

杭甬运河新坝船闸下闸首底板加固改造技术

石进, 张公略, 肖骏, 李浙江

(浙江数智交院科技股份有限公司, 中国 杭州 310012)

摘 要: 本文以杭甬运河新坝船闸下闸首底板加固改造为例, 针对船闸通航水深不足的情况, 创新性地提出了下凹式闸首底板的改造技术, 在有效保证闸首底板结构安全的前提下, 解决了既有船闸闸首区域通航水深不足的问题, 为存在类似情况的既有船闸闸首底板的加固和改造提供了参考和借鉴。

关键词: 船闸; 底板; 修复; 创新

中图分类号: U641 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 08—0112—04

1 工程概况

杭甬运河新坝船闸位于杭州市萧山区义桥镇南侧, 按 500 吨级标准设计, 闸室有效尺度为 $200\text{m} \times 12\text{m} \times 2.5\text{m}$, 设计船型吃水深度为 1.85m, 设计年过闸货运量通过能力为 1020 万吨 (双向), 于 2009 年 1 月建成运营, 是杭甬运河杭州段沟通浦阳江和西小江的咽喉要道。



图 1 新坝船闸航拍图

新坝船闸下闸首为现浇钢筋混凝土整体坞式结构, 平面尺度为 $16.0\text{m} \times 22.1\text{m}$ (顺水流向 $\times$ 垂直流向), 闸门型式为平面提升门, 输水系统为短廊道集中输水系统, 基础为水泥搅拌桩复合地基 + 扩大基础。

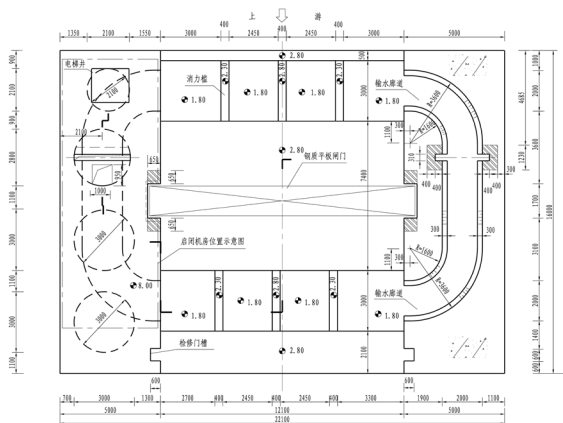


图 2 下闸首平面图

近年来, 在下游季节性低水位期间, 新坝下闸首区

域经常发生船舶触底碰撞事件, 造成下游浆砌块石护坦、钢筋混凝土护坦及下闸首底板破损。浆砌块石护坦中的块石被带入下闸首区域, 卡在闸门门槽附近, 造成平面提升门门底变形, 闸门漏水。新坝船闸运营中心多次安排潜水员进行水下清障, 发现下闸首门槛破损日益严重, 且有加速趋势, 更严重的是船舶撞击导致新坝船闸下闸首底板顶层主筋被拉断, 严重威胁下闸首结构安全和过往船舶的通航安全。

2020 年 7 月, 新坝船闸运营中心对新坝船闸下闸首门槛等结构进行水下探摸检查, 并对结构安全性进行检查和评估。

检查结果表明: 下闸首门槛顶面中部 4m 范围内有明显碰撞破损, 门槛侧面中部 $4\text{m} \times 0.3\text{m}$ (长 $\times$ 高) 范围内保护层全部剥落, 钢筋外露, 翘起碍航部分已被割除; 门槛顶面破损变形上翘压条已割除。下闸首中部消力槛顶面有明显碰撞破损, 1 处开裂, 侧面有砼剥落, 钢筋外露。根据《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》(JTS 304-2019), 经检测评估, 下闸首结构安全性和耐久性已不满足国家有关标准要求, 结构破损已显著影响结构承载能力, 结构安全性评级为 C 级, 结构耐久性评级为 C 级, 应及时进行修复, 补强。

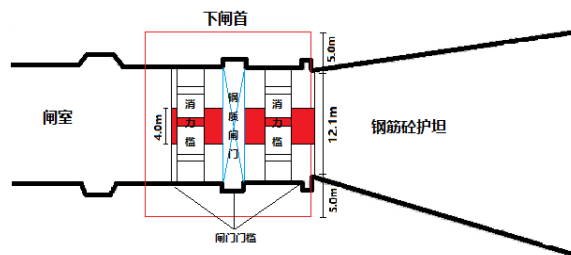


图 3 新坝船闸下闸首底板损坏范围

2 破损原因及影响分析

新坝船闸自 2009 年建成通航以来过闸船舶数量和过闸货运量逐年增长, 2019 年过闸货运量达到了 1915 万吨 (双向), 已经远超原设计通过能力 (1020 万吨), 处于超负荷运行状态, 水工建筑物老化严重。新坝船闸设计船型的吃水深度为 1.85m。近年来船舶大型化趋势明显, 目前实际过闸船舶的吃水为 2.1~2.6m, 少数吃水达 2.8 米, 超标严重, 特别是近年来船舶为了保护螺旋桨普遍加设了拖泥设施, 船舶实际吃水进一步加大, 在下游低水位期间大型船舶极易触底碰撞。超负荷运行和船舶大型化是导致下闸首底板破损的主要原因。

过闸船舶的触底碰撞对船闸的影响如下:

(1) 影响过闸船舶的通航安全。下闸首底板顶层被船舶刮起的钢筋及下游浆砌石护坦被带至下闸首底板区域的块石极易造成过往船舶的搁浅和损坏,造成船闸的堵航,并可能会进一步引起相关的社会问题。

(2) 影响船闸的结构的安全性和耐久性。下闸首门槛顶层混凝土受损剥蚀较深, 范围较大, 且主受力钢筋被切断割除。主受力钢筋的缺失会完全改变闸首底板的受力状态, 已严重影响下闸首的结构安全, 如不及时修复, 很可能产生严重的结构安全事故。另一方面, 对于主受力钢筋尚未割除的底板顶面, 因表面的混凝土破损, 钢筋外露导致的钢筋锈蚀会进一步引起混凝土面层结构胀损剥落, 如果不及时修缮处理, 结构的耐久性将进一步降低进而影响船闸的安全运行。此外, 在关闭闸门过程中被刮起的块石、混凝土及钢筋等对闸门门体也会造成一定损伤。同时, 下闸首也是浦阳江防洪墙的有效组成部分, 闸首结构的损坏可能还对防洪带来不可预见的影响。如果水工结构的破坏加剧, 还会使未来的维修成本成倍攀升。

(3) 影响船闸运行的效率。由于底板的破损和闸门的变形, 下闸首底板顶面和钢闸门之间在关闭状态下存在较大的漏洞, 将增大船闸闸室内水体的渗漏量, 影响船闸的充泄水时间, 进而影响船闸的运行效率。

3 下闸首底板加固改造技术

3.1 技术思路

为快速合理有效地修复闸首底板并解决船舶卡阻现象,在管理和工程措施中考虑了以下几个方案:①将闸首底板恢复原状,控制过闸船舶尺度或提高下游最低通航水位。②根据船舶底部形状和拖泥设施的布置将闸首底板改成下凹的形状,增加门槛水深。

按照方案①将降低船闸的通过能力,对经济和社会产生较大影响,且提高船闸设计水位涉及一系列审批程序。按照方案②基本可以解决方案①中的船闸通过能力问题,但是底板结构的改变会导致其内力重新分布,可能会影响结构安全,因此,该方案需要深入分析研究,做到技术可操作,施工快速便捷,结构安全可靠。为实现这一目标,我们创新性地提出了一种船闸闸首底板下凹式加固改造技术。

3.2 改造技术

闸首底板下凹式加固改造包括下凹式底板改造和的下凸式闸门改造。改造的下凹式底板由原底板凿除后的保留结构加上预制钢结构锚固构件及固定钢结构的新浇部分底板组成；改造的下凸式闸门包括原闸门，新增门体和新增止水。

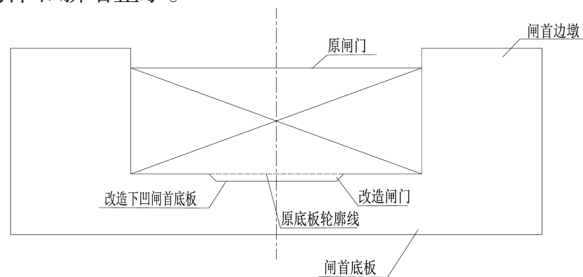


图 4 下闸首加固改造示意图

(1) 闸底板下凹改造技术。下凹式底板改造需要首先凿除下闸首中轴线两侧 3.5m 范围内的底槛表层混凝土 0.34m, 开设凹槽。凹槽两侧局部加深, 作为锚固构件安装槽。外露的下闸首底板钢筋留出一定长度, 其余部分割除。锚固构件有一系列的钢板焊接而成, 放置于开设的底板凹槽两侧的安装槽内, 断开的下闸首底板钢筋焊接于格型预制钢结构肋板之上。然后在开设的底板凹槽表面粘贴钢板, 钢板与预先植入在底板凹槽底部的钢筋穿孔塞焊, 同时两侧与钢结构锚固构件焊接, 形成一个稳定的锚固体系。最后在所有缝隙及格型预制钢结构锚固件隔仓内灌填环氧砂浆, 形成最后的下凹式底板结构。通过此种方法, 凹槽底部的钢板代替了原底板顶层钢筋, 并通过格型预制锚固钢结构件与原底板形成一个牢固的整体。

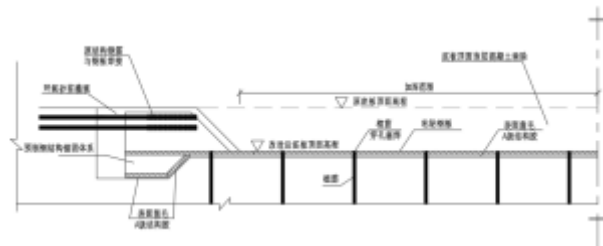


图5 下闸首锚固体系示意图

(2) 下凸式闸门改造技术。由于底板改造, 下闸首工作门门槛中部 5m 范围内高程降低 0.3m, 为满足挡水要求, 需要对下闸首工作闸门同步进行局部改造, 在闸门的下缘新增门体。闸门改造前, 对门体进行检测并对损坏部分进行修缮。新增门体由面板、筋板、止水压板等组成, 用六角螺栓固定在原闸门底部, 形状与底板凹入部分一致。由于闸门下缘形状改变, 需要更换折线形底止水, 为保证止水连接质量, 需要在工厂内提前应用热胶对止水进行粘接并预留足够的修正余量。闸门改造后, 由于底部存在凸起部分, 可能导致门体无法下放到位, 为解决此问题, 在侧轨底部 30cm 范围内两侧各焊接一块不锈钢导向贴板辅助闸门入位, 贴板厚度门体调中后确定, 贴板与门体侧向滑块间隙为 3mm。

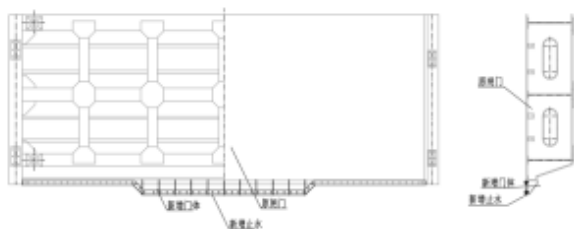


图6 闸门改造示意图

(3) 结构安全分析。由于下闸首底板部分区域变薄, 底板钢筋被表面粘贴的钢板替代, 底板受力发生了变化, 为验证下闸首在加固改造施工期和之后的运行期的结构安全, 应用有限元软件对下闸首底板结构进行复核算, 本次验算考虑扩大基础对闸首结构的影响, 验算工况包括原船闸的运行工况及本次抢修的施工工况。结果见图 7 ~ 图 10。各工况下的下闸首底板水平向拉应力均未超过 C25 混凝土抗拉强度设计值, 闸首底板改造修复后满足结构安全要求。

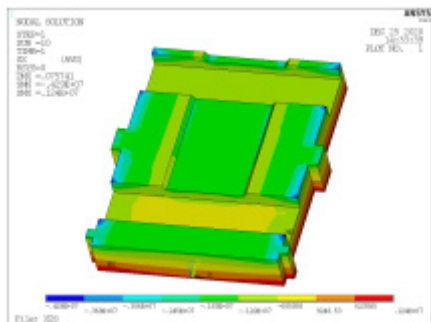


图7 正向水头工况下闸首底板水平向应力分布

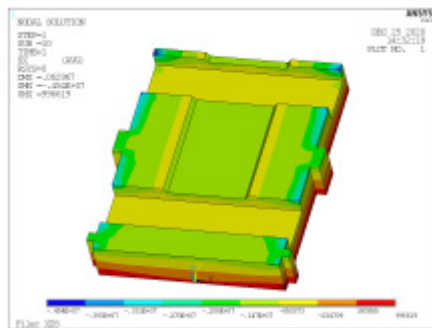


图8 反向水头工况下闸首底板水平向应力分布

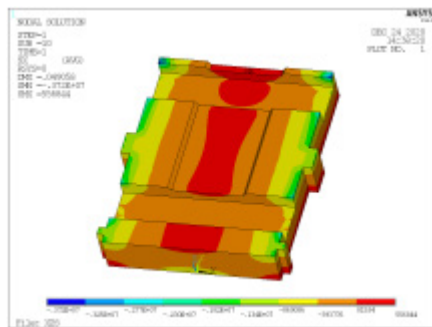


图9 施工工况下闸首底板水平向应力分布

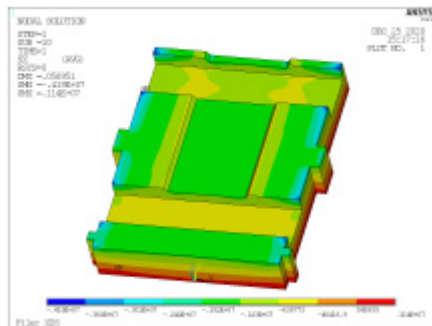


图10 校核洪水工况下闸首底板水平向应力分布

4 下闸首底板加固改造效果

经过本次改造, 新坝船闸恢复通航后, 未出现船舶在下闸首区域的搁浅的情况, 过闸效率有所提高; 施工期和使用期的监测结果表明, 闸首结构各项参数正常, 结构安全稳定。该底板加固改造方案在保证结构安全的前提下解决了既有老旧船闸门槛水深不足的问题。闸首底板改造和闸门改造工期约 14 天, 可以利用船闸岁修期完成施工, 将船闸断航的社会影响减至最低。

5 结语

本文针对既有老旧船闸门槛水深不足的问题, 创新性地提出了船闸闸首的下凹式底板加固改造技术及其相应的工程措施, 可以在保证闸首结构安全的前提下, 保障过闸船舶的通航安全, 消除了闸首底板在长期碰撞下

岷江下游非恒定流传播规律初步研究

赵江, 谢玉杰, 李家世, 周玉洁

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 岷江大件运输航道是四川省运输大型设备的唯一水上出川通道, 为保证枯水期大件运输的需求, 大件船在枯水期采取“等水航行”、“追峰通航”的方式航行。为了分析上游电站非恒定流下泄对岷江大件航道枯水期航道的影响, 本文通过沿程布设一定数量的水尺, 通过对水文站与沿程水尺观读数据运用数理统计分析方法, 研究岷江大件航道中枯水期水位传播规律, 进而为受非恒定流影响的岷江下游航道船舶航行提供参考。

关键词: 大件运输; 非恒定流; 水位传播; 数理统计

中图分类号: U657.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 08—0115—04

岷江是四川省运输大型设备的唯一水上出川通道, 其下游在每年的 6~9 月的洪水期, 水量丰盈, 能够满足大件运输船舶航行条件, 但在 12 月~次年 3 月的枯水期受上游铜街子等水电站调峰影响, 航道水位时高时低, 水深时深时浅, 既影响船舶安全航行, 又影响航道维护整治。为保证中枯水期大件运输的需求, 大件船往往采取“等水航行”、“追峰通航”的方式航行, 为此进一步对岷江下游大件航道中枯水期水流波峰、波谷传播规律进行研究是必要的。为了分析上游电站下泄的非恒定流对岷江下游中枯水期航道的影响, 本文以岷江五通桥水文站和高场水文站资料为基础, 通过沿程布设一定数量的水尺来监测水位传播情况, 结合水文站资料与沿程水尺数据研究岷江下游航道中枯水期水流传播规律, 进而为受非恒定流影响的岷江下游航道船舶航行提供参考。

1 基本情况

岷江流域地跨上游高原气候区及中下游盆地亚热带湿润季风气候区, 上游汶川以上地区长年夏无酷暑, 年降水量低于 850mm, 中下游地区气候温和, 四季分明, 夏秋多雨, 年降水量 1000 ~ 1200mm (不含大渡河)。一般 6~9 月为洪水期, 径流量约占全年的 66.2%; 12 月至翌年的 3 月为枯水期, 径流量占全年的 7%。年内最大流量与最小流量相差 60 倍, 水位暴涨暴落, 洪枯水位变幅达 8~15m。历年实测最大流量 31400m³/s, 最小流量 364m³/s (高场站)^[1]。

1.1 上游电站

截止目前, 岷江上游已建紫坪铺、龚嘴、铜街子、沙湾等电站。本文主要分析上述电站下泄的非恒定流在岷江乐山至宜宾 162km 航段的水流传播规律。各枢纽的工程特性见表 1^[1]。

发生损坏的隐患。该套技术方案可为类似工程的加固修复设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 浙江数智交院科技股份有限公司. 新坝船闸下闸首及下游护坦结构检测及安全评估报告. 2020.09
- [2] 浙江数智交院科技股份有限公司. 新坝船闸下闸首区

域抢修加固工程施工图设计. 2020.12

[3] 浙江数智交院科技股份有限公司. 一种闸首及船闸: 中国, ZL 2021 2 0842154.0[P]. 2021.11.16.

[4] 船闸检修技术规程. JTS 320—3—2013.

[5] 水运工程水工建筑物检测与评估技术规范 JTS 304—2019 [6] 混凝土结构加固设计规范. GB50367—201.