

大跨度钢结构吊装施工技术研究与应用

丛 旭

中冶天工集团有限公司 天津 300300

摘要：大跨度钢结构吊装施工技术在现代建筑工程中占据关键地位。吊装方案设计需综合考量结构特点与现场条件，构件连接技术确保节点稳固性，测量与监控技术保障施工精度。该技术广泛应用于体育场馆、会展中心、交通枢纽等大型建筑。随着行业发展，智能化、绿色化及多技术融合成为重要趋势，推动大跨度钢结构吊装施工技术不断革新，为工业建筑及其他领域高质量建设提供技术支撑。

关键词：大跨度钢结构；吊装施工技术；应用

引言

在工业建筑与大型公共建筑蓬勃发展的当下，大跨度钢结构凭借自重轻、强度高、施工周期短等优势被广泛应用。然而，其吊装施工过程复杂，涉及高空作业、大型构件运输与安装，技术要求极高。本文围绕大跨度钢结构吊装施工技术，深入探讨吊装方案设计、构件连接、测量监控等关键技术，分析其在典型建筑中的应用，并对智能化、绿色化等发展趋势进行展望，旨在为相关工程实践提供理论与技术参考。

1 大跨度钢结构吊装施工技术的重要性

大跨度钢结构以其轻质高强、造型灵活、空间利用率高等优势，在工业建筑领域广泛应用，而吊装施工技术作为其核心环节，直接影响工程的成败与效益。在工业厂房、大型仓库等项目中，大跨度钢结构常承载重型设备与频繁的物流运输，其结构稳定性和安全性要求极高，吊装施工质量关乎建筑全生命周期性能，稍有不慎便可能引发结构失稳、构件变形等问题，影响后续生产运营。大跨度钢结构构件尺寸庞大、重量惊人，单榀钢梁可达数十吨甚至上百吨，传统吊装方式难以满足需求。先进的吊装施工技术通过合理设计吊装方案，精准规划吊装顺序、路径与设备选型，确保构件在起吊、运输、就位过程中受力均衡，避免因应力集中产生损伤。例如，采用计算机模拟技术对吊装过程进行力学分析，可提前预判风险，优化吊点布置和吊装工艺，保障施工安全高效。随着工业建筑向大型化、复杂化发展，大跨度钢结构吊装常面临狭小场地、复杂环境的挑战。优质的吊装施工技术能够因地制宜，结合现场条件制定针对性方案。在空间受限区域，可运用液压同步提升、滑移吊装等技术，减少高空作业风险，提高施工效率；面对恶劣天气等不利因素，通过动态监测与实时调整，确保吊装过程可控。先进的吊装技术还能有效降低施工成

本，减少设备租赁与人工投入，缩短工期，助力工业建筑项目快速投产创造经济效益。从构件安装精度到整体结构成型，吊装施工技术贯穿大跨度钢结构建设全过程，是实现设计理念、保障建筑功能的关键。唯有掌握并应用前沿的吊装施工技术，才能在工业建筑领域打造出安全可靠、经济高效的大跨度钢结构工程。

2 大跨度钢结构吊装施工关键技术

2.1 吊装方案设计技术

大跨度钢结构吊装方案设计需基于工程结构特性与现场条件开展系统性规划。工业建筑中，钢结构构件往往尺寸庞大、重量惊人，以大型厂房的钢桁架为例，单榀桁架长度可达数十米，重量超百吨。在设计吊装方案时，需精确计算构件重心位置、吊装受力分布，综合考虑现场地形地貌、交通状况及周边环境，选择适配的吊装设备。履带式起重机凭借强大的起重能力与良好的地面适应性，常被用于场地开阔的工业项目，但其转场不便；汽车式起重机机动性强，适用于城市或交通便利的区域，却在起重性能上存在一定局限。方案设计过程中，还需构建吊装过程的力学模型，模拟构件在吊装过程中的应力应变情况，优化吊点布置与吊装顺序，避免构件因受力不均产生变形，保障钢结构安装精度与整体稳定性，确保吊装作业高效、安全地推进。

2.2 构件连接技术

大跨度钢结构构件连接是确保结构整体性与承载能力的核心环节。工业建筑中，常用的连接方式有焊接连接、螺栓连接及铆接连接，每种连接方式各有特点与适用场景。焊接连接通过高温熔化金属使构件融合，形成连续的金属结合面，具有连接强度高、密封性好、结构紧凑的优势，广泛应用于对结构整体性要求较高的部位，如钢柱与钢梁的刚性连接节点，但焊接过程中易产生焊接应力与变形，需严格控制焊接工艺参数，采用合

理的焊接顺序与预热、后热等措施，减少残余应力影响。螺栓连接凭借安装便捷、拆卸方便的特性，常用于需要现场快速装配的部位，高强度螺栓连接通过施加预紧力，使连接件间产生强大的摩擦力来传递荷载，其施工质量控制关键在于螺栓扭矩的精准控制与连接面的处理，确保连接可靠。铆接连接则在一些对连接质量稳定性要求极高的特殊工业建筑中仍有应用，通过铆钉将构件牢固连接，能有效抵抗动荷载与疲劳荷载^[1]。

2.3 测量与监控技术

测量与监控技术是大跨度钢结构吊装施工质量控制的重要保障。在工业建筑钢结构吊装过程中，构件安装精度直接影响结构的受力性能与使用功能。施工前，需建立高精度的测量控制网，采用全站仪、GPS等先进测量仪器，精确测定轴线、标高控制点，为构件安装提供基准。吊装过程中，实时监测构件的空间位置与变形情况，运用三维激光扫描技术，快速获取构件的三维点云数据，与设计模型进行对比分析，及时发现偏差并调整吊装操作。对于大型复杂钢结构，还需引入应力应变监测系统，在关键构件上布置传感器，实时采集应力数据，监测结构在吊装及荷载作用下的受力状态，确保结构安全。测量与监控数据贯穿整个施工过程，为施工决策提供数据支持，通过动态调整施工参数与工艺，实现钢结构安装的高精度控制，保障工业建筑钢结构工程的质量与安全。

3 大跨度钢结构吊装施工技术的应用分析

3.1 大型体育场馆应用

大型体育场馆作为容纳大量观众、举办各类体育赛事与大型活动的重要场所，其大跨度钢结构的设计旨在提供开阔无柱的空间，满足使用功能需求。此类建筑钢结构往往造型复杂、体量庞大，对吊装施工技术提出极高要求。在施工过程中，需精准把控钢结构构件的尺寸与重量，通常采用分件吊装与综合吊装相结合的方式。对于大型桁架、网架等构件，由于其重量大、安装精度要求高，多选用大型履带式起重机或塔式起重机进行吊装。通过合理规划吊装顺序，优先吊装关键承重构件，逐步形成稳定的空间受力体系，确保结构在安装过程中的稳定性与安全性。借助先进的测量技术，实时监测构件的吊装位置与垂直度，及时调整偏差，保证安装精度满足设计要求。针对复杂造型的钢结构，还需采用计算机模拟技术，对吊装过程进行仿真分析，优化吊装方案，降低施工风险，确保大型体育场馆大跨度钢结构的顺利安装与高质量建成。

3.2 会展中心应用

会展中心以其大面积、大空间的特性，成为展示产品、交流信息的重要平台，大跨度钢结构是实现其空间需求的关键结构形式。会展中心钢结构的吊装施工，需综合考虑建筑功能与结构特点。由于会展中心内部空间开阔，钢结构构件跨度大、数量多，在吊装施工时，常采用累积滑移法、整体提升法等技术。累积滑移法通过在建筑物一端搭设拼装平台，将钢结构构件逐段拼装后，利用滑移设备沿轨道逐步滑移至设计位置，可有效减少高空作业量，提高施工效率与安全性。整体提升法则是在地面将钢结构整体拼装完成，再利用液压提升设备将其一次性提升至设计标高，此方法适用于大型网架结构，能够保证结构的整体性与安装精度。在吊装过程中，严格控制构件的焊接质量，采用先进的焊接工艺与检测技术，确保钢结构连接牢固可靠。结合BIM技术对吊装施工进行全过程模拟，合理安排施工顺序与场地布置，优化资源配置，保障会展中心大跨度钢结构的高效施工与完美呈现^[2]。

3.3 交通枢纽应用

交通枢纽作为人流、物流的重要集散地，其建筑结构需具备良好的空间开放性与结构稳定性，大跨度钢结构的应用为此提供了有力支撑。交通枢纽大跨度钢结构吊装施工面临着施工场地受限、工期紧张、与其他专业交叉作业多等挑战。在施工过程中，常采用模块化吊装技术，将钢结构划分为多个模块，在工厂预制完成后运输至现场进行吊装拼接，可有效减少现场施工时间与难度。对于复杂节点的钢结构，采用三维建模技术进行深化设计，精准确定构件尺寸与连接方式，确保吊装安装的准确性。在吊装设备选择上，根据现场条件与构件重量，灵活选用汽车式起重机、轮胎式起重机等设备，合理规划吊装路线，避免与其他施工工序相互干扰。运用自动化监测系统，对钢结构在吊装过程中的应力、变形等参数进行实时监测，及时反馈数据并调整施工方案，确保交通枢纽大跨度钢结构在复杂施工环境下安全、高效地完成吊装施工，为交通枢纽的顺利运营奠定坚实基础。

4 大跨度钢结构吊装施工技术的发展趋势

4.1 智能化与自动化

(1) 随着科技的迅猛发展，智能化与自动化在大跨度钢结构吊装施工中的应用日益广泛。先进的传感器技术可实时监测吊装设备的运行状态、构件的受力情况以及施工现场的环境参数等。通过对这些大量数据的精准采集与分析，能提前预判潜在故障与风险，实现设备的预防性维护，大幅提升施工安全性与可靠性。例如，在超大型工业厂房的钢结构吊装中，借助传感器实时监

测钢梁的变形，一旦发现异常，系统可立即发出警报并自动调整吊装参数。（2）自动化吊装设备正逐渐成为主流。自动化起重机能够依据预设程序精确完成起吊、平移、就位等一系列动作，减少人工操作误差，提高施工效率。搭配智能控制系统，不同吊装设备间可实现协同作业，如同具备默契的团队。在复杂的工业建筑项目中，多台自动化起重机可同时作业，精准有序地完成众多构件的吊装，大大缩短施工周期。（3）智能化的施工管理平台也在不断完善。该平台整合了施工进度、质量、安全等多方面信息，施工人员通过移动终端即可随时随地获取现场实时数据，方便做出科学决策。在大型钢结构工业项目中，管理人员可通过平台直观了解各区域的施工进展，及时协调资源，优化施工流程，确保项目高效推进^[3]。

4.2 绿色化与可持续发展

（1）在环保意识日益增强的当下，大跨度钢结构吊装施工的绿色化与可持续发展成为必然趋势。从材料选用上，越来越多的项目开始采用可回收、低能耗的钢材，以降低对环境的影响。新型高强度钢材的应用，不仅能减少钢材用量，还能提升结构性能，延长建筑使用寿命。例如在一些大型工业仓库建设中，采用高强度、耐腐蚀的钢材，减少后期维护成本，实现资源的高效利用。（2）在施工过程中，节能型吊装设备得到广泛应用。电动吊装设备相较于传统燃油设备，能显著降低能源消耗与污染物排放。通过优化施工工艺，合理安排吊装顺序，减少设备的空转时间，进一步提高能源利用效率。在大型钢铁厂的钢结构厂房建设中，采用先进的电动吊装设备，结合精细化的施工工艺，有效降低了能耗。（3）对于施工产生的废弃物，也有了更完善的处理方案。可回收的钢结构废料经分拣、加工后重新投入使用，不可回收的则通过环保方式处理。施工场地的绿化与生态恢复也受到重视，在项目结束后尽可能恢复周边生态环境，实现与自然的和谐共生，这在大型工业园区的建设中尤为重要。

4.3 多技术融合与创新

（1）大跨度钢结构吊装施工正朝着多技术融合与创新的方向大步迈进。与数字化技术的融合，使施工过程实现了虚拟仿真。通过建立精确的三维模型，对吊装方案进行模拟分析，提前发现潜在问题并优化方案。在复杂的工业展览馆钢结构吊装前，利用虚拟仿真技术对不同吊装方案进行对比，确定最优方案，减少实际施工中的风险。（2）与新材料技术结合，催生了许多创新成果。例如，高强度、轻量化的复合材料在钢结构中的应用，既能减轻结构自重，又能提高结构的抗震、抗风性能。在一些大跨度的工业桥梁建设中，采用复合材料与钢材结合的结构形式，有效提升了桥梁的性能与使用寿命。（3）与机器人技术融合，拓展了施工的可能性。吊装机器人可在危险、恶劣环境下作业，完成一些人工难以实现的高精度吊装任务。在高温、高辐射的工业环境中，机器人能精准地完成钢结构构件的安装，保障施工人员安全，提高施工质量。这种多技术融合的创新模式，将持续推动大跨度钢结构吊装施工技术的飞跃^[4]。

结语

综上所述，大跨度钢结构吊装施工技术对工业建筑及大型工程建设意义重大。关键技术的合理应用有效保障了施工安全与质量，在不同类型建筑中展现出良好适用性。面对行业发展新需求，智能化、绿色化及多技术融合将成为未来突破方向。后续研究需进一步深化技术创新，推动大跨度钢结构吊装施工技术在工业建筑领域实现更高质量、更可持续的发展。

参考文献

- [1] 郑军委,桑兆龙,孙治民,等.大跨度钢结构吊装施工技术研究与应用[J].工程建设与设计,2023(20):210-212.
- [2] 张德茂.大跨度钢结构吊装施工技术研究与应用[J].工程技术研究,2020,2(12):76-77.
- [3] 裴生民.大跨度室内训练馆屋面管桁架钢结构吊装施工技术应用研究[J].中国住宅设施,2024(6):157-159.
- [4] 李元春,刘朋朋,曹富强,等.大跨度钢桁架整体吊装施工技术研究与应用[J].建筑技术,2024,55(4):400-403.