

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20200517

澜沧江水电开发对缓解 2019 年湄公河干旱影响分析

夏 婷, 张木梓, 顾洪宾, 王伶俐, 严秉忠, 周世春

(水电水利规划设计总院, 北京 100120)

摘 要:采用气象、遥感影像、水库蓄水量变化等多元数据分析了 2019 年澜沧江-湄公河干旱的原因以及上游电站开发对干旱的影响。结果表明, 2019 年澜沧江-湄公河发生了全流域性气象干旱过程, 进而导致湄公河流域水量骤减; 澜沧江电站充分发挥削峰补枯、兴利除害的作用, 一定程度上缓解了下游旱情; 但由于澜沧江出境流量仅占湄公河流域水资源量的 13.5%, 澜沧江水电开发对下游干旱的缓解作用非常有限, 并且影响程度随着往下游的推移而减弱。

关键词:澜沧江; 湄公河; 干旱; 水电开发

中图分类号: P339

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2022)03-0084-05

0 引言

澜沧江-湄公河流经中国和中南半岛国家, 是亚洲东南部重要的国际河流。特殊的地理位置和气候条件使得澜沧江-湄公河流域干旱事件频发^[1-2], 在全球气候变化进一步加剧旱涝灾害的负面影响下^[3-5], 澜沧江流域水电开发与湄公河下游干旱的相关性分析成为国际热点话题。

目前, 关于澜沧江-湄公河流域的旱涝情况已有一些研究成果。在干旱时空变化特征与机理方面, 研究表明近 50 年来澜沧江流域整体呈现变干趋势^[6-7], 6 月降雨量显著减少而 7 月降雨略有增加, 使得流域内旱涝灾害风险增大^[8]; 同时研究区气温的显著升高可能比降水的微弱减少对干旱影响贡献更大^[9]。在澜沧江水电开发对湄公河下游的影响方面, 部分研究认为澜沧江上游电站建设对下游天然水文要素影响不大^[9], 或者具有一定扰动作用, 但主要是起到了一定的削峰补枯作用^[10-12]。

2019 年湄公河下游遭遇了严重旱灾, 湄公河水位在汛期初期降至有记录以来最低, 干旱导致水稻无法正常播种、鱼类繁殖受阻, 对湄公河流域各国农业和渔业带来严重打击, 澜沧江水电站建设对湄公河干旱的

影响再次成为国际关注焦点。Basist 和 Williams^[13]通过建立清盛站以上流域土壤湿度与清盛站水位的经验关系, 分析了澜沧江水电开发对湄公河下游水量的影响。研究认为, 近十余年来, 中国境内澜沧江修建的数十座水电站, 极大地改变了下游湄公河的天然来水特性。特别是 2012 年糯扎渡水电站修建以后, 导致了 2019 年下游湄公河低水位创下纪录。在近 30 年里, 中国建造的大坝阻挡了相当于 126m 的水位高度。Basist 和 Williams^[13]认为澜沧江流域水电站建设直接导致湄公河下游干旱的发生。针对 Basist 和 Williams^[13]的研究报告以及媒体的报道, 湄公河委员会(MRC)秘书处发表了简要分析和评论^[14], 认为 Basist 和 Williams^[13]研究方法存在问题, 2019 年湄公河大旱的真正原因是降雨减少叠加异常高温, 上游大坝建设并非导致下游干旱的主要原因。Tian 等^[15]采用标准降水蒸散指数(SPEI)和标准降水指数(SPI)两个气象干旱指标对澜沧江-湄公河流域干旱特征进行分析, 发现 2019 年是澜沧江-湄公河流域近百年来干旱最严重的年份之一, 2019 年 4 月全流域开始出现严重旱情, 干旱中心位于澜沧江下游至湄公河上游, 而水库蓄洪补枯的调度方式是有利于湄公河流域干旱的应对的。

从研究方法来看, Basist 和 Williams^[13]的研究采用

收稿日期: 2020-12-14

网络首发时间: 2022-04-20

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1814.p.20220419.1240.002.html>

作者简介: 夏婷(1987—), 女, 浙江衢州人, 博士, 高级工程师, 主要从事可再生能源国际合作方面的工作。E-mail: xiating2016@126.com

的土壤湿度-水位经验关系是不成立的。由流域的水量平衡关系可知,土壤湿度只是反映了土壤层需水量的变化情况,研究直接建立了土壤湿度与水位的关系,而忽略了水量平衡中其他复杂的变化过程对河流水位的影响。土壤湿度与径流存在一定的关联,但不存在必然的因果关系,不能简单地将径流的减少归咎于土壤湿度的变化。

已有文献中主要关注的是澜沧江干旱的形成机理及时空变化特征,以及澜沧江电站运行与对湄公河下游水量的相关性,直接分析电站运行对干旱影响的研究较少。特别是在 2019 年湄公河下游干旱对澜沧区域外交和政治环境带来负面影响的情况下,针对 2019 年的极端干旱事件,开展澜沧江流域水电开发对干旱影响的分析和研究,对于揭示干旱形成机理、还原澜沧江的电站在湄公河下游干旱事件中扮演的真实角色有重要意义。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域概况

澜沧江-湄公河流域地理位置见图 1。澜沧江发源于中国青海南部的唐古拉山脉,流经青海、西藏、云南三省区,于云南西双版纳州勐腊县出境后称为湄公河,进入中南半岛后流经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南后汇入南海。澜沧江-湄公河全长约 4880 km,在中国境内长 2160 km,占总河长的 44.3%;全流域面积约

74.4 万 km^2 ,其中中国境内流域面积 17.4 km^2 ,占总面积的 23.4%;入海口年平均径流量为 4750 亿 m^3 ,其中澜沧江出境处年平均径流量为 640 亿 m^3 ,占入海口流量的 13.5%。澜沧江-湄公河流域属于典型的亚热带湿润气候,主要受季风环流控制,雨季、旱季分明,区域内干湿差别大^[6-7]。

澜沧江中下游规划“两库八级”电站,其中小湾电站总库容约 150 亿 m^3 ,调节库容 102 亿 m^3 ;糯扎渡电站总库容 237 亿 m^3 ,调节库容 113 亿 m^3 ,两个电站坝址位置见图 1。小湾和糯扎渡是澜沧江梯级中调蓄库容最大的两个电站,两个电站调节库容合计占澜沧江梯级电站总调节库容约 90%,因而以小湾和糯扎渡电站为主分析澜沧江水电开发对下游干旱的影响。

1.2 研究方法

采用多元数据分析 2019 年澜沧江-湄公河干旱原因及澜沧江水电开发的影响。干旱原因方面,采用澜沧江流域云南境内的气温和降雨数据分析 2019 年澜沧江流域境内干旱情况,并分析湄公河水量减少的主要原因。水电开发的影响方面,选择澜沧江上游梯级中的小湾和糯扎渡水库,分别从蓄水量和水面面积两个方面分析干旱期间电站的调度情况,进而分析电站运行对湄公河下游干旱的影响。

1.3 数据来源

降雨和气温数据来源于中国气象数据共享服务网(<http://www.nmic.cn/>),选取澜沧江流域云南境内资料较为完整的气象站点 1990—2019 年的日降雨和气温数据进行分析,具体包括维西、大理、景东、耿马、临沧、澜沧、思茅、勐腊和江城 9 个气象站点(见图 1)。湄公河下游清盛站(Chiang Sean)和巴色(Pakse)站(见图 1)的逐日径流数据来源于 MRC 观测数据集(<https://portal.mrcmekong.org/>),数据时间系列为 1960—2018 年。其中清盛站位于泰国境内湄公河上游,靠近中国边境,是澜沧江进入中南半岛的第一个水文站。巴色站位于清盛站下游的老挝境内。

为分析小湾和糯扎渡水库库区面积变化情况,采用高分系列遥感数据进行库区水面提取。结合所需时段研究区域高分系列数据的可用情况,2019 年 1 月和 12 月分别选取高分 6 号和高分 1C 卫星的全色/多光谱(PMS)影像数据,空间分辨率为 8 m。小湾库区选取 2019 年 1 月 13 日高分 6 号 PMS 影像和 2019 年 12 月 6 日高分 1C PMS 影像,提取的水面面积范围涉及小湾坝址至干流以上 51.1 km,黑惠江支流 26.9 km;糯

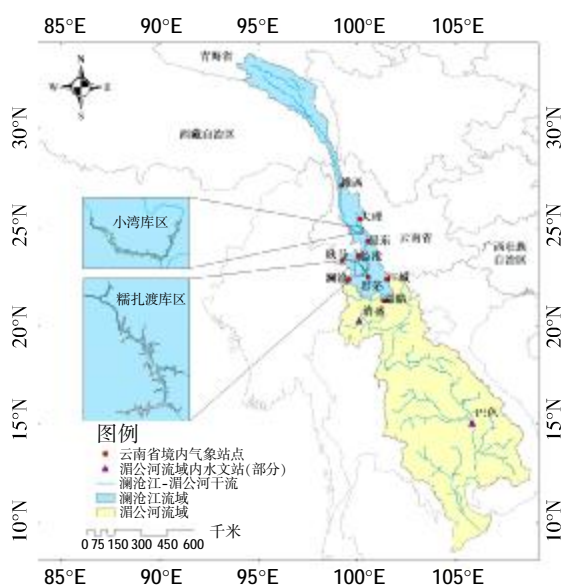


图1 澜沧江-湄公河流域及部分气象站点和电站坝址示意图

Fig.1 Diagram of Lancang-Mekong River Basin and part of the meteorological stations and hydropower stations

扎渡库区选取 2019 年 1 月 17 日高分 6 号 PMS 影像和 2019 年 12 月 10 日高分 1C PMS 影像,提取的水面面积范围涉及糯扎渡坝址至干流以上 101.7 km。小湾和糯扎渡库区位置见图 1。

2 结果与讨论

2.1 2019 年澜沧江-湄公河干旱原因分析

2019 年在湄公河发生严重旱情的同时,澜沧江流域的云南省也遭受了严重的气象干旱过程。云南省境内澜沧江流域降雨情况及高温情况见图 2~3。由图 2~3 可知,2019 年云南境内澜沧江流域降雨量为 903.7 mm,仅为 1990—2018 年多年平均水平 (1376.0 mm) 的 65.7%。Tian 等^[15]通过中国气象局资料也发现 2019 年澜沧江流域面雨量较 30 年均值偏少约 25%。从年内分布来看,2019 年 2—12 月降雨显著低于多年平均水平,本应开始雨季的 5 月降雨量仅为 16.2 mm,只占多年平均水平的 11.8%。气温方面,2019 年 5—8 月平均气温为 23.4℃,较往年(1990—2018)同期平均水平偏高 1.2℃;9 个气象站点 35℃以上高温出现的次数合计达 105 次,为往年平均水平的 6 倍多。特别是 2019 年 5 月份气温异常偏高,月均气温较往年同期平均水平高 2.4℃,9 个气象站点 35℃以上高温出现的次数合计达 70 次,位列近 30 年的最高位。湄公河水位创下百

年最低记录的 5 月份,恰恰也是云南气象干旱最为严重的时段。

TIAN 等^[15]研究指出 2019 年澜沧江-湄公河全流域出现了严重气象干旱。MRC^[14]在分析 2019 年湄公河下游干旱的原因时指出,通常湄公河雨季为 5 月下旬—10 月,而 2019 年雨季晚来了两周且提前三周结束,整个雨季降雨量大约只有普通年份的 75%;降雨减少叠加异常高温,流域水分透支严重,导致湄公河流域出现水位急剧下降的情况。

由此可见,2019 年澜沧江-湄公河流域雨季缩短、季风性降雨减少导致水分来源减少,异常高温、强蒸发导致水分耗散增多,全流域出现了严重的气象干旱过程,进而导致了表征为流域径流骤减、水位下降的水文干旱过程。

2.2 旱情之下澜沧江电站的调度运行情况

2019 年小湾和糯扎渡电站水库蓄水量变化及湄公河下游多年平均径流量统计如表 1 所示,数据负值表示蓄水量减少;反之亦然。由表 1 可知,在 2019 年旱季(1—4 月,11—12 月)两个电站水库蓄水量减少,期间两个电站不仅将同期的径来水全部下泄,同时还下泄了此前拦蓄在水库内的水量,以增加下游的流量。特别是糯扎渡电站,在汛期也是蓄水量减少,基本是全年都处于用蓄水存量补充下游水量的状态。

在旱情最为严重的 5 月份,糯扎渡和小湾动用蓄水存量向下游补给水量 47 亿 m³,使糯扎渡出库流量增加了 1.3 倍。两个水库 2019 年旱季蓄水量减少 172 亿 m³,说明水库在 2019 年旱季动用蓄水存量向下游补水 172 亿 m³,占清盛站多年平均年径流量的 20.5%,相当



图2 云南境内澜沧江流域月降雨情况

Fig.2 Monthly rainfall in Lancang River Basin in Yunnan Province



图3 云南境内澜沧江流域年降雨及 35℃以上高温出现次数情况

Fig.3 Yearly Rainfall and the frequency of temperature above 35℃ in Lancang River Basin in Yunnan Province

表1 2019年小湾和糯扎渡电站蓄水量变化及湄公河下游多年平均径流量统计

Table1 Reservoir storage change of Xiaowan and Nuozhadu in 2019 and the mean yearly runoff of Mekong River basin

统计时段	2019 年蓄水量变化/亿 m ³			多年平均径流量/亿 m ³	
	糯扎渡	小湾	合计	清盛	巴色
1—4 月	-60	-84	-143	109	246
5—10 月	-17	65	49	623	2570
11—12 月	6	-34	-29	108	319
5 月	-36	-11	-47	38	87
雨季	-17	65	49	623	2570
旱季	-54	-118	-172	216	565
全年	-71	-53	-123	839	3134

注:蓄水量变化是指时段末相对时段初的变化,数据负值表示时段末蓄水量减少。

于全年增加流量 545 m³/s, 占清盛站多年平均旱季径流量的 79.4%, 相当于增加旱季流量 1100 m³/s。这与 MRC^[4]的研究结论一致,即 2019 旱季由中国进入湄公河的流量较往年平均值是显著偏高的。

2019 年旱季小湾和糯扎渡动用蓄水存量合计向下游补水 172 亿 m³,而湄公河下游还是出现了重大旱情,说明由中国进入湄公河流域的水量对湄公河下游影响是十分有限的。对于位于清盛站下游的巴色站,这 172 亿 m³ 的水量,只相当于巴色站多年平均年径流量的 5.5%,多年平均旱季径流量的 30.5%,远远小于清盛站 20.5%和 79.4%的占比。这说明澜沧江上游电站增加下泄水量对湄公河下游旱情的缓解作用会随着向下游的推移而减弱。

2.3 结合遥感影像的水库面积变化分析

采用遥感影像提取水面面积,通过对比不同日期水库面积的变化,可以得到水库蓄水量的变化情况,进而推出水库是处于蓄水状态还是放水状态。若是水库面积变大,则水库蓄水;反之亦然。2019 年年初与年末小湾和糯扎渡库区水面面积变化情况如表 2 所示,遥感影像提取的水面对比如图 4 所示。

由表 2 和图 4 可知,2019 年小湾电站库区年末面积较年初面积减少了 11.7 km²,较年初减少了 13.4%;糯扎渡电站库区水面面积减少了 33.4 km²,减少了 17.2%。水库水面面积减少,很好地证明了 2019 年小湾和糯扎渡电站是牺牲蓄水量加大泄水量的。

3 结论

本文结合气象、水库调度及遥感影像数据分析了 2019 年澜沧江上游电站调度对湄公河下游干旱的影响,主要结论如下:

表2 2019年初和年末糯扎渡和小湾电站上游水库面积及平均水面宽度统计

Table2 Reservoir water surface area and width of Nuozhadu and Xiaowan in early 2019 compared with that in late 2019				
水电站	日期	数据来源 (空间分辨率)	库区水体 面积/km²	平均水面 宽度/m
小湾	2019/1/13	高分 6 号 (8 m)	86.7	1134
	2019/12/6	高分 1C (8 m)	75.1	981
	年初-年末		11.6	153
糯扎渡	2019/1/17	高分 6 号 (8 m)	193.6	1213
	2019/12/10	高分 1C (8 m)	160.2	996
	年初-年末		33.4	217

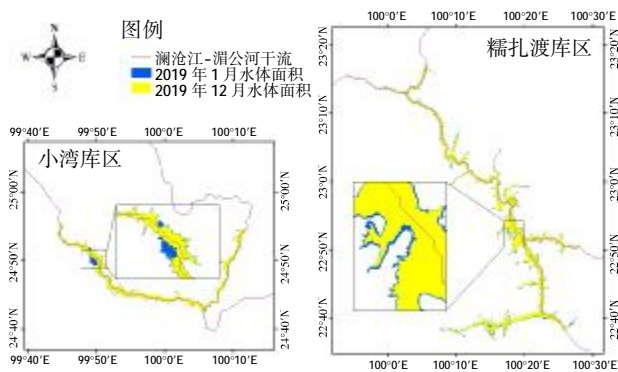


图 4 小湾和糯扎渡库区 2019 年年初和年末水体面积对比
Fig.4 Comparison of reservoir water surface area of Xiaowan and Nuozhadu in early and late 2019

(1)2019 年澜沧江-湄公河发生了全流域性气象干旱过程,2019 年云南境内澜沧江流域年降雨仅为多年平均水平的 65.7%,9 个气象站点合计出现 105 次 35℃以上高温,为往年平均的 6 倍多。严重的气象干旱过程导致湄公河流域径流骤减、水位下降。

(2)小湾和糯扎渡电站在 2019 年旱季动用蓄水存量向下游补水 172 亿 m³,其中 5 月份向下游补水 47 亿 m³,在一定程度上缓解了湄公河下游的旱情。但是澜沧江出境流量仅占湄公河流域水资源量的 13.5%,澜沧江电站对湄公河旱情的缓解作用非常有限,并且影响程度随着往下游的推移而减弱。

(3)由遥感影像提取的小湾和糯扎渡库区水面面积分析表明,2019 年小湾和糯扎渡电站库区水面面积年末较年初分别减少了 11.7%和 17.2%,说明 2019 年两个电站动用蓄水存量加大了下泄水量。

2019 年湄公河下游大旱并非澜沧江电站的开发建设造成,相反,作为澜沧江梯级主要的调蓄电站,小湾和糯扎渡电站充分发挥削峰补枯的作用,为缓解湄公河下游旱情作出了积极贡献。

参考文献:

[1] 陈兴茹,王兴勇,白音包力皋.湄公河流域洪旱灾害损失分析[J]. 水利经济, 2019,37(1):54-58+81. (CHEN Xingru, WANG Xingyong, Baiyinbaoligao. Flood and drought losses in Mekong River basin [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2019,37(1):54-58+81. (in Chinese))

[2] ZHANG X J, QU Y P, MA M M, et al. Satellite-based operational real-time drought monitoring in the transboundary Lancang - Mekong River basin [J]. Remote Sensing, 2020,12:376.

[3] LESK C, ROWHANI P, RAMANKUTTY N. Influence of extreme weather disasters on global crop production [J]. Nature, 2016,529: 84-87.

- [4] 汪伟. 气候变化情景下水库调度对湄公河洪水的影响研究[D]. 北京: 清华大学, 2017. (WANG Wei. Impact of Reservoir Regulation on the Characteristics of Floods over Mekong River Basin under Climate change [D]. Beijing: Tsinghua University, 2017. (in Chinese))
- [5] HAN Z, LONG D, FANG Y, et al. Impacts of climate change and human activities on the flow regime of the dammed Lancang River in Southwest China [J]. *Journal of Hydrology*, 2019,570:96-105.
- [6] 李斌,李丽娟,李海滨,等. 澜沧江流域干旱变化的时空特征[J]. 农业工程学报, 2011,27(5):87-92,393. (LI Bin, LI Lijuan, LI Haibin, et al. Spatial and temporal variability of droughts in the Lancang River basin [J]. *Transactions of the CSAE*, 2011,27(5):87-92,393. (in Chinese))
- [7] 徐娟. 近 50 年云南省怒江、澜沧江流域气象干旱研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2017,53(5):964-972. (XU Juan. A study of meto-drought in Nujiang and Lancang River basins in Yunnan Province during recent 50 years [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2017,53(5):964-972. (in Chinese))
- [8] 高慧,肖子牛,赵亮. 21 世纪初澜沧江流域夏季降水的突变及相应的大气环流异常特征[J]. 气候与环境研究, 2019,24(4):513-524. (GAO Hui, XIAO Ziniu, ZHAO Liang. A study on the abrupt change of summer rainfall over Lancang River basin and the associated atmospheric circulation in the early 21st century [J]. *Climatic and Environmental Research*, 2019,24(4):513-524. (in Chinese))
- [9] 李少娟,何大明,傅开道. 澜沧江与下湄公河水位过程的关联分析[J]. 科学通报, 2006(S2):40-47. (LI Shaojuan, HE Daming, FU Kaidao. Association analysis of water level of Lancang River and the Lower Mekong River [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006(S2):40-47. (in Chinese))
- [10] 贺玉琼,李新红,张培青. 水利工程对澜沧江干流水文要素的扰动分析[J]. 水文, 2009,29(S1):93-98. (HE Yuqiong, LI Xinhong, ZHANG Peiqing. Analysis of perturbation effect of water structures on hydrological factors in main stream of Lancangjiang River [J]. *Journal of China Hydrology*, 2009,29(S1):93-98. (in Chinese))
- [11] 周婷,于福亮,李传哲,等. 湄公河清盛站水文情势变化分析[J]. 水电能源科学, 2011,29(11):15-18,209. (ZHOU Ting, YU Fuliang, LI Chuanzhe, et al. Analysis of hydrological regime changes of Chiang Sean station in Mehong River [J]. *Water Resources and Power*, 2011,29(11):15-18,209. (in Chinese))
- [12] BINH D V, KANTOUSH S A, SABER M, et al. Long-term alterations of flow regimes of the Mekong River and adaptation strategies for the Vietnamese Mekong Delta [J]. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2020,32:100742.
- [13] BASIST A, WILLIAMS C. Monitoring the quantity of water flowing through the Mekong Basin through natural (unimpeded) conditions [R/OL]. (2020-4-13) [2020-12-15]. <https://www.pactworld.org/library/monitoring-quantity-water-flowing-through-upper-mekong-basin-under-natural-unimpeded>.
- [14] Mekong River Commission (MRC). Understanding the Mekong River's hydrological conditions: A brief commentary note on the "Monitoring the quantity of water flowing through the upper Mekong Basin under natural (unimpeded) conditions" study by Alan Basist and Claude Williams [R/OL]. (2020-4-21) [2020-12-15]. http://www.mrcmekong.org/assets/Publications/Understanding-Mekong-River-hydrological-conditions_2020.pdf.
- [15] TIAN F Q, LIU H, HOU S Y, et al. Drought characteristics of Lancang-Mekong River Basin and the impacts of reservoir regulation on streamflow[R/OL]. (2020-4-15) [2020-12-15]. http://www.lmcwater.org.cn/authoritative_opinion/study/202009/t20200904_162938.html.

Analysis on the Impact of Lancang River Hydropower Development on the 2019 Drought in the Mekong River Basin

XIA Ting, ZHANG Muzi, GU Hongbin, WANG Lingli, YAN Bingzhong, ZHOU Shichun

(China Renewable Energy Engineering Institute, Beijing 100120, China)

Abstract: This paper used multivariate data include meteorology, remote sensing and reservoir pondage data, to analyze the causes of the 2019 drought in Lancang-Mekong River basin and the impact of upstream hydropower on it. The results show that the basin-wide meteorological drought results in the sharp decline of water in Mekong River in 2019. In the drought event in 2019, the Lancang hydropower stations gave full play to flood control and drought relief, and to promote the beneficial and abolish the harmful. The drought downstream was eased to some extent. However, the outflow of the Lancang River only accounts for 13.5% of the water resources of Mekong River basin. The drought relief effect of hydropower stations in Lancang River basin is very limited, and the impact diminishes as it goes downstream.

Keywords: Lancang River; Mekong River; drought; hydropower development