



# 葛洲坝船闸人字闸门底枢检修实践

曾 维

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:** 对葛洲坝船闸 1990 年实施计划性大修制度以来的人字闸门底枢检修实践进行总结, 上、下游人字闸门底枢分别为 18~24 a 和 12 a 的检修周期能够满足底枢的正常运行。轴瓦和蘑菇头接触面达标是保证底枢安全可靠运行的重要因素。上、下游人字闸门底枢分别采用不拆离和拆离门体的方式检修, 采用球心垂直位移的方式对底枢轴瓦、蘑菇头进行加工修理, 轴瓦直径采用蘑菇头相等尺寸, 蘑菇头不采用有堆焊层形式; 采用碳弧气刨将旧轴瓦断开取出、新轴瓦冷冻安装的轴瓦更换工艺。检修工艺节省费用, 缩短了工期。增加防底枢永久移位装置可防止因泥沙进入造成底枢永久移位。

**关键词:** 葛洲坝船闸; 人字闸门; 底枢; 检修

中图分类号: U643

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)08-0139-05

## Maintenance practice of miter gate bottom pivots of Gezhouba ship lock

ZENG Wei

(Three Gorges Navigation Authority, Yichang 443002, China)

**Abstract:** This paper summarizes the maintenance practice of miter gate bottom pivots since the planned overhaul system was implemented in Gezhouba ship lock in 1990. The maintenance cycles of upper and lower miter gate bottom pivots are 18-24 a and 12 a respectively, which can satisfy the normal operation of the bottom pivots. Whether the contact surface of the bearing bush and the mushroom head meets the requirements is an important factor to ensure the safe and reliable operation of the bottom pivots. The bottom pivots of the downstream and upstream miter gates are repaired with the gate body detached or not respectively. The bearing bush and mushroom head of the bottom pivot are processed and repaired by the vertical displacement of the ball center. The diameter of the bearing bush is equal to the size of the mushroom head. The mushroom head does not feature a surfacing layer type. The replacement process is implemented by using carbon arc gouging to disconnect the old bearing bush and install a frozen new bearing bush. The above maintenance process saves costs and shortens the construction period. Adding limited displacement devices can prevent permanent displacement of the bottom pivots due to the ingress of sediment.

**Keywords:** Gezhouba ship lock; miter gate; bottom pivot; maintenance

葛洲坝水利枢纽有 3 座通航建筑物, 分别为布置在大江的 1# 船闸和三江的 2#、3# 船闸。3 座船闸的工作闸门均为人字闸门(简称“人字门”)。底枢是人字门的关键部件, 门体底部支承在底枢上, 绕着顶、底枢中心形成的轴线转动, 实现启闭功

能。底枢由蘑菇头、轴瓦和顶盖组成, 轴瓦安装在顶盖内, 由设置在人字门启闭机房的润滑泵通过管路向底枢注入润滑脂进行润滑。

底枢若发生故障, 船闸则不能正常运行, 需要停航排干闸室对其进行检修。底枢检修工程量

收稿日期: 2022-10-12

作者简介: 曾维 (1968—), 男, 正高级工程师, 从事船闸及升船机机械设备检修、改造及技术研究工作。

大, 工期长, 是决定船闸大修工期的关键项目<sup>[1]</sup>。采用更换或人工研磨方法对底枢进行检修费用高、工期长, 对船闸通航影响大<sup>[2-4]</sup>。

葛洲坝船闸通航 41 a 来, 多次对 3 座船闸人字门底枢进行过检修, 通航初期的检修主要是消除制造和安装中的缺陷。1990 年开始, 葛洲坝船闸实施计划性大修制度, 每座船闸每 6 a 进行一次计划性大修, 底枢检修周期化、规范化。随着长江航运的快速发展, 船闸的通过能力已不能满足船舶过坝需求, 对船闸检修提出了更高的要求, 通过底枢检修技术创新, 缩短了船闸检修工期, 单套底枢检修工期由以前约 25 d 缩短到目前约 15 d, 保证了船闸安全高效运行。本文对 1990 年以来的底枢检修进行总结, 形成高效成熟的技术, 实现船闸的快速检修, 并为类似结构的底枢检修提供借鉴。

## 1 工程概况

1990 年以来, 3 座船闸底枢检修情况见表 1。

表 1 1990—2022 年葛洲坝船闸底枢检修情况

船闸编号	工程名称	底枢检修情况
1 <sup>#</sup>	1991 年抢修	左下、右下底枢复位
	1993 年整顿性大修	左下、右下底枢检修
	1999 年计划性大修	左下、右下底枢检修
	2005 年计划性大修	左上、右上、右下底枢检修
	2011 年计划性大修	左下底枢检修
	2017 年计划性大修	右下底枢检修
2 <sup>#</sup>	1994 年计划性大修	右上、左下、右下底枢检修
	2001 年计划性大修	左上、右下底枢检修
	2007 年计划性大修	左下、右上底枢检修
	2013 年计划性大修	左下、右下底枢检修
	2019 年计划性大修	更换右下底枢轴瓦、蘑菇头, 左上底枢检修
	1991 年计划性大修	右下底枢检修
3 <sup>#</sup>	1995 年抢修	更换左下底枢蘑菇头
	1997 年计划性大修	更换右下底枢蘑菇头, 左上、右上底枢检修
	2003 年计划性大修	左下底枢检修
	2009 年计划性大修	右下底枢检修
	2015 年计划性大修	左下底枢检修
	2021 年计划性大修	右下、左上、右上底枢检修

在 2019 年 2<sup>#</sup>船闸计划性大修中, 计划对人字门整体喷锌防腐。为缩短 2019 年大修工期, 在 2013 年大修中提前实施了左下底枢检修, 并采用不拆离门体的方式对左下、右下底枢进行检修。检查发现, 因干油润滑系统故障, 2<sup>#</sup>船闸右下底枢润滑不良, 存在严重损伤, 当时采用打磨消除缺陷、疏通油槽方法对其进行处理, 在后期运行中加密底枢润滑频次并定期进行检查, 2019 年大修时更换了底枢轴瓦、蘑菇头。

## 2 检修周期

葛洲坝船闸人字门底枢检修周期为: 下游 12 a, 采用轮流检修方式, 每次大修检修一套下游底枢。由于上游人字门较轻, 每运行一次磨损较下游小, 周期为 18~24 a, 根据其状况, 结合葛洲坝船闸、三峡船闸大修工期适时安排检修。

底枢油封材料为耐油橡胶 I-1, 位于水下, 环境温度不高, 不受阳光照射。2<sup>#</sup>船闸左上人字门底枢油封经过 20 a 使用, 3<sup>#</sup>船闸上游 2 套人字门底枢油封经过 25 a 使用, 检查发现密封件弹性良好, 无损坏, 密封正常, 底枢内无进水迹象。

上、下游底枢运行一个周期后检查, 底枢油道内存留的磨损物较少, 未堵塞油道, 润滑脂进排正常。

根据运行情况得出, 上、下游人字门底枢分别为 18~24 a 和 12 a 的检修周期能够满足底枢的正常运行。

## 3 检修技术

### 3.1 高位顶门

顶门将人字门门体支撑在顶具上, 顶、底枢不再支撑门体, 门体脱离悬挂状态, 由安装在门体底部的顶具向上垂直顶升的一种检修工艺。顶门分高位、低位顶门, 拆除顶枢后进行顶门的为高位顶门, 不拆除顶枢进行顶门的为低位顶门。

葛洲坝船闸人字门低位顶门时需要割除一段

底止水座板, 检修完成后再将座板焊接回装<sup>[5]</sup>, 反复此操作会对结构造成不利影响, 3#船闸由于底枢底座结构限制, 不能采用低位顶门移出底枢; 船闸大修时对底枢和顶枢均需进行检修, 因此近年来葛洲坝船闸人字门底枢大修和抢修均采用高位顶门工艺。根据是否需要将底枢拆离门体, 顶门高度有所不同, 若采用将底枢拆离门体方式进行检修, 顶门高度需满足门体升高后, 门体的底止水座板高于底枢, 便于底枢从底座移出。若采用将底枢不拆离门体方式进行检修, 顶门高度需满足门体升高后, 底枢顶盖与蘑菇头之间的空间能够便于对底枢轴瓦、蘑菇头进行打磨处理施工。

高位顶门时, 人字门启闭机推拉杆不与门体脱开, 顶枢拆除后, 在顶枢处布置固定工装, 推拉杆和固门工装联合起固门作用, 防止顶门施工中门体倾覆。

顶门装置包括同步顶升和机械式保顶系统, 同步顶升系统顶升门体, 机械式保顶系统同步跟随顶升系统上升, 并与门体保持一定的间隙, 在同步顶升系统顶具出故障时能够支撑门体, 起到保护作用。

### 3.2 底枢修理

#### 3.2.1 底枢不拆离门体修理

前几次上游人字门底枢修理采用与下游同样的方法, 将其拆离门体进行修理, 发现上游人字门较轻, 底枢的磨损量较小, 状况较好。因此, 对其检修方式进行了优化, 在2019年2#船闸大修和2021年3#船闸大修时采用不拆离门体的方式进行检修, 顶门到所需高度后, 对底枢蘑菇头和轴瓦表面的划痕和损伤进行打磨处理, 使表面光滑, 并清理轴瓦油道, 将油道倒角, 便于润滑脂进入摩擦面。

采用不拆离门体方式修理可以省去底枢拆离、移出和回装工作, 节省工程量, 缩短工期。

#### 3.2.2 底枢拆离门体修理

底枢拆离门体检修工艺流程见图1。

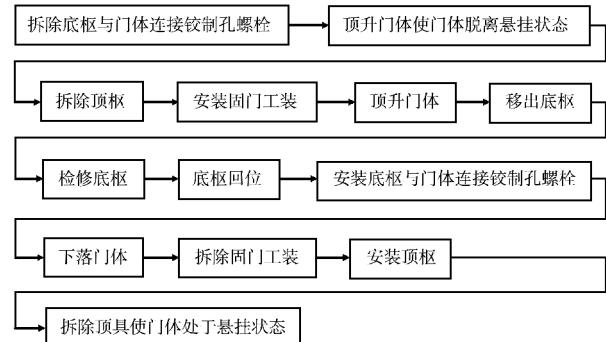


图1 高位顶门底枢拆离门体检修工艺流程

葛洲坝船闸底枢轴瓦和蘑菇头尺寸较大, 更换费用较高, 且更换工期较修复长, 因此, 对于不存在严重损伤的轴瓦和蘑菇头, 采用以下方法对其进行修理: 1) 若轴瓦和蘑菇头表面有较深的划痕或较大的损伤, 修理分两步完成, 先用数控车床对轴瓦和蘑菇头加工修理, 然后将轴瓦和蘑菇头组装检查, 人工研磨轴瓦, 使轴瓦与蘑菇头的接触面积不小于65%; 2) 若轴瓦和蘑菇头表面划痕较浅和损伤较小, 采用人工研磨轴瓦方法修理。

采用数控车床对蘑菇头和轴瓦加工修理, 主要是清除球面划痕和损伤层, 使尺寸精度和表面粗糙度满足要求。加工修理主要采用以下方法:

1) 加工蘑菇头。蘑菇头球面直径根据密封位圆柱面的直径确定, 中心由密封位圆柱面的中心线确定。底枢蘑菇头加工修理方案见图2, 蘑菇头采用球心垂直下移、轴瓦采用球心垂直上移的方法进行加工, 球心垂直移动保证蘑菇头、轴瓦的中心和人字门的底部中心不变。逐次增加球心位移量进行加工, 直至球面不再残留划痕和损伤层。

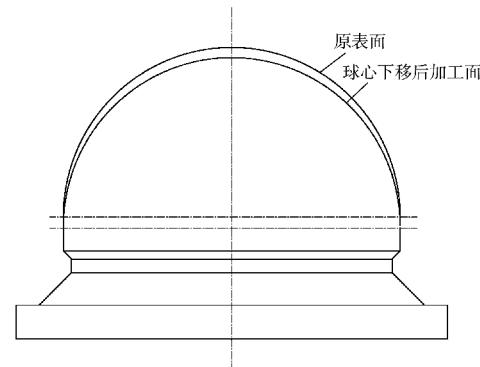


图2 底枢蘑菇头加工修理方案

2) 加工轴瓦。轴瓦中心由安装密封圈的沟槽圆柱面中心线确定。考虑到轴瓦和蘑菇头接触面积不应小于 65%，研配后轴瓦和蘑菇头的球面直径应相等。如果采用设计方案，轴瓦和蘑菇头之间存在较大的间隙，将轴瓦大尺寸研磨成蘑菇头小尺寸的工程量非常大，因此在加工时，对轴瓦和蘑菇头的配对进行了修改，轴瓦采用与蘑菇头相同的直径，以减少轴瓦和蘑菇头研磨工作量。通过以上修改，研磨工期由原来的 3 d 缩短至 1 d，效果明显。

3) 根据蘑菇头和轴瓦加工修理后两球心的累计位移量，在底枢垫板下增加相同厚度的不锈钢板，以保证底枢高程不变。

轴瓦和蘑菇头的接触面满足要求是保证底枢安全可靠运行的重要因素。通过加工修理和配对研磨，使得接触面满足要求，轴瓦和蘑菇头的接触比压小，磨损量小，底枢运行工况良好，同时也减少了底枢下一次检修的工作量。1#船闸自 2011 年、2#船闸自 2007 年、3#船闸自 2009 年后的检修中，未再实施轴瓦和蘑菇头数控车床加工修理这一环节，而采用人工研磨轴瓦方法，减少了工作量，缩短了工期。

## 4 重点项目

### 4.1 3#船闸下游底枢蘑菇头更换

3#船闸下游底枢蘑菇头材料设计为 45 号锻钢表面堆焊 3 mm 不锈钢。经过 2 次加工修理后，剩余不锈钢层较薄，在后期 12 a 的运行时间内，存在安全隐患。因此，在 1995 年抢修和 1997 年计划性大修中，将下游 2 个蘑菇头进行了更换，新蘑菇头材料采用与 1#、2#船闸相同的材料 35CrMo 锻钢<sup>[6-7]</sup>。

### 4.2 2#船闸右下底枢轴瓦更换

2#船闸右下底枢轴瓦由于损坏严重，2019 年计划性大修时进行了更换，遇到的一个重大难题

是旧轴瓦拆除时，轴瓦与顶盖是过盈配合，受限于顶盖结构，无法采用常规的顶出工艺将轴瓦取出。采用的方案是将轴瓦断开以消除过盈应力，后将轴瓦拆出。由于轴瓦壁较厚，试用了电动砂轮切割和钻孔等方法，时间较长，效果不佳，后采用碳弧气刨方法，效果较好，在短时间内完成了轴瓦拆除工作。新轴瓦采用液氮冷冻后安装，效果较好。

### 4.3 增加防底枢永久移位装置

1991 年 1#船闸下游人字门因泥沙进入底枢和底座间造成底枢向外移位，船闸停航抢修，顶门清除进入的泥沙，对底枢进行复位，对航运造成较大影响<sup>[8]</sup>。

造成底枢向外移位的原因有：船闸汛期长时间停航，在下游人字门门槛底枢处堆积了大量泥沙，当船闸恢复运行，人字门开启时，泥沙倒向底枢，进入人字门支、枕垫块间。在正常情况下，人字门在关门过程中，支、枕垫块间隙会越来越小，直至人字门全关紧密接触。当人字门支、枕垫块间填充了泥沙后，人字门还未到全关位，支、枕垫块间已无缝隙，再继续关门时，支、枕垫块和泥沙的挤压作用将人字门底部向外推移，底枢蘑菇头和底座垂直接触面间出现缝隙，堆积泥沙进入缝隙，使底枢不能回位，造成人字门漏水，底枢承受水压力，存在严重的缺陷和安全隐患。

此后，采用增加防底枢永久移位装置陆续对 3 座船闸下游人字门底枢进行了改造。如图 3 所示，该装置由压板、螺栓和橡皮组成，安装在底枢底座支、枕垫块侧上水平面和底枢蘑菇头底盘上平面上。橡皮覆盖底座与蘑菇头垂直接触面，外侧安装在底座支、枕垫块侧上水平面上，内侧搁置在底枢蘑菇头底盘上平面，在底座支、枕垫块侧上水平面上加工若干螺孔，安装螺栓压紧压板固定橡皮。

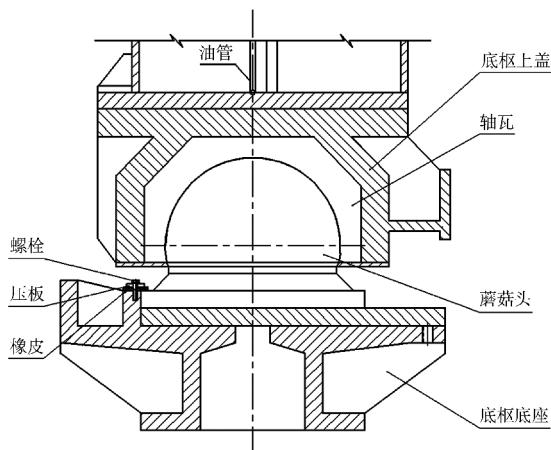


图 3 防底枢永久移位装置

增加装置后可防止底枢永久移位。若人字门支、枕垫块间填充的泥沙造成底枢外移，由于橡皮密封了底枢蘑菇头和底座垂直接触面间的缝隙，泥沙不能进入，此缝隙为空隙。当人字门全关挡水时，由于支、枕垫块间填充的泥沙造成两者不能紧密接触而导致漏水，其间形成的水流将泥沙冲离，两者间空出间隙，人字门所受的水压力将人字门压向边墩，带动底枢向底座移动，消除底枢蘑菇头与底座间的空隙，底枢回位，人字门状态恢复正常。

## 5 结语

- 1) 上、下游人字门底枢分别为 18~24 a 和 12 a 的检修周期能够满足底板正常运行。
  - 2) 轴瓦和蘑菇头的接触面满足要求是保证底板安全可靠运行的重要因素。

3) 对上、下游人字门底枢分别采用不拆离和拆离门体的方式检修；采用球心垂直位移的方式对底枢轴瓦、蘑菇头进行加工修理，加工时轴瓦采用蘑菇头相等尺寸，蘑菇头不采用有堆焊层形式；底枢旧轴瓦采用碳弧气刨断开工艺取出，节省了检修费用，缩短检修工期。

4) 增加防止底枢永久移位装置可防止泥沙进入造成底枢永久移位。

### 参考文献：

- [1] 高雄. 葛洲坝船闸计划性大修实践 [J]. 水运工程, 2001(5): 5-9.
  - [2] 黎文明, 陈健辉. 京南水电站船闸人字门底枢检修 [J]. 红水河, 2008(1): 69-72.
  - [3] 谭国伟. 飞来峡船闸人字门底枢的检修 [J]. 广东水利水电, 2002(3): 70-71.
  - [4] 黄耿. 潮州供水枢纽船闸人字门底枢更换 [J]. 江西水利科技, 2012, 38(2): 109-112.
  - [5] 李家熹, 邹伟建. 人字门低位顶升方案探索与实践 [J]. 水运工程, 1995(4): 26-28.
  - [6] 朱召泉, 陶碧霞, 俞良正. 人字门底枢的合理布置与设计 [J]. 水运工程, 1998(8): 36-38.
  - [7] 朱召泉, 陶碧霞, 俞良正. 船闸人字门顶枢和底枢设计若干问题探讨 [J]. 水利水电科技进展, 1998, 18(6): 33-35, 53.
  - [8] 李家熹. 船闸管理与维修实践 [M]. 中国三峡出版社, 1995: 192, 202.

(本文编辑 王传瑜)

· 消 息 ·

中交集团专利获第二十四届中国专利银奖

近日，国家知识产权局公布第二十四届中国专利奖授奖决定，中交集团共有4项专利榜上有名。其中，民航总院专利“交运行李处理系统”获得银奖；一公院专利“基于BIM仿真环境的驾驶模拟控制系统”，一航局专利“一种自航式水下隧道沉管运载安装一体船”，二航局、武港院专利“一种超大型变截面索塔钢筋部品制作方法”等3项专利获得优秀奖。