



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109083107 B

(45)授权公告日 2020.09.08

(21)申请号 201810784840.X

(56)对比文件

(22)申请日 2018.07.17

CN 103498451 A, 2014.01.08

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 202440803 U, 2012.09.19

申请公布号 CN 109083107 A

审查员 肖璐

(43)申请公布日 2018.12.25

(73)专利权人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路
南一段24号

(72)发明人 张法星 王红艳 刘善均 邓军

田忠 许唯临 王韦 周茂林

(74)专利代理机构 成都虹盛汇泉专利代理有限

公司 51268

代理人 周敏

(51)Int.Cl.

E02B 8/06(2006.01)

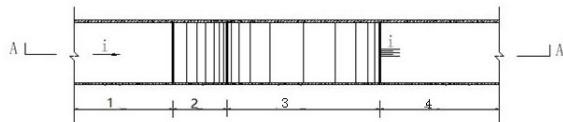
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施

(57)摘要

本发明提供一种利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施，利用凹曲线段水流向心力的惯性导控水流起挑的形成掺气空腔。本发明所述掺气设施设置在泄水建筑物水流可能发生空化位置的上游，包括过流底板和边墙，沿水流方向由依次相接的上游平直段、凸曲线段、凹曲线段、下游平直段构成，所述上游平直段、下游平直段分别与泄水建筑物上游底板、下游底板相接，所述凸曲线段底板为向水体内凸起的弧线型，与上游平直段和凹曲线段底板均相切衔接，使水流能从上游平直段平顺过渡到凹曲线段内；所述凹曲线段底板为向下凹陷的弧线型，且与下游平直段底板相切衔接。该设施结构简单且掺气效果好，特别适合高流速小底坡泄水建筑物的掺气减蚀。



1. 一种利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施,其特征在于设置在泄水建筑物水流发生空化位置的上游,与泄水建筑物底板为一体结构,所述掺气设施包括过流底板和边墙,沿水流方向由依次相接的上游平直段(1)、凸曲线段(2)、凹曲线段(3)、下游平直段(4)构成,所述上游平直段、下游平直段分别与泄水建筑物上游底板、下游底板相接,所述凸曲线段底板为向水体内凸起的圆弧面,凸曲线段底板曲率半径为5-10倍水深,与上游平直段和凹曲线段底板均相切衔接,所述凹曲线段底板为向下凹陷的圆弧面,凹曲线段底板曲率半径为5-10倍水深,且与下游平直段底板相切衔接;下游平直段的底板上水舌落点上游设置有用于阻挡回水的阻回水坎(5),所述阻回水坎上表面为与对应位置的水舌抛物线曲率相同的弧面;凹曲线段对应的两侧边墙设置有与大气连通的通气孔。

一种利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施

技术领域

[0001] 本发明属于水利水电工程中泄水建筑物高流速水流掺气减蚀技术领域,特别涉及一种掺气设施。

背景技术

[0002] 近年来,随着我国水利水电事业的蓬勃发展,高坝的数量持续增加,这些工程的泄水建筑物中会因为水流流速高而产生一些特殊的水流现象,如空化空蚀问题。空蚀导致泄水建筑物的过流表面发生破坏;影响水流形态,降低过流能力;严重时还会影响泄水建筑物的正常使用,缩短泄水建筑物的使用寿命。因此防止空蚀破坏对于高流速泄水建筑物的正常运行至关重要。

[0003] 当泄水建筑物中水流流速不高时,可以通过优化泄水建筑物的体型,控制过流壁面的不平整度,采用抗蚀材料等措施,减免空蚀破坏。当泄水建筑物的流速超过35m/s时,采用上述措施仍可能产生空蚀破坏,理论和实践证明经济有效的措施是在特定部位设置掺气设施掺气减蚀。目前,高流速泄水建筑物中采用的掺气减蚀设施主要有以下几种形式。

[0004] (1)掺气挑坎,就是在泄水建筑物过流面修建一个一定坡度的挑坎,把水流挑离过流面,经过一段距离,然后在重力作用下重新回落至壁面,这样就形成空腔掺气。关键技术是挑坎的相对坡度和末端高度。掺气挑坎高度较小时,水流挑起、回落形成的空腔长度较小,不利于通气设施的布置,很有可能造成空腔回水等问题,从而降低空腔掺气效率,甚至达不到掺气减蚀的效果。掺气挑坎高度较大时,可以形成较长的空腔,但是过高的挑坎会导致挑流水舌对泄水建筑物底板产生较大的冲击力,使水流变得不平稳,同时会抬高水面高度,增加工程量,甚至在明流泄洪洞中造成封顶现象,威胁洞身的安全。

[0005] (2)掺气跌坎,在某一位置处使下游过水边界向下错开一定的距离,由于惯性作用,水流会脱离错开的边界一段距离,然后在重力作用下回落至底板形成掺气空腔。相对掺气挑坎来讲,掺气跌坎对水流的扰动小一些,水舌落水对底板的冲击力也小。但是为了保证足够长的掺气空腔长度,需要采用较大的跌坎高度。

[0006] (3)掺气槽,适用于泄水道底坡坡度较大的情况。

[0007] (4)组合式掺气减蚀设施,有挑坎和槽组合、跌坎和槽组合、挑坎和跌坎组合三种形式。

[0008] 对于高流速小底坡泄水建筑物掺气减蚀的问题,已经有研究人员针对不同的工程设计出了一些三维异型掺气坎,如齿墩式掺气坎、U型槽式坎、V型槽式坎、凹型坎以及凸型坎等。这些异型掺气坎解决了个别工程中的掺气难题,但适用范围有限,体型复杂,施工难度大。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施,该设施结构简单且掺气效果好,特别适合高流速小底坡泄水建筑物

的掺气减蚀。

[0010] 本发明构思是将泄水道底板修建成凹曲线型过流段,利用凹曲线段水流向心力的惯性导控水流起挑的形成掺气空腔。本发明所述掺气设施设置在泄水建筑物水流可能发生空化位置(比如明流泄水道中水流流速 $\geq 30m/s$,或者水流空化数 ≤ 0.3 处)的上游,包括过流底板和边墙,沿水流方向由依次相接的上游平直段、凸曲线段、凹曲线段、下游平直段构成,所述上游平直段、下游平直段分别与泄水建筑物上游底板、下游底板相接,所述凸曲线段底板为向水体内凸起的弧线型(弧面),与上游平直段和凹曲线段底板均相切衔接,使水流能从上游平直段平顺过渡到凹曲线段内;所述凹曲线段底板为向下(向底板背面侧凹陷)凹陷的弧线型,且与下游平直段底板相切衔接。

[0011] 进一步地,为了水流流态稳定,避免水流脱离底板,凸曲线段底板曲率半径一般不小于5倍水深,最好为5~10倍水深,流速越大,曲率半径应该越大。凸曲线段底板的优选结构型式为圆弧型(圆弧面)。可根据水深、流速确定圆弧半径 R_1 ,根据与上游平直段、凹曲线段均相切的原则确定圆心角 θ_1 。

[0012] 进一步地,为了水流流态稳定,为了保证水流流态平稳,凹曲线段曲率半径一般不小于5倍水深,最好为5~10倍水深。凹曲线段底板优选结构型式为圆弧型(圆弧面),圆弧圆心角为 θ_2 ,半径为 R_2 。为了使水流起跳和保证起跳的水流不影响结构安全,应综合考虑原泄水道的底坡 i 、凹圆弧半径 R_2 、水深 h 和泄水道边墙高度,共同确定圆心角 θ_2 。

[0013] 进一步地,凹曲线段对应的两侧边墙设置有通气孔。

[0014] 本发明所述掺气设施原理:凸曲线段将泄水道上游平直段与凹曲线段光滑连接,使水流能从上游平直段平顺过渡到凹曲线段内。凹曲线段的作用是对流经的水流产生较大的向心力,水流在流出凹曲线段时,在惯性的作用下脱离泄水道底板,向上挑起一定的高度,然后经过一段距离落回下游平直段的底板上,形成空腔,配合掺气孔实现掺气减蚀。

[0015] 进一步地,当泄水道的底坡 i 较小时,掺气空腔容易出现回水雍堵的现象,如果在泄水建筑物运行的某一水深条件下,空腔回水影响掺气设施的运行,降低掺气效率,就需要设置抛物型阻回水坎。阻回水坎起到防止回水雍堵,保证掺气设施稳定运行的作用,一般设置在掺气空腔末端底板上,位于水舌最近落点的上游(掺气空腔内),阻回水坎的侧向投影为抛物线状,上表面为与水舌末端抛物线大致相符的流线型,整体为一个楔形体。

[0016] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0017] 1、本发明所述该掺气设施不受来流流速和水深的影响,能够在小底坡时仍形成掺气空腔。适用于泄水建筑物的底坡小、采用常规掺气减蚀设施难以形成有效掺气空腔的情况,可以利用向心力惯性导控水流形成有效掺气空腔,从而减免高速水流对过流壁面的空蚀破坏。

[0018] 2、本发明所述掺气设施底板体型为连续曲面,不存在突体,对水流的扰动小,流态平稳。不会恶化水流流态。

[0019] 3、结合抛物型阻回水坎,可解决空腔回水问题,能够保证掺气设施的运行稳定,提高掺气效率。

[0020] 4、体型简单、施工方便,降低了工程量和施工难度。

附图说明

- [0021] 图1为本发明所述掺气设施的平面布置图；
- [0022] 图2为图1中A-A位置剖视图。
- [0023] 图3为未设置阻回水坎的掺气空腔(图2圈中的位置)示意图。
- [0024] 图4为设置阻回水坎的掺气空腔(图2圈中的位置)示意图。
- [0025] 图中:1-上游平直段,2-凸曲线段,3-凹曲线段,4-下游平直段,5-阻回水坎 ,6-掺气空腔,7-空腔回水。

具体实施方式

[0026] 下面通过具体实施方式对本发明所述利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施作进一步说明。

实施例

[0028] 某水电站枢纽由主坝、泄水建筑物、坝后式厂房组成，拦河大坝为碾压混凝土重力坝，泄洪建筑物布置在河床坝段，由五个表孔和两个底孔组成。两个底孔泄洪洞布置在表孔溢洪道两侧。泄洪洞底坡为3%，原掺气减蚀使用现有挑坎与槽相结合的形式，运行后出现泄洪洞底板空蚀破坏、掺气空腔大面积回水的问题。在修复工程中将原掺气减蚀设施拆除，并使用一种利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施。

[0029] 具体布置结构如图1-4所示，在水流空化数小于0.3的位置(距泄洪洞进口1000m)开始布设掺气减蚀设施，由过流底板和边墙构成，沿水流方向由依次相接的上游平直段1、凸曲线段2、凹曲线段3、下游平直段4构成，上游平直段、下游平直段分别与泄水建筑物上游底板、下游底板相接。考虑到运行最大水深为12m，凹曲线段底板采用圆心角为30°，曲率半径为96m(8倍水深)的圆弧型，与下游平直段底板相切衔接。凸曲线段底板为达到与上游底板和凹曲线段均相切的要求，圆心角取值14°，曲率半径为72m(6倍水深)。下游平直段的底板上水舌落点上游设置有用于阻挡回水的阻回水坎5，阻回水坎为楔形体，其上表面为与对应位置的水舌抛物线曲率相同(匹配)的弧面，其设置位置为使水舌落点在其末端底板上。凹曲线段对应的两侧边墙设置有与大气连通的通气孔。

[0030] 现场运行结果表明，利用水流向心力惯性挑流形成掺气空腔的掺气设施提高掺气效率，阻止空腔大面积回水，避免泄洪洞底板发生空蚀破坏。

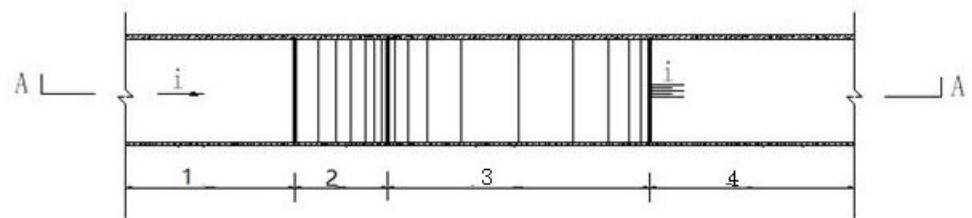


图1

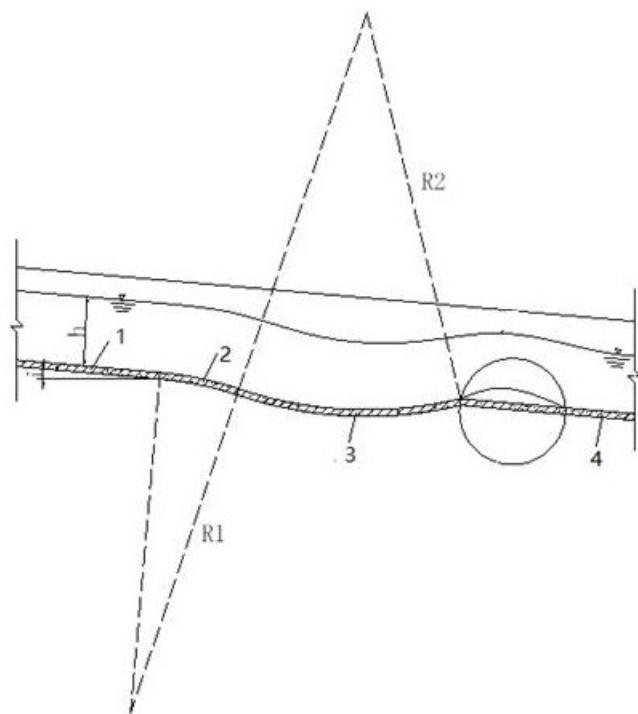


图2

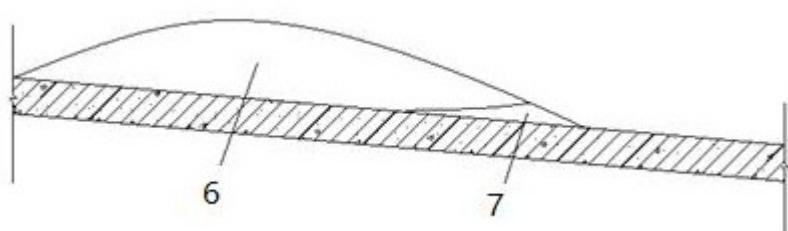


图3

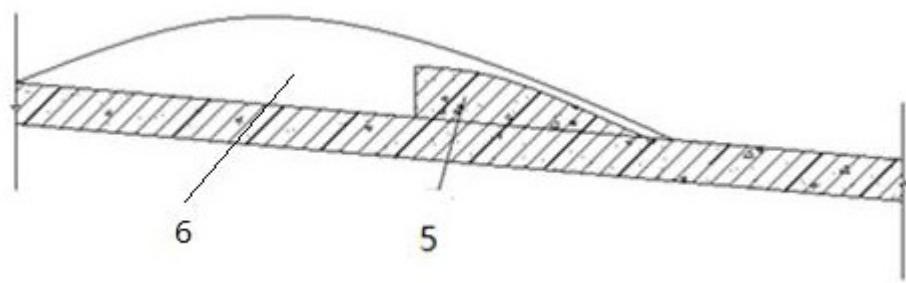


图4