

滇池流域城市型河流盘龙江总磷水环境容量测算研究

杨桐^{1,2}, 杨常亮^{1*}, 刘卫红³, 毛永杨^{1,2}, 杨亮秀^{1,2}, 袁琳娜^{1,2}

(1. 云南大学工程技术研究院, 云南 昆明 650091; 2. 云南大学生命科学学院, 云南 昆明 650091;
3. 云南平正环保科技有限公司, 云南 昆明 650091)

摘要: 为了水体污染物容量总量控制, 将盘龙江水环境容量划分为4个控制单元, 采用两点示踪法确定盘龙江总磷(TP)综合降解系数, 并采用一维水质模型对其进行了验证, 在此基础上利用模型计算了盘龙江各控制单元的TP水环境容量。结果表明, 盘龙江TP综合降解系数的区间值为 $0.016 \text{ d}^{-1} \pm 0.002 \text{ d}^{-1}$, 盘龙江4个控制单元(I段、II段、III段、IV段)的TP水环境容量分别为1.60 t/a~1.61 t/a、10.00 t/a~10.02 t/a、14.52 t/a~14.60 t/a、22.23 t/a~22.28 t/a, 这有助于滇池水质污染的防治。

关键词: 水污染; 总磷; 水环境容量; 盘龙江

中图分类号: X52 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2011)06-0026-04

Calculation for Water Environmental Capacity of Total Phosphorus in Urban-type River PanLongJiang

YANG Tong^{1,2}, YANG Chang-liang^{1*}, LIU Wei-hong³, MAO Yong-yang^{1,2}, YANG Liang-xiu^{1,2}, YUAN Lin-na^{1,2}

(1. *Research Institute of Engineering and Technology, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091, China;*
2. *School of Life Science, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091, China;*
3. *Yunnan Pingzheng Environmental Technology Co. Ltd., Kunming, Yunnan 650091, China*)

Abstract: For total amount of water pollutant control, river PanLongJiang water environmental capacity was divided into four sections. Total Phosphorus integrated degradation coefficient of river PanLongJiang was determined by two-point tracer monitoring method, and verified using one-dimensional water quality model. Water environmental capacity of TP of each section was calculated by one-dimensional water environmental capacity model. The results showed that TP integrated degradation coefficient of river PanLongJiang was $0.016 \text{ d}^{-1} \pm 0.002 \text{ d}^{-1}$, and that the capacity for TP in the section I, section II, section III and section IV of river PanLongJiang were respectively 1.60 t/a~1.61 t/a, 10.00 t/a~10.02 t/a, 14.52 t/a~14.60 t/a, and 22.23 t/a~22.28 t/a. It would help the prevention and treatment of water pollution for the Dian Lake.

Key words: Water pollution; TP; Water environmental capacity; River PanLongJiang

随着农业、工业的发展及城市化进程的加快, 造成滇池流域水体污染日益严重^[1-2], 滇池处于重度富营养化状态, 其水质为V类或劣V类^[3-5]。盘龙江作为主要的入滇河流之一, 是污染物输入滇池的主要途径。在国家投入大量财力、物力治理滇池的背景下, 治理入湖河流使其水质达标是有效途径之一。

盘龙江主要污染因子总磷(TP), 是引起水体富营养化的重要因素^[6-8], 这与国内学者在研究相

关水域环境时的结论类似^[9-11]。水环境容量的测算对水资源的可持续发展具有重要的现实意义和

收稿日期: 2011-06-22; 修订日期: 2011-08-04

基金项目: 流域社会经济结构调整及水污染综合防治中长期规划研究基金资助项目(2008ZX07102-001); 云南省科技计划基金资助项目(2008ZC004M)

作者简介: 杨桐(1986—), 女, 云南大理人, 硕士, 从事水环境容量方面的研究。

* 通讯作者: 杨常亮 E-mail: yangCl227@163.com。

应用价值^[12-14],为了实现盘龙江水质达标,必须研究并确定其主要污染物的水环境容量。

盘龙江起源于牧羊河,流经松华坝水库,经昆明市主城区,最终流入滇池。由于松华坝水库及其上游河流水质较好,将研究范围确定为松华坝口至入滇池外海口的河段,全长26.5 km。

由昆明环境质量公报,盘龙江2005年—2009年水质不达标,为劣V类,主要超标污染因子为TP、化学需氧量(COD)和氨氮(NH₃-N)^[15-17]。现以TP为对象,对盘龙江松华坝水库以下河段TP水环境容量进行研究。

1 控制单元的划分

由于盘龙江自松华坝口以下依次流经昆明市第五、第四、第二污水处理厂,流经污水处理厂前后流量及水质均不相同,以这3个污水处理厂为节点,采用节点划分法^[18]将盘龙江划分成4个控制单元,见图1。

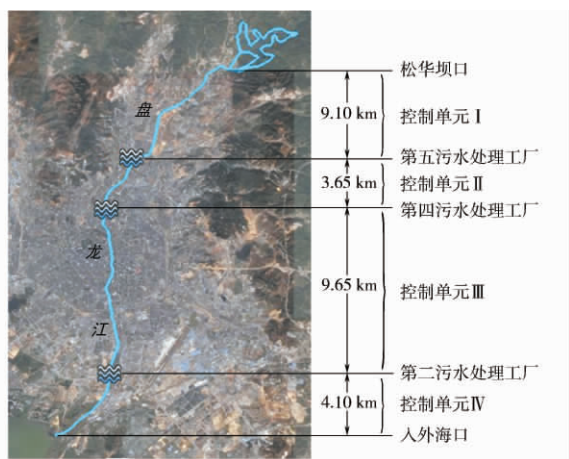


图1 盘龙江水环境容量控制单元

Fig. 1 River PanLongJiang water environmental capacity section

2 模型的选取

2.1 盘龙江水质模型的选定

盘龙江自松华坝口至第五污水处理厂段基本为天然河道,第五污水处理厂至滇池外海已改造为“三面光”的人工河道。现只考虑TP沿水流方向的变化,因此选用一维水质模型^[16]即:

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C}$$

式中: t ——流经河段初始断面与末端断面的时间

间隔, d;

C_0 ——河段初始断面污染物质量浓度, mg/L;

C ——河段末端断面污染物质量浓度, mg/L;

K ——污染物综合衰减系数。

2.2 盘龙江水环境容量计算模型的选取

按照当地环境的具体情况,通过合理划分盘龙江4个控制单元的混匀过程段长度均小于各控制单元的长度,见表1。

表1 盘龙江各控制单元长度及其混匀过程段长度
Table 1 Length of each control unit and its mixture process of river PanLongJiang km

控制单元	控制单元长度	混匀过程段
I	9.10	4.18
II	3.65	0.96
III	9.65	2.46
IV	4.10	0.65

各控制单元的长度划分符合一维水环境容量计算模型的适用条件,因此,研究采用一维水环境容量计算模型^[19]计算盘龙江各控制单元的TP水环境容量即:

$$W_i = 31.54 \times C \times e^{K_x \div (86.4 \times v)} \times (Q_i + Q_j)$$

式中: W_i ——水环境容量, t/a;

C ——水质指标质量浓度, mg/L;

Q_i ——河道节点后流量, m³/s;

Q_j ——第 i 节点处废水入河量, m³/s;

v ——第 i 个河段的设计流速, m/s;

x ——计算点到第 i 节点的距离, km。

3 重要参数的取值

3.1 水质目标

根据《云南省地表水水环境功能区划(复审)》盘龙江的水环境功能属于地表水标准用途的景观娱乐用水,水质保护目标为《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) III类水(TP以P计≤0.2 mg/L)。

3.2 水文参数的选取

水环境容量除了与水质目标、污染物降解能力,以及水域水体体积这几个因素密切相关外,还与流量、流速有关^[20-24]。盘龙江流域城镇众多人口密集,生活污水排放量大,其流量年际分配不均,丰枯期明显。由于流域内水环境容量的开发利用和水污染物的总量控制,需要在确定风险率的基础

上进行,因此在计算盘龙江水环境容量,实施总量分配时,选择适宜的水文条件对环境水体安全起着关键性的作用。

盘龙江流域污染物的排放符合传统排污特征,污染物控制因子 TP 不属于毒理指标。因此,根据中国环境规划院编著的《全国水环境容量核定技术指南》,选择 30Q10(近 10 年最枯月平均流量)作为设计流量。通过分析盘龙江 2000 年—2009 年的径流资料,取 90% 最枯月平均流量为设计流量,见表 2。

表 2 盘龙江最枯月份设计水文常数

Table 2 Designing hydrographic constants of the driest month of river PanLongJiang

控制单元	$Q/(m^3 \cdot s^{-1})$	$v/(m \cdot s^{-1})$
I	0.25	0.10
II	1.58	0.15
III	2.28	0.15
IV	3.51	0.15

3.3 TP 综合降解系数的确定及验证

3.3.1 TP 综合降解系数的确定

为了确保 TP 综合降解系数和水文条件选取的一致性,确定 TP 综合降解系数的实验在枯水期进行。

实验采用两点示踪法确定盘龙江 TP 综合降解系数。试验方案如下:测定项目为 TP。实验仪器为 752N 紫外可见分光光度计(上海菁华科技有限公司),电子天平 AL104(梅特勒-托利多仪器有限公司),压力蒸气灭菌器 SYQ-DSX-280B(上海申安)。

监测河段的设置在流域内选取了中坝村、红铁桥、农科院桥 3 个监测河段,3 个河段均避开了排污混合区且没有支流汇入,同时河流的取样及观测比较方便。

在 3 个监测河段的混匀断面的下游分别设置 4 个控制断面(1 个段首控制断面、2 个削减断面、1 个段尾控制断面),每个控制断面间隔 50 m。在监测河段 4 个控制断面各取 4 份水样,在无降雨的条件下每周采样 1 次。

在各监测河段的段首控制断面,进行充分搅拌,保证混合均匀同时取样。并投放浮标作为示踪物同时计时,待浮标流到下游各控制断面时取样。水样 TP 的测定采用《水质 总磷的测定 钼酸铵

分光光度法》(GB 11893-89),每个水样做 3 个平行、2 个空白样。

其中各监测河段每月的 TP 综合降解系数为该月内 12 次实测综合降解系数的平均值,根据标准偏差计算结果,盘龙江综合降解系数的取值范围为 $0.013 d^{-1} \sim 0.020 d^{-1}$,区间值 $0.016 d^{-1} \pm 0.002 d^{-1}$ 。TP 综合降解系数的测定值见表 3。

表 3 2010 年 11 月—2011 年 1 月盘龙江 TP 综合降解系数

d^{-1}

Table 3 Comprehensive degradation coefficient of TP in river PanLongJiang monitored from November 2010 to January 2011

d^{-1}

监测河段	11 月	12 月	1 月	平均值
中坝村	0.015	0.015	0.020	0.017
红铁桥	0.013	0.016	0.015	0.015
农科院桥	0.017	0.018	0.014	0.016
平均值	0.015	0.016	0.016	0.016

3.3.2 TP 综合降解系数的验证

为了对实测法得出的枯水期盘龙江 TP 综合降解系数进行验证,选取了控制单元 I 段中的松华坝口—霖雨桥断面,以及控制单元 III 段中的圆通桥—得胜桥断面,采用枯水期的日常监测数据对其进行了验证,结果见表 4。

表 4 盘龙江 TP 综合降解系数的验证

Table 4 Validation of TP comprehensive degradation coefficient in river PanLongJiang

控制单元	断面起止	K(计算) $/d^{-1}$	K(实测) $/d^{-1}$	相对偏差/%
I	松华坝口—霖雨桥	0.018	0.016	5.9
III	圆通桥—得胜桥	0.013		13.3

经验证,两个验证断面的相对偏差均在 15% 以内,因此盘龙江 TP 综合降解系数取值是合理的。

4 盘龙江 TP 水环境容量的计算

以 90% 保证率最枯月平均流量作为设计流量,和《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) III 类水水质标准作为 TP 水质目标,盘龙江 TP 水环境容量计算各项边界条件如表 2 所示,各控制单元的 TP 水环境容量范围见表 5。

表5 盘龙江 TP 水环境容量计算结果

Table 5 Calculation results of TP water environmental capacity of river PanLongJiang

控制单元	K_{TP} /d ⁻¹	Q (设计) /(m ³ ·s ⁻¹)	v (设计) /(m·s ⁻¹)	ρ (水质) /(mg·L ⁻¹)	l (控制单元) /km	环境容量 /(t·a ⁻¹)
I	0.013~0.020	0.25	0.10	0.20	9.10	1.60~1.61
II		1.58	0.15		3.65	10.00~10.02
III		2.28	0.15		9.65	14.52~14.60
IV		3.51	0.15		4.10	22.23~22.28

5 结论

(1) 采用两点示踪法和一维水质模型确定了盘龙江 TP 综合降解系数为 $0.016 \text{ d}^{-1} \pm 0.002 \text{ d}^{-1}$, 并利用日常监测数据对其进行了验证, 相对偏差均在 15% 以内, 说明盘龙江 TP 综合降解系数的测定值是合理的。

(2) 采用节点划分法将盘龙江划分为 4 个控制单元, 并采用一维水环境容量计算模型分别计算了各单元水环境容量。盘龙江 TP 水环境容量的确定为盘龙江水环境治理和容量总量控制决策提供了技术依据, 不仅可为类似盘龙江的城市型河流水环境容量的研究提供借鉴, 同时也为滇池富营养化工作的防治提供了技术支持。

【参考文献】

- [1] 罗民波, 段昌群, 沈新强, 等. 滇池水环境退化与区域内物种多样性的丧失[J]. 海洋渔业, 2006, 28(1): 71-78.
- [2] GONG Z J, LI Y L, SHEN J, et al. Diatom community succession in the recent history of an entropic Yunnan Plateau lake, lake Dianchi, in subtropical [J]. China Limnology, 2009 (10): 247-253.
- [3] 王红梅, 陈燕. 滇池近 20 a 富营养化变化趋势及原因分析[J]. 环境科学导刊, 2009, 28(3): 57-60.
- [4] XING K X, GUO H C, SUN Y F, et al. Assessment of the spatial-temporal entropic character in the lake Dianchi [J]. Journal of Geographical Sciences, 2005, 15(1): 37-43.
- [5] 李跃勋, 徐晓梅, 何佳, 等. 滇池流域点源污染控制与存在问题解析[J]. 湖泊科学, 2010, 22(5): 633-639.
- [6] 蔡龙炎, 李颖, 郑子航. 我国湖泊系统氮磷时空变化及对富营养化影响研究 [J]. 地球与环境, 2010, 38(2): 235-241.
- [7] 吴德玲, 钱彪, 何琳晖. 滇池富营养化成因分析[J]. 环境科学研究, 1992, 5(5): 26-28.
- [8] 胡晓镭. 湖、库富营养化机理研究综述 [J]. 水资源保护, 2009, 25(4): 44-47.
- [9] 吴鹏, 袁正新, 杨成刚, 等. 武陵源风景名胜区水环境调查 [J]. 环境监测管理和技术, 2005, 17(1): 25-26.
- [10] 袁海勤, 平新华, 姚杏明. 浅谈洪泽湖的水环境管理 [J]. 环境监测管理和技术, 2000, 12(1): 26-27.
- [11] 张利民, 孙卫红, 程炜, 等. 太湖入湖河流水环境综合治理 [J]. 环境监测管理和技术, 2009, 21(5): 1-5.
- [12] LI Y X, KANG J H, LAU S L, et al. Optimization of settling tank design to remove particles and metals [J]. Journal of Environmental Engineering, 2008, 134(11): 885-894.
- [13] XIANG L, LI Y X, YANG Z F, et al. Influence of traffic conditions on polycyclic aromatic hydrocarbon abundance in street dust [J]. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 2010, 45(3): 1-9.
- [14] HAN M, LIU Y, DU H, et al. Advances in study on water resources carrying capacity in China [J]. Proscenia Environmental Sciences, 2010(2): 1894-1903.
- [15] 贝荣塔, 夏红云, 孙孝龙. 干季滇池水质与盘龙江水质的研究 [J]. 环境保护科学, 2010, 35(1): 4-6.
- [16] 贝荣塔, 贝松洋. 昆明市盘龙江水质变化与河流治理成效的研究 [J]. 环境科学导刊, 2010, 29(3): 52-55.
- [17] 贝荣塔, 余洁. 昆明市盘龙江干季水质调查与分析 [J]. 环境科学与技术, 2009, 32(12): 47-50.
- [18] 张建军, 张世坤, 徐晓琳, 等. 黄河流域纳污能力计算技术难点浅析 [J]. 人民黄河, 2006, 58(12): 30-32.
- [19] 中国环境规划院. 全国水环境容量核定技术指南 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [20] 张晓东, 慕金波, 王艳, 等. 山东省河流水环境容量研究 [M]. 济南: 山东大学出版社, 2007.
- [21] 林高松, 黄晓英, 李娟. 神经网络在深圳市水库富营养化评价中的应用 [J]. 环境监测管理和技术, 2010, 22(1): 59-63.
- [22] 王云中, 杨成建, 陈兴都, 等. 西安市景观水体营养状态调查及浮游藻类多样性研究 [J]. 环境监测管理和技术, 2010, 22(3): 22-26.
- [23] 丰茂武, 吴云海, 龚春生. 玄武湖沉积物中磷的形态分布特征 [J]. 环境监测管理和技术, 2007, 19(2): 19-22.
- [24] 张利民, 刘伟京, 尤本胜, 等. 洪泽湖流域生态环境问题及治理对策 [J]. 环境监测管理和技术, 2010, 22(4): 30-35, 39.