

水轮机空化、空蚀的预控与处理

贺文静

(四川嘉陵江新政航电开发有限公司,四川 仪陇 637676)

摘要: 针对金盘子水电站投运以来水轮机出现的空蚀情况,分析了空化和空蚀产生的原因,阐述了水轮机空化和空蚀的预控措施,介绍了一种费用低廉且效果显著的空蚀处理工艺方法。

关键词: 水轮机;空化;空蚀;预控;处理;金盘子水电站

中图分类号: TK73;O427.4;TV738

文献标识码: A

文章编号: 1001-2184(2012)03-0095-02

1 概述

金盘子水电站位于渠江主要支流州河下游,于2002年建成投产发电,总装机容量 3×10 MW,为轴流转桨式水轮机,转轮叶片和转轮室中环采用ZG0Cr13Ni6Mo高合金铬镍不锈钢材料,转轮体采用ZG20SiMn低合金材料,转轮叶片带裙边。水轮机由东方电机股份有限公司设计、制造,主要技术参数见表1。

表1 水轮机参数表

项目	参数	项目	参数
型号	ZZ500-LH-330	飞逸转速	330 r/min
额定功率	10.368 MW	吸出高度	-2.5 m
额定水头	15.8 m	水头范围	8~18.55 m
安装高程	248.5 m	最低尾水位	251.6 m
最高效率	91.5%	转轮叶片数	5片

投产后,机组负荷运行在4~10.5 MW之间,高负荷一般在汛期水量丰富的时候才短时运行,低负荷一般在枯水期(毛水头可达18 m)短时运行。2005年枯期检修时发现3台机组转轮叶片根部左侧及转轮体上均出现了直径为150~200 mm,深1~6 mm的空蚀现象,蜂窝孔直径为1~4 mm,经计算认为其属于I级轻微空蚀程度,转轮体其余部分和转轮叶片未见空蚀现象。为避免继续运行导致空蚀程度扩大,影响机组安全运行并增大处理难度和费用,须及时采取预控措施。

2 原因分析

水流经过轴流转桨式水轮机转轮叶片根部与转轮体之间形成的一条狭小通道时,引起局部流速升高,当压力下降到一定程度时发生空化现象。空化是当流道中局部压力下降至临

界压力(一般接近汽化压力,水温20℃时,汽化压力为0.24 mH₂O)时水中气核成长为气泡,气泡的聚积、流动、分裂、溃灭过程的总称,旧规范称为“气蚀”。由于转轮叶片选用的是抗空蚀能力较好的不锈钢材料,而转轮体选用的材料抗空蚀能力较差,故在转轮体上产生了空蚀,这种空蚀称为间隙空蚀。空蚀是空化造成过流部件材料的破坏,旧规范称为“气蚀破坏”。

汛期水量丰富时,短时间的高负荷运行(发电机出口最大功率约为10.5 MW)以及枯水期低尾水位运行加快了水轮机转轮叶片根部与转轮体之间狭小通道的水流速度。按原理推论,高负荷尤其是高负荷低尾水位运行诱发或加速了该部位空化和空蚀的程度。

3 预控措施

改善运行条件并采用适当的运行措施,尽量确保机组在设计工况区内运行。在没有进行有效处理前,尽量减少高负荷特别是低尾水位高负荷的运行时间。

年度检修时,对空蚀区域采用涂抹环氧树脂配方剂的方法进行处理;若有必要,在机组大修时,在空蚀部位采用不锈钢焊条(CHR237)堆焊处理,或将转轮体堆焊一圈不锈钢材料。

4 处理工艺

总体采用涂抹环氧树脂配方剂的工艺方法。

4.1 环氧树脂配方

为使处理效果更佳,在环氧树脂中加入了增塑剂、固化剂以及适当的填料并均匀混合。环氧树脂的配方如表2所示。

4.2 基本工艺

收稿日期:2012-01-11

(1)清洗空蚀部位表面。用无水酒精或丙酮多次清洗需要涂补的表面,以提高环氧树脂对金属的结合力。

表2 环氧树脂配方表

材 料		配方(重量比例)	
		底层	表层
环氧树脂	618(E51)	100	100
增塑剂	二丁脂	20	35
填料	金刚砂或铁粉	25	0
固化剂	乙二胺	15	0
	二乙稀三胺	0	10

(2)调制涂料。用电炉煮水,在锅内放一个足够大的玻璃烧杯,控制水温在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

按环氧树脂、增塑剂、填料和固化剂的顺序,依照所选的配方依次加入,并在烧杯内充分搅拌均匀。

(3)涂补。调好的涂料应立即使用,逐层涂抹在需要填补的地方。一杯涂料不宜配得太多,应在 30 min 内用完。

涂抹应均匀,一层一层的加厚,并在层与层之

间夹以电工丝带,让其与涂料充分粘合,起到加固的作用,可以减少涂料的脱落。

对表层的涂补应充分注意空蚀处转轮体的形状和尺寸。因为涂料固化以后很难打磨,只能在涂补过程中照样板成型。

注意事项:涂补前应将空蚀部位先预热到 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,涂补以后再缓慢冷却,让涂料也缓慢固化,这样效果会更好一些。

(4)固化。涂料有一个逐渐固化的过程,一般需 24 h 或更长的时间。

4.3 安全注意事项

应在使用前详细阅读环氧树脂配方中所用材料的使用说明书,掌握正确的操作方法并佩戴合适的防护用具,应注意环氧树脂的一些添加剂是带刺激性的或有毒的,使用时应充分注意安全。

图1为空蚀处理前及采用环氧树脂配方剂处理后运行多年的转轮体。实践证明:采用该环氧树脂配方剂处理空蚀工艺简单,费用低廉,效果显著。



图1 转轮体空蚀处理前及运行多年后的对比图

5 结 语

水轮机产生空化的原因及发生的过程较复杂。由于各水电站设计安装及运行存在较大差异,故空化情况也会不同。金盘子水电站作为低水头电站,采用环氧树脂配方剂对转轮体空蚀进行预防性处理工艺简单,费用低廉并经多年运行表明效果是显著的。该工艺配方只是一个典型配方,应在实践中根据使用效果不断优化工艺配方,每年枯期检修时检查修补脱落部位,以预防空蚀范围扩大,确保机组运行安全并不断降低生产成

本。

参考文献:

- [1] 刘大恺.水轮机(第三版)[M].北京:中国水利水电出版社,1996.
- [2] 王 英.最新水利水电设备安装与检修技术标准实务全书[M].北京:金版电子出版公司,2002.

作者简介:

贺文静(1976-),男,四川简阳人,副总经理,副总工程师,工程师,从事航电枢纽生产技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)