

贵州杨柳溪水库灌区渠系建筑物优化设计

娄诗建¹, 谭剑波²

(1. 遵义水利水电勘测设计研究院, 贵州 遵义 563000; 2. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 针对贵州杨柳溪水库灌区地质条件较复杂, 沿线部分渠段边坡稳定性较差、易形成高陡边坡等问题, 在现场踏勘的基础上, 综合考虑工程占地、施工难度及工程投资等因素, 规划出渠系整体布置方案, 优选了渠系建筑物结构形式。

关键词: 贵州省; 杨柳溪水库; 渠系建筑物; 优化设计

中图分类号: TV698

文献标识码: A

文章编号: 1008-486X(2016)01-0011-04

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况

杨柳溪水库位于贵州省遵义市正安县晏溪村境内, 水库坝址处于乌江水系芙蓉江右岸支流马河上游的右岸支流杨柳溪下游的崖脚河段, 距中观集镇 7 km, 距正安县城 51 km, 距遵义市城区 141 km, 坝址以上流域面积为 21.7 km²。水库总库容为 787 万 m³, 兴利库容为 591 万 m³, 正常蓄水位为 862.00 m, 死水位为 831.00 m, 工程等级为小(1)型。

杨柳溪水库灌区规划以杨柳溪水库为主要水源, 巫家水库为补给水源, 主要用于农田灌溉、灌区内人畜用水。该灌区设计灌溉面积 0.21 万 km², 有人口 4.25 万人, 牲畜 1.10 万头, 年需供水量 882 万 m³。

1.2 地质条件

杨柳溪水库灌区主要位于芙蓉江镇和太平乡, 输水线路较长, 且沿途均为典型的山区地带, 河谷深切。灌区地处大娄山脉南东侧, 北部、南部及东部山

体连绵, 山高坡陡, 地形起伏大。渠系沿线地层从寒武系中上统娄山关群(ϵ_{2-3k})至三迭系下统茅草铺组(T_{1m})及第四系(Q)地层均出露。

2 输水系统整体规划及设计原则

2.1 输水系统方案整体规划

杨柳溪水库坝址下游至獠牙坪段处于中观河和马河段, 河流左岸山高坡陡, 地形起伏较大, 冲沟分布, 且渠道高程以下是宴溪至正安县城交通要道。河流右岸相对左岸地形起伏小, 跨冲沟较少, 施工干扰较小, 且规划中的巫家水库位于马河右岸龙桥溪一级支流上, 可作为杨柳溪水库灌区的补给水源, 所需补给水量在生基湾隧洞进口汇入杨柳溪总干渠。故杨柳溪水库灌区总干渠优选沿中观河和马河右岸布置。为充分发挥水库效益、方便施工及运行管理等, 灌区干渠输水总体采用渠道输水, 在支渠设计阶段综合考虑渠管结合的输水方式。灌区总体布置卫星地形图如图 1 所示。

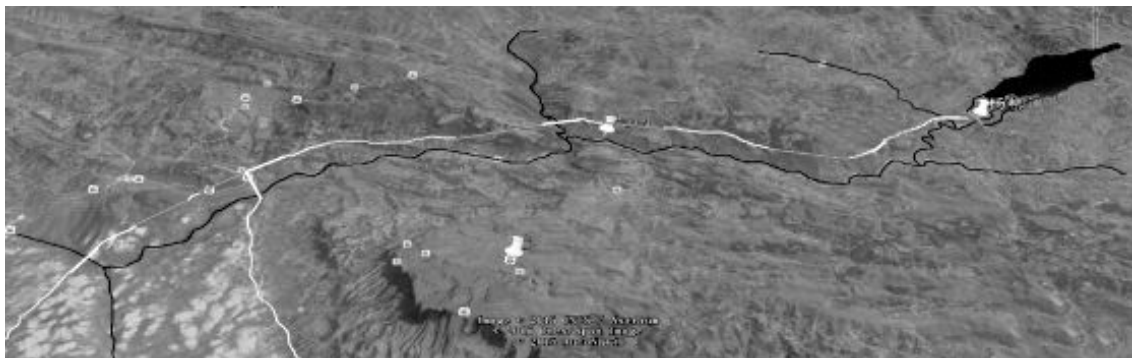


图 1 灌区总体布置卫星地形图

Fig.1 General arrangement of irrigation area satellite topographic map

收稿日期: 2015-11-21

作者简介: 娄诗建(1987-), 男, 贵州遵义人, 工程师, 主要从事水利水电工程设计工作。

2.2 输水系统设计原则

(1)为避免高边坡开挖或高边坡衬护,渠道设计采用窄深式断面。(2)根据各级渠道流量,拟定渠道纵坡、渠道糙率和渠道断面内边坡。根据我国灌区建设的经验,灌区工程总干渠和芙蓉江干渠底坡均采用 1:1 000,渠道均采用 C15 混凝土防渗,取渠道糙率 $n=0.015$ 。(3)过水断面尺寸按加大流量计算。根据《灌溉与排水工程设计规范》,上万亩灌溉面积的渠道应按续灌方式进行渠道设计,加大系数取 1.30^[1]。(4)由灌区最小流量确定的最小水深不应小于设计水深的 70%。

3 灌区渠系建筑物设计

根据《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》设计原则及工程所处地形地貌、灌区水源点及耕地分布等特点,选择可行、经济合理的渠系建筑物形式^[2]。根据渠道施工经验和工程地形条件综合比较,当渠道边坡较陡且有布置渠系建筑物条件时,可优先考虑建筑物,以避免实施过程中很多不可预见的难题^[3]。

3.1 灌区渡槽设计

烂田湾沟槽地处冲沟,集雨面积为 0.35 km²,沟

槽宽度为 20.0 m。若采用涵洞跨越,跨度大,砌石方量较大,不经济。经综合比较后,采用结构合理、过流条件较好且行洪量大的渡槽跨越。受地形条件的限制,该渡槽采用简支梁式结构,断面形式为矩形。进、出口渐变段可适当降低要求。

3.2 灌区隧洞设计

结合地形地质条件,工程中部分渠线地形陡峭,修建渠道难度较大(如,小通坡渠线为顺向坡,边坡稳定性较差,可能造成滑坡,且开挖边坡支护量较大),采用短隧洞过水的布置方式。另外,高陡边坡段若进行渠道开挖,易形成高边坡开挖或高边坡衬护,衬砌和施工难度均大于隧洞布置方案的难度。

杨柳溪水库灌区隧洞设计采用无压隧洞,断面为城门洞形。无压隧洞进、出口处设置连接段,与渠道平顺衔接。在隧洞进口处,设拦污栅和检修闸门各 1 扇。

3.2.1 洞身断面尺寸的确定

洞身断面尺寸可根据给定的泄流量,作用水头及纵断面布置,通过必要的水力计算及水工模型实验确定。无压隧洞洞身过流能力按堰流基本公式计算。

杨柳溪灌区隧洞水力计算成果如表 1 所示。

表 1 隧洞水力计算成果表

Tab.1 Tunnel hydraulic calculation results

建筑物名称	过水断面尺寸 $H \times B/m$	$Q_{设}/(m^3/s)$	底坡 i	$V/(m/s)$	$Q_{过}/(m^3/s)$	$V_{max}/(m/s)$	$V_{min}/(m/s)$	开挖断面尺寸 $B \times H/m$
刀塘坝隧洞	1.53×1.4	1.658	1/1 000	1.172	2.775	1.231	0.669	2.2×2.5
白木垭 1#、2# 隧洞	1.50×2.0	1.434	1/1 000	1.124	3.022	1.210	0.642	2.8×3.0
周家、殷家隧洞	1.50×2.0	1.434	1/1 000	1.124	3.022	1.210	0.642	2.8×3.0
打蕨沟、梁上隧洞	1.50×2.0	1.382	1/1 000	1.113	3.022	1.198	0.636	2.8×3.0
小通坡、吴家崖隧洞	1.50×2.0	1.382	1/1 000	1.113	3.022	1.198	0.636	2.8×3.0
生基湾、烂田湾隧洞	1.67×2.0	1.885	1/1 000	1.215	3.688	1.304	0.694	2.8×3.0
银盘堡 1#、2# 隧洞	1.67×2.0	1.885	1/1 000	1.203	3.688	1.260	0.688	2.8×3.0

隧洞开挖断面应在满足最小开挖断面的前提下,同时考虑隧洞长度、施工条件、衔接段渠道断面等因素。从表 1 可知,各隧洞的过流能力均大于加大流量($Q_{max加}=2.155 m^3/s$),过流能力满足要求;各断面在加大流量下的流速在 1.198~1.304 m/s 之间,满足规范规定的现场浇筑混凝土允许不冲流速小于 8 m/s;灌区渠道为清水渠道,不淤流速定为 0.3~0.5 m/s,各断面最小流速均大于不淤流速。

3.2.2 隧洞衬砌

(1)衬砌方案。根据围岩类型对隧洞衬砌进行分类:Ⅲ类围岩段开挖成型后,侧墙及底板采用 C15 混凝土衬砌,厚度均为 0.2 m,顶拱不支护。Ⅳ

类围岩段开挖成型后,侧墙及底板采用 C15 混凝土衬砌,厚度均为 0.2 m,顶拱采用喷 C20 混凝土支护,厚度为 0.1 m,局部随机布设 $\Phi 25$ 锚杆。锚杆单根长为 3.0 m,排距为 3.0 m,并钻孔深入基岩作排水孔。Ⅴ类围岩及局部溶蚀发育段开挖成型后,侧墙及顶拱采用挂网喷 C20 混凝土支护,厚度为 0.1 m,并在顶拱布设 $\Phi 25$ 锚杆。锚杆单根长为 3.0 m,排距为 3.0 m,采用 C20 钢筋混凝土全断面衬砌。隧洞衬砌混凝土每隔 10~20 m 设置一条横向伸缩缝,缝宽 2 cm(采用沥青沙浆填缝)。隧洞衬砌回填灌浆完成后,将灌浆孔作排水孔。根据地质勘察报告提供的资料,本工程 Ⅴ类围岩主要分布在隧洞进

出口,洞身段绝大部分洞段属 III 类及以上围岩,隧洞围岩稳定条件较好。

(2)计算工况及荷载组合。隧洞为无压隧洞,考虑正常运行和检修两种计算工况。正常运用情况(隧洞过水)的荷载组合为:山岩压力+衬砌自重+水重+外水压力+弹性抗力。检修情况的荷载组合为:山岩

压力+衬砌自重+外水压力+弹性抗力。两种工况下的内水压力均为 0。所以,运用边值法进行结构内力计算。

(3)计算断面及参数。根据输水隧洞围岩情况,选取各隧洞在各种工况下的不利断面进行结构复核计算,具体如表 2 所示。

表 2 输水隧洞计算断面及有关参数表

Tab.2 Outlet tunnel calculation section and related parameter

隧洞名称	开挖断面 (B×H)/m	设计水深 h/m	岩性		岩体坚固性 系数 f_k	岩石单位抗力系数 K_d (MPa/cm)
			进口	出口		
刀塘坝	2.2×2.5	1.011	泥岩	沙岩	1~2	<1
白木垭 1#	2.8×3.0	0.638	灰岩	灰岩	1~2	1~3
白木垭 2#	2.8×3.0	0.638	泥岩	沙岩	1~2	<1
周家	2.8×3.0	0.638	泥岩	灰岩	1~2	1~3
殷家	2.8×3.0	0.638	灰岩	灰岩	1~4	3~5
打蕨沟	2.8×3.0	0.621	灰岩	灰岩	1~4	3~5
梁上	2.8×3.0	0.621	灰岩	灰岩	1~3	3~5
小通坡	2.8×3.0	0.621	页岩	灰岩	1~3	2~3
吴家崖	2.8×3.0	0.621	灰岩	灰岩	1~4	3~5
生基湾	2.8×3.0	0.776	灰岩	灰岩	1~3	1~3
烂田湾	2.8×3.0	0.776	灰岩	灰岩	1~2	1~3
银盘堡 1#	2.8×3.0	0.776	泥岩	泥岩	<1	<1
银盘堡 2#	2.8×3.0	0.776	灰岩	灰岩	<1	<1

(4)隧洞实际配筋及衬砌厚度。由于输水隧洞为无压洞,各隧洞山岩压力均较小($q_{max}=34.3 \text{ kN/m}^2$)。根据计算结果,隧洞实际环向配筋为 $\phi 16@200$,双层配筋;纵向分布钢筋为 $\phi 12@200$,侧墙及顶拱的衬砌厚度均为 0.3 m,底板衬砌厚度为 0.2 m。

3.3 灌区倒虹吸设计

杨柳溪水库灌区工程共设 5 座倒虹吸。其中,总干渠 4 座,芙蓉江干渠 1 座。结合地形、地质条件,倒虹吸布置在河道较窄、河床及两岸岸坡稳定且坡度较缓处,同时避开可能产生滑坡、崩塌及其他地质条件不良的地段^[4]。倒虹吸涉及跨河 4 处,均采用桥式布置(白果树、两岔河、獠牙坪和关渡水倒虹管),跨

越山沟一处,采用埋地式布置(道角倒虹管)。倒虹吸进、出口段均布置在稳定、坚实的原状土或岩石地基上,且考虑进水口兼顾调节池功能,断面尺寸适当增加^[5]。进出口前、出口后设渐变段与渠道平顺衔接。倒虹吸水力计算结果如表 3 所示。

结合表 3 计算数据,根据压力水头分级选用不同壁厚如表 4 所示。

倒虹管进口设沉沙池、闸门和拦污栅,在低洼处设冲沙兼放空阀。为防止污物反流回拦污栅,在出口也设拦污栅,清污方式采用人工清污。在管道凸起处设置自动进、排气阀,出口设消力池。管道在地形变坡、平面转弯和管材变化处设置镇墩,管座采用混凝

表 3 倒虹管水力计算成果表

Tab.3 Inverted siphon hydraulic calculation results

建筑物名称	管道长度/m	管道直径/mm	设计流量/(m^3/s)	水头损失/m	设计流速/(m/s)	水头/m	管材
白果树倒虹管	195	1 000	1.641	1.710	2.089	33	预应力混凝土管
道角倒虹管	292	1 000	1.434	1.735	1.826	70	预应力混凝土管
两岔河倒虹管	800	1 000	1.382	3.624	1.760	200	钢管
獠牙坪倒虹管	1 065	1 000	1.654	6.966	2.106	250	钢管
关渡水倒虹管	1 100	800	0.982	8.043	1.954	270	钢管

表4 钢管壁厚及预应力砼管压力等级成果表

Tab.4 Steel tube wall thickness and prestress concrete pipe pressure rating results

建筑物名称	管径/mm	最大水头 H_{max}/m	钢管壁厚/mm			预应力混凝土管压力等级/MPa	
			$0 \leq H < 100$	$100 \leq H < 200$	$200 \leq H < 270$	$0 \leq H < 60$	$60 \leq H < 80$
白果树倒虹管	1 000	33	-	-	-	0.6	-
道角倒虹管	1 000	70	-	-	-	0.6	1.0
两盆河倒虹管	1 000	200	10	14	16	-	-
獠牙坪倒虹管	1 000	250	10	14	16	-	-
关渡水倒虹管	800	270	10	14	16	0.6	-

土刚性管座^[6]。对于小溪沟或低洼地带采用埋管敷设,跨河处采用浆砌石支墩或管桥明管跨越,支墩基础置于基岩或沙卵砾石层上。

4 结语

杨柳溪水库灌区渠线长,工程地形地质条件复杂,河、渠交叉建筑物工程量大。在规划设计时,重点考虑以下几个方面。

(1)根据地形、地质条件,按照渠线平顺连接原则,总干渠沿中观河和马河右岸布置。

(2)根据渠道水位、流量及防洪影响,选择结构合理、过流条件较好,且行洪量大的矩形断面筒支梁式渡槽。

(3)根据围岩类型,对隧洞进行分断面衬砌支护。

(4)倒虹吸管形式、孔数及总体布置,从水流条件,上、下游渠道衔接条件和施工难度等方面进行综

合考虑,优选布置紧凑合理、易于施工和工程量小的设计方案。

参考文献:

- [1] GB50288-99,灌溉与排水工程设计规范[S].
- [2] SL482-2011,灌溉与排水渠系建筑物设计规范[S].
- [3] 林伟青.灌溉渠道设计在实际中的应用[J].中国水运,2011(10):163-164.
- [4] 贵州省水利水电勘测设计院.贵州省小型渠系建筑物定型设计:倒虹吸管分册[M].贵阳:贵州省水利电力厅出版社,1985:63-100.
- [5] 游万敏,上官江,黄星旻.南水北调中线一期工程白河倒虹吸工程布置设计[J].人民长江,2010(16):39-41.
- [6] 崔福占,张兰竹.瀑河渠道倒虹吸优化设计[J].水科学与工程技术,2008(03):7-9.

[责任编辑 杨明庆]

Optimization Design of Yangliuxi Reservoir Irrigation Canal System Building of Guizhou Province

LOU Shi-jian¹, TAN Jian-bo²

(1.Zunyi Water Conservancy and Hydropower Survey Design Institute, Zunyi 563000, Guizhou, China;

2.Yangling Vocational and Technical College, Yangling 712100, Shanxi, China)

Abstract: Aiming at the complex geological conditions, poor slope stability and easy to form high and steep slope along the canal section part and other problems of Yangliuxi reservoir in Guizhou province, on the basis of reconnaissance trip, this paper takes overall consideration the engineering land occupation, the construction difficulty and the engineering investment and other factors, and plans a canal system overall layout plan, optimizes the canal system building structure form.

Key Words: Guizhou Province; Yangliuxi Reservoir; canal system building; optimization design