

浅谈水电站转子和定子安装施工技术

孙旭峰

山西省水利建筑工程局集团有限公司 山西 太原 030000

摘要: 在全球致力于清洁能源发展的大背景下,水电站凭借可再生、无污染等优势,在能源供应体系中占据愈发重要的地位。本文围绕水电站转子和定子安装施工技术展开探讨。阐述了水电站转子和定子安装施工技术的重要性,详细介绍了转子安装施工技术,涵盖安装前准备、支架安装调整、磁极安装、极间引线及阻尼环安装、电气检查试验、静平衡试验等环节;同时阐述了定子安装施工技术,包括安装前准备、机座组圆焊接、测圆架组装就位调整、定位筋安装、铁芯堆积压紧等内容。旨在为水电站转子和定子的安装施工提供技术参考,确保水电站稳定运行。

关键词: 水电站;转子;定子安装;施工技术

引言: 随着能源需求的不断增长,水电站作为清洁、可再生能源的重要组成部分,其建设和运行备受关注。水电站的核心设备转子和定子的安装施工技术,直接关系到水电站的发电效率、运行稳定性和安全性。科学合理的安装技术能够保障设备的正常运转,减少故障发生概率,延长设备使用寿命。将深入探讨水电站转子和定子安装施工技术的各个环节,分析其要点和关键技术,为相关工程实践提供有益的指导和借鉴。

1 水电站转子和定子安装施工技术的重要性

在水电站的建设与运营体系中,转子和定子安装施工技术具有不可替代的重要地位。第一,从保障设备稳定运行角度看,转子和定子作为水电站的核心部件,如同人体的心脏,其安装质量直接影响设备能否稳定运行。若安装过程出现偏差,如转子不平衡或定子铁芯安装不牢固,运行时将引发剧烈振动,不仅缩短设备使用寿命,严重时甚至导致设备损坏,造成停机事故,给水电站带来巨大经济损失。第二,就提升发电效率而言,精准的安装技术能确保转子和定子之间的间隙均匀,降低能量损耗,让电磁转换过程更加高效。这样一来,水能就能最大限度地转化为电能,提高水电站的发电效益,实现资源的高效利用。第三,合理的安装施工技术对保障生产安全至关重要。安装规范的转子和定子,可以有效减少因设备故障引发的安全事故,保护工作人员的生命安全,为水电站营造安全稳定的生产环境。在项目建设中,严格把控转子和定子安装施工技术,是推动水电站安全、高效、可持续发展的关键^[1]。

2 水电站转子安装施工技术

2.1 转子安装前的准备工作

施工前期,技术团队组织不少于3次的图纸会审,不仅要熟悉转子的整体结构、安装流程,还要结合现场实

际条件,对安装方案进行优化。在技术交底会上,除了讲解常规的技术要求,还通过动画模拟、现场演示等方式,加深施工人员对关键环节的理解。对设备与工器具的检查,实行“双审核”制度。一方面由设备管理人员进行检查,另一方面由技术负责人进行复核。重点检查吊车的制动系统、钢丝绳磨损情况,确保起吊安全;校验全站仪、百分表等测量仪器,保证测量精度。在场地处理方面,不仅要清理杂物、平整地面,还要在设备存放区铺设防潮垫,防止设备受潮。在起吊作业区安装防护栏,设置声光报警装置,提醒周边人员注意安全。

2.2 转子支架的安装与调整

转运转子支架时,采用减震运输平台,降低运输过程中的震动。在支架底部安装传感器,实时监测运输状态。吊运过程中,使用4台对讲机进行指挥,确保起吊操作的协同性。支架就位后,利用三点支撑法进行初步定位,再通过水准仪测量支架的水平度,经纬仪测量垂直度。调整过程中,采用高精度垫片,每次调整量控制在0.1mm以内。在支架的关键部位设置多个测量点,形成测量网络,确保调整的全面性和准确性。调整完成后,使用磁粉探伤仪检查支架表面是否存在裂纹,对连接螺栓进行扭矩测试,确保连接牢固。

2.3 磁极的安装

磁极安装前,建立“双检双测”制度。由两名技术人员分别对磁极进行外观检查,使用光学显微镜检查磁极表面的细微缺陷;采用两台不同的测试仪器,对磁极绕组的直流电阻、绝缘电阻进行测量,确保数据的准确性。吊运磁极时,使用专用的磁极吊具,在吊具与磁极之间垫上缓冲材料,防止碰撞。在磁极上安装角度传感器,实时监测磁极的吊运角度。安装过程中,通过调整起吊设备的位置和角度,使磁极精确就位。紧固螺栓

时,采用力矩扳手和液压拉伸器相结合的方式,按照对角线顺序分3次紧固,每次紧固后都要测量磁极的安装角度和位置,确保安装误差控制在设计允许范围内。

2.4 极间引线及阻尼环的安装

在极间引线安装环节,选用专业放线架,在放线前对其转动灵活性进行细致检查,确保引线能平稳放出,防止扭曲、缠绕。同时,依据设计图纸,使用记号笔在引线上每隔10cm精准标记安装位置,便于快速、准确铺设。连接引线时,启用恒温焊接设备,在焊接前将设备预热至 $300^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$ 规定区间,并借助温度传感器实时监测。焊接时,焊接点停留时间控制在3-5秒,保证焊接牢固。完成焊接后,先使用绝缘胶带紧密缠绕三层,再套上热缩管,通过热风枪均匀加热使其收缩贴合,达到双重绝缘效果。安装阻尼环时,采用激光定位仪确定阻尼环中心位置,与设计位置偏差控制在1mm以内。使用液压螺栓紧固设备,按照力矩标准,分4次对称紧固螺栓。每次紧固后,利用百分表、经纬仪检查阻尼环同心度和垂直度,同心度偏差不超过0.5mm,垂直度误差控制在0.2mm/m以内。对阻尼环的定位数据、螺栓力矩、同心度及垂直度等安装数据,详细记录并归档,形成完善的安装档案^[2]。

2.5 转子的电气检查及试验

在开展转子电气检查和试验前,组织技术骨干、安全专员等,结合设备说明书与行业标准,制定详尽的试验方案。方案中清晰界定试验步骤,如各项测试的先后顺序;明确技术要求,包括各参数的合格范围;制定周全的安全措施,如设置警示标识、安排专人监护。外观检查阶段,配备高清摄像头,以0.5米/秒的速度对转子绕组进行360度全方位拍摄,对绕组的绝缘层有无破损、连接点是否松动等状况进行记录。用绝缘电阻测试仪测绝缘电阻时,依据绕组额定电压选择匹配的测试电压,确保测试的准确性。开展直流电阻测试,运用双臂电桥,对每个绕组至少测量3次,取平均值,将测量精度控制在 0.01Ω 。交流耐压试验中,使用串联谐振耐压装置,以10%试验电压/秒的速度逐步升压,达到试验电压后,持续1分钟。期间,通过示波器实时监测试验波形,一旦出现异常,立即停止试验。

2.6 转子静平衡试验

在转子静平衡试验开展前,使用高精度水平仪对静平衡支架进行校准。沿支架纵横方向,每隔20cm测量一次,反复调整支架底部的调节螺栓,确保支架水平度误差严格控制在0.05mm/m以内。在转子圆周相隔 120° 的位置,精准安装3个高精度加速度传感器,并将其与数

据采集系统连接,实时监测转子的振动情况。测量数据自动传输至专业静平衡分析软件,软件依据数据计算出需添加或去除配重的质量和位置。添加或去除配重时,启用数控加工设备,严格按照计算结果制作配重块,确保配重块质量精度达到0.1g。安装配重块后,再次启动数据采集系统测量,根据新数据调整配重。经过多次调整,使用激光测量仪检测,将转子重心偏差控制在0.05mm以内。为防止配重块在设备运行时松动,采用氩弧焊对其进行焊接固定。

3 水电站定子安装施工技术

3.1 定子安装前的准备工作

定子安装前,组织技术、施工、质量等多部门开展不少于5次的专项研讨会,对施工图纸进行深度会审。不仅要掌握定子整体设计要求,还要针对现场的空间布局、吊运条件等,对安装方案进行多轮优化。在技术交底过程中,借助3D模型、虚拟现实技术,直观展示定子各部件的安装顺序与要点,提升施工人员对安装工艺的理解。对所需的设备与工装,建立严格的检验制度。由设备管理部门对吊车、行车等大型设备的机械性能、安全装置进行全面检查;技术部门对测圆架、全站仪等测量工装进行精度校验,确保所有设备与工装满足安装要求。在场地处理上,对安装场地进行分区管理,在定子机座组装区铺设专用的钢制平台,确保平台的平整度误差控制在2mm以内。在铁芯堆积区安装防尘罩,配置空气净化设备,将空气中的粉尘含量控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。同时,设置材料堆放区,对定子部件进行分类存放,并做好防潮、防锈措施,为定子安装提供优质的作业环境^[3]。

3.2 定子机座的组圆与焊接

定子机座通常由多个分瓣组成,在组圆过程中,采用定位销进行初步定位,确保各分瓣的相对位置准确。使用千斤顶对机座进行微调,通过全站仪测量机座的圆度、直径偏差,将圆度误差控制在0.5mm以内,直径偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 范围内。在焊接环节,焊接前对焊接部位进行预热,预热温度控制在 $150^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ 之间。采用氩弧焊打底、手工电弧焊填充的焊接工艺,焊接过程中使用焊缝跟踪仪,实时监测焊缝的质量。每完成一层焊接,使用超声波探伤仪对焊缝进行检测,确保焊接质量符合标准。焊接完成后,对机座进行整体退火处理,消除焊接应力,防止机座变形。同时,对机座的尺寸进行复查,确保机座的各项参数满足设计要求。

3.3 测圆架的组装与就位调整

测圆架组装质量直接关乎后续定子安装测量精度。组装前,技术人员要二次审核设计图纸,结合现场作业

空间、设备布局制定组装作业指导书。组装时,依照图纸给各部件编号,构建唯一标识,规避组装失误。用高强度螺栓连接各部件,借助扭矩扳手,分初拧、复拧、终拧三步操作,初拧至标准力矩 50%,复拧达 80%,终拧达到规定力矩,保障连接稳固。组装完成,使用高精度电子经纬仪和水准仪,每隔 50cm 选取测量点,测量测圆架垂直度与水平度,通过增减底部垫片,将垂直度误差控制在 0.2mm/m 以内,水平度误差控制在 0.1mm/m 以内。吊运时,采用 4 点起吊法,使用专业吊装带,安排专人指挥。到达安装位置后,借助微调装置,以 0.1mm 为单位调整位置,通过全站仪测量三维坐标,将中心偏差控制在 1mm 以内,利用标准量块校准测量臂至 0.01mm 精度,并在关键部位设置位移传感器,为定子安装打好基础。

3.4 定位筋的安装

在定位筋安装前,安排两名技术人员交叉对定位筋进行外观检查,采用强光手电筒辅助,仔细查看定位筋表面有无划伤、变形、裂痕等缺陷。随后,启用数控加工设备对定位筋进行精密加工,运用误差补偿技术,实时调整加工参数,保证定位筋的尺寸精度达到 $\pm 0.1\text{mm}$ 。在定位筋的指定位置安装定位销,并在销孔处涂抹适量防锈剂,增强定位稳定性。安装时,以测圆架为基准,每隔 20cm 对定位筋的半径进行测量,将半径偏差严格控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内。采用液压拉伸器紧固定位筋的连接螺栓,分初紧、中紧、终紧三次操作,初紧力矩为标准力矩的 40%,中紧至 70%,终紧达到规定力矩。每次紧固后,借助全站仪测量定位筋的空间位置,及时发现并纠正偏差。安装完成后,使用激光打标机在定位筋表面标注唯一编号,建立详细的质量追溯档案,记录加工、安装过程中的各项数据。

3.5 铁芯的堆积与压紧

在铁芯堆积前,设立专门的硅钢片检查区,安排技术人员借助强光放大镜,对每一片硅钢片进行全面检

查,确保硅钢片表面无毛刺、油污、锈斑等杂质。对于检查合格的硅钢片,分类整齐存放,并做好防护措施,防止二次污染。采用定制的专用堆片工装,严格按照设计要求的顺序进行硅钢片堆积。每堆积 10 层,便利用测圆架,沿着圆周均匀选取 8 个测量点,测量铁芯的圆度与垂直度,将圆度误差控制在 0.5mm 以内,垂直度误差控制在 1mm/m 以内。堆积过程中,每隔 50 层插入定位销,保证铁芯各层之间的相对位置准确,提升堆积精度。铁芯堆积完成后,安装液压紧装置,依据设计要求设定压紧力参数^[4]。压紧过程中,在铁芯顶部安装位移传感器,实时监测铁芯高度变化,确保压紧力均匀、稳定。压紧完成后,对铁芯的整体尺寸、圆度、垂直度等参数进行复查,使用专业检测设备对铁芯的磁性能进行测试,确保铁芯各项参数均满足设计要求,并整理记录相关数据,为后续设备调试提供依据。

结束语

综上所述,水电站转子和定子的安装施工,涵盖从前期准备、部件安装,到检查试验的多个复杂环节,每一步都对工程质量起着决定性作用。施工中,只有严格遵循技术规范,强化各环节的质量把控,借助专业设备与科学方法,精准完成各项操作,才能保障转子和定子的安装质量,为水电站的稳定运行筑牢根基。

参考文献

- [1]彭荣.火电厂辅机配电箱电机接地故障引起机组停运的分析与处理[J].电工技术,2022(23):279-280+283.
- [2]乔健,尹项根,王义凯,卢庆辉,谭力铭,朱凌进.变速抽蓄机组转子绕组接地故障保护及定位方法[J].电力自动化设备,2023,43(03):217-224.
- [3]冷述文,马晋辉,王敏,房东贤.基于电网全景模型的发电机组接地故障快速定位系统设计[J].电子设计工程,2022,30(03):126-130.
- [4]刘冲.关于水电站发电机组水轮发电机定子机座制作工艺探讨.2022.112-113.