

混流式水轮发电机组现场安装轴线调整工艺研究

李乾勇

华能澜沧江上游水电有限公司 西藏自治区 昌都 854000

摘要: 混流式水轮发电机组轴线调整是保障机组稳定运行的核心工艺。本文首先阐述轴线构成、偏移因素及调整原则,接着介绍轴线测量准备、方法及关键控制点,随后详细说明转子、定子、转轮与主轴连接部位及轴线联动调整工艺,最后分析轴线调整中局部偏移反复、整体偏移且偏差值不稳定等异常现象,并提出针对性处理工艺。通过系统研究,为混流式水轮发电机组现场安装轴线调整提供技术参考。

关键词: 混流式水轮发电机组; 轴线调整; 测量工艺; 调整工艺; 异常处理

引言: 混流式水轮发电机组作为水电站关键设备,其轴线精度直接影响机组运行稳定性与安全性。现场安装过程中,轴线调整涉及多部件协同校准,需综合考虑设备加工精度、安装工艺及环境因素等。由于机组结构复杂、安装精度要求高,轴线调整易出现局部偏移反复、整体偏差值不稳定等问题,影响安装效率与质量。因此,研究轴线调整工艺对提升机组安装水平具有重要意义。

1 混流式水轮发电机组轴线相关核心基础

1.1 混流式水轮发电机组轴线构成

混流式水轮发电机组轴线是机组稳定运行的核心基准,由多个关键部件的中心连线共同组成,贯穿机组上下核心结构^[1]。轴线主要涵盖水轮机转轮主轴、发电机转子主轴,以及连接两者的联轴器等关键部件,各部件的中心连线需保持高度重合,形成统一的机组旋转轴线。主轴作为轴线的核心承载部件,承担着传递转矩、带动转轮与转子旋转的重要作用,直线度直接决定轴线整体精度。联轴器用于衔接水轮机与发电机主轴,需确保连接后两主轴中心对齐,避免衔接偏差导致轴线偏移。轴线构成还与机组轴承、密封装置等部件密切相关,各部件的安装精度与结构完整性,共同保障轴线的稳定性与准确性,为机组后续安装与运行奠定基础。

1.2 轴线偏移的核心影响因素

轴线偏移的产生与设备自身、安装过程及环境条件等多方面因素相关,各因素相互作用可能导致轴线偏离标准基准。设备自身方面,主轴、转轮、转子等部件加工精度不足,会使部件自身存在直线度偏差,装配后直接引发轴线偏移。部件材质不均或存在应力残留,在机组运行过程中易发生变形,进而破坏轴线原有精度。安装过程中,基准定位偏差会直接导致轴线偏移,安装时未精准校准各部件中心位置,会使各部件中心连线无法重合。装配过程中部件连接紧固力度不均,会造成局部

受力失衡,长期运行后引发轴线偏移。环境因素同样会影响轴线精度,温度变化会导致主轴等部件热胀冷缩,温度分布不均时,会使部件变形量不一致,引发轴线偏移;安装现场地面沉降、振动等,也会影响机组安装基准,间接导致轴线偏移。

1.3 轴线调整的核心原则与核心要求

轴线调整需遵循精准性、系统性、循序渐进的核心原则,以确保调整后轴线符合机组运行标准。精准性原则要求轴线调整过程中,测量数据精准、调整操作规范,严格把控各部件中心偏差,确保轴线直线度与同轴度达到设计要求。系统性原则要求调整过程中全面考虑各影响因素,兼顾各部件衔接关系,避免单一调整某一部件导致其他部位出现偏差,实现轴线整体精度优化。循序渐进原则要求按照先基准、后部件,先粗调、后精调的顺序开展调整工作,逐步缩小轴线偏差,确保调整过程稳定可控。轴线调整的核心要求包括,调整后轴线直线度与同轴度需符合机组设计标准,各部件连接紧固、受力均匀,无松动或应力集中现象。调整过程中需做好各环节记录,便于后续追溯与复检。调整需适配机组运行工况,确保调整后轴线在机组启停、负荷变化等不同工况下,均能保持稳定,避免再次出现偏移,保障机组长期安全稳定运行。

2 混流式水轮发电机组现场安装轴线测量工艺

2.1 轴线测量前的准备工作

轴线测量前需做好全面准备,为精准测量奠定基础。首先完成测量工具与设备的选型与检查,选用精度符合设计要求的测量仪器,对仪器进行全面调试与校准,确保测量数据准确可靠。清理测量现场环境,移除影响测量操作的杂物,平整作业场地,避免场地不平导致测量基准偏移。检查机组相关部件,清理主轴、联轴器、转轮等部件表面的油污、灰尘与杂物,确保部件表面平整

光滑,避免杂物影响测量精度^[2]。确立统一的测量基准,结合机组安装图纸,精准定位测量基准点,标记清晰且固定牢固,防止测量过程中基准点移位。整理好测量所需的相关技术资料,明确测量标准与允许偏差范围,规范测量操作流程,确保测量工作有序开展。

2.2 轴线测量核心方法与操作流程

轴线测量采用适配混流式水轮发电机组结构特点的核心方法,结合现场安装工况优化操作流程。测量方法以百分表测量法为主,搭配水平仪、水准仪等辅助仪器,实现对轴线直线度与同轴度的全面测量。操作流程需遵循规范步骤,先将测量支架固定牢固,确保支架无晃动、无偏移,将百分表精准安装在支架上,调整百分表位置,使测头与主轴表面紧密贴合且压力适中。随后转动主轴,按照均匀间隔划分测量点位,逐点记录百分表读数,用辅助仪器测量各点位的水平与垂直偏差数据。测量过程中需按顺时针或逆时针统一方向转动主轴,确保每个测量点位的测量条件一致,完成一轮测量后,反向转动主轴重复测量,核对两次测量数据的一致性,减少测量误差。

2.3 测量过程中的关键控制要点

测量过程中需把控多个关键要点,确保测量精度与测量工作安全有序。严格控制测量仪器的稳定性,测量过程中避免触碰仪器与支架,防止仪器移位导致测量数据失真,定期检查仪器运行状态,及时调整仪器参数。控制主轴转动速度,保持匀速转动,避免转速过快导致测头磨损或数据记录不及时,转速过慢则可能增加环境因素对测量的影响。精准记录测量数据,每个点位的读数需反复核对,如实记录,不随意涂改数据,确保数据的真实性与可追溯性。注意测量环境的控制,避免在高温、潮湿、振动剧烈的环境下开展测量工作,温度变化较大时,需预留仪器适应时间,减少温度对测量精度的影响。测量过程中做好部件保护,避免测量仪器与机组部件发生碰撞,防止部件表面受损,影响后续安装与运行。

3 混流式水轮发电机组现场安装轴线调整核心工艺

3.1 轴线调整的前期准备

轴线调整前需完成全方位准备工作,保障调整工艺顺利推进^[3]。设备方面,全面检查机组各核心部件,清理表面杂物与污渍,排查部件松动、变形等隐患,确保部件处于可调整状态。工具准备需贴合调整需求,选用精度达标、性能稳定的调整工具,对千斤顶、扳手、校准仪等工具进行全面调试与检查,避免工具故障影响调整精度。人员适配需兼顾专业能力与操作规范,参与调整的人员需熟悉机组结构与调整工艺,掌握各类工具的正确使用方法,提前开展专项培训,明确调整流程与操作标准,

确保操作过程规范有序,为轴线调整奠定坚实基础。

3.2 转子轴线调整工艺

转子轴线调整需依托前期测量数据,按照规范流程逐步推进。先将转子固定在指定位置,结合测量得出的偏差数据,确定调整方向与调整量。采用精准调整工具,对转子支撑部位进行微调,调整过程中实时监测转子轴线变化,逐步缩小偏差。调整时注重受力均匀,避免局部受力过大导致转子变形,兼顾转子与主轴的衔接关系,确保调整后转子轴线与主轴中心保持一致。调整完成后,静置一段时间,再次检测转子轴线精度,确认无偏移后,固定转子位置,完成转子轴线调整。

3.3 定子轴线调整工艺

定子轴线调整需与转子轴线调整相互配合,保障两者同轴度符合设计要求。结合测量数据,明确定子轴线与标准基准的偏差情况,确定调整方案。调整过程中,重点把控定子安装位置,采用适配工具微调定子支撑脚,逐步校正定子轴线偏差。调整时需实时测量定子与转子之间的间隙,确保间隙均匀,避免间隙偏差导致后续运行异常。注重定子固定稳定性,调整到位后,紧固定子连接部件,防止运行过程中定子移位,再次检测定子轴线精度,确保调整效果达标。

3.4 转轮与主轴连接部位轴线调整工艺

转轮与主轴连接部位是轴线偏差的易发生处,调整过程需注重衔接精度。先检查连接部位的贴合情况,清理连接面的杂物与污渍,确保连接紧密无间隙。结合测量数据,排查连接部位的轴线偏差,采用精准调整工具,微调转轮位置,校正轴线偏差。调整过程中,监测连接部位的受力情况,避免连接松动或应力集中,确保转轮与主轴同轴转动。调整完成后,紧固连接部件,再次检测连接部位的轴线精度,确认无偏差后,完成该部位轴线调整,保障转轮与主轴协同运行稳定。

3.5 轴线联动调整工艺

轴线联动调整是保障机组整体轴线精度的关键环节,需整合各部件调整成果,实现全方位校准。联动调整前,汇总转子、定子、转轮与主轴连接部位的调整数据,确认各单一部件轴线精度达标。随后启动机组空载试运行,实时监测整体轴线运行状态,排查各部件衔接处的轴线偏差,采用针对性调整措施,逐步优化整体轴线精度^[4]。调整过程中,注重各部件运行的协调性,避免单一调整某一部件影响其他部位精度,逐步缩小整体轴线偏差。联动调整完成后,停止机组运行,全面检测整体轴线直线度与同轴度,确认符合设计要求后,完成整个轴线调整工艺,为机组后续稳定运行提供保障。

4 混流式水轮发电机组现场安装轴线调整的常见问题及处理工艺

4.1 轴线调整过程中的常见异常现象

4.1.1 轴线局部偏移反复出现

轴线调整过程中,部分关键部位偏差经校正后,再次开展精度检测时,偏移现象仍会重复出现,难以实现稳定达标。此类异常多发生在转子与主轴衔接处、转轮与主轴连接部位等受力集中区域,偏移幅度虽不大,但反复出现会干扰整体调整进度,影响后续联动调整的精度。偏移反复主要与部件固定不牢、调整时受力不均、环境振动干扰或调整后未充分静置有关,需精准排查根源后再进行针对性处理,避免盲目重复调整。

4.1.2 轴线整体偏移且偏差值不稳定

调整作业中发现轴线整体偏离标准基准,且多次测量得出的偏差值波动较大,无固定规律可循。此类异常会直接导致机组各核心部件衔接间隙不均,影响部件配合精度,进而埋下后续运行隐患。偏差值不稳定多由测量基准移位、调整工具精度不足、部件存在隐性变形或现场环境温度波动过大引发,需先解决基准、工具与环境等基础问题,再推进轴线校正工作,否则难以实现调整达标。

4.2 异常现象的针对性处理工艺与操作流程

4.2.1 轴线局部偏移反复的处理工艺与操作流程

当遭遇轴线局部偏移反复这一棘手问题时,处理此类异常需先停止当前调整操作。随后全面排查偏移部位的部件固定情况,逐一检查连接螺栓、紧固件的紧固程度,及时紧固松动部件,确保部件安装牢固无松动。重新检测调整工具与测量仪器的精度,对精度不达标的工具进行校准,无法校准的及时更换,避免工具误差导致调整偏差。调整时采用分步微调的方式,控制每次调整量,避免一次性调整过大造成受力失衡,每次微调后静置一段时间,实时监测偏移部位的精度变化,确认无回弹后再开展下一步调整,调整完成后进行多次重复检测,确保偏移现象彻底消除,保障局部轴线精度稳定。

4.2.2 轴线整体偏移且偏差值不稳定的处理工艺与操作流程

若出现轴线整体偏移且偏差值不稳定的情况,这往往意味着问题较为复杂,需谨慎对待。处理前先重新校准测量基准,加固基准点,确保基准位置固定无移位,避免基准偏差影响测量与调整精度^[5]。更换精度不达标的测量与调整工具,对所有工具进行全面调试,保障数据测量与调整操作的精准性。全面检查机组核心部件,排查部件隐性变形隐患,对存在变形的部件进行针对性校正,无法校正的及时处理后再继续调整。调整时先粗调轴线整体位置,逐步缩小整体偏差,再针对各局部部位进行精细化微调,每一步调整后均进行数据测量与记录,跟踪偏差变化趋势,确保偏差值逐步趋于稳定,最终使轴线整体直线度与同轴度符合设计要求,保障后续机组安装与运行安全。

结束语

混流式水轮发电机组现场安装轴线调整工艺复杂且关键。从轴线基础认知到测量工艺实施,再到各部件及整体联动调整,每个环节都需严谨操作。针对调整中出现的局部偏移反复、整体偏移且偏差值不稳定等异常,采取有效处理工艺可保障调整效果。严格遵循相关工艺要求,能确保机组轴线精度,为机组长期稳定运行筑牢根基,推动水电事业持续发展。

参考文献

- [1]王承,唐善安,蔡小林.水轮发电机组轴线调整技术探讨[J].水利水电快报,2022,43(3):72-76.
- [2]王孟,余天才.立轴冲击式水轮发电机组轴线调整与应用[J].云南水力发电,2023,39(5):92-95.
- [3]卢志平.高转速混流卧式水轮发电机组安装关键技术[J].水电站机电技术,2024,47(11):10-13.
- [4]王俊康,高锐,黄华平.悬吊型水轮发电机组轴线问题的分析与处理[J].水电与新能源,2024,38(4):67-70.
- [5]徐耀刚,张伟林,白超,等.水轮发电机组声光一体中心测量工具研制[J].水电站机电技术,2023,46(9):80-82,86.