

# 小安门水库设计洪水方法分析

冯 健

(岱岳区小安门水库管理所, 山东 泰安 271034)

**【摘要】** 小安门水库防洪任务比较重,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的作用。本文根据暴雨洪水特性、暴雨资料推求了小安门水库设计洪水成果。

**【关键词】** 水库; 防洪; 设计; 分析

中图分类号: TV873

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)03-0071-03

## Analysis on designed flood method in Xiao'anmen Reservoir

FENG Jian

(Daiyue Xiao'anmen Reservoir Management Office, Tai'an 271034, China)

**Abstract:** Xiao'anmen Reservoir has major task of reservoir flood control. It has an important role to maintain stable and sustainable development of local national economy, and protect the safety of the country and people's life and property. In the paper, designed flood results in Xiao'anmen Reservoir are deduced according to heavy rain storm flood characteristics and rain storm data.

**Key words:** reservoir; flood control; design; analysis

## 1 概 况

小安门水库位于山东省泰安市岱岳区祝阳镇金井村北,在大汶河二级支流徐汶河上游。流域内较大支流3条,坝址以上最大干流长9km,平均比降0.015。水库上游系泰沂山区,坝址以上流域面积呈阔叶状分布,四周群山环抱,山高坡陡,中间有小块丘陵薄地,均是花岗片麻岩,系第四纪覆盖层,植被较差,水土流失严重。

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36.3km<sup>2</sup>,总库容1964万m<sup>3</sup>,兴利库容1380万m<sup>3</sup>。水库下游距泰安市区30km,距新泰铁路12km,泰莱高速公路11.5km,泰莱公路桥11km,泰口公路桥5km,保护下游15个行政村,面积

10.73km<sup>2</sup>(其中粮田面积1.1万亩),人口1.1万。水库防洪任务比较重,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的作用。

## 2 暴雨洪水特性

小安门水库所在的大汶河流域属暖温带大陆性半干旱、半湿润季风区,雨热同期,四季界限分明,温差变化较大。流域内多年平均最大风速14.6m/s,主要风向为东北风向,多年平均气温为12.7℃,最大冻土深46cm。

暴雨是造成本流域洪水的主要原因。形成流域内暴雨的天气系统,主要有黄淮气旋、台风、南北切变、冷锋等。区内长历时降水多由维系时间较长的切变线或

低压气旋连续发生所造成,受台风天气系统影响,有时亦可造成较大暴雨,但维持时间一般较短。流域内暴雨多发生在7—9月,其季节特征十分明显。

小安门水库流域内未设雨量站,采用流域周边常年观测雨量站范镇、祝阳镇2站雨量资料分析小安门水库流域降雨特性。根据范镇、祝阳镇雨量站1963—2005年实测雨量资料分析,小安门水库多年平均降水量701.3mm。降水主要集中在汛期6—9月,其中7—8月降水量尤为集中。多年平均汛期(6—9月)降水量532.8mm,占多年平均降水量的76.0%。该地区降水量年际之间变化较大,降水量最大的年份为1964年,年降水量1362.2mm,降水量最小的年份为1989年,年降水量285.2mm,丰枯比为4.8。根据小安门水库地区综合暴雨成果统计,多年平均最大24h雨量为109.1mm。

小安门水库所在徐汶河属雨源型山溪河流,河道流量与降雨变化规律一致,且年际、年内变化更为剧烈,季节性变化非常明显。暴雨洪水集中于汛期,枯季流量小甚至干枯。水库流域地处山丘区,地形坡度大,源短流急,洪水过程陡涨陡落,行洪过程较短,一般在24h以内。

### 3 由暴雨资料计算设计洪水

#### 3.1 雨量资料

小安门水库流域未设雨量站,水库邻近有范镇、黄前水库、祝阳镇、下港等雨量站,除下港站部分年份为汛期观测站外,其他3站均为常年观测站。其中范镇站设立于1952年7月,具有1963—2005年41年连续观测资料;黄前水库站设立于1962年6月,具有1963—2005年41年连续观测资料;祝阳镇站设立于1951年4月,具有1962—2005年42年连续观测资料;下港站设立于1952年7月,具有1960—2005年44年连续观测资料。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。

#### 3.2 设计面雨量计算

由地区暴雨综合频率曲线法推求设计面雨量。由

地区综合频率曲线法分析计算水库设计雨量时,采用与本流域相近,同在大汶河流域暴雨洪水一致区的范镇、黄前水库、下港、祝阳镇等4个雨量站资料,这4个雨量站位置与小安门水库相邻,分别具有1963—2005年、1963—2005年、1962—2005年、1960—2005年连续实测雨量资料。

经分析,范镇、黄前水库、祝阳镇、下港等4个雨量站年最大24h点雨量均值分别为105.8mm、113.1mm、102.4mm、115.2mm。分别对各站最大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,各站适线 $C_v$ 值分别为0.57、0.45、0.58、0.54。四站相比,范镇、祝阳镇两站适线 $C_v$ 值较大,根据规范要求及出于安全考虑,综合定线时, $C_v$ 取0.57,均值采用四站均值并略作调整,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。分别对各站最大72h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,各站适线 $C_v$ 分别为0.54、0.50、0.47、0.53。四站相比,范镇、下港两站适线 $C_v$ 值较大,根据规范要求及出于安全考虑,综合定线时, $C_v$ 取0.53,均值采用四站均值并略作调整,即133.5mm。

求得水库不同频率设计点雨量后,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36.3km<sup>2</sup>,最大24h、72h雨量点面折减系数分别为0.977、0.987。

#### 3.3 由暴雨等值线图查算面雨量

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3日暴雨及相应的暴雨变差系数分析成果(2000年编制),小安门水库流域形心处年最大24h、3日点雨量均值分别为112mm、132mm,相应 $C_v$ 为0.57、0.53。 $C_s = 3.5C_v$ 。据皮尔逊Ⅲ型曲线模比系数 $K_p$ 值表,查得不同设计频率的 $K_p$ 值,从而求得各相应频率的最大24h、3日设计点暴雨量,点面换算得相应频率的最大24h、3日设计面雨量。小安门水库不同方法设计面雨量成果见表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	适线 $C_e$ 值	不同频率设计雨量/mm						
				0.05%	0.10%	1%	2%	3.33%	5%	
地区暴雨综合 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
山东省暴雨 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

经综合分析认为,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暴雨综合频率曲线法分析计算的成果。

### 3.4 设计雨型及设计净雨计算

为了水库的防洪安全,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的暴雨量级的设计雨型根据暴雨规律作适当调整。不同频率最大24h设计面雨量的时程分配,根据设计值的大小,选取不同的时程分配,雨期采用3天,第1天面雨量为 $0.35 \times (H_{72} - H_{24})$ ,第2天面雨量为 $0.65 \times (H_{72} - H_{24})$ ,第三天面雨量为 $H_{24}$ 。

净雨计算采用降雨径流相关图法。采用《山东省水文图集》中泰沂山南区 $P + P_a \sim R$ 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 $P_a$ 取值40mm。小安门水库不同频率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

### 3.5 设计洪水过程线推求

采用山东省综合瞬时单位线法推算小安门水库不同频率设计洪水,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

### 3.6 设计洪水成果的合理性分析及选定

小安门水库流域没有实测雨量资料,由暴雨资料推算设计洪水时,对流域设计面雨量的分析计算,采用了两种方法:地区暴雨综合频率曲线法和山东省暴雨等值线图法。

地区暴雨综合频率曲线法,选用水库流域附近系列相对较长、与本流域相近、同在大汶河流域暴雨洪水一致区的范镇、黄前水库、下港、祝阳镇等4个雨量站的雨量资料,系列的长度、雨量的丰枯代表程度、大暴雨的场次、量级均较好,为频率曲线的适线提供了更可靠的点据。设计暴雨成果比较合理、可靠,同时也符合规范要求。

山东省暴雨等值线图法采用分区综合分析法,参照自然地理情况、暴雨特性和地形走向综合定线绘制而成,所有测站统计资料截至2000年。

综上所述,地区暴雨综合频率曲线法因其依据的基础资料较为可靠、全面,分析计算的面雨量成果合理性、安全性、代表性较好,由此推求的 (下转第55页)

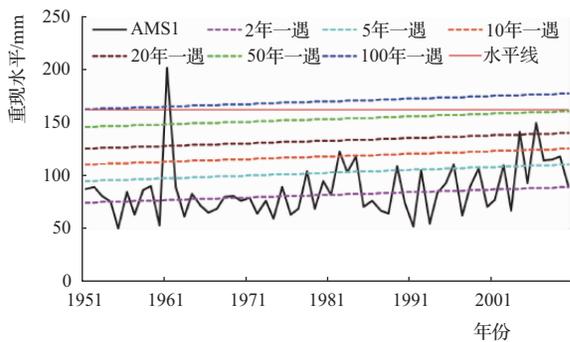


图3 基于非平稳 GEV 模型的 AMS1 重现水平序列

稳特征的情况下,传统频率分析方法得到的设计值结果常常难以满足需求。例如,当径流序列的均值存在上升趋势时,其洪水设计值将被低估,从而造成水工建筑物的失事风险加大;反之,若存在下降趋势,设计值将被高估,从而增加建筑物的造价。

## 4 结 论

a. 巴音布鲁克站年最大 1d 降水量序列 (AMS1) 存在显著上升趋势,该站以时间作为位置参数的协变量进行非平稳 GEV 模拟,似然比检验结果表明其模拟效果优于平稳 GEV 模型。

b. 与 Delta 方法相比较,在较高重现期下轮廓似然函数方法给出的置信区间更准确;同时,重现水平的

(上接第 73 页)设计洪水成果更合理。

在小安门水库设计雨型分析中,根据《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL 44—2006),设计暴雨的时程分配雨型采用典型雨型。1994 年 6 月 29 日最大 24h 雨量为 265.8mm,比较接近小安门水库 30 年一遇设计面雨量。小安门水库 30 年一遇设计雨型采用 1994 年 6 月 29 日典型雨型是合理的,其他不同频率面雨量所对应的暴雨量级的设计雨型根据暴雨规律作适当调整。

净雨计算采用《山东省水文图集》中泰沂山南区  $P + P_n \sim R$  降雨径流关系 1 号线推算水库设计净雨。因本流域处于泰沂山南区域,为小流域山区,山高坡陡,汇流迅速集中,径流系数大,采用山东省降雨径流关系 1 号线推算水库设计净雨是合理的。

小安门水库坝址处无实测洪水资料,建库后也无详细可靠的水库水文观测记录,无法根据实测雨洪资

轮廓对数似然函数曲线在较高重现期的情况下呈较显著的不对称性。

c. 采用等效重现水平的概念,基于非平稳 GEV 模型计算得到了不同重现期之下的巴音布鲁克站极值降水的设计值;它们分别是随着时间推移而不断上升的一组值,在 1958 年的 100 年一遇设计值到 2010 年下降为接近 50 年一遇。该结果对于评估当前气候变化下的区域极值降水与洪灾风险具有重要的启示。

## 参考文献

- [1] 顾西辉,张强,王宗志. 1951—2010 年珠江流域洪水极值序列平稳性特征研究[J]. 自然资源学报, 2015, 30(5): 824-835.
- [2] MILLY P C D, BETANCOURT J. Stationarity is dead: Whither water management[J]. Science, 2008(319): 573-574.
- [3] 叶长青,陈晓宏,张家鸣. 具有趋势变异的非一致性东江流域洪水序列频率计算研究[J]. 自然资源学报, 2013, 28(12): 2105-2116.
- [4] 谢平,陈广才,夏军. 变化环境下非一致性年径流序列的水文频率计算原理[J]. 武汉大学学报(工学版), 2005, 38(6): 6-15.
- [5] 宋松柏,李扬. 具有跳跃变异的非一致分布水文序列频率计算方法[J]. 水利学报, 2012, 43(6): 734-739, 748.

料分析其单位线,故采用山东省综合瞬时单位线法推算小安门水库不同频率设计洪水过程。

综上所述,由暴雨资料推求小安门水库设计洪水过程中,采用基础资料可靠,方法合理,各步骤符合设计洪水规范要求,成果可靠性比较高。

## 4 结 语

根据小安门水库设计洪水成果,按洪水调节计算原理及方法进行调算。调算结果表明,水库 20 年一遇防洪高洪水位为 186.40m,最大泄流量为 105.0m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>/s,相应库容为 1847 万 m<sup>3</sup>;校核标准(1000 年一遇)洪水情况下,水库最高洪水位为 186.79m,最大下泄流量为 615.2m<sup>3</sup>/s,相应库容为 1964 万 m<sup>3</sup>。