(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113109528 B
(45)授权公告日 2022.05.13

(21)申请号 202110389126.2
(22)申请日 2021.04.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113109528 A
(43)申请公布日 2021.07.13
(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 冯镜洁 黄菊萍 李然 成晓龙 陈卓 李克锋 梁瑞峰
(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429
专利代理师 郭萍
(51)Int.Cl.
G01N 33/18(2006.01)

审查员 范美玲

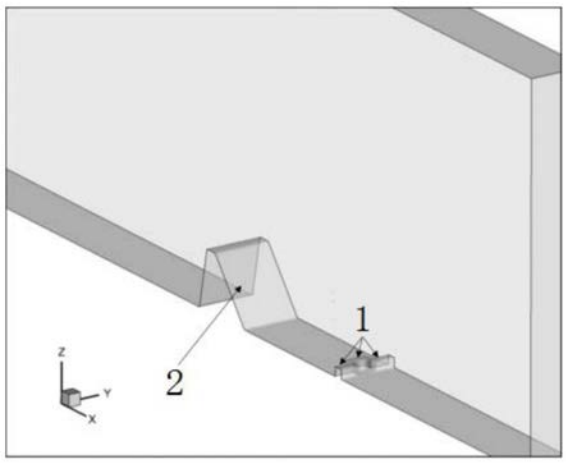
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种降低坝下水体溶解气体过饱和的工程措施

(57)摘要

本发明提供了一种减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施，在位于大坝下游的消力坎或二道坝的下游设置过饱和总溶解气体消减墩，过饱和总溶解气体消减墩设置在水流流出消力池或水垫塘后的底部高速水流区，本发明可使泄流时因紊动掺气生成的大量气泡在越过消能墩之后聚集在自由液面附近，有效地促进气泡向上运动进而减少气泡承压，并减少气泡在高压区域的滞留时间和增加气泡在低压强区域的滞留时间，导致气泡传质变小，从而减缓坝下水体总溶解气体过饱和程度。与现有技术设置偏流装置的方式相比，本发明所述工程措施的普适性更好，可行性更高，对减缓水坝泄水过饱和总溶解气体对鱼类影响、建设生态友好型水利工程具有重要的意义。



CN 113109528 B

1.一种减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施,其特征在于,在位于大坝下游的消力坎或二道坝的下游设置过饱和总溶解气体消减墩,过饱和总溶解气体消减墩设置在水流流出消力池或水垫塘后的底部高速水流区,通过过饱和总溶解气体消减墩将位于底部高速水流区的气泡提升至水体表层而减缓坝下水体总溶解气体过饱和程度;

过饱和总溶解气体消减墩至少设置2个,过饱和总溶解气体消减墩的布置方式为交错布置;过饱和总溶解气体消减墩的形状呈长方体或正方体;设置于大坝下游的消力坎的出口处的过饱和总溶解气体消减墩的高度为消力坎高度的0.1~1.0倍,设置于大坝下游的二道坝的下游的过饱和总溶解气体消减墩的高度为二道坝高度的0.1~1.0倍。

2.根据权利要求1所述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施,其特征在于,相邻过饱和总溶解气体消减墩之间的间距为过饱和总溶解气体消减墩宽度的0.5~1.5倍。

3.根据权利要求1所述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施,其特征在于,过饱和总溶解气体消减墩的高度与宽度之比为(0.5~1):1。

一种降低坝下水体溶解气体过饱和的工程措施

技术领域

[0001] 本发明属于水体溶解气体过饱和对生态环境影响技术领域，涉及减缓水体溶解气体过饱和的工程措施，更具体地，涉及一种减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程方法。

背景技术

[0002] 随着越来越多水坝的建成运行，泄水引起的水体总溶解气体过饱和问题受到了广泛关注。在水坝泄水过程中，大量的空气被卷吸进入坝下消力池或水垫塘底部，这部分气体在高压作用下在水中发生溶解，出现相对于大气压的总溶解气体过饱和的状态，过饱和总溶解气体会对水生生物，尤其是鱼类造成损伤，导致鱼类患气泡病甚至死亡，从而对水生生态环境造成破坏。

[0003] 气泡病是一种水生动物的非传染性、环境性疾病。总溶解气体(TDG，total dissolved gas)过饱和水体附着于鱼类的腮丝、背鳍、体表或进入血管中，当鱼类从高压区游到低压区，或从水温较低的地方游到水温较高的地方，受压力和温度变化的影响，气体的饱和溶解度降低，导致水中过量溶解的气体以气泡形式析出，并附着在鱼类体表、鱼鳍及鳃丝上，或者是进入血管形成气体栓塞。致使血管、心脏堵塞而导致鱼类损伤或死亡。研究表明，过饱和总溶解气体水体对鱼类的致病影响程度与总溶解气体饱和度有关。总溶解气体饱和度越高，鱼类的患病几率越大，患病程度也越严重。如何通过工程设施减缓坝下的总溶解气体的过饱和程度从而减缓甚至是避免泄水建筑物泄水对鱼类造成的不利影响，是本领域有待解决的技术问题之一。

[0004] 目前在国外，比较常见的减缓总溶解气体过饱和程度的工程设施是在溢洪道上设置偏流装置(Deflector)，下泄水流经过偏流装置后，水流的垂直动量转变为水平射流，可减少气泡向消力池深处的输移，从而避免了大量的水气质量的交换，达到减小过饱和总溶解气体生成的效果。偏流装置在国外的低水头电站得到了应用，但对于高水头电站而言，高坝通常采用的消能方式为挑能消能，挑流消能设施上并无溢流坝面，但偏流装置需安装在溢流坝面上，因而设置偏流装置的方式仅适合于采用底流消能的低水头水电站，无法应用于挑流消能的高坝泄水中。

[0005] 基于上述技术现状，若能设计出可应用于不同泄流消能方式大坝的减缓总溶解气体过饱和程度的工程措施，对于减缓大坝泄水形成的过饱和总溶解气体对鱼类影响、建设生态友好型水利工程具有特别重要的现实意义和理论价值。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施，以解决现有通过设置偏流装置来减缓坝下总溶解气体过饱和的方式无法适用于挑流消能的高水头坝的不足，拓展减缓总溶解气体过饱和的方法对采用各种方式进行泄流消能的大坝的适用性，从而减缓大坝泄水形成的过饱和总溶解气体对鱼类的不利影响，更好地保护鱼类资源。

[0007] 本发明的提出是基于本申请的发明人在研究过程中发现，在位于大坝下游的消力坎或者二道坝的下游的一定区域设置过饱和总溶解气体消减墩后，由紊动掺气生成的大量气泡在越过过饱和总溶解气体消减墩之后会聚集在自由液面附近，过饱和总溶解气体消减墩可有效促进气泡向上运动进而减少气泡承压，同时减少气泡在高压区域的滞留时间和增加气泡在低压强区域的滞留时间，导致气泡传质变小，从而可减缓坝下总溶解气体的生成，进而达到减缓坝下水体总溶解气体过饱和程度的作用。

[0008] 为实现上述发明目的，本发明采用的技术方案如下：

[0009] 本发明提供的减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施，是在位于大坝下游的消力坎或二道坝的下游设置过饱和总溶解气体消减墩，过饱和总溶解气体消减墩设置在水流流出消力池或水垫塘后的底部高速水流区，通过过饱和总溶解气体消减墩将位于底部高速水流区的气泡提升至水体表层而减缓坝下水体总溶解气体过饱和程度。

[0010] 上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，过饱和总溶解气体消减墩的尺寸、设置数量以及布置位置，与河道宽度及水流的底部高速区的范围相关。通常，过饱和总溶解气体消减墩至少设置2个。进一步地，过饱和总溶解气体消减墩的布置方式为并排布置或交错布置。更进一步地，相邻过饱和总溶解气体消减墩之间的间距为过饱和总溶解气体消减墩宽度的0.5～1.5倍。

[0011] 上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，总溶解气体消减墩的形状优选呈长方体或正方体，这两种形状的总溶解气体消减墩的防冲性能更好。

[0012] 上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，设置于大坝下游的消力坎的出口处的过饱和总溶解气体消减墩的高度为消力坎高度的0.1～1.0倍，设置于大坝下游的二道坝的下游的过饱和总溶解气体消减墩的高度为二道坝高度的0.1～1.0倍。进一步地，过饱和总溶解气体消减墩的高度与宽度之比为(0.5～1):1。

[0013] 上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，所述总溶解气体消减墩的宽度是指过饱和总溶解气体消减墩在垂直于水流方向的尺寸，过饱和总溶解气体消减墩的厚度是指过饱和总溶解气体消减墩在于水流方向一致的方向的尺寸。在布置过饱和总溶解气体消减墩时，应使过饱和总溶解气体消减墩的宽度方向垂直于水流方向。

[0014] 上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，在过饱和总溶解气体消减墩的高度与宽度满足上述要求的基础上，过饱和总溶解气体消减墩的厚度，通常只需要满足过饱和总溶解气体消减墩的强度要求即可，没有其他特别的要求和限制。

[0015] 在大坝泄水的时候，在消力池或者水垫塘里面，由于受到下泄水流的冲击，会在消力池或者水垫塘的底部形成一个高速水流区，通常会在经过消力池后的消力坎、或者是水垫塘后的二道坝的消能后的一段距离内，水体底部的流速才会慢慢变小。因此，上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，所述的消力池或水垫塘后的底部高速水流区，是指经过消力坎或二道坝的消能后，水体底部仍然处于高速水流状态的区域。

[0016] 上述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施的技术方案中，底部高速水流区的位置及范围一般可通过数值模拟手段确定，即采用本领域常用的数值模拟软件(例如OpenFoam、Fluent等)先计算出流场，然后确定高速水流区的位置及范围，在数值模拟时采用的模拟条件，例如流量、泄流水消能设施的尺寸、河道尺寸等与实际工程是一致的。

[0017] 与现有技术相比，本发明提供的技术方案可以产生以下有益的技术效果：

[0018] 1.本发明提供的减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施(工程方法),由于是将过饱和总溶解气体消减墩设置于消力坎或二道坝的下游,使其位于水流流出消力池或水垫塘后的底部高速水流区中,通过过饱和总溶解气体消减墩将位于底部高速水流区的气泡提升至水体表层而减缓坝下水体总溶解气体过饱和,因而本发明的方法不受泄流消能工程的形式的限定,这使得本发明的方法适用于各种泄流消能工程,不仅可用于对低水头坝,也可用于对高水头坝进行过饱和溶解气体的消减,从而减缓水坝泄水过饱和总溶解气体对鱼类的不利影响,更好地保护鱼类资源。相对于现有通过设置偏流装置来减缓坝下总溶解气体过饱和的方式,本发明所述方法的普适性更好,可行性更高。

[0019] 2.本发明通过实验证实,通过在二道坝下游设置过饱和总溶解气体消减墩后,气泡跟随水流向下游流动时在经过过饱和总溶解气体消减墩后向上浮动,相对于未设置过饱和总溶解气体消减墩的情况,坝下气泡更集中在自由液面处,同时,在设置了过饱和总溶解气体消能墩后,二道坝下游区域的水体的总溶解气体饱和度相对于未设置的情况得到了有效的降低。

附图说明

[0020] 图1是实施例1在二道坝下游设置过饱和总溶解气体消减墩的示意图,图中,1—过饱和总溶解气体消减墩、2—二道坝。

[0021] 图2是实施例1和对比例1在设置((A)图)和未设置((B)图)过饱和总溶解气体消减墩工况下的坝下水体的掺气浓度分布图。

[0022] 图3是实施例1和对比例1在设置((A)图)和未设置((B)图)过饱和总溶解气体消减墩工况下的坝下水体过饱和总溶解气体分布图。

具体实施方式

[0023] 以下结合附图并结合实施例对本发明所述减缓坝下水体总溶解气体过饱和的工程措施作进一步的说明,以下所描述实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的发明内容和实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所得到的其他实施方式,仍然属于本发明所保护的范围。

[0024] 实施例1

[0025] 本实施例中,以大渡河大岗山电站为例来说明本发明提供的减缓坝下水体总溶解气体过饱和的方法,并通过数值模拟技术来说明本发明的方法对坝下水体总溶解气体过饱和的减缓效果。

[0026] 大岗山水电站位于四川省大渡河中游,上游与硬梁包水电站衔接,下游与龙头石水电站衔接。工程任务主要为发电,兼顾防洪。挡水建筑物采用混凝土抛物线双曲拱坝,最大坝高为210.0m,电站总装机容量为2600MW(4×650MW)。引水发电建筑物布置于左岸,厂房为地下式厂房。泄水建筑物由坝身4个深孔和右岸1条开敞式进口无压泄洪洞组成,深孔宽6m,高6.6m,出口采用挑流消能。坝下设水垫塘和二道坝,水垫塘的中心线与拱坝的中心线重合,水垫塘末端设置二道坝,二道坝为重力坝型式,坝顶宽7.0m,最大坝高37.0m。

[0027] 本实施例中,在二道坝2下游设置三个过饱和总溶解气体消减墩1,三个过饱和总溶解气体消减墩分两排交错设置于底部高速水流区,高速水流区的位置范围通过数值模拟

手段确定，即采用本领域常用的数值模拟软件OpenFoam或者Fluent先计算出流场，然后确定高速水流区的位置范围，在数值模拟时采用的流量、泄流水消能设施的尺寸、河道尺寸等模拟条件与实际工程是一致的。具体的布置方式如图1所示，过饱和总溶解气体消减墩的形状呈长方体，尺寸均为均为5m(高)×2m(厚)×5m(宽)，前后两排总溶解气体消减墩之间的距离为2m，第二排中相邻过饱和总溶解气体消减墩之间的距离也为2m。

[0028] 对比例1

[0029] 本对比例与实施例1的区别仅在于未在二道坝下游设置过饱和总溶解气体消减墩。

[0030] 通过数值模拟研究手段模拟实施例1和对比例1工况下的坝下水体的掺气浓度分布情况，数值模拟时采用的流量、泄流水消能设施的尺寸、河道尺寸等模拟条件与实际工程是一致的，比较设置和未设置过饱和总溶解气体消减墩的情况下的坝下水体总溶解气体的饱和度。

[0031] 实施例1和对比例1在设置和未设置过饱和总溶解气体消减墩工况下的坝下水体的掺气浓度分布如图2所示。由图2可知，实施例1在设置过饱和总溶解气体消减墩后，气泡跟随水流向下游流动时在经过过饱和总溶解气体消减墩后向上浮动，相对于对比例1，实施例1中坝下气泡更集中在自由液面处。

[0032] 实施例1和对比例1在设置和未设置过饱和总溶解气体消减墩工况下的坝下水体过饱和总溶解气体分布图如图3所示。由图3可知，实施例1在设置过饱和总溶解气体消减墩后，由于气泡受到过饱和总溶解气体消减墩的作用而上浮，受压强的影响，自由液面处的总溶解气体有效饱和溶解度较小，因此发生的气泡传质也较小，从而导致坝下总溶解气体饱和度的减小，在二道坝下游区域，实施例1的总溶解气体饱和度低于对比例1的总溶解气体饱和度。在大坝坝下500m处的计算区域末端断面，实施例1和对比例1的总溶解气体饱和度分别为120.9％和134.0％，也就是说，相对于对比例1，实施例1在二道坝下游设置总溶解气体消减墩之后，在大坝坝下500m之内，水体中的总溶解气体饱和度降低了13.1％，对于本领域而言，这是非常显著的差异。

[0033] 以上数值模拟计算结果表明在二道坝下游设置过饱和总溶解气体消减墩可有效地促进气泡向上运动从而减缓坝下水体总溶解气体过饱程度。

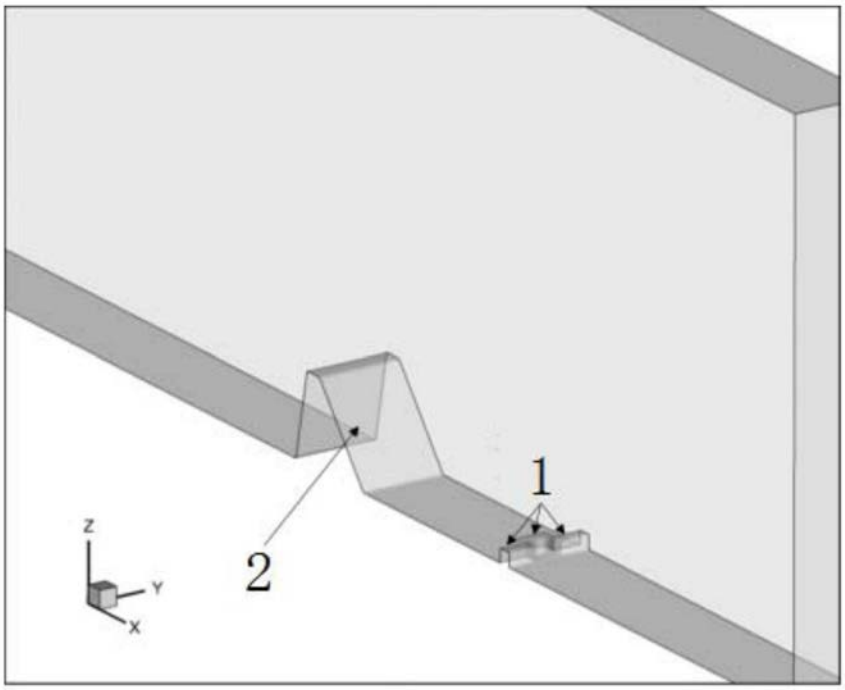


图1

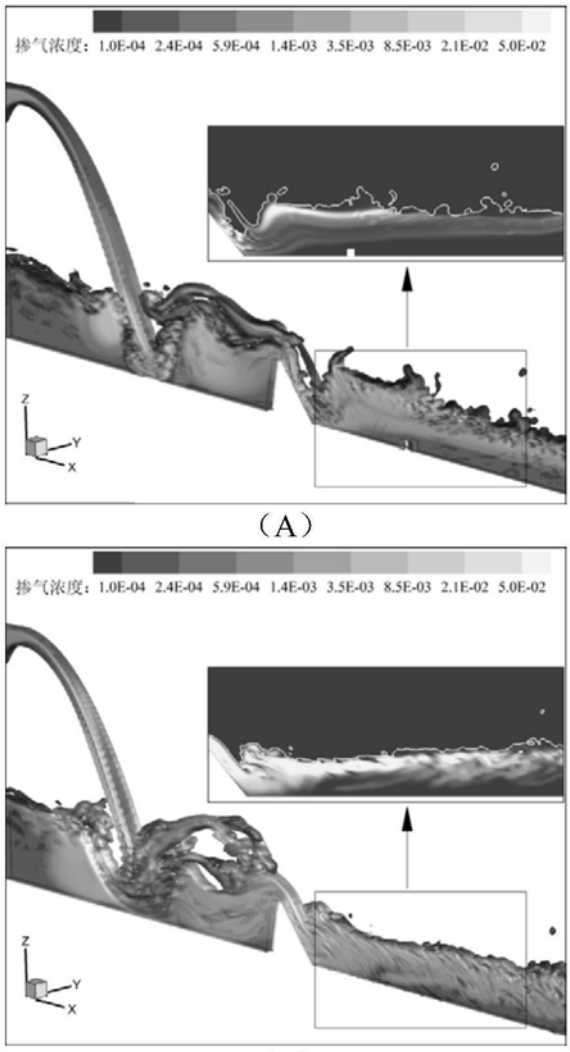
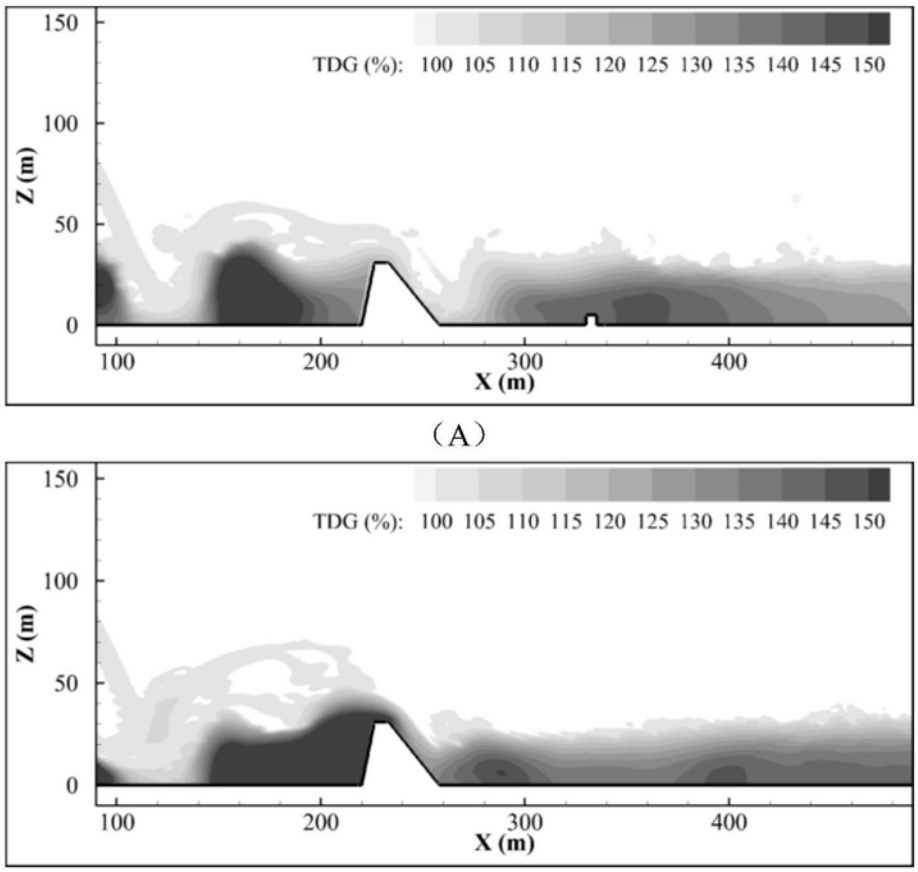

掺气浓度：1.0E-04 2.4E-04 5.9E-04 1.4E-03 3.5E-03 8.5E-03 2.1E-02 5.0E-02
Z
Y
X
（A）
掺气浓度：1.0E-04 2.4E-04 5.9E-04 1.4E-03 3.5E-03 8.5E-03 2.1E-02 5.0E-02
Z
Y
X
（B）

图2


TDG (%): 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150
Z (m)
X (m)
150
100
50
0
100
200
300
400

（A）

（B）

图3