

港口航道大跨度厂房钢结构施工安装技术研究

李莉¹ 徐洋²

1. 武汉市交通运输局港航事业发展中心 湖北 武汉 430000

2. 中建港航局集团有限公司 湖北 武汉 430000

摘要: 随着现代化港口建设的加速推进,大跨度厂房钢结构施工技术成为关键议题。本文系统分析了钢结构的特点与优势,重点探讨高空散装法、高空滑移法、整体吊装法及高空原位单元安装法、高空对接合拢安装法等关键技术,并针对施工难点提出解决方案,为港口航道大跨度厂房建设提供技术支持。

关键词: 港口航道;大跨度厂房;钢结构;施工安装技术

引言:港口航道工程大跨度厂房作为港口运营的核心设施,对于提高货物装卸效率和保障运营安全至关重要。钢结构以其独特的轻质高强、抗震性好、施工快速等优势,成为构建大跨度厂房的理想选择。本文旨在系统研究港口航道大跨度厂房钢结构的施工安装技术,为相关工程实践提供科学依据和技术支撑。

1 港口航道大跨度厂房钢结构概述

1.1 钢结构的特点与优势

(1) 轻质高强与抗震性能。钢材密度为 7.85 g/cm^3 ,其抗拉强度可达 400 MPa 以上,钢结构的轻质高强特性,显著降低地基压力;其次,钢结构的抗震性能优越,能吸收地震能量,适用于港口重型荷载环境。

(2) 施工周期短与空间灵活性。钢构件可预制化生产、模块化安装,大幅缩短工期;空间布局适应性强,满足大型设备运行需求。以武汉青锋码头为例,其 132 m 跨度拱形管桁架结构高效支撑港口作业。

1.2 港口航道大跨度厂房钢结构的应用现状

(1) 钢结构在港口航道大跨度厂房中的应用已经相当广泛。在国内,如上海洋山深水港、宁波-舟山港等大型港口,以及较为新颖的如武汉青锋码头港口,其大跨度空间拱形管桁架+PE膜结构的仓库成为地标性建筑。在国际上,例如,新加坡的滨海湾港、荷兰的鹿特丹港等,钢结构厂房兼具功能性与美观性,成为现代化港口标志。(2) 钢结构在港口航道厂房中的独特作用。在复杂荷载和气候条件下的适应性,以及环保性能,推动其广泛应用。此外,钢结构还具有良好的环保性能和可持续性,符合现代建筑的发展趋势。

2 大跨度钢结构施工安装关键技术研究

2.1 高空散装法

(1) 原理与操作流程。高空散装法是一种在大跨度钢结构施工中常用的方法。是将小拼单元或散件(单根

杆件及单个节点)直接在设计位置进行总拼。操作流程通常分为以下步骤:首先,搭建支撑架,这包括全支架法(即搭设满堂脚手架)和悬挑法两种。全支架法适用于杆件和节点件在支架上的总拼,或以网格为小单元在高空进行总拼;悬挑法则是为了节省支架,将部分网架悬挑。接着,进行网架结构的安装,最后拆除支撑架。具体到不同结构类型,如球形网架,还需特别注意悬架的拼接和稳定系统的形成。(2) 适用范围与优势分析。高空散装法特别适用于螺栓球节点或高强螺栓连接的各种类型网架安装,也适用于大型焊接连接网架的安装施工。其优势在于对大型起重设备的需求不高,对场地要求相对较低,因此在施工条件受限的情况下具有较大优势。然而,这种方法需要大量的组装支架,高空作业量大,且不易控制标高、轴线和质量,可能影响工作效率^[1]。(3) 港口航道厂房中的具体应用实例。在港口航道厂房建设中,高空散装法常被用于大型钢结构的安装。例如,在建造大型装卸设备的支撑结构时,由于场地狭小且需要高精度安装,采用高空散装法可以灵活应对复杂的施工环境。通过精确计算和搭建支撑架,确保每个散件在安装位置上的准确性和稳定性,最终实现整体结构的稳固和安全。

2.2 高空滑移安装法

(1) 滑移轨道的设计与铺设。高空滑移法的关键在于滑移轨道的设计与铺设。滑移轨道的数量、位置和材料选择需根据网架的跨度、重量和滑移方式来确定。轨道铺设质量关系到滑移施工的安全和网架工程质量,因此必须严格控制误差。例如,滑轨顶面标高差、滑轨中心线错位、同列相邻滑轨间顶面高差等均需符合规定标准。同时,滑轨应焊于钢筋混凝土梁面的预埋件上,确保稳固可靠。(2) 钢结构单元的制作与滑移。钢结构单元的制作需在地面完成,形成条状或块状单元后,吊

至高空拼装平台上拼装成滑移单元。滑移过程需使用牵引设备,如手拉葫芦、环链电动葫芦或电动卷扬机,将网架沿滑道滑移至设计位置。为确保滑移过程的顺利进行,需对滑移单元进行临时加固,并采取适当的牵引方法和速度控制。(3)安全与质量控制措施。高空滑移安装法的安全与质量控制至关重要。施工前需进行详细的施工组织设计和技术复核,确保各项参数符合规范要求。滑移过程中,需设置安全通道和防护措施,确保操作人员的人身安全。同时,需对滑移轨道、牵引设备和钢结构单元进行定期检查和维修,及时发现并处理潜在的安全隐患。

2.3 整体吊装法

(1)吊装设备的选择与布置。整体吊装法适用于各种网架的安装,特别是焊接连接网架。吊装设备的选择与布置需根据网架的重量、尺寸和安装位置来确定。常用的吊装设备包括桅杆吊装系统和多机抬吊系统。桅杆吊装系统适用于大型网架,但需大量钢丝绳、大型卷扬机及劳动力,成本较高。多机抬吊系统则相对灵活,成本较低,但需确保各吊装点同步提升和下降。(2)钢结构整体拼装与吊装。钢结构整体拼装需在地面完成,确保焊接质量和几何尺寸的准确性。拼装完成后,使用起重设备将整体结构吊装至设计位置。吊装过程中,需严格控制吊点的布置和吊索的长度,确保钢结构在吊装过程中的稳定性和平衡性。同时,需考虑风力、温度等环境因素对吊装过程的影响,采取相应的措施进行调整^[2]。

(3)吊装过程中的安全风险与应对措施。整体吊装法虽然效率较高,但安全风险也相对较大。在吊装过程中,可能出现吊索断裂、钢结构失稳等意外情况。为应对这些风险,需提前进行详细的施工计划和风险评估。同时,需确保吊装设备的性能良好,操作人员具备相应的技能和经验。在吊装过程中,需设置安全警戒线,禁止非相关人员进入吊装区域。此外,还需准备应急设备和人员,以便在紧急情况下迅速响应。

2.4 高空原位单元安装法

(1)安装平台的搭建与稳固。高空原位单元安装法首先需要搭建稳固的安装平台。安装平台需根据钢结构的设计尺寸和重量进行定制,确保其承载能力和稳定性。平台搭建过程中,需严格控制材料的质量和施工工艺,避免平台在使用过程中出现变形或坍塌。同时,需考虑平台的拆卸和重复使用性,以降低施工成本。(2)构件的运输与定位。构件的运输需根据施工现场的条件和构件的尺寸、重量来确定运输方式和路线。在运输过程中,需确保构件的稳定性和安全性,避免构件在运输

过程中受损。定位过程中,需使用精确的测量工具和方法,确保构件在安装位置上的准确性和垂直度。同时,需考虑构件之间的连接方式和顺序,确保整体结构的稳定性和可靠性。(3)安装顺序与工艺优化。高空原位单元安装法的关键在于合理的安装顺序和工艺优化。安装顺序需根据钢结构的设计特点和施工现场的条件来确定。通常,需先安装支撑结构和主要受力构件,再安装次要构件和附件。在安装过程中,需不断检查和调整构件的位置和角度,确保整体结构的准确性和稳定性。同时,需优化施工工艺,提高施工效率和质量。例如,可以采用先进的焊接技术和设备,提高焊接速度和质量;采用自动化和智能化的测量工具和方法,提高测量的准确性和效率^[3]。

2.5 高空对接合拢安装法

(1)高空对接合拢法适用于法兰盘高强螺栓连接的拱形桁架钢结构。桁架单元采用“高空对接合拢法”施工,该施工方法特点较为简单、安全,为无脚手架施工,比传统的满堂脚手架、滑移脚手架施工方法节省了脚手架搭设和拆除的费用与时间,大幅缩短了工期。首先是建立三维模型将大跨度钢桁架图纸分解,在构件厂按照拼装单元分段制作主桁架。(2)按照安装顺序,单元分段节的运输需根据施工现场的条件和单元节的尺寸、重量来确定运输方式和路线。在运输过程中,需确保单元节的稳定性和安全性,避免单元节在运输过程中受损。(3)地面拼装桁架单元段,设置临时支撑,地基承载力满足桁架构件堆放及吊车操作运行即可,临时支撑底部可安装钢板,确保支撑稳固。同时,需考虑临时支撑的拆卸和重复使用性,以降低施工成本。临时支撑的选择(例如可选塔吊标准节),需严格控制材料的质量和施工工艺,避免支撑在使用过程中出现变形或坍塌。

(4)高空对接合拢法的关键在于地面拼装拱形桁架吊装单元。可根据钢结构厂房桁架轴数,可按照两轴或多轴主桁架组成1/2拱形桁架吊装单元,在地面临时支撑上分节段进行拼装,连接形成一个吊装段(1/2拱形桁架对称安装),采用两台起吊设备在安装轴对称提升,最后采用一台起吊设备在中间位置起吊中间段进行合拢。整体安装顺序需根据钢结构的设计特点和施工现场的条件来确定。在安装过程中,需不断检查和调整拱形桁架的位置和角度,确保拱形桁架结构的准确性和稳定性。同时,地面拼装需优化施工工艺,提高施工效率和质量。例如,可以采用先进的焊接技术和设备,提高焊接速度和质量;拱形结构的联系桁架、水平支撑、隅撑可定型化制作,提高地面拼装的准确性和效率。

3 港口航道大跨度厂房钢结构施工难点与对策

3.1 基础处理与沉降控制

基础处理与沉降控制是确保港口航道大跨度厂房钢结构稳定与安全的首要任务。(1)地质勘察与基础设计。地质勘察是基础设计的前提。在港口航道地区,地质条件往往复杂多变,包括软土、砂土、岩石等多种类型。因此,必须进行详尽的地质勘察,查明地基的土质类型、分布范围、承载力特性以及地下水状况等。基于地质勘察结果,基础设计需充分考虑地基的承载力、变形特性和抗滑稳定性,合理选择基础类型,如桩基、筏板基础或复合地基等。特别是在软土地基上,还需采取地基加固措施,如真空预压、堆载预压或地基处理技术等,以提高地基的承载力和稳定性。(2)沉降监测与调整。基础施工完成后,必须进行长期的沉降监测。沉降监测的目的是及时发现地基的沉降趋势,评估其对上部结构的影响,并采取必要的调整措施。监测点应设置在关键位置,如柱脚、墙基等,定期记录沉降数据,并进行对比分析。若沉降速率异常或沉降量超出设计允许范围,应立即采取措施进行调整,如增加支撑结构、加固地基或进行地基处理等。同时,还需关注周围环境的变化,如地下水位升降、邻近施工活动等,这些都可能对地基沉降产生影响。

3.2 焊接质量控制

焊接是钢结构施工中的关键环节,其质量直接影响结构的整体强度和稳定性。(1)焊接工艺选择与操作规范。在港口航道大跨度厂房钢结构施工中,焊接工艺的选择应根据钢材的材质、厚度、焊接位置以及焊缝等级等因素综合考虑。常用的焊接工艺包括手工电弧焊、气体保护焊、埋弧焊等。每种工艺都有其适用的范围和优缺点,需根据具体情况合理选择。同时,应制定详细的焊接操作规范,明确焊接参数、焊接顺序、焊接层数以及预热温度等要求,确保焊接过程的规范性和一致性。操作人员须具备相应的技能和经验,并经过培训和考核,方可上岗操作。(2)焊缝检测与缺陷处理。焊缝检测是确保焊接质量的重要手段。可采用无损检测方法,如超声波检测、射线检测或磁粉检测等,对焊缝进行内部和表面缺陷的检测。检测中发现的缺陷,应根据缺陷

的性质和严重程度采取相应的处理措施。焊缝检测和处

3.3 螺栓连接质量控制

螺栓连接是拱形桁架法兰盘高强螺栓连接钢结构施工中的关键环节,其质量直接影响结构的整体强度和稳定性。(1)高强度螺栓材料检验。在港口航道大跨度厂房钢结构施工中,按规范对螺栓的扭矩系数、预拉力进行复验;摩擦面处理工艺(如喷砂、抛丸)是否符合设计要求。高强螺栓性能检测也是重点控制。施工前对构件连接板匹配性进行检查,节点板与连接板的孔径、孔距、平整度,确保螺栓能自由穿入,严禁强行敲打或扩孔等。(2)安装工艺控制。螺栓穿入方向按设计要求统一方向(通常为螺栓头一侧朝向结构外侧)。初拧与终拧,分两阶段紧固,初拧扭矩为终拧的50%~70%,终拧需按设计扭矩一次性完成。紧固顺序,从节点中心向外对称施拧,避免局部应力集中。扭矩控制一般有扭矩法、转角法、防松措施等。高强螺栓连接的质量控制需贯穿材料、施工、检测全过程,重点关注扭矩精度、摩擦面处理及工艺规范性。

3.4 防腐与防火处理

港口航道环境恶劣,钢结构易受腐蚀和火灾威胁,因此防腐与防火处理至关重要。(1)防腐措施。常用的防腐涂料包括环氧富锌漆、聚氨酯漆、氟碳漆等。同时,还需对涂层进行定期的检查和维护。(2)防火设计。喷涂膨胀型防火涂料,结合自动灭火系统提升安全性。

结束语

综上所述,港口航道大跨度厂房钢结构施工需统筹设计、工艺与管理,本文提出的技术体系与实践经验可为行业提供参考。未来需结合智能建造技术,持续优化施工效率与质量,助力港口建设高质量发展。

参考文献

- [1]杨平,罗军伟.大跨度钢结构建筑改造中的安装施工技术[J].建筑技术开发,2023,(09):83-84.
- [2]陈军,张胥,杨荣强.大跨度空间网架结构安装施工技术[J].中国建筑装饰装修,2023,(17):156-158.
- [3]蔡枫.大跨度异形钢结构屋盖施工技术[J].中国建筑金属结构,2023,(04):33-34.