

新疆某水库抗滑稳定加固方案分析及验证

袁媛

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i3.6181

[摘要] 结合新疆某水库除险加固工程,提出大坝抗滑稳定加固方案,从工程布置、施工条件、抗震性、运行管理和工程投资等方面综合比较方案的合理性和经济性,优选出满足设计要求的加固方案,并通过计算判断加固方案的合理性,保证工程建设和运行的可靠性。该加固方案也可今后类似工程提供设计思路。

[关键词] 浆砌石坝; 抗滑稳定; 加固方案; 工程投资; 安全运行

中图分类号: TV641.1 **文献标识码:** A

Analysis and Verification of Anti-Slide Stability Reinforcement Scheme for a Reservoir in Xinjiang

Yuan Yuan

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] Based on the risk mitigation and reinforcement project of a newly built reservoir, a dam anti sliding and stability reinforcement plan is proposed. The rationality and economy of the plan are comprehensively compared from the aspects of project layout, construction conditions, seismic resistance, operation management, and project investment. The reinforcement plan that meets the design requirements is selected, and the rationality of the reinforcement plan is judged through calculation to ensure the reliability of project construction and operation. This reinforcement plan can also provide design ideas for similar projects in the future.

[Key words] masonry dam; anti slip stability; reinforcement plan; engineering investment; safe operation

引言

对于重力坝而言,其抗滑稳定性是评价工程安全的重要条件,也是工程设计中重点考虑的问题^[1-2],决定着重力坝基础处理措施的选择、坝体体型设计及工程投资的大小。重力坝基础的强度参数抗剪断内聚力 c 和抗剪断摩擦系数 f 值是影响坝体抗滑稳定的重要因素。目前重力坝抗滑稳定计算主要有刚体极限平衡法、抗剪强度公式法和有限元数值模拟法^[3-4]三种方法,其中刚体极限平衡法和抗剪强度公式法应用经验也比较丰富,在国内外重力坝设计的相关规范和实际工程设计中均被广泛采用^[5]。对于重力坝抗滑稳定加固工程,由于前期施工因素诸多参数已确定,无法进行调整,学者们通常考虑通过加高坝体、增加坝宽和调整上下游坝坡等方法,提高坝体抗滑稳定安全系数,以达到除险加固的目的^[6-8]。本文通过结合新疆某工程抗滑稳定加固方案比选,从多方面进行比选,确定方案的可行性和经济性。

1 工程概况

新疆某水库是一座以灌溉、供水和防洪为主的年调节水库,水库总库容1940万 m^3 ,工程等别为III等中型。该水库枢纽由浆砌

石重力坝(主、副坝)、溢洪道、泄洪洞等水工建筑物组成,大坝设计烈度为VIII度。

浆砌石坝体于2001年经历一次除险加固,坝体现状为主坝坝顶高程1579.00m,坝顶宽4.5m,上游坡比1:0.05,下游坡比1:0.75,最大坝高47.1m,坝顶长度103.636m。主河槽段设置长30m的钢筋混凝土心墙,心墙顶高程1577.40m,顶厚0.4m,底厚1.2m。坝体砌石伸入基岩0.2m,坝基座落在华力西期粗中粒花岗岩弱风化岩体上,坝体为水泥砂浆砌石,砌石母岩为花岗岩,坝体无分缝。副坝筑坝材料、坝顶高程及坝顶宽与主坝相同,在迎水面1559.50m~1561.50m高程处设置厚为0.5m,高为2m的混凝土防渗墙,最大坝高24.60m,坝长70.066m,坝体无分缝。

通过现场地质钻孔试验、实地勘察,砌石之间砂浆充填较完整,砌石与砂浆结合尚可,局部结合较差,岩芯裂开,砂浆多见蜂窝状孔洞,砂以中粗砂为主,局部凝结较差,手可捏碎。本文主要从坝体自身抗滑稳定加固方面拟定方案,通过投资、施工条件、后期运行维护等方面进行比选。

2 坝体抗滑稳定加固方案分析

2.1 方案拟定原则

主、副坝坝址处河谷狭窄,两岸岸坡基岩裸露,岸坡坡度较陡,其中主坝岸坡坡度 $55^{\circ}\sim 80^{\circ}$,局部近直立;副坝坡度 $50^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。主坝坝基基岩向上游倾斜,倾斜角度近 6° 。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2015)^[9]工程区相应地震基本烈度属Ⅷ度。经复核计算,主坝河槽段范围坝体高程1536.36m以下,在地震工况下抗滑稳定不满足规范要求;副坝坝基与基岩接触面在冰冻及地震工况下抗滑稳定不满足规范要求。因此主河槽段坝体及副坝坝下游面新增混凝土增加坝体自重,使其满足抗滑稳定要求。

2.2 主坝坝体抗滑稳定加固方案分析

考虑主坝河槽段下游原河床与副坝段下游河床相交,利用山体凸出的地形条件,可回填混凝土至1544.62m高程与对岸山体基岩连接,抬高坝体抗滑稳定计算基础高程,减少坝后新增混凝土工程量。

2.2.1 方案拟定

主坝抗滑稳定加固措施共拟定三个方案:

(1)方案一。新增抗滑体顶宽为6.0m,新增抗滑体下游边坡与原坝体相同1:0.75,采用C20混凝土,新增抗滑体基础开挖至基岩,开挖基坑回填砂砾石至原地面高程。(2)方案二。新增抗滑体顶宽为2.5m,新增抗滑体下游边坡与原坝体相同1:0.75,采用C20混凝土,新增抗滑体的基础开挖至基岩,浇筑C20混凝土至高程1544.62m,两侧开挖基坑回填砂砾石至原地面。(3)方案三。新增抗滑体顶高程1554.0,顶宽为2.0m,新增抗滑体下游边坡1:2.0,采用C20混凝土,新增抗滑体的基础开挖至基岩,浇筑C20混凝土至高程1544.62m,两侧开挖基坑回填砂砾石至原地面。

2.2.2 方案比较

(1)地质条件。坝址区内现代河床、漫滩及Ⅱ级阶地分布第四系全新统冲积层(Q_4^{al}),基岩地层岩性主要为华力西早期第四侵入次斑状花岗岩,三个抗滑稳定加固方案部位相同,地质条件相同。(2)工程布置。方案一、方案二同为自坝顶1579.0m高程加固,下游边坡1:0.75,新增抗滑体顶宽度不同,方案一顶宽6.0m,方案二顶宽2.5m;方案三自坝后1554.0m高程加固,顶宽2.0m,下游边坡1:2.0。方案一新增抗滑体基础座落于基岩,开挖基坑回填砂砾石;方案二及方案三基坑回填混凝土,新增抗滑体位于其上方。(3)施工条件。三个方案施工部位基本相同,施工交通、工期、施工方式基本一致,方案三混凝土浇筑量最少。(4)抗震性。坝址区微小地震活跃区域,地震频度高,强度较大,工程区50年超越概率10%的地震动峰值加速度值为0.20g,三个坝体抗滑稳定加固方案均位于原坝体下游坡上,与老砌石体采用凿毛并设置砂浆锚杆连接,三个方案均具有较好的抗震性能。(5)与泄水建筑物之间的关系。溢洪道泄流与三个方案新增抗滑体混凝土下游坡脚均存在过流冲刷,但方案一开挖基坑回填砂砾石,泄水易掏刷坡脚;方案二、三基坑回填混凝土与下游山体基岩相接,溢洪道泄流对基础掏刷影响较方案一小。(6)运行管理。方案一、方案二自坝顶加宽,增加了部分坝段坝顶宽度,自原地面起加高高度34.4m,方案三自1554.0m高程加宽,自原地面起加

高高度9.4m,加高高度低的方案三便于后期检查管理。(7)工程量及投资。工程量及投资见表1。(8)比较结论。经工程布置、施工条件、运行条件、投资等方面比较,确定最为经济的方案三作为本次主坝坝体抗滑稳定加固的推荐方案。

表1 主要工程量及投资对比表

序号	工程项目	单位	方案一	方案二	方案三
1	河床覆盖层开挖	m ³	4976	10500	10500
2	砂砾石回填	m ³	3666	3231	3231
3	C20混凝土	m ³	8225	3109	2930
4	C20回填混凝土	m ³	/	5440	5440
5	Φ25砂浆锚杆	根	1353	1353	858
6	砌石体凿毛	m ²	2416	2416	1366
7	排水孔	m	1799	1641	1390
8	钢筋	t	9	9	9
9	总投资	万元	492.59	491.68	461.43

2.3 副坝坝体抗滑稳定加固方案分析

2.3.1 方案拟定

(1)方案一。坝体顶宽不变为4.5m,新增抗滑体抬高副坝下游垂直面与1:0.75边坡的变坡点,原变坡点为1573.770m,新增抗滑体采用C20混凝土,顶部高程为1576.250m,下游边坡与原坝体相同为1:0.75,新增抗滑体基础开挖至下游基岩,新增抗滑体混凝土厚1.488m。(2)方案二。新增抗滑体顶高程1562.700m,顶宽2.0m,下游边坡1:1.5,新增抗滑体采用C20混凝土,基础开挖至下游基岩。

2.3.2 方案比较

表2 主要工程量及投资对比表

序号	工程项目	单位	方案一	方案二	备注
1	土方开挖	m ³	158	158	
2	C20混凝土	m ³	804	698	F200
3	Φ25砂浆锚杆	根	594	143	间、排距1m,长1.8m
4	砌石体凿毛	m ²	594	143	
5	排水孔	m	201	66	孔径Φ150mm
6	排水管	m		99	孔径Φ150mm
7	接触灌浆	m ³	594	77	
8	总投资	万元	58.9	43.3	
9	投资差(方案二-方案一)		15.6	0	

(1)地质条件。副坝坝基基岩地层岩性主要为华力西早期第四侵入次斑状花岗岩,抗滑稳定加固方案部位相同,地质条件相同。(2)工程布置。方案一、方案二加固高程不同。方案一自坝下游整体加厚坝体;方案二自下游高程1562.700m处加宽坝体,顶宽2.0m,下游边坡1:1.5。(3)抗震性。坝址区微小地震活跃区域,地震频度高,强度较大,工程区50年超越概率10%的地震动峰值加速度值为0.20g,抗滑稳定加固方案均位于原坝体下游坡上,与老砌石体采用凿毛并设置砂浆锚杆连接,三个方案均具有较好的抗震性能。(4)与泄水建筑物之间的关系。溢洪道出口泄水与新增混凝土下游坡脚存在过流冲刷,两个方案采用混凝土加固减小了泄水对坝体的冲刷。(5)运行管理。方案一为坝体整体加宽,方案二自原地面起加高高度8.3m,加高高度低的

方案二便于后期检查管理。(6) 工程量及投资。工程量及投资见表2。(7) 比较结论。经地质条件、工程布置、施工条件、运行条件、投资等方面比较, 确定最为经济的方案二作为本次副坝加固的推荐方案。

3 抗滑稳定分析计算

主坝加固后基坑回填混凝土使坝基抬高至高程1546. 6m, 新增抗滑体顶高程1554. 00m, 副坝新增抗滑体顶高程1562. 70m。主、副坝坝体抗滑稳定计算成果见表3。由表可知, 加固后各运行工况下, 加固后主坝及副坝抗滑稳定安全系数均大于《砌石坝设计规范》(SL 25-2006)^[10]要求, 主、副坝加固后坝体。

表3 加固后主、副坝坝体抗滑稳定计算结果

部位	荷载组合		抗剪断强度		抗剪强度	
			安全系数 K'	[K]	安全系数 K'	[K]
主坝坝体内 高程 1536. 36m 抗滑稳定	基本 组合	(1) 正常蓄水位情况	5. 80	≥3. 0	1. 30	≥1. 05
		(2) 设计洪水水位情况	5. 70	≥3. 0	1. 28	≥1. 05
		(3) 冰冻情况	5. 64	≥3. 0	1. 27	≥1. 05
	特殊 组合	(4) 校核洪水水位情况	5. 52	≥2. 5	1. 23	≥1. 0
		(5) 正常蓄水位+地震	4. 69	≥2. 3	1. 03	≥1. 0
副坝坝基与 基岩接触面 抗滑稳定	基本 组合	(1) 正常蓄水位情况	7. 89	≥3. 0	1. 30	≥1. 05
		(2) 设计洪水水位情况	7. 69	≥3. 0	1. 26	≥1. 05
		(3) 冰冻情况	7. 43	≥3. 0	1. 22	≥1. 05
	特殊 组合	(4) 校核洪水水位情况	7. 36	≥2. 5	1. 19	≥1. 0
		(5) 正常蓄水位+地震	6. 35	≥2. 3	1. 02	≥1. 0

4 结论

综上, 从工程布置、施工条件、抗震性、运行管理和工程投资等方面, 对新疆某水库大坝抗滑稳定方案进行综合全面比较, 分析得出最优方案, 保证工程的安全建设, 节约工程投资。同时通过对加固后坝体抗滑稳定计算, 验证坝体稳定性。该工程大坝加固方案也可为今后类似工程大坝加固方案设计提供参考。

[参考文献]

[1]胡能明,张文皎,宋志宇,等.多软弱夹层坝基高重力坝深层抗滑稳定与加固措施研究[J].中国农村水利水电,2021,(2):170-174+181.

[2]苏怀智,李金友.重力坝工程病险除控实施效能评估研究述评[J].水力发电学报,2018,37(04):12-25.

[3]赵引,任青文,陆晓敏.向家坝水电站重力坝深浅层抗滑稳定分析[J].水利水电科技进展,2008,(02):47-50+58.

[4]张津生.浅析刚体极限平衡法——探讨重力坝深层抗滑稳定的安全判据[J].水力发电学报,2005,(05):26-33.

[5]陈祖煜,王玉杰,孙平.三峡大坝3坝段深层抗滑稳定分析[J].中国科学:技术科学,2017,47(08):814-822.

[6]徐晶.福山源水库浆砌石重力坝加固设计[J].水利科学与寒区工程,2022,5(12):52-55.

[7]付敬,黄书岭,吴勇进,等.亭子口重力坝坝基深层抗滑稳定及加固措施研究[C]//水电2013大会——中国大坝协会2013学术年会暨第三届堆石坝国际研讨会论文集,2013:472-478.

[8]王永旺.重力坝深层抗滑稳定加固处理措施[J].陕西水利,2019(4):158-160.

[9]GB18306-2015中国地震动参数区划图[S].北京:中国标准出版社,2016.

[10]SL 25-2006砌石坝设计规范[S].北京:中华人民共和国水利部,2006.

作者简介:
袁媛(1982—),女,汉族,四川中江县人,现就职于: 新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司,高级工程师,大学本科,研究方向: 水利水电工程专业。