

Analysis of Flow Capacity of Underground River and Flood Control Scheme of Tiansheng Bridge in Wude Town

Shouping Zhou Yanmei Zhu

Zhaotong Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute, Dali, Yunnan, 657000, China

Abstract

Located in the northwest of Zhenxiang County, Zhaotong City, Wude Town is situated 44 km from the county seat. The town lies at the confluence of the Wude River and Baishui River, where the Baishui River enters the Tianshengqiao Underground River 4.4 km downstream. This underground river, measuring 1.43 km in length, faces significant challenges due to poor drainage in its karst channels, with a flow capacity of approximately 300 m³/s. However, the flood peak at its entrance, occurring once every 10 years, reaches 702 m³/s. While the 2-km stretch of river upstream from the entrance provides some flood retention, Wude Town may still be inundated if the flood exceeds the 5-year flood standard, posing a substantial flood risk. This study analyzes the flow capacity of the Tianshengqiao Underground River and conducts preliminary research on flood discharge solutions, offering a reference for future flood control planning in Wude Town.

Keywords

flood control; underground river; flow capacity; flood discharge plan

五德镇天生桥地下暗河过流能力及行洪方案研究

周寿平 朱艳梅

昭通市水利水电勘测设计研究院, 中国·云南大理 657000

摘要

五德镇位于昭通市镇雄县西北部, 距镇雄县城44km, 集镇处于五德河与白水江交汇口处, 汇口以下4.4km后白水江进入天生桥地下暗河, 暗河长1.43km。由于地下暗河岩溶通道泄水不畅, 过流能力在300m³/s左右, 而暗河入口处10年一遇洪峰流量达702m³/s, 洪水壅高后暗河入口前2km河道具有一定滞洪作用, 但超过5年一遇洪水标准时五德集镇就可能被淹, 五德集镇存在巨大的防洪风险。本文主要对天生桥地下暗河过流能力进行分析及行洪方案进行初步研究, 后期五德集镇规划防洪方案时可以有一个初步的参考。

关键词

防洪; 地下暗河; 过流能力; 行洪方案

1 五德集镇防洪现状

五德镇 2022 年总人口 7.947 万人, 其中集镇现有人口 3.095 万人, 耕地面积 6.55 万亩, 粮食总产量 29168 吨, 全镇国民生产总值 144122 万元。自 2009 年以来, 五德集镇区域共发生 6 次较大洪涝灾害, 分别在 2012 年 7 月、2016 年 7 月、2020 年 6 月 30 日、2021 年 7 月 18 日、2023 年 7 月 5 日、2023 年 7 月 13 日均发生较大洪涝灾害。随着近年来极端天气多发, 洪灾频率呈上升趋势。经走访调查及查阅资料, 2020 年“6.30”洪灾是近 30 年来最大的一次灾害, 大

水沟站日降雨量 226.0mm, 是大水沟水库雨量站 2013 年有实测资料记录以来的年最大 1 日雨量第 1 位。牛场站日降雨量 176.5mm, 是牛场雨量站 1984 年有实测资料记录以来的年最大 1 日雨量第 1 位。洪灾造成五德全镇 14 个村(社区) 271 个村民组 5770 户 24022 人不同程度受灾, 受伤 2 人, 共转移 761 户 2568 人。受下游天生桥落水洞泄洪能力不足影响, 导致“6.30”洪水倒灌, 壅水河长 5.5km, 五德集镇自新区至中学段被淹, 淹没面积约 2.8km², 受灾 186 户 469 人, 天生桥水电站被洪水冲毁, 直接经济损失达 600 余万元。

2 流域洪水成果

白水江发源于贵州省赫章县结构乡多魁村, 在以古镇黑塘村曹家寨附近进入镇雄县, 流经以古镇、坪上镇, 在五德镇与左支流五德河交汇。自汇口向下游 4.4km, 白水江于五德镇洞口村进入地下暗河, 暗河长 1.53km。

天生桥落水洞洞口断面流域集水总面积 885km², 其中白

【作者简介】周寿平(1988-), 男, 中国云南昭通人, 本科, 高级工程师, 从事水利工程勘察、大坝、溢洪道、输水隧洞设计, 灌区管道选线布置、渡槽、倒虹吸设计, 地下暗河过流等研究。

水江干流(坪上河)流域面积为442km²,左支流五德河流域面积为406km²。干流上游坪上镇红岩村规划有红岩水库,水库径流面积为260km²,总库容为1.07亿m³。左支流五德河(汇口)上游9.8km处建有大水沟水库,水库径流面积为365km²(其中140km²为封闭区),总库容2770万m³。

根据五德河流域内田坝水文站实测洪水和调查洪水初步分析,天然情况下五德河20年、10年、5年、2年一遇年设计洪水洪峰流量分别为552、424、300、150m³/s;白水江五德河汇入前20年、10年、5年、2年一遇年设计洪水洪峰流量分别为584、448、318、158m³/s。考虑到大水沟水库已建,而红岩水库为规划水库,建设时间不明确,因此天生桥落水洞断面洪水只考虑大水沟水库的调蓄影响,经分析,现状洪水采用大水沟~天生桥区间与天生桥同频、大水沟相应的同频地区组合成果,20年、10年、5年、2年一遇年设计洪水洪峰流量分别为839、702、567、399m³/s。

3 防洪工程的必要性

五德集镇现有人口3.095万人,大部分沿河两岸分布,人口集中。五德集镇最低点五德大桥处高程约992m,落水洞处高程约985m,比天生桥落水洞高7m。径流区岩溶发育,产汇流条件复杂,集镇区域行洪通道天生桥落水洞泄洪能力不足,遭遇较大洪水时,经常淹没集镇及大量耕地,造成较大的经济损失。因此建设五德河防洪工程增加河道下游行洪能力,提高集镇区域抗洪能力,使河段防洪标准从现状的5年一遇洪水提高到20年一遇,保证集镇人民生命财产安全是非常必要和迫切的。

4 行洪方案比选

天生桥地下暗河存在新古两条暗河,其中新暗河为现状主要过水暗河,古暗河为最先形成的泄水通道,其暗河地表主要体现岩溶塌陷形成的“五德天坑群”。地下暗河发育于二迭系下统茅口组灰岩中,暗河形态复杂,入口、出口落差约95m。通过查阅资料、现场地表调查、当地人员走访,五德天生桥岩溶区存在如下特点:(1)区域上岩溶极度发育,天坑群、暗河、溶洞发育。不同时代、不同高程、不同空间形态的岩溶现象一应俱全;(2)天生桥1.53km暗河通道极其复杂,岩溶发育连通天坑群,洞内存在跌坎、瀑布、深潭、多重暗河、洞穴勾连、岩溶塌陷、岩溶大厅、溶沟石芽、巨石堆叠等情况,进洞口稍宽大,进洞后存在约10m高的瀑布跌水,岩溶管道整体泄流不畅的结证在于洞身内部存在多处狭窄卡口,最窄处宽约2m,局部地段仅容人侧身通过,其中约500m处又发育暗河深潭;(3)天生桥电站引水隧洞紧邻暗河通道建设,交通洞沿溶裂隙而建;(4)地表河道沿岸、现状岩溶通道上部分布田湾小学、天生桥居民点等;(5)洞内水文地质条件复杂,存在多处岩溶泉水。

根据《防洪标准》(GB50201-2014),五德集镇人口密集,近年洪灾频发,淹没损失较大,行洪方案按20年一遇

洪水标准进行设计,设计流量为839m³/s。结合天生桥暗河区地形地质、水文地理等特点,初步考虑左岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案、现状地下暗河扩挖衬砌方案、右岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案三个方案进行比选。

4.1 左岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案

左岸新建行洪隧洞长2170m,隧洞轴线呈直线布置,设计坡降为0.042,洞断面型式为圆拱直墙式,断面尺寸由10×12m渐变为7×9m,设计行洪流量为539m³/s,剩余300m³/s由现状暗河行洪。左岸地层为二叠系峨眉山组玄武岩、栖霞茅口组灰岩,进口段围岩为玄武岩、出口段为灰岩,施工期采用现状暗河导流泄洪,仅隧洞进、出口需修建临时挡水围堰。

此方案主要有以下特点:①该方案基本可避开地下天生桥水电站、五德天坑群、地表大部分居民点,隧洞水文地质条件相对较好,施工安全隐患小,对地表居民点和天生桥水电站影响较小,勘察设计和施工难度不大;②隧洞进口需要开挖清楚左侧突出的小山体,清理宽度约30m,使河道水流能更好的进入泄洪隧洞;③隧洞进口与原河道交角较小,出口水流方向基本平行于河道走势,水力条件较好;④隧洞掘进中可能遇溶洞、溶蚀充填及地下水涌水、突泥等情况,可按常规施工方案解决,勘察设计和施工简便易行,工期(2年)较短。

4.2 现状地下暗河扩挖衬砌方案

现状过流暗河长约1530m,综合坡降为0.062,本方案对暗河若干堵点及不规则断面进行扩挖并衬砌使过流能力达到839m³/s(20年一遇洪水),扩挖断面由12×14m渐变至8×10m;暗河扩挖爆破施工后会造成本生结构破坏,洞壁及顶拱结构不稳定,需对扩挖后的断面进行全断面衬砌,保证行洪流畅;此方案施工需在左岸新建1930m的导流隧洞进行导流,导流标准采用枯期5年一遇洪水标准,流量为56.9m³/s,导流隧洞断面尺寸为4×4.8m,导流隧洞施工完毕后暗河扩挖只能在枯期施工,施工工期比较长。若考虑暗河扩挖在全年施工,导流隧洞需按汛期5年一遇洪水标准设计,导流流量达567m³/s,导流隧洞断面和方案一基本一致,导流隧洞和现状暗河已能行洪20年一遇洪水,现状暗河不必再扩挖即能满足行洪要求,暗河扩挖衬砌在汛期施工方案不具可比性,因此暗河扩挖衬砌选择在枯期施工。

此方案主要存在以下难点:①洞内溶蚀结构错综复杂,地质情况难以调查清楚,施工中易破坏现状岩溶塌陷堆积物所构成的稳定条件,造成岩溶塌陷堆积物二次坍塌,甚至会引发地表塌陷,危及洞顶小学及住户安全;②主体工程暗河扩挖衬砌施工时段只能安排在枯期,须布置长1.93km的隧洞进行导流,完成导流隧洞施工需要2年时间,暗河扩挖衬砌工期至少需要3年,总工期达5年之久;③暗河扩挖爆破易造成原生结构稳定破坏,作业人员及机械安全风险极高,

同时会影响天生桥电站的引水隧洞、压力前池、压力钢管、厂房等设施安全，洞内存在跌坎，出渣运输困难，施工难度高；④暗河勘察只能在枯期进行，勘察时间长，难度大；⑤不确定因素较多，未知情况难以预料，额外的工程措施工程量比较大，工期及投资难以控制。

4.3 右岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案

右岸新建行洪隧洞长 2580m，隧洞轴线呈转弯布置，转弯角度 55° ，设计坡降为 0.039，隧洞断面尺寸由 $10 \times 12\text{m}$ 渐变至 $7 \times 9\text{m}$ ，设计流量同方案一，即 $539\text{m}^3/\text{s}$ ，剩余

$300\text{m}^3/\text{s}$ 由现状暗河行洪；施工期采用现状暗河导流泄洪，隧洞进、出口需修建临时挡水围堰，工期为 3 年。

此方案主要存在以下优缺点：①行洪隧洞可避开天生桥水电站交通洞及地下厂房，但隧洞轴线大部分通过古岩溶暗河，与“五德天坑群”斜交，隧洞施工存在巨大地质质和安全风险，难度大；②该方案水文地质条件最差、对天坑群生态环境影响最大，施工容易破坏天坑自然生态景观；③隧洞轴线较长，估算投资大，洞身转弯角度及出口与天然河道夹角太大，水力条件差。

表 1 行洪方案比较表

项目	方案一	方案二	方案三
行洪方案	左岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案	现状落水洞地下暗河扩建方案	右岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案
防洪标准及流量	20 年一遇，设计流量 $839\text{m}^3/\text{s}$	20 年一遇，设计流量 $839\text{m}^3/\text{s}$	20 年一遇，设计流量 $839\text{m}^3/\text{s}$
设计流量	隧洞过流 $539\text{m}^3/\text{s}$ ，暗河过流 $300\text{m}^3/\text{s}$	暗河过流 $839\text{m}^3/\text{s}$	隧洞过流 $539\text{m}^3/\text{s}$ ，暗河过流 $300\text{m}^3/\text{s}$
隧洞长度	2170m	暗河长 1530m，导流隧洞长 1930m	2580m
断面、过流形式	圆拱直墙、无压隧洞	圆拱直墙、无压隧洞	圆拱直墙、无压隧洞
隧洞断面尺寸	$10 \times 12\text{m}$ 渐变至 $7 \times 9\text{m}$	$12 \times 14\text{m}$ 渐变至 $8 \times 10\text{m}$	$10 \times 12\text{m}$ 渐变至 $7 \times 9\text{m}$
导流标准及流量	全年 5 年一遇，流量 $567\text{m}^3/\text{s}$	枯期 5 年一遇，流量 $56.9\text{m}^3/\text{s}$	全年 5 年一遇，流量 $567\text{m}^3/\text{s}$
导流方式	隧洞进口围堰挡水，现状暗河过流	枯期河床围堰挡水，导流隧洞过流；汛期现状暗河过流	隧洞进口挡水围堰，现状暗河过流
地质条件	围岩为二迭系下统茅口组灰岩，施工中可能遇溶洞、溶蚀充填及地下水涌水、突泥等情况	洞内石钟乳、石笋等岩溶现象发育，暗河形态发育复杂，洞顶溶蚀塌落的孤石散乱堆积	极有可能遇溶洞、溶蚀充填及地下水涌水、突泥等情况
施工难度	困难	非常困难	比较困难
施工影响	可能影响洞顶局部零星住户	可能影响岩溶通道顶部田湾小学、天生桥村居民小组及右侧天生桥电站设施	可能造成岩溶塌陷堆积物二次塌陷，破坏天坑自然生态景观
总工期	2 年	5 年	3 年
匡算投资	30855 万元	36684 万元	32578 万元

5 结语

根据本文论述及上表综合比较后，五德集镇防洪方案推荐施工难度较小、工期较短、投资较小的方案一，即左岸新建泄洪隧洞与现状地下暗河联合泄洪方案。希望能尽快开展五德集镇防洪规划，启动五德集镇行洪方案勘察设计相关

工作，早日动工建设，从根本上解决五德集镇防洪压力。

参考文献

- [1] GB50201-2014防洪标准[S].
- [2] SL279-2016水工隧洞设计规范[S].
- [3] SL44-2006水利水电工程设计洪水计算规范[S].