

核电厂环吊安装过程中的重难点和常见问题分析

田东 陈春辉

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司

DOI:10.12238/ems.v7i6.13882

[摘要] 本文主要分析了核电厂环吊安装中的技术难题与解决方案,重点探讨了在 ACP1000、AP1400 和华龙一号机组环吊安装过程中面临的重难点问题。通过结合实际案例,结合专利技术(ZL202320866302.1、ZL202321078043.2)进行创新应用,提出了多项优化措施。研究内容包括高精度定位、吊装与对接、大型部件的安装、复杂环境中的安全风险控制以及安装过程中设备检查的关键技术等。通过技术调研、案例分析和对比研究,本文为核电厂环吊安装的效率和质量提升提供了理论支持与实践指导。

[关键词] 核电厂; 环吊; 安装重难点; 常见问题

一、引言

本研究致力于全面梳理核电厂环吊安装过程中的技术难题,并提出切实可行的解决方案,以此提升环吊安装的质量与效率。在研究过程中,运用案例分析法,对多个具有代表性的华龙系列与 AP 系列环吊实际安装案例展开深入剖析;采用对比研究法,详细对比不同堆型环吊安装技术的差异与共性;通过广泛的技术调研,全面了解行业内最新的安装技术与工艺,并结合专利技术开展创新应用研究。

二、核电厂环吊工作原理

环吊的工作原理基于电机驱动和机械传动。通过电机的旋转,带动减速机和卷筒转动,实现钢丝绳的收放,从而完成重物的起升和下降。运行机构则通过电机驱动车轮在轨道上滚动,实现环吊的水平移动。在起吊过程中,通过各种传感器和控制系统,实时监测环吊的运行状态,确保起吊作业的安全和准确。例如,华龙一号环吊采用了先进的 PLC 控制系统,能够根据不同的作业需求,自动调整起升速度、运行速度和制动距离,提高了环吊的智能化水平和作业效率^[2]。

三、安装过程中的重难点和应对措施

3.1 高精度定位要求

3.1.1 定位精度对运行的影响

核电厂环吊的定位精度直接关乎其运行的安全性与稳定性,对核电厂正常生产起着关键作用。当环吊定位精度出现偏差,起吊物品极易晃动,进而引发碰撞事故。核岛安装过程中出现过在某次吊运关键设备时,由于定位误差,设备与周边防护结构发生轻微碰撞。尽管此次碰撞未造成严重后果,但却暴露出定位精度隐患,严重干扰了生产节奏,导致该环节作业延迟数小时,极大影响了整体工程进度。

3.1.2 定位难点及应对措施

在复杂施工环境下,实现高精度定位困难重重。施工现场的振动,如大型机械设备作业、地基夯实等产生的振动,会干扰测量仪器的稳定性,使测量数据出现偏差。温度变化也不容忽视,不同季节、昼夜温差会导致环吊金属结构热胀冷缩,改变其几何尺寸,进而影响定位精度。针对这些问题,采用高精度激光测量仪器,其具有抗干扰能力强、测量精度高的特点;同时,建立温度补偿模型,实时监测环境温度,对测量数据进行修正,以此克服困难实现高精度定位。此外,还可以探讨专利技术在定位方面是否有潜在的应用价值,比如是否能通过专利中的某些技术改进定位测量的精度和稳定性^[4]。

3.2 大型部件的吊装与对接

3.2.1 部件重量与尺寸挑战

环吊大型部件重量大、尺寸大,给吊装和对接带来极大困难。像华龙一号环吊的主梁,重量可达数百吨,长度数十

米,如此庞大的部件,对吊装设备的起吊能力和稳定性要求极高。在选择吊装设备时,不仅要考虑其额定起重量,还要考虑其起升高度、工作半径等参数是否满足现场需求。吊运路径规划也极为复杂,需避开施工现场的障碍物,如在建筑物、其他施工设备等,同时要确保吊运过程中部件的平衡,防止因重心偏移导致部件晃动甚至坠落^[5]。

3.2.2 吊装与对接技术要点

大型部件吊装过程中,平衡控制至关重要。通过合理设置吊点,使用平衡梁等辅助工具,确保部件在吊运过程中保持水平状态。对接时,角度调整的精度直接影响安装质量,需借助高精度的测量仪器和专业的操作人员,精确控制对接角度。以 ACP1000 机组环吊主梁与端梁吊装为例,在对接过程中,利用全站仪实时监测对接角度和位置,通过微调吊装设备,实现高精度对接。结合专利技术,分析其在吊装与对接环节中是否能提供新的技术手段或解决方案,例如专利中的某些工装设计是否有助于提高吊装的安全性和准确性。

3.3 复杂的安装环境

3.3.1 坠落风险及应对措施

高空作业过程中,安装人员若未正确佩戴安全带、安全绳,或者作业平台搭建不稳固,存在孔洞、边缘防护缺失等情况,极易发生坠落事故。例如,ACP1000 机组环吊安装时,主梁高空对接时因防护栏杆高度不足,导致工人不慎坠落,虽未造成致命伤害,但对工程进度和人员健康产生了严重影响。为减少坠落风险,必须在高空作业区域搭建稳固的作业平台,并设置符合标准的防护栏杆,确保平台无孔洞、无间隙。同时,为作业人员配备质量可靠的安全带和安全绳,并严格要求正确佩戴和使用。通过定期检查作业平台的稳固性及安全防护设施,确保高空作业的安全。

3.3.2 物体打击风险及应对措施

高空作业过程中,工具、零部件等物品若未妥善固定,容易掉落,造成物体打击事故。AP1400 机组环吊安装时,曾因扳手未妥善放置,掉落砸坏了下方正在调试的设备,导致设备损坏和维修成本增加。所有高空作业使用的工具和零部件应进行严格管理,设置专门的存放区域,并采用工具袋、工具架等方式进行固定存放。吊运部件时,应确保其捆绑牢固,设置溜绳控制部件的摆动,避免物品掉落。通过严格的工具和零部件管理规定,减少物体打击事故的发生。

3.3.3 恶劣天气影响及应对措施

恶劣天气(如强风、暴雨、大雾等)可能对高空作业造成不良影响。强风会导致作业人员站立不稳,增加坠落风险;暴雨使作业面湿滑,增加滑倒的可能性;大雾降低能见度,影响操作精度。华龙一号项目中,因强风天气导致小车吊运过程中的部件晃动剧烈,差点发生碰撞事故。在高空作业前,

密切关注天气预报,提前评估天气情况。如遇恶劣天气(强风、暴雨、大雾等),应及时停止作业,并将作业人员撤离至安全区域。吊运设备和工具需妥善固定,并进行防护措施,确保施工安全。建立天气预警机制,并与气象部门保持联系,根据天气变化合理调整施工计划。

3.3.4 人员培训与管理

缺乏专业培训和安全意识的作业人员容易造成操作失误,增加高空作业的安全隐患。所有参与高空作业的人员必须经过严格的资格审查和专业培训,确保其具备安全操作技能及应急反应能力。定期组织安全培训和应急演练,以提高人员应对突发情况的能力。同时,加强现场监督管理,严禁违规操作,及时纠正不安全行为,确保作业人员在高空作业中的安全。

3.4 技术工艺优化

3.4.1 环向轨道定位孔定位与轨道定位长圆孔加工

在ACPR1000机组环吊、AP1400机组环吊和华龙一号环吊安装中,环向轨道定位孔定位和轨道定位长圆孔加工精度要求高,加工难度大,直接影响环吊运行稳定性。定位孔定位偏差会导致轨道安装不准确,影响环吊行走顺畅性;长圆孔加工尺寸偏差可能使轨道无法正常安装或在运行中出现松动。由于环向轨道通常为环形结构,在加工定位孔和长圆孔时,要保证圆周方向上的精度一致性难度极大。不同堆型环吊的轨道材料和结构设计存在差异,这就需要针对性地选择加工工艺和刀具,增加了技术难度。分别分析三种环吊在这方面的技术难题差异及原因,结合《压水堆核电厂反应堆厂房环吊安装施工工法》中关于轨道安装的工艺步骤,探讨不同堆型环吊在轨道加工和安装过程中的技术要点和难点。

3.4.2 环吊大梁拼装与小车拼装

环吊大梁拼装如ACPR1000机组环吊、AP1400机组环吊和华龙一号环吊主梁与端梁组装,运行机构安装存在重量大、精度要求高、销轴穿插调整困难等问题。同时,小车拼装也面临诸多挑战,如小车整体吊装形式复杂,抗震反钩等部件安装技术要求高。大梁拼装时,由于各部件尺寸大,在拼接过程中,要保证拼接缝隙均匀、连接牢固,对拼装工艺和操作人员的技术水平要求极高。而且,不同堆型环吊的大梁结构和连接方式不同,需要研发专门的拼装工装和工艺。

为解决上述大车运行机构安装难度问题,创新研发出环吊大车运行机构铰轴穿装装置,并通过一种用于环吊大车运行机构铰轴穿装装置专利号:ZL202321078043.2,采用铰轴穿装装置实现大车运行机构的吊装、对中、穿装一体化就位措施,解决了大车运行机构安装工艺复杂、就位难度大、对中精度高等问题,提高加工精度和安装稳定性。

小车拼装时,抗震反钩等部件的安装精度直接影响环吊的抗震性能,其安装位置和角度的偏差会削弱环吊在地震等特殊情况下的安全性。抗震装置安装以往核电机组采用在空中进行安装的方式,安装难度大、高处作业风险高。通过创新研发一种吊车抗震装置临时固定装置专利号:ZL 2023 2 0866302.1,采用此装置错位安装抗震反钩,解决吊装就位时空间结构干涉问题,实现抗震反钩地面拼装,整体吊装至环吊大车上,降低环吊安装的安全风险。

专利技术的引入,特别是针对抗震反钩的安装,为解决这一问题提供了创新方案。这些专利可以在网络上查阅到,它们详细描述了如何利用特定的工装或拼接技术来提高安装精度,确保抗震反钩等关键部件能够准确安装到位。

3.4.3 载荷试验

载荷试验是检验环吊安装质量和性能的关键环节,但试验过程中需严格控制试验条件和加载方式,确保试验数据准确可靠,对试验设备和技术人员要求较高。在载荷试验中,要模拟环吊在实际工作中的各种工况,包括不同的起吊重量、起升高度、运行速度等,这就要求试验设备具备高精度的加载和控制能力。加载过程中,要保证加载的均匀性和稳定性,避免因加载过快或不均匀导致环吊结构受损或试验数据不准确。而且,试验现场的环境条件,如温度、湿度等,也会对试验结果产生影响,需要进行实时监测和修正。

3.5 设备检查与安装细节

3.5.1 开箱检查的关键要点

开箱检查作为环吊安装的首要且关键环节,其重要性不容小觑。开箱时,需严格依照设备清单,仔细核对设备数量,确保数量准确无误。对于有包装的部件,必须拆除包装,进行全面细致的检查。在过往的安装项目实践中,就曾出现过轨道梁用的“键”发生变形,以及中央拱架连接面存在凹痕的情况。倘若这些问题未能在开箱检查时及时发现,而在后续安装过程中才被察觉,极有可能导致安装进度延误,甚至对环吊的整体运行稳定性造成严重影响。

3.5.2 连接面检查与处理的重要性

提前对端梁和主梁的连接面开展全面检查,是确保环吊结构稳固的核心步骤。连接面若存在凹痕、油漆覆盖等缺陷,会显著削弱主端梁之间的连接强度和稳定性,进而影响环吊在运行过程中的可靠性和安全性。在检查过程中,一旦发现此类问题,需立即采取有效的处理措施,如对凹痕进行修复,彻底清除覆盖的油漆等。

3.5.3 端梁支撑座安装的技术要点

端梁支撑座的安装质量直接关系到环吊整体的稳定性和承载能力。在安装前,需提前将支撑座领出,并运用专业量具进行仔细比对。由于不同批次或不同厂家生产的支撑座可能存在尺寸偏差,对于尺寸不符合要求的支撑座,需及时以正式文件的形式与相关方沟通,明确尺寸问题及处理要求,并进行切割、打磨等加工处理,以确保其与端梁的安装匹配度达到设计要求。

4结束语

通过深入分析核电厂环吊安装中的技术难点及应对措施,本文总结了多种优化方案,并结合专利技术提出创新的解决方法。通过对实际案例的分析和调研,本文为后续核电项目提供了宝贵的参考。未来,随着技术的不断发展,环吊安装过程中的精度要求和安全管理将得到更进一步的提升,进而为核电行业的高效、安全运营提供更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1]申涛,朱锐卿,谭子泓,等.核电站安全壳钢衬里环吊牛腿安装技术[J].施工技术(中英文),2022,51(14):46-50.
- [2]廖健.AP1000环吊电气故障分析及检修策略优化[J].设备管理与维修,2022,(09):53-55.
- [3]靳孝义,武月达,杨煦斌.核电厂核岛环吊用牛腿焊接及目视检验质量控制[J].焊接技术,2022,51(01):92-97.
- [4]童庆平.核电站反应堆厂房环吊综合故障诊断平台的研发[J].电工技术,2021,(20):9-11.
- [5]张冬辉,蒲江.核电厂环吊拱架新型安装工艺和安装机械的开发和应用[J].机械设计,2021,38(S1):162-166.