

阿萨汉一级水电站水轮机 顶盖均压管汽蚀研究与处理

李朝新

(中国华电集团公司 水电与新能源产业部,北京 100031)

摘要: 阿萨汉一级水电站位于印度尼西亚北苏门答腊省,是阿萨汉河流域的第一级电站,装机容量为 2×90 MW,年发电量 11.75 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。阿萨汉一级水电站于 2009 年 12 月投入运行,2011 年 7 月,电站运行人员发现水轮机顶盖均压管出现漏水情况。后经检查分析,均压管汽蚀严重,导致漏水并影响到机组的安全稳定运行。2011 年 9 月,对均压管汽蚀进行了更换改造处理,将材质为 Q235 普通钢的原均压管更换成不锈钢材质,并将均压管弯头由直角弯头改为 70° 弯头以改良均压管内的水流形态,减少汽蚀影响。经过改造,消除了均压管漏水现象,提高了均压管抗汽蚀能力,有效保证了机组安全稳定运行。

关键词: 阿萨汉一级水电站;均压管;汽蚀;漏水;改造

中图分类号: TV7;TV131.3⁺2;TK73;TV738

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2012)03-0097-02

1 概述

阿萨汉一级水电站位于印度尼西亚北苏门答腊省,距离省会棉兰市约 130 km,其上游是印尼著名的旅游胜地多巴湖,相距 25 km。多巴湖正常高水位高程 905 m 时的库容为 28.6 亿 m^3 ,水量相当充裕。阿萨汉一级水电站是阿萨汉河流域的第一级电站,单机容量 90 MW,总装机两台,共 180 MW,设计水头为 163.5 m,设计流量 125.8 m^3/s ,属于高水头、低比转速混流式水轮机组。

水轮机是水电厂关键的重大设备,它将水能转换为机械能,其运行状况直接关系到水电厂能否安全、经济、稳定运行。水轮机顶盖是水轮机重要部件之一,一般在混流式机组中顶盖均设置有均压管。水轮机顶盖均压管的作用为:高水头混流式水轮机组在顶盖设置均压管,造成一个反向附加轴向推力,可以减小机组轴向总推力,防止机组在不良工况或甩负荷时出现抬机现象影响机组的安全稳定运行^[1]。

印尼阿萨汉一级水电站每台机组布置均压管 10 根,材质为 Q235 普通钢,均压管弯头为直角弯头,均匀分布于顶盖上,其位置如图 1 所示。2011 年 7 月,电站运行人员发现水轮机顶盖均压管出现漏水情况。

2 原因分析

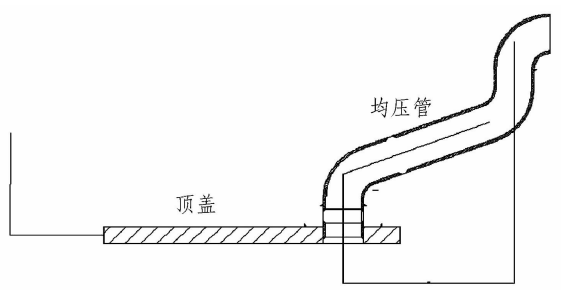


图 1 均压管位置示意图

经综合分析,阿萨汉一级水电站均压管汽蚀漏水的原因主要有两个:

(1) 均压管材质为 Q235 普通钢,在高水头的机组中抗汽蚀效果差,是导致均压管汽蚀严重的主要原因。同样条件下,不锈钢的汽蚀量约为普通钢的 $1/4 \sim 1/5$ ^[2]。普通钢 Q235 与不锈钢 1Cr18Ni9Ti 机械性能比较情况见表 1。

表 1 机械性能比较表

材质性能	抗拉强度 $\sigma_b / \text{MN} \cdot \text{m}^{-2}$	伸长率 δ_5 /%
Q235	375 ~ 500	$\geq 26 (a \leq 16 \text{ mm})$; $\geq 25 (a > 16 \sim 40 \text{ mm})$; $\geq 24 (a > 40 \sim 60 \text{ mm})$; $\geq 23 (a > 60 \sim 100 \text{ mm})$; $\geq 22 (a > 100 \sim 150 \text{ mm})$; $\geq 21 (a > 150 \text{ mm})$ 。其中 a 为钢材厚度或直径
1Cr18Ni9Ti	≥ 550	≥ 40

(2) 均压管弯头为直角弯头,导致弯头处水流形态不好,负压明显,产生汽蚀。水流在圆管中的液流形态分为层流和湍流两种,层流是指各流

收稿日期:2012-02-11

层的液体质点为有条不紊地运动、互不混杂的液流形态;湍流是指各流层的液体质点形成涡体,在流动过程中呈互相混掺的液流形态。液流形态的判别标准为下临界雷诺数 R_e :

$$R_e = \frac{\rho v d}{\eta} = \frac{v d}{\nu}$$

式中 ρ 为液体密度; v 为液体流速; η 为流体粘性系数; d 为管径, ν 为运动粘度。圆管中液流的下临界雷诺数为一个比较稳定的数值: $R_e \approx 2000$ 。

管道中弯管水头(水能)损失系数公式^[3]:

$$\xi = \left[0.131 + 0.1632 \left(\frac{d}{\varphi} \right)^{7/2} \right] \left(\frac{\theta^\circ}{90^\circ} \right)^{1/2}$$

式中 ξ 为水能损失系数; d 为管的外径; φ 为管壁厚度; θ 为弯管夹角。

由上式可知: ξ 与 θ 成正比关系。故减小弯管夹角 θ 、增加管壁厚度均可使水能系数 ξ 变小,从而改善管内水流形态,减小汽蚀影响。

根据上述原因分析,决定将均压管更换为不锈钢(1Cr18Ni9Ti)材质,厚度由原来的 5 mm 增

加为 8 mm,可以减小均压管的汽蚀;其次,将均压管弯头由原来的直角弯头改为 70° 弯头,在方便安装的同时改善了均压管内的水流形态,减小了汽蚀影响。

3 均压管改造

在机组停机、尾水管排水完成、安全措施落实到位之后,进行了以下改造工作:

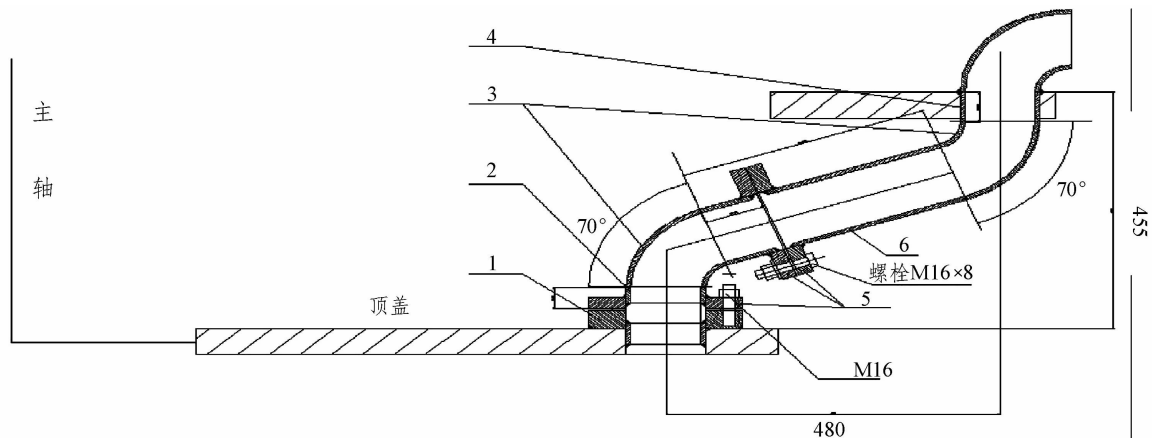
(1) 做好记号,拆除水车室踏板、连杆及附属装置;

(2) 用氧乙炔焰将均压管从其与顶盖连接处割掉,用吸尘器将掉到水轮机转轮上冠的熔渣吸出,然后再用磨光机把切口磨平,以方便焊接;

(3) 在顶盖下端面与均压管连接处焊接 DN100 不锈钢法兰,按图 2 所示焊接 70° 的 DN100 不锈钢弯头、直管和法兰;

(4) 装复焊接好的弯头、直管和法兰;对焊缝进行探伤检查;

(5) 装复水车室踏板、连杆及附属装置;机组充水、开机。



1—不锈钢 DN100 特殊法兰,厚 35 mm,螺栓 M16;2—不锈钢 DN100 直管,长 45 mm;3— 70° 不锈钢 DN100 弯头;4—不锈钢 DN100 直管,长 65 mm;5—不锈钢 DN100 国际法兰,螺栓 M16;6—不锈钢 DN100 直管,长 375 mm。

图 2 均压管改造图

4 结语

改造于 2011 年 9 月 26 日结束,经过半年多时间的运行考验,在各种运行工况下,印尼阿萨汉一级水电站水轮机顶盖均压管不再出现汽蚀漏水或渗水现象,达到设计要求,实现了改造处理的预期目的。均压管与顶盖下端连接采用法兰连接,方便了今后的维护检修,一旦出现漏水也便于更换。此种改造减小了均压管汽蚀影响,改善了均压管内的水流形态,确保了机组长期安全稳定运

行,值得在同类型机组中推广使用。

参考文献:

- [1] 单文,刘孟桦,洪余和.水轮发电机组及辅助设备运行与维修[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [2] 水电站机电设计手册编写组.水电站机电设计手册——水力机械[M].北京:水利电力出版社,1983.
- [3] 吴持恭.水力学与山区河流开发保护国家重点实验室(四川大学).水力学[M].北京:高等教育出版社,2008.

作者简介:

李朝新(1969-),男,贵州安顺人,高级工程师,硕士,从事水电厂安全生产管理工作。

(责任编辑:李燕辉)