

浅议泰安市岱岳区小安门水库除险加固工程设计

赵伟

(泰安市岱岳区小安门水库管理所, 山东 泰安 271034)

【摘要】 小安门水库建设年代久远,经核定为三类坝,亟待除险加固设计。本文采用相邻雨量站水文数据推算设计洪水过程,综合分析暴雨综合频率曲线法、暴雨等值线图法的适用性。调节计算表明,100年一遇洪水情况下,水库最高水位为186.40m,最大下泄流量为558.9m³/s,相应库容为1847万m³。同时,对小安门水库的水工建筑物、金属结构、施工组织安排进行设计,核定了除险加固的工程量和材料用量,确定了投资主要指标,分析了工程盈利能力。

【关键词】 三类坝;设计洪水过程;投资指标;盈利能力

中图分类号:TV698.2

文献标志码:A

文章编号:1005-4774(2017)06-0048-05

On design of risk removal and reinforcement project in Xiaonanmen Reservoir of Tai'an Daiyue District

ZHAO Wei

(Tai'an Daiyue District Xiaonanmen Reservoir Administration, Tai'an 271034, China)

Abstract: Xiaonanmen Reservoir has been constructed for many years, which has been rated as class III dam. Risk removal reinforcement design should be carried out. In the paper, adjacent precipitation station hydrological data is adopted to calculate and design flood process. The applicability of rainstorm comprehensive frequency curve method and rainstorm contour map method is analyzed comprehensively. Adjustment calculation shows that the highest water level is 186.40m, the largest discharge is 558.9m³/s, and the corresponding capacity is 18.47 million m³ under the condition of 100-year return period flood. Meanwhile, the hydraulic structures, metal structures and construction organization of Xiaonanmen Reservoir are designed. The engineering quantity and material consumption of risk removal and reinforcement are verified. Main indicators of investment are determined. The project profitability is analyzed.

Keywords: Class III dam; design flood process; investment indicator; profitability

1 引言

小安门水库位于山东省泰安市岱岳区祝阳镇金井村北,在大汶河的二级支流徐汶河上游。流域内较大支有流3条,坝址以上最大干流长9km,平均比降0.015。水库上游流域内现有小(1)型水库1座、小

(2)型水库7座,控制流域面积11.31km²,总库容233.2万m³,兴利库容190.8万m³。水库保护下游15个行政村,面积为10.73km²(其中粮田面积1.1万亩),人口1.1万人。水库防洪任务比较重大,对维护当地国民经济的稳定持续发展,保护国家和人民生命财产的安全具有重要作用。

水库始建于1959年10月,后经三次续建,达到现有程度,不同年代的多次施工,给工程留下很多安全隐患。2007年对小安门水库进行安全鉴定,认定该水库大坝现有防洪能力不满足标准,核定为三类坝。为确保水库下游广大人民群众的安全,需尽早对该水库进行除险加固工程设计^[1-2]。

2 水文条件分析

2.1 设计洪水计算

2.1.1 雨量

小安门水库流域未设雨量站,水库邻近有范镇、黄前水库、王下、下港等雨量站,除下港站部分年份为汛期观测站外,其他三站均为常年观测站,各雨量站的观测雨量系列长度均在30年以上,满足现行设计洪水计算规范的要求。

2.1.2 面雨量计算

设计雨量的分析计算,采用地区暴雨综合频率曲线法和暴雨等值线图法两种不同方法^[3],经点面换算后计算出流域设计面雨量。

2.1.2.1 暴雨综合频率曲线法

地区综合频率曲线法分析计算水库设计雨量时,采用与该流域相近,同在大汶河流域暴雨洪水一致性的范镇、黄前水库、王下、下港等雨量站资料。经分析,

范镇、黄前水库、王下、下港等雨量站年最大24h点雨量均值分别为105.8mm、113.1mm、102.4mm、115.2mm,对各站最大24h点雨量进行频率分析,按照理论频率曲线与经验点据拟合较好的原则, C_v 分别为0.57、0.45、0.58、0.54。根据规范要求及出于安全考虑,综合定线时, C_v 取0.57,即110.5mm。

各雨量站年最大72h点雨量均值分别为131.7mm、136.6mm、125.5mm、135.4mm,对各站最大72h点雨量进行频率分析, C_v 分别为0.54、0.50、0.47、0.53,综合定线时, C_v 取0.53,即133.5mm。

经点面折减换算得到不同频率设计面雨量,小安门水库流域面积36.3km²,最大24h、最大72h雨量点面折减系数分别为0.977、0.987。

2.1.2.2 暴雨等值线图法

根据山东省水文水资源勘测局提供的小安门水库多年平均年最大24h、最大72h暴雨及相应的暴雨变差系数分析成果(2000年编制),小安门水库流域年最大24h、最大72h点雨量均值分别为112mm、132mm, C_v 为0.57、0.53。根据皮尔逊Ⅲ型曲线模比系数 KP 值表,查得不同设计频率 KP 值,求得各相应频率最大24h、最大72h设计点暴雨量,点面换算得相应频率设计面雨量。

小安门水库不同方法不同频率设计面雨量计算成果见表1。

表1 小安门水库不同方法设计面雨量成果

方法	类别	均值/mm	C_v	不同频率设计雨量/mm						
				0.05%	0.10%	1%	2%	3.33%	5%	
暴雨综合频率曲线法	点雨量	H_{24}	110.5	0.57	525.8	482.2	337.4	293.8	261.8	236.2
		H_{72}	133.5	0.53	584.4	538.0	383.3	336.4	301.8	274.1
	面雨量	H_{24}	108.0		513.7	471.1	329.6	287.0	255.8	230.8
		H_{72}	131.8		576.8	531.0	378.3	332.0	297.9	270.5
暴雨等值线图法	点雨量	H_{24}	112.0	0.57	532.9	488.7	342.0	297.8	265.9	239.4
		H_{72}	132.0	0.53	577.7	531.9	378.9	332.5	298.9	270.9
	面雨量	H_{24}	109.4		520.6	477.5	334.1	291.0	259.8	233.9
		H_{72}	130.3		570.2	524.9	374.0	328.2	295.0	267.4

经综合分析认定地区暴雨综合频率曲线法分析计算成果的合理性、代表性较好,小安门水库设计面雨量选用地区综合频率曲线法分析计算的成果。

2.2 设计净雨计算

小安门水库30年一遇设计雨型采用1994年6月29日典型雨型,最大6h雨量占24h雨量的92%,其他

不同频率面雨量所对应暴雨量级的设计雨型根据暴雨规律做适当调整。不同频率最大 24h 设计面雨量的时程分配,根据设计值大小,选取不同的时程分配,雨期采用三天,第一天面雨量 $0.35 \times (H_{72} - H_{24})$,第二天面雨量 $0.65 \times (H_{72} - H_{24})$,第三天面雨量 H_{24} 。

净雨计算采用降雨径流相关图法。使用《山东省水文图集》中泰沂山南区 $P + Pa \sim R$ 降雨径流关系 1 号线推算水库设计净雨,设计前期影响雨量 Pa 取 40mm。小安门水库不同频率的设计净雨量成果见表 2。

表 2 小安门水库不同频率设计净雨量成果

日	不同频率设计净雨量/mm							
	0.05%	0.10%	1%	2%	3.33%	5%	10%	20%
R_1	14.5	13.6	10.8	9.9	9.3	8.7	7.7	6.6
R_2	33.2	30.8	23.3	20.9	19.0	17.5	15.4	13.3
R_3	483.3	443.1	308.8	267.9	236.7	212.8	170.6	128.4

2.3 设计洪水过程线推求

采用山东省综合瞬时单位线法^[4]推算小安门水库不同频率设计洪水。设计洪水洪峰流量、不同时段洪量成果见表 3。

表 3 小安门水库设计洪水成果

项目	频率					
	0.05%	0.10%	1%	2%	3.33%	5%
洪峰流量 $Q_m/(m^3/s)$	1176	1068	777	661	605	535
最大 3h 洪量/万 m^3	993	910	669	580	533	478
最大 6h 洪量/万 m^3	1517	1389	982	849	759	681
最大 24h 洪量/万 m^3	1751	1605	1118	969	856	770
最大 72h 洪量/万 m^3	1926	1768	1243	1082	960	865

2.4 洪水调节计算

2.4.1 计算原理

水库洪水调节计算的基本原理是水量平衡,即水库的入库流量过程线与经过水库调蓄后的出库流量过程线之间的关系,可用水量平衡方程式来表示,即

$$\left(\frac{Q_1 + Q_2}{2}\right)\Delta t - \left(\frac{q_1 + q_2}{2}\right)\Delta t = V_2 - V_1$$

式中 Q_1, Q_2 ——时段初、时段末的入库流量, m^3/s ;

q_1, q_2 ——时段初、时段末的出库流量, m^3/s ;

V_1, V_2 ——时段初、时段末的水库蓄水量, 万 m^3 ;

Δt ——计算时段, h, 取 $\Delta t = 1h$ 。

水量平衡方程式中 q_2 与 V_2 是未知数, 还须建立水库下泄流量与库容的关系, 即

$$q = f(V)$$

2.4.2 调节计算

小安门水库起调水位为兴利水位 184.52m。洪水调节计算按 20 年一遇防洪水位控泄。根据《小安门水库洪水调度规程》及现状核算, 小安门水库下游河道安全泄量为 $105m^3/s$, 河道治理标准为 20 年一遇。当遭遇高于 20 年一遇洪水时, 溢洪闸敞泄, 确保大坝安全。

调节计算表明, 水库 20 年一遇防洪水位为 186.40m, 最大下泄流量为 $105.0m^3/s$; 设计标准(100 年一遇)洪水情况下, 水库最高水位为 186.40m, 最大下泄流量为 $558.9m^3/s$, 相应库容为 1847 万 m^3 ; 校核标准(1000 年一遇)洪水情况下, 水库最高洪水水位为 186.79m, 最大下泄流量为 $615.2m^3/s$, 相应库容为 1964 万 m^3 。设计洪水调节计算成果见表 4。

表 4 小安门水库设计洪水调节计算成果

项目	设计频率			
	0.10%	1%	3.33%	5%
库容/万 m^3	1964	1847	1847	1847
下泄流量/(m^3/s)	615.2	558.9	558.9	105.0
水位/m	186.79	186.40	186.40	186.40

3 除险加固设计

3.1 水工建筑物设计

3.1.1 大坝

a. 0+050.00~0+500.00 段, 在大坝上部采用混凝土搅拌防渗墙, 防渗墙轴线和坝轴线重合, 墙厚 25cm, 墙顶高程 188.50m, 墙底高程 178.87m, 防渗墙深 9.63m。坝顶防浪墙拆除重建, 其下设置 3:7 灰土垫层连接混凝土防渗墙, 使之衔接成闭合的防渗体系, 坝顶路面硬化。

b. 大坝上游高程 175.00m 以上干砌石护坡拆除翻修,增设反滤层;185.02m 以上至坝顶高程采用现浇加糙混凝土板护坡,厚 0.15m;185.02m 以下至 175.00m 高程采用干砌方块石护坡。上游坡脚抛石压重,压重平台顶高程 175.00m,顶宽 13.0m,边坡坡比 1:1.2。

c. 下游坝坡高程 183.87m 和 178.87m 增设纵向浆砌石排水沟,断面尺寸为 0.35m×0.40m(宽×高);下游坝坡改建横向浆砌石排水沟 9 道,间距 50m,断面尺寸为 0.25m×0.30m(宽×高);下游坝脚增设贴坡排水体和坝脚排水沟,贴坡排水顶高程为地面上 2.0m。

d. 大坝下游坝坡修整,草皮护坡翻修。重建大坝观测、照明与防雷设施。

3.1.2 溢洪道

拆除现状溢流堰,改建为溢洪闸,新建溢洪闸为钢筋混凝土结构,共 3 孔,每孔净宽 8m,总宽 26.4m。闸室总长 15m,闸底板顶高程 180.52m,底板厚 1.2m。闸墩顶高程 188.50m,中墩厚 1.2m。闸室内设工作闸门和检修闸门,工作闸门采用平板钢闸门,尺寸为 8m×5.5m,检修闸门采用叠梁式平面钢闸门。上部设机架桥机启闭机房。闸室两侧建有桥头堡,共 3 层,建筑面积 361.22m²。闸后设交通桥,桥面净宽 7.0m,荷载标准为公路-II 级。

溢洪闸后接钢筋混凝土泄槽段,长 80.0m,底宽由 26.4m 渐变为 20.0m,底坡 1:10,两侧为钢筋混凝土悬臂式挡土墙,末端接挑流鼻坎,后接尾水渠,长 105m,底坡 1:200,下接下游河道。

3.1.3 南、北放水洞

南放水洞全部拆除重建,主要由钢筋混凝土箱涵进口段、进口连接段、钢筋混凝土竖井闸室、穿坝钢筋混凝土箱涵段、出口连接段等组成。进口段长 16.0m,底板高程 178.89m,单孔箱涵,孔口尺寸(宽×高)1.5m×2.0m。闸室段长 8.0m,闸墩厚 0.80m,内设工作闸门和检修闸门,均为平板钢闸门,尺寸(宽×高)1.5m×2.0m,上部设检修平台及启闭机房。穿坝涵段长 64.0m,孔口尺寸与进口段相同。

北放水洞拆除,结合溢洪闸重建,主要由进口引水明渠、钢筋混凝土箱涵进口段、闸室段、下游预埋管连接段等组成。进口段为钢筋混凝土箱涵结构,长 26.0m,进口底板高程 178.72m,断面尺寸(宽×高)1.0m×1.0m,壁厚 0.5m。闸室段顺水流方向长 15.0m,内设工作闸门和检修闸门,均为平板钢闸门,尺寸(宽×高)1.0m×1.0m,其吊点中心线分别与溢洪闸工作闸门、检修闸门吊点中心线在闸轴线方向对应重合。

3.2 金属结构设计

根据小安门水库大坝安全鉴定及放水洞安全复核报告,结合工程现状,为使该水库能够正常安全运行,对其金属结构部分按新规范进行新建、改建,并进行优化设计。

溢洪闸工程为新建工程,金属结构部分包括工作闸门、检修闸门及其各自相应的启闭设备。工作闸门为露顶式变截面平面定轮钢闸门,启闭机采用 2×160kN 卷扬式启闭机,检修门设计采用变截面、叠梁式平面滑动钢闸门,检修门分 3 节,每节 1.35m。设计采用检修闸门启闭设备,包括 2×50kN 双吊点电动葫芦和自动挂脱梁。

南、北放水洞工程为拆除重建工程,金属结构部分包括工作闸门、检修闸门及其各自相应的启闭设备,拦污栅不设启闭设备。

3.3 施工组织设计

小安门水库出险加固的主要工程量包括:拆除砌石和混凝土 12871m³,土石方开挖 135423m³,土石方回填 115150m³,砌石 35616m³,混凝土及钢筋混凝土 9016m³,钢筋制安 460t。

工程导流建筑物级别为 5 级,洪水重现期选用 5 年。根据工程的规模特点和施工进度安排,第一个非汛期进行溢洪道(闸)、北放水洞加固改造工程,利用南放水洞导流。第二个非汛期进行主坝加固、南放水洞加固改造工程,分两期实施,10—12 月利用南放水洞导流,进行主坝加固工程;次年 1—5 月在南放水洞进口处修建临时挡水建筑物,利用新建北放水洞导流,

进行南放水洞加固工程。

工程主要包括:砌石和混凝土拆除,土石方开挖,坝体防渗加固,混凝土浇筑,机电、金属结构安装等。土方开挖时根据土石方平衡,采用施工机械将土石方运至填筑区或弃土区;土方回填采用振动碾或拖拉机压实。石方开挖主要采用一般石方开挖方式施工,紧邻水平建基面开挖全部采用保护层石方开挖方法施工,混凝土浇筑采用集中拌和与移动式拌和相结合,塔机或混凝土输送泵送入仓。大坝水泥土防渗墙采用多头深层搅拌桩机施工,机电、金属结构设备应由具有制造资质的厂家制造和安装。

根据工程的施工项目、工作量及相互间制约条件,拟定总工期2.5年。总工期由工程准备期(包括部分筹建工程)、主体工程施工期和工程完建期三个阶段组成。

4 工程概算

4.1 主要工程量及材料用量

主体工程主要工程量包括:土石方开挖 135423m^3 ,土石方回填 115150m^3 ,砌石 35616m^3 ,混凝土及钢筋混凝土 9016m^3 ,钢筋制安 460t ,拆除砌石及混凝土 12871m^3 。

主体工程主要材料用量包括:钢筋 417.2t ,木材 20m^3 ,水泥 4414t ,汽油 10.3t ,柴油 243.1t ,砂 7261m^3 ,碎石 22791m^3 ,块石 11683m^3 。

主要工时数量 64.02 万工时。工程总工期为2.5年。

4.2 投资主要指标

工程概算按照2007年上半年价格水平编制,年度价格指数为零,基本预备费按一至五部分投资合计值的6%计算。

工程静态总投资为 4017.44 万元,其中工程部分静态总投资为 3761.93 万元,移民环境工程静态总投资为 122.10 万元,水文设施工程静态总投资为 133.41 万元。

4.3 经济评价

从国民经济角度分析工程的盈利能力,根据经济

内部收益率、经济净现值及经济效益费用比等评价指标和评价准则进行,按社会折现率8%计算各评价指标。经济内部收益率为15.0%,经济净现值为2870万元,经济效益费用比为1.55。由计算的各项指标值可以看出,经济内部收益率大于社会折现率8%,经济净现值大于零,经济效益费用比大于1.0。因此,从国民经济盈利能力分析来看,工程在经济上是合理可行的。

5 结语

小安门水库始建于1959年10月,虽然经过多次施工,但仍留下很多安全隐患,除险加固工程设计刻不容缓。本文通过使用范家镇、黄前水库、王大下、下港等雨量站的长系列雨量数据推算小安门水库流域设计洪水过程,综合分析了暴雨综合频率曲线法、暴雨等值线图法在面雨量计算中的适用性。洪水调节计算表明,水库设计标准(100年一遇)洪水情况下,水库最高水位为 186.40m ,最大下泄流量为 $558.9\text{m}^3/\text{s}$,相应库容为 $1847\text{万}\text{m}^3$ 。

依据水文资料分析结论,对小安门水库的水工建筑物、金属结构、施工组织安排进行设计,并核定了除险加固工程的工程量和材料用量,确定投资主要指标,分析工程的盈利能力:经济内部收益率大于社会折现率8%,经济净现值大于零,经济效益费用比大于1.0。

小安门水库除险加固工程于2009年1月开工建设,2010年12月25日通过山东省水利厅组织的专家组竣工验收。水库经过除险加固,工程设施运行良好,充分发挥了水库的最大效益。◆

参考文献

- [1] 管刚强. 小型水库除险加固工程施工质量控制[J]. 中国新技术新产品, 2013(1): 72-72.
- [2] 谭界雄, 位敏. 我国水库大坝病害特点及除险加固技术概述[J]. 中国水利, 2010(18): 17-20.
- [3] 白永年. 我国病险水库除险加固技术的发展与运用[J]. 中国水利, 2007(6): 62-63.
- [4] 谭界雄, 任翔. 我国小型病险水库病害特点及除险加固技术[J]. 中国水利, 2011(14): 31-33.