

# 井流消能在水库溢洪道改造中的运用探索

费宗如

(南京市水利规划设计院, 江苏南京 210016)

**摘要:**结合汤泉水库溢洪道改造工程, 介绍井流消能理论及其应用。针对模型试验中发现的问题, 提出解决问题的对策, 最终, 形成消能效果最佳的超典型井流流态。为该技术成果的推广应用积累经验, 希望将有更多的工程采用这一高效能、低造价的消能方式。

**关键词:**水库; 溢洪道; 设计; 井流消能; 模型试验

**中图分类号:**TV651.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)01-0132-02

## 0 引言

井流消能理论最早是在上世纪80年代初, 由河海大学郭子中等老师从某泄水闸工程模型试验中总结出来的。1991年河海大学环境工程消能防冲课题组对超典型井流进行了系统的试验研究, 结合工程试验, 进行了大规模的工程实践和分析计算, 探明了超典型井流流态演变的规律、水流与边界相互作用的规律和消能机理, 获得了各参数间的定量关系, 提出了相应的水力计算公式。从理论研究和工程实践两个方面为成果的应用奠定了基础。

水利部新技术推广中心曾在《中国水利》介绍该技术成果, 向全国推广应用; 国家科委主编的《中国技术成果大全》也收入该研究成果(编号129-1017)。

井流消能在理论上已经较为完善, 工程实践运用已有数十例, 取得了显著的经济效益和社会效益。

实践表明, 超典型井流消能是一种消能效率高、工程量小、工期短、造价低(仅为底流消能的50%)、效益高, 值得推广的消能形式。

我院与河海大学合作, 拟将该项技术运用于汤泉水库溢洪道改造中, 这是该项技术在江苏的首次运用。一旦运用成功, 将对我市乃至全省众多中小型水库溢洪道的改造采用该项经济适用的消能方式起到积极的推进作用。

## 1 井流消能理论概述

在低水头、低弗劳德数、大流量的低坝或闸式泄水建筑物出口边界下游, 附加一个新的边界, 在新旧

边界之间形成一个附加空间, 该空间容纳一定量的水体而具有水垫的作用, 它促使下泄的射流水舌在该空间处变形; 在一定的水力条件下, 当 $\theta > \alpha$ 时(参见图1), 若井位、井长和井深的大小适宜, 将迫使射流水舌起跳, 产生变半径的反弧水面和可变的出射跳角, 同时引起附加空间内射流下缘的水体产生顺时针向稳定旋滚, 附加空间内井格的隅角处有立轴旋涡。由于该空间是矩形的敞口挖深式或竖坎式结构物, 其射流变形产生的上述局部水力现象在一定的水力条件下具有很强的消能作用, 故称该结构物为消力井(如图1)。井内射流变形产生的特殊局部水力现象(或流态)称作井流或典型井流。

井流特有的水流结构使之具有井内外的双重消能作用, 使井流消能形式优点突出。当井内发生超典型井流流态时, 其消能效果尤为显著。

## 2 工程概况及模型试验工程

汤泉水库溢洪闸改造工程中消能工的改造是溢洪道改造的重点。结合课题研究, 工程拟采用超典型井流取代传统的底流消能。由于是首次运用该项新技术, 且该工程的工作条件与井流消能理论的理想条件不是完全吻合, 为慎重起见, 先进行模型试验。这也为以后其它工程运用此项技术摸索经验, 提供研究素材。

汤泉水库原溢洪道就地形顺势而建, 没有经过仔细设计, 工程现状从闸口到消力井总长约116m。在水闸出水口下游沿程共有5处超过0.60m的跌落。沿流程底坡多变; 底宽大小不等, 岸墙转折弯曲; 上游底宽约13.00m, 至消力池进口处渠底宽为5.00m; 其水流型态属变底坡非棱柱体陡坡渠道明渠非均匀流。由于边界条件多变, 使流态较为复杂。

根据常规底流消能公式计算: 消力池长 $L=$

收稿日期: 2005-11-14

作者简介: 费宗如(1967-), 女, 江苏南京人, 工程师, 从事水利工程设计工作。

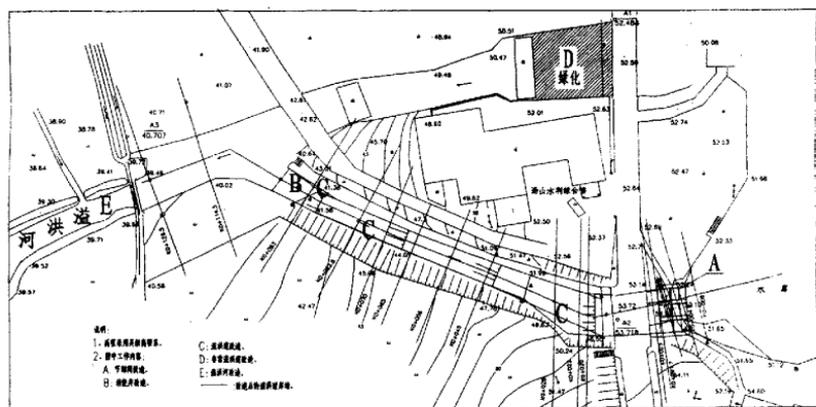


图1 汤泉水库溢洪闸地形图

25.35 m, 池深  $D=3.48$  m, 而根据井流消能理论计算得: 消力井长  $L=11.00$  m, 井深  $D=4.20$  m, 宽度  $B=8.50\sim 10.00$  m。

有了初步的计算结果, 我们开始了模型试验, 任务是最终确定消能井的适宜尺寸及体形, 提出改善溢洪道水流状况的工程措施。

模型长度比尺  $\delta_L=13$ 。

### 3 试验发现的问题及解决问题的对策

模型试验开始后, 产生了一些问题, 不能达到我们理想的消能状态。如:

(1) 射流不入井, 不能形成所需的井流流态。

——这是因为自闸室出口到消力井前, 溢洪道的宽度从  $B=13$  m 缩小到  $B=5.0$  m; 又由于溢洪道是多级变坡的陡槽, 这就使水流沿程加速, 下泄水流的动量大, 射流越过井长  $L=11.0$  m 的消力井直冲而下, 形成非典型井流流态, 使消力井不能发挥作用。

(2) 主流集中于消力井出口左侧, 平面流态不好。

——这是因为消力井两侧岸墙不对称, 左岸墙还存在不合理的内向折角。这就迫使主流集中在井出口的左侧。

(3) 射流入射角过小, 使射流飘浮。

——由于射流的入射角  $\alpha$  太小, 射流平直, 射流

落点驱远, 只有很长的消力井才能接纳这样平直的射流。这在工程中不现实。

针对这些问题, 我们采取了以下一些措施: (1) 沿程位置增设阻水低坎, 此举对消散水流能量十分明显, 为射流入井创造了条件, 特别是对缩短井长效果明显。(2) 将溢洪道两侧岸墙凸角修圆, 内折角改为流弯, 这样, 消除了因边壁突然转向而引起的折冲水流, 从而改善了溢洪道的平面流态。同时, 对消力井并前坡角增加, 将消力井进出口向左右分别增加宽度。经过这样多次改进, 反复试验, 最终, 形成消能效果最佳的超典型井流流态。

### 4 结语

该工程目前还未实施, 本文仅就模型试验进行了简单的阐述。由于该工程为改建工程, 受地形局限的影响, 必须借助于设置阻水低坎等工程措施才能形成超典型井流流态。待工程建成后, 作为课题研究的延伸, 我们还将对该工程消能井运用效果进行跟踪测试, 完善我们的研究报告, 为以后类似工程积累一些经验。就模型试验的结果来看, 井流消能这一新型的消能方式效果是非常明显的。目前, 江苏省正在对全省小水库进行除险加固改造, 计划五年完成百余座小水库的改造工作, 我们希望在汤泉水库运用成功后, 将能有更多的工程采用这一高效能、低造价的消能方式。

### · 短讯 ·

上海五角场地区将形成一条长达 3 km 的“地下步行街”, 这将创下申城地下空间开发新纪录。