

碳化钨喷涂技术在滨东水电站的应用探索

钟小华, 郑洪飞

(四川久隆水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

摘要:滨东水电站水头高、泥沙含量大且硬度高,导水机构及转轮经过一个汛期的运行磨损气蚀非常严重,每年枯水期须进行机组A修将导水机构及转轮拆下修复,运维成本高且机组频繁A修增加了安全生产风险。经探索,对导水机构进行了碳化钨喷涂,明显减缓了导水机构及转轮的磨损气蚀速度,延长了设备修复及机组A修周期,并将该喷涂技术推广应用到其它设备上,取得了显著的经济效益与安全效益。

关键词:滨东水电站;碳化钨喷涂;导水机构;应用探索

中图分类号:TV7;TV738;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0042-02

1 导水机构及转轮磨损气蚀情况

滨东水电站地处四川省九龙县境内,位于大渡河右岸一级支流松林河次源洪坝河上。电站设计水头410 m,安装2台额定功率50 MW的混流式水轮发电机组,发电机型号SF-J50-10/4050,水轮机型号HL(E)-LJ-205,由通用电气亚洲水电设备有限公司生产。

滨东水电站所在松林河流域多高山峻岭,地质构造复杂,断层多、裂隙发育、岩层破碎、风化强烈,第四系松散堆积物分布于河谷两侧及冲沟内,导致汛期河水含沙量高且悬移质颗粒较粗,其中莫氏硬度大于5的硬矿物石英、长石较多。该电站自2005年投产发电以来机组导水机构及转轮磨损气蚀极为严重,每年枯水期须进行机组A修,将导水机构及转轮拆下修复,机组A修之频繁在全国水电行业中非常罕见。

机组A修前导叶、顶盖、转轮的磨损气蚀情况见图1~3,设备受损最大深度可达25 mm。一般在每年8月导水机构漏水量已经很大,开机时蜗壳已不能平压。

2 设备频繁修复造成的危害

由于每年汛期后必须进行机组A修,将损坏严重的导水机构及转轮拆下修复,而设备频繁修复及机组频繁A修产生的后果为:增加运维成本,影响设备使用寿命,增加安全生产风险。

滨东水电站导叶与转轮材料均为0Cr16Ni5Mo不锈钢,而多次重复焊接加热导致焊缝及热影响



图1 导叶磨损气蚀情况



图2 顶盖磨损气蚀情况



图3 转轮磨损气蚀情况

收稿日期:2018-03-26

区金相组织恶化、韧性变差,焊接后残余应力和热应力应变集中及氢脆现象易使焊缝产生微裂纹,为避免导叶长轴发生弯曲,导叶焊接后不能进行完整有效的热处理以消除应力。如果将导叶焊接热影响区加以清除,则会造成焊接量增加,进而增大焊接难度和风险,焊接质量同样不易控制。一般情况下,为保证焊接质量,马氏体不锈钢同一部位的焊接次数不能超过 3 次,转轮修复焊接亦存在相似的问题。

因此,非常有必要采取有效措施以减缓导水机构与转轮的磨损气蚀速度,延长设备修复周期。

3 喷涂技术在水轮机导水机构中的应用

我厂技术人员针对滨东水电站水轮机泥沙磨损问题,经多方咨询、了解相关新技术、新材料、新工艺,积极与多泥沙电站技术人员交流,并于 2014 年对西安宇丰喷涂技术有限公司进行了实地考察,深入了解了喷涂技术在水电行业中的应用现状。

碳化钨喷涂技术最初从欧洲引进,用于解决黄河上游青铜峡等水电站的机组泥沙磨损问题,近年来推广应用较快,在诸多电站取得不错的效果。

碳化钨喷涂是将喷涂材料以粉末状态注入燃烧的火焰中并高速(超过 2 100 m/s)喷射在设备表面,高速燃气使碳化钨材料达到半融化状态并均匀、紧密地附着于设备表面,喷涂过程中控制设备温度不超过 150 °C 以防其变形。喷涂材料为 AMDRY5843 或 COATEC1 粉末,其主要成份为碳化钨,一般称其为碳化钨喷涂。经检验,碳化钨喷涂层与设备基材的结合强度大于 70 MPa,表面硬度大于 1 100 Hv,抗磨能力比 0Cr16Ni5Mo 高 70 倍,涂层厚度一般控制在 0.3 ~ 0.4 mm。

滨东水电站导叶为大圆盘结构,转轮采用长短叶片,转轮与顶盖、底环之间设有梳齿密封。技术人员根据以往过流部件的磨损气蚀部位制订了对导叶、顶盖及底环进行碳化钨喷涂的方案:该型转轮抗气蚀性能良好,当导水机构完好时,水流主要呈理想状态进入转轮,会明显减轻对转轮上冠、下环的磨损。

2014 年底,滨东水电站喷涂了 1 套导水机构,并于 2015 年 1 月投入运行,至 2017 年 9 月碳化钨涂层仍然保持较好,转轮磨损亦较轻,可以安

全运行至 2018 年汛末,机组 A 修周期由碳化钨喷涂前的 1 a 延长至 4 a。

经统计计算得知 1 套导水机构喷涂后产生的效益为:

(1) 提高机组平水期及枯水期的出力,4 a 多时间发电量约为 2 000 万 kW·h;

(2) 延长机组 A 修周期,减少大修费用约 150 万元;

(3) 延长导水机构及转轮的修复周期,减少设备修复费用约 130 万元。

综上所述,1 套导水机构喷涂成本为 28 万元,而产生的经济效益约 1 000 万元。

在导水机构碳化钨喷涂取得良好经济效益的同时,设备修复及机组 A 修周期的延长大大减轻了电站值守人员的工作强度,减少了频繁检修施工带来的安全风险,导水机构与转轮的完好亦大大提高了机组运行的可靠性。

在喷涂取得成功的经验后,对滨东水电站、玉龙水电站其余导水机构进行了碳化钨喷涂,目前设备运行正常。

4 喷涂技术的推广应用

鉴于导水机构碳化钨喷涂取得的良好效果,我们将该技术应用到电站其它易磨损气蚀设备上。

滨东水电站自投产以来,水轮机进水球阀检修密封、工作密封磨损气蚀问题一直较为突出,一般经过 4 a 时间球阀密封损坏已较严重,需进行更换。而球阀密封更换工作量大、工期长、发电损失较大,为此,对球阀密封进行了碳化钨喷涂。水轮机进水球阀旁通液压针阀经过一个汛期后漏水严重,在对该针阀进行碳化钨喷涂后,针头与阀座磨损明显减轻,针阀的修复周期由 1 a 延长至 3 a。

公司所属喇嘛沟水电站设计水头为 685 m,安装 3 台冲击式机组。美姑河水泥沙含量较高,汛期机组喷针、喷嘴及转轮冲刷磨损严重,每年汛末须更换喷针、喷嘴并将转轮返厂修复,而转轮频繁焊接修复成本高且影响其使用寿命。该电站技术人员对喷针、喷嘴进行碳化钨喷涂后其磨损气蚀轻微,大大提高了出水的射流质量,明显减轻了转轮的磨损气蚀,在保护设

(下转第 45 页)

焊的方式,先将单块钢板焊接到预埋件上,再将两块钢板焊接到一起,通过焊接填缝将钢板间的对接焊缝填平。对于焊接填缝的凸出部分须打磨平整。焊接过程中控制焊接电流和电弧电压的大小,适当提高焊缝形状系数;采用多层多道焊,避免中心线偏折,可防止中心线裂纹;采用小线能量、小电流快速不摆动焊,可减小焊接应力;填满弧坑,可防止弧坑裂纹。

2.4 接触灌浆

接触灌浆是在岩石或钢板结构物四周浇筑混凝土,混凝土干缩后,对混凝土与岩石或钢板之间形成的缝隙实施灌浆。其作用为:填充缝隙,增加锚固力并加强接触面间的密实性,防止漏水和空鼓。

(1) 预留孔灌浆堵孔。

钢板衬护好后,对每块钢板进行通风压水、接触灌浆,混凝土干缩后,钢板空腔内存在少量的混凝土结块,通风压水可检查灌浆孔与排气孔的连通性,为灌浆做好铺垫;灌浆初始最大压力不超过 0.1 MPa,视灌浆情况对压力进行调整,浆液按照常规比例调配,灌浆过程应保持连续性,直至全部排气孔有浆液冒出,方可视首次灌浆完成。灌浆完毕,加堵头封焊,对灌浆堵头封焊凸出部分须打磨平整。

(2) 干缩脱空检查与补浆。

在首次灌浆结束 7~14 d 后,通过敲击的方式对钢板进行检查(根据敲击声音确定),但因敲击法受外因影响较大,如采用锤子的材料构成、质量;工作人员实施的敲击力度;锤子敲击时的接触角度;人员的听取位置和辨别等,工作人员在敲击时其锤子材料、敲击角度、敲击力度等应统一为宜。要求每块脱空区域面积不大于 0.3 m²,超过标准要求需标注出脱空范围,对不合格的部位必须钻孔进行补灌,钻孔补浆封焊打磨平整。干缩脱空检查需多次进行,直至检查符合标准要求。

2.5 工程质量成果

(上接第 43 页)

备的同时亦提高了水轮机效率。该电站下一步还将对转轮进行碳化钨喷涂。

5 结 语

积极探索碳化钨喷涂技术在水电站设备上的应用,大大减缓了设备的磨损气蚀速度,延长了设备修复周期及机组 A 修周期,提高了电站运行的

实际运行情况表明,钢板每年冲刷磨损的厚度约为 1 mm,预计护坦钢板使用周期可达 12 a 或以上。原护坦需每年进行修复,基本上 4 a 一个周期,前 3 a 小修,第 4 a 进行大修。在装设钢板后,不仅避免了护坦频繁修复施工,还能减少运行成本,显著提高了电站的经济效益。经过 3 a 的汛期冲刷磨蚀之后,护坦钢板的运行情况良好(图 1)。



图 1 护坦衬护钢板图

3 结 语

由实践可知:控制衬护钢板焊接安装质量、钢板灌浆施工质量是保证此次优化与创新修复成功的关键。从运行情况看,护坦抗空蚀和磨蚀的能力得到了有效地提高。在钢板衬护后,护坦抗冲刷能力得到了增强,通过护坦的水流始终保持平顺,消除了护坦在局部损坏后水流集中冲刷、加速护坦损坏速度的情况。因此,该措施的实施,延长了溢流坝运行修复周期,显著提高了电站的经济效益。

参考文献:

- [1] 李荣雪,刘丽红.金属材料焊接工艺[M].北京:机械工业出版社,2015.
- [2] 苏长升,张友成,孙来波.刍议接触灌浆施工[J].黑龙江水利科技,2008,36(6):187-188.

作者简介:

张 建(1989-),男,四川安岳人,助理工程师,从事水电站生产运行技术与管理工作;

赵朝云(1983-),男,四川沐川人,室主任,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)

安全性、可靠性和经济性,成效非常显著,该项技术值得推广。

作者简介:

钟小华(1975-),男,湖北当阳人,室主任,工程师,从事水电站机电运行技术与管理工作;

郑洪飞(1980-),男,重庆酉阳人,室副主任,工程师,从事水电站机电运行与管理技术工作。(责任编辑:李燕辉)