

# 浅谈水电站立式机组安装

解志强

河北省水利工程局集团有限公司建筑安装分公司 河北 石家庄 050000

**摘要：**水电站立式机组安装涉及多环节与复杂技术。本文先阐述其理论基础，包括机组结构、核心技术原理及通用原则；接着介绍核心安装流程，涵盖基础处理到辅助系统安装；随后说明质量控制要点，涉及关键指标、精度保障及过程把控；最后探讨安全与管理保障，含安全防护、施工组织及常见问题预防。为水电站立式机组科学安装提供参考。

**关键词：**水电站；立式机组；安装流程；质量控制；安全保障

引言：水电站作为重要的能源供应设施，立式机组安装质量直接影响其发电效率与稳定性。立式机组结构复杂，由众多核心部件构成，各部件安装相互关联、环环相扣。从基础处理到部件安装，再到辅助系统接入，每个环节都需精准操作。安装过程涉及机械、电气、液压等多领域知识，对技术和管理要求较高。深入研究水电站立式机组安装，对保障水电站安全高效运行意义重大。

## 1 水电站立式机组安装的理论基础

### 1.1 立式机组的基本结构组成

核心部件包含转轮、主轴、导水机构、发电机定子与转子、推力轴承等。转轮承接水流能量，是能量转换的起始部件，其安装位置直接影响后续主轴传递力矩的效率。主轴连接转轮与发电机，承担传递旋转力矩的作用，安装时需与转轮、发电机转子保持稳定衔接。导水机构调节水流流量与方向，为转轮提供稳定水流，安装角度需与转轮叶片适配。发电机定子固定于机坑，形成磁场，转子在磁场中旋转切割磁感线产生电能，两者安装间隙需精准控制。推力轴承承受机组转动部分的轴向重量，安装平整度决定机组运行时的稳定性。水流冲击转轮使其旋转，转轮通过主轴将机械能传递至发电机转子，转子在定子形成的磁场中转动，实现机械能向电能的转换。各部件在运行中相互配合，导水机构根据发电需求调节水流，推力轴承平衡轴向力，主轴保证力矩传递的顺畅，共同维持机组稳定运行。

### 1.2 安装的核心技术原理

精度控制聚焦同轴度、高程与水平度及部件间隙。同轴度控制通过测量与调整，使主轴、转轮、发电机转子中心线保持一致，减少运行中的振动。高程与水平度校准依托测量工具，确保定子、推力轴承等部件处于设计基准面，为转动部件提供稳定支撑。部件间隙调整依据力学平衡原理，通过增减垫片等方式，使转动部件与

静止部件间的间隙符合设计要求，避免运行中出现摩擦或能量损耗。部件协同安装注重静止部件与转动部件的适配。静止部件如定子、机座先行安装，为转动部件如转子、主轴提供安装基准。各系统安装顺序遵循先机械后电气再液压的逻辑，机械部件搭建起机组主体框架，电气部件随后完成电能输出相关装置的布设，液压系统最后接入导水机构等执行部件，保障各系统在运行中相互呼应，提升机组整体稳定性。

### 1.3 安装的通用原则

精准性原则要求在安装全过程把控各部件误差。从基础浇筑到部件就位，每一步都通过测量与调整，将误差控制在允许范围内，为机组长期稳定运行奠定基础。顺序性原则强调遵循先基础后部件、先静止后转动的流程。基础工程完成后再进行各部件安装，静止部件安装稳固后再吊装转动部件，使安装过程逻辑连贯，避免后续调整对已安装部件造成影响。协同性原则注重协调机械、电气、液压等多系统安装。各系统安装过程中相互兼顾，机械部件预留电气线路与液压管路的安装空间，电气与液压系统安装时考虑对机械部件运行的影响，实现整体适配，保障机组运行时各系统协同发挥作用。

## 2 水电站立式机组核心安装流程

### 2.1 基础处理与埋件安装

机组基础清理需铲除混凝土表面残留的杂物、浮浆及缺陷部位，露出坚实基层。找平工作通过在基础表面布设测量点，采用研磨或浇筑找平层的方式，使基础高程与水平度达到设计标准，为后续部件安装提供稳定基准。关键埋件安装先进行尾水管就位，调整尾水管中心轴线与设计中心线重合，通过支撑件固定位置后浇筑二期混凝土。座环安装需与尾水管上口精准对接，利用水平仪与百分表校准座环水平度，通过调整垫片控制高程，确保座环法兰面平整。基础环安装时贴合座环下法

兰, 校准中心位置与垂直度, 缝隙处采用密封材料填充, 防止运行时漏水, 所有埋件固定后需再次复核尺寸, 保障后续安装精度。

## 2.2 转动部件安装

转轮与主轴组装前需清理连接面油污与杂质, 将转轮法兰与主轴法兰对齐, 穿入连接螺栓并分次均匀拧紧, 确保连接牢固。通过百分表测量转轮端面跳动与径向跳动, 若偏差超出允许范围, 采用研磨法兰面或调整螺栓紧度的方式修正, 保障转轮转动时的稳定性。主轴吊装借助专用吊具缓慢起吊, 通过缆风绳调整主轴垂直度, 利用水准仪校准高程, 使主轴轴线与设计轴线一致。推力轴承安装前需清洗轴承座与轴瓦, 将轴瓦均匀布置在轴承座内, 吊装主轴使轴颈与轴瓦贴合, 通过塞尺检查贴合间隙, 符合要求后加注润滑油脂, 形成稳定油膜, 减少运行时的摩擦损耗。

## 2.3 静止部件安装

导水机构安装先将导叶轴穿入导叶臂, 再将组装好的部件安装在座环导叶槽内, 调整导叶两端间隙, 确保各导叶间隙均匀。转动控制环, 检查导叶开关灵活性, 若存在卡阻, 通过调整导叶臂位置或研磨导叶边缘解决, 保障导水机构能精准调节水流。发电机定子吊装前清理机坑基础, 吊装定子后通过水平仪校准定子水平度, 利用千斤顶调整定子中心位置, 使其与机组基准中心线重合。转子吊装时缓慢落入定子内, 通过塞尺测量定转子气隙, 沿圆周方向多点检测, 调整转子位置使气隙均匀, 为发电机高效发电提供保障。

## 2.4 辅助系统安装

润滑系统安装需按设计路径铺设润滑管路, 管路连接采用法兰或卡套式接头, 连接处加装密封垫片, 确保无渗漏。安装油泵与油箱, 连接管路 with 推力轴承等润滑部位, 启动油泵检查管路通畅性, 调整油压至设计值。冷却系统铺设冷却水管路, 安装冷却器与水泵, 管路与机组发热部件连接, 启动系统检查冷却液循环情况, 确保散热效果达标。控制系统安装先将调速器、励磁装置等设备固定在机房指定位置, 连接设备与导水机构、发电机的控制线路, 敷设信号电缆并做好屏蔽处理。电气设备安装包括配电柜、互感器等, 连接机组电源线路与控制线路, 完成接线后进行绝缘测试, 模拟运行检查信号传输是否稳定, 控制指令能否准确执行。

# 3 水电站立式机组安装的质量控制要点

## 3.1 关键安装指标控制

同轴度控制需在主轴、转轮、发电机转子安装各阶段开展测量。安装前清理各部件连接面, 消除杂质对测

量的干扰。采用激光对中仪沿部件轴线方向布设测量点, 实时监测中心线偏差。发现偏差时, 通过调整转轮与主轴连接螺栓紧度、微调发电机转子支撑装置等方式修正, 使三者中心线保持一致, 减少运行中的振动与磨损。间隙与配合精度控制聚焦导叶与转轮、定转子之间的间隙。导叶安装后, 用塞尺沿导叶边缘多点测量与转轮的间隙, 通过调整导叶臂位置使间隙均匀。定转子安装时, 沿圆周方向间隔测量气隙, 根据测量结果微调转子位置, 确保气隙符合设计要求。同时检查各运动部件的配合状态, 通过研磨部件接触面、调整连接部件位置等方式, 保障配合精度, 避免运行中出现摩擦、卡阻等问题。高程与水平度控制贯穿安装全过程。基础处理阶段, 用水准仪测量基础表面高程, 通过找平层调整使基础高程达标。座环、定子等部件安装时, 用水平仪放置在部件法兰面, 测量水平度偏差, 通过增减调整垫片修正。主轴安装后, 测量其高程与垂直度, 结合相关部件位置进行调整, 确保各部件高程与水平度符合设计标准, 为机组稳定运行奠定基础。

## 3.2 安装精度保障措施

测量与校准手段注重工具选用与操作规范。根据测量项目选择适配的高精度测量工具, 如激光对中仪、精密水准仪等。定期将测量工具送至专业机构校验, 确保测量精度。测量时遵循操作流程, 对同一测量点进行多次测量, 取平均值减少误差。同时采用交叉验证方式, 用不同测量工具对同一指标测量, 对比结果确保数据可靠。误差修正方法需针对不同偏差类型采取措施。对于部件表面不平整导致的偏差, 采用研磨机对接触面打磨, 使表面粗糙度达标。对于部件位置偏差, 通过增减调整垫片、微调支撑装置等方式修正。关键部件安装过程中, 实时监测偏差变化, 根据监测数据动态调整修正措施, 确保安装精度始终处于允许范围内。

## 3.3 过程质量把控

工序交接检验需严格执行。每道工序完成后, 由质量检查人员按照设计标准与规范进行检验, 检查部件安装位置、尺寸精度、连接牢固度等指标。检验合格后, 填写检验记录, 明确施工人员与检查人员信息, 方可进入下一道工序。若检验不合格, 需及时整改, 重新检验合格后方可继续施工。隐蔽工程检查需重点关注。埋件安装时, 检查密封材料填充是否饱满、贴合是否紧密, 确保无渗漏隐患。管路连接完成后, 检查接头密封是否良好、管路固定是否牢固, 通过压力试验检测管路密封性。检查过程中做好记录, 留存影像资料, 便于后续追溯。隐蔽工程覆盖前, 需再次确认质量合格, 避免后期

出现问题难以维修。

#### 4 水电站立式机组安装的安全与管理保障

##### 4.1 安全防护措施

高空作业防护需搭建稳固的安全脚手架，脚手架立杆间距与横杆步距按规范设置，外侧悬挂密目安全网，网片边缘与脚手架紧密贴合。作业平台边缘安装防护栏杆，栏杆高度与间距符合安全标准。作业人员必须穿戴安全带与安全帽，安全带挂钩挂在牢固的构件上，避免低挂高用。高空传递工具与材料使用绳索吊运，禁止抛掷，确保作业过程中人员与物品安全。吊装作业安全先检查起重机、吊具、钢丝绳等设备性能，查看设备运行状态与磨损情况，存在隐患及时更换。明确吊装指挥人员，指挥信号采用统一规范的手势与口令，避免信号混淆。起吊前调整吊点位置，使吊物重心与吊钩中心线一致，起吊时缓慢提升，待吊物稳定后再移动。吊装过程中控制速度与角度，避开周围建筑物与其他设备，防止吊物碰撞或坠落。电气与机械安全要求安装前切断作业区域无关电源，配电箱上锁并悬挂警示标识。电气设备接线前进行绝缘测试，接线完成后检查线路连接是否牢固，避免漏电。操作机械设备时严格按照操作规程进行，开机前检查设备各部件状态，运行中观察设备运行情况，发现异常立即停机。机械设备转动部位安装防护罩，防止人员接触造成伤害。

##### 4.2 施工组织管理

人员分工与协作需明确各岗位职责，划分安装小组、测量小组、安全小组等。安装小组负责部件吊装与组装，测量小组负责安装精度监测，安全小组负责现场安全检查与监督。建立日常沟通机制，每日召开班前会，明确当日工作任务与注意事项，班后会总结当日工作情况，协调解决遇到的问题。各小组之间保持密切配合，安装过程中遇到问题及时沟通，确保各环节衔接顺畅。进度与流程管控需制定详细的安装进度计划，明确各工序开始与完成时间，标注关键节点。安排专人跟踪施工进度，对比实际进度与计划进度，发现滞后及时分

析原因。优化安装流程，合理安排各部件安装顺序，避免不同工序在同一区域交叉作业导致冲突。根据现场实际情况调整施工计划，确保资源配置合理，减少窝工现象，保障安装工作按计划推进。

##### 4.3 常见问题预防

设备变形预防要求部件存放时根据形状与重量选择合适的支撑方式，大型部件如转轮、定子采用专用支架支撑，支架受力均匀，避免部件因自重产生变形。安装过程中吊装大型部件时，选用合适的吊具，避免吊点不当导致部件受力不均。控制安装环境温度与湿度，高温天气采取遮阳措施，潮湿环境加强通风，减少温度与湿度变化对部件精度的影响，降低变形风险。安装偏差累积预防需在每道工序完成后严格检测安装误差，将误差控制在允许范围内，避免前道工序误差叠加影响后续安装。关键环节如主轴安装、定转子组装完成后，进行多次复核测量，采用不同测量方法验证数据准确性。发现微小偏差及时采取修正措施，通过调整垫片、研磨接触面等方式消除偏差，防止偏差累积影响机组整体安装精度。

##### 结束语

水电站立式机组安装是一项复杂且系统的工程，涉及理论基础、安装流程、质量控制及安全保障等多个方面。各环节紧密相连、相互影响，任何一个环节出现问题都可能影响机组的安装质量与运行性能。在实际安装过程中，需严格按照规范要求操作，加强各环节的把控，不断提升安装技术水平，以确保水电站立式机组能够安全、稳定、高效地运行。

##### 参考文献

- [1]何冰清,李曼.水轮发电机组状态监测与故障诊断分析[J].水电站机电技术,2024,47(11):22-25.
- [2]李红军,尤军波.水电机组检修风险管理探究[J].现代职业安全,2021,(09):99-100.
- [3]刘嘉晟,廖欢.水电站水轮发电机组选型设计技术研究[J].水电站机电技术,2024,47(10):14-16.