

# 牛栏江流域水污染特征与水资源保护对策研究

谢永红, 吴秀萍

(云南省水文水资源局, 云南 昆明 650106)

**摘要:**牛栏江—滇池补水工程是滇池流域及周边地区的水资源综合利用工程,是增加滇池生态环境水量,改善滇池水资源质量的重要工程,对于保障现代新昆明建设和云南省经济社会可持续发展具有重大战略意义。然而近年的监测结果表明,牛栏江流域水资源质量有下降趋势。在以往的研究中曾提出面源污染是主要污染源。通过研究,发现牛栏江水污染物以总磷(TP)为主,且主要集中在七星桥断面以上;总磷(TP)污染主要来自于工业排放。并据此提出水污染治理的水资源保护对策。水环境治理措施和水质监测结果验证了结果的可靠性。

**关键词:**牛栏江;水质;水污染;水资源保护

中图分类号:X552

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)03-0061-05

滇池是一个具有供水、水产养殖、旅游观光、调节气候、调洪蓄水等多功能的湖泊,是维系昆明城市生态平衡的根基。由于滇池回归水的多次重复利用,水资源利用率高达161%,已远远超过水资源的承载能力,致水质恶化、蓝藻暴发不断加剧,成为国家重点治理的“三湖”之一。为了落实好国务院加大加快“三湖”综合治理要求,云南省在多次考察调研和反复论证的基础上,决定实施牛栏江—滇池补水工程。为了保障牛栏江—滇池补水工程水源区的水资源质量和水体功能,云南省和昆明市、曲靖市政府部门及水行政主管部门开展了大量工作,云南省水利厅也将牛栏江德泽以上流域作为实行最严格水资源管理的试点区域。

牛栏江系金沙江一级支流,为滇黔省际河流。河流发源于寻甸县金所乡老黄山,云南省内集水面积11426km<sup>2</sup>,河长440km,多年平均径流量49.5×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,水资源丰富。目前,牛栏江流域云南省部分水资源利用率仅为7%,且主要集中在上游,下游只有2.5%,贵州省部分更低。作为滇池生态水量的水资源量补充,牛栏江有着良好的自然条件。实施牛栏江—滇池补水工程不仅能促进改善滇池水环境,而且能够促进区域可持续发展,具有重大战略意义。工程完成后,将每年为滇池流域增加近6×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>的水资源量,工程效益得到实现的前提条件是确保补水水源达到地

表水类标准<sup>[1-2]</sup>。因此,补水水源区牛栏江流域的水资源保护和水污染防治工作将是工程效益能否顺利实现的关键。

## 1 牛栏江干流水质现状

### 1.1 水质评价结果

2010~2012年水质监测结果显示,牛栏江干流上游段水质较差,下游水质较好。德泽以上四营、石家湾、七星桥三个断面水质普遍超标,2010~2012年各断面年平均水质类别均为~劣类,主要超标项目有总磷(TP)、5d生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)及氨氮(NH<sub>3</sub>-N)等。德泽断面2010年水质较差,各水期水质类别在~劣类,主要超标项目为总磷(TP);2011年各水期水质类别均达到了类,2012年达到类。德泽以下断面2010年枯期总磷(TP)超标,2011年、2012年各水期均达标,如表1所示。综合牛栏江干流水质评价结果,总磷(TP)是影响德泽断面水质类别的主要因子。

### 1.2 各水期主要污染物沿程变化

2012年四营水文站至黄梨树水文站间牛栏江干流5d生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)等主要污染物各水期沿程变化见图1~4。从图中可看出,干流主要污染物5d生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、总氮(TN)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)均在上游段较高,且汛期浓度高于非汛期,至德泽后下降并趋于平稳;但总磷

收稿日期:2013-12-12

作者简介:谢永红(1966-),女,安徽砀山人,高级工程师,大学本科,主要从事水资源调查监测与分析评价工作。E-mail: xieyh718@sohu.com

表 1 牛栏江干流 2010~2012 年水质评价结果

Table 1 The evaluation results of the water quality of the Niulanjiang River from 2010 to 2012

断面	评价时段	2010 年	2011 年	2012 年
四营	汛期			
	非汛期			
	全年			
石家湾	汛期			
	非汛期	劣		
	全年			
七星桥	汛期	劣	劣	
	非汛期	劣	劣	
	全年	劣	劣	
德泽	汛期			
	非汛期	劣		
	全年			
小江	汛期			
	非汛期			
	全年			
黄梨树	汛期			
	非汛期			
	全年			

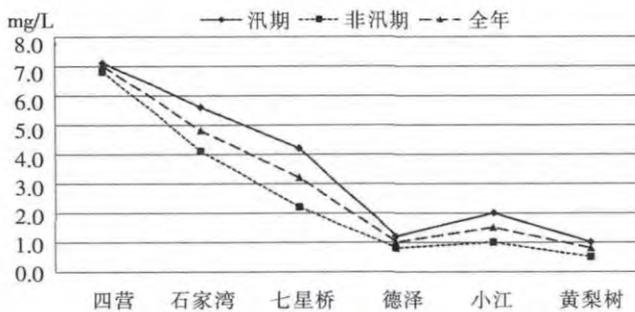


图 1 牛栏江干流 BOD<sub>5</sub> 各水期沿程变化图

Fig.1 The change of BOD<sub>5</sub> along the Niulanjiang River in the various water periods

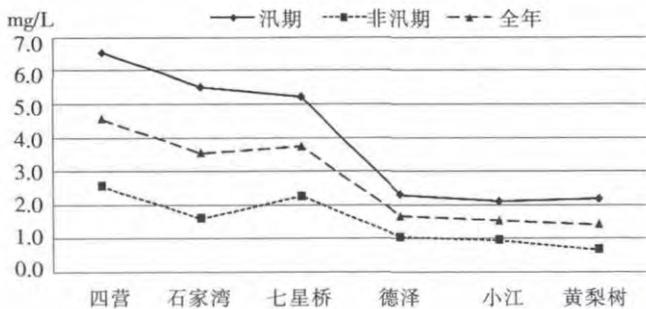


图 2 牛栏江干流总氮各水期沿程变化图

Fig.2 The change of total nitrogen along the Niulanjiang River in the various water periods

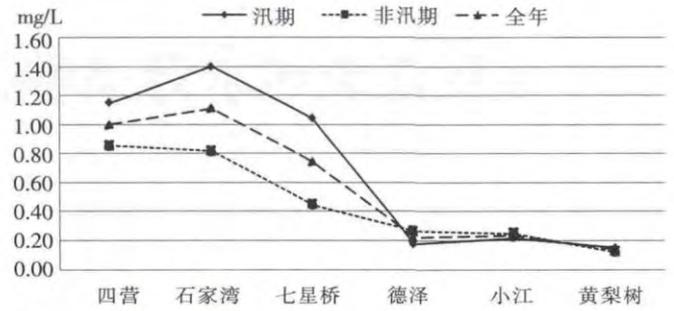


图 3 牛栏江干流氨氮各水期沿程变化图

Fig.3 The change of ammonia nitrogen along the Niulanjiang River in the various water periods

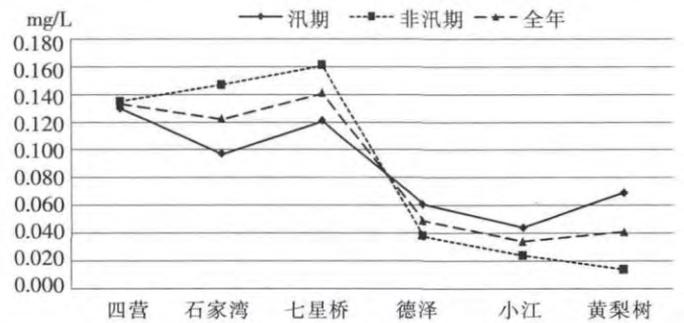


图 4 牛栏江干流总磷各水期沿程变化图

Fig.4 The change of total phosphorus along the Niulanjiang River in the various water periods

(TP)在七星桥段存在一个较高的峰值,且在上段是非汛期浓度高于汛期,至德泽以后下降。总体来看,牛栏江干流水质在四营至七星段污染较为严重,主要是由流域内嵩明、寻甸两地的工、农业污染所致。

### 1.3 总磷污染年际变化

牛栏江干流近几年总磷(TP)在牛栏江干流各主要控制断面的变化情况如图 5 所示。2009~2011 年,总

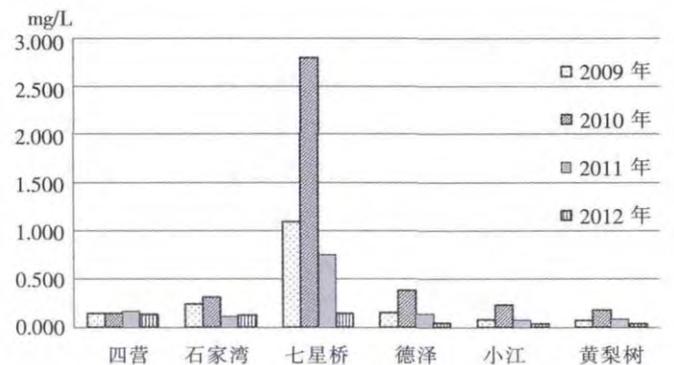


图 5 牛栏江干流总磷近年沿程变化图

Fig.5 The change of the total phosphorus along the Niulanjiang River in recent years

磷污染在七星桥断面最为突出,其年均值远高于其它断面。

由 1.1、1.2 及图 5 的分析可知,牛栏江干流总磷(TP)的污染较为突出,且总磷污染主要集中在七星桥断面。七星桥断面总磷年均值变化见图 6。图 6 显示,

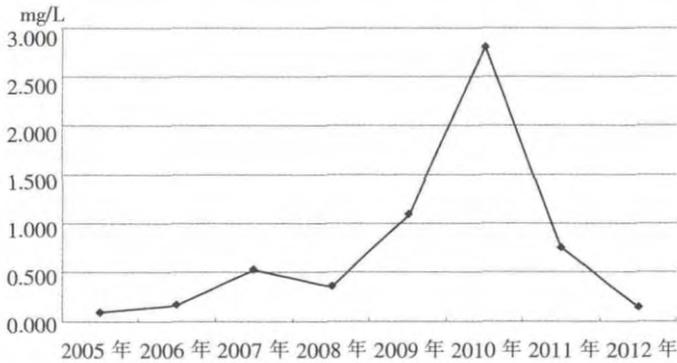


图 6 牛栏江干流七星桥断面总磷年均值变化图

Fig.6 The change of the annual average value of total phosphorus at the Qixingqiao section of the Niulanjiang River

2005~2010 年,七星桥断面总磷呈明显上升趋势,其中 2010 年总磷浓度较 2009 年增加幅度较大;2011 年、2012 年则大幅降低。

## 2 污染来源研究与分析

### 2.1 暴雨径流过程水质分析

暴雨径流污染情况与区域水土流失及农村生活面污染源密切相关。牛栏江德泽以上区域农村人口 71.58 万人,占牛栏江—滇池补水工程区涉及 6 县(区)总人口的 81.4%。工程区 6 县(区)水土现状流失面积占总面积的 52.6%,多年平均侵蚀量为  $2\ 206.01 \times 10^4 \text{t}$ ,平均侵蚀模数  $1\ 520 \text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,属水土流失重灾区<sup>[3]</sup>。

2009、2010 年对牛栏江四营、七星桥断面的暴雨径流过程水质监测结果表明,在暴雨过程中,总氮(TN)、高锰酸盐指数( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、悬浮物(SS)等指标显著增加,其中总氮(TN)最高增加 315%,高锰酸盐指数( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )最高增加 141.9%;总磷(TP)浓度则变化不明显或是有所减小。因此,牛栏江四营至七星桥段总氮、高锰酸盐指数等污染物与暴雨径流带入河流的面源污染有相关关系,而该段总磷污染与暴雨径流带入河流的面源污染则无明显相关,该河段的总磷应主要来自于流域内工业企业的废污水排放。

### 2.2 支流水质分析

监测结果表明,牛栏江下游支流水质好于上游支流,2012 年杨林河、东河、尹武河、黑滩河的水质较好,

全年各水期水质为 ~ 类;前进河的水质较差,2012 年全年各水期水质为 ~ 劣 类,主要超标项目为总磷;汇入前进河的二级支流老河、汇入马龙河的二级支流横山河和尹堡河污染较严重,主要超标项目有总磷(TP)、5 d 生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )等,其中尹堡河及前进河源头三月三水库的总磷污染突出。污染较重的支流近年水质评价结果如表 2 所示,这几条

表 2 牛栏江主要支流水质评价表

Table 2 The water quality evaluation results of the tributaries of the Niulanjiang River

断面名称	2010 年	2011 年	2012 年
三月三水库	劣	劣	劣
前进河入牛栏江口	劣	劣	
老河入前进河口	劣	劣	
聂鼠龙河入牛栏河口	劣	—	—
马龙河入牛栏江口			
横山河入马龙河口	劣	劣	劣
尹堡河入马龙河	劣	劣	劣

污染较为严重的支流均位于石家湾岔河口与七星桥断面之间。由此表明,七星桥断面的总磷污染主要来源于其上游支流。

### 2.3 牛栏江流域水污染特征和污染来源

(1)牛栏江干流下游水质好于上游,以七星桥断面污染最为严重;2003~2010 年,干流整体水质有逐步恶化趋势;2010 年较上年度水质恶化趋势较为明显;2011~2012 年水质好转。

(2)各污染指标中,以总磷(TP)污染最为突出,且总磷污染主要集中在七星桥附近河段;2010 年七星桥以下河段总磷浓度较 2009 年增加幅度较大。对暴雨径流过程的监测及对流域状况的综合分析表明,总磷污染主要来自点源污染。

(3)牛栏江一级支流以前进河、弥良河的水质最差,二级支流横山河、尹堡河、老河污染较严重。其中前进河和尹堡河总磷污染突出。

(4)德泽断面 2010 年平均水质为 类,对其水质影响较大的污染因子是总磷(TP)。2011 年以来,该断面平均水质为 至 类。

(5)牛栏江干流总磷(TP)污染主要来自于七星桥段的工业点源排放,氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、总氮(TN)、高锰酸盐指数( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )等则主要来源于流域内城镇生活污染和面源污染。

### 3 污染源调查和治理情况

#### 3.1 污染源调查

依据以上的分析结果,有的放矢地着重对前进河、马龙河等流域内含磷工业污染源开展了调查。调查结果表明,前进河上游三月三水库汇水区内有寻甸龙蟒磷化工企业的磷石膏渣场。龙蟒化工以生产饲料磷酸盐为主,产生的含磷废渣为含水量在80%以上的湿渣,弃渣场设计堆存量为 $4\ 574.64\times 10^4\text{m}^3$ ,使用期限为18年,2007年建成投入使用;现在的堆存量在 $400\times 10^4\text{m}^3$ 左右,渣场下方建有渗滤池,废渣渗滤液收集在池内,再回到厂内循环使用。但由于渗滤池及渣场管理问题,含磷废液渗入地下,再经落水洞进入三月三水库,导致前进河源头磷污染严重。聂鼠龙河流经云南常青树化工厂,该化工厂是以生产磷酸为主,产生的含磷废渣为干渣,堆存量已经超过设计堆存量,致使含磷污染物进入水体。马龙河支流尹堡河流域内建有马龙工业园区,其中有马龙产业集团生产黄磷的废渣堆场、中轻依兰集团的含磷废水排放等主要污染源。

#### 3.2 水环境治理情况

2011年以来,相关部门筛选排查了162家重点涉水企业,对磷化工、电镀、造纸、焦化等重点行业进行了整治,督促一大批企业完成了废水“零排放”改造,并淘汰、关停了20多家涉水企业。完成寻甸工业园区、杨林工业园区废水零排放工程,建成寻甸工业园区金所片区 $1\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 的污水处理厂;建成嵩明杨林工业园区 $5\ 000\text{m}^3/\text{d}$ 的污水处理厂,及 $2\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 园区循环利用节水工程。特别是在查明了流域内总磷的主要来源后,这些重点工业企业的污染状况引起当地政府部门高度重视,相关部门采取挂牌督办的方式,组成工作组进驻寻甸龙蟒磷化工有限责任公司、云南常青树化工有限公司、中轻依兰集团、马龙产业集团等重点企业,责令企业调整生产,限期实现废水零排放,整治渣场并定期观测渣场对地下水的影响。

水质监测分析结果一方面为牛栏江流域水污染治理指出了明确的方向,另一方面也及时反应了水环境治理的效果。监测结果表明,2011年以来,在目标明确地对流域内涉磷重点企业进行整治后,牛栏江干流水质明显好转,总磷浓度大幅下降。

### 4 水资源保护对策和建议

对长期的水质监测结果进行分析,牛栏江—滇池

补水工程水源区的水资源质量保护还存在一些问题,主要是干流上游及上游各支流的水质达标情况较差;流域内总磷的污染控制尚不稳定,部分断面仍有超标现象;总氮、5d生化需氧量等指标的超标现象仍较为严重。目前牛栏江沿河局部工业点源污染得到了一定控制,但流域内面源污染仍应引起重视。继续加强对工业企业的监管力度,加大农业面源和城镇生活污水的治理,是今后牛栏江流域污染防治的一项长期任务。

(1)牛栏江流域的主要面源污染主要来自城乡生活污水、垃圾和农业生产,应切实加快城镇“两污”设施建设的进度,有效整治农业面源。

(2)继续加强工业污染治理和监管,加大对流域内重点企业的环境监察及监测力度,发现问题立即限期整改,并督促落实整改措施;严格环保审批手续,有效控制工业园区污染。

(3)为了避免先污染后治理的困境,应本着科学定位、统筹规划、适度开发、可持续发展的原则制定流域、区域发展的长期规划,并同步进行环保规划、水资源利用规划等。目前,在牛栏江水环境治理及保护工作中,应加快工业产业结构调整,有效控制污染物的排放量,减轻污染压力。

(4)目前政府部门对牛栏江生态保护的扶持政策还不配套,缺乏应有的补偿政策和机制,水源区范围内的经济发展与社会矛盾较突出,群众对水源保护的积极性不高,水源稳定达标困难。应研究制定有效的生态补偿机制,根据牛栏江生态系统服务价值、生态保护成本、发展机会成本,综合调整生态环境保护和建设相关各方之间利益关系,建立生态补偿长效机制。

参考文献:

- [1] 云南省环境保护厅,云南省水利厅.牛栏江流域保护条例[Z]. 2012.1. (Yunnan Environmental Protection Bureau, Yunnan Water Resources Bureau. Niulan River Protection Regulations [Z]. 2012. (in Chinese))
- [2] 云南省环境保护厅.牛栏江流域(云南段)水环境保护规划[R]. 2010. (Yunnan Environmental Protection Bureau. Plan of water environment protection for Niulanjiang River basin (Yunnan)[R]. 2010. (in Chinese))
- [3] 云南省水利厅.牛栏江调水水源区纳污总量控制意见[R]. 2009. (Yunnan Water Resources Bureau. The opinion of controlling total quantity of pollutant in water sources area of water transfer project of Niulanjiang River [R]. 2009. (in Chinese))
- [4] GB3838-2002,地表水环境质量标准[S].(GB3838-2002, Environmental Quality Standards of Surface Water [S]. (in Chinese))

## Characteristics of Water Pollution in Nulanjiang River Basin and Countermeasures for Water Resources Protection

XIE Yonghong , WU Xiuping

(Hydrology and Resources Bureau of Yunnan Province, Kunming 650106, China)

**Abstract:** The Niulanjiang River–Dianchi Lake Water Supplement Project, as a synthetic utilization project of water resources in Dianchi Lake basin and surrounding areas, is crucial for increasing the ecological and environmental water supplement and improving the quality of water resources in Dianchi Lake. As a consequence, this project plays a great strategic role in ensuring the construction of the new Kunming city and the economic and social sustainable development of Yunnan Province. But the monitoring results of recent years suggest that the quality of water resources in the Niulanjiang River has entered in a downtrend. Non–point source pollution has been considered as the major pollution sources in previous studies. This research shows that the major pollutant in the Niulanjiang River is total phosphorus, which mainly comes from the industrial discharge, most being found at the Qixingqiao Section. And based on the research, this paper also proposed some water resources protection countermeasures to control the water pollution. The reliability of the conclusion has been proved by the result of water environment governance measures and water quality monitoring.

**Key words:** Niulanjiang River; water quality; water pollution; water resources protection

(上接第 16 页)

- [9] Lohmann, D., R. Nolte Holube, E. Raschke. A large–scale horizontal routing model to be coupled to land surface parameterization schemes[J]. *Tellus*, 1996, 48A:708–721.
- [10] SL250–2000, 水文情报预报规范 [S]. (SL250–2000, Standard for Hydrological Information and Hydrological Forecasting [S]. (in Chinese ))
- [11] Skamarock W C, Klemp J B, Dudhia Jimy, et al. A Description of the Advanced Research WRF (Version 2) [Z]. NCAR Tech. Note NCAR/TH – 486 +STR, 2005.
- [12] James Donel, C.A. Davis, M. Weisman. The next generation of NWP: explicit forecasts of convection using the weather research and forecasting (WRF) model [J]. *Atmospheric Science Letters*, 2004, 5 (6):110–117.
- [13] 章国材. 美国 WRF 模式的进展和应用前景[J]. *气象*, 2004, 30(12):27–31. (ZHANG Guocai. Progress of weather research and forecast (WRF) model and application in the United States [J]. *Meteorological Monthly*, 2004, 30(12):27–31. (in Chinese ))

## A Coupled Atmospheric–Hydrological Modeling System and Its Application for Three Gorges Reservoir Region

PENG Yan<sup>1,2,3</sup>, ZHOU Jianzhong<sup>1</sup>, JIA Meng<sup>1</sup>, ZENG Xiaofan<sup>1</sup>, TANG Zaozao<sup>2,3</sup>

(1. School of Hydropower & Information Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;

2. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510635, China;

3. Guangdong Emergency Technical Research Center for Mountain Torrent Disaster Events, Guangzhou 510635, China)

**Abstract:** As to get longer flood lead–time and greater accuracy, VIC (Variable Infiltration Capacity) model for Three–Gorge Reach basin was calibrated and validated, then the high–resolution numerical atmospheric WRF (Weather Research and Forecasting) model was one–way coupled to the VIC model after temporal–spatial scale transformation in this paper. Choosing four floods as forecast experiment, the results show that WRF performs reasonably well in short–term quantitative precipitation forecast and the VIC model using WRF precipitation and temperature showed a good result of flood timing and peak discharges in the prediction of the Three Gorges Reservoir inflow.

**Key words:** coupled atmospheric–hydrological modeling system; VIC distributed hydrological model; WRF meteorological model; Three Gorges Reservoir region; flood forecasting