

文章编号:1672-058X(2012)04-0090-06

# 三峡库区重庆段非点源污染负荷产生量的估算\*

刘 洁<sup>1</sup>, 刘 鹏<sup>2</sup>, 张文东<sup>1</sup>, 夏晓方<sup>1</sup>

(1. 重庆工商大学 环境与生物工程学院, 重庆 400067; 2. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘 要:**研究以三峡库区重庆段为研究对象,使用之前模拟试验得出的模型对该地区 2010 年非点源污染负荷产生量进行估算;结果显示,2010 年三峡库区重庆段非点源污染负荷产生量为:COD 497 362 t、BOD 254 853 t、氨氮 34 431 t、总氮 112 620 t、总磷 31 274 t;在三类非点源污染中,农田地表径流占的比重最大,达到 60% 左右,农村生活污染次之,占到 30% 左右,城市地表径流占 10% 左右;最后,针对各类非点源污染,提出了相应的防治建议。

**关键词:**三峡库区;非点源;污染负荷

**中图分类号:**X830

**文献标志码:**A

三峡库区处于川东褶皱地带,地貌以低山丘陵为主,60% 以上的土地为坡耕地,70% 以上的土壤为抗蚀性较差的紫色土,森林覆盖率低,人为破坏严重,气候四季分明,降雨集中,这些特殊的生态环境条件十分有利于非点源污染的发生<sup>[1]</sup>。自 2003 年三峡水库蓄水以来,三峡工程的生态与环境的影响一直备受关注。其中,三峡库区的水质状况成为国内外普遍关注的焦点之一。在三峡库区,国家和地方已经投入了大量资金,通过建设城市污水处理厂、垃圾处理厂,并开展了排污口整治工程,加大了点源污染的治理力度<sup>[2]</sup>。但实践表明,仅控制点源污染不能从根本上改善水环境质量,因为除了点源以外,还有大量的非点源仍在分散、间接地将污染物排入水环境,造成水体污染<sup>[3]</sup>。因此,充分认识非点源污染的危害性并开展非点源污染负荷定量化及其控制的研究,是从根本上改善水环境质量的有效方法。

## 1 研究材料

研究的范围覆盖三峡库区重庆段的江津市、渝北区、巴南区、长寿区、涪陵区、武隆县、丰都县、石柱县、忠县、万州区、开县、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县等 15 个区县(市)和主城区(包括渝中区、大渡口区、江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区等 7 区)。

研究中所用的数据资料包括文献资料和监测数据。文献资料包括 22 个区县的统计年鉴、政府工作报告、国民经济和社会发展“十一五”规划发展纲要和部分区县的“十二五”规划发展纲要。监测数据包括重庆市工业和生活源污染普查数据和各区县的降雨量数据。

研究时段:2010 年。

收稿日期:2011-06-15;修回日期:2011-07-10.

\* 基金项目:重庆市科技攻关计划项目(CSTC,2009,AD7204);重庆市科技重大攻关计划项目(CSTC,2010AA0020).

作者简介:刘洁(1987-),女,重庆沙坪坝人,硕士研究生,从事污水处理方面的研究.

## 2 研究方法

梁常德,龙天渝等<sup>[4]</sup>以 SLURP 水文模型和输出系数法为基础,建立了长江重庆寸滩断面以上流域的非点源污染负荷模型,并对 1996—2002 年寸滩断面入库非点源 TN 年负荷和非点源 TP 年负荷进行了估算。曹彦龙,李崇明等<sup>[5]</sup>运用 RUSLE 模拟计算颗粒态污染负荷并结合溶解态污染负荷,并估算入库非点源污染总负荷。

研究把三峡库区重庆段的非点源污染分为城市地表径流污染、农田地表径流污染、农村生活污染负荷三类。通过比较非点源污染负荷产生量的各种计算方法,参考之前研究者的研究成果,并结合三峡库区的实际情况,研究采用以下的模型:

### 2.1 城市地表径流污染负荷估算<sup>[6,7]</sup>

采用三峡水库水污染控制研究中的方法对城市地表径流的产生量进行估算。模型属于统计模型,公式如下:

$$M_s = \alpha_{ij} \cdot P \cdot A \cdot \frac{D}{D'} \cdot \frac{r}{r'} \quad (1)$$

式中: $M_s$ ——每年  $j$  类土地产生的  $i$  类污染物量, t;

$\alpha_{ij}$ —— $j$  类土地上  $i$  类污染物荷载因子,  $t/km^2 \cdot mm$ ;

$P$ ——集镇年降雨量, mm;

$A$ ——集镇面积,  $km^2$ ;

$D, D'$ ——集镇与试验区人口密度, 万人/ $km^2$ ;

$r, r'$ ——集镇与试验区道路清扫间隔天数, d。

城市地表径流污染荷载因子采用四川省环科所 1989 年在涪陵城区做地表径流试验得到的数值,参考近年来城市环境卫生的改变,做了适当的修正,见表 1。涪陵城区人口密度约为 0.625 万人/ $km^2$ 。库区其他集镇的环卫清扫情况与涪陵城区大致相同,故取  $r/r' = 1$ 。

表 1 三峡库区重庆段集镇地表径流污染荷载因子

$t/km^2 \cdot mm$

污染物	COD	BOD	$NH_4 - N$	TN	TP
2010 年	0.027 91	0.006 291	0.000 188 5	0.000 819 6	0.000 112 0

### 2.2 农田地表径流污染负荷估算<sup>[8-16]</sup>

采用 1989 年四川省环科所在涪陵做农田径流模拟试验时得到的农田场雨径流冲刷污染负荷模型对农田地表径流污染负荷产生量进行估算,这个模型属于经验型机理模型。用模型对 2010 年农田径流负荷进行预测时,考虑到农田里的施肥量随着近几年农田产量的提高而增加,径流冲刷量有可能比现状值高。因此,根据农业增长规划对径流模型做了微小的修正,形式如下:

$$W''_{COD} = 0.040 92 \cdot P^{2.187 7} (1 + 0.011) \quad (2)$$

$$W''_{BOD} = 6.814 \cdot 10^{-3} \cdot P^{2.482 1} (1 + 0.011) \quad (3)$$

$$W'_{NH_3-N} = 9.834 \cdot 10^{-3} \cdot P^{1.880 7} (1 + 0.023 8) \quad (4)$$

$$W'_{TN} = 0.049 17 \cdot P^{1.880 7} (1 + 0.023 8) \quad (5)$$

$$W'_{TP} = 2.447 4 \cdot 10^{-6} \cdot P^{3.778 8} (1 + 0.021 1) \quad (6)$$

式中: $W'$ ——污染物场雨农田径流现状产污负荷,  $kg/km^2 \cdot 场雨$ ;

$P$ ——一场雨的降雨量( $>10$  mm)。

次级河流回水段集水区场雨农田径流负荷用式(7)、式(8)计算:

$$W_i = W_i'' \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (7)$$

$$W_{\text{年}} = \sum W_i \quad (8)$$

式中: $F$ ——次级河流回水段集水区面积,  $\text{km}^2$ ;

$W_i$ ——一场雨农田径流污染负荷,  $\text{t}/\text{场雨}$ ;

$W_{\text{年}}$ ——农田径流年负荷,  $\text{t}/\text{a}$ 。

由式(7)看出,要计算次级支流回水段集水区场雨径流负荷,必须要有支流回水段集水区面积  $F$ , 这个面积在现有资料中查不到,多数河流有流域面积,近似认为积水面积与河长成正比例关系。将整个河流的流域面积按河段长进行比例分配,即可得到各级支流回水段的集水面积。

### 2.3 农村生活污染负荷估算

采用排污系数法,公式为:

$$W_i = 365 \times N_c \times F \times 10^{-6} \quad (9)$$

式中: $W_i$ ——污水中  $i$  污染物的年负荷,  $\text{t}/\text{a}$ ;

$N_c$ ——城镇常住人口数, 人;

$F$ ——人均污染物产生系数,  $\text{g}/\text{d} \cdot \text{人}$ 。

参考《全国水环境容量核定技术指南》,结合三峡库区的实际情况,得出农村人口的排污系数,见表 2。

表 2 三峡库区重庆段农村人口排污系数

$\text{g}/\text{d} \cdot \text{人}$

污染物	COD	BOD	$\text{NH}_4 - \text{N}$	TN	TP
排污系数	40	16	4	5.5	0.6

## 3 结果与分析

### 3.1 城市地表径流污染负荷估算量

研究通过使用上述的模型,对各区县每个集镇的城镇地表径流负荷量进行了估算,并将其分别按区县和流域进行了分配。表 3 列出了三峡库区城市地表径流污染负荷产生量最大(小)的区县和流域。

表 3 城市地表径流污染负荷产生量最大(小)的区县和流域

t

污染物	COD	BOD	$\text{NH}_4 - \text{N}$	TN	TP
九龙坡区	4 600	1037	31	135	18
石柱县	488	110	3	14	2
嘉陵江流域	19 443	4 383	131	571	78
三溪河流域	5.18	1.17	0.03	0.15	0.02
城市地表径流污染总计	51 394	11 585	346	1 509	206

对于城市地表径流污染负荷产生量,它与城市化水平关系密切。城市化水平越高,城镇面积越大,城市地表径流污染负荷产生量也就越大,反之就少。估算结果显示,在各个区县里,九龙坡区的城市地表径流污染产生量最大。因为九龙坡区的经济发展较快,而且城镇面积也最大。石柱县的城市地表径流污染产生量

最小,这个地区正好也是经济较为落后,城镇化水平较低的地区。在三峡库区各条次级支流里,嘉陵江流域的城市地表径流污染产生量最大。嘉陵江属于一条较为重要的次级支流,流域面积大,贯穿重庆的主城区,这些地方的城市化水平最高。三溪河流域的城市地表径流污染产生量最最小,这个流域的面积较小,而且流经的地区基本都属于经济欠发达地区。

### 3.2 农田地表径流污染负荷估算量

对于农田地表径流污染负荷产生量,它与农作物播种面积以及地形情况关系密切。农作物播种面积越大,地形越陡,农田地表径流污染负荷产生量也就越大,反之就少(表4)。表4的结果显示,在各个区县里,巫溪的农田地表径流污染产生量最大。因为巫溪县属于欠发达地区,农业的比重较大,而且这里地形较陡,多山多谷,耕种后的土壤很容易流失。渝中区的农田地表径流污染产生量最小,因为渝中区基本没有农业。在三峡库区各条次级支流里,大宁河流域的农田地表径流污染产生量最大。大宁河流经巫山县和巫溪县两个面积较大、经济发展水平不高、农业比重较高的区县。临江流域的农田地表径流污染产生量最小,流域的面积较小。

表4 农田地表径流污染负荷产生量最大(小)的区县和流域

污染物	COD	BOD	NH <sub>4</sub> -N	TN	TP
巫溪	39 204	26 084	2 310	115 511	5 010
渝中区	0	0	0	0	0
大宁河流域	13 972	9 394	821	4 105	2 011
临江河流域	451	290	28	138	49
农田地表径流污染总计	282 342	177 818	17 722	88 612	28 613

### 3.3 农村生活污染负荷估算量

对于农村生活污染负荷产生量,它与农村人口数直接相关。农村人口越多,农村生活污染负荷产生量也就越大,反之就小(表5)。表5的结果显示,在各个区县里,开县的农村生活污染产生量最大,而这个地区的农村人口也最多。渝中区的农村生活污染产生量最小,这里基本没有农村人口。在三峡库区各条次级支流里,小江流域的农村生活污染产生量最大。因为小江流经开县、万州区和云阳县这三个农村人口大县。三溪河流域的农村生活污染产生量最小,这个流域的面积比较小。

表5 农村生活污染负荷产生量最大(小)的区县和流域

污染物	COD	BOD	NH <sub>4</sub> -N	TN	TP
开县	18 660	7 464	1 866	2 566	280
渝中区	0	0	0	0	0
小江流域	23 843	9 537	2 384	3 278	358
三溪河流域	331	133	33	46	5
农村生活污染总计	163 626	65 451	16 363	22 499	2 454

### 3.4 三峡库区重庆段非点源污染负荷估算量

将城市地表径流污染负荷量、农田地表径流污染负荷量、农村生活污染负荷量相加便得出了三峡库区非点源污染的负荷量(表6)。

表 6 非点源污染负荷估算量

污染物	COD	BOD	NH <sub>4</sub> - N	TN	TP
城市地表径流	51 394	11 585	346	1 509	206
农田地表径流	282 342	177 818	17 722	88 612	28 613
农村生活污染	163 626	65 451	16 363	22 499	2 454
总计	497 362	254 853	34 431	112 620	31 274

从表 6 可以看出,三峡库区重庆段非点源污染负荷量非常大,其中又以农田地表径流所占的比重最大,达到 60% 左右。所以,对三峡库区的非点源污染进行治理势在必行。

## 4 结论与建议

(1) 在非点源污染中,城市地表径流所占的比重最小,量也最少。而这一部分污染源的治理相对来说也比较容易,可以依托现有的市政基础设施来处理,使尽量多的城市地表径流通过市政管网进入污水厂。目前,三峡库区的许多集镇正在或者已经在建设污水处理厂和配套的管网。因此,可以依托这一有利条件,使尽量多的城市地表径流通过市政管网进入污水厂,最终能够达标排放。此外还要搞好城市卫生,增加城市的清扫力度、按时转运固体废物、鼓励居民和企业使用更加清洁的能源。

(2) 农田地表径流占到非点源污染的 60% 左右。如果对这部分污染进行有效的治理,整个非点源污染量就会显著下降。这部分污染治理的难度较大,需要不同的部门相互协调配合。由于农田地表径流中的污染物主要来自农业生产中所施加的农药和化肥。要想彻底减少这类污染,农业等部门需要积极引导农民合理使用农药和化肥,从源头上减少污染物的产生量;国土等部门则应该帮助农民合理规划农田,减少坡地的耕作量,发展梯田等农田形式,减少污染物的迁移;对于污染已经很严重的土地,环保等部门则应该发挥自身的特点,采用原位修复等方法对其进行修复,尽量恢复土地原有的功能。

(3) 农村生活污染占到了非点源污染的 30% 左右。目前,我国正在进行新农村建设,农村污染治理也属于其中的一部分,有条件的村庄已经开始修建污水处理设施。通过这些处理设施上的硬件支持,以及农村人口生活、卫生习惯的改变等软件上的支持,在不久的将来,农村生活污染量会显著减少,为整个非点源污染的治理做出积极的贡献。

### 参考文献:

- [1] 李瑞雪,余长明,倪九,等. 三峡库区农业非点源污染的思考[J]. 中国农学通报,2005,21(9):372-375
- [2] 贾海燕,雷阿林,王孟,等. 三峡库区农业非点源污染的区域特征及研究进展[J]. 亚热带水土保持,2011,23(1):26-30
- [3] 徐颖. 水环境非点源污染现状及防治对策[J]. 水系污染与保护,1997(2):39-43
- [4] 梁常德,龙天渝. 三峡库区非点源氮磷负荷研究[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(1):26-30
- [5] 曹彦龙,李崇明. 重庆三峡库区非点源污染来源分析及负荷计算[J]. 重庆建筑大学学报,2007,29(4):1-5
- [6] 李家科,李亚娇,李怀恩. 城市地表径流污染负荷计算方法研究[J]. 水资源与水工程学报,2010,21(2):5-13
- [7] AKAN A O. Urban Stormwater Hydrology[M]. USA:Technomic Publishing Company Inc,1993
- [8] 金鑫. 农业非点源污染模型研究进展及发展方向[J]. 山西水利科技,2005(1):15-17
- [9] 沈晋,沈冰,李怀恩,等. 环境水文学[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1992
- [10] 胡雪涛,陈吉宁,张天柱. 非点源污染模型研究[J]. 环境科学,2002,23(3):124-128
- [11] FLANAGAN D C,NEARING M A. USDA- water erosion prediction project(WEPP)[J]. West Lafayette,1995,67(2):128-132

- [12] WILLIAMS J R, RENARD K G, DYKE P T. A new method for assessing the effects of erosion on productivity[J]. Soil and Water Conservation, 1983(38):381-383
- [13] LEONARD R A, KNISEL W G, STILL DA. GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems [J]. Transaction of the ASAE, 1987, 30(5):1403-1418
- [14] WILLIAMS J R, NICKS A D, ARNOLD J R. Simulation for Water Resources in Rural Basins[J]. Hydraulic Engineering, 1985, 111(6):970-986
- [15] ARNOLD J G, SRINIVASAN R, MUTTIAH R S, et al. Large area hydrologic modeling and assessment Part 1: Model development [J]. The American Water Resources Association, 1998, 34(1):73-89
- [16] YOUNG R A, ONSTAD C A, BOSCH D D, et al. AGNPS: a nonpoint source pollution model for evaluating agricultural water sheds[J]. Soil and Water Conservation, 1989, 44(2):168-173

## Estimation on Nonpoint Source Pollution Load Amount in Chongqing Section of Three Gorges Reservoir Area

**LIU Jie<sup>1</sup>, LIU Peng<sup>2</sup>, ZHANG Wen-dong<sup>1</sup>, XIA Xiao-fang<sup>1</sup>**

(1. School of Environment and Bioengineering, Chongqing Technology and Business University,  
Chongqing 400067, China;

2. School of Urban Construction and Environment Engineering, Chongqing University,  
Chongqing 400045, China)

**Abstract:** Taking Chongqing section of Three Gorges Reservoir area as research object, this paper estimates the nonpoint resource pollution load amount in 2010 in this area by using the model obtained from previous simulation experiment, the results show that the nonpoint source pollution load amount of this area in 2010 is COD 497362t, BOD 254853t, ammonia-nitrogen 34431t, total nitrogen 112620t, and total phosphorus 31274t, and that, in three classes of nonpoint source pollution, the ratio of surface runoff of the rural field is the biggest and reaches about 60%, the ratio of rural living pollution is the second and amounts to 30%, the ratio of urban surface runoff reaches 10%. Finally, according to all types of nonpoint source pollution, this paper proposes corresponding preventing suggestions.

**Key words:** Three Gorges Reservoir area; nonpoint source; pollution load

责任编辑:田静