

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2023.20230145

梯级调度影响下河段动态纳污能力变化 及其水文过程响应

闫峰陵, 樊 皓

(长江水利委员会长江水资源保护科学研究所, 湖北 武汉 430051)

摘要: 设计水文条件是影响水域纳污能力的重要因素, 水电工程建设一般会显著改变河流原有水文过程。根据金沙江攀枝花河段水功能区划及水质目标, 采用二维水动力、水质模型计算梯级建设前后 COD、氨氮动态纳污能力, 分析纳污能力受梯级开发的影响程度及其与相关水文要素的响应关系。结果表明, 梯级建成后, COD、氨氮各月纳污能力分别减小 5.2%~27.8%、3.8%~41.2%, 枯水期减小幅度大于丰水期; 各水文要素中, 岸边流量与纳污能力变化趋势基本一致, 利用梯级建设前后二者变化量进行相关分析, 氨氮纳污能力变化量与岸边流量变化量显著相关, COD 纳污能力变化量与岸边流量变化未表现出明显线性相关性。

关键词: 金沙江; 水电梯级; 动态纳污能力; 水文过程

中图分类号: TV213; X524

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2023)08-0039-04

1 概况

金沙江攀枝花河段自观音岩水电站坝址至乌东德水电站库尾, 河道全长约 57 km, 落差约 38 m, 区间汇流面积 $13.21 \times 10^4 \text{ km}^2$, 纵向坡降 0.69%。河段内金沙江由西至东贯穿攀枝花市主城区, 雅砻江汇口以下流向为由北向南。雅砻江汇入前, 河段多年平均流量 $1870 \text{ m}^3/\text{s}$, 雅砻江汇入后为 $3660 \text{ m}^3/\text{s}$ 。涉及金沙江攀枝花河段的水电梯级自上至下有观音岩水电站、金沙水电站、银江水电站及乌东德水电站。其中, 观音岩水电站为周调节, 金沙、银江水电站为日调节, 乌东德为季调节水电站。根据国务院批准的《全国重要江河湖泊水功能区划(2010~2030)》, 金沙江攀枝花河段共划分了金沙江滇川 2 号缓冲区、金沙江攀枝花开发利用区两个水功能一级区, 开发利用区包括 12 个水功能二级区, 即 5 个饮用水源区、5 个工业用水区、1 个过渡区和 1 个排污控制区。受梯级水电调度影响, 该河段纳污能力与天然状态有很大差别。水域纳污能力受水文过程和其他自然因子影响, 具有明显的动态特征^[1]。针对纳污能力或水环境容量的动态特征研究较多, 动态纳污能力研究的最终目的要落实到水功能区管理

上, 这要求对水域纳污能力在时间和空间上的分配具有可操作性, 从而以动态纳污能力为依据控制入河排污量。在受水电梯级调度影响河段, 其水文过程与自然条件下显著不同, 呈年、月甚至日等周期性变化, 这与污染源排放的波动特征存在一致性。此外, 水力学条件的变化导致污染带的分布发生较大变化, 水文要素将直接影响纳污能力、污染物随时间的变化规律^[2]。因此, 基于水文过程影响的动态纳污能力, 研究制定更切合实际的污染负荷控制依据十分必要^[3]。本文采用二维水动力、水质模型, 研究动态水文条件下金沙江攀枝花河段纳污能力对水电梯级调度响应过程, 以期为梯级水电生态调度及水电开发影响区内水环境保护措施制定提供理论依据。

2 动态纳污能力计算

2.1 计算范围及计算指标

计算范围为金沙江攀枝花河段自观音岩水电站坝址至乌东德水电站库尾(三堆子水文站)共 57 km 的河段。按《全国水资源保护规划》及四川省“三线一单”中相关要求, 结合研究河段特征, 选取 COD 和氨氮作为水域纳污能力的计算指标。

收稿日期: 2023-02-07, **修回日期:** 2023-03-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41301285); 水利部公益性行业科研专项(201001006)

作者简介: 闫峰陵(1980-), 男, 博士、正高级工程师, 研究方向为水文水资源、水环境, E-mail: 151499454@qq.com

通讯作者: 樊皓(1985-), 男, 硕士、高级工程师, 研究方向为水资源保护, E-mail: fanhaoh@163.com

2.2 计算模型与方法

按《水域纳污能力计算规程(GB/T 25173-2010)》^[4],研究河段应采用二维对流推移方程来计算纳污能力。该方法适用于将河段内多个排污口概化在 $L/2$ 处,相当于一个集中点源,控制断面为功能区出口断面。

二维水质模型对流扩散方程为:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left(E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) - kC \quad (1)$$

式(1)在稳态、点源连续排放时的解析解为:

$$C(x, z) =$$

$$\left[C_0 + \frac{m}{uh \sqrt{\pi E_z x/u}} \exp\left(-\frac{u}{4x} \frac{z^2}{E_z}\right) \right] \exp\left(-k \frac{x}{u}\right) \quad (2)$$

当 $z=0$ 时可得:

$$C(x, 0) = \left(C_0 + \frac{m}{uh \sqrt{\pi E_z x/u}} \right) \exp\left(-k \frac{x}{u}\right) \quad (3)$$

式中, u 为设计流量下混合区内纵向平均流速, m/s ; $C(x, 0)$ 为上距排污口 x m 的控制断面岸边 ($z=0$) 污染物浓度, mg/L ; E_z 为横向扩散系数, m^2/s ; k 为河段污染物综合衰减系数, s^{-1} ; C_0 为背景断面的水质浓度, mg/L ; m 为排污口污染物排放速率, g/s ; h 为设计流量下混合区起始断面平均水深, m 。

水域纳污能力 M 为:

$$M = \frac{C_s - C_0 \exp(-kL/u)}{\exp[-kL/(2u)]} h \sqrt{\frac{\pi E_z u L}{2}} \quad (4)$$

式中, C_s 为水功能区目标浓度, mg/L ; L 为水功能区长度, m 。

2.3 计算水文条件

金沙江攀枝花河段在梯级建设运行后,河段水动力条件将发生显著改变,为准确给出给水功能区水深及岸边流速,采用 MIKE21 水动力二维模型进行模拟计算。基于 1:2 000 实测地形图,生成水下地形文件(图 1)。为尽可能准确模拟排污口位置的水动力情况,模型计算采用三角网格与矩形网格(排污口位置)相结合的方式,研究区共划分 24 658 个网格,计算节点 25 205 个。水动力模型计算时间步长 60 s,每个流量计算时长为 3 d,直到计算稳定为止。计算水文条件见表 1。

2.4 计算参数

污染物综合衰减系数 K 值是反映污染物在输移过程中受水力、物理、化学、生物等多因素综合影响的重要参数,也是计算水体纳污能力的重要参数。该系数常用野外两点测定方法确定^[5]。

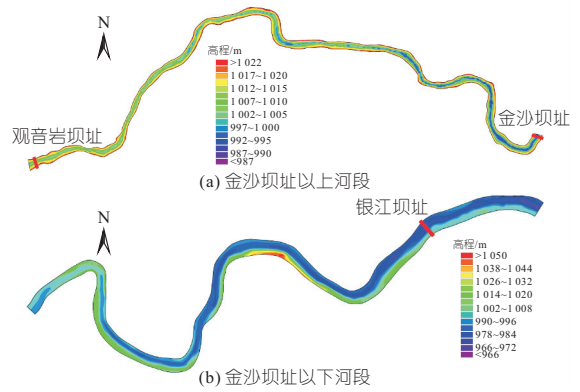


图 1 金沙江攀枝花河段水下地形

Fig. 1 Terrain of Jinshajiang Panzhihua reach

表 1 水文计算条件

Tab. 1 Hydrologic conditions

月份	上边界流量		梯级建成前下边界水位			梯级建成后下边界水位		
	攀枝花站	三堆子站	金沙坝址	银江坝址	三堆子	金沙坝址	银江坝址	三堆子
1	658	1 220	996.1	980.9	972.4	1 022.0	998.5	975.3
2	579	1 060	995.8	980.6	972.6	1 022.0	998.5	975.9
3	564	1 030	995.7	980.5	972.6	1 022.0	998.5	974.8
4	700	1 230	996.2	981.0	972.7	1 022.0	998.5	975.2
5	1 070	1 920	997.5	982.0	974.4	1 022.0	998.5	976.7
6	1 920	4 190	999.7	983.5	975.9	1 022.0	998.5	976.9
7	3 750	7 580	1 003.3	986.1	979.1	1 022.0	998.5	979.1
8	4 460	8 190	1 004.5	986.8	977.9	1 022.0	998.5	978.3
9	4 050	8 110	1 003.8	986.4	978.4	1 022.0	998.5	979.6
10	2 440	5 030	1 000.9	984.4	975.1	1 022.0	998.5	977.6
11	1 300	2 570	998.0	982.5	973.9	1 022.0	998.5	976.3
12	844	1 630	996.7	981.4	972.6	1 022.0	998.5	975.2

注:流量、水位单位分别为 m^3/s 、 m 。

计算公式为:

$$K = \frac{V}{X} \ln \frac{C_A}{C_B} \quad (5)$$

式中, V 为实测河段平均流速, m/s ; X 为计算长度, m ; C_A 、 C_B 分别为实测河段上、下断面污染物浓度, mg/L 。

根据金沙江攀枝花江段多年水质监测资料,选择 2008~2021 年龙洞至格里坪(金沙库区河段)、攀枝花水文站至倮果(银江库区河段)、雅砻江口至三堆子(乌东德库尾河段)断面水质资料估算综合衰减系数 K 的初始值。经率定,金沙、银江、乌东德建成后攀枝花河段 COD K 值在 $0.01 \sim 0.015 d^{-1}$ 之间,氨氮 K 值在 $0.008 \sim 0.01 d^{-1}$ 之间,见表 2。

表 2 污染物综合衰减系数 K

Tab. 2 Values of degradation coefficient $K d^{-1}$

河段	梯级建成前		梯级建成后	
	COD	氨氮	COD	氨氮
金沙库区河段	0.060	0.048	0.010 5	0.008 0
银江库区河段	0.064	0.053	0.012 4	0.009 3
乌东德库尾河段	0.051	0.045	0.010 1	0.007 8

河流的横向扩散系数受河流自然特征影响, 与河道水深、河道弯曲性、河岸开发利用程度等密切相关^[6]。横向扩散系数 E_z 推求方法较多, 鉴于攀枝花河段在梯级开发后仍呈较显著的河流特性, 且河道宽度与深度的比 $B/H \leq 100$, E_z 值采用泰勒 (Taylor) 法推求, 经估算 E_z 值范围约为 $0.38 \sim 0.71 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

3 结果与分析

3.1 梯级开发前后纳污能力对比分析

考虑到攀枝花河段水功能区类型特征, 在金沙、银江库区分别选取 2 个水功能区 (饮用水源区、工业用水区各 1 个) 为典型, 分析动态水文条件下的纳污能力分布规律及其受梯级开发的影响程度。计算结果见图 2。由图 2 可知, 河段梯级开发前后, 纳污能力年内变化过程均与水文过程的变化趋势保持一致。丰水期 6~10 月纳污能力较大, 各功能区 COD 丰水期纳污能力是枯水期的 1.3~2.5 倍, 氨氮丰水期纳污能力达枯水期的 2.3~5.6 倍。

对比河段梯级开发前后的纳污能力, 水电梯级建成后河段被渠化, 流速显著减缓, 水功能区动态纳污能力均呈减小趋势。梯级建成前后, 各水功能区 COD 各月动态纳污能力从建库前的 334.7~4 803.2 t/a 降到建库后的 273.5~4 290.2 t/a, 减幅为 5.2%~27.8%; 氨氮各月动态纳污能力从建库前的 42.9~851.2 t/a 降到建库后的 30.6~807.2 t/a, 减幅为 3.8%~41.2%。梯级建成后, 河道流态变化显著, 但丰水期上游来水流量大, 水动力条件变化相对于枯水期要弱, 流速减缓程度也相对较低, 岸边流量并未显著减小, 因此纳污能力降幅也不如枯水期显著。据计算, 各功能区枯水期 11 月~翌年 5 月纳污能力减幅较大, COD、氨氮纳污能力减幅分别在 20%、35% 左右; 丰水期 6~10 月纳污能力减幅相对较小, 在 10% 左右。

3.2 动态纳污能力与水文要素响应关系

梯级电站建成后, 库区水体体积增加, 稀释能力增强, 总体呈有利于纳污能力增加的趋势。水库运行又导致水体流速变缓, 水体自净能力降低, 纳污能力又呈降低趋势, 可见库区水动力学条件变化导致污染带的分布发生较大变化, 也是影响纳污能力的因素之一^[7]。由式(4)可看出, 影响水域纳污能力的水动力参数主要为流速和岸边。据统计, 水电梯级建成后, 4 个典型水功能区不同月份岸边流速减小了 32.3%~81.8%, 成库后流速减缓显著, 岸边水深则增加了 9.5%~37.5%。

为进一步研究纳污能力变化与岸边流速、水深的相关性, 以建库前后岸边流速变化 ΔU 、岸边水深变化 ΔH 为自变量, 以动态纳污能力变化 ΔM 为因变量, 进行多元回归分析, 回归分析结果见表 3。

表 3 攀枝花河段梯级开发前后纳污能力变化 ΔM 与岸边流速变化 ΔU 、岸边水深变化 ΔH 的回归分析

Tab. 3 Regression analysis of dynamic change for permissible pollution bearing capacity and variation of near-bank velocity and depth response to cascade development

自变量	与 COD 纳污能力变化 ΔM 的回归分析		与氨氮纳污能力变化 ΔM 的回归分析	
	回归系数	P 值	回归系数	P 值
ΔU	0.245	<0.010	1.013	<0.01
ΔH	-0.042	0.725	0.675	<0.01

注: 置信度为 99%。

由表 3 可知, COD 纳污能力变化 ΔM 与 ΔU 、 ΔH 的相关系数为 0.71, 氨氮纳污能力变化 ΔM 与 ΔU 、 ΔH 的相关系数为 0.98, 均通过了 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。从回归系数来看, 对因变量 ΔM 来说, ΔU 的回归系数均大于 ΔH , 说明 ΔU 对 ΔM 的影响较大。从 t 统计量的 P 值来看, ΔU 的 P 值均小于显著性水平 0.01, 表明 ΔU

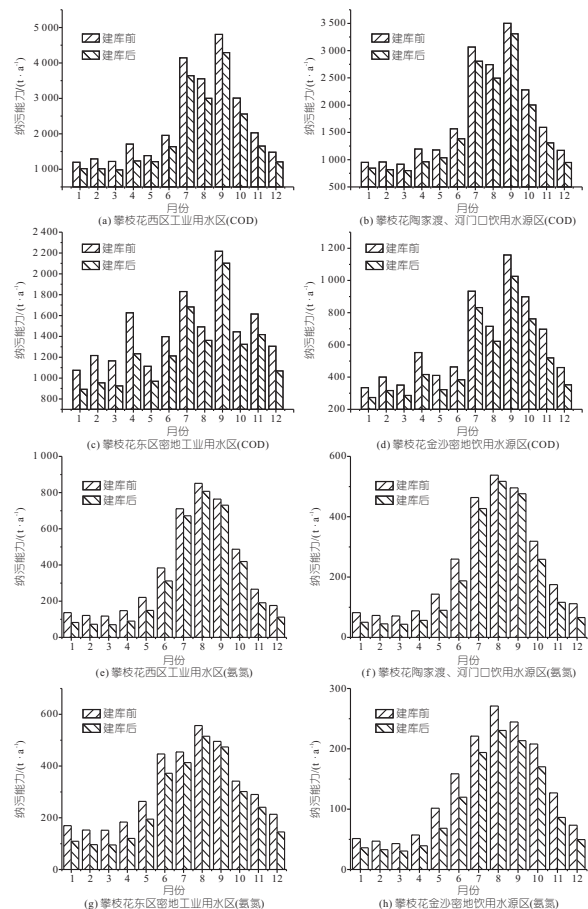


图 2 梯级开发前后典型水功能区纳污能力 (COD、氨氮)
Fig. 2 Permissible pollution bearing capacity of typical water function zone before and after cascade development

与 ΔM 的相关性显著。在 COD 纳污能力的回归分析中, ΔH 的 P 值大于显著性水平 0.01, 表明 ΔH 与 COD 动态纳污能力变化 ΔM 的相关性较差。可见, 就岸边水深、流速对纳污能力影响的趋势来看, 研究河段 COD、氨氮纳污能力的减小主要来自于建库后流速减缓的影响。

从河道二维纳污能力计算公式分析, 在给定 C_0 、 C_s 、 K 、 L 、 E_z 条件下, 纳污能力 M 为岸边流速 u 和岸边水深 h 的函数, 即 $M = f(u, h)$ 。 M 分别对 h 、 u 求导可知:

$$\frac{dM}{dh} = \frac{C_s - C_0 \exp(-kL/u)}{\exp[-kL/(2u)]} \sqrt{\pi E_z u L / 2} \quad (6)$$

$$\frac{dM}{du} = \frac{-C_0 k L \exp(-\frac{3kL}{2u}) - C_s k L \exp(-\frac{kL}{u})}{2u^2} \cdot$$

$$h \sqrt{\pi E_z u L / 2} + \left(C_s \exp[kL/(2u)] - C_0 \exp\left(-\frac{kL}{2u}\right) \right) \frac{h}{2} \sqrt{\frac{\pi E_z L}{2u}} \quad (7)$$

一般地, $dM/dh > 0$, 即随岸边水深 h 的增加, 纳污能力 M 是递增的。而 dM/du 是大于 0 或小于 0 则取决于 u 的分段取值及 C_0 、 C_s 的大小关系, 即纳污能力 M 不是岸边流速 u 的单调函数。因此, 考虑岸边流速 u 、岸边水深 h 变化对纳污能力的叠加影响, 提出以岸边流量 $Q = f'(\mu, h)$ 为综合指标, 定量分析梯级开发后动态纳污能力 M 对岸边流量 Q 变化的响应。结合研究河段河谷地形特征, 将水功能区范围内覆盖的河谷概化为三角形, 则 $Q = f'(\mu, h) = \mu B h / 2$ 。对于特定的水功能区, 其宽度是定值; 在对应设计流量工况下, 特定的水功能区范围内平均水深也是一个定值, 但自上而下, 不同水功能区水深、流速还是存在差异。此时, 式(4)可改写为:

$$M = \frac{C_s - C_0 \exp(-kL/u)}{\exp[-kL/(2u)]} h \sqrt{\frac{\pi E_z u L}{2}} = \frac{C_s - C_0 \exp(-kL/u)}{\exp[-kL/(2u)]} Q' \quad (8)$$

式中, Q' 为水功能区范围内岸边总流量, 即除河道内水量, 还包括入河排污口水量, 考虑攀枝花河段流量较大, 一般忽略废污水排放量, 则 Q' 与 Q 相等。

由式(8)可看出, 研究河段水域纳污能力与 Q 为单调函数关系, 但也与水功能区控制断面水质及上游来流水质相关。由于 COD、氨氮浓度量级的差异, $C_s - C_0 \exp(-kL/u)$ 体现出的差异使氨氮随岸边流量变化更敏感。

以建库前后岸边流量变化 ΔQ 和动态纳污能力变化 ΔM 为分析指标, 对 4 个典型水功能区 12 个月的变化情况进行相关分析(图 3)。COD 动态纳污能力变化与岸边流量变化并无明显的线性相关关系, 氨氮动态纳污能力对岸边流量变化的响应关系明显, 两者的确定性系数丰水期达到 0.8 以上, 进一步印证了本文已有结论。

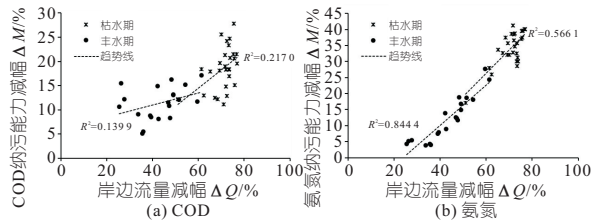


图 3 不同水期动态纳污能力变化与岸边流量变化相关关系
Fig. 3 Relationship between variation value of permissible pollution bearing capacity and near-bank discharge

4 结论

- a. 通过数值模拟计算确定水功能区岸边流速、水深等主要参数后, 计算攀枝花河段水电梯级建成后的水域纳污能力, 发现各水功能区动态纳污能力呈减小趋势, 且丰水期减幅小于枯水期。
- b. 结合研究河段特征, 对河槽形状进行概化处理, 水域纳污能力为岸边水深的单调递增函数, 能在一定程度上准确反映影响纳污能力变化趋势的主要水文要素, 可为同类区域水污染控制和水环境精细化管理提供科学依据。

参考文献:

[1] 赵鑫, 黄苗, 李青云. 我国现行水域纳污能力计算方法的思考[J]. 中国水利, 2012(1): 29-32.

[2] 朱党生, 王超, 程晓冰. 水资源保护规划理论及技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.

[3] 周刚, 雷坤, 富国, 等. 河流水环境容量计算方法研究[J]. 水利学报, 2014, 45(2): 227-234.

[4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 水域纳污能力计算规程: GB/T 25173-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[5] 赵艳锋, 武宏娟, 康佳琪. 汾河柴庄段典型污染物衰减系数试验研究[J]. 水科学与工程, 2022(2): 6-9.

[6] 张永勇, 陈军锋, 夏军, 等. 温榆河流域闸坝群对河流水质影响分析[J]. 自然资源学报, 2009, 24(10): 1697-1705.

[7] 王晓青, 郭劲松. 三峡水库蓄水后小江水环境容量的变化[J]. 环境科学研究, 2012, 25(1): 36-42.

高;2060年后降水显著增加,2050年后气温显著升高。其中澜沧江、怒江、伊洛瓦底江、红河为国际河流,属于敏感区,研究结论有重要价值。下一步拟围绕提升模拟预测能力开展研究。

参考文献:

[1] 翟盘茂,周佰铨,陈阳,等. 气候变化科学方面的几个最新认知[J]. 气候变化研究进展, 2021, 17(6): 629-635.

[2] 匡舒雅,周泽宇,梁媚聪,等. IPCC第六次评估报告第二工作组报告解读[J]. 环境保护, 2022, 50(9): 71-75.

[3] 张建云. 气候变化对国家水安全的影响及减缓适应策略[J]. 中国水利, 2022(15): 3-5, 14.

[4] 吴鹏,谷星月,王朋岭. 中国气候变化蓝皮书(2022)发布[N]. 中国气象报, 2022-08-04(001).

[5] 郝文龙,宋弘东,朱长军,等. 变化环境下非一致性

极端水文事件的模拟及预测[J]. 水电能源科学, 2022, 40(6): 58-62.

[6] 刘锋,薛联青,魏光辉. 基于CMIP5的塔里木河流域未来降水模拟及响应分析[J]. 水电能源科学, 2022, 40(3): 5-8, 148.

[7] 谢子琪,袁飞,周梦瑶,等. 集合CMIP6多气候模式的南水北调中线工程水源区径流预估[J]. 水电能源科学, 2022, 40(7): 19-22, 9.

[8] 智协飞,彭婷,李刚,等. 多模式集成的概率天气预报和气候预测研究进展[J]. 大气科学学报, 2014, 37(2): 248-256.

[9] 张恒德,张庭玉,李涛,等. 基于BP神经网络的污染物浓度多模式集成预报[J]. 中国环境科学, 2018, 38(4): 1243-1256.

[10] 李晓蕾,王卫光,张淑林. 基于CMIP6多模式的长江流域未来降水变化趋势分析[J]. 中国农村水利水电, 2022(3): 1-7, 12.

Prediction of Climate Change Trend in Six River Basins in Yunnan Province Based on CMIP6 Models

LIU Zhi-tian, HU Xian-qun, ZHU Yan-xia, YANG Cao-jing, ZHANG Xiao-tan, ZHOU Feng, GAO Chao

(PowerChina Kunming Engineering Corporation Limited, Kunming 650051, China)

Abstract: Based on the monthly data of precipitation and average temperature from 36 reference meteorological stations in the six basins in Yunnan Province, 11 climate models published by CMIP6 were used to simulate and predict the change process of meteorological elements in six basins. Three model integration technologies were used to improve the simulation ability and evaluate the suitability of each model and integration method. The optimal method was chosen to predict the possible trend of climate change in six basins under the scenario of SSP2-4.5 in the future. The results showed that precipitation and temperature would increase gradually in the near, middle and long term in the six basins of Yunnan Province. Precipitation might increase significantly after 2060, and temperature might increase significantly after 2050.

Key words: six river basins in Yunnan Province; CMIP6 models; climate change; trend prediction

(上接第 30 页)

Impact of Three Gorges Reservoir Operation on Channel Development of Bailuoji Reach

LI Si-xuan, XIAO Hua, YUAN Jing, BI Hong-wei

(Hydrology Bureau, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: Flow and sediment are the driving force and material basis for shaping the riverbed. The process of flow and sediment changed by the operation of Three Gorges Reservoir leads to severe riverbed adjustment downstream of the dam. This paper selects the straight-braided channel-Bailuoji as typical which locates in the middle reaches of the Yangtze River, and analyzes the channel development characteristics from perspectives of channel storage capacity, beach-trough scouring and silting and branch channel diversion capacity variation after the impoundment of the Three Gorges Reservoir. Combined with the change in the duration of floods above the channel forming discharge, the impact of the flow process change on the development of the Bailuoji Reach is quantitatively calculated. The results show that in recent years, the channel storage capacity of the Bailuoji reach has increased and scouring mainly locates in the low-flow channel. The right branch is the main branch and the diversion ratio has increased under the low-discharge. The flow and sediment conditions after the impoundment of the Three Gorges Reservoir can maintain the development of the main branch of the Bailuoji reach. Compared with the flow process without reservoir regulation and storage, the duration of high flow above the channel forming discharge is relatively shortened under the current dispatching mode, the total amount of erosion in the Bailuoji reach is relatively small and the diversion ratio of the right branch is slightly reduced. The research results can provide reference for middle-small flood dispatch of Three Gorges Reservoir.

Key words: Three Gorges Reservoir; river development; Bailuoji reach; channel forming discharge

(上接第 42 页)

Changes of Dynamic Permissible Pollution Bearing Capacity and Hydrological Processes Response Under Influence of Cascade Scheduling

YAN Feng-ling, FAN Hao

(Changjiang Water Resources Protection Institute, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430051, China)

Abstract: As an essential influencing factor of permissible pollution bearing capacity, hydrological condition was changed significantly due to hydropower cascade development. According to the water functional division and water quality control target in Panzhuhua reach of Jinsha River, the variation of dynamic permissible pollution bearing capacity (COD, NH₃-N) with hydropower cascade development were calculated depending on 2-D hydrodynamic and water quality models. Furthermore, response relationship between permissible pollution bearing capacity and hydrological factors was established to evaluate the effect of hydropower cascade. The results show that the dynamic permissible pollution bearing capacity of COD and NH₃-N decreased by 5.2%-27.8% and 3.8%-41.2%, respectively, and its decreased range was found to be more evident in dry season. The variation trend of permissible pollution bearing capacity and near-bank discharge was similar for different conditions. Simple coefficients between the variation of near-bank discharge and permissible pollution bearing capacity were calculated. However, a significant correlation was found with permissible pollution bearing capacity of NH₃-N only.

Key words: Jinsha River; hydropower cascade; dynamic permissible pollution bearing capacity; hydrological processes