

柳洪水电站 1#机组导叶磨蚀原因初探

李志文

(四川美姑河水电开发有限公司,四川 成都 610041)

摘 要:介绍了柳洪水电站 1#水轮机导叶碳化钨喷涂层磨蚀情况,对磨蚀特性、磨蚀原因进行了初步分析,并对类似多泥沙河流上的电站水轮机设计提出了一些参考与建议。

关键词:泥沙;水轮机;导叶;碳化钨;磨蚀;柳洪水电站

中图分类号:TV7;TV737 文献标识码: B 文章编号:1001-2184(2018)增 2-0082-02

1 工程概述

柳洪水电站位于凉山彝族自治州(以下简称凉山州)美姑县境内,是美姑河流域梯级电站开发的首期工程。电站装设 3 台单机容量为 60 MW 的混流式水轮发电机组,水头范围为 352.2 ~389.7 m,机组额定水头为 358 m,额定转速为 500 r/min;电站多年平均年发电量为 8.45 亿 kW·h,年利用小时数为 4 690 h。电站运行方式为 6 月至 10 月,期间三台机组满发,在系统中担负基荷,其余时间担负腰荷或调峰。

柳洪水电站所在河流的悬移质泥沙特性为:多年平均含沙量为 1.92 kg/m³ 汛期多年平均含沙量(6~9 月)为 2.57 kg/m³ 最大粒径为 1.78 mm 中数粒径为 0.037 mm 河流泥沙中莫氏硬度大于 5 的硬物质含量为 28%。

2007 年 8 月 4 日该电站首台机组投入商业运行,2007 年 8 月 23 日最后一台机组投入商业运行。

2 水轮机活动导叶磨蚀情况

2008 年 12 月,技术人员对电站 3 台机组进行过流部件检查时发现 3 台水轮机均存在不同程度的磨蚀情况,导叶端面、立面均出现严重的泥沙磨蚀情况,顶盖、底环也出现了磨蚀。在 2009 年底机组第一次 A 修时,对过流部件进行了修复,并对顶盖、底环的抗磨层和导叶的上、下端面及立面进行了表面碳化钨喷涂处理。

2012 年底检修时发现,1#机组运行 3 a,导叶

的喷涂层基本完好,仅有 1 个导叶(14#导叶)迎水面喷涂层局部脱落,面积约 10 cm²。

2013 年底检修时发现,1#机组运行 4 a,C 修时检查发现所有导叶迎水面已出现损坏脱落现象。

2014 年底技术人员对 1#机组进行 A 修时发现,该套导水机构已经运行 5 a,拆机后检查发现活动导叶损伤极为严重:所有导叶迎水面磨蚀严重,面积占迎水面的 1/3 ~ 1/2,喷涂层脱落处的母材最大磨蚀深度为 20 mm,分布在导叶立面封水条之后(图 1),导叶上、下端面和背水面的喷涂层基本完好。



图 1 运行 5 a 的柳洪水电站 1#机组导叶照片

3 磨蚀原因分析

3.1 1#机组导叶磨蚀具有的特点

(1)1#机组 23 只导叶表面均出现损坏脱落现象,脱落点形态及其分布具有普遍性、规律性。

(2) 迎水面的损坏分布在全关封水条之后,23 只导叶的损坏分布及其程度不完全一致,但整体呈现一定规律:靠近上、下端面位置比中部位置损坏更为严重,表现出由两端向中部扩展的趋势。

- (3) 脱落部位的母材呈蜂窝状。
- (4) 未脱落部位的喷涂层完好。

3.2 磨蚀原因分析

3.2.1 碳化钨喷涂层的特性

碳化钨喷涂层抗磨损能力极好,比 0Cr13Ni4Mo 高 70 倍以上,但其抗汽蚀能力并不突出,与 0Cr13Ni4Mo 相当。因此,若碳化钨喷涂层遭到气蚀长期作用会引起脱落。此外,碳化钨喷涂层虽然抗磨性能好,但抗硬物撞击的能力较弱,在大颗粒沙石等硬物直接撞击时,会使涂层局部破坏或产生疲劳损坏;一旦损坏发生,就会影响到相邻的区域。导叶的喷涂层首先受到损坏、脱落,从而使脱落部位的母材受到进一步的磨蚀破坏并扩展。

3.2.2 修复及喷涂工艺

导叶的修复及碳化钨涂层的喷涂需按照一定的工艺进行,因该电站机组导叶尺寸小、经过修复及喷涂碳化钨后与原型相比较,其型线极有可能发生变化,尤其是在迎水面,对流态的影响会导致磨损、气蚀加剧。

3.2.3 偶然撞击

由于转轮高速地顺时针旋转,较大尺寸的硬物进入流道后与转轮叶片背撞击,同时转轮顺时针旋转带动水流偏向导叶正面,导致较大尺寸的硬物冲击导叶正面,而导叶背面是脱流区,泥沙不会对其产生冲刷,其它高水头、多泥沙电站均不同程度具有此现象。1#机组顶盖、底环内环面以及转轮下止漏环的伤痕说明运行期间有较大尺寸的

硬物进入(图 2)。

3.2.4 错峰流量的调整

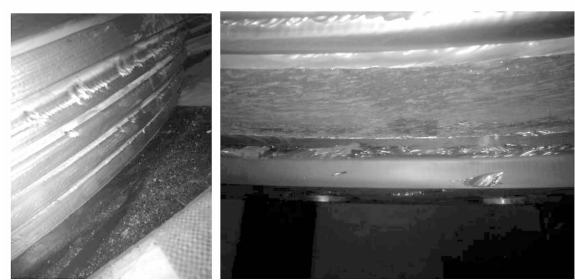


图 2 1#机组下止漏环、顶盖内环面照片

该电站汛期限制流量、泥沙运行,但停机错峰流量在 2013 年 5 月由 250 m³/s 调整为 300 m³/s。停机错峰流量的增大会带动电站悬移质泥沙的移动,这部分泥沙也会加速导叶的磨蚀速率。

3.2.5 机组负荷

机组负荷对导叶的影响主要体现在导叶开度上,如果低负荷运行,此时导叶小开度、水流突变增速、小冲角情况下,水流在导叶迎水面绕流、脱流,从而加剧了立面气蚀。

该电站 3 台机组除年度计划检修外,无其它限制使用情况,均正常备用、运行。既使在枯水期,水库夜间蓄水,白天单台机组负荷也在 40 MW 以上,空蚀磨损保证点以下的负荷时段极少。根据《HL(E)-LJ-234A 水轮机产品说明及性能保证》,原型水轮机的空蚀磨损保证点为 40% Pr,即 24 MW。

2013 年度和 2014 年度多泥沙期 3 台机组的负荷情况见表 1。

表 1 2013、2014 年度多泥沙期机组负荷情况表

项目	数 值									备 注
负荷	0 ~ 24 MW			24 ~ 36 MW			36 ~ 60 MW			
月份	1F	2F	3F	1F	2F	3F	1F	2F	3F	
201305 ~ 10	6	2	3	0	0	6	3 909	3 622	3 771	多泥沙期
201405 ~ 10	0	3	4	0	0	0	3 114	3 091	3 343	多泥沙期

由表 1 可以看出:2013 年多泥沙期(5 ~ 10 月份),1#机组负荷低于 24 MW 的时间累计为 6 h,2#机组为 2 h,3#机组为 3 h;但在 24 ~ 36 MW 之间则是 3#机组运行时间最长。3 台机组的低负荷运行时间均远远少于空蚀磨损保证时间 800 h。

由此可以看出:3 台机组的运行负荷基本无差异。

4 处理方案

该电站 1#机组导叶磨蚀范围较大,深度较

深,最深达 20 ~ 25 mm。若进行修复,修复难度大,费用高,而且还可能导致下述不利影响发生:

- (1) 导叶叶型局部变形,可能导致在运行过程中更容易产生气蚀,效率降低,影响发电效益;
 - (2) 导叶轴系变形,易导致运行过程叶轴断裂的情况发生,影响生产安全;
 - (3) 修复后残留应力大,易发生修复部位脱落,或在其修复部位周围产生新的裂纹和气蚀,缩
- (下转第 123 页)

4.3 加强档案收集、整编的过程控制

在工程档案管理体系建立和统一的基础之上,EPC 总承包商还应加强对各参建单位档案管理工作的过程控制。采取定期和不定期相结合的方式,对各参建方的档案管理工作进行检查、指导和培训。加强档案形成的过程控制,在档案形成的过程中,及时发现问题、解决问题、提高档案形成中的质量。

4.4 采用信息化的手段

随着信息系统的发展,档案信息化和信息化档案将是水电工程档案发展的方向。若能在水电工程开工之前,建立一套完备地档案过程管理系统,要求各参建单位的档案工作在档案信息系统上进行流转、审批、预归档操作,势必会极大地降低档案人员的工作量,提高档案整理的质量,减少档案的遗失,保证纸质档案与电子档案的一致性。

(上接第 83 页)

短机组大修周期,加大检修费用的支出。

考虑到 1#机组导叶磨损的现状,经过综合技术、费用分析,最终选择重新加工一套新导叶的方案。

5 结 语

该电站 1#机组导叶于 2009 年进行修复和碳化钨喷涂处理后投入运行,5 a 后出现的大面积磨损可能是由于以下几个因素造成的:过流部件喷涂工艺、导叶修复后叶型的变化、安装工艺的变化、机组过机含沙量的变化、机组运行时间的长短、机组运行负荷、气蚀情况、停机避峰流量提高等。

笔者结合该电站 1#机组导叶的磨蚀过程和原因分析,对类似多泥沙河流电站机组的抗磨蚀运行提出了以下建议:

(1)合理调度运行,在运行年度内平均分配

(上接第 105 页)

行和管理是一个长期而持久的过程。首先,应重视人才培养,做好人文关怀与激励工作,提升整体员工的素质,促进中小型水电站科学化、规范化的管理;其次,实施设备管理责任制,落实两票三制,合理制定检修计划,科学进行检修管理,提升设备管理的水平,保障设备运行的安全性和可靠性;与此同时,做好水情侦测预报,灵活进行水库调度,

5 结 语

实行 EPC 总承包的水电工程管理模式是水电工程建设的发展方向,在该管理模式下,如何进一步做好工程档案管理工作,如何将工程档案的标准化、科学化和规范化做得更好应是档案管理人员不断思索的课题。档案管理人员应加强学习,不断探索和总结经验,提高水电工程档案的管理水平,更好地为工程建设和工程运营服务。

参考文献:

[1] DA/T 28 - 2002,国家重大建设项目文件归档要求与档案整理规范[S].

[2] GB/T 18894 - 2002,电子文件归档与管理规范[S].

作者简介:

卢 妮(1982-),女,陕西西安人,高级工程师/馆员,学士,从事科技类、管理类档案的管理工作。(责任编辑:李燕辉)

各机组负荷。机组运行应避开低负荷区域,在实施过程中应根据机组运行工况确定最佳负荷区域。

(2)汛期限沙运行,控制机组的过机泥沙量,尽量避免推移质过机,防止泥沙冲击、破坏机组的过流部件。

(3)在引水隧洞放空检查时,消除内衬混凝土脱落的隐患。

(4)检修期间全面检查过流部件,记录并跟踪监视。若出现普遍性、规律性的损坏,分析其原因并及时予以解决,防止损失扩大。

(5)加强过流部件的修复、喷涂工艺的监控,目的是减小部件的变形量。

作者简介:

李志文(1980-),男,河北承德人,工程师,从事水电站生产运行技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

优化设备运行方式与工况,提高电站的运行效率;最后,以营销为抓手,寻找营销突破口,谋求经济效益最大化,切实实现中小型水电站长期、可持续发展。

作者简介:

肖凯文(1993-),男,四川苍溪人,助理工程师,学士,从事水电厂运行与维护技术工作;

刘洪荣(1986-),男,四川内江人,工程师,从事水电厂运行与维护技术工作。(责任编辑:李燕辉)