

不对称布置的泵闸枢纽工程水流问题分析

季永兴
58-59, 68 (上海市水利工程设计研究院 上海 200051)

TV135
TV131.2

摘要 某泵闸枢纽工程因周围环境条件的限制采用了不对称的结构布置型式,由于运行管理不当,导致泵站下游严重冲刷,本文利用平面二维水动力学数学模型对引水时无闸门控制的水流情况进行了模拟,分析其水流特性,计算结果表明,过闸流速达 2.91 m/s ,大大超过泥沙的不冲流速,从而导致河床冲刷,文末对工程设计与运行管理提出了建议。

关键词 泵站;节制闸;水动力学;数学模型

1 问题的提出

水利工程一般根据水流特性,采用对称布置的结构型式,可是由于某些原因而不能采用对称布置时,其水流问题往往显得极为突出,且对运行管理的要求非常高。

某泵闸枢纽工程因在可布置工程的范围内东岸受顺岸式码头港区所限,其港区围墙至河道中心线距离仅 43 m ,只能采用不对称的结构布置型式,节制闸布置在河道中心线位置,泵站位于节制闸西侧,如图1,为改善泵站进水水流条件,避免或减少泵站运行时因偏流产生涡流而降低水泵的抽水能力,参照其它泵闸工程的模型试验成果,在泵站、节制闸之间设导流墙,进水前池首端设导流墩,可使泵站进水条件得到一定的改善,该工程自1995年投入运行以来,由于运行时未按设计提出的要求进行管理,引起防冲槽外严重冲刷,冲刷坑最深达 6.0 m (冲刷范围见图1),为此,

笔者对此泵闸枢纽工程进行了水流数学模型研究。

节制闸引水时运行工况:正向(引水),内河水位 2.5 m ,外河水位 4.85 m ,控制闸门开启高度满足规划要求,闸门控制最大排涝流量 $80 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

2 水流数学模型研究

2.1 数学模型的采用

本研究采用美国陆军工程兵团水道试验站(WES)编制的二维等深有限元水流数学模型程式计算,其基本方程为浅水环流方程组^[1]。

2.2 模型网格的建立

模型网格的建立主要采用8节点的四边形网格,在连接处偶尔用6节点的三角形网格,因为数学模型本身就存在着局限性,故在进行模拟时对边界条件进行了相当大的概化。

2.3 模型的水力边界条件

提出此研究课题是由于运行管理不符合设计提

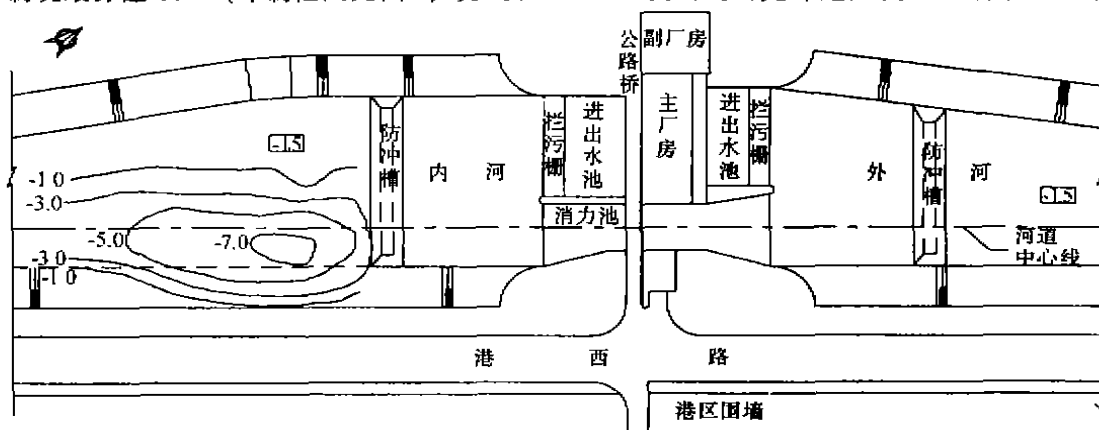


图1 冲坑位置及总平面布置

作者简介:季永兴,男,助理工程师,从事水利工程设计与研究。

出的严格控制闸门开启高度的要求,而导致内河冲刷,所以,建立模型时就不考虑闸门的开启高度,即水闸运行完全敞开,这也与实际操作情况相符.对内河,由于水系分布广而密,无法把整个水系放入模型中计算,为了尽量减少影响,认为内河无限远处的水位基本不受潮位影响,计算时取河道长 10 km,根据设计和实际运行情况,取水位为 2.5 m.外河潮位采用 1996 年的一个实际潮型计算.因为水闸只有在引水时才可能对内河进行冲刷,故将该潮型进行修正,见图 2.

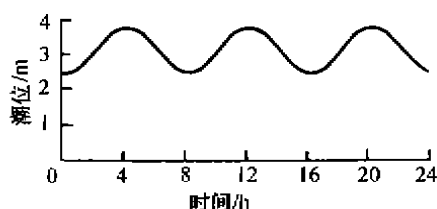


图2 修正后的潮位过程线

2.4 模型计算结果

a. 模型在流速最大时的流场见图 3.



图3 过闸流速最大时的流场

b. 过闸流速最大时的流速等值线见图 4.



图4 过闸流速最大时的流速等值线

c. 水闸闸室内中心线上某点的流速曲线见图 5.

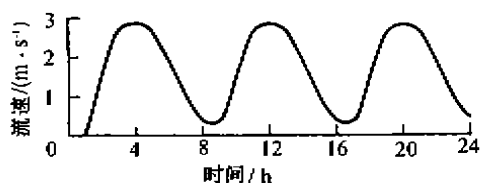


图5 水闸闸室内中心线上某点的流速曲线

d. 过闸流量曲线见图 6.

e. 防冲槽外沿与水闸中心线交点处的流速曲线见图 7.

2.5 计算结果分析

从流量与潮位曲线和流速与潮位曲线图看出,过闸流量达 $171 \text{ m}^3/\text{s}$,过闸流速达 2.91 m/s ,且防冲槽外沿流速最大为 1.31 m/s ,大大超过泥沙的不冲流速 $0.3 \sim 0.4 \text{ m/s}$,从而导致河床冲刷.计算时仅采

用了个最低高潮位 (3.75 m) 的潮型计算,而实际平均高潮位为 4.85 m ,故实际平时过闸流量和过闸流速均大于计算值.

另外,从流场图看出,水流在泵站下游形成较强的回流区.在回流区内水流流速较小,泥沙有部分因回流挟带在此淤积,这与实测情况非常吻合,说明模型的建立与计算较符合实际情况.

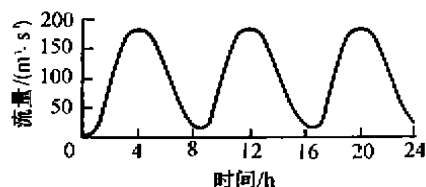


图6 过闸流量过程曲线

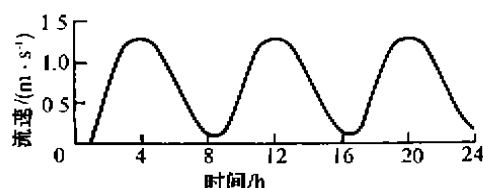


图7 防冲槽外沿与水闸中心线交点处的流速曲线

3 问题的延伸与体会

a. 从流场图与流速等值线图可看出,水流流出消力池后直冲向岸墙,严重威胁右侧岸墙的稳定.为了试图改变水流的分布,又对以下几种情况进行了模拟:①延长下游导流墙.结果只能使回流区下移, 1.3 m/s 的流速等值线影响范围稍有缩短,但影响不大.②在导流墙的下游做潜水导流墩,其影响也不大.③拆除导流墙.结果表明, 1.3 m/s 的流速等值线影响范围更长.这主要是涡流形成后,主流过水断面受到压缩,造成一座无形的导流墙,并影响水闸出流.

b. 不对称结构布置的水流问题是水利工程的一个较大难题.例如,江苏某双孔闸,因运行时常只开启其中一扇闸门,造成水流在另一侧形成回流,而同侧岸墙则严重淘刷.为解决此问题,后采用同步启动机,同时启动两扇闸门,才使水流得到控制.如何利用工程措施和合理布置工程来改变水流条件是值得我们水利工作者研究的问题.

c. 不对称结构布置的水利工程对运行管理的要求非常高.该泵闸枢纽工程由于受周围环境的限制,设计采用了不对称的结构布置型式,但设计要求运行管理时严格按设计提出的闸门开启高度进行管理.然而,操作人员却未按操作规程和设计提出的要求进行操作,才导致了如此后果.所以,必须加强对操作人员和管理人员培训.

(下转第 68 页)

19
68

钢木土石组合坝堵口技术

TV68-23
TV87/1.3

钢木土石组合坝堵口技术

“钢木土石组合坝堵口技术”是中国人民解放军 51002 部队广大官兵在军事训练和“96·8”抗洪抢险实践中创造的,并通过了有关专家鉴定的一项堵口工程技术。

1 技术实施准备阶段

a. 人员准备.为保障抢险有序地进行,在作业之前,要对参加堵口人员进行合理编组:①框架组,由 6 名作业手组成,负责设置钢管框架及支撑杆件。②木桩组,由 16 名作业手组成,负责木桩的植入。③连接固定组,由 6 名作业手组成,负责木桩与钢管框架的连接固定。④填塞砌墙组,根据场地大小,由若干名作业手组成,负责向钢木框架内填塞石子袋和对上、下游进行护坡。⑤防渗组,由若干名作业手组成,负责在新筑坝体上游的护坡上覆盖塑料布和土工布,然后用土石料袋覆盖固定,各组均设一名指挥员。

b. 器材准备.该堵口技术需备钢管(直径 5 cm、长 4~6 m)、木桩(直径 0.2~0.3 m、长 4~10 m)、石子、土、编织袋、铁锤、筑头、斧头、塑料布、土工布及铁丝等物料,其数量视决口大小和程度而定。

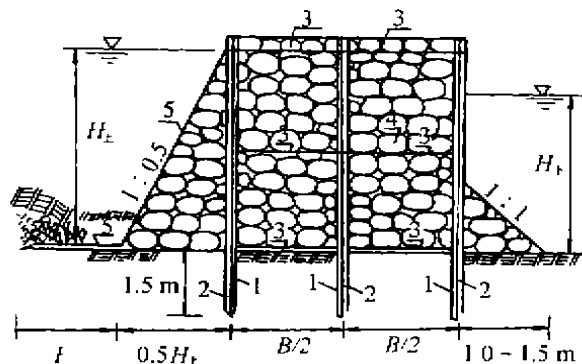


图 1 钢木土石组合坝断面示意图

1. 钢管桩; 2. 木桩; 3. 钢管连接件; 4. 袋装土或碎石; 5. PVC 防渗土工织物和两层塑料布; H_u 为上游水深, m; H_d 为下游水深, m; B 为坝基宽度, m; l 为防渗长度, m

2 技术实施步骤

a. 护固坝头.首先从决口两端坝头上游一侧开始,围绕坝头顺水流密集打筑一排木桩,用 8 号铁丝进行连接固定,并在上游打好的木桩外侧加挂树枝理顺水流,减少洪水对坝头的冲击.然后,在打好的木桩框内填塞石子袋,使决口两端坝头各形成一道坚固的保护外壳,以防止决口进一步扩大、为封堵决口建立可靠的“桥头堡”。

b. 框架进占.①设置钢框架.先设置框架基础,一般从原坝头 4 m 处开始设置,首先在决口两端纵向各设置两根标杆,确定坝体轴线方向.然后用筑头将 5 cm 粗的钢管前后间隔 2 m、左右间隔 2.5 m 打入地下 2 m 以上深处,顶部露出约 0.15 m 左右,再把纵向、横向分别用钢管连接.框架基础完成后,作业手将 6 根钢管植入河底土中,前后间隔 1 m、左右间隔 2.5 m,入土深度 1~1.5 m,水面余留部分作为护栏,形成框架轮廓.然后,用数根钢管作为连接杆件,分别用卡扣围绕 6 根钢桩上下和前后等距离进行连接,形成第一个框架结构.当完成两个以上框架时,用钢管在下游每隔 2 m 与框架成 45°角植入河底,作为斜撑桩,并与框架连接固定.最后在设置好的框架上铺设木板或竹排,形成上下作业平台,以便操作人员展开作业.②植入木桩.木桩组下设三个

小组:一个作用准备小组,两个植桩小组.作业准备小组主要任务是将木桩一端加工成锥形后运至坝头.植桩小组则先沿钢框架上游边缘线植入第一排木桩,桩距 0.2 m,再沿钢框架中心线紧贴钢桩植入第二排木桩,桩距 0.5 m,最后沿钢框架下游植第三排木桩,桩距 0.8 m.木桩入土均为 1~1.5 m 深.然后,根据钢框架的进占情况,依次完成木桩的设置.③连接固定.即用铁丝将打筑好的木桩排连接固定在钢框架上,使之形成整体,以增强框架的综合抗力.④填塞护坡.填塞护坡组预先将装好的土袋、石子袋运至坝头,并适时在设置好的钢木框架内由上游至下游进行错缝填塞.填塞高度约到 1 m 时,下游和上游即同时展开护坡.当坝堤进占到 3~6 m 时,应在原坝体与新筑坝体接合部用袋装碎石进行加固,坡底宽不小于 4 m,加固距离应延伸至原坝体一侧 10~15 m。

c. 导流合龙.合龙是堵口的关键环节,负责人员要严密组织、科学筹划.①设置导流排.当龙口宽 15~20 m 时,在上游距原坝头 30 m 处与原坝体约成 36°角,呈抛物线状向下游方向设置一道导流排,长度视龙口宽度而定.先每隔 5 m 植入一根钢管,植入深度为 1~1.5 m,再用铁丝连接,并加挂草帘和树枝等,分散冲向口门的流量,减轻龙口洪水的压力.②加密支撑杆件.导流排设置完毕后,立即对钢框架结构进行支撑杆件加密,框架下游斜撑杆件间隔由 2 m 变为 1 m,以稳固新筑坝体,增强钢框架的抗力.③加大木桩间距.合龙时,为减小急流对钢木框架的冲力,加快合龙进度,须增大木桩间距.第一排桩距为 0.6 m,第二排桩距为 1 m,第三排桩距为 1.2 m.④理顺龙口水流.在钢木框架外侧加挂树枝和竹排,进一步理顺冲向口门的水流.⑤加快填塞速度.合龙前,口门两端提前备足填料,合龙时,两端同时快速填料直至合龙。

d. 防渗固坝.对新筑堤进行上、下游护坡后,在其上游护坡上铺两层土工布,中间夹一层塑料布,作为防渗层,其两端应延伸到决口外原坝体 8~10 m 范围,并用袋装土石料压坡面和破脚.压坡脚时,决口处厚度应不小于 4 m,其它不小于 2 m。

3 技术运用中应注意的问题

a. 要严密组织,科学分工.堵口作业时间紧、任务重、保障难、险情多、要求高,因此,在组织上要做到准备充分、合理编组、优化工序、平行作业,使作业迅速、准确、安全、协调。

b. 重视维护,适时加固.决口合龙后,应对新筑堤坝进行整体维护,并及时对堤坝的其它重点部位进行加固,防止新的险情发生,当水情变化时,应适时对新筑堤坝进行加固。

(摘自《中国水利报》1998 年 8 月 11 日第 4 版)

(上接第 59 页)

参考文献

- 1 吴江航、韩庆书,计算流体力学理论、方法及应用,北京:科学出版社,1983,11~12
- 2 华东水利学院,水闸设计 上册,上海:上海科学技术出版社,1983
- 3 许南椿、胡德保、薛朝阳,水力学,北京:科学出版社,1990

(收稿日期:1997-09-19 编辑:熊水斌)