

提高梯形消力池消能效率的 试验研究*

吴建平

(郑州工学院)

摘 要: 本文通过模型试验研究梯形消力池内空间水跃的型态和提高其消能效率的措施, 将梯形消力池空间水跃分为三浪四区, 借助消力池内的实体坎来改善消力池的空间水跃型态, 从而提高消能效率。

关键词: 消力池, 底流消能, 空间水跃

中图分类号: TV135

梯形消力池边坡和矩形消力池边墙相比, 可谓一轻型结构, 对软土地基来说可节约工程投资, 简化消力池设计。并且, 梯形消力池水面宽度较大, 易与下游河道断面衔接, 降低对下游尾水渠水位的要求, 从而减小消力池的深度和长度, 达到节约投资, 缩短工期, 保证工程安全之目的。

梯形消力池内水跃属空间水跃, 水流结构复杂, 流态紊乱, 理论研究困难, 目前可用于工程设计计算的理论公式尚不成熟, 因此, 梯形消力池的设计大多通过实验解决。

1 梯形消力池水跃流态

试验在底宽为 72CM 的渠道上进行。消力池长 130CM, 池深 12CM, 尾水渠长 250CM, 上游引渠底比消力池底高 58CM, 二者之间由 240CM 长 1:4 陡坡连接。试验流量从 17.6 到 90.2L/s。

通过试验可以观察到, 消力池两侧边坡附近各有与池长相等, 宽度近 $\frac{1}{3}$ 水面宽度的回流区, 跃首在平面上呈“人”字形, 跃前急流经“人”字形斜水跃与回流区缓流衔接, 两侧的斜水跃波前在“人”字顶端交汇后形成宽约 $\frac{1}{3}$ 水面宽, 长约不足半池长的波浪破碎区(我们称为池内第一浪), 破碎区下游水流仍为急流, 该急流遇到池末升高的池坎阻挡掀起急流

* 收稿日期: 1994-10-31

中的波浪(我们称为第二浪),第二浪为一凸顶水冠,水冠下游为桃形急流区。当下游水位较高时,急流区下游边界为曲线,形成曲边水跃波前(即桃形水跃—称为第三浪)。如图1所示。另外,当下游水位较高,下泄流量不太大时,梯形消力池内回流受到上下游水流影响而出现两侧的不平衡,主流被挤压向一侧,池内另一侧为强度较大的回流,池后是主流偏向一侧的折冲水流。由于急流冲出消力池,表明消能极不充分,出池水流又不均匀,对下游河道有强大的冲刷能力。

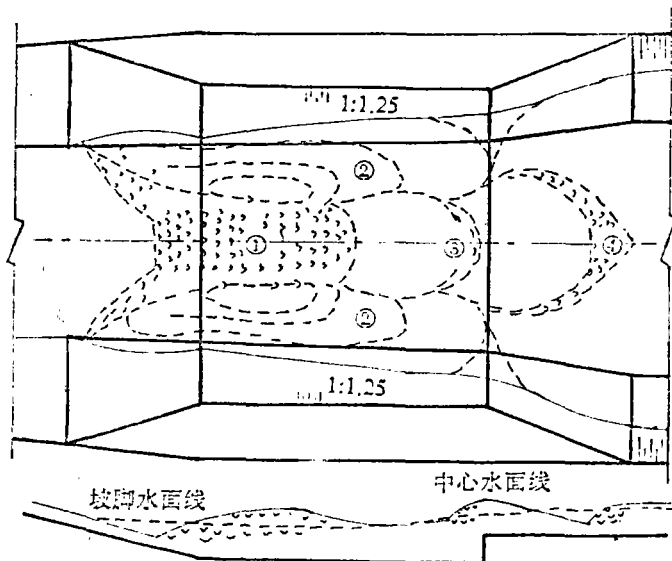


图 1

梯形消力池内的上述流动状态与矩形消力池平面水跃明显不同,属于空间水跃,其水跃主跃体为斜水跃波浪加波前交汇形成的波浪破碎区,它是空间水跃的主消能区,约占水面宽度的三分之一。由于两侧回流对主流的压缩,并且在平面上,回流区上游部分水体又重新加入主流,使得这部分急流主流的流量大于梯形消力池入口流量,至回流区中部附近,主流区流量达到最大值。因主流宽度逐渐收缩,流量增大,因而主流区单宽流量急剧增大,消力池内消能效果极差,使得主消能区下游仍具有极大能量的急流冲出消力池。

根据实测的流态,可将梯形消力池空间水跃划分为四个区:①区是主消能区(即波浪破碎区),②区是池内两侧的回流区,③区是主流受压缩的急流区(包括第二浪),④区是第二水跃区(即第三浪),见图1。梯形消力池空间水跃出现了多跃体的复水跃,它包含了三浪四区,沿程关于轴线对称,与矩形消力池中的单水跃明显不同。

为观察梯形消力池的边坡对空间水跃型态的影响,我们将梯形消力池的边坡从1:2变陡为1:1.25,观察池内水跃型态可知,此时空间水跃流态基本不变。从而可知,消力池边坡在较缓的范围内变化时,对空间水跃型态,消能效率影响很小,除非消力池边坡变陡到接近垂直时,池内水跃才接近矩形消力池单水跃状态,但此时的消力池已失去梯形消力池的特点。

梯形消力池产生上述消能效果不佳的流动状态的原因,主要是回流区范围过大,对主

流构成严重的挤压, 而主流不能凭借自身的力量产生扩散, 使局部单宽流量大增, 主流携带着极大动能出池, 出池后水流仍为急流, 流速大且主流集中, 这样势必造成下游河道的冲刷。

要提高梯形消力池的消能效果, 就必须使主消能区扩展, 提高该区的消能效率, 使②区(回流区)从宽度和长度上缩小, 以减轻对主流的挤压作用, 从而使③区(急流区)扩散变宽, 顺水流方向则缩短, 第④区被拉回到消力池内, 这样复水跃的整体都发生在池内, 从而提高消能效率, 保证出池水流均匀平顺的与下游渠道衔接。

2 梯形消力池加实体坎的试验研究

梯形消力池的关键问题是回流挤压主流不能有效扩散, 从而形成三浪四区的复水跃。根据对闸下出流空间水跃的研究经验, 采用直线型实体坎在众多使主流扩散的工程措施中效果是比较理想的, 因梯形消力池内水流流动状态与闸下出流局部开启的空间水跃有着类似的机理, 只是闸下出流的空间水跃是由于断面尺寸突扩, 两侧形成回流挤压主流, 而梯形消力池内空间水跃是由于边坡较缓, 使水跃旋滚的一部分转变成水平面上的回流, 从侧向挤压主流, 用适当高度和位置的实体坎就可以强迫压缩主流扩散, 增加水体紊动, 提高消能效率。

将实体坎在梯形消力池内的多个不同位置进行系列试验, 发现坎位置选在距入口 $0 \sim \frac{1}{2}$ 池长范围内, 均有较明显的主流扩散作用, 但坎位置越向下游, 所需的坎高也越大, 越近消力池入口, 坎上受力也越大, 运行可能不安全。综合比较后将坎的位置定在距入口 30cm 处 (约为 $\frac{1}{4}$ 消力池长度)。

关于实体坎的高度, 需通过试验决定。试验中我们对坎高为 2cm, 4cm, 6cm 进行对比试验, 结果大坎高的效果好。在坎高为 6cm 时复空间水跃的第③区已完全拉回到池内, 第三浪发生在池末的池坎与实体坎之间, 第二浪消失, 池末水流平稳均匀, 池后流态接近管矩形消力池。为寻找最佳坎高, 我们从 2cm 坎高开始, 以逐次叠高的方法进行试验研究。

当坎高为 2cm 时, 池内流态已大有好转, 但池后仍有不稳定急流区, 主流较集中, 实测池后断面流速分布以中部流速偏大, 且主流稍偏右岸。池内回流区(第②区)长度已压缩到池中上部, 第二浪(急流中的激浪)已消除, 原第三浪(池后水跃)变为第二浪。

当坎高加到 5.2cm 时, 池内流态大致同前, 但池末和池后水流已十分平稳均匀, 第一水跃跃首为曲线, 池内回流区限制在坎前, 过坎后主流初步扩散后发生弧状波前的弱水跃, 过渡到较均匀的缓流状态, 从而加强了主消能区的消能, 实测流态如图 2 所示。从图 2 可知, 此时池末水流平稳均匀, 池后流态与 6cm 坎高时相同(接近矩形消力池池后流态), 坎高 5.2cm 可作为最佳坎高。

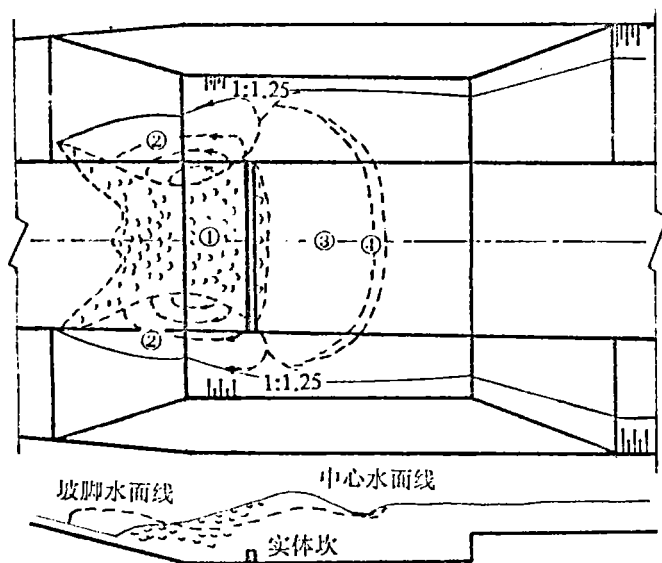


图 2

实验发现, 加实体坎的梯形消力池对下游尾水位变化极不敏感, 当下游水位比消力池设计尾水位低, 甚至下游尾水渠为急流时, 梯形消力池内流态基本不变, 所以只要消力池后尾水渠内水流保证是缓流, 池后就会产生均匀平顺衔接, 从而避免由于消力池消能不充分使多余能量冲刷河床的现象。因此, 梯形消力池加实体的消能措施从水流衔接方面来说, 比矩形消力池有更大的安全系数。

3 结论

梯形消力池由于边坡较缓而存在较大回流区挤压主流, 单宽流量增加, 消能效果差。试验证明, 对底宽为 72cm 的渠道, 当流量在 17.6L/s 至 90.2L/s 范围内时, 在消力池内的适当位置选择合适的实体坎高度强迫主流扩散, 并加大水流的紊动尺度, 从而加强主消能区的消能作用, 使原三浪四区空间复水跃转变为二浪四区空间复水跃, 池末就可以获得均匀平顺的缓流流态, 满足消能和下游衔接的要求。由于梯形消力池加实体坎消能, 对下游水位有较大的适用范围, 因此, 这种消能措施特别适用于软土地基, 下游河道没有精确的实测水位流量关系的中小工程。

当然, 梯形消力池的设计计算, 消力坎的位置和高度的计算需作进一步研究, 但空间水跃结构极为复杂, 理论研究有相当困难。在目前情况下用模型试验方法确定坎高和坎位置是可行的。

(下转 37 页)

factors affecting biodegradation, the quantitative relationship between biodegradability and chemical structure was established. It was verified by the experimental results.

Keywords: Biodegradation, Electronic effect, Steric effect, Mononuclear aromatic hydrocarbon compounds

(上接 31 页)

参 考 文 献

- 1 吴桢祥, 高双聚等. 西段村水库泄水建筑物水工模型试验研究报告. 郑州工学院. 1994年
- 2 吴持恭. 水力学. 高等教育出版社. 1979年

Laboratory Research on Hydraulic Jump Dissipating Energy Efficiency in Trapezoidal Stilling Basins

Wu Jianping

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In present paper, hydraulic jump in trapezoidal stilling basins have been researched by experiments. This jump is three dimensions. The jump flow form has been described and it is divided into three waves and four parts. By through energy dissipator, the flow form has been changed, lifting three dimensions hydraulic jump dissipating energy efficiency.

Keywords: stilling basins, energy dissipating by hydraulic jump, three dimensions, hydraulic jump