

冲击式水轮机转轮运行维护探索

彭宇, 郑远超

(四川久隆水电开发有限公司, 四川成都 610041)

摘要:随着国内高、低水头冲击式水轮机电站的开发投运,许多电站铸件、锻件转轮投入使用一段时间后均出现了掉块、严重气蚀、效率降低、断斗等问题。而不断完善冲击式水轮机转轮运行、维护、检修及修复管理,合理安排日常运行方式及开展有效手段日常维护能延缓转轮破坏,延长转轮使用寿命,提升电站转轮的安全性。在总结多年工作经验的基础上,提出了有关冲击式水轮机运行、维护、修复转轮的建议。

关键词:冲击式水轮机转轮;运行;维护

中图分类号:TV7;TV734;TV737;TV738

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0064-02

1 概述

转轮是水轮机的核心部件,具有较高的核心技术,对材料、设计、制造加工、安装、运行维护及修复均有较高要求,其每一步工作均影响到转轮的安全稳定性。考虑到成本原因,目前国内水头在500 m以下的大部分电站均选用铸件转轮,而铸件转轮受铸造工艺、转轮尺寸以及无损检测工艺影响,转轮坯件以及生产加工过程得不到有效的监督,转轮质量往往无法完全得到保证;无论是铸件或锻件转轮,其修复焊接质量得不到严格控制及监督,运行中均会出现较多问题,特别是高应力区产生的缺陷,如果不能及时发现并予以处理,往往会导致事故的发生。水电站为了避免转轮水力机械事故的发生,合理安排其运行方式、开展日常定期检查维护工作、严格控制并监督转轮缺陷修复的过程就显得尤为重要。笔者总结了多年工作经验,针对上述问题提出了一些运行、维护、制造及修复方面的建议。

2 问题提出的背景

铁厂河电站装设单机容量为40 MW的冲击式机组两台,额定水头725 m,额定转速600 r/min,转轮型号为CJC1002-L-185/4×14.2,转轮为整体锻造结构,生产方式:转轮坯件锻造成整体铁饼,无损检测后采用数控加工成型,水斗设计为新式水斗结构形式,背面没有加强筋,水斗高应力区受力大,转轮效率随着出力增加而提高,振动及空化有明显的改善。此类转轮主要应用于高水

头电站,优点是转轮质量好,可靠性高,无损检测较易;缺点是成本高,加工周期较长。日常运行中,铁厂河电站转轮出现了转轮切水刃严重气蚀、分水刃严重磨损、水斗迎水面出现鱼鳞纹以及较大气蚀凹坑等缺陷,一台转轮修复使用后出现了断斗事故。

斜卡电站装设单机容量为45 MW的冲击式机组三台,额定水头447 m,额定转速375 r/min,转轮型号为CJA237-L-230/4×21,转轮为整体铸造结构,生产方式:转轮坯件采用VOD精炼后手工打磨成型,水斗为加强筋结构,水斗高应力区受力相对较小,此类转轮随着机组出力的增加效率降低,机组产生异常振动及空蚀。斜卡电站机组在带45 MW负荷运行时出现高频振动,水车室混凝土地面具有明显、较强振感,运行中发现斜卡电站所有转轮较短时间内水斗高应力区出现裂纹,于是将其更换为新型转轮CJC601-L-230/4×21,该转轮采用铸造数控加工成型,改进了转轮坯件铸造工艺,转轮运行较短时间后水斗高应力区仍然出现裂纹。笔者分析认为:转轮水斗高应力区出现裂纹与铸件内部存在的缺陷有关,随着冲击式机组单机容量越来越大、水头及转速越来越高,转轮直径、受力增大,对转轮坯件铸造工艺要求越来越高,而目前国内铸造厂家在大尺寸转轮的铸造工艺以及质量监督检测方面仍然存在一定的局限性。

3 冲击式水轮机转轮的工作方式及其受力

水轮机转轮将水流的势能或动能转化成机械

收稿日期:2018-04-01

能,是水轮发电机的原动机。冲击式水轮机转轮工作时,水流从喷嘴射出,先冲击切水刃,切水刃将水流切入,水斗分水刃将切入的水流分成上下两股分别冲击上下水斗,水流沿着水斗型线冲击水斗后在出水边与水斗运行方向相反的角度排出。

转轮水斗结构不同,其工作时的受力差别较大,铁厂河、斜卡电站新型水斗结构的转轮采用有限元静力学刚强度分析结果表明:此类转轮最大等效应力、最大位移部位分别在水斗高应力区以及水斗斗尖位置。

4 冲击式水轮机转轮管理之建议

根据对冲击式水轮机转轮水流工作特性以及受力点分析,可以确定水斗高应力区、水斗斗尖是冲击式水轮机转轮重点监造、检查、监督的区域。水流对水斗冲击时,一方面在水斗高应力区产生较大的应力(因此而对转轮材料、结构形式以及日常运行维护及检修均有特殊的要求);另一方面,水流冲击转轮,对转轮切水刃、分水刃以及迎水面均有磨损、气蚀及撞击,从而对运行维护提出了要求,而合理安排运行方式及开展有效的维护工作可以延缓转轮水斗的破坏速度。因水电站现场检测条件、检测设备以及转轮本身结构曲面复杂、空间有限等限制因素,无法实时有效地监测转轮水斗高应力区情况及磨损、气蚀情况,因此而需要完善运行、维护管理,以便最大程度地保证转轮的安全、稳定。笔者对其运行、维护以及转轮监造及修复方面提出了以下几点建议:

4.1 运行

合理安排运行方式,可以有效延长转轮的使用寿命,也可以提高转轮的稳定性。

(1)减少开停机次数,在开机过程中,转轮因机组转速上升及水流冲击,其水斗根部受较大交变荷载冲击,转轮损伤较大,容易产生疲劳破坏。

(2)减少喷针小开度运行。冲击式水轮机的设计是可以单喷嘴运行的,其各项运行参数能满足运行要求,而低负荷采用多喷针运行时,喷针开度一般小于25%时喷嘴射流性能较差,对转轮切水刃、分水刃及水斗磨损较大。

(3)尽量安排水轮机在最优工况下运行。水轮机转轮在偏离最优工况下运行时,水轮机转轮的效率较低、空化性能较差,机组伴随异常的振动。

4.2 维护

电站应根据厂家的技术说明及电站转轮结构、材质、母材生产工艺、水头、转轮直径、转速、水质以及运行方式等参数制定适合电站的定期工作,开展有效的检查、维护工作,可以及时监督转轮的健康情况,有利于提高转轮的安全性。

(1)定期采用磁粉、着色探伤检查转轮各部位是否有浅表裂纹,用型线样板检查其磨损量并详细记录。

(2)若检查发现转轮整体磨损量大于10 mm,应更换转轮并返厂修复。

(3)若检查发现水斗表面有轻微裂纹、气泡及鱼鳞纹,应及时随型打磨抛光处理,然后用PT探伤直到表面缺陷消失并做好记录。

(4)若发现轻微的气蚀凹坑,应及时打磨处理,如果凹坑较深,对于具备条件的电厂可以将凹坑打磨光滑并焊接、局部退火消应,然后随型打磨抛光做PT检测。

(5)重点对转轮高应力区、水斗尖进行PT、MT探伤,如果发现有微裂纹、浅表裂纹缺陷,应及时随型抛光打磨,然后采用PT、MT探伤直至缺陷消除,如果出现贯穿性裂纹,应及时更换转轮、返厂修复。

(6)对喷针、口环定期进行检查,若发现有冲蚀缺口及气蚀情况应及时予以更换,可以将喷针、口环做渗氮或喷涂处理,能有效延长喷针、口环健康使用的寿命,从而有效保护转轮。

4.3 监造及修复

转轮设计、制造质量的优劣直接影响到电站水轮机运行的安全稳定及经济效应,因此,业主需要在转轮生产、修复过程中实施严格的监督。

(1)业主应对转轮材料性能是否满足设计要求及安全系数进行审核、参与坯件的探伤验收工作、对坯件式样的屈服强度及硬度等机械性能进行实验与监督验收、对转轮生产加工过程进行有效的监视、对转轮坯件以及加工过程中出现的缺陷进行及时有效的监督处理,避免新转轮带缺陷运行。

(2)转轮返厂大修焊接时,对水斗根部的高应力区焊接处理应非常谨慎,焊接用材料、气体应严格要求并测试,不应有焊接气泡氢化等任何焊

(下转第69页)

路由 4:PBX4 - 运营商 4;

路由 5:PBX1 - PBX2 - PBX3 - PBX4 之间分机互拨。

③故障路由及现象:路由 1 为存在故障的路由,其余所有路由数据正常运行。主要现象为:PBX1 的分机用户通过加拨局向号后能通过运营商 4 接入公网,也能接通当地的市话座机,但不能接通长途座机、市话手机、长途手机(座机与手机振铃一声,自动中断)。

④故障原因分析:经路由追踪及数据抓包分析,其原因为:PBX3 的 QSIG 信令与中继网关的 PRA 信令不一致,导致了此次故障的发生。

(2)案例 2:当发生案例 1 的故障情况后,三个程控交换机厂家联合排查故障点,期间在做以下测试时,发生了案例 2 的故障情况。

因怀疑故障原因为:PBX3 与 PBX4 组网信令不一致而不能互联组网而导致故障的发生,故将成都办公区 PBX4 设备由 DXSS XSoft S1 更换为 FHC HARRIS IXPC512,再次与 PBX3 及运营商组网,在与运营商组网时,经过双方协商,PBX4 使用 QSIG 信令,运营商使用 PRI 信令,组网成功后,发生通话不能长时间保持的故障。

①组网情况:PBX1、PBX2、PBX3 正常组网运行,PBX4 更换品牌、型号后,与 PBX3 及运营商成功组网,接入程控交换网络(图 3)。

②数据路由:整个程控交换网络数据路由与案例 1 的数据路由一致。

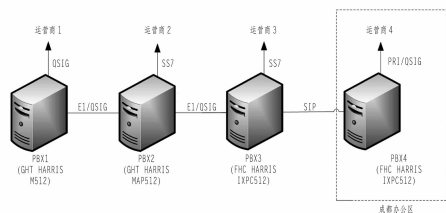


图 3 程控交换网络图

③故障现象:经调试与测试,程控交换系统内功且所有数据路由正常运行,PBX1、PBX2、PBX3、PBX4 的分机用户均能通过运营商 4 正常接入公网,但在日常使用中,所有通话仅能维持 5 ~ 30 min 不等的时间就会自动中断。

④故障原因分析:经数据分析检查,其原因为:运营商设备的 PRI 信令与 PBX4 的 QSIG 信令不一致而导致此次故障的发生。

3 结 语

当前,程控交换系统组网情况越来越多,各类厂家的设备及型号也越来越多,经常会出现不同厂家、不同信令间互联组网的情况,因此,在设备选型、组网之前,必须做好组网信令的前期技术支持工作,充分了解不同厂家的设备间信令的差异性,同时,应避免发生将 ISDN 协议(PRI、PRA、DDS1、ETSI、QSIG)混为一谈的情况,以保证组网信令的一致性,实现程控交换机成功组网。

参考文献:

[1] 桂海源. 信令系统[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2008.

作者简介:

曾正奎(1985-),男,四川攀枝花人,工程师,学士,从事电力通信系统技术工作;

马福贵(1994-),男,四川绵阳人,助理工程师,学士,从事电力通信系统技术工作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第 65 页)

接缺陷出现。

(3)转轮焊接修复时,对焊接顺序应做严格的规定,严格控制层间的焊接温度,对焊接层质量应及时进行探伤检查,如发现问题,需重复打磨焊接检查工序,焊接过程严禁任何外加约束,防止其产生额外应力,采用合理的焊接顺序控制水斗的形变。

5 结 语

冲击式水轮机转轮在日常运行、维护过程中,可以从转轮材质、转轮生产加工监督、转轮母材无

损检测工艺、转轮母材无损检测标准、转轮运行方式、转轮定期检查维护消缺、转轮修复工艺制定、转轮修复工艺的严格执行、转轮退火时间、温度精准控制等方面进行严格、仔细的工作,采用有效手段保障转轮的安全、高效运行。

作者简介:

彭 宇(1982-),男,重庆酉阳人,工程师,从事水电站水力机械技术工作;

郑远超(1988-),男,四川自贡人,助理工程师,从事水电站生产运行技术工作。(责任编辑:李燕辉)