

挑流消能工研究现状及其应用

闫路明

(重庆市水利电力建筑勘测设计研究院,重庆 401120)

摘要:挑流消能在我国水利工程建设中具有广泛的应用,尤其是近年随着我国水电建设事业向西南地区转移,结合当地高山峡谷、大流量、高水头等突出特点,水电工作者们对挑流消能工型进行了大量的研究工作,已经由传统的连续式挑坎、差动式挑坎发展出了宽尾墩、窄缝、扭曲斜切坎以及燕尾坎等多种表现优异的新型挑坎,其中尤以燕尾坎的出现大幅提升了我国挑流消能工的研究水平,为我国挑流消能领域的发展以及工程建设做出了不可多得的贡献。

关键词:挑流消能;连续坎;收缩坎;扩散坎;差动坎;燕尾坎

中图分类号:[TM622];TV653+.3;O434.19

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)01-0133-03

1 概述

改革开放以来,我国的水利水电建设事业飞速发展,建成和在建一大批具有世界顶尖水平的大型枢纽工程,如二滩、三峡、小浪底、溪洛渡、向家坝、糯扎渡、锦屏一级、白鹤滩等等。这些工程基本都具有水头高、流量大、河谷狭窄等特点,为了适应工程建设的需要,研发了一系列泄洪消能的新技术,这些技术使我国在泄洪消能领域方面的研究处于世界领先水平。

挑流消能作为一种传统的消能工形式,由于其结构简单、消能效果突出以及与下游河道易衔接等突出特点在水利工程上得到了广泛的应用。它借助泄水口末端设置的挑坎,使水流在空中扩散、掺气或者碰撞,通过增大进入下游河道的入水面积实现单位水体能量的分散,减小其对于下游河床的冲刷破坏。近年来,随着我国水电事业的蓬勃发展,水利水电工作者们在传统的挑流消能工基础上,研究了许多新型的挑坎形式。

2 挑坎的形式及应用

2.1 连续挑坎

连续式挑坎是最传统、最基本的挑流消能工形式,它是通过在泄槽底板末端设置具有一定反弧半径的圆弧曲面使得水流在挑坎末端具有一定挑射角,从而将水体挑离建筑物,实现与下游河道的衔接。由于连续式挑坎出口挑角单一,水流入水集中^[1],目前工程上已经较少使用,典型连续坎见图1。

收稿日期:2017-01-17

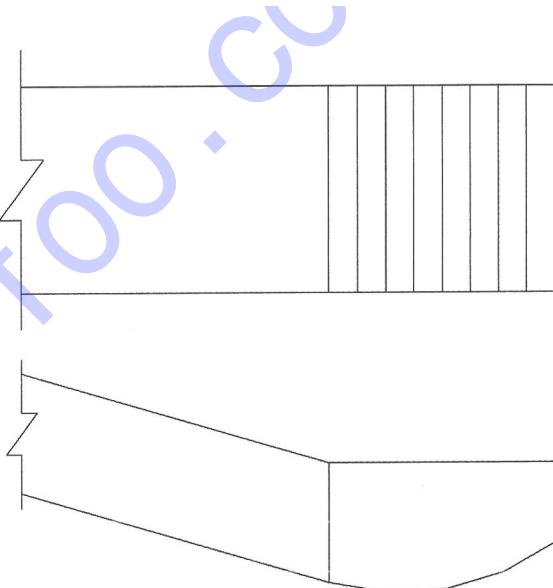


图1 连续挑坎

2.2 收缩式挑坎

收缩式挑坎是在连续式挑坎的基础上,利用边墙的侧向收缩实现水流横向束窄,水流受边墙挤压将在立向上大幅拉伸从而在挑坎末断面由于流速的差异形成不同挑角,最终进入下游河道形成一条狭长连续的呈“一”字型的带状入水区域。

传统的收缩式挑坎包括窄缝挑坎(图2(a))以及宽尾墩挑坎(图2(b))。窄缝挑坎国外应用较早,葡萄牙、法国、伊朗、西班牙等国都有应用,我国首先采用则是在东江水电站,原型观测表明效果良好,该挑坎适宜于应用在河谷比较狭窄的岸边泄水建筑物;宽尾墩是将坝身墩体延长并逐渐在横向收缩,上世纪70年代,我国创造性地将

宽尾墩应用于潘家口水电站^[2]并取得了良好的效果。

然而,由于传统收缩式挑坎使流道水体在立向上大幅拉伸,挑坎侧墙的动水压强势必变得非常大,锦屏一级岸边溢洪道初设方案采用窄缝挑坎其边墙动水压强达到了 40×9.81 kPa,这对挑坎的结构设计造成了很大的困扰;而宽尾墩由于靠近泄水孔进口,其流道水深的增高将增大弧形工作闸门的设计难度,严重的甚至影响闸孔的泄流能力;另外,由于挑坎的侧墙收缩引起的水舌上部不稳定,水翅也成了常规收缩式挑坎的一个问题。

针对常规收缩式挑坎的上述问题,邓军、段鸿锋^[3]提出了一种在孔口侧壁贴楔形三角形的挑

坎形式(图 2(c)),该挑坎部分保留了常规窄缝挑坎的横向收缩功能,流道水深增加不显著,并且由于边壁收缩平缓,水舌稳定,基本没有水翅产生,该挑坎主要应用于高拱坝坝身表孔。后来有研究者针对贴角楔形体挑坎的特点,将其底板部分镂空,实现了水舌的进一步拉伸,并且也使水舌近端落点向坝身靠近以减弱对下游水垫塘尾坎的冲击(图 2(d))。受镂空型楔形体挑坎的启发,有研究者将常规窄缝挑坎底板进行部分镂空,从而也同样实现了水舌的纵向拉伸(图 2(e))。这几种新型的收缩式挑坎结构简单,水舌拉伸效果良好,并且解决了常规收缩式挑坎侧墙动水压强过大以及水翅强烈的相关问题,具有很广的应用前景。

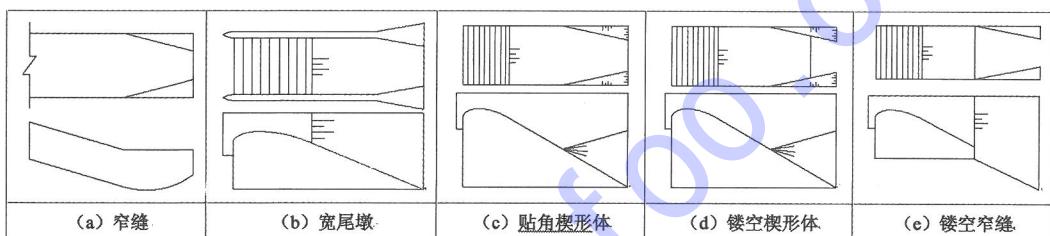


图 2 收缩式消能工

2.3 扩散式挑坎

扩散式挑坎是将挑坎边墙横向拓宽,利用水流自身的扩散作用实现水流入水面积的大幅增加。目前水电工程界出现的扩散式挑坎包括:斜切坎(图 3(a))、扭曲坎(图 3(b))、舌形坎(图 3(c))、短边墙扩散挑坎(图 3(d))。

斜切坎坎顶与水流流向斜交,挑距沿程变化,适用于宽度相对较小的岸边泄水建筑物;扭曲坎在斜挑坎基础上发展而来,将底板设置成长边墙侧高、短边墙侧低的连续扭面,使水舌在空中翻转

变形并落在河床中心线附近,适用于河谷狭窄的岸边泄水建筑物^[4],国内的瀑布沟水电站岸边溢洪道即采用了扭曲挑坎^[5];舌形坎因其往前伸出一段舌形底板而得名,水舌一部分在离开侧墙后即开始向空中扩散而另一部分受舌形底板顶托,直至底板末端才开始向空中抛射,该挑坎主要应用于高坝表孔或者深孔;短边墙坎也称不对称边墙鼻坎,鼻坎左右两侧的边墙长短不同,目的是对挑流水舌产生一个导向作用,按着预定的方向抛射并在纵向和横向拉开。

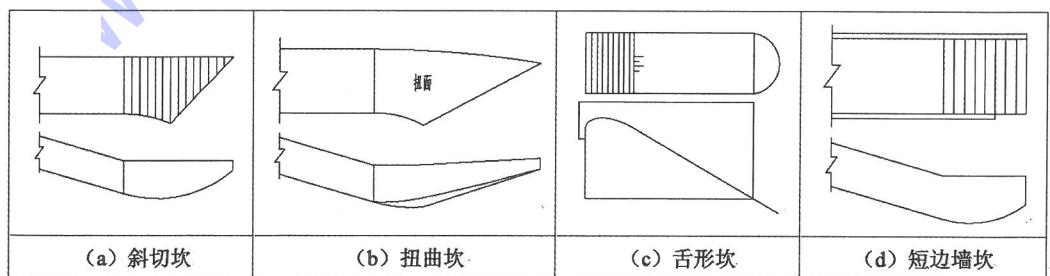


图 3 扩散式消能工

2.4 差动式挑坎、高低坎

差动坎(图 4(a))运用齿、槽相间使齿的挑

角大于槽的挑角,水舌挑射时上下层错开,但是由于齿的凸体结构,具有较高的空化空蚀破坏风险。

国内漫湾水电站、白山水电站均采用了大差动挑坎,乌江渡水电站泄水建筑物局部采用了大差动布置^[6]。高低坎(图4(b))与差动坎类似,只是把差动坎的坎槽进行了分离错置,常用于重力坝的表孔,如白山电站;利用坎的高程差,当各坎射流同时挑射出去时,在空中互相冲击而抵消大量能量,对改善下游河床冲刷有明显效果。邓军^[7]

提出了一种底板局部镂空的挑坎,因形似燕尾而取名燕尾挑坎(图4(c)),该挑坎创新性突出,虽然挑射原理依然类似于差动坎,但是克服了差动坎易发生空蚀破坏的缺点。燕尾挑坎能够适应不同流量的起挑,并且具有非常优异的消能防冲表现,锦屏一级泄洪洞设置该挑坎并泄水,效果非常理想。

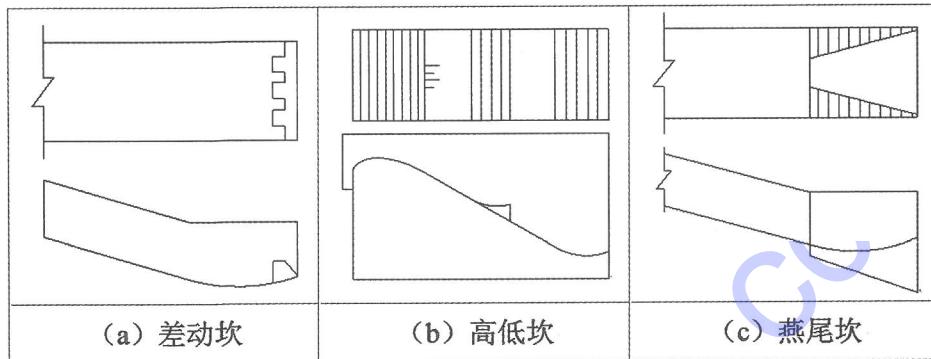


图4 差动坎

3 结语

挑流消能在我国水利工程建设中具有广泛的应用,尤其是近年随着我国水电建设事业向西南地区转移,结合当地高山峡谷、大流量、高水头等突出特点,水电工作者们对挑流消能工型进行了大量的研究工作,已经由传统的连续式挑坎、差动式挑坎发展出了宽尾墩、窄缝、扭曲斜切坎以及燕尾坎等多种表现优异的新型挑坎,其中尤以燕尾坎的出现大幅提升了我国挑流消能工的研究水平,为我国挑流消能领域的发展以及工程建设做出了不可多得的贡献。

参考文献:

- [1] 张东明,坎型选择对泄流水舌及底板压力的影响研究[D],天津大学,2005

- [2] 何兆斌,潘家口水利枢纽消能防冲试验研究[J].海河水利,1996(5)
- [3] 段鸿峰,高拱坝表孔侧墙贴三角形楔形体水舌水力特性试验研究[D].四川大学,2014.
- [4] 郭军,高季章等,国内外高拱坝泄洪消能布置综合分析[J].云南水利发电,2001(10).
- [5] 李玲,陈永灿等.溢洪道出口扭曲型挑坎水流的数值模拟[J].水力发电学报,2007(2).
- [6] 邓正湖,乌江渡水电站工程原设计中几个主要技术问题和回访情况简介[J].中南水电,1990(2).
- [7] Deng Jun etc. A new type of leak - floor flip bucket[J]. SCIENCE CHINA, 2016(4)

作者简介:

闫路明(1982-),男,内蒙古通辽人,毕业于河海大学水文与水资源工程专业,工程师,从事水文、规划工作。

(责任编辑:卓政昌)

西藏昌都新荣水电正式并网发电

日前,由中国电建集团配套出资援建的西藏昌都洛隆县新荣水电站1号、2号机组完成各项调试与试验,顺利并网发电。该项工程发电,标志着国家全面解决无电人口用电问题战略部署和电建集团“十二五”电力援藏工作取得重要的阶段性胜利。新荣水电站是西藏无电地区电力建设规划重点工程,位于西藏昌都市洛隆县北部的新荣乡境内怒江左岸一级支流达曲上,主要枢纽建筑物有拦河坝、发电引水系统、发电厂房及升压站工程等,大坝坝顶高程3 273.60米。总装机容量在工程建设过程中经过优化设计,由资产接收单位西藏开发投资集团有限公司追加投资,电建集团水电八局总承包,中南院承担施工设计,从原来的2520千瓦增容至5 000千瓦。

白鹤滩大坝砂石加工系统提前一周投产

日前,经过数日试机联调,水电八局承建的白鹤滩大坝砂石加工系统建成投产,比原计划提前一周。目前,白鹤滩大坝砂石加工系统各车间已全部投入生产运行,系统所生产的砂石骨料经试验检测,各项质量指标均满足生产要求。