

斜卡水电站尾水噪声的治理研究与实践

王安荣

(四川久隆水电开发有限公司,四川成都 610041)

摘要:冲击式水轮机尾水噪声超标是人们普遍关注的问题,国内从事水电站设计、制造及运行单位均没有较好的解决方案。经过一系列研究、咨询,设计了一套由底部过流隔声挡墙、吸隔声罩和通风式消声器组合的全封闭式噪声治理方案,在斜卡水电站中的应用取得了较好的效果,介绍了研究过程。

关键词:斜卡水电站;噪声;治理

中图分类号:TV7;TV52;TV737

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0035-03

1 概述

斜卡水电站位于四川省甘孜州九龙县境内,装设三台单机容量为45 MW的冲击式水轮发电机组,额定水头447 m。笔者主要从冲击式水轮机尾水噪声特性、噪声治理研究、噪声治理方案设计与实施、噪声治理效果等几方面阐述了斜卡水电站尾水噪声治理采取的方案和取得的效果。

2 冲击式水轮机尾水噪声具有的特性

2.1 冲击式水轮机尾水噪声源及传递

冲击式水轮机运行时水流流态复杂多样,产生了大量噪声,产生噪声的主要过程有:①运行时水流经过流部件喷嘴高速射出冲击转轮,带动机组旋转。②停机时折向器投入,水流冲击折向器折向后形成紊流冲击喷嘴挡水板及机坑里衬壁。③制动反喷投入,反喷水流冲击转轮水斗背面,水流折射后冲击其他部件。④开停机及运行过程中水流之间互相撞击。⑤水流中的气泡在临界条件下溃灭而冲击转轮。

斜卡水电站的尾水从尾水涵洞经尾水渠排至下游河道,尾水涵洞兼有尾水过流及补气功能,顶部设计有转轮补气通道,尾水涵洞顶部及尾水渠未设计阻挡物,尾水噪声从尾水涵洞补气通道及尾水渠传递出,尾水噪声传递通道畅通,厂界噪声较大。

2.2 噪声特性及产生的影响

(1) 噪声特性。

技术人员在不同区域对斜卡水电站尾水噪声进行了测量,发现开停机过程与带负荷运行时尾

水噪声测值不同。噪声频率在某一范围固定且分布较宽,主要体现在中、低频段,该频段噪声具有波长长、衰减缓慢、穿透力强、传输距离远的特点。

斜卡水电站尾水噪声实测数据见表1,测试结果显示:斜卡水电站尾水噪声超出国家对工业厂界噪声的规定值,电站厂区执行国标GB3096-2008《声环境质量标准》中的2类标准:白天 ≤ 60 dB(A),夜间 ≤ 50 dB(A)。

表1 尾水噪声及频率(尾水渠出口测值)表

序号	工况	强度测值/dB	频率测值/Hz
1	带负荷	75	125~1 000
2	开停机	95	

(2) 噪声产生的危害。

斜卡水电站尾水噪声对厂房右侧及下游侧约300 m区域内有较大影响,而该区域有电站生产人员生活区及村民居住区。长时间处于噪声环境,人的视觉系统、听觉系统、神经系统等将被损伤。因此,需要研究可行方案对斜卡水电站尾水噪声进行治理,彻底解决斜卡水电站尾水噪声污染,避免人员遭受噪声伤害。

3 斜卡水电站尾水噪声的治理研究

鉴于冲击式水轮机工作原理特性,斜卡水电站的尾水噪声源不能消除,若要解决尾水噪声问题,只能从尾水噪声的传播途径着手研究并设计降噪方案。在尾水噪声传播途径中,设计封闭的阻挡结构、利用噪声波束发散、吸收、反射、散射等原理降噪,将噪声阻挡封闭在密闭结构中消耗掉,其主要设计依据为:

(1) 隔声原理。

声音在空气中传播时遇到屏障会产生绕射、

透射以及反射现象,采用隔声屏障治理噪声,受声点接受到的噪声就仅仅是透射后的声量,主要隔声量计算公式有单层隔板以及双层隔板两种。为了保证治理方案取得更好的效果,采用双层隔板计算公式:

$$R = 16 \log[(M1 + M2)f]M - 30 + \Delta R$$

式中 ΔR 为双层隔板之间附加空气隔声量; M 为隔板质量; $M1$ 与 $M2$ 为隔板的面密度, kg/m^2 ; f 为隔板频率; R 为隔声量。

(2)阻性消声原理。

阻性消声是利用声波在多孔性吸声材料或吸声结构中传播,因摩擦将声能转化为热能而散发掉,从而使沿通道传播的噪声随距离而衰减,进而达到消声的目的。按该原理设计的消声隔板对中、高频段声波的噪声降噪效果好。

消声量 $\varphi(\alpha_0)$ 计算公式为:

$$\Delta L = \frac{\varphi(\alpha_0) \cdot P}{S}$$

$$\varphi(\alpha_0) = \frac{3.43(1 - \sqrt{1 - \alpha_0})}{1 - \sqrt{1 + \alpha_0}}$$

式中 ΔL 为消声量; α_0 为常数,由平面波、入射波和反射波形成的极大声压 P_{max} 和极小声压 P_{min} 推导出; S 为通风通道面积; P 为声压强度。

(3)阻尼降噪原理。

阻尼是指耗损振动能量的能力,可将声波振动的能量转变成热能或可耗损的能量,从而达到减振降噪的目的。在隔声背板上涂特殊配比的阻尼材料能有效增加隔声结构的内阻尼,此类隔板对低频噪声降噪效果好。

4 方案的设计及实践

4.1 简单阻挡式降噪

在斜卡水电站尾水涵洞出口以及补气管出口设置了隔声挡板,应用隔声原理治理尾水噪声,方案实施后(图 1),机组在运行时外界噪声依然较大,发现仅采用隔声挡板治理噪声的方案存在一定的局限性,主要存在的问题:①噪声治理有一定效果,尾水噪声有所减弱,但尾水噪声仍然超标。②尾水水位高时,尾水面与隔声板下部基本齐平,此时尾水渠形成一定范围的密闭空间,降噪效果较好;但隔声板不能完全与水面持平,必须预留一定的间隙补气,部分噪声通过挡板与水面间隙传递至外界。③尾水水位低时,隔声挡板无法随尾

水位变化升降,尾水面与挡板之间存在较大的间隙,噪声传输通道畅通,无降噪效果。④补气管隔声挡板不能完全封闭,挡板底部必须留空用于转轮室补气,部分噪声通过补气管传递至外界。

综上所述,仅用隔声挡板治理斜卡水电站尾水噪声在高尾水位时有明显的效果,但在低尾水位时无降噪效果。因此,简单阻挡式降噪方案工程实践效果较差。

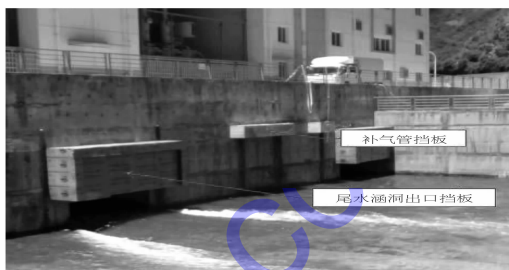


图 1 隔声挡板布置图

4.2 全封闭式降噪

笔者在总结了隔声挡板治理噪声实践经验后分析认为:噪声治理方案应具备将尾水噪声全部封闭在一定空间内并消耗掉、形成固定的密闭空间,密闭空间不受其他因素影响且各密闭部件具有降噪功能。该方案重点考虑尾水流态不被干扰及转轮室补气量足够,所设计的全封闭式隔声屏障治理斜卡水电站尾水噪声方案(图 2)的主要结构有底部过流隔声挡墙、顶部双层吸隔声罩及通风式消声器等部件。

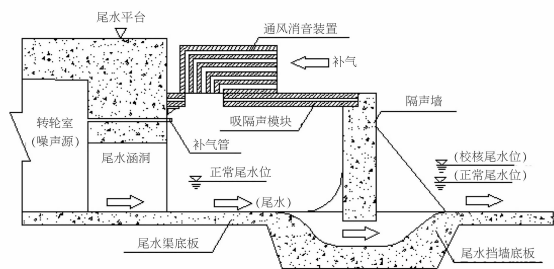


图 2 全封闭式降噪方案示意图

(1)底部过流隔声挡墙。

在距尾水平台下游侧 8 m 处设计了一个底部过流隔声挡墙(图 3),挡墙设计要求如下:①挡墙有足够的过流能力且不对机组尾水流态形成干扰,不改变机组尾水在挡墙上游侧的流态;尾水挡墙设计有底部过流 U 型槽 6 个,设计过流量为 $40 \text{ m}^3/\text{s}$,大于机组最大引用流量 $36 \text{ m}^3/\text{s}$ 。②隔声挡

墙必须有完整的密封性,挡墙“凹型”槽顶部低于尾水渠底板 20 cm,以保证在任何工况下机组尾水位均高于挡墙过流通道顶端,自动形成密闭空间。③挡墙具备较强的工程力学稳定性能,在任何工况下不会产生变形及位移,进而保证整个围护结构的稳定性。

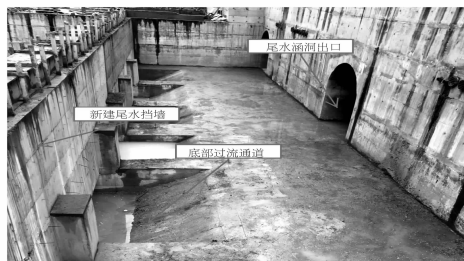


图3 底部过流挡墙示意图

(2) 吸隔声罩。

在挡墙与原尾水平台之间设计了吸隔声罩,吸隔声罩必须具备出色的降噪性能,吸隔声罩预留通风补气通道接口:①隔声屏障顶部采用通用吸隔声模块现场拼装而成,模块底部由均布的 13 根 H 型钢承重,四周用砖砌体加混凝土抹面密封。除在通风消声器接口处预留开口外,形成密闭空间。②吸隔声模块选用 CS/XP-100 型,模块为三层结构,外层由镀锌钢板、低频阻尼板和隔声板组成,中间层为憎水玻璃棉和无碱玻纤布,内层为镀锌钢骨架和吸声钢孔板,模块等效吸隔声量大于 35 dB(A)。③模块与承重型钢搭接处、模块与密封砖墙、模块与模块接口处均用密封垫及密封胶进行填补,以保证其完全密封,确保隔声效果。

(3) 通风式消声器。

若要保证机组尾水流态不被干扰且转轮室有足够的补气量,就不能将尾水渠完全封闭,因此,所设计采用的通风式消声器(图4)具有较强的降噪能力并具备通风能力,能满足机组转轮室的补气需求:①通风消声器设计并布置在隔声罩上,一端与隔声罩上的预留接口相连,另一端与隔声罩外的大气相通,形成补气通道。②消声器外框仍由吸隔声模块拼装而成,内部顺通风方向纵向间隔均布消声片,消声片正反两面为镀锌钢孔板,内部为钢骨架和由玻纤布包裹的憎水玻璃棉,等效降噪量大于 40 dB(A)。③通风式消声器长 4.5 m,进口断面为 12 m²,净通风断面为 6 m²,补气量

为 50 m³/s,远大于 3 台机组运行时的最大补气量 8 m³/s。



图4 通风式消声器示意图

5 治理效果

治理工程实施后,实测斜卡水电站尾水噪声情况如表 2 所示。

表2 治理后的实测数据表

序号	负荷	背景值	监测值
1	40 MW	49.2 dB	49.5 dB
2	5 MW	49.2 dB	50 dB
3	停机中	51 dB	52.5 dB

根据现场感受以及对实测数据进行分析得知:采用全封闭降噪方案后斜卡水电站尾水噪声较小,运行时噪声测值为 40~44.5 dB,停机时尾水噪声值为 47~49 dB,低于国家厂界噪声二类声环境标准。运行一年时间后,对斜卡水电站水轮机转轮、转轮室里衬壁进行检查,未发现异常气蚀现象,证明通风式消声器的补气量满足斜卡水电站机组各种工况下的运行需求。

6 结语

在斜卡水电站尾水噪声治理实践中,不断优化设计方案,采用全封闭式降噪方案,机组运行时机组尾水流态未改变,转轮室补气正常,机组转轮等部件无异常。实测斜卡水电站尾水噪声的各项指标均满足规范要求,斜卡水电站尾水噪声治理效果非常理想。

全封闭式降噪方案可以在已经投产且有降噪需求的冲击式水电站中推广采用。新建冲击式水电站若在设计阶段就需考虑尾水噪声治理方案,可以优化尾水涵洞结构,在机组尾水涵洞出口处设计底部过流隔声挡墙,顶部预留补气通道,安装通风式消声器,将大幅度节省机组尾水噪声治理费用。

作者简介:

王安荣(1974-),四川汉源人,副总经理,高级工程师,从事水电站运行技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)