

平原分洪闸反向运用对上游河床的冲刷影响

杨晓亮¹ 李杰² 谢荣光¹

1 水利部海委海河下游管理局独流减河进洪闸管理处 2 河北省邯郸水文水资源勘测局

DOI:10.18282/hwr.v2i7.1423

摘要: 本文运用水力学原理,基于平原水闸反向运用时水流对上游河床的冲刷影响,通过计算分析判断上游是否需要设立防冲设施,提出处理办法及建议,为相关部门提供依据与参考,从而指导相关部门合理调度,确保水闸工程安全运行。

关键词: 水力学; 反向运用; 验算分析; 冲刷; 安全运行

1 概述

水闸,是平原地区常见的一种低水头大流量水工建筑物,通常修建在河道和渠道上,通过闸门的启闭控制流量、调节水位。有拦蓄洪水、阻挡海潮及抬高水位的功能,一定程度上满足灌溉、发电、航运、环保、工业和生活的需要。在水利工程中,水闸可兼作挡水、泄水、取水建筑物,应用十分广泛。

水闸由闸室、上游连接段和下游连接段组成。底板是闸室的基础,将闸室上部结构的重量及荷载向地基传递,兼有防渗和防冲的作用。闸室分别与上下游连接段和两岸或其他建筑物连接。上游连接段包括:在两岸设置的翼墙和护坡,在河床设置的防冲槽、护底及铺盖,用以引导水流平顺地进入闸室,保护两岸及河床免遭水流冲刷,并与闸室共同组成足够长度的渗径,确保渗透水流沿两岸和闸基的抗渗稳定性。下游连接段,由消力池、护坦、海漫、防冲槽、两岸翼墙、护坡等组成,用以引导出闸水流向下游均匀扩散,减缓流速,消除过闸水流剩余动能,防止水流对河床及两岸的冲刷。

分洪闸是水闸的一种,主要功能是宣泄洪水,平原分洪闸通常忽视反向过流需求,上游连接段护底及铺盖比较短,不设计防冲槽及消力池。随着社会和经济发展,水闸的设计不断完善,日趋成熟。但如何处理水利工程的功能、安全以及效益三方面的关系,确实是摆在水利工程管理单位面前的现实情况。分洪闸在设计时一般不考虑反向运行,但随着供水紧张、生产、农业灌溉的需要,分洪闸的功能也在变化。如何在满足水闸安全运行的前提下,增强功能、提高效率,是当前工程管理单位需要解决的问题。

2 研究内容

通过水力学原理,分析计算平原分洪闸反向运行时水流对上游河床的冲刷影响,进而分析判断上游是否需要设立防冲设施,提出处理办法及建议,为相关部门提供依据与参考,引导相关部门提高认识,合理调度,确保水闸工程安全运行。

3 计算分析

通过计算分析判别水流衔接形式,进而判断上游是否需要修建防冲消能设施。

3.1 判别是否需要修建防冲消能措施

已知某分洪闸闸门形式为矩形平板闸门,宽度为 9.5m,反向运行期间下游最大水深 $h_1=2.80\text{m}$,最小上游水深 $h_2=1.60\text{m}$,单孔过闸流量 $89.9\text{m}^3/\text{s}$,流速系数为 $\varphi=0.95$ 。

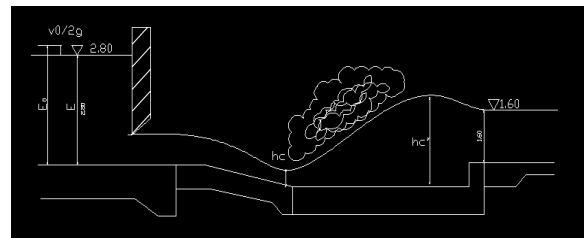


图1 水跃形成示意图

(1) 计算收缩断面水深 h_c

首先根据流量公式求出闸前行进流速 v_0

$$Q = AV = v_0 \frac{Q}{A} = \frac{89.9\text{m}^3/\text{s}}{9.5\text{m} \times 2.80\text{m}} = 3.38\text{m}/\text{s} \quad (1)$$

根据能量公式求出总能量 E_0

$$E_0 = E + \frac{V_0^2}{2g} = 2.80\text{m} + \frac{(3.38\text{m}/\text{s})^2}{2 \times 9.8\text{m}/\text{s}^2} = 3.38\text{m} \quad (2)$$

根据能量方程进行试算求出 h_c

$$E_0 = 3.38\text{m} = h_c + \frac{Q^2}{2gB^2\varphi^2 h_c^2} \quad (3)$$

通过试算法求出 $h_c = 1.78\text{m}$

表1 收缩断面水深 试算表

h_c	1.00	1.50	1.75	1.78
E_0	6.06	3.75	3.40	3.38

(2) 计算共轭水深 h_c''

根据共轭水深计算公式

$$h_c'' = \frac{h_c}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8Q^2}{gB^2 h_c^3}} - 1 \right) = \frac{1.78}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \times 89.9^2}{9.8 \times 9.5^2 \times 1.78^3}} - 1 \right) = 2.44\text{m} \quad (4)$$

(3) 判别水流衔接形式,确定是否需要修建防冲消能设施

将 h_c'' 与上游水深 h_x 比较, $h_c'' = 2.44\text{m} > h_x = 1.60\text{m}$ 产生远离式水跃,因此需要修建防冲消能设施,防止水流对

上游河床产生冲刷影响,危害水闸安全。

3.2 确定水跃长度

水跃跃前和跃后量的断面间的距离,即为水跃的长度,通常用 L_y 表示。水跃内部很复杂,水跃的位置会沿水流方向前后摆动,因此确定水跃的长度相当困难,只能根据经验公式进行推算。本文采用欧勒佛托斯基公式进行推算。

$$L_y = 6.9(h'' - h') = 6.9 \times (2.44 - 1.78) = 4.55m \quad (5)$$

3.3 确定消力池的长度及形式

一般情况,促使发生水跃消能的设备主要是消力池,可将护坦高程降低,使其形成消力池,来增加水深,促使水跃在消力池中发生,达到消能的目的,从而减少水流对上游河床的冲刷。

首先确定消力池的深度 d_0

根据水力学公式 (K 为保证水跃淹没安全系数,可取 1.05~1.1)

$$d_0 = Kh_c'' - h_x = 1.1 \times 2.44 - 1.60 = 1.08m \quad (6)$$

再确定消力池的长度 L

根据水力学公式 (L_1 为射流长度,可取 $4d_0$; β 为系数,可取 0.7~0.8)

$$L = L_1 + \beta L_y = 4d_0 + 0.8L_y = 4 \times 1.08 + 0.8 \times 4.55 = 7.96m \quad (7)$$

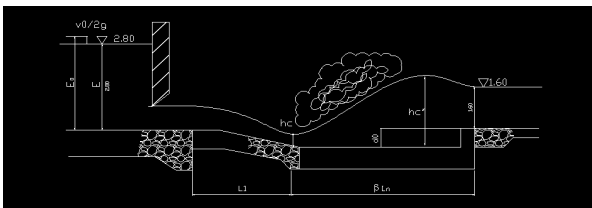


图2 消力池示意图

4 结论、分析与建议

4.1 结论

通过计算(见表2),相同闸上水深,不同下游水深、单宽流量情况下,水跃、消力池的长度亦不同,形成一定的关系趋势。为保证分洪闸工程的安全运行,上游需要修建放冲消能设施是非常必要的,反向运行时必须经过科学的验算,来指导闸门的运行。

表2 不同下游水深、单宽流量下的消力池计算表

下游水深	上游水深	单宽流量	闸前流速	总能量	收缩断面水深	共轭水深	水跃长度	消力池深度	消力池长度
2.8	1.60	9.46	3.38	3.38	1.78	2.44	4.55	1.08	7.96
3.5	1.60	10.0	2.85	3.92	1.54	2.95	9.73	1.64	14.4
4.0	1.60	10.5	2.63	4.35	1.48	3.24	12.1	1.96	17.6

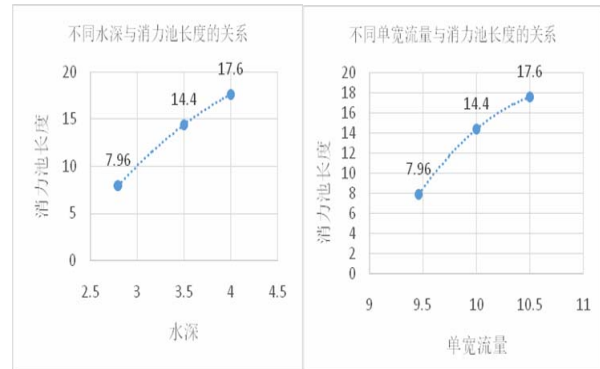


图3 不同水深、单宽流量与消力池长度关系图

4.2 分析

建于平原地区的分洪闸地基多为较松软的沙土基,承载力量小,压缩性较大,逆向运行时过闸水流形态复杂,流速较大,上游侧防护较弱,两岸及河床易遭水流冲刷,需采取有效的消能防冲措施,防止形成局部冲刷坑,从而产生沉陷或不均匀沉陷,导致闸室或翼墙等下沉、倾斜,甚至引起结构断裂而不能正常工作。

结合上下游水位差、单宽流量及河床地质条件,选定消能方式。需要通过严格的水力计算,确定消能防冲设施的尺度和布置。估算判断闸上下游河床可能发生冲刷,引起上下游水位变动,从而对过水能力和测流设施产生不利影响。

应急反向运行过程中也可能造成闸门轨道崩毁事故。水流对上游河床的冲刷影响是众多安全因素之一,需要综合分析可能存在的各种安全隐患,确保水闸反向运行安全。

4.3 建议

由于分洪闸上游铺盖较短,且无防冲槽及消力设施,如考虑经常反向运用,建议加强上游河床保护,可采用抛石防冲措施,或者加固改造增设反向消力措施,防止引起不均匀沉降而影响工程安全。

消力池底板(护坦)是用来保护水跃范围内河床不受水流冲刷、保障水闸安全的机构,承受水流的冲刷、脉动压力和底部扬压力,必须具备足够的重量、强度和抗冲耐磨能力。建议使用150号混凝土配置一定数量的构造筋,厚度0.5~1.0m为宜。

控制过闸水流应平稳,避免发生集中水流、折冲水流、回流、漩涡等不良流态,使水闸能够安全可靠的运行,充分发挥水闸工程的社会效益。

杜绝未经权威部门计算分析,以行政手段干涉闸门调度运行。

5 展望

随着时代的发展,对分洪闸的要求越来越高,需要不断衍生出很多功能去适应社会的发展,单一化分洪的功能将不复存在,灌溉、调水、抗旱等反向运行功能日显突出,建立一套完善的闸门运行调度模型是目前工程管理单位迫切需要

探析桃江县城关垸各排渍泵站运行管理存在的问题及措施

叶继宁

桃江县堤防管理站

DOI:10.18282/hwr.v2i7.1394

摘要: 我县城关垸共有4个排渍泵站,分别为鲇鱼港泵站、七星河泵站、团山泵站和枣树潭泵站。各个排渍泵站作为防洪排渍的重要组成部分,承担着我县城关垸防洪保安的重任,其效益的发挥对促进城关垸乃至全县经济发展水平的作用明显。泵站运行管理的好坏直接影响着社会经济建设的发展。因此,我们必须继续探寻先进的泵站管理模式,采用科学的管理手段,着力提升泵站管理水平,保证泵站正常运行,改善泵站内外环境,为我县城关垸安全度汛做出应有的贡献,从而真正实现人与社会的可持续发展。本文简述了泵站的组成与作用,对当前泵站运行管理存在的主要问题进行了探讨分析,并提出了提高泵站运行管理水平的措施。

关键词: 泵站; 组成; 作用; 运行管理

1 排渍泵站的组成及作用

1.1 排渍泵站的组成

一个排渍泵站由电动机、传动装置、进水管、调蓄池、配电设备、控制设备、启闭设备和闸门等组成。水泵机组包括水泵、电动机和传动设备。进水管管道是排渍泵站不可缺少的一部分,可以分为水泵的进水管和出水管。管道构造简单,但管道种类和安装位置的选择、管段之间的连接装置都对水泵机组的工况点有影响。排渍泵站还包括高低压变压器、配电母线等设备。排渍泵站的辅助设备还包括闸门及附属设施、启闭机系统、拦污栅及自动清污机、及出水流道拍门等。

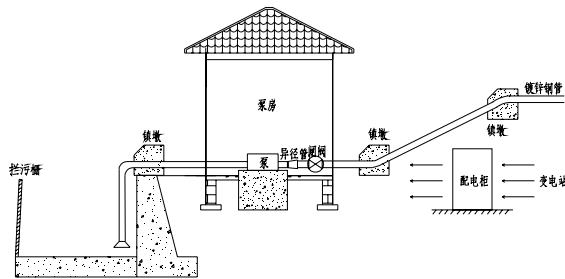


图 1.1 排渍泵站示意图

1.2 排渍泵站的作用

对于一个国家而言,水利工程是经济发展的重要基础,而组成水利的重要组成部分又是泵站工程,因此泵站是水利的关键所在。泵站工程承担着解决洪涝或旱灾灾情以及水环境恶劣问题的重任。尤其是那些大型的泵站,其更是需要承

担区域内的防洪排渍、灌溉、调节水资源和供水的重任。由此可见,泵站对我国经济的可持续发展以及人民生活安定和谐起着十分重要的作用。就目前来说,城市机电排灌泵站主要在防洪排涝方面发挥着巨大的效益和作用。而从全国地区范围内看,广大平原地区的泵站工程所产生的效益相比较来说较为突出。比如东北地区的三江平原、湖北的江汉平原、浙江省的杭嘉湖地区以及鄱阳湖、洞庭湖等。由于国家大力发展泵站工程,这些地方都成了我国重要的交通枢纽和经济、政治、文化中心。而现代化大型泵站对运行效率、节能降耗、安全可靠运行时间等指标提出了严格要求,因此迫切需要开展泵站群智能优化控制和优化调度技术的研究,以保障泵站安全、可靠、经济运行,缓解城市内涝等问题对我国经济、社会和生态环境协调发展的巨大压力。

2 当前泵站运行存在的主要问题

随着经济和社会的发展,我县城关垸各排渍泵站的排渍能力远远不能满足正常的排渍需要。经过多年的运行,机电设备老化严重,性能低,能耗和维修费用高,不少电气设备和水泵都已成为淘汰产品,无备品备件,给我县城关垸的防汛排渍工作造成了很大的隐患。此外,设备在运行过程中,自动化程度相当低,只能就地手动操作控制开关,实时数据只能通过就地仪表进行观察,噪声大,劳动强度大,严重影响工作人员的身心健康。

的。在保证工程运行安全的前提下,不断开发新的功能将是未来水利的发展方向,都市水利、人文水利、景观水利将不断凸显,呈现人水和谐的新局面。

参考文献:

[1]熊亚楠.水力学基础[M].北京:中国水利水电出版社,2016.12.

[2]黄儒钦.水力学教程[M].4版.成都:西南交通大学出版社,2013.

[3]赵振兴,何建京,王村.水力学内容提要及习题详解[M].北京:清华大学出版社,2012.

[4]李晓红.关于河道分洪闸运行与管理问题的思考与分析[J].城市建设理论研究:电子版,2012(33):26.

作者简介:

杨晓亮(1984年—),男,工程师,从事水文工作11年。

李杰(1980年—),男,工程师,从事水文工作近20年。

谢荣光(1995年—),男,助工,从事水文工作1年。