

水电站关键机械设备维护与故障检修方法研究

朱代华

(五凌电力有限公司 湖南 长沙 410000)

摘要: 机械设备是水电站正常运行的保障, 关键机械设备故障对水电站运行效益具有直接的影响。因此, 本文简单介绍了水电站关键机械设备组成, 从发电机、主变站、水轮机及其附属设备几个方面, 探究了水电站关键机械设备维护要点, 并对水电站关键机械设备的故障检修方法进行了进一步探究, 希望为水电站发电机、主变站、水轮机等关键机械设备维护维修提供一些参考。

关键词: 水电站; 关键机械设备; 维护; 故障检修

0 引言

在全球煤炭资源逐渐枯竭的背景下, 水力发电日益受到关注。与此同时, 在现代科技的支持下, 水力发电机械设备持续升级, 对水电站维护作业技术水平提出了更高的要求。因此, 研究水电站关键机械设备维护与故障检修方法具有非常突出的现实意义。

1 水电站关键机械设备组成

水电站关键机械设备组成如图 1 所示。水电站关键机械设备主要由发电机、主变站、水轮机及其附属设备组成。

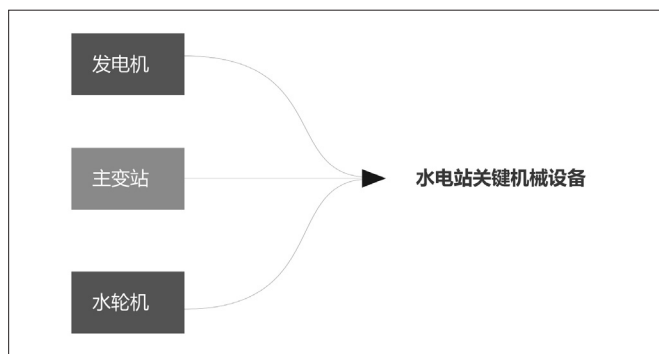


图 1 水电站关键机械设备组成

2 水电站关键机械设备维护要点

2.1 主变站及其附属设备维护

水电站主变站维护重点是运行参数的监测^[1]。维护人员应以主变压器出厂规定的冷却方式、名牌参数为依据, 监测主变压器实际运行参数(含视在功

率、电流、电压、油温等)是否处于名牌规定的额定运行范围内。主变压器温度、温升限值监测是重点, 需严格根据规定监测, 部分内容见表 1。

表 1 水电站主变压器温度与温升限值监测要求

项目	主变温度 / °C	最高温升限值 / °C
自然风冷变压器上层油温	≤ 85	50
强迫油循环风冷变压器上层油温	≤ 75	45

在监测水电站主变压器实际运行参数的基础上, 维护人员还可以主变压器本体为对象, 以大风、大雪、大雨、气温骤冷骤热等天气为节点, 加强巡视, 包括主变压器冷却装置是否存在异常、套管瓷瓶外部是否存在杂污或放电痕迹、吸湿器是否存在异常、引线接头与电缆是否存在温度上升迹象、主变压器声音是否为正常均匀的嗡嗡声、主变压器油枕与充油套管油位是否存在异常等^[2]。在日常监测的同时, 维护人员可以每年进行一次大规模检修活动。水电站主变压器大规模检修一般需要在室内无尘土污染、空气相对湿度小于 65% 的环境下开展, 拆机检查主变压器之间的隔板、围屏是否完好、颜色是否正常、形状是否合规、表面是否清洁, 检查绕组绝缘是否完好、位置是否固定(每个垫块排列与幅向间距)。根据检查情况, 维护人员可以适当利用软毛刷轻轻擦拭绕组, 包扎绕组闲杂裸露导线, 重新熔接绝缘引线、绕组至分解开关引线等^[3]。同时维护人员还可以借助白布 + 泡沫塑料擦拭上铁轭顶部、下铁轭顶部油垢, 利用木锤平整铁心叠片, 紧固绕组压板、

上下铁心穿心螺栓，确保绝缘良好。

2.2 发电机维护

根据水电站发电机组运转特性，维护人员可推测水头变化情况下机组振动区、无异常运行区，有意控制发电机组在振动区的运行时间。同时维护人员应遵循“一看、二听、三闻、四查”的方针，密切关注发电机运行情况。“一看”是观察发电机励磁电压、电流数据稳定性，观察发电机接头颜色是否正常、发电机出线接头是否稳定等；“二听”是耳听发电机运行声音，判定发电机螺栓是否松动、轴承部位是否损坏等；“三闻”是鼻闻发电机运行期间是否存在异常气味，判定电路是否存在烧毁故障；“四查”是利用摇表等工具，定期检查定子部分，定子检查周期小于4个月。某发电机定子绝缘监测数据见表2，由表可知，该发电机定子绝缘电阻值正常。

表2 某水电站发电机定子绝缘监测数据

时间	绝缘电阻值 /MΩ	极化指数	吸收比
1月	240	1.81	1.62
5月	241	1.82	1.61
9月	244	1.81	1.62
12月	243	1.82	1.61

在定子绝缘检查基础上，维护人员还可借助定子铁芯振动加速度传感器，在定子铁芯外缘中部检测水平振动，在定子铁芯上齿压板检测垂直振动^[4]。同时借助定子铁芯、线棒端的试温片，跟踪观察定子铁芯运行期间是否存在局部过热现象，及时处理局部高温问题，避免局部高温引起发电机组运行异常。除此之外，日常维护过程中，维护人员应借助高压气筒、毛刷与酒精棉定期清洁碳刷、电刷滑环，并定期校正，确保电刷滑环处于相对水平状态，电刷最大间隙为0.2mm。

2.3 水轮机维护

由图2可知，调速器在水轮机运行过程中具有至关重要的作用，可实时辨别运行状态内空载、孤立运行、并网情况，并跟踪频率，满足按水位、按转速、按给定负荷自动调节水轮机速度要求。在水轮机运行过程中，根据水轮机调速器内部组件繁多、结构复杂的特点，维护人员应定期检测调速器油压装置数据。检测时，先打开压力油罐排气阀，使水轮机排气解压，再以压力油罐的压力数值低于0.2MPa为基准开启排油阀排出多余油，同时适当减小排油阀

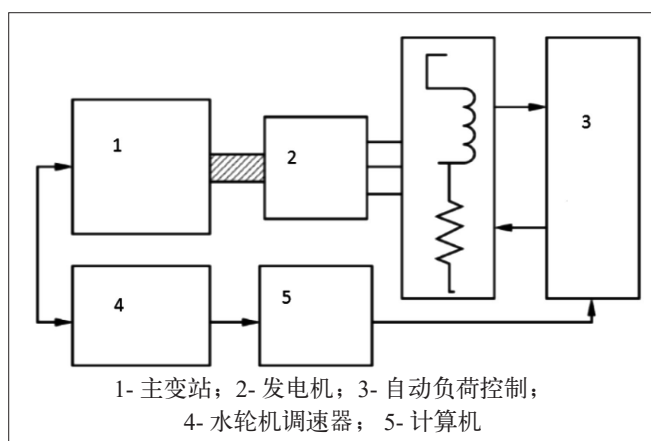


图2 水电站水轮机调速运行结构

开度，直至压力油罐压力值变为0。同时在水轮机调速器日常运行过程中，维护人员应在通风环境下清洁调速器内油污，并利用润滑油润滑调速器内各个零件。借助润滑契机，检查水轮机固定件、电气插件（含接头钢丝绳）是否松动，并及时紧固，避免固定件或电气插件脱落影响水轮机正常运行。

3 水电站关键机械设备故障检修方法

3.1 主变站接地故障检修

主变站接地故障在水电站主变压器运行过程中较为常见。一般选择特殊弹簧压紧推拔式接地方式，即经末端屏引出杆上推拔铜套、套管法兰接地（图3）。

在正常运行时，套管末端可靠接地。但是，在接

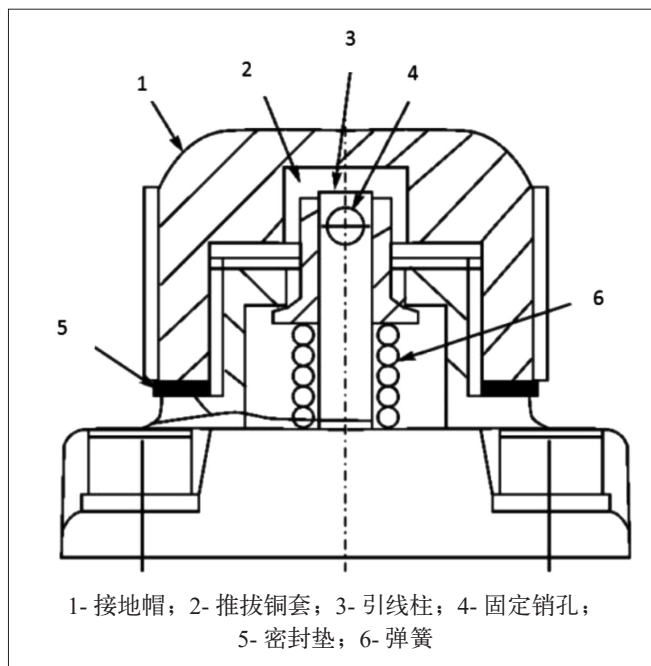


图3 主变弹簧压紧推拔式接地结构

地不良时,套管末端引线放电损坏设备,甚至烧穿电容极板,表现为黑色金属氧化物粉末大量出现。此时,维修人员可以借助低压绕组连同套管介损及电容检测方法,检测介损值,将检测介损值与《电力设备预防性试验规程》规定的介损值(20℃)进行对比,在确定监测介损值与历年数值相比存在明显增长、且超出规定介损值后,综合分析介损值与电压之间的关系。比如,某水电站主变压器接地试验在电压上升到8kV时,电容无显著变化,介损值显著增加;在试验电压上升到10kV时,抗干扰介损测试仪显示放电故障,无法正常测量,且末端屏见黑色金属氧化物粉末,可推测末端屏接地不良造成推拔铜套、铝法兰之间放电,从而灼伤铜套、出现黑色金属粉末。此时,维修人员可以拆除末端屏,清理接地帽、末端屏引线柱后干燥处理,更换新的同型号推拔铜套、铝法兰,并利用凡士林润滑,将绕组介损值控制在规定值以内。

3.2 发电机励磁故障检修

励磁故障是水电站发电机常见故障,多因多台变压器同时跳闸而发生系统失电,表现为水电站发电机组跳闸,致使发电机组正常停机过程出现过电压,且保护动作跳闸,停机后发电机组励磁调节器工控机(即微机励磁调节器)发出异响伴随故障信号灯闪烁,电源显示屏显示直流输出电压跳动,励磁调节器无法正常运行^[5]。为判定故障原因,检修人员可以先检查微机励磁调节器设定值,确定微机励磁调节器设定值无异变情况下,检查信号控制回路。若信号控制回路正常,检修人员可以对机端电压与电流引入接线进行检查,若确定机端电压与电流引入接线无异常,维修人员可以根据励磁调节器工控机电源连接情况(图4),进行输入电压测量。

在检查水电站发电机励磁调节器工控机电源时,维修人员可以先断开I工控机直流电与II工控机直流电,输入电源空开2、3,随后断开6、7工控直流电源模块输出电源8、9,进行端子熔断器两侧电压的测量。确定电压无异常且2、3上端电压输出无异常后,测量投入8或9的瞬时直流电压,若电源模块输入电压闪动,表明电源模块存在故障^[6]。此时,维修人员可以重新连接电源模块,利用模块输出端的可调电位器进行电压的稳定调节。初步消除报警故障后,进行零起升压试验,手动调试微机励磁调节器,使其在灭磁状态下自动运行,解除故障。

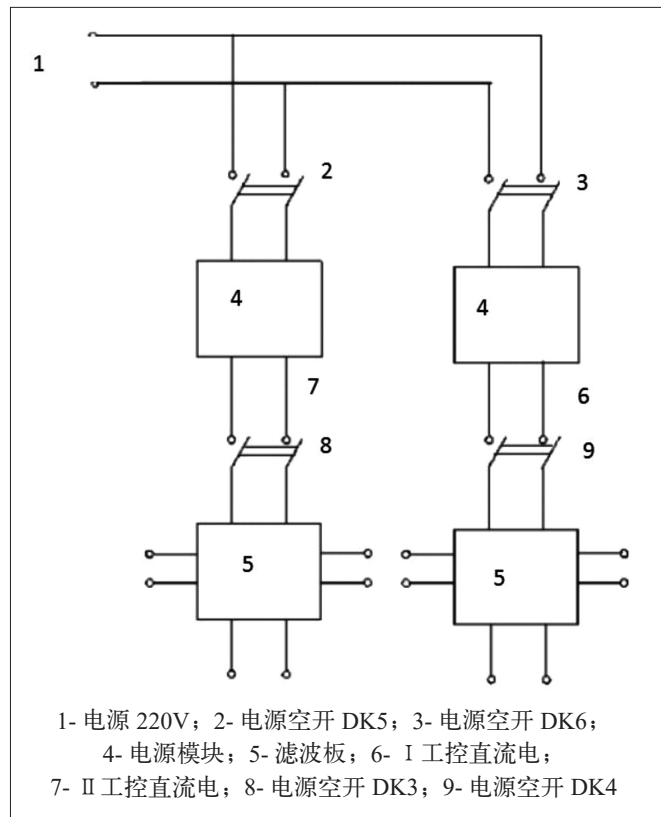


图4 水电站发电机励磁调节器工控机电源

3.3 水轮机超速故障检修

在水轮机运行过程中,超速故障发生概率较高。多数故障表现为水轮机实际运转速度在名牌规定的额定运转速度限值以上,如某HLA551-LJ-225混流式水轮机(转轮型号551)的额定参数见表3。

表3 HLA551-LJ-225 混流式水轮机的额定参数

编号	项目	额定值
1	额定转速 / (r/min)	166.7
2	飞逸转速 / (r/min)	331r/min
3	额定出力 / kW	5319
4	额定工况时效率 / %	93.11
5	额定流量 / (m ³ /s)	28.4
6	额定水头 / m	20.5

在HLA551-LJ-225混流式水轮机运转速度超出166.7r/min时,检修人员可以利用转速信号器进行水轮机实际转速检测,即将环形齿状设备安装到水电站水轮机组转轴上,由光电式传感器感应水轮机组转速脉冲信号并上传到计算机端,由计算机测量脉冲信号并计算水轮机运转速度。考虑齿盘一次装夹对水电站水轮机运转速度测量结果的负面影响,借助齿盘测速双传感器手段,沿着齿盘圆周不同位置,

设置2个传感器。以2个传感器为样本,进行齿盘内各齿通过2个传感器的时长勘测,由此根据下列公式精准推测水轮机运转速度。

$$n = \frac{Ky}{T} \quad (1)$$

式中: n —水电站水轮机转速(r/min);

K —干扰纠正因子;

y —2个传感器之间的距离(mm);

T —齿盘中各齿通过2个传感器的时间(min)。

根据测得水轮机实际转速超出额定转速的倍数,进行不同的处理,具体见表4。

表4 水轮机超速故障处理

编号	故障	处理
1	实际转速超出额定转速的140%	输出甩负荷失灵警报,下发事故紧急停机命令,遥控水轮机急停
2	实际转速超出额定转速的115%	输出速度超额定值警报,下发事故停机命令,遥控水轮机停机
3	实际转速超出额定转速的80%	输出运转速度不足警报,下发同期投入命令
4	实际转速小于额定转速的35%	输出制动信息,下发刹车命令,控制水轮机机组暂停

在紧急刹车处理后,维修人员可以先分析事故原因,再利用水轮机调速装置调节水轮机运转速度,使其与额定转速一致^[7]。水轮机调速装置包括调速器控制装置、导叶、轮叶、主接力器等。水轮机正常开机时,运转速度调节装置先接到开启信号,再根据信号调整导叶。以机组频率、额定频率相等为依据,转速调节装置启动比例-微分-积分(PID)调节模式进行导叶调节,最终导叶开度与水头空载开度相对应。若此时机械运转遇到阻碍,转速调节装置输出、导叶开度无法达到一致,装置输出比例阀判定结果异常;或者数字球阀运行故障,导叶无法动作,机组转速将持续上升至额定转速以上。面对上述故障,维修人员可以先将水轮机调速器切换至手动操作模式,手动操作数字球阀,确定数字球阀可正常开启后,将调速器切换至电动模式,运行

输出比例阀,确定开关机组导叶无异常。随后继续在调速器电动模式下运行数字球阀,确定关侧数字球阀操作异常。此时,维修人员可以更换数字球阀,解除水轮机超速故障。

4 结语

综上所述,水力发电主要是借助水体压力或流量,经发电机组转换为可利用的机械能或电能的技术。水电站是水力发电的基础,水电站关键机械设备运行效率直接影响水力发电效益。因此,水电站技术人员应注重加强对发电机、主变站、水轮机及其附属设备的维护,并根据发电机励磁故障、主变站末端屏接地不良、水轮机调速器故障特点,采取恰当的检修方法,避免故障扩大,确保水电站运行正常。

参考文献:

- [1] 谢中庆,张树良,龚滨.修山水电站1[#]主变温升过高原因分析及解决措施[J].广东水利水电,2022(02):100-105.
- [2] 王斌.某水电站35kV主变高压侧一次电缆烧毁事故分析及处理[J].水电站机电技术,2023,46(08):87-89.
- [3] 李方玖,易亚文,张林枝,等.向家坝水电站500kV主变冷却器控制系统优化[J].人民长江,2022,53(S2):181-183+187.
- [4] 董珠桑布.深溪沟水电站发电机保护装置改造与应用实践[J].电气技术与经济,2023(04):103-104+109.
- [5] 张城玮,黄雨雷.水电站水轮发电机组制动加闸系统优化设计应用[J].中国新技术新产品,2023(05):42-44.
- [6] 张彬.水电站发电机运行异常噪声成因论述[J].水电站机电技术,2023,46(04):8-10.
- [7] 邓家勇.谈令里水电站1[#]水轮发电机组技改检修成果[J].东方电气评论,2022,36(02):81-83.

作者简介:朱代华(1983.05-),男,汉族,湖北恩施人,本科,工程师,研究方向:水电工程管理及水电设备运行检修管理。