

# 江苏省太湖地区水闸闸门漏水检测技术需求分析

严剑卫, 蔡惠飞, 陆红芳, 王 靓, 刘圣亚

(江苏省太湖地区水利工程项目管理处, 江苏 苏州 215128)

**摘要:** 通过调研江苏省太湖地区水利工程项目管理处所辖水利工程建设及运行基本情况, 分析闸门漏水的危害、原因和应对措施, 介绍水闸闸门漏水检测的新型装置及相应技术, 对于及时发现和解决水闸安全隐患具有重要作用。

**关键词:** 太湖地区; 闸门; 漏水检测

中图分类号: TV663 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2018) 01-0055-04

## Demand analysis of sluice gate leakage detection technology in Taihu area of Jiangsu

YAN Jianwei, CAI Huifei, LU Hongfang, WANG Liang, LIU Shengya

(Taihu Lake Region Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, Suzhou 215128, Jiangsu)

**Abstract:** By investigating the basic situation of the construction and operation of water conservancy projects under the jurisdiction of Taihu Lake Region Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, the hazards, reasons and countermeasures of gate leakage were analyzed, the new devices and corresponding technology of sluice gate leakage detection were introduced, which played an important role in finding and solving the safety problems of sluice in time.

**Key words:** Taihu area; gate; leakage detection

## 1 概述

江苏省太湖地区位于流域中北部, 总面积 1.94 万 km<sup>2</sup>, 分属苏州、无锡、常州、镇江 4 个市<sup>[1]</sup>。现有常熟枢纽、望亭枢纽、丹金闸枢纽和常州新闻等多座水利工程, 为太湖流域防洪、防旱及引江济太等任务中发挥了重要作用。

水利工程由于长期运行过程中遭受空气、水流、碰撞等环境和外界因素的作用, 金属结构和机电设备也逐渐老化变形, 安全性和使用功能日渐衰退, 许多水利工程都存在不同程度的漏水问题, 因而行业内存在“十闸九漏”之说。水工结构的漏水不但造成水资源的浪费, 而且影响了工程

安全, 对于高水头闸门, 漏水可造成闸门振动、埋件空蚀、检修困难等, 严重危及闸门及水工建筑物的安全<sup>[2]</sup>。

本文就江苏省太湖地区水利工程项目管理处所辖水利工程建设及运行基本情况进行调研, 广泛收集了太湖地区水闸相关资料, 并实地考察了常熟枢纽、丹金闸、蠡河闸、张家港枢纽、钟楼水闸等水工建筑物, 认真研究了太湖地区水闸对闸门漏水检测技术的需求并给出相应的建议与对策。

## 2 太湖地区水闸现状

### 2.1 地质情况

收稿日期: 2017-10-16

作者简介: 严剑卫 (1986-), 男, 本科, 工程师, 主要从事泵站运行管理工作。

江苏省太湖地区水闸场地位于长江下游冲积平原区,地面高程 4.5 ~ 6.0 m 左右。常熟枢纽场地位于扬子古陆下扬子台褶带茅山江阴褶断束内;丹金闸位于扬子准地台江南隆起上,场地区东、西分别有新华夏系的茅山断裂、张渚—桥下断裂,南有滁河断裂,北有东西向丹阳—小河断裂分布,各距场地区数十公里;蠡河闸位于扬子台褶皱带茅山—江阴褶断束的东南侧,常州新闸位于扬子台褶皱带西南隅。以上水闸场地地势都比较平坦,无大的断裂通过,处于相对稳定地块,区域地质构造稳定性较好,土层分布稳定。场地区地震动峰值加速度为 0.05 g 或 0.10 g,相应的地震基本烈度为Ⅵ或Ⅶ度。

## 2.2 各水闸概况

### 2.2.1 常熟水利枢纽

常熟水利枢纽是望虞河连接长江的控制性骨干工程,位于长江口岸,包括泵站、变电站、节制闸、船闸等水工建筑物<sup>[3]</sup>。常熟枢纽闸站工程采用闸站相结合的布置方式,9台泵布置在中间,6孔节制闸分别布置在两侧。东侧节制闸上布置控制楼,西侧节制闸上布置检修间。在节制闸边孔上设一通航孔,以便于小船平潮通航。节制闸单孔直径为 8 m,闸门为平板钢闸门。工程虽在 2009 年加固改造期间进行了闸门止水改造,但因闸门启闭频繁、上下游水头差较大,闸门存在不同程度漏水,不仅存在安全风险,也给日常管理造成一定的影响。

### 2.2.2 丹金闸

丹金闸枢纽工程是太湖流域综合治理湖西引排骨干工程之一<sup>[4]</sup>,该工程位于金坛市区城北 4 km 处的丹金溧漕河通济河口北侧。该闸由单孔 16 m 节制闸、16 m×135 m 船闸和净宽 9 m 的公路桥等组成。枢纽中心线与丹金溧漕河河道中心线重合,船闸布置在西侧,节制闸布置在东侧,两闸中心线相距 19.15 m。船闸上下游各设 200 m 长的靠船设施,设计通航标准为五级航道。节制闸及上下闸首均为钢筋混凝土坞式结构,采用升卧式平板钢闸门,采用 QPQ2×250 kN 绳鼓式启闭机。该工程为Ⅲ等工程,节制闸、船闸上闸首为三级建筑物,下闸首及其它建筑物为四级建筑物。闸室底板均采用钢筋混凝土钻孔灌注桩进行地基处理,船闸闸室底板下地基采用水泥搅拌桩加固。船闸上闸首与节制闸上部设净宽 9 m 的公路桥,公路桥上部结构采用预应力空心板,下部采用柱式桥墩、灌注

桩基础。上下游左右岸翼墙均采用钢筋混凝土扶壁式圆弧挡土墙,船闸上下游分设钢筋混凝土空箱隔水墙与节制闸分隔。节制闸底板上游设钢筋混凝土铺盖,下游设钢筋混凝土消力池,消力池下游设素混凝土护底;船闸上闸首底板为钢筋混凝土铺盖,上、下闸首下游设消力池,下闸首消力池后设素混凝土护底。

### 2.2.3 蠡河水利枢纽

蠡河水利枢纽工程是望虞河立交枢纽工程配套建筑物之一。于 1994 年建成,目的在于连通望虞河与京杭大运河。枢纽由 1 座节制闸和 1 座船闸组成,单孔净宽 8 m 的节制闸位于枢纽右侧,135 m×8 m 的船闸位于枢纽的左侧,为钢筋混凝土坞式结构,采用上卧式平板钢闸门。

### 2.2.4 张家港枢纽

张家港枢纽位于走马塘与申张线交汇处,是走马塘拓浚延伸工程的重要组成部分<sup>[5]</sup>。该枢纽由立交地涵、泵站、节制闸、退水闸 4 座水工建筑物及相关工程内容组成。地涵为走马塘河道与申张线交汇处的立交过水建筑物,与现状申张线(张家港河)正交,设计流量 50 m<sup>3</sup>/s,共 3 孔,孔径为 5.4 m×4.0 m,地涵主要由上、下洞首、洞身、上下游连接段等部分组成,上、下洞首各长 10 m,洞身长 130 m,总长 150 m。考虑申张线规划Ⅲ级航道标准需要,上下洞首横轴线距现状张家港河口的距离分别约为 30 m、39 m。上洞首端部设检修门槽,下洞首设工作及检修门槽各 1 道,下洞首设工作桥,宽 4.8 m,桥面高程为 9.3 m,工作桥上设启闭机房。

泵站与节制闸工程合并布置于地涵下游的走马塘主河道上,泵站位于东侧,节制闸位于西侧,处于同一横轴线。泵站采用竖井式贯流泵,设计流量 50 m<sup>3</sup>/s,单机流量 17 m<sup>3</sup>/s,计 3 台套,叶轮直径 D=2580 mm,配套异步电机功率 500 kW,进水流道为竖井两侧进水,出水流道为平直管,出口采用快速闸门断流;节制闸 2 孔,单孔净宽 12 m,采用钢筋混凝土涵式结构,直立式平面钢闸门,配 QP2×250 kN 绳鼓式启闭机。闸站下游侧设净宽 5 m 交通桥 1 座。

退水闸单孔,净宽 14.0 m,布置在走马塘西侧新辟的退水河道上,闸身纵向中心线与走马塘河道中心线平行,横轴线距申张线河口约 225 m,采用钢筋混凝土坞式结构,升卧式平面钢闸门,配 QH2×250kN 启闭机,上游侧设净宽 4.5 m 交通桥

1座。

### 2.2.5 钟楼水闸

钟楼水闸位于京杭运河常州市区段改线段上,距老武宜运河河口上游约 600 m<sup>[6]</sup>。闸门采用超大有轨弧形平面双开钢闸门结构型式,绳鼓式启闭机启闭。闸门弧面半径为 60 m,门底高程为 -1.5 m,近期设门槛,其顶高程 -0.8 m,门顶高程为 6.5 m,支铰采用球关节轴承。绳鼓式启闭机容量为 600 kN,钢丝绳选用 6X415W+IWRC 型,直径 50 mm。

闸门支铰中心至岸壁距离为 5 m,闸门面板弧面半径为 60 m,闸门支铰中心高程 5.027 m 的布置是适宜的。闸门门底为活动门槛,顶面高程为 -1.0 m。今后Ⅲ级航道进一步提高等级时,拆除活动门槛。闸门底部采用单排滑块支承是合理的,支承点位置进一步验算确定。支承轨道面建议加焊不锈钢板,以减小摩阻力。闸门采用滑块支承在门底轨道上移动的运行方式,同时在特殊情况下可浮动运行是合适的。闸门门体采用钢箱结构、闸门支臂采用空间三角形桁架钢管结构是适宜的,下阶段应详细核算压杆稳定和两端应力集中区的细部构造。

各闸建设年代如表 1 所示。

表 1 各闸建设年代

	常熟枢纽	丹金闸	蠡河闸	张家港枢纽
开工	1995/09	2001/01	1993/11	2010/03
水下工程验收	1996/06	2002/05	1994/05	2011/07
竣工验收	1997/08	2004/10	1994/11	2012/05

## 3 太湖地区水闸闸门漏水问题及应对措施

### 3.1 闸门漏水的危害

闸门漏水具有严重的危害性,表现在加重水工建筑物的冻害,影响工程的安全度汛和工程的完整性,容易在汛期增加险情的发生。大量的水流从闸门四周溢出,冲刷闸门,它不仅使水力资源造成浪费,而且易使闸门防腐失效。对于高水头闸门漏水还可引起闸门振动、埋件空蚀、机组检修困难等,严重危及闸门及水工建筑物的安全。需要相关部门根据漏水的部位及程度分析漏水的原因,采取合理的解决措施解决漏水问题,减少闸

门漏水问题带来灾害。

### 3.2 水闸闸门漏水原因及相应措施

#### 3.2.1 闸门设计缺陷造成漏水

某些平板钢闸门或者钢筋混凝土闸门在设计施工时就可能存在一定缺陷,如侧止水 R 型橡皮与底止水平板橡皮(俗称刀型止水)不封闭,在闸门闭合时,上下游的水头差会使闸门底部的侧止水与底止水的接缝处产生漏水<sup>[7]</sup>。解决这类漏水问题,应该从优化设计入手,在底、侧止水橡皮间设置过渡连接段,使底、侧止水橡皮封闭。常熟枢纽在加固改造时就因原有的设计不足,重新设计了顶、侧止水形式,采用调整余量大的 V 型止水,按施工图和复测后的门槽尺寸,严格控制橡皮的压缩量。

#### 3.2.2 止水橡皮老化造成漏水

目前水工建筑中常用弹性橡皮止水工艺,止水橡皮运行时间过长,发生老化,产生塑性变形,弹性降低,容易断裂或撕裂而失效。在橡胶非摩擦面涂防老化涂料能够有效防止止水橡皮的老化。同时,应尽量使橡胶免受烈日曝晒,若发现橡胶老化,应立即更换。太湖地区水闸闸门多数已经过多年运行,如蠡河闸于 1994 年竣工,已运行 20 多年。在常熟枢纽加固改造工程中发现,经过 12 年的运行,止水橡皮已发生老化,部分止水橡皮已经撕坏。

#### 3.2.3 闸门橡皮损伤造成漏水

闸门启闭过程中,橡皮一般有 5 mm 压缩量,所以橡皮自然状态或提出水面的自由运行区,橡皮与闸门槽紧密接触,在门槽不平或存在锈坑、锈斑时,橡皮与门槽埋件摩擦力较大,运行时易损伤橡皮,造成止水失灵,对于损伤的止水橡皮应及时更换。江苏省太湖地区水利工程管理处所辖水利工程担负着太湖流域水运、防洪、防旱及引江济太等任务,运行时间长,闸门启闭频繁,对止水橡皮的损伤严重。如:常熟枢纽节制闸顶止水平平均每 2 年便需更换一次。

## 4 太湖地区水闸闸门漏水检测技术需求及对策

### 4.1 水闸检查、观测任务重

为了随时掌握水闸工程动态,及时发现存在问题,消除工程隐患,确保工程安全运行,水闸管



理部门必须有计划地开展工程的检查与观测工作。

以常熟管理所为例,其检查、观测工作分为经常检查、定期检查、特别检查和安全鉴定。经常检查每月不少于1次;定期检查每年汛前、汛后进行;当水闸遭遇特大洪水、风暴潮、强烈地震和发生重大工程事故后,应及时进行特别检查;水闸建成后,在运行15年后进行1次安全鉴定,以后每10年进行1次。此外,在水闸改造,维修后也需要进行检查,观测。由此可见,水闸的检查、观测任务比较繁重,需要新技术方便经济地进行观测,节省耗费的人力物力。

#### 4.2 水闸漏水检测技术需求及对策

目前,国内外关于闸阀门和结构缝止水性能的检测,仍以人工巡检和经验判断为主,水面以上的漏水可以靠肉眼观察,但是水下部分的漏水却无法观察和判定,只能靠潜水员下水摸查,无法准确判断漏水的位置。对于漏水程度和止水性能的评价也缺乏科学的方法,主要依靠经验进行主观判断,容易造成潜在危险。

以上技术的缺失造成水利工程管理单位工作的困难,特别是对于闸阀门和结构缝止水的维护缺少有效的检测和评估手段,不能及时发现存在的问题,可能危及构件和水工建筑物整体的安全,一旦发生事故,后果不堪设想。2011年中央一号文件《中共中央、国务院关于加强水利改革发展的决定》和中央水利工作会议明确提出要“注重兴利除害结合、防灾减灾并重、治标治本兼顾”和“加快中小河流治理和小型水库除险加固”。

针对水闸闸门漏水检测,近年来涌现了一批闸门漏水检测的新技术新方法。陈达等<sup>[8]</sup>提出了一种基于蜗轮式水流量传感器的闸门止水设施检测装置,包括上下升降和左右移动模块,采用蜗轮式水流量传感器;该设备构造结构形式简单而独特,自动化程度高,能够精确全面地检测出闸门漏水流量情况以及漏水的位置信息,可广泛应用于各种类型的闸门,易于推广。郭永敏<sup>[9]</sup>提供了一种新型高精度闸门漏水检测装置,通过安装于轨道上滑块的液体感应片对漏水情况进行检测,漏水信号采集精度高,检测的效率,漏水实时报警,调

节杆长,可断电保护元件,使用安全可靠。

## 5 结论

(1)太湖地区水闸负担任务重,运行时间长,水闸闸门由于不同的原因都存在一定的漏水问题。

(2)水工闸门漏水不但造成水资源的浪费,而且影响工程安全,对于高水头闸门,漏水可造成闸门振动、埋件空蚀、检修困难等,严重危及闸门及水工建筑物的安全。水闸闸门漏水检查、观测任务重,但是缺少有效的检测和评估手段,急需新技术、新方法。

(3)新型水闸闸门漏水检测技术能够有效解决长期困扰水利工程管理部门的检测和评估难题,及时发现问题,对解决安全隐患具有重要的作用和意义,可为推动水工结构检测技术的信息化和现代化,增强水利保障能力、提升水利工程管理水平做出贡献。

#### 参考文献:

- [1] 吕振霖.以科学发展观指导新一轮太湖流域治理[J].江苏水利,2005(1):6-8.
- [2] 洪世华.应当重视闸门漏水的危害[J].北京水利,1998(2):57-59.
- [3] 郝春明,万继芳,黄季艳.常熟水利枢纽泵站水泵典型故障分析与改造[J].南水北调与水利科技,2012,10(3):44-47.
- [4] 陈卫冲,刘阳生,徐建军.丹金闸收费管理系统信息化建设浅析[J].江苏水利,2004(12):29-30,32.
- [5] 施巍巍,程实,吕犇.张家港枢纽立交地涵设计中止水方案的选择[J].江苏水利,2012(8):11-12.
- [6] 孙永明.京杭运河特种闸:钟楼闸的工程特色[J].水利规划与设计,2013(7):35-38.
- [7] 陈子刚.探析水闸闸门漏水及处理措施[J].治淮,2014(8):27-28.
- [8] 陈达,娄保东,刘子涵,等.基于蜗轮式水流量传感器的闸门止水设施检测装置[P].中国:201310071338.1,2013-6-26.
- [9] 郭永敏.新型高精度闸门漏水检测装置[P].中国:201621161567.8,2016-10-25.