

山区性河流桥梁设计最高通航水位探讨

黄刚

成都成益通工程技术咨询有限公司 四川 成都 610095

摘要: 鉴于山区性天然河流的洪水期洪峰历时较短, 采用洪水频率法确定桥梁设计最高通航水位, 对于平原和浅丘地区桥梁满足通航净空高度增加了建设难度, 特别是城市桥梁。在不影响航运效益和通行能力或影响甚微的情况下, 适当降低最高通航水位, 以降低桥梁建设难度, 节省工程投资, 方便两岸接线, 依托工程实例探讨了采用历时保证率法确定桥梁设计最高通航水位的可行性和合理性, 根据实测资料统计分析, 提出了历时保证率1%建议值^[1]。

关键词: 山区河流; 设计最高通航水位; 频率; 历时保证率

设计最高通航水位是跨河建筑物通航净空的起算水位, 直接影响桥梁设计的高度, 本文根据现行标准并结合工程实例, 对天然情况下山区河流设计最高通航水位的取值标准, 采用历时保证率法计算进行一些探讨^[2]。

1 现行标准情况

根据现行《内河通航标准》(GB50139-2014)^[3]及《港口与航道水文规范》(2022版)^[4], 对设计最高通航水位的洪水重现期如下规定, 见表1。

表1 设计最高通航水位的洪水重现期

航道等级	I~III	IV~V	VI~VII
洪水重现期(a)	20	10	5

注: 对出现高于设计最高通航水位历时很短的山区性河流, III级航道洪水重现期可采用10年; IV级和V级航道可采用5年~3年; V级和III级航道可采用3年~2年。

四川省主要通航河流均为山区性河流, 按《内河通航标准》确定的最大通航流量或最高通航水位, 河段内水流流速极大, 即便采用前述“注”的要求, 船舶也难以航行, 如: 岷江和嘉陵江需采用十年一遇流量, 水流

流速一般可达5m/s, 青衣江需采用二年一遇流量, 水流流速基本在5m/s以上, 甚至局部河段可达9m/s。根据实际的行船经验, 主管部门会依据河道情况限定禁航流量(或禁航水位); 如岷江乐山以下禁航流量12000m³/s、嘉陵江4000m³/s, 在山区性天然河流中, 通常划定的禁航水位都低于采用洪水频率法计算的设计最高通航水位。若通过研究合理降低桥梁设计最高通航水位对于桥梁建设, 特别是城市桥梁意义重大。

2 工程实例

2.1 基本情况

天府新区“三纵一横”项目正公路锦江大桥, 位于双流县正兴镇老街苏码头以上1.7km处, 桥轴线上距成都九眼桥33km, 下距黄龙溪镇26km。锦江大桥孔跨布置形式为: 2×30+2×50+4×30m。工程河段航道等级规划为V级, 根据《内河通航标准》(GB50139-2014)规定, 通航净空高度要求8m, 上行通航孔梁底高程468.14m, 下行通航孔梁底高程468.04m。

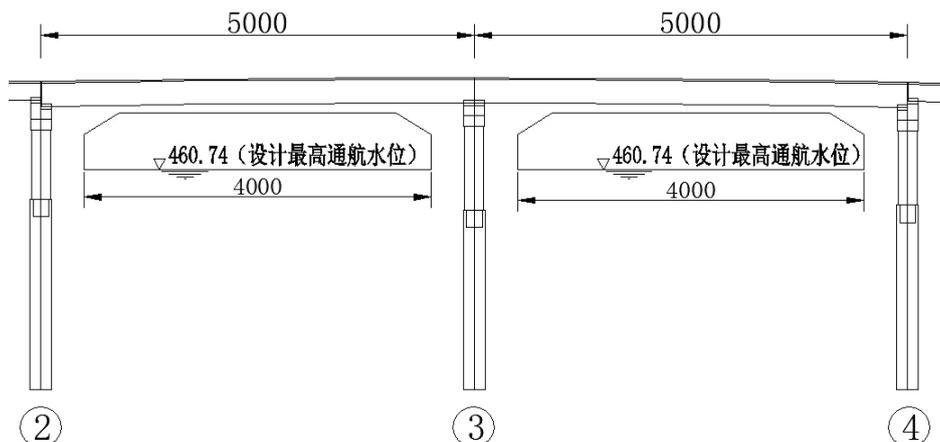


图1 桥梁立面图

2.2 水文特征

大桥上游有华阳水位站, 其控制锦江集雨面积

744km²，在华阳二江寺处有江安河汇入，江安河设计洪水采用洪峰模数法计算，江安河的流域面积269km²，二江寺与桥位之间无支流汇入，因此，本文以华阳站、江安河的区间流量为依据推求桥位断面的设计洪水及有关水文特征值。

2.2.1 华阳站设计洪水

二江寺汇合口以上河段设计洪水以华阳水位站作为控制站，华阳水位站无实测流量资料，1988年双流县水利电力局在分析计算华阳镇“三线”水位时，对华阳镇残存的水位资料进行了认真的清理，调查历史洪水，采用多种方法推算洪峰流量，确定了华阳水位站各种频率的洪峰流量；双流县城市防洪规划时对华阳水位站的设计洪水进行了复核，其洪水分析计算成果与“三线”水位确定成果是一致的，计算成果经省、市、县有关部门审查认可，其计算成果见下表2。

表2 华阳水位站设计洪水成果表

频率	P = 50%	P = 33.3%	P = 20%
流量 (m ³ /s)	510	640	799

2.2.2 江安河设计洪水

都江堰管理局在渠系防洪治理规划中，省水利水电勘测设计研究院在整治石堤堰水利枢纽，成都市水利电力勘测设计院设计徐堰河上的新民水电站，计算区间洪水时，都采用了柏条河—走马河~徐堰河—石堤堰的闭合区间的洪峰模数。本次也移用该区间的洪峰模数计算江安河的设计洪水。其计算成果见下表3。

表3 华阳水位站设计洪水成果表

频率	P = 50%	P = 33.3%	P = 20%
流量 (m ³ /s)	207	264	331

2.2.3 桥位断面的设计洪水

桥位断面与江安河汇合口的区间面积相差很小，因此桥位断面的设计洪水采用江安河的设计洪水与华阳站的设计洪水同频率叠加直接移用至桥位。

表4 大桥断面水文特征值表

频率	P = 50%	33.3%	P = 20%
流量 (m ³ /s)	717	904	1130

2.2.4 桥位处水位流量关系曲线

为了推求桥位断面的水位，需要建立桥位断面的水位—流量关系曲线，由于桥区河段上下游无控制性水文站，桥位断面的水位—流量关系曲线，只能根据桥位下游240m实测河底断面，采用水力学公式来计算，比降*i*的选取，低水部分综合分析实测水面比降，中、高水部分采用2012年、2011年洪水调查比降，取值为0.5‰~0.7‰，河床糙率*n*的选择根据实测水位（457.27m）、流量（100m³/s）反推，参照有关天然河道河床糙率表，选取糙率为0.03~0.04之间。计算出断面各级水位相应的流量，从而绘制水位流量关系曲线。

桥位处以实测水位457.27m，相应流量100m³/s以及2012年、2011年洪水调查比降成果，率定河床糙率（*n* = 0.03-0.04之间）。采用曼宁公式建立桥位断面的水位~流量关系曲线见下图2，桥位处水文特征值见下表5。

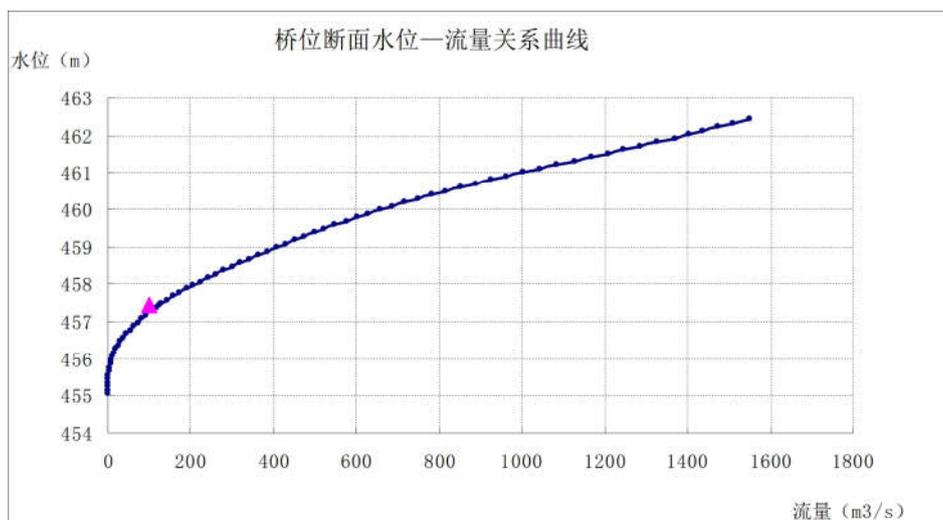


图2 桥位断面水位流量关系曲线

表5 大桥断面水文特征值表

频率	P = 50%	33.3%	P = 20%
流量 (m ³ /s)	717	904	1130
桥位水位 (m)	460.20	460.74	461.31

2.3 通航水位比较分析

2.3.1 按现行标准频率法确定通航水位的净空高度

桥位河段规划为V级航道，其设计最高通航水位洪水重现期采用3年一遇标准，桥位处相应水位为

460.74m。大桥通航净空高度为 $468.04-460.74=7.3\text{m}$ 不能满足通航净空高度8m的要求,还需调整设计方案,增加桥梁净高。

2.3.2 按保证率法确定通航水位的净空高度探讨

在水运工程中所提出的频率与保证率,来源于水利水电工程分析安全与效益而使用的两个水文学概念。频率是水利工程中防范某级洪水风险的设计标准,洪水不允许一分一秒的洪水越堤,显然频率在水利工程中是一个防范风险的指标。保证率是水利水电枢纽设计中保证出力的设计标准。例如,某水利水电枢纽设计出力的保证率为90%,说明该水利水电枢纽平均每年大约有328天能够保证出力,显然保证率在水利水电工程中是一个效益大小的指标。在水运工程中,通航水位往往体现的是效益指标,对设计最低通航水位的确定方法,规定采用即保证率法就是基于这个原理,但规范设计最高通航水位的确定采用的事频率法,因此对设计最高、最低通航水位的确定,采用了不同性质的控制指标是不尽合理的,也是值得探讨的。

本次工程实例为锦江大桥,由于锦江两岸台地较低,一般仅高出枯水面3~5m,若采用的通航净空高度与水文地形特点不适应,不仅工程造价会明显增加,而且随着桥面及引道路堤的抬高,会使河流两岸道路与引道的衔接变得困难,也会给通行带来诸多不便。本文以紫平铺水库修建后(2006-2010年)成都港的水位资料进行统计,统计出保证率1%的水位为464.22m,根据成都港华阳中心客运站建设工程可行性研究报告^[5],成都港3年一遇洪水水位为465.83m。将成都港2006-2010年日均水位按照三年一遇水位和保证率1%水位这两级水位逐年进行统计见表6。

表6 成都港2006-2010年水位出现历时统计表

年份	$\geq 465.83\text{m}$ (三年一遇)	$\geq 464.22\text{m}$ (保证率1%)
	出现历时(天)	出现历时(天)
2006	0	4
2007	0	2
2008	0	6
2009	0	3
2010	0	3
大桥相应水位	$\geq 460.74\text{m}$ (三年一遇)	$\geq 458.08\text{m}$ (保证率1%)

成都港保证率1%水位464.22m,对应流量 $220\text{m}^3/\text{s}$,成都港水位站至桥位无大的支流汇入,集雨面积相差很小,因此桥位保证率1%流量仍按照 $220\text{m}^3/\text{s}$,对应水位458.08m。

由表3中数据可以看出,采用保证率1%确定设计最高通航水位满足净空高度($468.04-458.08=9.96\text{m}$)8m要求。同时表明高于等于3年一遇水位出现的天数在统计系列期内未出现,1%保证率水位5年共出现18天,平均每年也不到4天,最多年份也未超过6天,两者历时差异很短,这说明设计最高通航水位标准从3年一遇降至1%保证率的水位,其影响年通航天数不多。但保证率1%水位与3年一遇洪水重现期水位之差较大,从成都港和锦江大桥桥位水位来看,分别为1.61m和2.66m,对桥梁净空高度影响十分显著。

3 结语

1) 采用保证率法确定设计最高通航水位与山区河流洪水期水位暴涨暴落、洪峰历时较短水文特点相适应,有利于与其他行业协调发展,有利于城市桥梁与河流两岸道路与引道的衔接,便于交通通行。

2) 据统计采用保证率1%的水位与禁航水位接近,不会降低航运效益是经济合理的。

3) 采用保证率法确定设计最高通航水位,统一了与设计最低通航水位规定方式和内涵精神,将风险指标统一为效益指标,并同时能直观而明确地计算通航期,是较为合理的。

参考文献

- [1] 闵朝斌.关于内河设计最高通航水位的标准和计算方法的研究.水运工程,2004(7):52-55.
- [2] 闵朝斌.从美国桥梁的最高通航设计水位谈起[J].水运工程,2007(5):83-85.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.内河通航标准:GB-50139-2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [4] 中华人民共和国交通运输部.港口与航道水文规范:JTS145-2022[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2022.
- [5] 四川省交通厅内河勘察规划设计院,岷江成都港华阳中心客运站建设工程工程可行性研究报告,2002.