

内河已建桥梁通航净空尺度探讨

黄 刚

成都成益通工程技术咨询有限公司 四川 成都 610095

摘要：我国内河低等级航道数量众多，随着公路交通快速发展，大量低等级航道逐渐被公路替代。同时，航道上陆续修建的诸多桥梁，建设时大多未兼顾航道规划，其通航净空尺度普遍不满足现行规范要求。针对此类通航净空尺度不达标但需暂时保留的桥梁，可结合现状桥梁净空条件，同步完善桥区水域通航安全保障措施，既能保障当前航道通航安全，又能延续桥梁使用寿命，兼顾航运需求与地方发展。

关键词：内河航道；已建桥梁；净空尺度

2024年，为全面加强汛期航道安全生产工作，防范船舶碰撞桥梁事故发生，确保航道安全形势稳定，交通运输部水运局开展航道通航条件影响评价审核意见落实情况核查工作。

我国内河低等级航道数量众多，这些等低等级航道上部分桥梁是在《航道法》《内河通航标准》（GB50139）出台前修建，大多不满足规划航道等级的净空尺度，若按规划航道等级要求全部改造，所需投入的建设资金较高，财政资金难以支撑。结合航运现状及已建桥梁的尺

度，提出合理的通航标准，对现状航道通航安全管理具有重要意义。笔者结合工程实例，对现状桥梁的通航净空尺度拟定标准提出一些探讨^[1]。

1 工程实例

洪州大桥位于洪雅县境内跨越青衣江航道，于1999年11月建成通车，大桥主桥采用（1×100）m中承式集束钢管混凝土吊杆拱，共设13对双吊杆，4对拱上立柱，17根横梁。

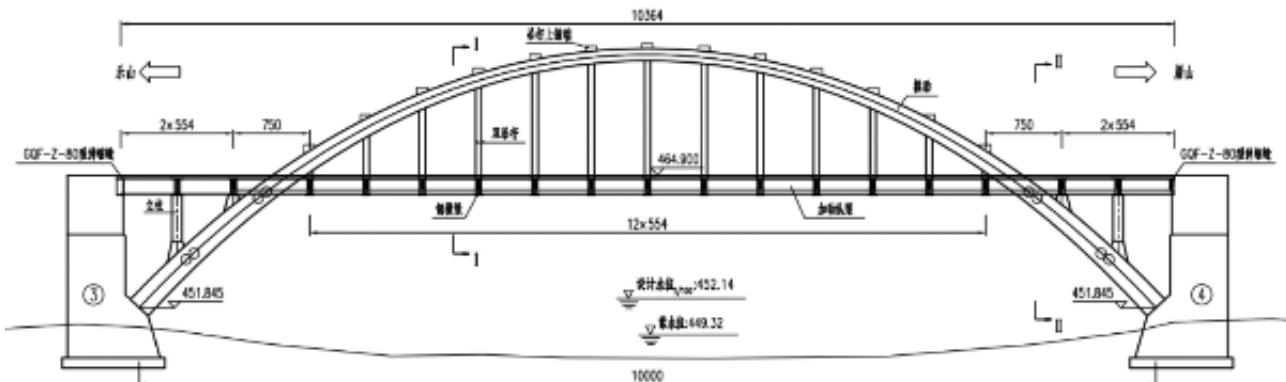


图1 桥梁主桥立面图

1.1 通航水位

洪州大桥位于城东电站坝址上游7.5km跨越青衣江，距上游百花滩电站坝址11.3km。大桥位于城东电站上游河段，根据《内河通航标准》（GB50139-2014）6.4.4条规定，大桥设计水位应考虑枢纽的运行方式，推算沿程回水曲线确定。

采用恒定非均匀流的基本方程式为：

作者简介：黄刚（1990-），男，工程师，港口与航道专业。

$$Z_u - Z_d = \frac{(\alpha + \zeta)Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_d^2} - \frac{1}{A_u^2} \right) + \frac{\Delta s Q^2}{2} \left(\frac{1}{K_d^2} + \frac{1}{K_u^2} \right)$$

式中： Z_u 、 Z_d —上、下游断面水位，m； A_u 、 A_d —上、下游断面过水面积， m^2 ； k_u 、 k_d —上、下游断面流量模数， m^3/s ；—局部水头损失，对渐变流， $\zeta = 0$ ， $\alpha = 1$ ； Δs —上、下游断面间距，m； Q —断面流量， m^3/s ； g —重力加速度，取 $9.81 m/s^2$ ； $n = 0.03-0.04$ 。

起算断面水位及工况选取：根据城东电站运行方式、泄流曲线以及有关规范要求，拟定计算工况如下表1。

表1 各工况坝前水位表

工况	坝上水位	流量
基荷(消落)	450.50	80
基荷	451.00	80
中水1	451.00	1000
中水2	450.30	2000
临界流量	447.00	4000
敞泄	443.61	4000

回水成果：根据回水计算成果见表2。

表2 各工况坝前水位表

断面	坝址	桥位
距坝里程(m)	0	7523
$Q = 80$ 基荷	450.5	452.75
$Q = 80$ 基荷	451	452.75
$Q = 1000$	451	454.5
$Q = 2000$	450.3	455.2
$Q = 4000$	447	456.17
$Q = 4000$ (敞泄)	443.61	456.17
$Q = 8160$ (2年一遇)	445.18	457.49

1.2 通航水流条件分析

本文采用采用平面二维水流模型来研究桥区河段水流运动特性，本研究拟计算河段约1500m，计算进口距桥位约900m，河段地形如图2所示。

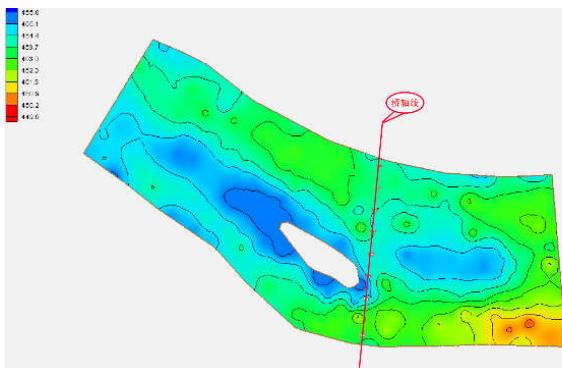


图2 桥区河段地形图

平面二维问题中的岸线通常是不规则的，为了较好的描述岸线及地形对水流运动的影响，提高计算稳定性和精度，应合理的选取计算域的单元类型。本次计算建模主要采用二次三角形六节点单元和二次四边形八节点单元对计算区域进行离散，如图3所示。

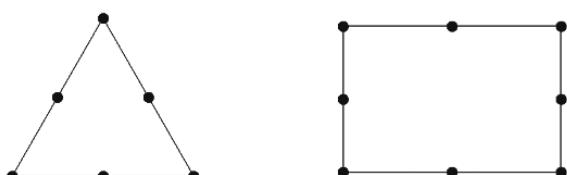


图3 六节点单元和八节点单元

由四边形有限单元组成的计算网格计算稳定性较好，相同条件下较三角形有限单元网格数量少，但对复杂边界的适应性差；三角形有限单元适应性强，可随意加密计算节点，较准确的模拟复杂边界，涉水结构物周围采用三角形有限单元局部加密。

虽然本模型采用了动边界技术，但为了降低较多的单元水深过小成为干单元给计算带来的不稳定性风险，必须相应的调整边界以保证计算域边界单元水深不至太小，本次研究计算时根据各工况水位情况对两侧边界作相应调整，因此各计算工况网格划分的单元数与节点数不尽相同。模型计算网格划分如4所示。

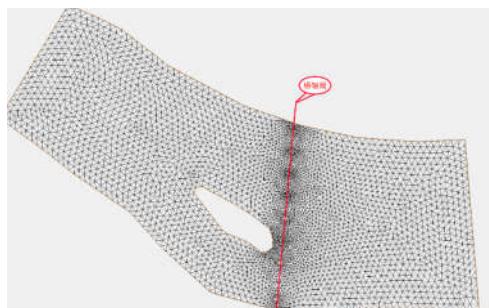


图4 计算区域网格划分图

桥区河段水流条件计算成果见表3。

表3 桥区河段水流条件

工况	流量 (m^3/s)	桥址水位 (m)	桥区流速 (m/s)	横向流速 (m/s)
1	1000	454.50	1.22	0.20
2	2000	455.20	1.70	0.26
3	4000	456.17	2.61	0.49
4	8160	457.49	3.22	0.95

1.3 通航尺度分析

根据《内河通航标准》(GB50139-2014)条文说明第5.2.3条的规定，当横向流速大于0.8m/s时，船舶操纵十分困难，将对通航安全及水上过河建筑物自身安全产生威胁，故而规定这种情况下应一跨过河或在通航水域中不得设置墩柱。

工程河段航道等级为Ⅶ级，根据《内河通航标准》(GB50139-2014)第6.4.4条1款的规定，设计最高通航水位应采用2年一遇洪水与相应坝前水位组合，以及正常蓄水位与相应各级流量组合，取其上包线。根据表3计算成果，2年一遇洪水情况下，桥区河段横向流速为0.95m/s，已超过规范要求的上限0.8m/s^[2]。

洪州大桥是已建桥梁，若是要满足规范要求，需改建大桥且主跨一跨过通航水域。现状情况下，工程河段无船舶通航，若当下进行桥梁改造，虽能改善通航条件，但社会效益及经济效益较差。

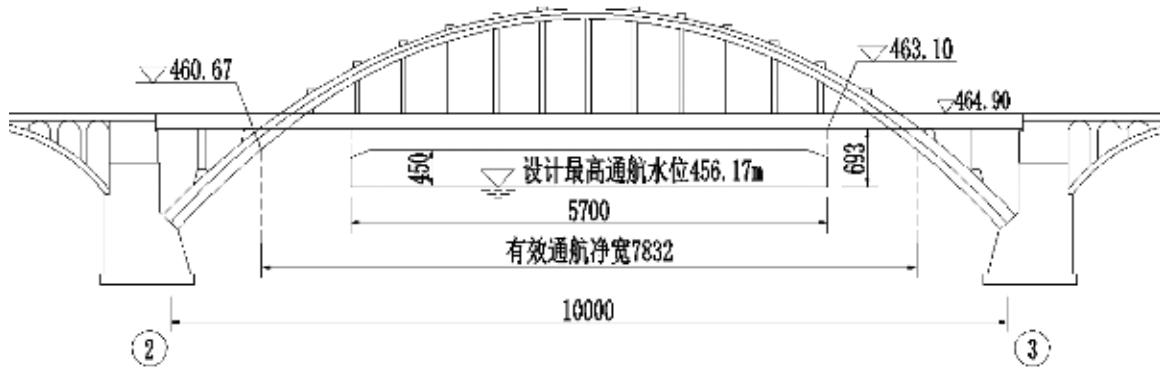


图5 净空尺度图

结合数模计算成果,试算不同水位流量工况下的桥梁净空尺度,能满足净宽要求的最大流量为4000m³/s,对应水位456.17m,以此作为桥区设计最高通航水位。该水位虽未达到规范要求的洪水标准,但符合航道通航实际,能保证桥区的安全通航要求。

2 通航标准

我国内河低等级航道数量众多,如青衣江、嘉陵江(对溪—广元)、长宁河、沐溪河、郪江、梓江等,在六七十年代多是通航5-10吨货船,随着公路交通的发展,水路运输已逐步被公路所取代,航道上也陆续修建诸多桥梁,这些桥梁修建时大多未考虑航道规划,其净空尺度大多达不到标准^[3]。

结合上述对洪州大桥净空尺度的分析,对于通航净空尺度不达标而需暂时保留的桥梁,可根据现状桥梁的净空尺度,提出相应的通航标准。其方法除了降低通航水位标准,也可采取限定设计代表船型的方式,是以满

足现有桥梁净空尺度的目标来进行分析论证。

3 结语

内河低等级航道上,对于通航净空尺度不达标而需暂时保留的桥梁,可根据现状桥梁的净空尺度,提出相应的通航标准,并完善桥区范围内的通航安全保障措施,既能保证现状情况下的航道通航安全,也能延续大桥使用寿命,兼顾航运需求与地方发展。

参考文献

- [1] 吕健伟.内河限制性航道通航尺度及跨航桥梁拆建方案探讨.水运工程,2014(10):139-142.
- [2] 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.
- [3] 中华人民共和国交通运输部.港口与航道水文规范: JTS 145-2022[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2022.