

水力机组安装检修实习指导书

漆学政 余海明 合编

湖北水利水电职业技术学院

电力电子工程系

2016年10月

1 绪论

1.1 实习目的及要求

水力机组安装与检修能力是电力、水动类专业学生应掌握的核心技能之一。学生通过学习《水力机组安装与检修》课程后，针对水电厂实际机组开展的专项实训。要求学生熟悉水力机组维修的一般流程；掌握维修工作中常用的工具使用方法，具备识、读水轮发电机组结构图的能力，掌握发电机、水轮机的结构组成及各部件之间的相互关系。通过理论学习和现场实际操作使学生具备水轮机维修工以及水轮发电机组值班员的岗位职业能力。

1.2 工程概况

天楼地枕水电站位于恩施市屯堡区车坝乡境内，是清江上游的一座径流引水式水电站，电站由取水建筑物（低拦栅坝、大坝进水闸、大坝放空闸）、引水建筑物（明渠、隧洞、渡槽）、其它建筑物（冲砂闸、节制闸）、前池、泄水闸、压力管道、厂房、升压站及高压输电线路等组成。

电厂装机容量 2.58 万 KW（ $3 \times 6300\text{KW}$ 、一台 7000KW ，远景规划 $4 \times 7000\text{KW}$ ），设计年发电量 1.34 亿度，年利用小时 5324 小时。机组于 1987 年 12 月开工建设，于 1993 年 8 月相继投产发电。

1.3 主要设备介绍

（1）水轮机 型号 HLA153-LJ-100，设计水头 80.2 米，最大水头 84.5 米，最小水头 73.8 米，单机流量 $9.39\text{m}^3/\text{秒}$ ，飞逸转速 1260 转/分，额定功率 6570 千瓦，重量 18.5 吨，哈尔滨电机厂生产，调速器配套型号为 WT-30000。

（2）发电机 型号 SF6300-10/2600。额定出力 6300KW ，双路并联波绕组，转子磁极对数 5 对。额定励磁电压 121（100）V，额定电流 722（802）A，额定励磁电流 480（505）A，额定功率因数 0.8 滞后，转子绝缘等级 B/F，额定频率 50Hz，微机可控硅励磁装置，自并励方式。原机组由昆明电机厂生产，2008 年 3 月由四川德阳东方汇能电力有限公司对 2# 发电机定子线圈进行改造，额定出力 7000KW 。

2 检修等级

2.1 A 级检修

是指对发电机组进行全面的解体检查和修理，以保持、恢复或提高设备性能。主要内容如下：制造厂要求的项目；全面解体、定期检查、清扫、测量、调整和修理；定期监测、试验、校验和鉴定；按照规定需要定期更换零部件的项目；按各项技术监督规定检查项目；消除设备和系统的缺陷和隐患。

2.2 B 级检修

是指针对机组某些设备存在的问题，对机组部分设备进行解体检查和修理。B 级检修

可根据机组状态评估结果，有针对性地实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。

2.3 C 级检修

是指根据设备的磨损、老化规律，有重点地对机组进行检查、评估、修理和清扫。C 级检修可进行少量零件的更换、设备的消缺、调整、预防性试验等作业，以及实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。

2.4 D 级检修

是指当机组总体运行状态良好，而对主要设备的附属系统和设备进行消缺。D 级检修进行附属系统和设备的消缺外，还可根据设备状态评估结果安排部分 C 级检修项目。

3 检修的项目及内容

3.1 水轮机部分

(1) 水轮机轴承 包括测量轴承间隙、解体、清扫、检修止水装置与轴承；检查并修整轴承瓦；测量轴颈；检修轴瓦球面；清扫油盆，检查渗漏，分解检查毕托管、油泵；更换油挡片、油环等部件；清扫并检查轴承箱、油过滤器，进行油冷却器水压试验；更换止水装置、膨胀密封的易损件。

(2) 导水机构 解体、清扫、检查顶盖排水装置；对导水机构润滑部分加注润滑剂；测量及调整导水叶端、立面间隙；拆装、检修、更换导水叶套筒的轴密封；修补导水叶局部汽蚀损坏；测量与调整接力器压紧行程；分解、检查接力器，并进行耐压试验或更换活塞环，解、检查锁定装置，进行动作试验；修补并研磨导水叶轴颈；解体并清扫。检查双连臂拉杆，测量轴销轴套。更换磨损件；检查、研磨控制环立面和端面抗磨板；修补顶盖、底环的抗磨环。

(3) 转轮及主轴 测量迷宫环间隙；检查及修补转轮及转轮室的汽蚀、磨损、裂纹；检查泄水锥固定情况，修补汽蚀部分；检查轴流式转轮叶片密封装置；转轮体充油后，检测叶片动作情况及测量密封装置漏油量；清扫转轮室可卸段内部，检查及更换损坏零件；处理轴颈磨损；检查、处理混流式转轮减压装置；解体、检查轴流式转轮，并进行耐压试验；转轮静平衡试验；进行主轴探伤。

(4) 引水管、蜗壳与尾水管 检查蜗壳及尾水管；修补尾水管汽蚀；检查引水管、伸缩节漏水并堵漏；解体、检查及修理空气阀、蜗壳排水阀、尾水管排水阀、技术供水阀；水下检查并清理取水口拦污栅；清扫、检查测量表计管路；更换引水钢管伸缩节密封填料；对引水钢管、蜗壳进行防腐；进行蜗壳及尾水管灌浆；修补尾水管。

3.2 水轮发电机部分

(1) 定子 检修定子机座和铁芯，检查径向千斤顶，检查及更换剪断销；检查定子

端部及其支持结构，修理齿压板；检查定子绕组及槽口部位；检查、修理挡风板及灭火装置；进行电气预防性试验；对水内冷定子线棒进行反冲洗及流量、水压试验；校验测温元件；更换测温元件；更换部分齿压板；全面处理端部接头、垫块及绑线；检查处理分瓣定子合缝，检测并处理定子椭圆度；进行线棒防晕处理；检查和处理定子槽楔，检查和清扫通风沟。

(2) 主轴及转子 测量发电机空气间隙；检查轮毂、轮臂焊缝、组合螺栓、轮臂大键、轮环横键；检查磁极、磁极键、磁极接头、阻尼环、转子风扇；清扫转子；检查制动环及其挡块；检查、调整滑环电刷装置及引线；进行电气预防性试验及测量轴电压、轴电流；对水内冷转子进行反冲洗、流量及水压试验；调速机组轴线；处理轮环下沉；修理轮臂大键；测量调整转子圆度及磁极标高；处理磁极绕组匝间绝缘；更换部分磁极绕组、引线或阻尼绕组；对转动部分找动平衡；处理制动环磨损；进行主轴探伤。

4. 机组检修的准备工作

4.1 常用工具

熟悉百分表及表座、外径千分尺、千斤顶、标准水平台、专用扳手、内径千分尺、求心仪、兆欧表、框形水平仪、水平梁、水准仪、寒尺、手动吊具等的使用方法与注意事项。

4.2 注意事项

(1) 检修前所参加检修的主要人员，应熟知有关规程，对机组的技术参数，运行特性、设备缺陷及历次大修的情况应了如指掌。

(2) 设备分解前，应设备检查各部销钉，螺丝有无缺少，有无裂纹伤疤，并作好记录。

(3) 需拆卸的部位，应有清楚的编号和配合记号，否则应重新做好。

(4) 预先应安排好放置物件的地点。

(5) 设备、部件放置时，下面应垫上枕木、木板或其他软物，以免损坏另件的加工表面和地面。

(6) 拆卸时，同一处的销钉、螺丝、垫圈等应放在同一地点或箱内。

(7) 推力头、镜板、轴颈、油并接触面应采取防潮、防锈措施，不得用手摸，应涂上防锈油，并贴上腊纸。

(8) 拆开了几件，如定子线圈，转子线圈、应槽应用尼龙布或布盖好，法兰孔应用木塞或布堵住，地面孔应加盖。

(9) 所有零件，除结合面，摩擦面、轴承面外，均应进行。

(10) 水下部分进入孔打开前，应确认无水后，方能开启。

(11) 检查场地应经常保持清洁

5 机组检修流程

5.1 拆卸、回装中的测量项目

(1) 推力油槽的总绝缘

(2) 水磁机座的总绝缘

(3) 励磁机、发电机上、下部的空气间隔

- (4) 风闸制动环的距离
- (5) 镜板至瓦架或油盆的距离
- (6) 镜板的静、动水平
- (7) 机组大、小车的摆渡
- (8) 推力瓦的受力情况
- (9) 导水叶的端面、立面间隙、迷宫环的四周间隙
- (10) 上机架、下机架、座环的水平度

5.2 机组的拆卸顺序

- (1) 拆除永磁机
- (2) 拆下励磁出
- (3) 三导轴承排油、顶转子并投入锁定，拆除三导轴承
- (4) 拆下推动承和水封装置
- (5) 拆下并吊出上机架，拆下法兰螺丝，并将转轮放在尾水管锥管裳
- (6) 拆上挡风板。吊转子出机坑
- (7) 拆下挡风板和制车管道
- (8) 拆下并吊出下机架
- (9) 拆出推拉杆、导叶分半键、拐臂、套筒等
- (10) 拆顶盖并吊出
- (11) 吊出导水叶
- (12) 拆开底环
- (13) 转轮及大轴吊出

5.3 机组回装顺序

- (1) 转轮吊入
- (2) 迷宫环及底环吊入并固定之
- (3) 导叶吊入
- (4) 上部顶盖吊入并固定之
- (5) 下机架吊入并固定之
- (6) 装下挡风板，风闸管道
- (7) 转子吊入
- (8) 装上挡风板。导叶套筒及调速系统
- (9) 上机架吊入并固定之，导水叶间隙调整
- (10) 回装推力轴承
- (11) 调水平和盘小车
- (12) 盘大车
- (13) 推力瓦打受力

- (14) 装上导冷却器和转动部分中心调整
- (15) 回装水封和水导油盆
- (16) 调水导瓦间隙，调下导、上导瓦间隙
- (17) 三导轴承回装、加油
- (18) 励磁机转子、定子回装
- (19) 励磁机转子、定子回装
- (20) 永磁机回装
- (21) 试运转

6.立式水轮发电机组检修的质量标准

6.1 永磁机

- (1) 空气间隙与平均间隙的差应小于平均间隙（正负 5%）
- (2) 机座绝缘应大于（0.3 欧姆用 500V 摇表）
- (3) 轴端摆度应小于 0.3mm

6.2 励磁机

- (1) 空气间隔与平均间隙之差应小于半径间隙的（正负 10%）
- (2) 滑环摆度应小于 0.30mm

6.3 发电机定子、转子

- (1) 转子的椭圆度（即半径与平均半径之差）应小于设计空气间隙的 5%
- (2) 磁极中心高差允许（正负 1mm）
- (3) 定子椭圆度应小于设计空气间隔（正负 10%）
- (4) 水导、法兰、下导全摆度应不大于（0.02mm/m）
- (5) 转子起吊时挂绳应对称，夹角间隙小于 60°
- (6) 运行中定子振动应小于 0.03mm
- (7) 空去间隙偏差应小于平均间隙的（正负 10%）

6.4 机架

- (1) 上、下机架水平误差应小于 0.10mm/m，中心偏差 0.5mm，高量程误差允许（正负 1mm）
- (2) 上、下机架水平、垂直振动应小于 0.06mm

6.5 发电机轴承

- (1) 推力瓦研刮接触点 3~5 点/cm²，局部不接触面小于（2%），总和应小于（百分之 6）：最后以支持螺丝为中心，在瓦长 1/2，宽 1/2 部分刮 0.01mm，再在瓦长 1/4，宽 1/4 部分在刮出 0.01mm，这两次刀纹应垂直进油边宽 10mm，斜度 100: 5
- (2) 导轴承研接触点 2~4 点/cm²，局部不接触面应小于（2%）总和应小于（8%），进油边与推力瓦进油边相同
- (3) 镜板的动、静水平应在 0.02mm/m 以内
- (4) 卡环上部间隙应小于 0.05mm，总长小于（20%）但不能集中在一起

- (5) 推力瓦、受力，最后一次卡板移动距离均在 0~1mm 内即为合格
- (6) 导瓦与下托板接触面应无间隙，与上压板间隙应在 0.15~0.30mm 内
- (7) 推力瓦座、镜板、每块上、下导瓦绝缘应大于（100 兆欧），充沛后总绝缘应大于 0.3 兆欧

6.6 空气冷却器、油冷却器

- (1) 冷却器均应进行 3.5Kg/cm² 水压试验 30 分钟应无漏，装好后进行同样的试验应无漏
- (2) 空气冷却器与支架接缝处应垫 3~5mm 毛毡

6.7 风闸（制动器）

- (1) 风闸应进行 90Kg/cm² 耐压试验 30 分钟，压力降应不低于 79Kg/cm²，装后管路进行 70Kg/cm² 试验，10 分钟应无漏
- (2) 风闸顶面标高相关应小于 1mm
- (3) 风闸顶面至制动环的距离偏差应不大于平均距离的（20%）

6.8 导水机构

- (1) 导叶端面间隙设计 0.30~0.65mm，上部应为总间隙的（60%~ 70%）调好后一人手动，动应灵活
- (2) 导叶立面间隙不大于 0.05mm，间隙长应不大于导叶长的 1/3
- (3) 导叶无水操作油压应小于 4Kg/cm²，压紧行程为 2~3mm

6.9 水轮机轴承、密封、转轮等

- (1) 水导总间隙应在规定值内，椭圆度小于实际间隙的（30%）
- (2) 盘根接头应留 6~12mm 间隙，各层接头应错开 90°
- (3) 转轮水平应调至 0.02mm/m 以内
- (4) 联轴螺丝伸长值为 0.10~0.16mm
- (5) 转轮迷宫环不圆度应小于平均间隙的（20%）
- (6) 迷宫环高低错位小于 2mm
- (7) 大量补焊后，静平衡力矩应小于 0.5Kgm
- (8) 水导面摆度应不大于 0.02mm/m
- (9) 气蚀裂纹补焊后，应无夹渣、气孔，打磨平滑，符合叶型要求
- (10) 盘根压盖、水箱盖与轴的间隙应均匀

7.附录

7.1 项目管理

水力机组安装与检修涉及的工作面多，工程量大、工序复杂，为提升工作效率，一般应将此项工作按照项目管理的要求开展工作。一是，成立检修专班，明确各自的工作职责；二是编制科学的检修安装方案，三是绘制工程项目进度计划表，绘制横道图和网络图，严格按照工程计划的时间节点开展工作。学生应初步了解网络图的应用，掌握计划工期、实际工期、自由时差、总时差的基本概念，建立工程项目管理的意识。

7.2 思考题

- (1) 导水机构是由哪些零部件组成的？
- (2) 导水机构中分半键起什么作用？
- (3) 导水机构的拆卸顺序和安装顺序各是怎样的？
- (4) 什么是导叶的端面间隙？怎样调整？调整至什么程度？
- (5) 什么是导叶的立面间隙？怎样调整？调整至什么程度？
- (6) 水轮机导轴承的作用是什么？其结构组成是怎样的？
- (7) 水导轴承卸装顺序是怎样的？轴瓦间隙怎样调整？
- (8) 水导瓦是怎样刮出来的？有什么要求？
- (9) 主轴密封安装在什么部位？属于什么类型？由哪些部分组成？
- (10) 补气装置安装在什么部位？有什么作用？
- (11) 立方机组的下机架起什么作用？下导轴承属于什么类型？
- (12) 制动器的结构是怎样的？工作原理是什么？起什么作用？
- (13) 立式机组的上机架起什么作用？上导轴承属于什么类型？怎么调整轴承间隙？
- (14) 接力轴承起什么作用？位于什么部位？推力瓦的水平怎样测量？怎样调整？
- (15) 机组的转动部分是指什么？它们的重量在停机时支承在什么地方？在运行时支承在什么地方？是怎样传递的？
- (16) 推力轴承、上导、下导、水导分别是怎样冷却的？
- (17) 机组盘小车是什么意思？盘小车的目的是什么？是怎样达到目的？
- (18) 机组盘大车是什么意思？盘大车的目的是什么？是怎样达到目的？
- (19) 整个水轮发电机组拆卸和回装的顺序各是什么？
- (20) 检修中使用了那些工具和量具？它们是怎样使用的？
- (21) 油、气、水系统的作用各是什么？
- (22) 调速器的作用是什么？它是怎样反映机组转速的？
- (23) 主阀的作用是什么？动作原理是什么？旁通阀在什么部位？起什么作用？

7.3 实习报告的内容

- (1) 水电站的基本情况及其机组基本参数。
- (2) 本次机组检修的项目和内容。
- (3) 检修工具及其使用方法和作用。
- (5) 检修的流程和主要质量标准
- (6) 本次检修实习的心得体会。