

水文计算在小型水库除险加固设计中需注意的问题

董志峰

陕西省水工程勘察规划研究院 陕西 西安 710000

摘要: 水利设计工作中,水文计算作为其中的一个重要基础环节,直接决定了工程的规模及安全,其重要性不言而喻。然而在水库除险加固设计过程中,水文计算和规模计算相较于一般的新建工程,其计算内容和计算方法又有着不同的侧重,本文以作者参与的陕西省榆林市佳县佳芦河高阳湾水库除险加固工程初步设计工作为例,系统地介绍了小型水库除险加固设计过程中,水文和规模计算需注意的几个问题,希望给相关水利工作者以参考。

关键词: 洪水计算;泥沙淤积;调洪演算;规模

1 水文和规模计算在小型水库除险加固设计过程中的重要性

截至2020年底,全国共有已建水库98566座,其中小型水库93694座,占比95.1%。我国大多数小型水库建成于上世纪50至70年代,运行年限在50年以上的超过50%,存在工程标准偏低、配套设施不全、老化失修严重、管理力量薄弱等问题。

党中央和国务院高度重视水库大坝安全,1998年以来,先后实施7万余座水库除险加固,水库大坝安全状况和管理条件显著改善,安全管理水平明显提高。近年来,极端气候变化加大了水库安全运行管理的难度,大坝安全风险增加。为进一步消除病险水库安全隐患,规范水库大坝除险加固与安全运行管理工作,为更好的贯彻落实《国务院办公厅关于切实加强水库除险加固和运行管护工作的通知》(国办发〔2021〕8号),水利部办公厅印发《小型水库除险加固工程初步设计技术要求》(办运管〔2022〕195号),对小型水库除险加固工程初步设计提出技术要求(以下简称“技术要求”),其中水文计算和规模计算分别作为第二章与第四章做重要阐述^[1]。

2 水文计算

根据《水利水电工程初步设计报告编制规程》(SL/T 619-2021)和“技术要求”,水文计算主要包括径流、洪水、泥沙及水情测报等方面的内容。下面以高阳湾水库为例,对水文计算中需要注意的几个问题逐一阐述。

2.1 径流计算

相较于除险加固工作的前提大坝安全评价,径流计算是“多出来的”一个章节,因为随着水库运行年限的增加,泥沙淤积逐年增加,可能会占据水库的兴利库容,另外有些水库的功能(供水任务和对象)在时间运用过程中有可能发生变化,因此,径流计算在水库除险

加固过程中是十分必要的,对于验证现行条件下,水库是否仍具备设计供水条件,是否需要改变供水任务甚至扩容等方面都是必要的计算环节。对于高阳湾水库而言,径流计算需要注意以下几个方面:

(1) 基本资料

基本资料应尽量收集至最新年限,且符合可靠性、一致性、代表性。高阳湾水库除险加固设计工作收集到所在流域的申佳湾水文站1957~2020年的径流、洪水及泥沙系列资料。

(2) 计算

在资料的可靠性、一致性和代表性(需做相关计算)都满足的前提下,对申家湾站63年的径流系列进行频率分析,用P-Ⅲ型曲线适线。在适线时,着重考虑中、下部的径流点据,适当考虑上端较大的径流点据,确定出理论频率曲线。

根据申家湾站的径流分析计算成果,采用水文比拟法,并考虑雨量修正计算高阳湾水库坝址处年径流量。

为后续径流调节做准备,还需对各频率年份的径流做年内分配。

2.2 洪水计算

洪水计算应采用多种方法进行,本次高阳湾水库洪水计算采用经验公式法(汇水面积相关法,综合参数法)、暴雨推求(推理公式)法及以申家湾水文站作为参证站的水文比拟法分别进行计算,另外,黄委会近期对接了黄河万家寨~碛口区间支流的洪峰流量经验公式,本次采用以上5种方法,综合分析确定最终选用成果。除洪峰流量计算外,还需计算设计洪水和校核洪水过程线,为调洪演算做准备,本次洪水过程线采用推理公式五点概化法^[2]。

将以上5种方法计算的高阳湾水库的设计洪水成果汇

总于(如下表1)。

表1 高阳湾水库设计洪水成果汇总表

方法		0.1	0.2	0.33	0.5	1	2	3.3	5	10
地区经验公式 法Q (m ³ /s)	洪峰流量汇水面积相关法	3660	3100		2740	2390	2010		1490	
	综合参数法	3550	2980		2560	2260	1890		1400	
推理公式法	洪峰流量Q (m ³ /s)		3760				2380			
	相应洪量		1360				671		458	
水文比拟法	洪峰流量Q (m ³ /s)	2610	2220	1940	1720	1370	1020	790	617	358
	一日洪量W (万m ³)	827	731	661	606	513	420	354	302	206
黄委经验公式	洪峰流量Q (m ³ /s)	2870	2540		2110	1780	1450		1010	

对以上5种方法的计算成果进行分析,通过方法的适用性、结果的安全合理性,且通过对比已有成果的分析值,综合选择最终采用成果。经综合对比,高阳湾水库坝址断面最终采用黄委经验公式法的计算成果。黄河水利委员会近期根据各站实测水文资料等数据,对黄河万家寨~碛口区间支流的洪峰流量进行了经验公式的推导,

为芦河属该区间范围内的支流,其计算成果相对合理。

由于本工程为已成工程,故设计洪水成果还需与已有成果作对比,本次采用黄委会经验公式法的计算成果,较之上述两次计算成果偏大,从工程安全角度出发,洪峰流量采用本次计算值,洪量成果也偏安全地采用推理公式法的计算成果(如下表2)^[3]。

表2 高阳湾水库历次设计洪水计算成果表

成果名称	项目	p (%)				备注	
		0.2	1	2	5		
2005年除险加固	高阳湾坝址	洪峰流量Q (m ³ /s)	2360	1540	1210	799	
		洪量W ₁ (万m ³)	857	595	485	347	
2020年安全评价	高阳湾坝址	洪峰流量Q (m ³ /s)	2337	1453	1101	676	
		洪量W ₁ (万m ³)	843	580	471	331	
本次计算	高阳湾坝址	洪峰流量Q (m ³ /s)	2540	1780	1450	1010	采用
		洪量W (万m ³) (推理公式)	1360		671	458	

2.3 泥沙

泥沙计算作为水库泥沙淤积计算的前提,在水库除险加固设计过程中尤为重要:

本次收集到申家湾水文站1958~2020年实测输沙资料,采用申家湾水文站为参证站,用水文比拟法推求高阳湾水库坝址的多年平均输沙量。

(1) 参证站多年平均悬移质输沙量计算

高阳湾水库修建于70年代,本次采用1971~2020年资料系列进行计算,输沙量计算按实控面积与全流域的比例换算为全流域的输沙量,求得1971~2020年平均输沙量为429万t/a,年平均输沙模数为0.382万t/km²。

(2) 高阳湾水库坝址多年平均悬移质输沙量计算

采用申家湾站输沙模数计算得到高阳湾水库坝址多年平均悬移质输沙量为51.6万t。

(3) 高阳湾水库推移质计算

佳芦河及邻近相似流域无推移质观测资料,故本次高阳湾水库推移质泥沙计算采用推悬比法,推悬比取0.01。计算得到高阳湾水库坝址处多年平均推移质输沙量

为0.516万t。

(4) 高阳湾水库天然输沙量

高阳湾水库坝址处的天然输沙量为悬移质输沙量和推移质输沙量之和。悬移质输沙量为51.6万t/a,推移质输沙量为0.516万t/a,年总输沙量为52.12万t,合38.6万m³。

3 工程规模

3.1 防洪标准的复核

主要根据《防洪标准》(GB50201—2014)和《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252-2017)规定,山区小(1)型水库的防洪标准,设计取30~50年,校核取300~1000年,最终确定高阳湾水库防洪标准为50年一遇洪水设计,500年一遇洪水校核。

3.2 水库特征水位

除险加固设计的死水位实际上是对水库原特征水位进行符合,计算过程中尤其需要对泥沙淤积情况做重点分析,搞清现状或者水平年的水位-库容曲线尤为重要。

(1) 死水位及淤积面高程

高阳湾水库是一座以拦沙、防洪为主,兼顾灌溉等

综合利用的水库。水库淤积严重。

高阳湾水库原设计死库容早已淤满，鉴于该水库的淤积现状，并结合水库功能，为最大限度发挥水库的供水功效，不再考虑死库容，以现状淤积高程作为水库兴利调节的依据。

根据泥沙计算，高阳湾水库年总输沙量为52.12万t，合38.6万m³。水库现状实际淤积量为1066万m³，建成至今今年平均淤积量为23.7万m³/a，与年输沙量计算差异较大，经分析，1958~1970年和1971~2020年两个不同时期年输沙量相差悬殊，70年代以后流域治理起了明显的减沙效果。近年来来水量偏小，尤其是洪水偏小导致来沙量减小，水库年淤积量也较小。

水库正常蓄水位以下库容仅剩78.3万m³，按照水库现状的平均淤积速度，3~5年时间将被淤满，但淤积体会在上游产生“翘尾”状态，遇量级较大洪水时，淤积体将逐步向坝前移动，建议水库运行管理单位及早决策应对。

(2) 正常蓄水位与兴利库容

正常蓄水位原则维持不变，通过兴利调节对兴利库容进行复核。

通过灌溉制度计算出逐月灌溉需水过程，通过水库库容曲线，考虑蒸发渗漏和生态流量等条件，对水库做径流调节，通过径流调节可得出如下结论：高阳湾水库功能以拦沙为主，虽然水库淤积严重，但来水量相对较大，完全

可以1000亩的灌溉任务，且保证率可达到75%以上。

综合考虑水库功能定位、水库枢纽的布局、周边环境条件和环境条件，以及除险加固的规模、效益，同时为了大坝防洪安全，满足防洪标准，水库加固后，仍然维持原设计正常蓄水位，但由于泥沙淤积严重，兴利库容大幅缩减^[4]。

(3) 校核洪水位及设计洪水位

校核洪水位及设计洪水位通过调洪演算进行推求。高阳湾水库的泄流方式为堰顶开敞式溢流，不设汛限水位，起调水位为溢流堰堰顶，即964.85m。

一、调洪演算基础资料

- ①库容曲线；
- ②入库洪水过程线（洪水章节计算）；
- ③泄水建筑物综合泄流曲线

二、调洪演算方法与结论

根据库容曲线、泄水建筑物泄流曲线、洪水过程线，依据水量平衡原理，按下式进行计算：

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

式中：

- Q₁、Q₂—时段初末的入库流量；
- q₁、q₂—时段初末的出库泄流量；
- Δt—计算时段；
- V₁、V₂—时段初末的库容。

表3 调洪演算成果表

洪水频率	最大入库流量 (m ³ /s)	最高洪水位 (m)	最大库容 (不含淤积) (万m ³)	最大库容 (含淤积) (万m ³)	最大泄量 (m ³ /s)
P = 0.2%	2540	970.90	571	1643	721
P = 2%	1450	968.60	351	1408	352
P = 5%	1010	967.63	269	1316	225

通过调洪演算后可确定设计洪水位、校核洪水位及相应库容，由此计算设计坝顶高程，与现状大坝顶高程进行比较，根据对比结果确定是否需要相应的工程措施。

结束语

综上，通过高阳湾水库的计算实例，说明了小型水库除险加固初步设计过程中，水文计算和规模计算需要注意的几个问题：主要包括：资料的三性分析、径流成果的合理性、洪水计算多种方法的比选与成果的合理性分析、泥沙成果及水库淤积的成果合理性分析、水库的特征水位计算等。以上问题基本涵盖了小型水库除险加固设计过程中水文计算和规模计算需要侧重的几大问题，具有一定的普遍性。当然，水利工程的设计工况各有不同，我们需要针对不同问题不同分析，如有些水库的功能不同，有的以

防洪保安为主，有的以拦砂淤地为主，有的以供水发电为主，不同功能的水库造就了不同的运行方式和不同的建筑物设计，特殊问题需要特殊对待。

参考文献：

- [1]杜玮.探讨水利工程施工中高边坡支护与开挖技术的应用[J].建材与装饰,2019(29):287-288.
- [2]罗红蔚.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].吉林农业,2019(19):69.
- [3]李文强.水文水资源管理在水利工程中的应用探究[J].农业科技与信息,2019,558(01):119-120.
- [4]郝金义,涂德顺.水文水资源管理在水利工程中应用探究[J].水能经济,2017(11):212-213.