

葫芦头水电站大坝设计洪水复核及防洪能力评价

蒲正中¹ 李 敏²

1. 汉中水利水电建筑勘测设计院有限公司 陕西 汉中 723000

2. 汉中市南郑区农村供水管理中心 陕西 汉中 723100

摘 要: 为分析略阳县葫芦头水电站大坝的防洪安全性, 本文基于最新实测水文资料及库容变化情况, 对水电站的设计洪水、坝顶高程进行了分析与复核。研究过程中还发现库区淤积严重, 导致有效库容锐减。本研究成果可为葫芦头水电站今后的调度运行、防洪管理及大坝安全评价提供科学依据。

关键词: 葫芦头水电站; 设计洪水; 库容变化; 调洪计算; 防洪能力

1 引言

在山区河流电站的建设与运行中, 大坝的防洪能力是保障工程安全的核心因素。尤其是随着流域开发程度的提升和气候变化的加剧, 设计洪水标准与防洪能力的准确评估变得尤为重要。尽管葫芦头水电站已通过竣工安全鉴定, 但近年来库区淤积加剧, 对其防洪能力进行再评价具有现实意义。

2 工程概况

葫芦头水电站位于陕西省略阳县西汉水干流上, 坝址距略阳县城42公里, 控制流域面积9760.90km²。工程由陕西省水电开发有限责任公司与地方合资建设, 总库容1982万m³, 正常蓄水位700.00m。水库为一周调节电站, 装机容量为9.6MW (3台3.2MW机组), 多年平均发电量5003万kWh。大坝为混凝土重力坝, 坝顶高程703.00m, 最大坝高39m, 泄洪设施主要包括溢流表孔、冲砂底孔及引水洞。本工程初步设计于1997年完成, 2002年投入运行, 2006年进行了第一次安全鉴定, 认为工程应定为Ⅲ等中型工程。

3 水文与泥沙特性分析

西汉水是嘉陵江上游重要一级支流之一, 发源于甘肃省天水县秦岭南麓, 自西北向东南流经甘肃、陕西两省, 最终于猫儿沟汇入嘉陵江。葫芦头水电站坝址以上控制流域面积为9760.90km², 属典型的山地性水系, 流域坡陡流急, 汇流时间短, 洪水过程尖瘦。

根据谭家坝水文站实测数据显示, 葫芦头坝址多年平均流量为41.2m³/s, 多年平均年径流总量为13.0亿m³。流域洪水主要以暴雨为主, 具有明显的季节性和突发性, 主要集中于6~9月。

作者简介: 蒲正中 (1987—), 男, 汉族, 四川广元人, 本科, 就职于汉中水利水电建筑勘测设计院有限公司, 工程师, 研究方向为水利水电工程、农业水利工程

根据谭家坝水文站1965~2011年观测数据, 葫芦头水电站坝址多年平均悬移质输沙量为1645万吨, 推移质沙量为165万吨, 总输沙量达1810万吨。受流域水土流失影响, 上游来沙强度较高, 尤其在暴雨年份, 库区泥沙淤积显著, 对水库库容及泄洪能力形成挑战^[1]。

4 设计洪水复核与分析

4.1 洪水标准

4.1.1 初步设计及优化方案阶段的洪水标准

根据《陕西省略阳县葫芦头水电站初步设计报告》及《初步设计优化方案报告》批复意见, 葫芦头水电站工程定性为V等小(2)型工程。其中, 枢纽与厂房均按5级建筑物设计, 其设计洪水标准如下:

枢纽部分: 30年一遇洪水设计, 100年一遇洪水校核; 厂房部分: 30年一遇洪水设计, 50年一遇洪水校核。该阶段的设计洪水标准较为保守, 符合当时行业相关规范对小型工程的要求。

4.1.2 竣工安全鉴定阶段的洪水标准

2006年, 国家电力监管委员会大坝安全监察中心对葫芦头水电站进行工程竣工安全鉴定, 编制并发布了《陕西葫芦头水电站工程竣工安全鉴定报告》。该报告依据《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》(DL5180-2003), 综合考虑总库容与装机容量等因素, 将该工程确定为Ⅲ等中型工程, 具体分析如下:

虽装机容量符合V等小(2)型标准, 但根据总库容指标, 应划为Ⅲ等中型工程。鉴于最大水头小于30m (实测为23.1m), 且总库容接近Ⅲ等下限, 依据标准可将雍水建筑物级别下调一级。因此确定:

挡水与泄水建筑物级别为4级: 按30年一遇洪水设计, 200年一遇洪水校核; 厂房级别为5级: 按30年一遇洪水设计、50年一遇洪水校核; 消能防冲建筑物按20年一遇设计^[2]。

4.1.3 本次复核计算确定的洪水标准

本次洪水复核严格依据现行《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2017）、《防洪标准》（GB50201-2014）及《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》（DL5180-2003）等规范综合判定葫芦头水电站的工程等级与相应的洪水标准。最终确定葫芦头水电站为Ⅲ等中型工程，主要建筑物（如坝体、泄水建筑物）为4级，按30

年一遇洪水设计，200年一遇洪水校核；次要建筑物（如厂房、引水洞）为5级，按30年一遇洪水设计，50年一遇洪水校核；消能防冲设施按20年一遇洪水设计。

上述标准的确立充分考虑了最新规范的适用性、工程现状的安全需要以及历次安全评估成果，兼顾工程风险管理与经济性，为后续调洪能力评估和运行管理提供了依据。不同阶段工程规模及建筑物防洪标准成果见表1。

表1 不同阶段工程规模及建筑物防洪标准成果表

阶段	工程规模	主要建筑物		次要建筑物	
		设计标准	校核标准	设计标准	校核标准
初步设计	V等小（2）型	30年	100年	30年	50年
竣工安鉴	Ⅲ等中型	30年	200年	30年	50年
本次复核	Ⅲ等中型	30年	200年	30年	50年

4.2 洪水基本资料

西汉水干流上有顺利峡、大桥、谭家坝三个水文站，距离葫芦头水电站最近的是谭家坝水文站。作为西汉水基本控制站，1958年由甘肃省水文总站设立，1973年6月1日上迁1.5km继续观测，该站控制流域面积9538km²，观测项目有水位、流量、泥沙、降水等。

谭家坝水文站是国家基本测站，整编成果均作了上下游对照和水量平衡分析，合理可靠，未发现其他资料质量问题，资料质量较好。该站与葫芦头水电站属于同一流域，控制流域面积比较接近，相差仅为3%，因此将谭家坝水文站作为本次水文分析复核计算的参证站。

4.3 设计洪水计算

根据现行《水利水电工程水文计算规范》（SL/T 278—2020），结合52年实测资料，对谭家坝水文站洪峰流量进行皮尔逊Ⅲ型频率分析。最终确定适线参数与原设计洪水计算参数一致，即Cv = 1.25、Cs/Cv = 3.0，均值采用本次计算成果。适线频率曲线成果见图1，计算成果

见表2。

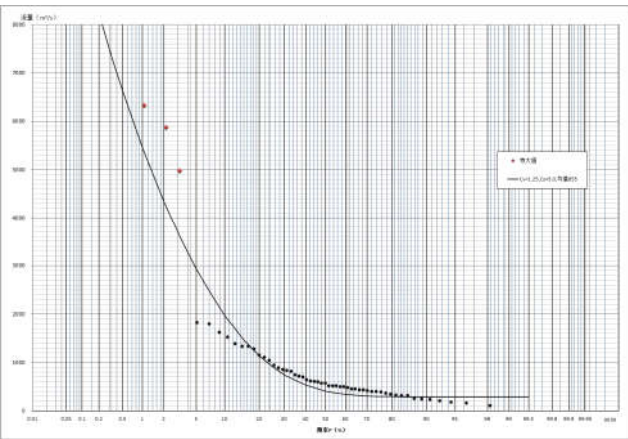


图1 谭家坝站洪峰流量频率曲线

4.4 洪水成果合理性分析

本次收集到谭家坝水文站历史多次的洪水计算成果，包括《葫芦头水电站初步设计》、《葫芦头水电站初步设计优化方案》、《药木院电站初步设计》等，详见表2。

表2 谭家坝水文站历次设计洪水计算成果表

不同阶段成果	资料年限	统计参数			不同频率（%）、洪峰流量（m ³ /s）					推荐成果
		均值	Cv	Cs/Cv	0.5	1	2	3.33	5	
初步设计	1960-1997	953	1.25	3	7360	6070	4830	3950	3280	
初步设计优化方案	1960-1997	953	1.25	3	7360	6070	4830	3950	3280	✓
药木院电站	1960-2008	855	1.5	3	7890	6360	4890	3880	3110	
本次复核	1960-2011	855	1.25	3	6630	5460	4340	3560	2930	

本次复核资料系列更长，虽然均值略偏小，但从地区一致性与理论支撑角度具有更高可信度。依相关规范，偏安全考虑最终仍沿用优化设计中成果。葫芦头坝址与谭家坝水文站控制流域面积相差仅为3%，故坝址设计洪水直接采用谭家坝水文站洪水成果^[3]。

5 调洪计算与防洪能力分析

5.1 水位泄流曲线

5.1.1 原设计、试验水位~泄量关系

葫芦头水电站泄洪系统包括5孔表孔、2孔冲沙底孔及引水洞，其中调洪主要依靠5表孔与2底孔组合。

1999年,西安理工大学水利水电科研院对葫芦头水电站进行了水工泥沙模型试验,报告中对2#冲沙闸和5表孔联合泄洪进行了试验。

5.1.2 复核计算水位~泄量关系

本次评价对溢流坝5表孔+1冲砂底孔水位~泄量关系进行了复核,复核时计入了堰上流速水头,并着重考虑了流量系数随堰上水位变化而变化特点,将本次复核的成果与原设计、试验成果绘制于同一图表中,详见图2。

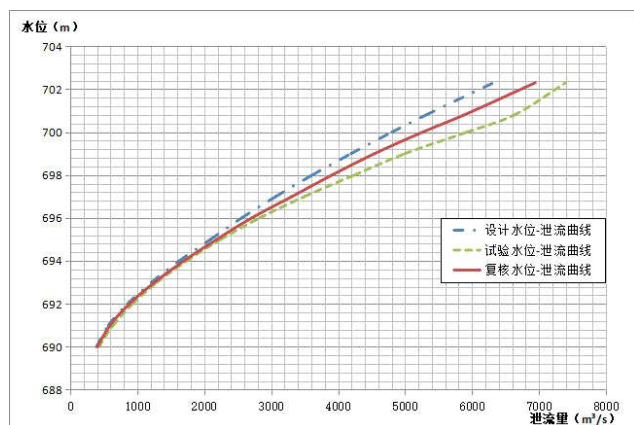


图2 原设计、试验与本次复核水位~泄量关系曲线

从图2对比发现,最大,本次复核曲线介于原设计与试验值之间,且曲线较平顺。分析认为,优化设计计算水位~泄量关系时,溢流坝5表孔流量系数、侧收缩系数在不同水位时均取用的是同一值,分别为0.45和0.92,不符合堰流公式中两种参数是随着水头变化而变化的一般规律,其取值也相对较小,同时,其并未考虑堰上流速水头的影响,导致其泄量成果偏小,偏安全;试验值与原设计值在高水位时相差太大,且曲线不够平顺,故作为复核参考;本次复核计算成果不论从计算参数的选取,还是成果值的大小和成果曲线的平顺度来看,都更为合理,故最终采用复核水位~泄量关系作为本次安全评

表3 调洪复核计算成果表

洪水频率 (%)	洪峰流量 (m³/s)	最高洪水位 (m)	相应库容 (万m³)	下泄流量 (m³/s)	泄洪设施	原水位 (m)
0.5	7360	701.57	779	7217	5表孔+2底孔	700.80 (初设)
3.33	3950	696.82	258	3895		701.10 (竣工安鉴)
5	3280	696.00	209	3241		698.00

从上表可以看出,复核200年一遇校核洪水位701.57m高于原初步设计时的700.80m,也高于竣工安全鉴定时的701.10m。分析其原因主要是现状水库库容减小所致。本次复核30年一遇设计洪水位696.82m低于原初步设计和竣工安全鉴定时的698.00m。偏安全考虑,本次复核计算30年一遇设计调洪成果仍采用原设计成果^[5]。

价成果^[4]。

5.2 水位、库容关系

葫芦头水电站进行初步设计优化方案设计时,根据实测库区资料,经计算得原始水位~库容关系并预测冲淤平衡后剩余库容成果见图3。

为准确掌握葫芦头水电站现状库容情况,2019年1月对水库放空以后库区地形进行了测量,并建立水位~库容关系曲线图,详见图3。

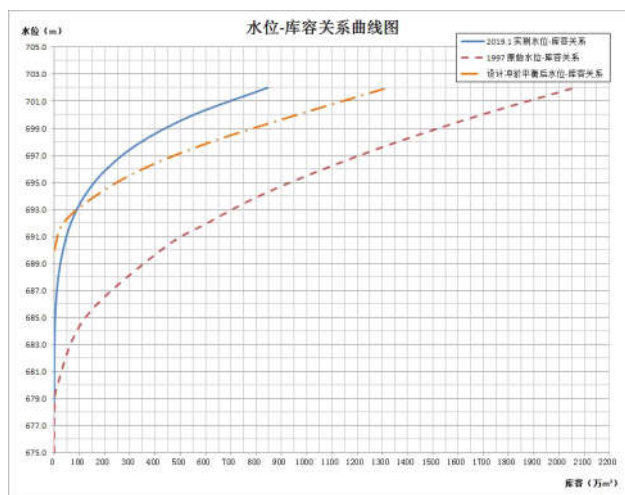


图3 水位库容关系曲线

从图3可知,库区淤积远超设计预测,正常蓄水位下实际库容为553.78万m³,设计洪水位下库容仅为345.91万m³,现状有效库容由原设计的1269万m³锐减至不足520万m³。

5.3 调洪计算

调洪计算采用修正后的水位~泄量关系、实测水位~库容关系及典型洪水过程线(以略阳水文站1981年8·18洪水同倍比放大),得出溢流表孔5孔+冲砂双孔组合在不同频率洪水时的洪水位、库容、下泄流量等特征值,详见表3。

5.4 大坝防洪能力复核

葫芦头水电站大坝坝顶高程为703.00m,根据《混凝土重力坝设计规范》,应计算坝顶上游侧防浪墙顶高程与正常蓄水位或校核洪水位的高差,高差由波高 h_1 %、波浪中心线与正常蓄水位或校核洪水位差值 h_2 、安全超高 h_c 构成。因葫芦头水电站坝顶上游侧未设置防浪墙,

仅计算坝顶与正常蓄水位或校核洪水位的高差。计算成果见表4。

表4 坝顶超高计算结果

项目	h1% (m)	hZ (m)	hc (m)	高差△h (m)	水位 (m)	复核要求的坝顶高程 (m)
校核洪水位 (P = 0.5%)	0.41	0.360	0.3	1.07	701.57	702.64
设计洪水位 (P = 3.33%)	0.972	0.398	0.4	1.77	698.00	699.77
正常蓄水位	0.972	0.398	0.4	1.77	700.00	701.77

由上表可知，现状坝顶高程703.00m高于复核所需坝顶高程，大坝防洪能力满足规范要求。

6 结束语

本研究基于谭家坝水文站52年实测水文资料及2019年最新地形测量成果，对葫芦头水电站大坝的设计洪水进行了复核，综合评估了当前工程的防洪能力，主要结论与建议如下：

- （1）本次洪水复核成果较为合理，但偏安全考虑仍采用原设计成果。
- （2）本次泄洪能力复核成果较为合理。修正后的水位~泄量关系更贴合实际工况，成果处于原设计与模型试验结果之间，兼具安全性与工程适用性，建议作为今后调度运行与洪水调控的主要参考依据。
- （3）库容显著退化削弱调洪能力，校核洪水位抬升。库区淤积程度远超设计预期，导致原设计有效库容锐减，削弱削峰能力。建议结合泥沙淤积现状开展清淤方案研究，恢复部分调洪空间，确保工程防洪安全。

（4）建议加强监测，尽快布设泥沙监测系统及水文自动站，提升运行管理的实时性与精度。

（5）建议每6~8年开展一次系统性复核，并引入风险管理理念，提升工程适应能力与安全水平性。

参考文献

[1]国家能源局.DL5180-2003.《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》[S].电力标准.2023

[2]水利部.SL258-2017.《水库大坝安全评价导则》[S].2017

[3]西安理工大学水利水电土木建筑研究设计院.《陕西省略阳县葫芦头水电站初步设计报告》,1998.4.

[4]国家电力公司西北勘测设计研究院.《陕西省略阳县西汉水葫芦头水电站工程初步设计优化方案报告》,1999.6.

[5]西安理工大学水利水电科研院,《陕西省略阳县葫芦头水电站水工泥沙模型试验报告》.