

# 金沙江流域水量调度方式研究

李一鸣, 徐雅迪, 王天宇\*

长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年5月8日; 录用日期: 2025年6月11日; 发布日期: 2025年8月26日

## 摘要

为强化金沙江流域水资源统一调度与管理, 维护金沙江水资源持续利用, 本文通过建立金沙江水量调度模型, 对流域内主要水工程开展不同来水频率下月径流调节计算, 根据不同频率下金沙江流域最下游梯级向家坝水电站最小下泄流量满足程度, 提出了在不同来水条件下金沙江流域主要水工程以及河道外取水工程水量调度建议方式。对于保障流域重要控制断面最小下泄流量达标, 促进金沙江流域经济社会高质量发展和生态环境改善具有重大意义。

## 关键词

水量分配, 水量调度, 金沙江流域, 最小下泄流量

# Study on Water Allocation Method in Jinsha River Basin

Yiming Li, Yadi Xu, Tianyu Wang\*

Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan Hubei

Received: May 8<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jun. 11<sup>th</sup>, 2025; published: Aug. 26<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

To enhance the unified scheduling and management of water resources and ensure the sustainable use of water resources in the Jinsha River Basin, this paper establishes a water volume scheduling model for the Jinsha River. It conducts monthly runoff regulation calculations for major water projects within the basin under various inflow frequencies. Based on the minimum discharge flow requirements of the Xiangjiaba Hydropower Station at the lowermost cascade of the Jinsha River Basin under different frequencies, the paper proposes water volume scheduling recommendations for major water projects and external water

作者简介: 李一鸣(1991年10月-), 男, 湖北宜昌人, 硕士研究生, 工程师, 从事水资源调度工作, Email: 279968361@qq.com

\*通讯作者 Email: 845812039@qq.com

文章引用: 李一鸣, 徐雅迪, 王天宇. 金沙江流域水量调度方式研究[J]. 水资源研究, 2025, 14(4): 398-405.

DOI: 10.12677/jwrr.2025.144043

intake projects in the basin under different inflow conditions. Ensuring that the minimum discharge flow at key control sections meets the standards is crucial for promoting high-quality economic and social development and environmental improvement in the Jinsha River Basin.

## Keywords

Water Allocation, Water Scheduling, Jinsha River Basin, Minimum Discharge Flow

Copyright © 2025 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

金沙江纵贯青藏高原生态屏障区与云贵川复合地质构造带,流域面积逾 50 万 km<sup>2</sup>,全长逾 3500 km。作为国家战略级清洁能源走廊核心区域,也是国家重大跨流域调水工程战略水源储备区,流域内梯级水库群形成的防洪体系在长江治理与保护中占有极其重要地位。

许多专家和学者对金沙江流域的防洪和梯级水库联合调度,开展了广泛而深入的研究。如荆柱等人提出了不同来水条件下金沙江下游梯级水库群协同防洪调度的具体策略,可在确保防洪安全的前提下提升水库群汛期发电效益[1];周研来等人开展了金沙江下游梯级水库汛期运行水位协同浮动调度研究,有效提高了洪水资源利用水平[2];黄可等人构建川渝河段梯级水库防洪调度效果评价模型,综合考虑防洪和兴利效益,评估不同来水频率和不同起调水位的梯级水库防洪调度效果[4];马皓宇等以梯级发电量最大为目标,构建了金下四库蓄水期联合优化调度模型[3]。上述研究大多集中在金沙江流域防洪、发电方面,对于流域水量统一调度研究涉及较少。因此,本文以金沙江流域为研究对象,建立了流域水量调度体系,以流域控制断面最小下泄流量、各省(自治区)水量分配情况为主要边界条件,流域主要水库、引调水工程为调度对象,通过构建水量调度模型,开展不同来水频率下径流调节计算,提出了流域一般情况和特殊情况下水量调度方式,以期为金沙江流域年度水量调度计划编制和流域水量调度管理实践提供技术支撑。

## 2. 水量调度体系

### 2.1. 水量调度范围

本次研究范围包含青海、西藏、四川、云南、贵州五省(自治区)。由于金沙江一级支流牛栏江已经单独编制了水量调度方案,因此牛栏江流域主要水库和引调水工程不纳入本次研究范围,仅将牛栏江流域涉及的云南、贵州两省分配水量包含在本研究方案中。

### 2.2. 主要水利工程情况

纳入金沙江流域水量调度管理对象主要为 2030 年之前可以建成并发挥效益、对省际和流域用水以及控制断面管控指标保障程度影响较大的水工程,主要包括干支流水利水电工程以及引调水工程。干流主要水利水电工程包括叶巴滩、苏洼龙、梨园、阿海、金安桥、龙开口、鲁地拉、观音岩、乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝等 17 座;支流主要水利水电工程包括两河口、锦屏一级、二滩、大桥、小三峡、湾滩,横江及其支流的杨柳滩、大鱼孔、张窝、云贵桥、熊家沟水电站等 27 座;主要引调水工程包括滇中引水工程、向家坝灌区工程 2 项。本次选取金沙江流域主要水利工程为研究对象,以向家坝断面最小下泄流量管控指标为目标,对流域进行水量调度研究。

3. 水量分配与下泄流量

3.1. 水量分配方案

根据《金沙江流域水量分配方案》和流域内相关省级行政区用水总量控制指标分解等成果，多年平均情况下，2030 水平年金沙江流域共配置流域内供水量 122.55 亿 m<sup>3</sup>。具体情况见表 1。

3.2. 控制断面下泄流量指标

3.2.1. 最小下泄流量控制指标

根据《金沙江流域水量分配方案》成果，金沙江流域控制断面最小下泄流量指标见表 2。

表 1. 金沙江流域各省级行政区用水总量控制指标

| 省级行政区 | 2030 水平年/亿 m³ |      |      |        | 调入   | 合计     |
|-------|---------------|------|------|--------|------|--------|
|       | 本地水           |      |      |        |      |        |
|       | 地表水           | 地下水  | 其他水源 | 小计     |      |        |
| 青海    | 0.56          | 0.07 | 0.00 | 0.63   | 0.00 | 0.63   |
| 西藏    | 1.16          | 0.04 | 0.00 | 1.20   | 0.00 | 1.20   |
| 四川    | 40.45         | 0.60 | 0.10 | 41.15  | 0.00 | 41.15  |
| 云南    | 71.38         | 0.94 | 4.69 | 77.01  | 0.66 | 77.67  |
| 贵州    | 1.83          | 0.00 | 0.07 | 1.90   | 0.00 | 1.90   |
| 合计    | 115.38        | 1.65 | 4.86 | 121.89 | 0.66 | 122.55 |

表 2. 金沙江流域主要断面最小下泄流量控制指标

| 序号 | 断面名称     | 最小下泄流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 序号 | 断面名称       | 最小下泄流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) |
|----|----------|-------------------------------------------|----|------------|-------------------------------------------|
| 1  | 当曲       | 14.6                                      | 19 | 水洛河川滇      | 36.4                                      |
| 2  | 雁石坪      | 2.61                                      | 20 | 洛吉         | 5.32                                      |
| 3  | 曲麻河      | 0.799                                     | 21 | 石龙坝        | 2.3                                       |
| 4  | 直门达      | 46                                        | 22 | 雅江         | 112/125 (牙根一级建成后)                         |
| 5  | 生达青川藏    | 60.8                                      | 23 | 锦屏一级坝下     | 88 (12 月~次年 5 月) 122 (6~11 月)             |
| 6  | 羊拉       | 182                                       | 24 | 锦屏二级坝下(泸宁) |                                           |
| 7  | 夺通川滇     | 281                                       | 25 | 桐子林        | 422                                       |
| 8  | 石鼓       | 298                                       | 26 | 呷衣         | 4.43                                      |
| 9  | 攀枝花      | 439                                       | 27 | 鲜水河(道孚)    | 21                                        |
| 10 | 乌东德坝下    | 900 (8 月~次年 2 月) 1160 (3~7 月)             | 28 | 唐勒         | 3.95                                      |
| 11 | 白鹤滩坝下    | 1160 (8 月~次年 2 月) 1260 (3~7 月)            | 29 | 理塘河        | 26.8                                      |
| 12 | 溪洛渡坝下    | 1200                                      | 30 | 中粮子        | 0.78                                      |
| 13 | 向家坝坝下    | 暂按枢纽下游引航道水位不低于 265.8 m 控制                 | 31 | 庄房         | 0.65                                      |
| 14 | 中岩曲藏滇    | 2.89                                      | 32 | 惠民         | 1.97                                      |
| 15 | 古学       | 31                                        | 33 | 撒连         | 23.8                                      |
| 16 | 硕曲川滇(上游) | 14.5                                      | 34 | 海口         | 1.75                                      |
| 17 | 硕曲滇川     | 16.8                                      | 35 | 横江         | 27.5                                      |
| 18 | 上桥头      | 11.2                                      | 36 | 马路村(彝良)    | 5.5                                       |

### 3.2.2. 干支流主要水利水电工程最小下泄流量

综合各水利水电工程相关批复中关于最小下泄流量要求,确定了纳入金沙江流域水量统一调度的主要水利水电工程最小下泄流量指标,见表3。

**表 3. 金沙江流域主要水利水电工程最小下泄流量指标**

| 序号 | 工程         | 最小下泄流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )                          | 序号 | 工程        | 最小下泄流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )                                   |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------|----|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 叶巴滩        | 5#机组尾水断面 132;<br>1~4#机组尾水断面 165                                      | 23 | 木星土       | 2.52                                                                          |
| 2  | 拉哇         | 170(下游巴塘电站建成后,<br>按日均流量控制)                                           | 24 | 新庄河<br>四级 | 1.53                                                                          |
| 3  | 巴塘         | 171                                                                  | 25 | 两河口       | 112 (牙根建成前)/125 (牙根建成后, 当下游牙根<br>一级库水位高于等于 2601.3 m 时, 按日均流量<br>控制)           |
| 4  | 苏洼龙        | 180                                                                  | 26 | 孟底沟       | 88.2 (日均); 与上下游梯级水库实施联合调度,<br>保障下游杨房沟水库最小下泄流量                                 |
| 5  | 旭龙         | 210                                                                  | 27 | 杨房沟       | 145 (7 月~次年 4 月)/179.2 (5~6 月)<br>下游卡拉电站建成后, 按日均流量控制                          |
| 6  | 梨园         | 300 (当坝下水位高于等于 1501.1 m 时,<br>按日均流量控制)                               | 28 | 卡拉        | 91.3/146(日均)                                                                  |
| 7  | 阿海         | 350 (当坝下水位高于等于 1411 m 时,<br>按日均流量控制)                                 | 29 | 锦屏一<br>级  | 88 (12 月~次年 5 月)/122 (6~11 月)                                                 |
| 8  | 金安桥        | 350 (当坝下水位高于等于 1291.4 m 时,<br>按日均流量控制)                               | 30 | 锦屏二<br>级  | 88 (12 月~次年 5 月)/122 (6~11 月)                                                 |
| 9  | 龙开口        | 380 (当坝下水位高于等于 1216 m 时,<br>按日均流量控制)                                 | 31 | 官地        | 200                                                                           |
| 10 | 鲁地拉        | 400 (当坝下水位高于等于 1132.5 m 时,<br>按日均流量控制)                               | 32 | 二滩        | 401(日均)                                                                       |
| 11 | 观音岩        | 350/439(日均)                                                          | 33 | 桐子林       | 422                                                                           |
| 12 | 金沙         | 480 (10 月~次年 4 月)/560 (5~9 月)                                        | 34 | 卡基娃       | 10.1                                                                          |
| 13 | 银江         | 480 (10 月~次年 4 月)/560 (5~9 月)                                        | 35 | 立洲        | 10.6 (11 月~次年 5 月)/13.1 (6~10 月)                                              |
| 14 | 乌东德        | 900 (8 月~次年 2 月)/1160 (3~7 月),<br>与下游水库水位衔接时, 可按日均泄放                 | 36 | 江边        | 8.2 (12 月~次年 5 月)/10.7 (6~11 月)                                               |
| 15 | 白鹤滩        | 1160 (8 月~次年 2 月)/1260 (3~7 月),<br>与下游水库水位衔接时, 可按日均泄放                | 37 | 大桥        | 3.48 (10 月~次年 5 月)/10.35 (6~9 月); 下游漫<br>水湾断面 10.9 (10 月~次年 5 月)/32.7 (6~9 月) |
| 16 | 溪洛渡        | 1200 (与下游水库水位衔接时,<br>可按日均泄放)                                         | 38 | 小三峡       | 42                                                                            |
| 17 | 向家坝        | 暂按枢纽下游引航道水位不低于<br>265.8 m 控制                                         | 39 | 湾滩        | 23.8                                                                          |
| 18 | 古学         | 坝址处 6.06 (10 月~次年 4 月)/18.18(5~9<br>月);<br>发电尾水处 13(日均, 10 月~次年 4 月) | 40 | 杨柳滩       | 27.5                                                                          |
| 19 | 古瓦         | 坝址处 4.4; 发电尾水处 14.5 (日均)                                             | 41 | 大鱼孔       | 27.5                                                                          |
| 20 | 洞松<br>(硕课) | 坝址处 6.18; 发电尾水处 14.5 (日均)                                            | 42 | 张窝        | 27.2                                                                          |
| 21 | 去学         | 坝址处 8.42; 发电尾水处 18 (日均)                                              | 43 | 云贵桥       | 3.47                                                                          |
| 22 | 撒多         | 13.3                                                                 | 44 | 熊家沟       | 2.85/3.47 (日均)                                                                |

## 4. 水量调度方式研究

### 4.1. 调度期

根据向家坝水文站 1956~2016 年径流资料分析, 向家坝站多年平均流量  $4597 \text{ m}^3/\text{s}$ , 多年平均径流量  $1449.8 \text{ 亿 m}^3$ 。径流年内分配不均, 径流量主要集中在 6~10 月, 占年径流量的 74.4%; 枯季 11~5 月径流较少, 其中 2~4 月最枯, 仅占年径流量的 7.9%。向家坝站多年平均流量过程见图 1。

考虑金沙江流域径流特点, 同时兼顾流域内各工程调度规则以及调度管理工作需要, 金沙江流域水量调度期确定为每年 1 月 1 日至 12 月 31 日。

### 4.2. 调度原则

水量调度服从防洪调度, 供水、灌溉、水力发电、航运等调度服从流域水量调度, 区域水量调度服从流域水量调度。断面下泄流量及生态流量应满足制定的管控指标, 流域用水总量应满足控制指标要求。本流域用水与跨流域用水、流域上下游用水应统筹兼顾, 优先保障生活用水, 满足基本生态用水, 并统筹农业、工业用水以及水力发电、航运等需要。

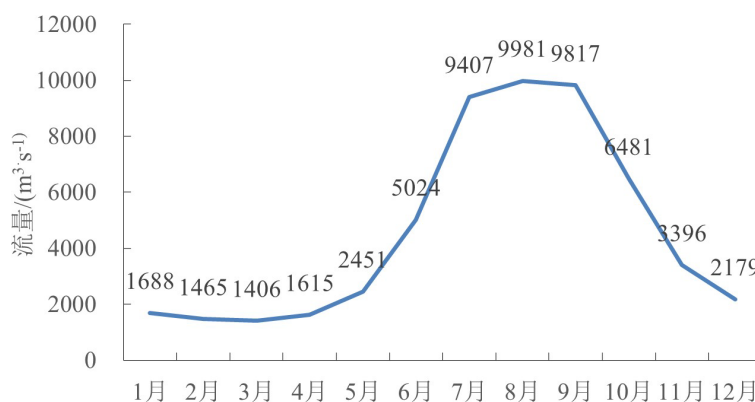


图 1. 金沙江流域向家坝站多年平均流量年内过程

### 4.3. 调度目标

本次调度目标为在保障防洪安全、供水安全和生态安全的前提下, 提高流域水资源利用率, 管控流域内梯级水电站最小下泄流量, 保障向家坝断面最小下泄流量不低于  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  及下游引航道水位不低于  $265.8 \text{ m}$ 。

### 4.4. 金沙江流域水量调度计算

#### 4.4.1. 水量调度模型

水量调度的目标为在满足断面最小下泄流量的基础上, 通过调节上下游水库库容以及流域供需平衡配置, 来满足用水需求。目标函数为:

$$f = f_{\text{用}} + f_{\text{控}}$$

式中:  $f_{\text{用}}$  为各省市用水量,  $f_{\text{控}}$  为控制断面最下下泄流量控制指标。

主要约束条件如下:

① 流域水量平衡约束:

$$\sum Q_{in} + S_{t-1} = \sum Q_{out} + S_t + \Delta W$$

式中,  $Q_{in}$  为输入水量(如降雨、上游来水、外调水等);  $Q_{out}$  为输出水量(如用水需求、蒸发渗漏、下游放水等);

$S_t$  为时段末水库或湖泊蓄水量;  $\Delta W$  为系统误差或未计入项(如河道调蓄能力变化)。

② 供需平衡约束:

$$Q_{缺,t} = Q_{需,t} + Q_{供,t}$$

式中,  $Q_{缺,t}$ 、 $Q_{需,t}$ 、 $Q_{供,t}$  为某地区在时段  $t$  的缺水量、需水量和供水量,  $m^3$ 。

③ 水库水量平衡约束:

$$V_{i,t+1} = V_{i,t} + (I_{i,t} - O_{i,t})\Delta t$$

式中,  $V_{i,t}$  为水库  $i$  在时段  $t$  的库容,  $I_{i,t}$  和  $O_{i,t}$  分别为入库与出库流量

④ 水位约束:

$$Z_{min,t}^i \leq Z_t^i \leq Z_{max,t}^i$$

式中,  $Z_t^i$  一水库  $i$  在时段  $t$  的水位值,  $m$ ;  $Z_{max,t}^i$ 、 $Z_{min,t}^i$  一水库在时段  $t$  的水位上、下限值,  $m$ ; 上限值为正常蓄水位, 汛期为汛限水位, 下限值为死水位。

⑤ 用水总量约束:

$$Q_{i,供} \leq Q_{i,控}$$

式中,  $Q_{i,供}$ 、 $Q_{i,控}$  为  $i$  地区年度供水量和用水总量控制指标。年度用水总量控制指标  $Q_{i,控}$  主要根据年度来水预测情况, 对应多年平均和不同频率水量分配方案, 按照线性插值方式, 并考虑各省上报的用水计划建议情况进行综合确定。

⑥ 最小下泄流量约束:

$$Q_{下泄,t}^i \geq Q_{控,t}^i$$

式中,  $Q_{下泄,t}^i$ 、 $Q_{控,t}^i$  为  $i$  断面在  $t$  时段下泄流量和最小下泄流量控制指标。

4.4.2. 典型年计算

本次根据金沙江下游控制站向家坝水文站 1956~2016 年天然径流资料系列, 按照《金沙江水量分配方案》中水文频率划分, 选取了  $P = 50\%$  (1996 年)、 $P = 75\%$  (2015 年)、 $P = 95\%$  (1994 年) 3 个典型代表年, 根据流域各水库调度规则, 按月依次计算水库调度过程, 时间序列按照水量调度期计算。因 2030 年前南水北调西线工程暂未建成运行, 本次计算暂不考虑南水北调西线调水量。各水库推算过程中, 水库来水考虑上游水库调蓄以及河道外经济社会用水影响, 同时保障自身最小下泄流量达到管控指标, 计算得出金沙江流域主要水工程水量调度过程(以溪洛渡水电站为例, 金沙江干流溪洛渡水电站计算结果见表 4, 溪洛渡水电站不同来水情况下水库月末水位变化过程图见图 2)。向家坝水电站下泄流量过程见表 5。支流雅砻江按照最下游桐梓林断面进行控制, 根据段瞳等关于《雅砻江流域水量统一调度方式研究》[4]成果, 桐子林水电站下泄流量过程见表 6。

表 4. 溪洛渡水电站不同来水情况调度过程

| $P = 50\%$                  |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 项目                          | 1 月   | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  |
| 入库流量/( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) | 3752  | 3134  | 2980  | 2893  | 2967  | 3826 | 9407 | 5423 | 4286  | 4397  | 3141  | 2632  |
| 月初水位/(m)                    | 589   | 584.1 | 574.8 | 577.2 | 569.2 | 562  | 555  | 560  | 560   | 599.5 | 598   | 596.5 |
| 月末水位/(m)                    | 584.1 | 574.8 | 577.2 | 569.2 | 562   | 555  | 560  | 560  | 599.5 | 598   | 596.5 | 592   |
| 下泄流量/( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) | 3973  | 3568  | 2878  | 3232  | 3246  | 4090 | 9226 | 5423 | 2518  | 4472  | 3217  | 2848  |

续表

| P = 75%                                 |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 项目                                      | 1 月   | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  |
| 入库流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 4349  | 3437  | 4245  | 3887  | 3720  | 3142 | 3641 | 2211 | 7636  | 5390  | 3302  | 3216  |
| 月初水位/(m)                                | 589   | 584.1 | 574.8 | 577.2 | 569.2 | 562  | 555  | 560  | 560   | 599.5 | 598   | 596.5 |
| 月末水位/(m)                                | 584.1 | 574.8 | 577.2 | 569.2 | 562   | 555  | 560  | 560  | 599.5 | 598   | 596.5 | 595   |
| 下泄流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 4571  | 3887  | 4144  | 4226  | 3998  | 3406 | 3460 | 2211 | 5867  | 5464  | 3378  | 3288  |
| P = 95%                                 |       |       |       |       |       |      |      |      |       |       |       |       |
| 项目                                      | 1 月   | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  |
| 入库流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 3875  | 3288  | 3218  | 2974  | 2994  | 5597 | 3908 | 2152 | 4292  | 3419  | 2398  | 2395  |
| 月初水位/(m)                                | 589   | 584.1 | 574.8 | 577.2 | 569.2 | 562  | 555  | 560  | 560   | 599.5 | 596   | 592.5 |
| 月末水位/(m)                                | 584.1 | 574.8 | 577.2 | 569.2 | 562   | 555  | 560  | 560  | 599.5 | 596   | 592.5 | 589   |
| 下泄流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | 4096  | 3738  | 3117  | 3313  | 3273  | 5861 | 3727 | 2152 | 2523  | 3592  | 2571  | 2559  |

表 5. 向家坝断面不同来水条件下下泄流量

| 项目                                      | 频率      | 1 月  | 2 月  | 3 月  | 4 月  | 5 月  | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月  | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
|-----------------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 下泄流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | P = 50% | 4091 | 3578 | 2872 | 3116 | 3263 | 4367 | 9336 | 5512 | 2251 | 4545 | 3254 | 3084 |
|                                         | P = 75% | 4694 | 3899 | 4150 | 4120 | 4023 | 3677 | 3512 | 2271 | 5635 | 5549 | 3416 | 3396 |
|                                         | P = 95% | 4215 | 3749 | 3113 | 3199 | 3292 | 6156 | 3782 | 2206 | 2255 | 3656 | 2761 | 2703 |

表 6. 桐子林断面不同来水情况下下泄流量过程

| 项目                                      | 频率      | 1 月  | 2 月  | 3 月  | 4 月  | 5 月  | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月  | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
|-----------------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 下泄流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | P = 50% | 1551 | 1480 | 1741 | 1916 | 1977 | 1193 | 3990 | 2919 | 1362 | 1711 | 1265 | 1099 |
|                                         | P = 75% | 1567 | 1623 | 1728 | 1820 | 1820 | 1681 | 2519 | 1708 | 1191 | 1281 | 1358 | 1089 |
|                                         | P = 95% | 1349 | 1475 | 1573 | 1644 | 1528 | 1649 | 1821 | 1476 | 987  | 1117 | 1055 | 1006 |

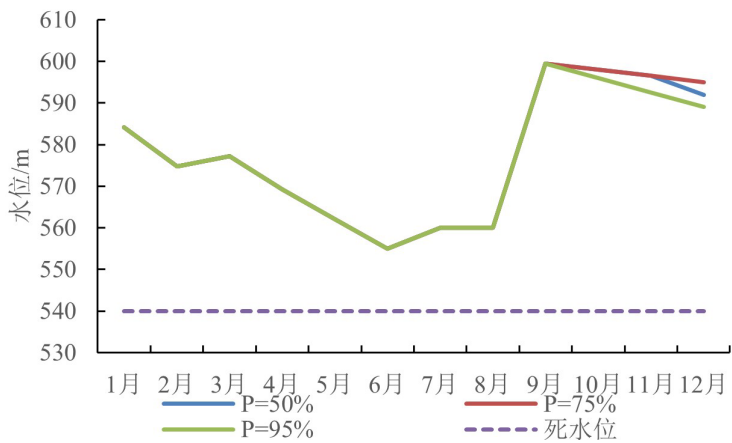


图 2. 溪洛渡水电站不同来水情况下月末水位变化过程图

#### 4.5. 金沙江流域水量调度方式

从表 4~6 计算结果来看,在  $P=50\%$  来水情况下,通过金沙江干支流水库的调度,可以保障溪洛渡、向家坝和支流雅砻江桐子林水电站最小下泄流量管控指标以及向家坝枢纽下游引航道水位不低于 265.8 m 的管控要求,流域内各省(自治区)河道外用水亦能有效保障。因此,金沙江流域常规水量调度方式如下:

一般情况下,流域实施用水总量控制,河道外取水工程严格按照取用水计划取水。各梯级水库跨流域调水工程按照批复的调度规程或调度方式(方案)进行调度,满足水工程最小下泄流量控制指标要求,承担供水(灌溉)任务的水库还应满足供水(灌溉)用水需求。经具有调度管理权限的机构批准或同意后,汛末可按要求有序实施水库提前蓄水。

根据表 4~6 计算结果来看, $P=75\%、95\%$  来水情况下,虽流域水量调度控制要素能够满足,但部分月份如 8 月、9 月、11 月、12 月向家坝水库下泄流量相对偏小,水库运行水位偏低,此时需统筹流域用水需求,优先保障居民生活用水。因此,金沙江流域非常规水量调度方式如下:

当流域来水不足时,汛期按照流域防洪调度的总体安排,有序实施水库蓄水;非汛期,根据来水情况开展金沙江中游梯级水库、雅砻江梯级水库、金沙江下游梯级水库等水工程联合调度,保障控制断面和水工程调度指标要求。结合流域水文情势、用水需求及供水优先次序,统筹调入区和调出区用水需求,优先保障金沙江流域用水安全。当流域采取调度及相关用水管控措施后仍无法满足控制断面调度指标要求时,应统筹安排生活、生产、生态用水,对控制断面管控要求和水工程调度运行方式进行动态调整。

#### 5. 结论及建议

本次研究对金沙江流域水量调度工作进行了统一规划与梳理。通过水量调度模型计算,可以得出:在一般情况下,通过金沙江流域内主要水工程联合调度可满足流域内发电、灌溉及生活用水需求。但在特殊年份,仍需要通过控制电站下泄流量、灌溉用水折减等方式,满足河道外生活用水需求。

因 2030 年前南水北调西线工程暂未建成运行,本次研究暂未考虑。但由于西线调水量较大,预计对金沙江流域水量调度具有一定影响,后续可针对西线工程对金沙江流域水量调度进一步研究。

#### 基金项目

长江勘测规划设计研究有限责任公司自主创新项目(CX2023S034, CX2021Z10-2)。

#### 参考文献

- [1] 荆柱,李肖男,何小聪,等.金沙江下游梯级水库群协同防洪调度策略研究[J]. 人民长江, 2023, 54(9): 33-40, 75.
- [2] 周研来,郭生练,王俊,等.金沙江下游梯级水库汛期运行水位协同浮动调度研究[J]. 水利学报, 2023, 54(6): 633-643.
- [3] 黄可,荆柱,李继清,等.金沙江下游梯级联合调度对川渝河段防洪效果评价[J]. 人民长江, 2024, 55(3): 21-28, 82.
- [4] 段瞳,王天宇,马彪.雅砻江流域水量统一调度方式研究[J]. 水利规划与设计, 2025(7): 7-13.