



起重船在犍为船闸检修中的应用

冯学刚¹, 吴礼国¹, 李文杰²

(1. 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017;

2. 武汉长江船舶设计院有限公司, 湖北 武汉 430062)

摘要: 针对山区河流大型船闸检修问题, 从投资性价比、共用性、便捷性等方面对检修闸门形式和起吊设备进行比较, 从而确定犍为船闸“浮式叠梁检修门+起重船”的检修方案。详细描述犍为船闸检修的特殊性, 并开展起重船在犍为船闸检修中的吊装工艺流程研究。通过经验总结、边界条件模拟等方法得出起重船在吊装超大型浮式叠梁检修门中的关键控制要素。详细介绍了起重船在山区河流大型船闸中起吊检修闸门的应用, 为类似大型船闸检修提供了经验和借鉴。

关键词: 船闸检修; 浮式叠梁检修门; 起重船; 工艺流程; 控制要素; 犍为船闸

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)12-0099-05

Application of crane ship in Qianwei ship lock maintenance

FENG Xue-gang¹, WU Li-guo¹, LI Wen-jie²

(1. Sichuan Communication Surveying and Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610017, China;

2. Wuhan Changjiang Ship Design Institute, Wuhan 430062, China)

Abstract: Aiming at the maintenance of large ship locks in mountainous rivers, the maintenance gates types and lifting equipment are compared from the aspects of investment cost-effectiveness, commonality, convenience, etc., therefore, it is determined that the maintenance plan of Qianwei ship lock is “floating stacked beam maintenance door + crane ship”. The particularity of Qianwei ship lock maintenance is described in detail, and the research on the hoisting process of the crane ship in Qianwei ship lock maintenance is carried out. Through experience summary and boundary condition simulation methods, the key control elements of crane ship in hoisting super large floating stacked beam maintenance door are obtained. The article introduces in detail the application of crane ships in the lifting and maintenance of gates in large ship locks in mountainous rivers, which provides experience and reference for similar large ship locks.

Keywords: ship lock maintenance; floating stacked beam inspection door; crane ship; technological process; control elements; Qianwei ship lock

岷江犍为船闸位于四川省乐山市, 是岷江宜乐段采取“渠化上段、整治下段”开发建设方案中渠化上段的4个梯级(老木孔、东风岩、犍为和龙溪口)中的第3级, 为四川省建设的首个34 m 口门船闸。

船闸设有大型人字闸门、反向弧形阀门、浮式系船柱、检修阀门、拦污栅及液压启闭机设备等设施。船闸金属结构、启闭机械及土建部分通

常以10~12 a为1个大修周期^[1], 每次大修历时根据船闸检修内容不同而不等, 一般持续1个月以上。在船闸检修期间, 为满足闸首、闸室内干地检修条件, 需要在船闸上闸首上游和下闸首下游设置挡水检修闸门, 待检修闸门安装就位后抽空船闸闸室内的水即可进行检修^[2]。

岷江属典型的山区河流, 具有洪、枯流量悬殊, 洪水陡涨、陡落等水文特性, 枢纽正常蓄水位

与校核洪水位相差较大，导致上闸首与闸室存在较大高差。键为船闸最大检修闸门尺寸为 $12.8 \text{ m} \times 35.6 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$ (高×宽×厚)，门体尺寸大、整体质量大，选择适合的检修吊装工艺将提高检修效率，降低工程投资。

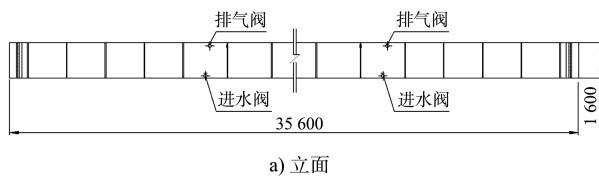
1 检修闸门和吊装设备形式

1.1 检修闸门形式

国内大型船闸上普遍采用的检修闸门主要有桁架式叠梁门、普通叠梁门、浮箱式单体闸门和浮式叠梁门等。

桁架式叠梁门自质量小，但在安装、吊出时需潜水员水下配合摘挂钩；而普通叠梁门常采用安装在闸室、闸首顶面的大型龙门吊或临时租赁起吊设备进行吊装；浮箱式单体闸门则一般通过拖轮拖运就位，拖运过程中受检修时段的航道水深影响较大，但岷江航道最低通航水深为 2.4 m ，浮箱检修门吃水不够，稳定性较差，且需专门设置停泊水域，对船闸总体布置要求高^[3]。浮式叠梁门是一种融合普通叠梁门和浮箱检修门众多优点的门型，共用性强、可浮运、无须水下摘挂钩。

基于上述特点，键为船闸检修闸门形式选用浮式叠梁门（图 1）作为该船闸的检修门。检修闸门平时放置在闸室陆侧墙内的储门槽内。



a) 立面

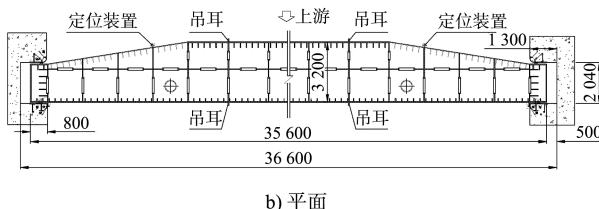


图 1 浮式叠梁检修门 (单位: mm)

1.2 吊装设备形式

目前，国内大型船闸浮式叠梁闸门常用起吊设备为龙门吊和临时架设的桅杆吊。龙门吊方案具有检修方便的优点，但每座船闸须单独配置，

无法在其他船闸中共用，存在投资略高、维护量大的特点；临时架设桅杆吊方案，虽具有投资省、维护量小的优点，但要求有较大的检修场地，尤其在二线船闸建成后江侧船闸检修尤为困难。为降低投资、减少浪费，键为船闸选择了可共用、流动强的起重船作为检修门起吊设备。

1.3 起重船主要设计参数

键为船闸的浮式叠梁门单节质量最大为 76.7 t ，在刚入水时可能存在偏心，须通过起重船调整浮式叠梁门浮态，考虑调整浮态过程中有水进入箱体增加门体质量，以及一定安全富余，起重船起吊质量确定为 120 t 全回转；为适应检修时段的航道水深要求，起重船宜采取宽浅型，吃水确定为 2.0 m ，为扩大起重船的使用范围，适应四川境内 23 m 船闸的过闸要求，其型宽确定为 21.6 m 。

起吊能力为主钩 120 t 、副钩 20 t 。起升高度：甲板面以上主钩 34 m (起重半径 $R=23 \text{ m}$ 时)、副钩 21 m ($R=41 \text{ m}$ 时)，甲板面以下 10 m 。主钩最大幅度 $R=23 \text{ m}$ 时起吊质量 $Q=120 \text{ t}$ 、最大幅度 $R=35.5 \text{ m}$ 时起吊质量 $Q=50 \text{ t}$ ，最小幅度主钩 $R=13.5 \text{ m}$ 、副钩 $R=17 \text{ m}$ 。主起升速度 $4 \text{ m}/\text{min}$ ($Q=120 \text{ t}$)、 $5.5 \text{ m}/\text{min}$ ($Q=50 \text{ t}$)，副起升速度 $20 \text{ m}/\text{min}$ (额定载荷)、 $28 \text{ m}/\text{min}$ (轻载)。变幅速度 $6 \text{ m}/\text{min}$ ，旋转速度 $0.3 \text{ r}/\text{min}$ ，尾部旋转半径 9.4 m ，电源及供电方式为 AC380 V、50 Hz、三相三线。

2 检修工艺及控制要素

2.1 检修边界条件

1) 老木孔、东风岩、键为和龙溪口 4 个梯级将陆续建成投运，且 4 个梯级采用相同规格的检修闸门、隶属于同一业主进行建设和管理，为节省投资，键为船闸仅设置一套上检修闸门，下检修闸门向龙溪口船闸借用。

2) 为方便船闸两侧交通需求，同时满足船闸水电管线过闸，键为船闸在上检修门槽下游侧设置一座交通桥，交通桥在正常蓄水位时净空 18 m ，起重船吊装作业时应避开交通桥，在检修门槽上游侧进行吊装作业。

3) 根据岷江航运规划要求, 桥梁通航净空不得小于 18 m, 但岷江已建桥梁中部分净空不足, 最小为 15.6 m, 因此在保证起重船拖航状态时,

最大外形高度控制在 15.5 m 以内, 起重机人字架采用放倒设计(图 2)。

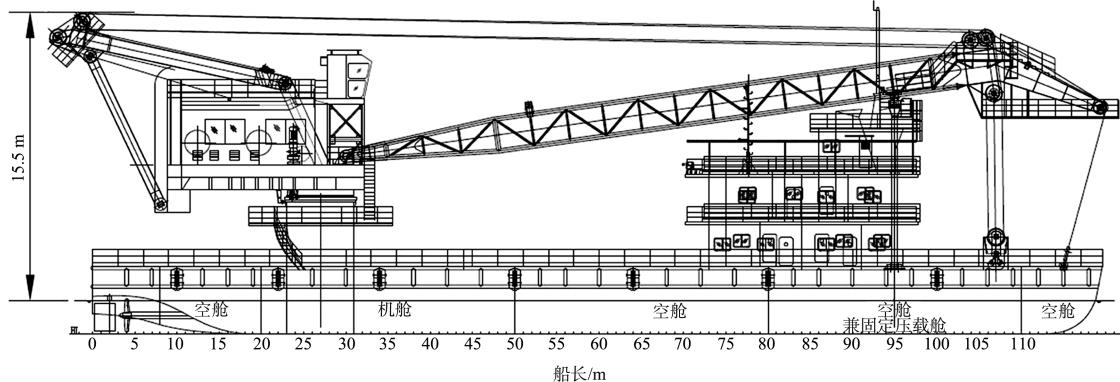


图 2 起重船人字架放倒

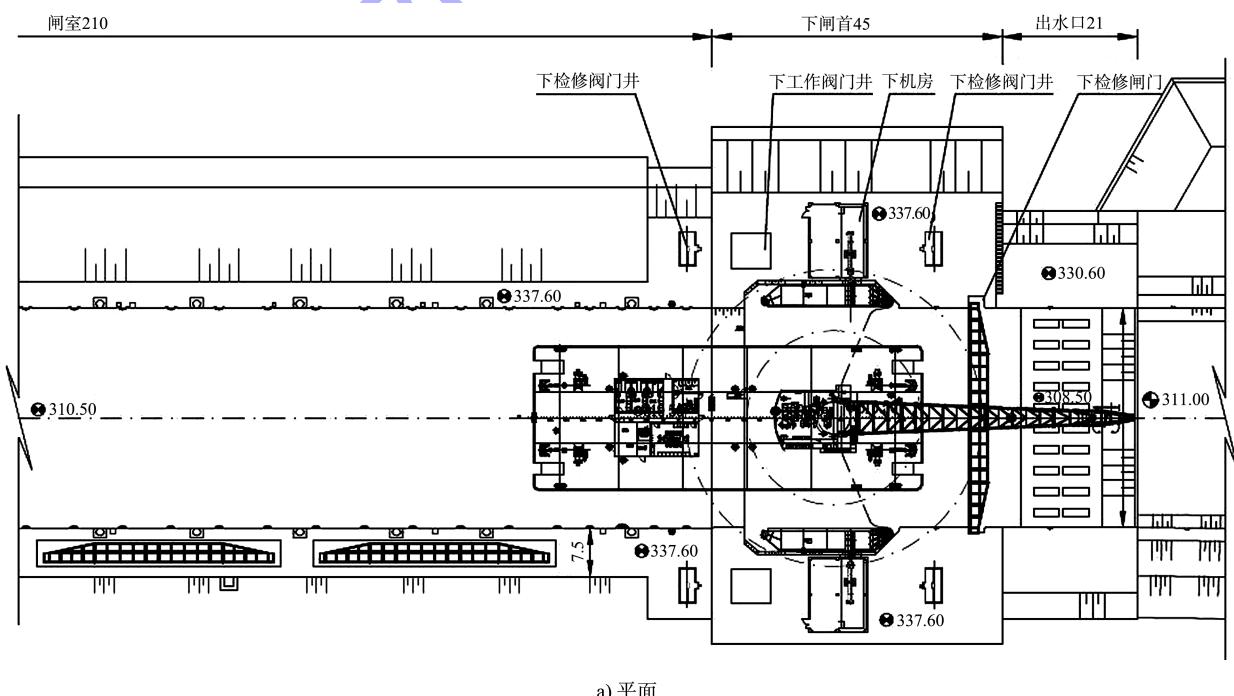
4) 为保证起重船在船闸狭小空间检修吊装过程中机动灵活, 设置 4 套辅助移船舵浆装置, 辅助移船速度 5 km/h, 长距离行驶采用拖轮拖运。

2.2 检修吊装流程

1) 起重船从下游龙溪口船闸借用一套叠梁检修闸门, 用于犍为船闸下检修闸门。起重船从下游龙溪口船闸闸室陆侧墙顶储门槽内吊出检修闸门, 放置于起重船甲板两侧, 通过拖轮拖运至犍

为船闸。

2) 起重船在下游检修水位工况下, 从下检修门槽上游侧吊运安装下检修闸门。船闸关闭上人字闸门和上反向弧形阀门, 打开下人字闸门和下反向弧形阀门, 闸室水位降至下检修水位, 起重船行驶至下检修门槽上游侧, 交替从起重船甲板两侧吊运浮式叠梁检修门安装在下检修门槽内(图 3)。



a) 平面

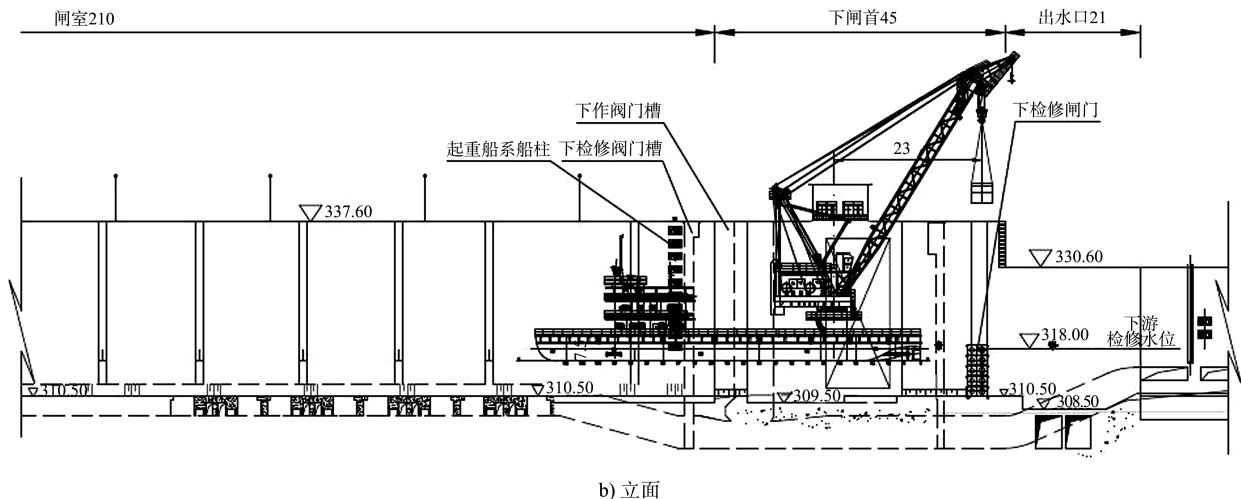


图 3 下闸首检修闸门吊装 (单位: m)

3) 起重船在上游检修水位(正常蓄水位)工况下, 从闸室陆侧墙储门槽内吊出上检修闸门。起重船行驶至船闸闸室内, 关闭下人字闸门和下反向弧形阀门, 打开上反向弧形阀门向闸室内充水, 待闸室水位与上游水位齐平, 打开上人字门, 起

重船从闸室陆侧墙储门槽内吊出上检修门放置于起重船甲板两侧。吊装完毕后放到人字架, 制高点距离水线 15.5 m, 起重船通过上闸首交通桥后行驶至上检修门槽上游侧(图 4)。

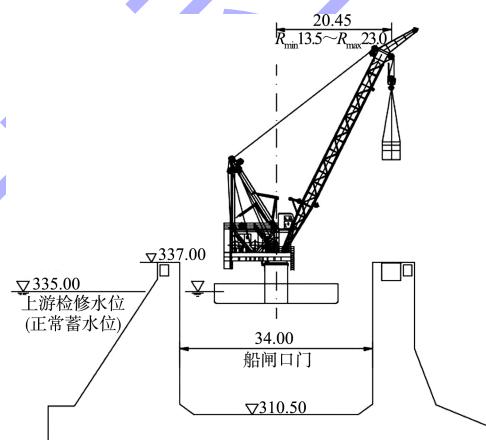


图 4 闸室检修闸门吊装出储门槽 (单位: m)

4) 起重船在上游检修水位(正常蓄水位)工况下, 从上检修门槽上游侧吊运安装上检修闸门。下人字闸门和下反向弧形阀门处于关闭状态, 起重船在上游检修水位(正常蓄水位)工况下, 从上检修门槽上游侧交替从起重船甲板两侧吊运浮式叠梁检修门安装在上检修门槽内(图 5)。

5) 上、下检修闸门安装完毕, 打开下反向弧

形阀门, 闸室泄水至下检修水位, 关闭上、下检修阀门, 利用水泵抽干闸室内存水, 开始船闸干地检修。

6) 待船闸检修完毕, 闸室灌水, 起重船再分别吊起检修闸门放置于键为船闸闸室墙顶的储门槽及拖运至龙溪口船闸储门槽内, 即完成一次大修吊装工作。

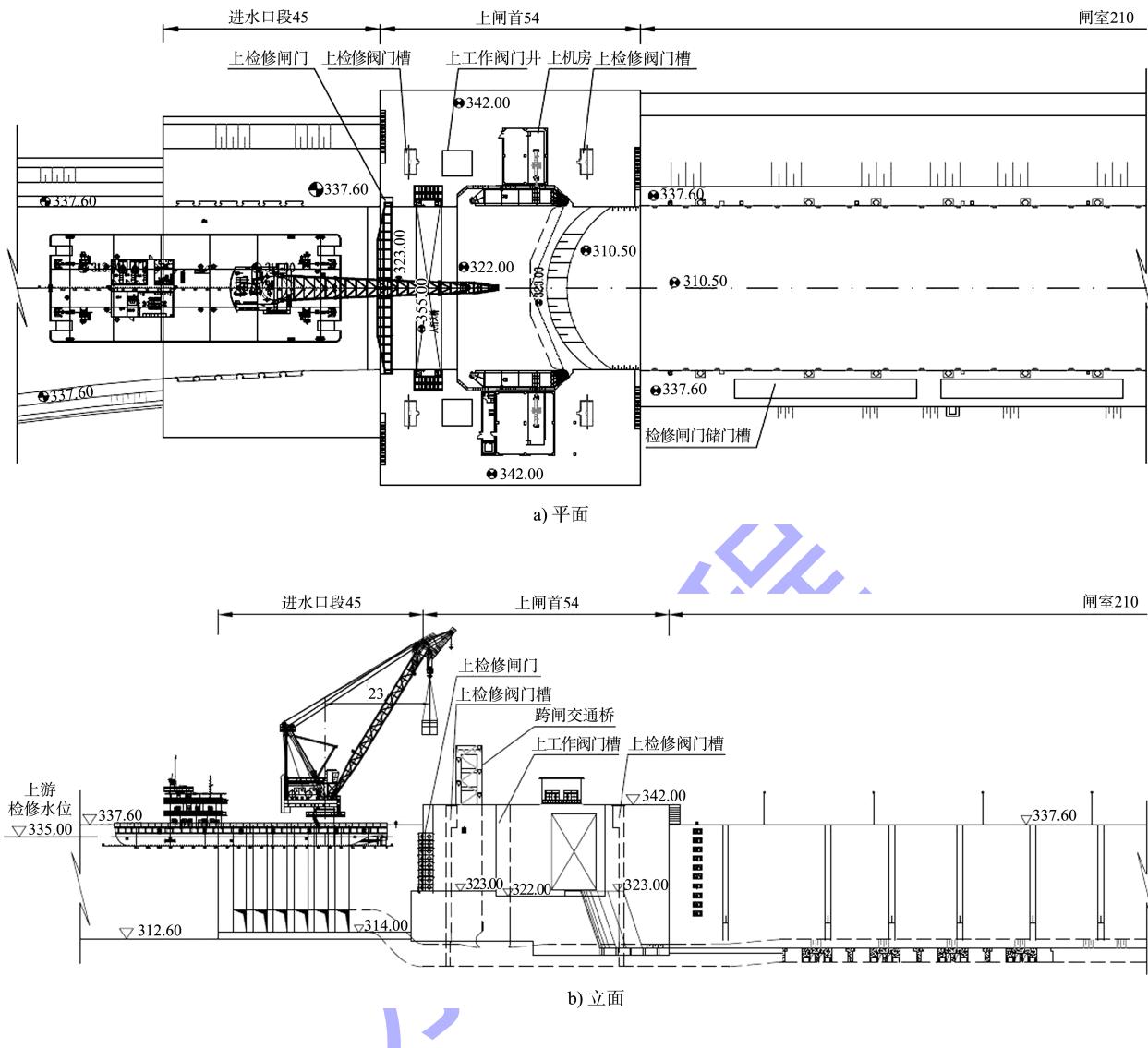


图 5 上闸首检修闸门吊装工艺 (单位: m)

2.3 吊装关键控制要素

1) 本工程浮式叠梁门在非检修状态时储存在闸室段陆侧墙的储门槽内, 检修时须采用起重船先将其吊出放置在船体两侧甲板, 故吊装时须注意起重机臂架与闸墙的干涉。

2) 为满足叠梁门在放置和调离起重船时船舶的最大静横倾 $\leq 3^\circ$, 叠梁门应交替放置和调离起重船。

3) 浮式叠梁门设计时因挡水高度不同分别设计为重型和轻型两种, 且各为 4 节, 叠梁门在放置于起重船时, 应于左右甲板侧先各放置 2 节轻型叠梁门, 再各放置 2 节重型叠梁门, 以免在叠

梁门调离起重船进行倒箱作业。

4) 考虑到吊装过程中浮式叠梁门有转向要求, 在起重船臂架上设置了两套锁具机构, 分别牵引叠梁门两端实现转向, 进行转向作业时应严格按照操作规程执行, 避免碰撞。

5) 为避免叠梁门节与节之间存在错位, 浮式叠梁检修门设置有定位装置。首节叠梁门的位置、姿态是否正确直接影响后续叠梁门的堆叠, 故首节叠梁门吊装时应调整好姿态方可脱钩, 后续叠梁门则采用水面自动脱钩后充水自动下沉就位。

(下转第 111 页)