

# 浅析水轮机运行中的故障与处理措施

葛国贺

(哈尔滨电机厂有限责任公司 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:** 水轮机在目前有着较高的使用价值,基于各地区水库建设情况存在差异,实际对水轮机的使用需求有所不同,这就使得市面上水轮机的型号不断增多。基于此,本文重点围绕着常见水轮机的基本组成结构、运行原理展开分析,介绍了会引发水轮机运行故障的原因,并对水导瓦温度异常、机组超速、转轮运行故障及叶片气蚀等多种类型的问题进行讨论,目的是找到优化现行运维管理计划的可行对策,有效提升故障处理水平。

**关键词:** 水轮机; 机组超速; 叶片气蚀; 日常维护; 安全管理

## 0 引言

随着城市用电量的不断增加,要解决发电难题,可以尝试使用水力发电技术。这就涉及在工作中推广应用水轮机,水轮机的作用就是将水流动时产生的能量转换成机械能,基于该装置需要处于连续运作状态,才能源源不断地为城市输送电能。要做好安全风险隐患的排查工作,判断出哪些因素会诱发水轮机的运行故障,充分结合水轮机的应用现状,找到预防及处理故障的方法。

## 1 介绍水轮机的基本组成结构及运行原理

要有序展开水轮机的运行管理工作,应先了解水轮机的内部构造,掌握设备的运行原理,明确维修管理工作的重点。

### 1.1 组成结构

了解水轮机及辅机的设备型号及零件种类。常用于发电工作的水轮机种类包括:冲击式水轮机和反击式水轮机两大类。不同类型的水轮机运行原理不同,需要配备的零件装置也存在差异。以反击式水轮机为例,典型零件主要包括座环、蜗壳、尾水管、轴流式水轮机转轮室、导水装置及传动装置等。举例来看,座环是基础构件,负责承重并固定机组,有多种形状可供选择。尾水管要安装在转轮下方,是引导水流的主要装置之一,应根据不同的构件功能来落实常规的维修养护任务。通常情况下,管理人员在发现水轮机运行状态异常时,要重点在停机检修工作中关注基础零件的连接情况和磨损情况。

### 1.2 运行原理

了解水轮机的基本运行原理。实际上,水轮机是依靠水的流动过程提供机械动力的一种装置,水流动的速度越快,发电工作的效率就越高,能带来较高的经济效益。而且,为了节省水资源,水轮机要采用循环用水的方式,提

高水资源的使用效率,真正实现水力发电工作的基本目标。让水具有符合水力发电工作要求的流速,需要关注水库上游及下游的高度落差,做好前期的水库修建工作。

## 2 水轮机运行时常见的故障类型及其成因

### 2.1 水导瓦温度异常

水导瓦的主要作用是在水轮机内部轴承运作时,防止零件间过度摩擦而造成设备使用寿命的缩短。同时,水导瓦还能固定机组,让内部的轴承在固定的位置运动,避免诱发安全风险。然而,由于水导瓦自身与转轴之间的间距不足,在水轮机持续不间断的运作过程中,水导瓦不仅磨损程度加剧,还会在磨损的过程中出现温度异常升高的情况。从这个装置的材料类型来看,市场上比较常见的是巴氏合金材料,如果设备温度持续升高,达到材料自身的熔点,就会造成水导瓦被烧坏。水导瓦损坏后,不仅无法为轴承提供防护作用,还会造成轴承偏离轴线等诸多问题。目前,会引发水导瓦温度异常升高的原因还有很多,包括内部润滑油质量、水导瓦数量以及机身内的冷却水不足等,都会直接导致机组内的油温升高,间接造成水导瓦温度过高,需要引起管理人员的重视。

### 2.2 机组超速现象

水轮机运行时要不停地旋转做功,如果转速过高,超过了规定的速度范围,可能会导致离心力增加,机组各个组件之间可能会发生碰撞,机身的振动频率升高、振动力增大,容易导致零件松脱。严重时,水轮机会受到离心力的影响,造成零件飞出,这也是引发现场操作人员人身安全风险的主要因素。

结合实际的案例资料来分析,会造成机组超速的主要原因如下:①机组负荷量大,在运行过程中由于设备重量产生的惯性作用,会导致在机组停止旋转时,导叶不能关闭或者关闭过慢,机组的转速则可能升高到额定转

速的120%~140%，甚至更高；②在设备启动和停止运行的过程中，如果调速器失灵，就会造成转速增高的情况。

### 2.3 转轮运行故障

水轮机的核心零件有很多，每种零件在使用过程中可能遇到的故障类型有所不同。以转轮为例，转轮是最重要的过流部件，如果该零件出现故障，将直接影响水轮机的运行状态，导致水轮机的使用价值无法充分发挥出来。实际上，转轮常见的故障主要包括两种情况：断裂和空蚀。不同问题的诱因存在一定的差异，注意选择合适的转轮材质，并做好零件进场时的质量检查工作，严禁在工作中使用质量不达标的零件。一般来说，如果质量不符合要求，转轮在使用的过程中就容易产生裂缝，缝隙的位置就是后续可能会发生断裂现象的主要隐患。若转轮表面不光滑、转轮材质以金属材料为主，则可能在与水流接触的过程中发生空蚀现象。

### 2.4 叶片气蚀问题

随着人们对电能需求量的增加，为了提高发电效率，工作人员开始尝试更换大容量、高转速的水轮机。然而，这种水轮机在实际工作中就比较容易诱发叶片的气蚀问题。结合基本工作原理来分析，设备在运作过程中产生电能、完成发电任务主要就是依赖过流部件。但这些部件都比较容易受到气蚀的影响，出现工作效率下降、使用寿命缩短等现象。与此同时，还会导致发电机组无法安全稳定地运行。因此，消除气蚀造成的不良影响，降低气蚀问题的发生概率，就成了新时期设备运维管理人员需要解决的一大工作难题。

## 3 水轮机运行故障的预防管理措施及基本原则

### 3.1 预防管理措施

针对水轮机的运行故障而言，最有效的处理方法就是在前期采用预防式的管理措施，降低故障的发生概率，并及时准确的识别故障问题。通常的预防管理措施有以下几点。

#### 3.1.1 日常维护计划

在水轮机采购及安装时，就为设备专项建立档案，记录设备的采购时间、设备功能、负责人信息等。并在内部展开定期检修工作，将每一次维修、保养工作的具体情况记录在档案资料当中，判断设备的磨损程度，评估设备的使用价值。通过全面落实日常维护任务，可以第一时间发现水轮机的故障问题，避免因为故障造成水轮机启动后突然制动，从而诱发各种安全隐患。由于河流存在丰水期和枯水期，一般工作人员都会首选在枯水期进行设备清灰、保养等基础工作。

#### 3.1.2 实时监测技术

为了能实时、动态化地判断故障所在，提高故障检修管理工作的质量及水平，很多工作人员都会考虑在日

常维修、养护工作中引进计算机设备，并在水轮机的机身上安装监测装置，使用物联网技术智能收集和处理水轮机的运行数据，以此来判断水轮机是否存在运行故障。这需要先在系统当中设定好水轮机正常运行状态下的参数，当参数发生异常时，计算机就会报警，提醒管理人员及时到现场进行设备安全检查。

#### 3.1.3 安全教育及管理

水轮机发生故障问题会直接影响现场作业安全，这就要求设备的操作人员、管理人员都要具有安全风险的防范意识。可以考虑在前期业务培训环节中增加安全教育的内容，并关注人才的职业素养是否达标，科学选拔高质量、高水平的人才组建工作团队，为保障水轮机的稳定运行状态、发挥水轮机的使用价值打下坚实的基础。关键要结合工作要求及常见故障问题，建立完善的内部安全管理机制。常用的方法是：根据不同岗位的职责划分情况，及时构建责任监督管理体系，并通过绩效管理的方式来端正员工的工作态度。此外，应编制应急管理预案，针对日常常见的故障类型，组织员工进行故障处理演习，在演习的过程中掌握各种技术的操作方法，总结工作经验，摸索出故障处理的创新方案和可行的对策，从而提高人才队伍应对设备故障问题的能力，最大限度地消除故障可能造成的不良影响。

### 3.2 基本工作原则

要提升水轮机运行故障的处理效率，保障设备的良好运行状态，应严格规范日常设备的操作行为及维修保养行为。相关基本的工作原则有以下几点。

#### 3.2.1 规范性原则

一切设备的安装、操作、运维管理工作都要遵循规范性原则，按照规定的工作流程，按部就班地完成基础工作任务。重点要关注国家在水轮机使用、管理环节出台的法律条例，以制度为约束，完善内部的管理机制，规范员工的工作行为。以水轮机的基础检修工作为例，要先完成检修等级的判定，根据国家标准中规定的，对不同检修等级设定的具体工作内容及工作方法，编制检修管理计划，及时确定每一级检修工作的间隔时间、检修合格标准。目标是让工作具有程序化的特点，真正将故障检修任务落到实处。

#### 3.2.2 安全性原则

故障检查、处理工作要以保证安全性为前提，不仅要关注水轮机的安全运行状态，还要从以人为本的角度出发，保证设备操作环节、维修环节的人身安全，降低由于设备故障而引发安全风险问题的概率。实际上，只有保证人员工作的安全，才能提高工作人员的满意度，引导员工全身心地投入到工作任务中。

#### 3.2.3 适应性原则

在不同的故障维修处理方案下，适宜使用的技术、

设备有所不同。基于此,在选择工作方案时,不能只关注经济成本,还要结合实际出现的问题,选择故障维修效果最好的一种方法。这就要求工作人员能够在工作中落实适应性原则,尤其是在转变维修管理理念,引进新的技术及设备时,也要从全面管理的角度出发,选择与人才队伍整体工作水平相适应的技术方法。应避免盲目引进其他地区先进的维修管理技术,出现成本的升高且无法发挥技术使用价值的情况。

## 4 针对水轮机故障问题的具体维修处理方法

### 4.1 处理水导瓦温度异常问题

在机身上安装温度感应装置,当发现温度有异常变化时,可以及时采取降温处理措施。基于造成温度变化的原因有很多,不同诱因下可以使用的处理方案有一定的差异,具体可以从以下几个方面来解决问题。

(1) 如果水导瓦温度持续升高,但并没有影响水轮机的正常运作,需要重点检查冷却水、润滑油的含量是否达到了警戒线,及时补充质量、清洁度符合要求的油液和水源,将温度控制在正常的范围内。

(2) 如果水导瓦的温度异常变化,导致水轮机组也无法正常运行,则必须马上对机组采取停机处理措施,排查所有可能会造成温度异常的原因。严禁在明知有安全风险时,仍然继续进行水力发电工作。此外,在必要情况下,可以拆开水导瓦,检查水导瓦的瓦面与间隙之间的磨损情况,对其进行合理的修复。

### 4.2 处理机组过速问题

针对水轮机的机组过速问题,最有效的故障处理方法是:先检查过速保护装置是否处于正常运作的状态,避免在速度超过峰值后保护装置不动作。如果发现保护装置异常,则要及时手动停止设备。与此同时,在设备启动或停止时,由于调速器异常或者剪断销剪断等,导致机组转动过快,这时尽管转速还没有达到过速保护运作的额定值,也要马上关闭水轮机的主阀。在整个运行管理过程中,应实时调控机组的运行速度,避免速度过快而引发的安全风险,速度过低则会影响发电效率。另外,在现场处理各种故障问题时,应要求负责维修管理人员具备对设备故障原因的识别能力,能够找到引发机组过速的源头。通常要判断负荷量的变化、调速器的运行状态与前期设计方案之间是否存在差异,根据具体问题调整后续维修管理工作的方向,选择合适的故障处理措施。

### 4.3 处理转轮运行问题

据分析,水轮机长时间处于运行状态,比较容易出现转轮的故障。维修管理人员应重点结合转轮装置的基本运行原理,找到维修管理任务的重心,研究有效提升故障处理水平的方法。以转轮出现空蚀情况为例,大部分空蚀问题都是因为转轮自身质量不达标或由于磨损问题而产生了

裂缝。针对这种情况,应及时根据裂缝的位置、大小、深度,采取有效的补缝处理措施,注意提前将裂缝周围的灰尘及污染物去除。目前,维修管理人员会选择使用电焊焊接的方式来解决裂缝。具体操作时,应做好设备的预热处理工作,将焊接温度控制在合理的范围内,选择合适的焊接点,并有序做好焊接完成后的转轮性能测试工作,以此来降低转轮由于空蚀而造成断裂的概率。

### 4.4 处理叶片气蚀问题

叶片是水轮机运作时的基础零件之一,通常为了降低叶片出现故障的概率,工作人员会对叶片的形状、材质做出合理的选择。为了科学选出最适宜的水轮机叶片,也可以采用对比实验的方式,判断各种叶片的实际使用价值,还能从中找出水轮机运行管理时的注意事项。与此同时,维修管理人员在处理故障问题的过程中,应重点针对叶片气蚀问题选择有效的处理方法。比如,可以针对被气蚀的位置展开表面清洁处理工作,并使用防腐蚀的材料均匀地涂刷在叶片表面。另外,要着重考虑到叶片与水接触时是否会加速气蚀,进而影响叶片的使用价值。针对这个问题,工作人员可以在故障处理阶段,有序落实好零件的防水处理工作,还要在引水口设置防沙、沉沙及排沙设施。

## 5 结语

水轮机是由多个零部件组成的一种机组结构,日常落实故障检修工作时,不同零部件的检修要点不同,会在一定程度上增加工作难度。应提前布置日常维护计划,合理为管理人员分配基础工作任务。尝试在工作中引进现代化技术,实现对水轮机运行全过程的动态化管理,目的是第一时间发现故障,并及时采取有效的处理措施,解决故障问题,延长水轮机的使用寿命。负责故障维修的人员要及时深入现场,根据实际情况来判断故障原因,对比各种维修技术的特点,尝试融入创新思维,从根本上找到降低维修养护难度的方法,全面保障水轮机的运行安全与稳定。

### 参考文献:

- [1] 高强先,许宏杰.浅析水轮机调速器的维护与故障检修[J].水电水利,2020,4(8):47-48.
- [2] 倪健.水电站水轮机调速器常见故障分析及处理[J].河南水利与南水北调,2020(7):24-25.
- [3] 刘用祥.水轮机调速器故障分析及处理措施[J].通信电源技术,2020,37(16):228-230.
- [4] 洪杰.贯通式水轮机组故障分析处理[J].中国设备工程,2020(14):158-159.
- [5] 臧真麟,刘志林.浅析水轮机调速器常见故障及处理[J].内江科技,2021,42(7):46+48.