

河道治理工程中水库对下游河道防洪影响简析

李晓东

贵州三策工程设计咨询有限公司, 贵州 贵阳 550081

[摘要]在天然河道中新建水库,势必会改变河道的水文特性,对下游河道行洪产生影响,改变下游河道的防洪能力和现状的洪水标准。文章以贵州省德江县楠杆乡金盆至小寨段防洪整治工程为例,通过对天然设计洪水与水库削峰后的组合洪水进行对比,结果表明下游河道距离水库越近,水库对下游河道的防洪影响越大,随着距离的增加,水库对下游河道的防洪影响逐渐减弱,但总体而言,对下游河道防洪是有利的。

[关键词]水库调洪;河道治理;防洪能力;洪水组合

DOI: 10.33142/hst.v5i4.6582

中图分类号: TV85

文献标识码: A

Brief Analysis of the Influence of Reservoir on Flood Control of Downstream River in River Regulation Project

LI Xiaodong

Guizhou Sance Engineering Design & Consulting Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract: Building a new reservoir in the natural river course will inevitably change the hydrological characteristics of the river course, affect the flood discharge of the downstream river course, and change the flood control capacity of the downstream river course and the current flood standard. Taking the flood control regulation project of Jinpen Xiaozhai section in nangan Township, Dejiang County, Guizhou Province as an example, through the comparison between the natural design flood and the combined flood after the peak shaving of the reservoir, the results show that the closer the downstream channel is to the reservoir, the greater the impact of the reservoir on the flood control of the downstream channel. With the increase of the distance, the impact of the reservoir on the flood control of the downstream channel gradually weakens, but in general, it is beneficial to the flood control of the downstream channel.

Keywords: reservoir flood regulation; river training; flood control capacity; flood combination

引言

楠杆乡为德江县较贫穷乡镇,近年来被政府列为重点发展改良乡镇,该区域自然风光秀美,水土资源丰富,而乡域段基本无防洪设施,河段防洪建设不完善,基本为天然河道,每到汛期,断面狭窄乡域水位易受河道水位顶托,造成洪水漫顶沿公路溢流。据《德江县水利志》记载,洪水给德江县楠杆乡带来了重大损失,故需要对楠杆乡河段进行防洪治理。楠杆乡治理河道位于天井冲水库下游,需考虑天井水库的调蓄削峰后对下游河道的影响。根据河段治理布置情况,选择天井水库下游具有典型代表的控制断面,通过洪水计算,分析水库调蓄削峰影响对下游控制断面的影响程度,从而为工程建设提供合理的参考依据。

1 基本概况

治理河段位于楠杆乡金盆至小寨区域河段,所属河流为野猫河。野猫河发源于楠杆乡金盆村,发源地高程1275m,向北经金盆、楼房、火石、于兴隆社区接五溪沟,向东北过小寨、深溪、六一、沙坝,于五龙村岩口进入丰乐河,野猫河全流域面积84.9km²,河长26km,河道比降3.25%。野猫河属长江流域乌江水系洪渡河上游干流丰乐河右岸一级支流。^[1]

治理河段上游已建有天井水库,水库集雨面积5.8km²,

主河道长3.8km,主河道平均坡降90.9%,洪水计算需考虑天井水库的削峰作用。

2 暴雨洪水特性

流域地处黔北暴雨区和黔东北暴雨区的过渡地带,形成该区域暴雨主要天气类型是冷锋低槽和两高切变。区域内的河流为山区雨源型河流,洪水由暴雨产生,洪水特性与暴雨特性基本一致,洪水的主要特点表现为:陡涨缓落、峰量集中、洪峰历时短等特点,同时还受到暴雨分布、暴雨强度、暴雨历时和岩溶等的共同影响,洪水过程线一般为单峰值。根据德江县气象站1959~2019年共61年的实测最大一日降水量,5~8月发生的次数占80%以上,大暴雨(日降水量≥100mm)均发生在5~8月,占历年大暴雨次数的90%以上,4、10月份虽仍有当年最大降水发生,但是出现的机会少些,量也相对较小,大暴雨多出现在6~7月,以7月居多,占31.7%。实测最大暴雨为1989年7月22日,次大暴雨为1995年6月28日。暴雨历时一般在一天左右,多集中在12h以内。

3 设计暴雨

设计流域无实测暴雨资料,暴雨分析采用邻近气象站最大一日暴雨资料。通过对德江气象站1959~2019年实测年最大日暴雨量资料作为连续实测系列,采用P-III型

理论频率曲线目估适线确定统计参数：多年平均最大一日暴雨为 $H_{日} = 93.6\text{mm}$ ， $C_v = 0.35$ ， $C_s = 3.5C_v$ 。取最大 24h 暴雨量与最大日暴雨量的换算系数为 1.12，则最大 24h 暴雨量均值为 $\bar{H}_{24h} = 105\text{mm}$ 。采用德江气象站最大 24h 暴雨统计参数转换为最大 1h 暴雨统计参数，公式 $S_p = 24^{(n-1)} \times H_{24p}$ ($n=0.75$)，计算得最大 1h 暴雨 $H_{1h} = 47.4\text{mm}$ 。

查阅《贵州省短历时暴雨等值线图集》《贵州省暴雨洪水计算实用手册》，设计流域最大 24h 暴雨在 110mm 附近，变差系数在 0.50 附近，年最大 1h 暴雨均值在 45mm 内暴雨高值中心区，变差系数 C_v 为 0.40~0.45 之间。经综合分析，设计暴雨采用 $\bar{H}_{24h} = 110\text{mm}$ ， $C_v = 0.50$ ， $\bar{H}_{1h} = 47.4\text{mm}$ ， $C_v = 0.43$ ， $C_s/C_v = 3.5$ 。

5 设计洪水

5.1 历史洪水

根据对野猫河的历史洪水调查，共调查到 3 场大洪水，洪水发生年份分别为 1995 年、1989 年和 2014 年。由于 1995、1989 年洪水发生年代较远，加之当地居民生产生活的影 响，历史洪痕已不清楚，而 2014 年洪水发生时间最近，洪痕较为明显，本次洪水调查主要以 2014 年洪水为主。调查河段的历史洪水计算根据实测的河道纵横断面资料，实地踏勘时对河道形势、河床组成、岸壁情况的考察，参照“天然河流河道糙率参考表”，河底由块石、卵石组成，河道糙率采用 0.045~0.05，历史洪水水面比降 4‰~9‰，采用曼宁公式 $Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$ 推求断面历史洪峰流量，计算得到 2014 年历史洪峰流量为 $270\text{m}^3/\text{s}$ 。结合德江气象站最大一日降水资料及调查考证期等综合分析，2014 年历史洪水重现期定 20 年一遇。

5.2 天然洪水

根据治理河段需要，选取合适的控制断面进行洪水分析，各控制断面的设计流域参数特征见表 1。

表 1 各控制断面流域特征值表

流域名称	集雨面积 (km^2)	主河道长 (km)	主河道坡降 (%)	流域形状 系数 f	几何特 征值 θ
天井水库坝址	5.8	3.8	90.1	0.4	5.5
叶家坝	22.2	9.48	20.5	0.2	16.0
大龙塘	38.1	13.9	11.9	0.2	24.5
治理终点	47.8	14.3	11.6	0.2	24.0
叶家坝区间	16.4	7.77	19.7	1.71	14.3
大龙塘区间	32.3	12.2	10.6	1.70	23.3
治理终点区间	42.0	12.6	10.3	1.70	22.7

备注：“叶家坝区间”为叶家坝断面至天井水库的之间的区间流域的几何特征参数；

“大龙塘区间”为大龙塘断面至天井水库的之间的区间流域的几何特征参数；

“治理终点区间”为治理终点断面至天井水库的之间的区间流域的几何特征参数。

由于设计流域内无实测水文资料，本文采用《贵州省暴雨洪水计算实用手册》和《贵州省暴雨洪水计算实用手册（修订本）》中的“雨洪法”公式计算各区间及控制断面洪水。“雨洪法”是贵州省水利专家根据陈家琦工程师推荐的推理公式法，结合贵州省实际情况，推导出计算贵州省中小流域洪水的公式，其表达式如式（1）、（2）和（3）所示。

当 $1 \leq F < 10\text{km}^2$ ，

$$Q_p = 0.481\gamma_1^{0.571} \cdot f^{0.223} \cdot J^{0.149} \cdot F^{0.890} \cdot [C_1 S_p]^{1.143} \quad (1)$$

当 $10 \leq F < 25\text{km}^2$ ，

$$Q_p = 0.234\gamma_1^{0.848} \cdot f^{0.331} \cdot J^{0.221} \cdot F^{0.834} \cdot [C_3 K_p \bar{H}_{24}]^{1.212} \quad (2)$$

当 $25 \leq F < 300\text{km}^2$ ， $\theta \leq 30$ 时，

$$Q_p = 0.357\gamma^{0.922} \cdot f^{0.360} \cdot J^{0.240} \cdot F^{0.716} \cdot [CK_p \bar{H}_{24}]^{1.23} \quad (3)$$

式中： Q_p —设计频率 P 的洪峰流量 (m^3/s)； γ —汇流系数，山区间山丘，非减少量岩溶，植被一般或较好，属 II_2 区，取 0.38； f —流域形状系数， $f = F/L^2$ ； J —主河道坡降 (m/m)； L —主河道河长； F —流域面积； C —洪峰径流系数； H_{24} —一年最大 24 小时点雨量均值 (mm)；暴雨衰减指数 $n_s = 0.80$ ，暴雨时面深为 I 区。^[2]

根据确定的暴雨参数和量算的流域参数，带入上述公式，经计算，各控制断面天然设计洪水成果如表 2。

表 2 治理河段各特征断面的天然设计洪水成果表 m^3/s

断面	各频率设计值 (%)		
	5	10	20
天井水库坝址	102	84.6	66.5
叶家坝	197	154	107
大龙塘	229	178	122
治理终点	283	220	150
叶家坝区间	155	121	84.8
大龙塘区间	205	160	110
治理终点区间	262	204	140

5.3 考虑水库削峰后洪水组合计算

治理河段上游已建有天井水库，洪水计算需考虑天井水库的削峰作用。本次采用“区间相应+水库坝址同频”的洪水组合方法与“区间同频+水库坝址相应”洪水组合方法进行洪水计算，最终选取洪水较大的成果。^[3]

(1) 区间相应+水库坝址同频

各控制断面区间相应洪水过程线为各断面的同频洪水过程线减去天井水库的同频洪水过程线，再与天井水库同频洪水调洪后的下泄洪水过程线进行错峰叠加，由此得出各断面设计洪水成果，见表 3。

(2) 区间同频+水库坝址相应

天井水库相应洪水过程线为下游各断面天然洪水过

程线减去相应断面区间同频洪水过程线,再将得到的天井水库相应洪水过程线进行洪水调节计算,将天井水库相应洪水调洪后的下泄洪水过程线进行错峰叠加,由此得出各断面设计洪水成果,见表4。

表3 区间相应+水库坝址同频组合洪水设计洪峰流量成果表

单位: m^3/s

控制断面	各频率设计值 (%)		
	5	10	20
叶家坝	152	123	82.3
大龙塘	205	158	106
治理终点	258	202	137

表4 区间同频+水库坝址相应组合洪水设计洪峰流量成果表

单位: m^3/s

控制断面	各频率设计值 (%)		
	5	10	20
叶家坝	175	137	96
大龙塘	218	169	116
治理终点	272	212	145

5.4 洪水选用及合理性分析

通过对洪水组合分析,“区间相应+水库坝址同频”计算的设计洪水成果比“区间同频+水库坝址相应”计算的设计洪水成果要稍小,从河道治理工程设计洪水偏大偏安全角度考虑,采用“区间同频+水库坝址相应”的计算成果。

从暴雨统计参数来看,以德江气象站为主要参证站,暴雨统计参数与《贵州省暴雨洪水计算实用手册》中相关暴雨等值线图是吻合的;从区域综合分析角度看,设计洪水 $P=5\% \sim 20\%$ 洪峰模数为 $17.1 \sim 9.10 m^3/s \cdot km^2$ (面积影

响指数为 0.716),符合小流域洪水的地区分布规律^[4];另外,治理终点段面考虑水库削峰后 20 年一遇设计洪水 $272 m^3/s$ 与历史调查洪水 $270 m^3/s$ 接近,可以认为本次设计洪水成果是合理的。

6 结论

(1) 考虑水库削峰作用后,不同频率的洪水与天然情况下均有所减小,在各控制断面安全行洪高程不变的情况下,断面的洪水标准有所提高,叶家坝断面洪水标准从 10 年一遇提高到 14 年一遇,治理终点断面洪水标准从 10 年一遇提高到 11 年一遇。

(2) 叶家坝断面 $P=5\%$ 洪水削峰率为 12.2%,大龙塘断面 $P=5\%$ 洪水削峰率为 4.8%,治理终点 $P=5\%$ 洪水削峰率为 3.89%,随着断面距水库距离的增加,区间流域面积相应增加,水库削峰对控制断面的洪水影响呈逐渐减弱趋势。

[参考文献]

- [1] 李永强,张文林.小浪底水库运用对河道整治工程建设平面布局的影响[J].水利建设与管理,2001,21(6):3.
- [2] 王卫红,李勇,许志辉,等.大型水库调控对游荡性河道整治工程适应性的影响[J].泥沙研究,2013,3(6):10.
- [3] 刘章君,郭生练,李天元,等.水库对下游断面的防洪作用分析[J].水资源研究,2014,9(8):546-555.
- [4] 李健.洪峰均值模数等值线图分析[J].水电勘测设计,2003,8(4):1-6.
- [5] 李晓东,杨波.贵州省德江县楠杆乡金盆至小寨段防洪整治工程初步设计报告[R].贵阳:贵州三策工程设计咨询有限公司,2020:6-7.

作者简介:李晓东(1989.7-)男,汉族,湖北钟祥人,本科,中级工程师,主要从事水资源论证、洪水影响评价等工作。