

某水电站泄洪隧洞闸室通风降噪研究

汪旭

(重庆市水利电力建筑勘测设计研究院, 重庆 401120)

摘要:针对某水电站泄洪洞通风洞洞口及工作门启闭机室噪音较大的问题,笔者研究并提出了有效的解决方案。通过在原通风洞内增设一定高度的阻塞体,减小了通风洞内的风速及风量,从而实现了降低噪音的目的,但是,增设阻塞体对洞顶通气井的风速及风量影响较小;通过在闸室左侧增设通气平洞,泄洪洞总通风量得到了有效的增加,但是原通风洞的风速变化不明显,即增加通气平洞不能降低原通风洞风速及风量;同步增设阻塞体以及通气平洞,在减小原通风洞风速的同时又通过新建通气平洞补偿了由于原通风洞增加阻塞体而减小的风量。

关键词:通风洞;降噪;风速;通风量

中图分类号:TV7;TV651.3;TU834.3+6

文献标识码:A

文章编号:1001-2184(2016)02-0102-03

0 引言

无压泄洪洞在水电工程中占有很大的比重,由于泄洪洞洞身处于山体内部,泄洪时水面以上所谓洞顶余幅将充满空气并随着其下水体的流动而进行,当出现供气不足时,可能引起水面剧烈波动,从而对洞身造成不可预估的危害,这就使得通气设施的合理设计与修建变得极为重要。同时,不合理的通气设施体型,可能造成洞内风速过大,从而引发噪音的问题^[1,2,3,4]。

某水电站由于右岸泄洪洞工作闸室前段为有压洞身,并且工作水头较大,闸室弧门位置处水流流速最大可达到 39 m/s,如此大的流速,在进入无压段后水面上部的携气量非常大。右岸泄洪洞原设计在无压段洞身弧形顶盖上沿程布设三个内径 $D=2.0$ m 的通气井,通风井相同位置洞身底板分别设置有三级掺气坎,掺气坎通过通气竖井与水面以上位置相连,同时在闸室右侧布设 6.0 m \times 6.0 m (宽 \times 高) 的通风洞以保证泄洪洞洞身以及底板掺气空腔的需气量。

在实际运行过程中发现,工作门室通风洞风速非常大,进洞口 5 m 处实测最大风速 102 m/s, 30 m 处实测最大风速 87 m/s;通风洞洞口及工作门启闭机室噪音较大,其中通风洞洞口为 100 分贝,工作门启闭室内为 105 分贝,严重影响工作人员的工作和生活环境。

笔者针对该水电站右岸泄洪洞通风洞洞口及

工作门启闭机室噪音较大的问题,试验了多种解决方案,通过对比研究各通气设施内的风速与携气量的变化规律,找到了有效的通风减噪途径。

1 模型试验

本试验采用 1:25 的正态模型,模型泄水建筑物均采用透明有机玻璃制作,使流态清晰可见,便于观察。根据设计给定的混凝土衬砌表面糙率是 $n=0.014$,而沿程阻力相似所要求的模型糙率应为 0.008 2。根据大量模型试验,有机玻璃制作的模型糙率约为 0.007 9 ~ 0.008 1,两者满足糙率合集基本相似。在模型制作过程中,平面误差控制在 2 mm 以内,高程误差控制在 0.5 mm 以内,以保证模型和原型的几何相似。试验过程中风速测量采用 DT-8880 型热敏式风速仪,测量精度为 0.1 m/s,模型布置见图 1。

针对原通风洞洞口及工作门启闭机室噪音较大的问题,笔者设计了几种试验方案,分别测量了库水位 765 m (工作水头 72.643 m) 下各通气设施的风速并计算其通风量,详细方案设计见表 1。其中阻塞方案在原通风洞上游段设置不同高度的阻塞体以实现增加风阻、减小风量的目的,阻塞体顺风方向长 10 m,宽与通风洞等宽(6 m);通气平洞方案在闸室左侧增设通风平洞,其后与直径为 5 m 的通风竖井相连,同时原通风洞设置不同高度的阻塞体。

2 试验结果分析

各方案下泄洪洞沿程 3 个洞顶通气井的通风

收稿日期:2016-02-16

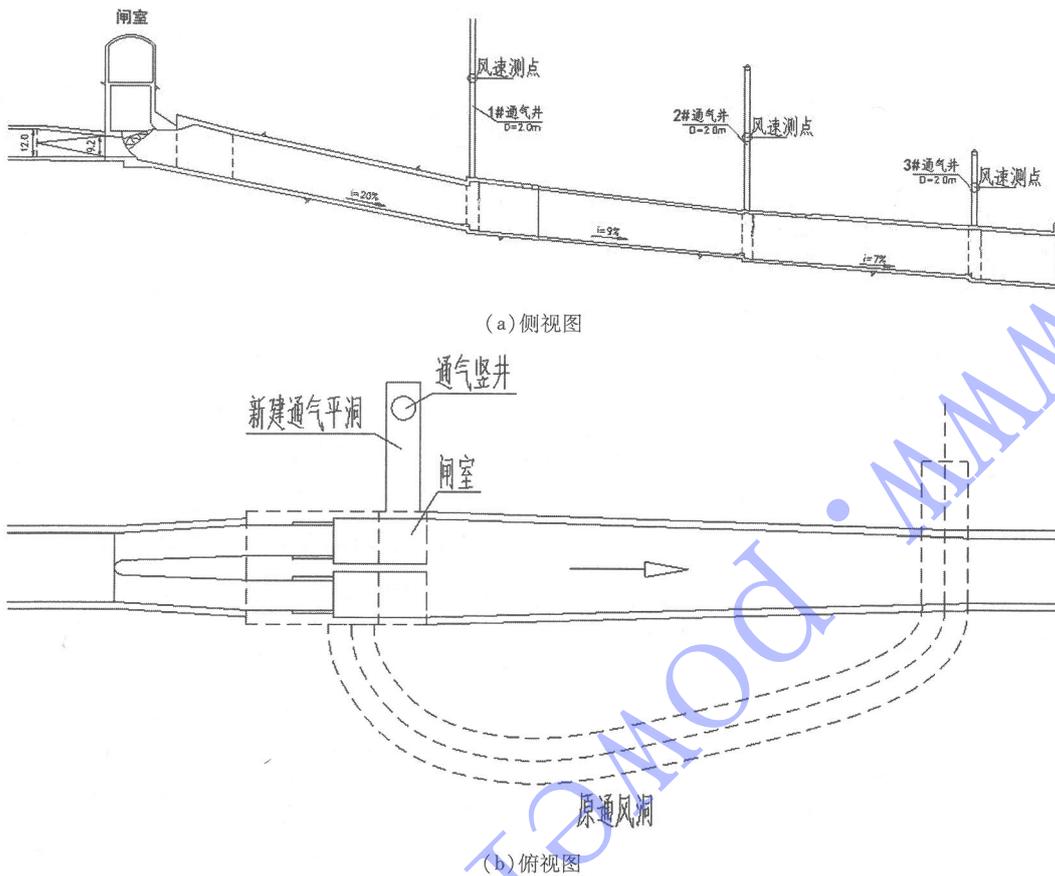


图 1 试验模型布置图

表 1 试验方案表

方案编号	方案内容	
1	原方案	无阻塞
2	阻塞体方案	阻塞体高度 3 m
3		阻塞体高度 4 m
4		阻塞体高度 4.5 m
5	无阻塞体	
6	通气平洞方案	阻塞体高度 3.25 m
7		阻塞体高度 4.5 m

量变化见图 2, 可以看到, 所有方案下 2# 通气井均具有最大的通风量, 1# 通气井次之, 3# 通气井最小。这是由于 1# 通气井位置处水流流速比 2# 通气井位置处水流流速小, 而流速越大, 其携气能力就越强, 故而 2# 通气井的通风量要大于 1#; 3# 通气井位置处的水流流速明显大于 1# 及 2# 通气井位置处水流流速, 依照前述理论, 那么, 该处通气井的通风量应该是三者当中最大的, 但是, 由于 3# 通气井位于泄洪洞出口位置附近, 外界大气可通过洞顶余幅向洞内进行逆向补气, 故而 3# 通气井位置处虽然具有最大的水流流速, 反而其通风量却最小。

另外可以看到, 各方案下各个洞顶通气井的通风量变化均相对较小, 这是由于不论是在原通风洞洞内增设阻塞体还是在闸室左侧增设补气平洞, 其对于沿程洞顶通气井的影响都比较小, 并且相对于整个洞室的需气量来讲, 通气井的风量占比相对较小。

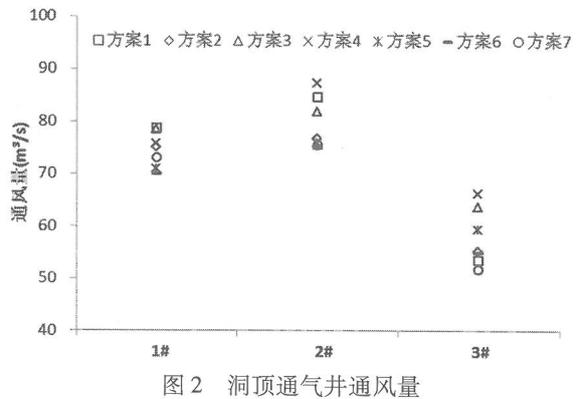


图 2 洞顶通气井通风量

在不同方案下, 原通风洞及泄洪洞总通风量变化见图 3, 可以看到, 阻塞体高度低于 3 m (即一半洞高) 时, 阻塞体几乎无减小风量的作用; 阻塞体高度为 4 m 时, 与无阻塞体相比, 总通风量略有

减小但不显著,阻塞体高度为 4.5 m 时的总通风量为无阻塞体时的 70%,通风洞平均风速减小明显,为无阻塞体时的 60% (由 22 m/s 减弱为 13 m/s),这表明阻塞体方案可有效降低通风洞风速及通风量。

新增通风井(方案 5)后,泄洪洞总通风量增加了 17%~30%,但原通风洞的风速及风量变化不明显,即增加通风井不能显著降低原通风洞风速及风量,但却可以有效增加整个泄洪洞的总通风量。

方案 6 与方案 7 的对比进一步验证了在原通风洞内增设阻塞体以减小其内部风速及风量的合理性;并且通过与方案 5 的对比可以发现,同步增设补气平洞以及阻塞体,依然可以发现与前述相似的规律,即补气平洞的增加对于增设阻塞体后的原通风洞的风速及风量的影响依旧较小;同时增设补气平洞以及 4.5 m 阻塞体(方案 7)后原通风洞平均风速为 14.5 m/s,与不设通风井时(13.1 m/s)差别不大,但总通风量增大了 79% (由 701 m³/s 增加到 1 254 m³/s)。所以,增设阻塞体后的原通风洞实现了风速与风量的大幅减小,但却很大程度上减小了泄洪洞的总通风量,而闸室左侧的新增补气平洞不仅补偿了由于阻塞体的增加减小的风量,并且相对于原方案(方案 1)大幅提高了洞内总通风量,故而将方案 7 作为该水电站泄洪洞通风洞洞口及工作门启闭机室噪音较大问题的合理解决方案是可行的。

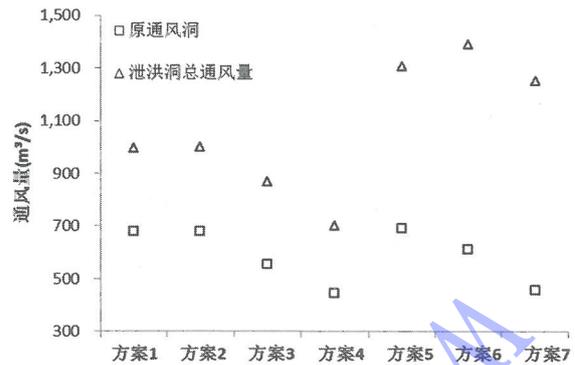


图 3 原通风洞通风量及泄洪洞总通风量

表 2 为同时增设补气平洞及 4.5 m 高阻塞体时不同库水位下各通气设施内风速及风量,从中可以看到,随着库区水位的增加,各通气设施的风速及泄洪洞总通风量均呈增大趋势,这是由于随着工作水头的增加,洞内流速亦随之增大,从而增强了水体的携气能力^[5,6,7];但是,泄洪洞沿程 3 个洞顶补气洞的风速及通风量变化依然较小。分析认为,出现该现象的主要原因是通气井的内径限制了其过流能力,这就使得通风井两侧需要具有很大的压力梯度(一侧为大气压,另一侧连接泄洪洞洞顶,故而需要洞顶段具有足够小的压强)才能进一步大幅增加其通风量,但是,由于闸室两侧的原通风洞及新建的补气平洞的存在,这二者能够较好地泄洪洞整个洞室提供良好的通风条件,故而在通风井连接洞顶处没有形成极小风压的条件,也就不能大幅增加其通风量。

表 2 方案 7 不同库水位下各通气设施风速(m/s)及通风量(m³/s)

通气设施	库水位 765 m		库水位 785 m		库水位 810.92 m	
	风速	通风量	风速	通风量	风速	通风量
原通风洞		482.50		582.94		760.64
新建补气平洞	12.73	556.24	14.95	711.05	19.67	806.32
1#通气井	27.10	76.94	34.93	82.67	37.27	81.33
2#通气井	23.30	80.22	25.80	86.24	25.30	98.90
3#通气井	24.00	57.80	27.00	66.70	31.50	63.01
泄洪洞总通风量	16.50	1 253.70	21.30	1 529.60	17.50	1 810.20

3 结 论

笔者针对某水电站泄洪洞通风洞进口及工作门启闭机室噪音较大的问题,提出了多种解决方案,通过试验对比验证,优选出合理有效的解决方案,并得出如下结论:

(1) 通过原通风洞洞内上游段增设一定尺寸的阻塞体,能够实现通风洞洞内风速及风量的

显著减小。较低的阻塞体不能够减小洞内风速及通风量,当阻塞体高度达到整个通风洞洞高约 75% 时,通风洞平均风速减小明显,为无阻塞体时的 60% (由 22 m/s 减弱为 13 m/s)。

(2) 阻塞体的增加对泄洪洞沿程洞顶的通气井内风速及通风量影响较弱。

(下转第 111 页)

表6 调整后的瓦温表

部位	数值 / μm
上导 X	145
上导 Y	156
下导 X	105
下导 Y	110
水导 X	70
水导 Y	65
上机架水平振动	9
下机架垂直振动	2
下机架水平振动	7
下机架垂直振动	3
顶盖垂直振动	3

5. 结 语

机组运行过程突发事故,为了尽快恢复机组正常发电,往往需要采取非常规手段进行镜板水平和轴线的调整。如果机组运行过程中轴线发生变化,可能会造成抢修过程无法盘车。实践证明,

(上接第 101 页)

级洪水对下游河道的冲刷不会危及泄水建筑物的安全。

6 结 语

额勒赛上电站溢洪道落差大,流速高,泄洪消能问题突出。为此在可研阶段对溢洪道布置进行了深入研究,结合水工模型试验报告对消能防冲和各级洪水泄洪建筑物的运行方式进行了多方案

(上接第 104 页)

(3) 在闸室左侧增加通气平洞不能降低原通风洞风速及风量。

(4) 由于原通风洞增设阻塞体的缘故,虽然实现了洞内风速的大幅减小,但泄洪洞内总通气量将急剧降低,而闸室左侧新建的补气平洞能够对该部分损失的风量进行良好的补偿,并且泄洪洞内总通气量大幅超过原来的初始方案。

参考文献:

[1] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程钢闸门设计规范[S]. SL74-95, 1995.
 [2] 高又生. 明流管道通气量分析[C]. 水利水电科学研究院研究论文集, 第3集(水工), 1963.
 [3] 陕西省水利科学研究所. 深水闸门后通气问题的初步分析[J]. 陕西水利, 1976, 02: 64-73.

镜板背面水平变形大造成测量出的水平值与实际值差别大,往往令处理人员无从下手。采取推中心和旋转法相结合的方法,可以精确地判断出镜板工作面的水平度状态,并且解决因水导摆度过大造成转轮擦碰使镜板水平值无法判断的情况。因此,旋转法测量出的数据可以作为镜板水平精调的依据,只要主轴处于自由状态,推中心前后在推力头顶部测量出的相对水平值基本没有变化,故而,在机组抢修时完全可以应用此方法快速找出镜板的真实水平值,为机组检修的下一步提供有力的数据支撑。

作者简介:

谢建国(1974-),男,工程师,现于华电四川宝珠寺水力发电厂从事水电厂机械检修、生产技术管理工作。

(责任编辑:卓政昌)

比较,设计了适合该工程的分槽泄洪,中孔和右孔用连续斜鼻坎,左孔消能工应使水舌尽量向左扩散,避免水舌中右侧与左孔水舌左侧叠加,有效地解决了消能问题。

作者简介:

刘文胜(1986-),男,湖南衡阳人,毕业于中国农业大学农业水利工程专业,工程师,现于中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司从事水利水电工程坝工专业设计工作。

(责任编辑:卓政昌)

[4] 黄文杰. 泄洪管道高压闸门后需气量原型规律的研究[D]. 北京:华北水利水电学院, 1982.
 [5] 韩立. 闸后泄水管道通气量计算问题研究综述[J]. 水资源与水工程学报, 1990, 02: 1-10.
 [6] W Delapp, KR Kennison, RT Knapp etc. Entrainment of Air in Flowing Water: A Symposium: Closed Conduit Flow [J]. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 1943, 108(1): 1435-1447.
 [7] Campbell F B, Guyton B. Air demand in gated outlet works [C]. Proceedings: Minnesota International Hydraulic Convention. ASCE, 1953: 529-533.

作者简介:

汪旭(1988-),男,汉族,重庆市人,毕业于四川大学水力学及河流动力学专业,助理工程师。

(责任编辑:卓政昌)