

# 平面钢闸门漏水问题研究

赵文军, 王业宇, 祁德丽, 蔡晓东

(江苏省骆运水利工程管理处, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:**平面钢闸门结构简单,抗压能力强,可靠性高,经久耐用,因此在水利工程中应用广泛。平面钢闸门漏水现象普遍存在,多年来一直未得到有效解决,通过阐述漏水的危害性,在比较平面钢闸门主要止水结构型式优缺点的基础上,对漏水原因进行全面系统分析,从设计、施工、调度、维护保养和新型止水结构探索等方面提出处理闸门漏水的有效措施,具有一定的借鉴意义。

**关键词:**水利工程;平面钢闸门;止水结构;漏水危害

中图分类号:TV663

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2019)05-0068-05

## Research on the water leakage of plane steel gate

ZHAO Wenjun, WAN Yeyu, QI Deli, CAI Xiaodong

(Luoyun Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, Suqian 223800, Jiangsu)

**Abstract:** The plane steel gate is widely applied in hydraulic engineering because of its simple structure, strong compression resistance, high reliability and durability. The leakage phenomenon of plane steel gate is widespread and has not been effectively solved for many years. By expounding the hazard of water leakage, based on the comparison of the advantages and disadvantages of the main water seal structure of the plane steel gate, a comprehensive systematic analysis of the cause of water leakage was proposed. Some effective measures to deal with the gate leakage from the aspects of design, construction, scheduling, maintenance and exploration of new water seal structure were put forward, which had certain reference significance.

**Key words:**hydraulic engineering; plane steel gate; water seal structure; hazard of water leakage

闸门是用来开启、关闭局部水工建筑物中过水口的活动结构,起到拦截水流、控制水位、调节流量、排放泥沙和飘浮物等作用。平面钢闸门因结构简单,制作、安装、维修方便,抗压能力强,可靠性高,经久耐用,具有互换性等优点,在水利工程中得到广泛应用。平面闸门漏水普遍存在,这是多年来一直没有研究解决好的问题。于是大家有了“没有不漏水的闸门”的看法,从而对闸门漏水习以为常,造成一定的危害和损失。因此,必须重视闸门漏水问题,解决闸门漏水问题。

## 1 闸门漏水的危害性

### 1.1 水资源损失

闸门止水漏水,使水库、渠道或河道内的水资源遭受不应有的损失,特别在闸门孔数较多或多级调水工程中表现尤为突出,带来严重的经济损失。在水作为商品进入地区,还直接影响供水量的计算,较多的漏水会引起供需双方的争执和矛盾<sup>[1]</sup>。

### 1.2 引起振动,危害闸门及埋件

在上游静水压力作用下,止水与止水座之间不

收稿日期:2018-11-06

作者简介:赵文军(1976—),男,硕士,高级工程师,主要从事水利工程管理工作。

连续接触形成间隙射流,导致周期性的作用力,促使闸门产生自激振动。在上游波浪冲击闸门正面、闸下水跃冲击闸门背面等随机情况下,动水作用下的不平衡力或脉冲力将引起强迫振动。

由于止水漏水引起闸门、邻近建筑物或设备剧烈振动很多,由于振动频率很高,所以常发生如汽笛响声的鸣音。当闸门产生共振时,振幅剧增,振动强烈,在门叶结构内出现不平常的应力和应变,引起闸门金属构件疲劳、变形、焊缝开裂、紧固件松动,止水损坏,以致使闸门整体结构遭到破坏,情况严重时,还将引起门槽损坏<sup>[2]</sup>。

### 1.3 损害水工建筑物

闸门漏水对水工建筑物的危害主要为冻害,特别是对施工质量本来就不高的工程,表现更加明显。闸门漏水使混凝土表面长期处于饱和与潮湿状态,在冬季冻融循环的作用下,出现表面剥落、钢筋裸露和锈蚀现象。此外,漏水进入混凝土裂缝后,冬季结冰冻胀,也加重了裂缝的发展。

### 1.4 影响防洪安全

闸门漏水产生的自激振动,造成闸门门体变形、钢丝绳松紧不均吊点偏心,引起闸门卡阻,导致闸门无法正常开启,影响防洪安全。此外,对于一些进口为深水检修门,出口为工作门的隧洞、廊道、涵洞等泄洪或输水建筑物,因出水闸门漏水,有时会造成进口检修门不能平压,无法正常开启,影响防洪安全。

## 2 平面钢闸门止水的主要结构型式

为防止闸门与门槽之间的缝隙漏水,需设置止水,其材料主要是橡胶。止水根据其装设的位置不同,可分为顶止水、侧止水和底止水<sup>[3-4]</sup>。

### 2.1 顶止水

顶止水的结构形式主要根据胸墙的位置和操作要求确定。当胸墙在闸门上游面时,顶止水布置在上游面,止水采用反向止水结构形式。反向止水设计时常使顶止水与止水座之间有一定的预压值,压缩量常取3~5 mm。工作时,在上下游静水压力作用下,闸门有向下游移动趋势,再考虑到门叶受力的挠曲变形,常使顶止水脱离止水座。上下游水位差越大,间隙越大,顶止水漏水越厉害;闸门下落时,因闸门主滚轮与门槽之间的间隙和顶止水球头与胸墙间的磨擦常使球头翻转、扭曲、撕裂,甚至造

成闸门卡阻,落不到底,故闸门反向止水结构形式效果较差,弊端较多。

当胸墙在闸门上游面时,也可在胸墙处设置一止水平台,闸门面板前焊接一止水座,用压板和螺栓将P形橡皮固定在止水座板上。主要靠闸门自重挤压P形止水橡皮与止水平台上的止水座紧密接触达到止水效果。这种结构形式可以有效避免上下游静水压力对止水效果的影响及磨擦造成的橡皮球头的翻转、扭曲和撕裂。但顶止水与底止水的压缩量须精确计算,顶止水压缩量过大则底水止漏水,过小则顶止水漏水。

胸墙在闸门下游面时,顶止水布置在下游面,止水采用正向止水结构形式。正向止水设计时顶止水与止水座间的预压值较小,压缩量取1~3 mm。工作时,闸门在上游静水压力作用下,顶止水与止水座愈压愈紧,止水效果好,是目前经常采用的一种止水结构形式。但采用正向止水时,闸门的滑轮组等多淹没在水中,对滑轮组滚轮、滚轴要求高,维护保养也较困难。

3种顶止水结构形式性能比较见表1,其各有优缺点,设计者可根据使用要求进行选择。

### 2.2 底止水

底止水为条形橡皮,用压板和螺栓固定在面板底部,主要靠闸门自重挤压底止水橡皮与底槛紧密接触达到止水效果。动水中启闭时,在水压力作用下,由于摩阻力大,有时仅靠自重不能关闭,因此必须计算闭门力。闭门力主要按式(1)计算:

$$T_{\text{闭}} = 1.2(T_{\text{Zd}} + T_{\text{Zs}}) - n_{\text{c}}G + P_{\text{t}} \quad (1)$$

式中: $T_{\text{Zd}}$ 为支承摩阻力, $T_{\text{Zs}}$ 为止水摩阻力, $n_{\text{c}}$ 为门重修正系数,闭门时选用0.9~1.0, $G$ 为闸门自重(kN), $P_{\text{t}}$ 为上托力。

当计算结果 $T_{\text{闭}}$ 为“正”值时,需要加重闸门才能下落,使底止水橡皮与底槛紧密接触达到止水效果,加重方式主要有加配重块、利用水柱压力或机械下压力等。底止水在满足闭门力的条件下,除止水橡皮撕裂、门底有异物等情况,止水效果较好。

### 2.3 侧止水

侧止水的结构形式须根据顶止水结构形式确定,通常随面板的位置来设置。侧止水均是用压板和螺栓将橡皮固定在面板上,靠上下游静水压力作用下,橡皮球头紧贴侧面止水座达到止水效果。

工程实际运用中,露顶闸门只具有底止水和侧

表 1 3 种顶止水结构形式性能比较

结构形式	相对位置	压紧动力	优缺点	耐久性	止水效果
正向顶止水	胸墙前面	水压力	愈压愈紧,但滑轮等在水下	长时间	好
反向顶止水	胸墙后面	水压力	有变松趋势,橡皮磨损严重	短时间	较差
重压顶止水	胸墙平台上	闸门自重	顶底止水配重要求高	一般	一般

止水,止水效果普遍较好;潜孔闸门同时具有底止水、侧止水和顶止水,漏水现象较为普遍,而且大部分发生的闸门的四角和顶部。

3 闸门漏水的原因分析

3.1 设计方面原因

要使闸门止水严密,首先门叶特别是安装止水橡皮的止水座板应有足够的强度、刚度,保证在水压作用下,止水橡皮达到设计的压缩量。门叶特别是安装止水橡皮的止水座板的强度和刚度偏小,在上下游静水压力作用下发生过大变形,致使止水橡皮与止水板密封不严重或达不到设计的压缩余量。闸门重量不够,滑轮轨道粗糙,闭门力偏小,闸门靠自重落不到底,产生底部漏水。止水材料选择不当,止水型式不好,结构不合理也会造成闸门漏水<sup>[5]</sup>。

3.2 施工方面原因

3.2.1 土建施工

混凝土施工时,左右两门槽之间的距离、侧轨之间的距离过大,将使闸门关闭后产生倾斜变位,使止水有松有紧,引发松的部位漏水,紧的部位止水损坏或变形;距离过小或侧轨不垂直,将使闸门无法落到底,产生底部漏水。门槽宽度过大,特别是止水布置在上游侧时,在上下游静水压力作用下,止水橡皮与止水板和门楣的压缩量不够,顶侧止水漏水;宽度过小、主轨不垂直,闸门无法落到底,产生底部漏水。与底止水配合的底槛、侧止水配合的止水板以及与顶止水配合的门楣,在土建工程中偏离设计位置或表面高低不平,均使止水有松有紧,引发漏水<sup>[6]</sup>。

3.2.2 闸门制作

闸门制作时,钢闸门变形、主侧滚轮安装位置等偏差,将造成闸门安装后倾斜或落不到底产生漏水。止水橡皮安装在止水座板上的位置、止水橡皮

上螺栓孔的位置产生偏差,安装后达不到设计的压缩余量,压缩余量偏大则容易使头部翻转或变形,增加摩擦力和启闭力,且造成止水损坏,预压缩量过小,在上下游静水压力作用下易产生漏水或射水。顶侧止水搭接时处理不好,安装止水橡皮时螺栓拧不紧或未对称拧紧,则会造成止水扭曲,影响止水效果。

3.2.3 闸门启闭机安装

闸门启闭机安装时,启闭机安装中心偏离闸孔中心线,双吊点启闭机两吊点之间高程差较大,闸门在门槽内偏移、倾斜,影响止水效果。启闭机安装中心偏离门槽中心线,特别是向上游面倾斜时,启闭闸门时,顶止水与胸墙摩擦,扭曲变形,造成顶止水漏水。

3.3 运行管理方面原因

运行管理过程中,门体、轨道和门槽因长期浸泡水下,极易衍生水生生物,水闸自身出现不均匀沉降造成闸身倾斜,闸门受外力变形,闸门底部或门槽内有异物,主副滚轮无法正常转动,闸门与轨道摩擦阻力加大,维护启闭机时使吊点偏离闸门重心或双吊点高程不一致,均会导致闸门卡阻,难以开启或闭合不严,导致闸门漏水<sup>[7]</sup>。

闸门在启闭过程中,止水橡皮与止水板、门楣、胸墙之间摩擦、磨损,使闸门止水橡皮与止水埋件的接触逐渐松弛,达不到预定的压缩余量后发生漏水。其中,止水埋件长期处于水或潮湿环境中,锈蚀后导致其表面粗糙不平;止水橡皮布置在上游侧,顶止水与胸墙之间为干摩擦后,将加剧止水橡皮的磨损,缩短止水橡皮的使用寿命<sup>[8]</sup>。

橡胶老化产生塑性变形而失去弹性,止水橡皮的固定螺栓松动或螺母脱落,安装止水橡皮的止水座板因受外力而变形,则使止水橡皮与止水埋件之间间隙加大产生漏水。水中漂浮物、砂砾和石块等极易卡在止水橡皮与门槽、门楣之间,引起闸门漏

水。强行启闭闸门将会造成止水橡皮撕裂,如不及时清理,止水橡皮将产生永久变形引起长期漏水。

## 4 工程处理措施

### 4.1 优化工程设计

进行工程设计时,根据闸门工作性质、运行条件、工程造价等因素,优先选用无顶止水的露顶闸门,必须选择潜孔闸门时,优先选用止水效果好的正向止水结构形式。闸门门体需具有足够的强度、刚度,门叶重量不足时,增加铸铁配重。根据闸门设计要求确定门槽深度和宽度<sup>[9]</sup>,门槽内预埋耐腐蚀的钢质滑道,有条件情况下,可对埋件进行防腐喷锌处理或选择不锈钢埋件。在淡水条件下,水质污染不严重时,止水橡皮材质可选择由天然橡胶分段塑炼的普通止水材料;在海水条件下或水质污染严重情况下,可选用增加低摩阻、高耐磨的增强聚四氟乙烯薄膜于工作面的橡塑复合止水。在高水头泄水闸门振动、空蚀严重,门槽边界流态复杂或体形特殊时,除需参考已有运行的成功试验,还应通过水工模型试验解决可能发生的振动、空蚀问题,优化闸门设计。

### 4.2 强化施工质量

混凝土施工中,左右两门槽之间距离、门槽宽度等关键尺寸必须符合设计尺寸,保证闸门启闭正常。与底止水接触的门槛的位置和高程符合设计要求,闸门下落后底止水应落到底槛中心线上,顶止水高度与门楣中心线重合。主轨、副轨、反轨等没有止水要求的埋件工作面直线度小于构件长度的1/1500且不大于3 mm,底槛、止水座板、门楣等有止水要求的埋件工作面直线度小于构件长的1/2000且不大于1 mm。严格控制胸墙表面的平面度和粗糙度,避免闸门起落过程中造成止水橡皮球头翻转、撕裂和磨损过大等问题。

闸门强度、刚性等符合设计要求,严格控制主副滚轮的安装位置,保障闸门起落无卡阻。安装水止橡皮的止水座板后面必须增加加强筋,确保闸门使用过程中不发生变形,影响止水橡皮压缩量。止水安装前,对具有止水要求的埋件安装尺寸和表面直线度进行复核,确定止水橡皮的实际安装尺寸。顶止水与侧止水在有条件情况下,由生产厂家制作为一体,减少闸门四角处闸门漏水。如必须现场搭接,宜采用热胶法,严格控制加热温度和时间,防止焦化或生胶硫化不好。对搭接不严实、衔接不紧凑的止水橡皮必须重新搭接。止水橡皮应存放在

阴凉、通风、干燥的室内,避免阳光直射或与油脂接触,同时应防止挤压变形。止水上造孔要利用手持电钻对准螺栓孔中心旋转,止水上螺栓孔要小于螺栓直径1~2 mm。止水安装时要对称上螺栓,否则会造成止水一端偏斜,止水扭曲,影响止水效果。螺栓拧不紧或螺栓与止水橡皮配合松弛,都能形成渗水通道,故螺栓安装必须准确可靠。止水安装后检查止水橡皮与止水座之间的压缩量,若不符合设计要求需及时处理。

启闭机安装则须保证闸门启闭时不偏离闸孔中心线和门槽中心线,不发生左右倾斜而卡阻和向上游倾斜而加大止水橡皮球头的摩擦。对于底角侧止水和底止水的搭接交叉处出现的空隙,塞填成型的橡皮契块,并拧紧压板螺母使侧、底止水仍形成连续密封的止水带

### 4.3 科学调度运行

汛期遭遇洪水必须开启泄洪,这是枢纽的性质所决定的,但是频繁地启闭闸门必然造成止水的严重磨损,止水使用寿命显著缩短。因为闸门止水的磨损与闸门的启闭次数成正比。因此,科学的调度以及尽量减少启闭次数是延长止水使用寿命的重要措施之一。

开启闸门前,胸墙表面粗糙而严重磨损止水橡皮的,应加清水润滑而减少摩擦。启闭过程中,如闸门卡阻,则须放下检修门及时处理后方可正常开启。关闭闸门前,止水周围的油污、杂物应及时清除,以防卡在止水橡皮与止水座之间引起止水橡皮扭曲变形或撕裂<sup>[10]</sup>。

### 4.4 精心维护保养

闸门在运行管理过程中,少量的漏水并不影响其他功能的正常使用,因此往往会被人们所忽视。闸门漏水后如不及时处理,漏水现象将加剧发展趋势,可能产生振动致使闸门整体结构遭到破坏,甚至损害水工建筑物,因此闸门漏水后必须及时进行处理。

运行管理单位应在汛前做好启闭试验,及时处理闸门卡阻问题,清理闸底杂物。定期检查闸门止水橡皮、闸门、止水埋件等情况,看止水橡皮有无磨损、老化或局部破坏,闸门门体有无变形、损坏,止水埋件表面锈蚀情况,止水橡皮与止水压板是否密合接触,固定用的螺栓、螺母有无松动,止水橡皮的预压缩量是否符合设计要求。止水橡皮老化失去弹性、翘曲变形或产生撕裂的,应及时更换。为预防止水橡皮老化,可在橡胶表面涂防老化材料,避

免烈日曝晒。当发现因橡胶磨损造成间隙过大而漏水时,应及时调整间隙,比较简单的处理方法是垫橡胶片。如加垫橡胶片无法保证止水橡皮的预压缩量则须更换新止水橡皮,对接触止水的金属粗糙表面进行防腐和磨光处理。如止水埋件表面直线度超过设计标准,可在止水埋件表面加焊不锈钢板、调节垫板橡皮厚度或减小止水橡皮球头直径的方法进行处理。闸门门体变形应及时予以整形,保证闸门顶、侧、底的平整度和整体性。紧固件如螺栓、螺母、垫片、压板等必须进行防锈处理,以免在更换橡胶时松件因锈蚀而破坏<sup>[11]</sup>。

#### 4.5 新型止水装置探索

目前使用的闸门止水材料,大多是由橡胶材料制成的 P 型止水。这种止水结构型式存在对闸门制作工艺和门槽施工工艺要求高以及止水橡皮易磨损变形造成止水失效等缺点。工程实际应用中,可采用天然橡胶制作的空气围带作为新型止水材料。闸门门体上不安装止水材料,闸门迎水面为整体平面面板,闸门与底板接触部分制作成宽 20 ~ 30 cm 的平面支撑板。在闸门胸墙、门槽和底板预埋或安装钢质 C 型槽,通过地脚螺栓将空气围带固定在 C 型槽内。

闸门关闭后,由空气压缩机、储气罐等组成的压缩空气系统对空气围带充气以实现闸门止漏水。闸门在上升、下落过程中和开启状态时,排放空气围带内的压缩空气,空气围带在水柱压力作用下收缩至 C 型槽内,通过 C 型槽对空气围带进行保护,避免止水材料随闸门升降过程中门槽、胸墙等刮擦挤压而产生变形或撕裂。

## 5 结语

平面钢闸门因结构简单、可靠性高等诸多优点在水利工程中得到广泛应用,但闸门漏水现象普遍

存在,多年来一直无法得到有效解决,造成巨大水资源损失,引起振动损害闸门,甚至危及水工建筑物安全。解决闸门漏水问题,选择合理的止水装置结构型式是前提,良好的加工工艺和装配质量是关键,科学的调度运行和精心的维护保养是延长止水使用寿命的有效途径。同时,应研制磨擦系数小、耐磨性能高、柔韧性好的新型止水材料,运行管理单位根据运行管理中存在的问题,有针对性改进止水结构,探索新型止水结构型式,有效改善闸门漏水问题,减少水资源损失,保障水利工程安全运行。

#### 参考文献:

- [1] 洪世华. 应当重视闸门漏水危害[J]. 北京水利, 1998(2): 57-59.
- [2] 陈永芳. 浅析水闸闸门振动现象及防治措施[J]. 江苏水利, 2003(1): 27-29.
- [3] 冷祯皋. 取水口工程泥砂淤积问题及反向止水钢闸门的开发[J]. 西南给排水, 2006(3): 19-21.
- [4] 武汉水利电力学院, 大连工学院, 河海大学. 水工钢结构[M]. 北京: 水力电力出版社, 1986: 199-200.
- [5] 陈宗祥, 薛浩. 闸门止水橡胶漏水原因分析[J]. 陕西水利, 2001(22): 68.
- [6] 李玉昆, 高惠玲. 浅议从施工和管理上防止闸门漏水[J]. 科技信息, 2009(19): 359.
- [7] 柳震, 夏继英. 闸门卡阻漏水的原因及处理措施[J]. 河南科技, 2012(1): 85.
- [8] 王真真, 冯敏, 张芳. 浅析引黄水闸闸门漏水处理一项措施[J]. 科技视界, 2014(26): 336.
- [9] 熊志刚. 平板钢闸门门槽与止水设计研究[J]. 陕西水利, 2011(2): 89-90.
- [10] 周利利. 丹江口水利枢纽闸门漏水问题及其处理[J]. 大坝与安全, 2002(2): 39-40.
- [11] 唐红海. 小浪底电站闸门止水的设计特点与问题探讨[J]. 人民长江, 2007(4): 107-109.