

重庆市跳磴河流域水污染综合治理工程规划

翟俊¹, 黄晓斌², 何强¹, 龙腾锐¹

(1 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2 重庆市三峡水务
有限责任公司, 重庆 400020)

摘要: 采用流域分析方法,系统分析了重庆市跳磴河流域内影响生态环境质量的城镇污水、垃圾、工业排污、农业生产、水土流失、畜禽养殖、河流内源污染等问题,以环境容量和污染物总量控制为主线,提出了实现规划水质目标和生态环境质量目标的污染控制措施和生态建设内容,为类似流域的水污染综合治理工程的规划和设计提供参考。

关键词: 流域; 水污染综合治理; 规划

中图分类号: X505 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2007)06 - 0045 - 05

Planning of Comprehensive Water Pollution Control Project in Tiaodeng River Basin in Chongqing

ZHA I Jun¹, HUANG Xiao-bin², HE Qiang¹, LONG Teng-rui¹

(1. MOE Key Lab of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Chongqing University,
Chongqing 400045, China; 2. Chongqing Three Gorges Water Co., Ltd., Chongqing 400020,
China)

Abstract: The factors, such as municipal wastewater and solid waste, industrial waste discharge, agriculture, soil erosion, domestic animals and birds breeding, river internal source pollution, which may influence the eco-environmental quality of Tiaodeng River basin were analyzed with watershed approach. Taking environmental capacity and total pollutants control as the main, the pollutants control measures and ecological construction to achieve the planning water quality target and the ecological environmental quality target were put forward. It provides a reference for the planning and design of comprehensive water pollution control project in similar basins.

Key words: basin; comprehensive water pollution control; planning

1 流域现状及存在的主要问题

1.1 流域概况

跳磴河流域位于重庆西南部,是重庆市重要的工业区之一。流域总面积为 92.13 km²,干流全长约 25.75 km,主要集中在九龙坡区华岩镇和大渡口区跳磴镇;河流发源于沙坪坝区歌乐山狮子岩,在大渡口区跳磴镇小南海汇入长江。主河道最宽处约 8

m,窄处仅为 1 m 左右,平均坡降为 0.24%,总落差为 421 m;多年平均流量为 0.89 m³/s,多年平均径流量为 2.807 × 10⁴ m³。2002 年该流域内总人口为 12.37 万人,其中城镇人口为 10.35 万人,工农业总产值为 79.6 亿元。

1.2 水污染状况及主要问题

如果采用单项指标法对各断面进行水质评价,

基金项目:“十五”国家科技攻关课题(2004BA604A01)

则全河段水质均为劣Ⅲ类水质。如果采用隶属度加权综合平均水质级别法进行水质评价^[1],则除华岩水库出口、跳磴和平五社两个断面处于Ⅲ类水质外,其余均已超出Ⅲ类水质标准。可以看出目前跳磴河水质已经遭受严重污染,污染物的贡献率由大到小排序为:总氮、氨氮、总汞、BOD₅、TP、COD。

2003年的水质监测值如表 1 所示。

表 2 为 2002 年各种污染源污染负荷的统计。

表 1 跳磴河水质监测结果

Tab 1 Water quality monitoring data of Tiaodeng River

断面	COD / (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	TP / (mg · L ⁻¹)	TN / (mg · L ⁻¹)	Cr ⁶⁺ / (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N / (mg · L ⁻¹)	总汞 / (mg · L ⁻¹)	总锌 / (mg · L ⁻¹)	粪大肠菌群 (个 · L ⁻¹)	水质 级别
覃家坝	523	29. 8	0. 359	310	0. 036	283	1. 45 × 10 ⁻³	0. 282	8. 1 × 10 ⁷	劣
华岩水库进口	48	21. 4	0. 725	11. 7	0. 027	9. 63	5. 0 × 10 ⁻⁶	0. 113	6. 9 × 10 ⁷	劣
华岩水库出口	17. 0	7. 11	0. 354	6. 22	0. 024	4. 70	1. 84 × 10 ⁻⁴	0. 104	2. 8 × 10 ⁶	
电机厂	65. 7	32. 9	1. 10	24. 8	0. 067	22. 3	2. 57 × 10 ⁻³	0. 240	1. 2 × 10 ⁹	劣
石堰七社	46. 3	23. 7	1. 15	15. 2	0. 020	14. 0	2. 85 × 10 ⁻⁴	0. 442	2. 4 × 10 ⁷	劣
石龙五社	15. 3	6. 89	0. 682	16. 7	0. 316	14. 4	2. 22 × 10 ⁻³	2. 43	3. 3 × 10 ⁶	劣
跳磴镇	25. 3	11. 6	0. 309	13. 7	0. 020	12. 5	1. 44 × 10 ⁻⁴	1. 07	5. 8 × 10 ⁵	劣
跳磴和平五社 (入江口)	16. 3	6. 79	0. 268	12. 9	0. 018	10. 3	1. 65 × 10 ⁻⁴	0. 663	4. 1 × 10 ⁵	

表 2 跳磴河流域污染物负荷统计 (2002)

Tab 2 Yearly pollutant load of Tiaodeng River basin
(2002) t · a⁻¹

污染源	COD	BOD ₅	TN	TP
城镇生活污水	3 380	1 690	423	45
工业废水	1 230	454	196	49
城市生活垃圾	1 851. 1	185. 2	37. 1	7. 40
水土流失	143. 32	19. 11	0. 96	0. 19
养殖业	101. 34	43. 48	8. 49	3. 14
农田面源			31. 6	20. 8
河流底泥	73	7. 6	0. 8	0. 09
合计	6 778. 76	2 399. 39	697. 95	125. 62

从表 2 可以看出,城镇污水、工业废水和城镇生活垃圾是跳磴河流域的主要污染源。目前流域内约有 4. 1 × 10⁴ m³ /d 的污水排入跳磴河,其中生活污水为 2 × 10⁴ m³ /d,工业废水为 2. 1 × 10⁴ m³ /d。生活污水基本未经任何处理,即直接排入跳磴河。而工业废水虽在环保部门的监管下进行了处理,但是流域内仍有许多中小企业存在治污不力、偷排漏排现象。城镇生活垃圾由于没有完善的收运系统,垃圾绝大部分在街头、路边或河边堆放,对环境污染严重。同时流域内水土流失、农田施肥和畜禽养殖对污染的贡献率也较大。此外跳磴河淤积严重,严重影响了河道泄洪,对水体水质的影响也较大。

1. 3 生态环境状况及主要问题

全流域林地约为 2 300 hm²,主要集中在流域西部の中梁山脉,东西林业分布不均匀,森林覆盖率为 25%。流域内水土流失面积为 55. 06 km²,占流域

总面积的 59. 76%,按各级平均侵蚀模数计算,土壤侵蚀总量为 20. 70 × 10⁴ t/a。

跳磴河干、支流河岸的天然植被大都遭到破坏,大部分河岸均被开垦,河岸湿地生态系统的生态服务功能受损。河流生态陷入恶性循环,不仅水质很差,而且河流生物多样性严重受损。

2 污染负荷预测及环境容量分析

2. 1 污染负荷预测

为了预测规划目标年的河流水质状况,对规划目标年 (2010 年和 2020 年)进行了污染负荷预测。

对于城镇生活污水和生活垃圾的负荷预测主要依据人口增长和单位人口排污定额确定。

工业废水的水量和水质与区域内的工业结构、工业耗水水平和政府部门管理等众多因素相关。根据最近几年重庆市各区县的统计数据,该流域的工业废水量保持在一定范围内波动。同时考虑到在规划期限内,流域内的工业产值将不断增加,同时随着政府加强节水管理和科学技术的不断更新,以及在水价“杠杆”作用等因素的协调作用下,规划期内工业用水量按现状不变计。

随着人民生活水平提高和流域城镇化不断加快的趋势,畜禽养殖可能会由现在的农村散养为主向规模化养殖转变。畜禽养殖的污染负荷以畜禽数量增长为依据。通过历年的统计分析,确定 2003 年—2010 年畜禽年增长率为 3%,2011 年—2020 年年增长率为 4%。在不考虑治理的情况下,畜禽产生的污染物进入水体的路线主要为:干圈粪尿 → 堆



肥→农田施肥→径流→地表水体;考虑到集中养殖场的不断增加,进入水体的畜禽污染负荷分别按畜禽所产生污染物总量的 1.7% (2010 年)、2% (2020 年)计算。对于由水土流失、农田施肥和底泥污染引起的污染负荷,在不考虑治理的情况下,在整个规划期限内按现状不变计。

由此可以预测得出到规划目标年流域内的污染负荷,结果如表 3 所示。

表 3 跳磴河流域污染负荷预测

Tab 3 Pollutant load prediction of Tiaodeng River basin

		t · a ⁻¹			
污染来源		COD	BOD ₅	TN	TP
2010 年	城市污水	5 441	2 641	578	48
	工业废水	1 230	454	196	49
	生活垃圾	2 854.4	285.4	57.1	11.4
	水土流失	143.32	19.11	0.96	0.19
	养殖业	143.75	60.4	12.1	4.5
	农田面源			31.6	20.8
	河流底泥	73	7.6	0.8	0.09
	合计	9 885.5	3 467.5	876.5	133.9
2020 年	城市污水	7 713	3 634	826	79
	工业废水	1 230	454	196	49
	生活垃圾	3 708.5	370.8	74.2	14.8
	水土流失	143.32	19.11	0.96	0.19
	养殖业	236.8	99.5	19.9	7.36
	农田面源			31.6	20.8
	河流底泥	73	7.6	0.8	0.09
	合计	13 104.6	4 584.9	1 149.4	171.2

2.2 环境容量分析

计算模型

跳磴河主干流全长约 26.0 km,宽为 1~8 m,其间污染源是一个大而复杂的系统,一般只考虑纵向即水流方向的浓度变化,采用一维稳态数学模型,即可获得较好的水质模拟结果。其模型表达式为:

$$Q_B = Q_A e^{-KL} + \sum_{i=1}^n Q_i e^{-KX_i} + \int_0^L q e^{-KL} dl \quad (1)$$

式中 Q_B ——下游计算断面的污染物输出, kg/d
 Q_A ——上游断面的污染物背景输入, kg/d
 Q_i ——点源 i 的污染物排放量, kg/d
 X_i ——点源 i 到下断面的距离, km
 K ——污染物的衰减速率常数, 1/km
 L ——河段长度, km
 q ——河段单位长度上的面源输入量, kg/(km · d)

由于目前跳磴河只有 2003 年的水质监测资料,

缺乏往年的水质监测资料,所以较难采用跳磴河的水质资料和污染负荷来对模型进行参数率定和验证。

根据跳磴河的流速和坡降,跳磴河属于中流速河流。参考重庆市御临河的污染物衰减系数 K ,然后用跳磴河 2003 年的水质监测资料和污染物负荷对模型进行验证,由此确定跳磴河的水质模型参数,结果如表 4 所示。

表 4 重庆市跳磴河的污染物衰减系数 K 值

Tab 4 Value of pollutant degradable coefficient

污染物种类	衰减系数 K 值
COD	0.005 4
BOD ₅	0.009 0
TN	0.003 0
TP	0.002 6

水环境容量计算

采用综合影响系数法计算水环境容量。

根据所确定的水质模型,在输入现状或规划目标年的污染负荷后,计算出下游控制断面的水质变化,有:

$$A = \frac{\Delta C}{\Delta W} \quad (2)$$

式中 A ——综合影响系数, (mg · L⁻¹) / (kg · d⁻¹)
 ΔC ——某一河段在输入该河段内的污染负荷后所引起的水质变化, mg/L
 ΔW ——该河段的污染负荷, kg/d
所以该河段水体的水环境容量为:

$$R = \frac{C_s - C_0}{A} \quad (3)$$

式中 R ——某河段内水体环境容量, kg/d
 C_s ——控制断面处水质目标规定的污染物浓度, mg/L
 C_0 ——在仅有上游来的背景负荷时,河段下游控制断面处的污染物浓度 (该值一般要小于该河段上游的污染物浓度)

这种方法将河段内的污染源情况看作一个“灰箱”系统,没有深入计算各控制断面的空间位置和对控制断面水质“贡献”的相对大小 (因为河段内的污染源是一个动态的复杂系统,难于用经典数学方法来表述),从而避免了普通影响系数法在计算单一污染源影响系数 A_i 后还要计算各污染源之间的等效水质负荷分配系数等相当繁重易错的计算过

程,并且所得的水环境容量能够更准确地反映实际情况,从而对实际的水污染控制规划更具指导意义,可操作性更强。按照跳磴河的水质目标(Ⅲ类水质标准),计算所得跳磴河的水环境容量见表 5。

表 5 跳磴河的环境容量

Tab 5 Environmental capacity of Tiaodeng River

河流名称	环境容量			
	COD	BOD ₅	TN	TP
跳磴河	800	200	50	35

主要污染物的削减目标

根据跳磴河的水环境容量和所预测的污染物负荷,可以计算出到各规划目标年的污染物削减目标,如表 6 所示。

表 6 跳磴河流域污染物削减量目标

Tab 6 Target of pollutant reduction

项 目	COD	BOD ₅	TN	TP
2010 年污染物削减目标	9 085	3 267	826	99
2020 年污染物削减目标	12 305	4 385	1 099	136

3 主要规划内容

为了完成跳磴河流域的污染物削减目标,达到总量控制的要求,规划了流域内的工程内容。

3.1 城镇污水处理

结合《重庆市总体规划》,规划在跳磴镇南的泥塘咀建设中梁山污水处理厂。污水处理规模一期(2010 年)为 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期(2020 年)为 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,建设配套污水干管 75 km。

同时,建设中梁山污水处理厂的回用水工程,与主体工程“同步设计、同步施工、同步投产”,回用水规模一期为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,建设输配水干管道 50 km。

对于工业废水要加强监督管理,全面推行排污申报登记和排污许可证制度;各企业必须保证排放的生产废水全面、稳定达标,对目前尚不能全面达标的企业要限期治理,在治理期限内还不能达标的,要实行严厉处罚或关闭,杜绝无限延期治理。坚决取缔“十五小”企业,特别要对流域内的小电镀、小染料、小油漆企业进行清理。

3.2 城镇生活垃圾处理

根据《重庆市环卫设施规划》(1996—2020),跳磴河流域各个城镇生活垃圾处理不另设垃圾处理场,而是由垃圾清运车分别运至长生桥、同兴垃圾处

理场集中处理处置,流域内主要建设垃圾收运系统。

规划在华岩镇建设华岩垃圾转运站,规模近期为 200 t/d ,远期为 250 t/d 。对流域内现有简易运行的垃圾填埋场进行封场整治。

3.3 底泥污染治理及地质灾害防治

对于跳磴河可以采用彻底清除底泥的方法对底泥污染进行整治。对现有的 24 处危岩滑坡进行治理,治理滑坡总体积为 $196.85 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

3.4 河岸防护

营造多样化的生物栖息、繁殖环境。通过抛石、木桩、人造河滩洼地、绿化护岸等措施,为生物多样性创造协调的环境。对于城镇外的河段,主要采用下部为自立挡墙、上部为斜坡护岸型护堤(如图 1 所示)。通过河岸防护带和河岸生态湿地的建设可有效拦截进入河流的面源污染,其对 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 等污染物的去除率可以高达 $40\% \sim 80\%$ [21]。

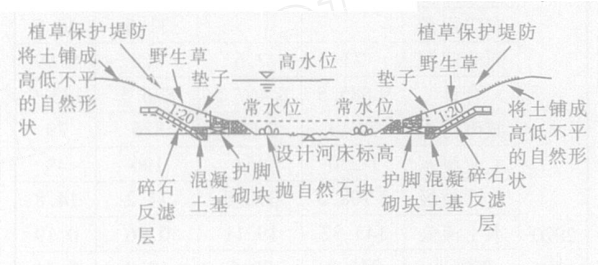


图 1 下部为自立挡墙、上部为斜坡护岸型护堤示意图

Fig 1 Dike-dam with upper self-supporting parapet and lower slope

规划在跳磴河两岸共修筑护堤长度 43.5 km,修建防护林 26 km。在跳磴河干流两岸和华岩湖护岸边建设生态湿地,共修复面积 184.4 km^2 。

3.5 生态环境建设

对流域内 25 以上的坡耕地全部退耕还林还草;对全流域现有的 55.06 km^2 的水土流失进行治理;建立科学合理的农业产业结构,推行生态农业,减小面源污染,保护和合理开发与利用水土资源。采用退耕还林还草和水土流失治理措施后,可以有效减少土壤侵蚀量 $17.25 \times 10^4 \text{ t/a}$,减少流入河流泥沙 $0.79 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。推行生态农业后,可以减少农田化肥施用量 40% 左右。

3.6 畜禽养殖污染治理

对于流域内可能出现的规模化畜禽养殖企业,其污染物处理要严格按照国家《畜禽养殖业污染物排放标准》和《污水综合排放标准》执行。对于规模

化养殖场产生的干粪 ,建议通过生化法消化、稳定、堆肥 ,然后作为有机肥用于农田施肥。

4 效益分析

通过规划措施实施后 ,可以有效控制流域内各种类型的污染 ,极大地降低跳磴河的污染负荷。表 7 为规划措施实施后跳磴河流域污染负荷削减量。

表 7 跳磴河流域污染负荷削减量

Tab 7 Prediction of pollutant load reduction after implementation of planning $t \cdot a^{-1}$

规划期限	污染削减类型	COD	BOD ₅	TN	TP
2010 年	城市污水	5 329	2 044	511	69
	城市生活垃圾	2 569	257	51	10
	水土流失	89. 6	11. 9	0. 6	0. 1
	养殖业	129. 37	54. 34	10. 87	4. 0
	农田面源			6. 5	4. 3
	河流底泥	73	7. 6	0. 8	0. 09
	河岸防护	678. 2	437. 1	118. 3	18. 4
	合计	8 868. 2	2 811. 9	699. 1	106. 0
2020 年	城市污水	8 504. 5	3942	949	116. 8
	城市生活垃圾	3 709	371	74	15
	水土流失	119	15. 9	0. 8	0. 16
	养殖业	213. 1	89. 5	17. 9	6. 6
	农田面源			6. 5	4. 3
	河流底泥	73	7. 6	0. 8	0. 09
	河岸防护	194. 6	63. 7	40. 1	11. 4
	合计	12 813. 2	4 489. 7	1 089. 1	154. 4

比较表 6、7 可以得出 ,到 2010 年污染物削减量除 TP 能够满足削减目标外 ,其余 3 个指标均不能满足削减目标要求 ,但已经相差不大 ,基本能够满足要求。到 2020 年 ,各规划措施实施后 ,各项污染物削减量均能满足削减目标的要求 ,跳磴河水质可以达到设定的水质目标 (Ⅲ 类水质标准)。

5 结论

采用流域分析方法 ,以环境容量和总量控制为主线 ,进行了重庆市跳磴河流域水污染综合治理规划 ,提出了切实可行的能够满足生态环境目标要求的水污染治理措施和生态建设内容 ,可以用于指导该流域的水污染防治和生态建设工作 ,也为经济发展及产业结构调整提供参考。

参考文献 :

[1] 翟俊 ,何强 ,夏冰雪. 水污染控制规划地理信息系统模型库的应用 [J]. 重庆大学学报 (自然科学版) , 2006, 29 (7): 134 - 137.
[2] 李睿华. 河岸混合植物带处理受污染河水中试研究 [J]. 环境科学 , 2006, 27 (4): 651 - 654

电话 : (023) 66669096
E - mail: zhaijun99@126. com
zhaijun@cqu. edu. cn
收稿日期 : 2006 - 11 - 14

· 技术交流 ·

对水库原水藻类的控制

山东东营南郊水库从 2003 年 12 月起受到相当严重的藻类污染 ,特别是夏、秋季节藻类疯长 (以绿藻为主) ,导致水的色度、浑浊度、COD、总矿化度等增大 ,有机污染加剧 ,给常规水处理带来很大困难。

藻类暴发的原因有以下几方面 : 工业废水和生活污水未经处理直接排入水体 ; 面源性的农业污染 (包括肥料、农药和动物粪便等) ; 该水库为平原水库 ,蓄水少 ,循环周期长 ,水位浅 ,为藻类提供了适宜的生存条件 ; 过量捕捞水库中鱼类破坏了水库的自然生态平衡 ,使水体的自净能力下降 ,形成恶性循环使水体的富营养化程度加大 ,从而使藻类过度繁殖。

以南郊水库为水源的自来水厂 ,通过常规工艺杀灭的藻类难以沉淀 ,造成滤池负担过重 ,一度使出水浊度偏大 ,影响出水水质。对此 ,自来水厂采取了以下有效措施 :

一是减少原水在水库中的停留时间 ,提高水库的换水率 ,使藻类来不及生长 ,同时使水库中的杂质来不及沉淀 ,保持浑浊状态 ,太阳光难以射入 ,藻类的光合作用困难 ,以此抑制藻类生长。

二是向水库中投放鱼苗。南郊水库于 2005 年 9 月 —10 月投放草鱼 5 000 尾、白鲢 5 000 尾、花鲢 15 000 尾 ,经过几个月的放养 ,藻类得到了很好的控制。

(山东东营市自来水公司 纪洪杰 于淑花 李令春)