

# 拐磨子灌区红旗一坝拦河坝优化设计研究

孙 勇

(辽宁省桓仁县水务局, 辽宁 桓仁 117200)

**【摘要】** 在拐磨子灌区红旗一坝拦河坝设计方案优化中,结合现场踏勘地质资料并根据规范标准要求,综合考虑坝址区水文地质条件、拦河坝制造养护、使用寿命及投资经济效益等因素,优选开敞式溢流坝。经枢纽布置及细部结构的多次优化调整,并结合规范对溢流坝、冲砂闸和引水闸的稳定性进行计算论证,结果表明:挡水坝结构抗滑稳定安全系数和基底应力均满足规范要求,已获得审查批准。

**【关键词】** 拦河坝;开敞式溢流坝;抗滑稳定性;基底应力

中图分类号: TV64

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)01-027-04

## Study on optimal design of barrage dam in Hongqi Yiba Barrage of Guaimozi Irrigation District

SUN Yong

(Liaoning Huanren County Water Bureau, Huanren 117200, China)

**Abstract:** In the optimization design plan of Hongqi Yiba Barrage of Guaimozi Irrigation District, site survey geological data is combined, and hydrological geological conditions of dam site, barrage manufacturing maintenance, service life, investment economic benefits and other factors are considered comprehensively according to the standard requirements. Open spillway is optimized. The stability of spillway, scouring sluice and water diversion sluice is calculated and demonstrated through hub arrangement and detail structure optimization adjustment for many time by being combined with the specification. The results showed that the retaining dam structure anti-slip stability safety factor and basal stress can satisfy the requirements of specification, which has been examined and approved.

**Key words:** barrage; open spillway; anti-slip stability; basal stress

### 1 工程概况

拐磨子灌区始建于1958年,位于桓仁县古城镇,全镇辖12个行政村,镇域总面积317km<sup>2</sup>,耕地面积5.30万亩。设计灌溉面积2.6万亩,有效灌溉面积2.4万亩。由于缺少长期稳定的后期资金投入和系统有效的管理措施,部分灌区出现“水不能引,渠不能排,

路不能通”等情况,亟待对灌区渠道、引水工程进行改造,有效提高灌区水土资源利用率和灌区运营经济效益<sup>[1]</sup>。

红旗一坝拦河坝为灌区改造两处引水工程中的一处,位于古城镇古城子村富尔江上,是一座以灌溉为主兼顾发电的拦河建筑物。建成以来遭到1995年、1998年、2010年三次洪水破坏,经洪水冲刷及人工淘沙影

响,河床下切,坝体破损。针对红旗一坝拦河坝存在的坝体混凝土剥蚀脱落、钢筋外露、金属结构冲毁、翼墙浆砌石脱落和无消能防冲设施等问题,将根据坝址地形地质条件,结合选择的开敞式自由溢流堰(克-奥型实用堰)方案,对大坝枢纽布置、坝体结构和特性参数等进行详细计算分析,优选技术、经济均较合理的设计方案。

## 2 拦河坝现状及工程地质条件分析

### 2.1 拦河坝现状及安全鉴定

红旗一坝拦河坝主要由进水闸、冲砂闸、拦河坝段、溢流坝段组成。拦河坝现存主要问题包括:④溢流坝坝体破损严重,遍布裂缝。坝体混凝土剥蚀、脱落严重,多处内部钢筋露出;⑤冲砂闸及引水闸闸墩出现明显裂缝,闸门已被完全冲毁<sup>[2]</sup>;⑥拦河坝及冲砂闸下游无任何消能防冲设施,致使下游坝根被掏空;⑦上下游浆砌石翼墙均出现较明显断裂横缝,局部砌石脱落。拦河坝现状如图1所示。



图1 红旗一坝拦河坝现状

2012年4月经水利部松辽水利委员会水利基本建设工程质量检测中心对红旗一坝拦河坝进行安全鉴定,结论为主体工程构件损坏严重,甚至损毁,工程运行指标无法达到设计标准,工程运行存在巨大安全隐患,建议报废重建。

### 2.2 坝址区工程地质条件及评价

红旗一坝拦河坝工程区地势东高西低。阶地地形平坦,微向河谷倾斜,上覆为砂、砾石,下伏基岩为安山岩。阶地与漫滩间以3~5m高陡坎接壤,漫滩由砂、砾石组成,地表形态较平缓。坝址区出露的岩性单一。河床及滩漫为漂石砂卵砾石层。下伏基岩为安山岩。第①层:砂、砾石,杂色~灰白色,以圆砾和中粗砂为主,层厚1.8~2.4m。粒径大于2mm的颗粒含量占

41.3%左右,含少量卵石,占7.5%左右,砾石含量占33.8%左右,磨圆度一般~较好。第②层:安山岩,灰褐色,细粒斑杂结构和块状构造,节理裂隙较发育,属中风化岩,岩芯呈短柱状。据地表观测和钻探揭露,全风化厚仅0.6m左右,层面埋深普遍为2.7~2.9m。

坝址区揭露地层简单,无软弱夹层等不利结构面存在,闸基无抗滑稳定问题;①层及下伏基岩全风化及弱风化砂岩承载力较高,能满足地基稳定要求;①层属强透水层,建议基坑开挖实施防渗处理,综合边坡开挖建议值为1:1.5;①层渗透破坏类型为管涌型,临界水力坡降及允许水力坡降建议值分别为0.15、0.09;地震基本烈度为小于VI度区,地基土无地震液化问题;拦河坝运行多年,无库区渗漏、塌岸及浸没等工程地质问题;工程区域及附近无较大构造通过,工程稳定不受构造影响。

## 3 拦河坝坝型选择及首部枢纽布置

红旗一坝拦河坝位于桓仁县富尔江干流上,引水灌溉面积为3650亩,总库容小于10万 $m^3$ ,设计引水流量0.77 $m^3/s$ ,根据《防洪标准》(GB 50201—2014)和《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288—1999)相关规定<sup>[3]</sup>,确定红旗一坝拦河坝工程等级为V级,相应建筑物级别为5级,设计洪水标准为10年一遇洪水标准,洪峰流量, $Q_{P=10\%} = 1587.6m^3/s$ ;校核洪水标准为20年一遇,洪峰流量 $Q_{P=5\%} = 2273.9m^3/s$ 。

### 3.1 拦河坝型式选择

根据地形地质条件、河道走向及河谷现状等实际情况,确定设计拦河坝坝址为原坝址处。拦河坝坝轴线控制点坐标:左岸 $X = 93889.766, Y = 51597.691$ ;右岸 $X = 93801.155, Y = 51721.436$ 。坝址区河道断面较宽,地形平缓,挡水水头较低。设计优选拦河闸(拦河闸总宽145m,共设29孔,单孔净宽5.00m)、开敞式自由溢流坝(溢流坝为克-奥型实用堰,净宽146m)和橡胶坝(橡胶坝长150m,10跨,单跨15m)三个方案进行比选,见表1。

从表1可以看出,设计推荐采用的开敞式自由溢流堰(克-奥型实用堰)方案,其在环保性能、安全性能、制造养护、实用寿命和总投资成本均较拦河闸和橡胶

表1 拦河坝型式比选

比较内容	方案一(拦河闸)	方案二(克-奥型实用堰)	方案三(橡胶坝)
环保性能	机械轴承、油润滑的钢丝绳、启闭设备等存在油污泄露,引起河道污染	混凝土结构,不会引起河道污染	不存在油污污染,但橡胶材料对河道水流作为饮用水时不安全
安全性能	电源故障、机械故障、钢丝绳断裂、淤泥石块卡阻等,都会造成闸门不能安全泄洪	不能启闭,洪水期闸址上游高水位运行,防洪工程设计高程需提高	尖锐物易破坏橡胶坝,不完全倒伏影响泄洪,造成安全隐患
制造安装与维护管理	设备制造和安装周期较长,安装需要大中型起重设备;维护复杂、维修较麻烦	无需安装其他设备;维护管理简单	制造安装周期较长;需经常清理杂物以防破坏,破损维修麻烦
使用寿命	使用寿命和机械磨损、疲劳、人为破坏等相关	受混凝土施工质量影响,使用年限长	橡胶寿命达20年以上
造价概算	1100万元	450万元	850万元

坝优越,且该堰型泄流能力大,造型优美,线条流畅,溢流时能够形成一定的景观效果。

### 3.2 首部枢纽布置

a. 开敞式自由溢流坝结构布置。开敞式自由溢流坝为克-奥型实用堰,堰顶高程332.50m,堰体为钢筋混凝土结构,建基高程327.70m,坐落在基岩上,下部铺设10cm厚素混凝土垫层。新建堰体顺水流方向长4.744m,垂直水流方向溢流坝总宽146.00m,其中新建堰体过流宽度145.00m。

溢流坝下游采用半径2.0m反弧同消力池平顺衔接。消力池池深1.00m,池长18.5m,尾坎顶宽0.50m,池底板和尾坎顶高程分别为329.00m和330.00m。消力池底板厚度0.50m,下设10cm厚素混凝土垫层、0.20m碎石垫层、400g/m<sup>2</sup>土工布。底板设有排水孔,排水孔间排距2.00m。溢流坝上游回填至330.50m。

消力池下游铺设26.5m长的宾格网石笼海漫,以保护洪水对消力池尾坎下齿墙的淘刷破坏。格宾石笼厚0.50m,下铺0.20m砂砾石垫层及400g/m<sup>2</sup>无纺布。

b. 引水闸结构布置。引水闸布置在河道右岸,与冲砂闸连接,轴线与坝轴线呈21°角,闸室采用整体式钢筋混凝土结构,闸底板顶高程331.50m,引水闸前齿坐落在基岩上,下部铺设10cm厚素混凝土垫层。引水闸顺水流方向长9.0m,垂直水流方向总宽4.8m,共2孔,单孔净宽1.0m,高1.0m。中墩厚1.0m,两边墩厚0.9m。

c. 冲砂闸结构布置。冲砂闸紧邻引水闸,设计为平底闸。闸室采用整体式钢筋混凝土结构,闸底板顶高程330.50m。冲砂闸底板坐落在基岩上,下部铺设10cm厚素混凝土垫层。冲砂闸顺水流方向长9.0m,

垂直水流方向总宽7.2m,共2孔,净宽2.0m,高2.0m。中墩厚1.2m,两边墩厚1.0m。

### 4 拦河坝稳定性分析

建筑物级别为5级,地基为砂岩。按照《水闸设计规范》(SL 265—2001),闸室稳定应满足下列要求<sup>[3]</sup>:  
 ①闸室基底不出现拉应力;  
 ②最大基底应力不大于地基允许承载力,地基允许承载力为600kPa;  
 ③基本荷载组合情况下闸基的抗滑稳定安全系数应大于1.05,校核洪水情况应大于1.0。

《水闸设计规范》(SL 265—2001)中,抗滑稳定推荐计算公式为

$$K_c = \frac{f \sum G}{\sum H} \quad (1)$$

式中  $K_c$  ——抗滑稳定安全系数;

$f$  ——摩擦系数,设计采用 $f = 0.60$ ;

$\sum G$  ——竖向荷载,kN;

$\sum H$  ——水平向荷载,kN<sup>[4]</sup>。

《水闸设计规范》(SL 265—2001)中,抗滑稳定推荐计算公式为

$$P_{\min}^{\max} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M}{W} \quad (2)$$

式中  $P_{\min}^{\max}$  ——闸室基底应力最大或最小值,kPa;

$\sum G$  ——竖向荷载,kN;

$\sum M$  ——竖向和水平荷载的形心轴力矩,kN·m;

$A$  ——基底面面积,m<sup>2</sup>;

$W$  ——形心轴的截面距,m<sup>3[5-6]</sup>。

溢流坝、冲砂闸和引水闸的抗滑稳定和基底应力,经计算,结果见表2和表3。

表2 溢流坝、冲砂闸和引水闸抗滑稳定计算成果

工况	$f$	溢流坝			冲砂闸			引水闸			允许值
		$\Sigma G/\text{kN}$	$\Sigma H/\text{kN}$	$K_c$	$\Sigma G/\text{kN}$	$\Sigma H/\text{kN}$	$K_c$	$\Sigma G/\text{kN}$	$\Sigma H/\text{kN}$	$K_c$	$K_c^1$
正常运行	0.6	182.32	88.75	1.23	261.10	60.96	2.57	270.21	45.53	3.56	1.05
施工挡水	0.6	301.25	46.41	3.89	434.23	45.78	5.71	411.67	40.16	6.15	1.05
设计洪水	0.6	296.35	90.48	1.97	304.66	95.70	1.91	281.41	36.38	4.64	1.05
校核洪水	0.6	333.01	105.84	1.89	311.45	109.92	1.70	275.69	51.63	3.20	1.00

表3 溢流坝、冲砂闸和引水闸基底应力计算成果

单位:kPa

工况	溢流坝		冲砂闸		引水闸		结果
	$P_{\max}$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{\min}$	$P_{\max}$	$P_{\min}$	
正常运行	43.64	33.21	31.43	25.07	38.27	29.28	满足
施工挡水	115.28	12.71	51.30	42.65	56.87	46.04	满足
设计洪水	74.83	50.11	36.51	29.40	38.97	31.39	满足
校核洪水	93.25	47.14	37.50	29.89	39.35	28.62	满足

根据地勘资料,闸址处基岩埋深较浅,基岩面顶高程为332.70m,新建溢流坝基础坐落在岩基上,根据《水闸设计规范》(SL 265—2016),基底应力没有出现拉应力,满足稳定要求。

从表2和表3抗滑稳定和应力计算成果可知:溢流坝、冲砂闸和引水闸在正常运用(设计水位及多年平均水位)和非常运用条件下,其抗滑稳定安全系数均大于《水闸设计规范》(SL 265—2016)中规定的1.05(正常运用)和1.00(非常运用)安全系数。挡水坝基底应力最大发生在施工挡水期溢流坝处,为115.28kPa,远小于工程区地基允许承载力600kPa,且没有出现拉应力,满足稳定要求。因此,溢流坝、冲砂闸和引水闸结构整体设计安全、稳定。

## 5 结论

拐磨子灌区红旗一坝拦河坝除险加固工程经地质分析、结构优化、稳定性计算等,对拦河坝整体枢纽布置和结构参数进行了详细计算分析和方案优化,优选技术可行、经济节能的开敞式自由溢流堰设计方案。除险加固工程于2015年5月开工建设,2016年12年通过辽宁省水利厅组织的专家组竣工验收。拦河坝经过除险加固处理后,工程设施运行良好,充分发挥了工程引水灌溉和防洪的功能。为确保挡水坝功能正常发挥,提高工程建设投资经济效益,在挡水坝坝型选择、枢纽整体布置和结构计算中进行详细论证分析。

a. 坝址区揭露地层简单,基岩承载力较高,地质条件能够满足工程建设需求。

b. 结合坝址区地形地貌及地质条件,开敞式自由溢流坝从技术可靠性、节能经济性和运行稳定性等方面,均较拦河闸和橡胶坝优,设计推荐采用净宽146m克-奥型实用堰作为红旗一坝拦河坝坝型。

c. 根据《水闸设计规范》(SL 265—2016)相关技术指标要求,对溢流坝、冲砂闸和引水闸的抗滑稳定和基底应力进行了计算,成果表明:溢流坝、冲砂闸和引水闸在正常运用和非常运用条件下,其抗滑稳定安全系数和基底应力均满足规范限值要求,结构整体设计合理。◆

## 参考文献

- [1] 管晓燕. 驷马山灌区滁州片续建配套与节水改造项目的可行性分析[J]. 水利规划与设计, 2013(7): 32-34.
- [2] 刘泓崑. 轮台县塔勒克引水枢纽及两岸干渠改扩建工程[J]. 中国水能及电气化, 2014(2): 58-60.
- [3] 张生财. 新疆某水库溢洪道布置方案比选[J]. 水利规划与设计, 2015, 5(3): 83-85.
- [4] 王平. 新疆伊宁县农业开发项目节制分水闸分析研究[J]. 水利科技与经济, 2012, 18(5): 34-35.
- [5] 潘辉. 溢洪道控制段堰型比选及型式研究[J]. 水利技术监督, 2013, 21(3): 36-39.
- [6] 曹建国. 乌拉泊水库开敞式溢流坝的设计[J]. 水利建设与管理, 2014, 34(2): 33-36.