - N 的入河量分别为 10 247.39 万 m^3/a、7 840.51 和 904.39 t/a(表 1、2)。

按城市分区分析,市区生活综合污水、COD 和 NH_3 - N 的入河量分别为 6 968.04 万 m^3/a、5 010.02 和 598.90 t/a,分别占研究范围城镇生活综合污水、COD 和 NH_3 - N 入河量的 68.0%、63.9% 和 66.2%;其他区县生活综合污水、COD 和 NH_3 - N 的入河量分别为 3 279.35 万 m^3/a、2 830.49 和 305.49 t/a,分别占研究范围城镇生活综合污水、COD 和 NH_3 - N 入河量的 32.0%、36.1% 和 33.8%(表 1)。

表 1 2013 年桂林市城区各区县生活污水及主要污染物入河量

Table 1 Living sewage and major pollutants into river in each region and county of Guilin City in 2013

城市分区 Urban partition		城镇人口 Urban population 万人	污水 Sewage// 万 m^3/a	COD t/a	NH_3 - N t/a
市区 Districts	秀峰区	15.80	1 120.73	805.81	96.33
	叠彩区	15.74	1 169.69	841.01	100.54
	象山区	28.36	2 011.76	1 446.46	172.91
	七星区	29.47	2 128.17	1 530.15	182.92
	雁山区	6.23	537.69	386.60	46.21
	小计	95.60	6 968.04	5 010.02	598.90
其他 Others	临桂区	16.08	1 141.68	889.48	101.56
	灵川县	14.91	1 028.41	933.80	98.11
	兴安县	11.25	733.65	666.16	69.99
	永福县	5.21	375.60	341.05	35.83
	小计	47.45	3 279.35	2 830.49	305.49
合计 Total		143.05	10 247.39	7 840.51	904.39

按水资源四级区分析,桂江流域生活污水、COD 和 NH_3 - N的入河量分别为 8 552.40 万 m^3/a、6 419.61 和 748.60 t/a,分别占研究范围内生活污水、COD 和 NH_3 - N 的 83.5%、81.9% 和 82.8%,是研究范围内生活污水及污染物入河量最大的流域,其次是柳江下游,生活污水、COD 和 NH_3 - N 的入河量分别为 1 282.16 万 m^3/a、1 047.35 和 116.48 t/a,分别占研究范围生活污水、COD 和 NH_3 - N 的 12.5%、13.4% 和 12.9%;湘江和柳江中游生活污水及污染物入河量较小,这 2 个水资源四级区的生活污水、COD 和 NH_3 - N 的入河量分别为 412.83 万 m^3/a、373.55 和39.32 t/a,分别占研究范围生活污水、COD 和 NH_3 - N 的 4.0%、4.8% 和 4.3%(表 2)。

表 2 2013 年桂林市城区各水资源四级区生活污水及主要污染物入河量

Table 2 Living sewage and major pollutants into river in water resource four grade region in Guilin City in 2013

水资源四级区 Water resouce four grade region	城镇人口 Urban population// 万人	污水 Sewage// 万 m^3/a	COD// t/a	NH_3 - N// t/a
湘江 Xiangjiang	5.89	402.71	365.66	38.42
柳江中游 Middle reaches of Liujiang	0.15	10.12	7.89	0.90
柳江下游 Lower reaches of Liujiang	17.90	1 282.16	1 047.35	116.48
桂江 Guijiang	119.12	8 552.40	6 419.61	748.60
合计 Total	143.05	10 247.39	7 840.51	904.39

2.2　工业源　经估算,2013 年研究范围内工业废水、COD 和 NH_3 – N 入河量分别为 13 020.09 万 m^3/a、14 907.06 和 1 923.09 t/a(表 3、4)。

按城市分区分析,市区工业废水、COD 和 NH_3 – N 入河量分别为 3 766.83 万 m^3/a、4 086.56 和 535.86 t/a,分别占研究范围工业废水、COD 和 NH_3 – N 入河量的 28.9%、27.4% 和 27.9%;其他区县工业废水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 9 253.26 万 m^3/a、10 820.50 和 1 387.23 t/a,分别占研究范围工业废水、COD 和 NH_3 – N 的入河量的 71.1%、72.6% 和 72.1%(表 3)。

表 3　2013 年桂林市城区各区县工业废水及主要污染物入河量

Table 3　Industrial wastewater and main pollutans into river in each region and county of Guilin City in 2013

城市分区 Urban partition		一般工业增加值 General industrial added value//亿元	废水 Wastewater//万 m^3/a	COD t/a	NH_3 – N t/a
市区 Urban area	秀峰区	6.46	163.50	177.38	23.26
	叠彩区	7.29	184.46	200.12	26.24
	象山区	54.36	1 253.71	1 360.13	178.35
	七星区	86.84	2 003.00	2 173.02	284.94
	雁山区	6.41	162.14	175.91	23.07
	小计	161.35	3 766.83	4 086.56	535.86
其他 Others	临桂区	110.99	3 418.27	3 769.95	497.04
	灵川县	51.94	1 782.15	2 153.41	271.89
	兴安县	68.86	2 881.17	3 481.38	439.55
	永福县	35.81	1 171.67	1 415.76	178.75
	小计	267.60	9 253.26	10 820.50	1 387.23
合计 Total		428.94	13 020.09	14 907.06	1 923.09

按水资源四级区分析,桂江流域工业废水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 8 459.58 万 m^3/a、9 689.05 和 1 247.18 t/a,分别占研究范围工业废水、COD 和 NH_3 – N 的 65.0%、65.0% 和 64.9%,是研究范围内工业废水及污染物入河量最大的流域,其次是柳江下游,柳江下游工业废水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 3 941.45 万 m^3/a、4 470.50 和 581.50 t/a,分别占研究范围工业废水、COD 和 NH_3 – N 的 30.3%、30.0% 和 30.2%(表 4)。

表 4　2013 年桂林市城区各水资源四级区工业废水及主要污染物入河量

Table 4　Industrial wastewater and main pollutans into river in water resource four grade area in Guilin City in 2013

水资源四级区 Water resource four grade area	一般工业增加值 General industrial added value//亿元	废水 Wastewater//万 m^3/a	COD t/a	NH_3 – N t/a
湘江 Xianjiang	13.66	614.26	742.23	93.71
柳江中游 Middle reached of Liujiang	0.14	4.79	5.28	0.70
柳江下游 Lower reaches of Liujiang	126.99	3 941.45	4 470.50	581.50
桂江 Guijiang	288.15	8 459.58	9 689.05	1 247.18
合计 Total	428.94	13 020.09	14 907.06	1 923.09

2.3　规模化畜禽养殖源　经估算,2013 年研究范围规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 入河量分别为 66.96 万 m^3/a、100.45 和 53.57t/a(表 5、6)。

按城市分区分析,规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 7.22 万 m^3/a、10.83 和 5.78 t/a,均占研究范围规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 入河量的 10.8%;其他区县规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 59.74 万 m^3/a、89.61 和 47.79 t/a,均占研究范围规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的入河量的 89.2%(表 5)。

表 5　2013 年桂林市城区各区县规模化畜禽养殖污水及主要污染物入河量

Table 5　Large-scale livestock and poultry wastewater and main pollutans into river in each region and county of Guilin City in 2013

城市分区 Urban partition		畜禽数量 Number of livestock and poultry//万头	污水 Sewage //万 m^3/a	COD t/a	NH_3 – N t/a
市区 Urban area	秀峰区	0.08	1.28	1.93	1.03
	叠彩区	0.35	0.61	0.92	0.49
	象山区	0.31	1.15	1.72	0.92
	七星区	0.61	1.50	2.24	1.20
	雁山区	3.01	2.68	4.02	2.14
	小计	4.36	7.22	10.83	5.78
其他 Others	临桂区	22.96	15.27	22.91	12.22
	灵川县	10.01	14.34	21.52	11.48
	兴安县	16.65	20.03	30.04	16.02
	永福县	9.29	10.09	15.14	8.07
	小计	58.91	59.74	89.61	47.79
合计 Total		63.27	66.96	100.45	53.57

按水资源四级区分析,桂江流域规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 31.56 万 m^3/a、47.34 和 25.25 t/a,分别占研究范围规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的 47.1%,是研究范围内规模化畜禽养殖污水及污染物入河量最大的流域,其次是柳江下游,柳江下游规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的入河量分别为 22.36 万 m^3/a、33.54 和 17.89 t/a,分别占研究范围规模化畜禽养殖污水、COD 和 NH_3 – N 的 33.4%(表 6)。

表 6 2013 年桂林市城区各水资源四级区规模化畜禽养殖污水及主要污染物入河量

Table 6 Large-scale livestock and poultry wastewater and main pollutans into river in water resource four grade area in Guilin City in 2013

水资源四级区 Water resource four grade region	畜禽数量 Number of livestock and poultry//万头	污水 Sewage//万 m^3/a	COD t/a	NH_3 – N t/a
湘江 Xiangjiang	10.56	12.88	19.33	10.31
柳江中游 Middle reaches of Liujiang	0.25	0.16	0.25	0.13
柳江下游 Lower reaches of Liujiang	27.73	22.36	33.54	17.89
桂江 Guijiang	24.73	31.56	47.34	25.25
合计 Total	63.27	66.96	100.45	53.57

2.4 农村面源 经计算,2013 年研究范围内农村面源 COD 和 NH_3 – N 入河量分别为 2 104.55 和 395.26 t/a。农村生活、畜禽养殖和农田径流 COD 入河量分别为 192.38、601.40 和 1 310.78 t/a,分别占农村面源 COD 入河量的 9.1%、28.6% 和 62.3%;农村生活、畜禽养殖和农田径流的 NH_3 – N 入河量分别为 12.83、120.28 和 262.16 t/a,分别占农村面源 NH_3 – N 入河量的 3.2%、30.4% 和 66.3%(表 7、8)。

按城市分区统计,市区农业面源 COD 和 NH_3 – N 入河量分别为 148.1 和 27.1 t/a,分别占研究范围农业面源 COD 和 NH_3 – N 入河量的 7.0% 和 6.9%;其他区县农业面源 COD 和 NH_3 – N 入河量分别为 1 956.43 和 368.14 t/a,分别占研究范围农业面源 COD 和 NH_3 – N 入河量的 93.0% 和 93.1%(表 7)。

表 7 2013 年桂林市城区各区县农村面源主要污染物入河量

Table 7 Rural non-point source main pollutants into river in each region and county of Guilin City in 2013

城市分区 Urban partition		农村人口 Rural population 万人	农村生活 Rural living t/a		畜禽(折合成猪) Livestock and poultry (equivalent to pig) 万头	散养畜禽 Livestock and poultry raise in free range//t/a		灌溉面积 Irrigated area hm^2	农田径流 Farmland runoff//t/a		合计 Total //t/a	
			COD	NH_3 – N		COD	NH_3 – N		COD	NH_3 – N	COD	NH_3 – N
市区 Urban area	秀峰区	0	0	0	0.02	0.71	0.14	450.00	6.75	1.35	7.46	1.49
	叠彩区	2.08	5.48	0.37	0.09	3.23	0.65	852.00	12.78	2.56	21.49	3.57
	象山区	0	0	0	0.08	2.80	0.56	920.00	13.80	2.76	16.60	3.32
	七星区	1.46	3.86	0.26	0.15	5.52	1.10	693.00	10.40	2.08	19.78	3.44
	雁山区	3.97	9.46	0.63	0.75	27.48	5.50	3 057.00	45.86	9.17	82.79	15.30
	小计	7.52	18.80	1.25	1.09	39.75	7.95	5 972.00	89.58	17.92	148.13	27.12
其他 Others	临桂区	29.65	60.38	4.03	5.74	209.53	41.91	29 180.00	437.70	87.50	707.60	133.47
	灵川县	20.89	42.09	2.81	2.50	93.09	18.62	22 030.00	330.45	66.09	465.64	87.51
	兴安县	22.35	46.93	3.13	4.16	174.24	34.85	19 180.00	287.70	57.54	508.88	95.52
	永福县	12.53	24.16	1.61	2.32	84.78	16.96	11 023.34	165.35	33.07	274.30	51.64
	小计	85.42	173.57	11.57	14.73	561.65	112.33	81 413.34	1 221.20	244.24	1 956.43	368.14
合计 Total		92.94	192.38	12.83	15.82	601.40	120.28	87 385.34	1 310.78	262.16	2 104.55	395.26

表 8 2013 年桂林市城区各水资源四级区农村面源主要污染物入河量

Table 8 Rural non-point source main pollutants into river in water resource four grade area in Guilin City in 2013

水资源四级区 Water resource four grade area	农村人口 Rural population 万人	农村生活 Rural living t/a		畜禽(折合成猪) Livestock and poultry (equivalent to pig) 万头	散养畜禽 Livestock and poultry raise in free range//t/a		灌溉面积 Irrigated area hm^2	农田径流 Farmland runoff//t/a		合计 Total //t/a	
		COD	NH_3 – N		COD	NH_3 – N		COD	NH_3 – N	COD	NH_3 – N
湘江 Xiangjiang	13.08	30.78	2.05	2.64	120.46	24.09	13 094.10	196.41	39.28	347.66	65.43
柳江中游 Middle reaches of Liujiang	0.34	0.62	0.04	0.06	2.24	0.45	232.83	3.49	0.70	6.36	1.19
柳江下游 Lower reaches of Liujiang	35.98	72.34	4.82	6.93	253.04	50.61	35 491.52	532.37	106.47	857.75	161.91
桂江 Guijiang	43.54	88.63	5.91	6.18	225.65	45.13	38 566.89	578.50	115.70	892.79	166.74
合计 Total	92.94	192.38	12.83	15.82	601.40	120.28	87 385.34	1 310.78	262.16	2 104.55	395.26

按水资源四级区统计，桂江流域农业面源 COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 892.80 和 166.70 t/a，分别占研究范围农业面源 COD 和 NH_3 －N 入河量的 42.4% 和 42.2%，比重最大；其次是柳江下游，农业面源 COD 和 NH_3 －N 的入河量分别为 857.80 和 161.90 t/a，分别占研究范围农业面源 COD 和 NH_3 －N 入河量的 40.8% 和 41.0%（表 8）。

2.5　废污水及主要污染物入河量　经估算，2013 年研究范围城镇生活源、工业源、规模化畜禽养殖源和农村面源的废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 23 334.44 万 t/a、24 952.57 和 3 276.31 t/a。

按污染源统计，研究范围 COD 和 NH_3 －N 入河量以点源为主，点源 COD 和 NH_3 －N 入河量贡献比例分别为 87.9% 和 91.6%。城镇生活源、工业源和规模化畜禽养殖源废污水入河量分别占点源废污水入河量的 43.9%、55.8% 和 0.3%；城镇生活源、工业源、规模化畜禽养殖源和农业面源 NH_3 －N 入河量对研究范围 NH_3 －N 入河量的贡献比例分别为 31.4%、59.7%、0.4% 和 8.4%；城镇生活源、工业源、规模化畜禽养殖源和农业面源 COD 入河量对研究范围 COD 入河量的贡献比例分别为 27.6%、58.7%、1.6% 和 12.1%（图 1）。

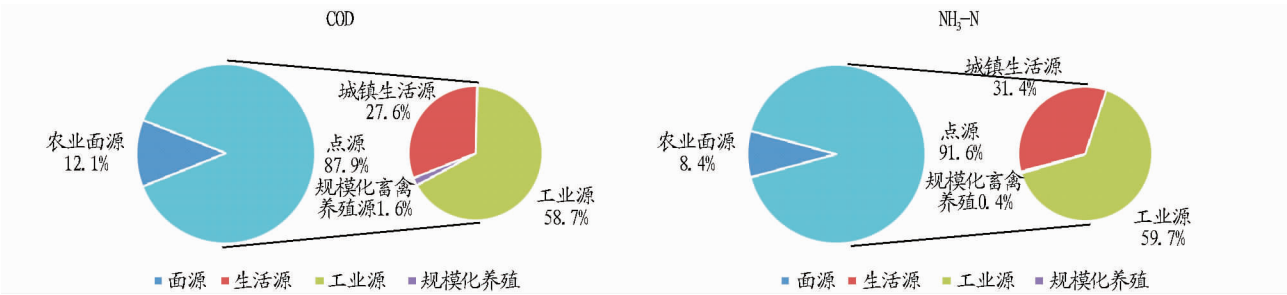

图 1　污染源入河量 COD 和 NH_3 －N 贡献率

Fig.1　The contribution rate of COD and NH_3-N into river

按城市分区统计，市区废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 10 742.09 万 t/a、9 255.55 和 1 167.66 t/a，分别占研究范围内废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量的 46.0%、37.1% 和 35.6%；其他区县废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 12 592.35 万 t/a、15 697.02 和 2 108.66 t/a，分别占研究范围废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量的 54.0%、62.9% 和 64.4%。

按水资源四级区统计，桂江流域废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 17 043.54 万 t/a、17 048.79 和 2 187.77 t/a，分别占研究范围废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量的 73.0%、68.3% 和 66.8%；其次是柳江下游，废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 5 245.97 万 t/a、6 409.14 和 877.76 t/a，分别占研究范围废污水、COD 和 NH_3 －N 入河量的 22.5%、25.7% 和 26.8%。

3　结论

（1）该研究根据用水量估算了 2013 年桂林市城区城镇生活源、工业源、规模化畜禽养殖源和农业面源的 COD 和 NH_3 －N 入河量。经估算，桂林市城区污染源的 COD 和 NH_3 －N 入河量分别为 24 952.57 和 3 276.31 t/a。

（2）按污染源统计，桂林市城区 COD 和 NH_3 －N 入河量以点源为主，其入河量贡献比例分别为 91.6% 和 87.9%。城镇生活源和工业源是桂林市城区 COD 和 NH_3 －N 入河量的主要来源。城镇生活源和工业源 COD 入河量贡献比例分别为 31.4% 和 59.7%；城镇生活源和工业源 NH_3 －N 入河量贡献比例分别为 27.6% 和 58.7%。

（3）按城市分区统计，市区 COD 和 NH_3 －N 入河量贡献比例分别为 37.1% 和 35.6%；其他区县 COD 和 NH_3 －N 入河量贡献比例分别为 62.9% 和 64.4%。

（4）按水资源四级区统计，桂江流域 COD 和 NH_3 －N 入河量贡献比例分别为 68.3% 和 66.8%；其次是柳江下游，柳江下游 COD 和 NH_3 －N 入河量贡献比例分别为 25.7% 和 26.8%。

参考文献

[1] 张涛，白金凤，马超，等. 新疆克孜勒苏河硌什市段入河污染物估算及特征分析[J]. 中国环境监测，2015，31(1)：85－89.
[2] 张涛，克孜勒苏河硌什市段污染物入河量估算及水污染控制对策研究[D]. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2014：31.
[3] 吴玮，黄天寅，赵克强，等. 苏南快速城镇化区域典型河道入河污染物调查分析与估算[J]. 生态与农村环境学报，2013，29(5)：618－624.
[4] 刘培芳，陈振楼，许世远，等. 长江三角洲城郊畜禽粪便的污染负荷及其防治对策[J]. 长江流域资源与环境，2002(11)：456－460.

（上接第 31 页）

粒（一般是 3∶1），则用该株花粉授于早熟非糯自交系上的果穗，收获后可用来进行第 3 次回交，然后自交，这样转育一个同样的自交系，只需 4 代即可达到快速选育出早熟糯质玉米杂交种的目的[2]。

参考文献

[1] 于维忠，吕振卿. 早熟鲜食糯质玉米杂交种烟早糯 5 号的选育[J]. 安徽农业科学，2013，41(33)：12919，12943.
[2] 于维忠，张善勇，周先学，等. 极早熟优良糯质玉米杂交种烟早糯 2 号的选育[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版)，2008，25(S1)：18－20.