

大跨度空间钢结构建筑施工技术与控制

丁磊

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11760

[摘要] 随着城市化进程的加速,人们对建筑空间的需求日益增大,尤其是在体育场馆、会展中心、大型航站楼等公共设施中,大跨度空间结构成为实现这一需求的理想选择。钢结构因其轻质高强、抗震性好、施工速度快等优势,成为构建大跨度空间的首选材料。通过精确的设计与施工,钢结构能够确保大跨度空间建筑的稳定性和安全性,同时满足现代建筑对美观、实用和耐用的多重需求。此外,钢结构还便于拆卸和重组,有利于建筑的可持续利用。因此,大跨度空间钢结构建筑施工不仅适应了现代城市发展的需要,更是推动建筑科技进步和可持续发展的重要力量。

[关键词] 大跨度空间; 钢结构; 建筑工程; 施工技术; 质量控制

中图分类号: E951 文献标识码: A

Construction technology and control of long-span spatial steel structure building

Lei Ding

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] With the acceleration of urbanization, people's demand for architectural space is increasing, especially in public facilities such as stadiums, convention centers and large terminal buildings, long-span spatial structures have become an ideal choice to realize this demand. Steel structure has become the first choice for building long-span space because of its advantages of light weight, high strength, good earthquake resistance and fast construction speed. Through accurate design and construction, steel structure can ensure the stability and safety of long-span space buildings, and at the same time meet the multiple requirements of modern buildings for beauty, practicality and durability. In addition, the steel structure is easy to disassemble and reassemble, which is conducive to the sustainable use of buildings. Therefore, the construction of long-span spatial steel structure not only meets the needs of modern urban development, but also is an important force to promote the progress of building science and technology and sustainable development.

[Key words] long-span space; Steel structure; Construction engineering; Construction technology; quality control

引言

大跨度空间钢结构建筑在现代建筑中扮演着越来越重要的角色。这类建筑不仅具有造型美观、形式多样化、经济性好等优点,还能满足大型公共设施对空间的需求。然而,大跨度空间钢结构的结构形式复杂,施工难度大,对施工技术与控制的要求极高。本文旨在探讨大跨度空间钢结构建筑的主要施工技术,包括高空散装技术、高空滑移技术、整体提升技术和整体顶升技术等,并分析这些技术在实际施工中的应用及其质量控制举措。通过对施工技术的深入研究,可以为大跨度空间钢结构的合理施工提供理论依据和实践指导,确保施工质量和安全。

1 大跨度空间钢结构的类型与建筑特征

1.1 钢结构类型

大跨度空间钢结构是现代建筑中不可或缺的重要元素,其类型多样,各具特色,常见的有网架结构、网壳结构和悬索结构三种。

网架结构是一种由多根杆件按照一定网格形式通过节点连接而成的空间结构。其具有空间受力、重量轻、刚度大、抗震性能好等优点,被广泛应用于体育馆、影剧院、展览厅等大型公共建筑的屋盖。网架结构的杆件和节点可以定型化、商品化,便于工厂批量生产,有利于提高生产效率。同时,网架的平面布置灵活,层盖平整,有利于吊顶、安装管道和设备,为建筑的后续使用提供了便利。

网壳结构是一种与平板网架类似的空间杆系结构,其兼具杆系和壳体的性质。网壳结构能够覆盖大跨度空间,实现无柱支

撑^[1], 具有高度的空间利用率和优异的承重能力。此外, 网壳结构的外观形式美观, 可以为建筑物增添独特的风格和魅力。在设计施工过程中, 需要对网壳结构的稳定性、刚度和材料选择进行严格控制, 以确保其安全性能。

悬索结构则主要通过索的轴向拉伸来抵抗外荷载的作用, 结构中不出现弯矩和剪力效应。悬索结构形式多样, 布置灵活, 能够适应多种建筑平面。同时, 悬索结构的自重较轻, 屋盖结构较轻, 安装不需要大型起重设备, 有利于降低施工成本。然而, 悬索结构的分析设计理论相对复杂, 需要专业的技术支持和经验积累。

1.2 建筑特征

首先, 大跨度空间钢结构能够跨越宽广的空间而无需过多中间支撑, 极大地提高了空间利用率。在体育场馆、展览馆等大型公共设施中, 这种结构形式能够创造出开阔、无柱的室内空间, 满足各种活动的需要。

其次, 大跨度空间钢结构形式多样, 造型美观。从简单的平面网架到复杂的曲面网壳, 再到优雅的悬索结构, 钢结构能够展现出丰富的形态变化, 不仅满足了建筑的功能需求, 还提升了建筑的艺术价值。

此外, 大跨度空间钢结构具有良好的抗震性能。由于钢结构自重轻、强度高, 能够有效地吸收和分散地震能量, 因此在地震多发地区, 这种结构形式具有显著的安全优势。同时, 大跨度空间钢结构的施工速度快, 有利于缩短工期。钢结构的构件可以在工厂进行预制, 然后在现场进行组装, 大大提高了施工效率。

然而, 大跨度空间钢结构也存在一些挑战。例如, 由于跨度大、荷载高, 对钢材的材质和性能要求较高, 增加了材料成本。同时, 钢结构的节点连接复杂, 需要专业的技术和设备进行施工, 对施工队伍的技术水平提出了较高要求。

2 大跨度空间钢结构建筑施工技术

2.1 高空散装技术

高空散装技术是大跨度空间钢结构施工的关键方法, 其核心在于将杆件与节点直接在预定高空位置进行拼装, 从而快速构建出整体结构。这一技术涵盖了全支架法、悬挑法和逆作法等多种施工策略。全支架法通过搭建满堂脚手架提供稳定的作业平台, 虽然支撑材料消耗大且搭建周期长, 但能有效保障高空作业的安全性。悬挑法则利用已建结构作为支撑点, 向外延伸搭建作业平台, 适合于特定条件下的施工^[2]。逆作法则是从结构底部逐层向上拼装, 对下方空间影响小, 但对施工组织和技术要求高。

高空散装技术实施过程中, 施工人员需要在高空搁置及操作平台上进行作业, 这不仅要求施工人员具备高超的技能, 还需要严格的安全措施来保障施工安全。同时, 由于单件重量相对较轻, 这种方法可以有效降低起重设备的起重要求, 使得施工更加灵活和高效。然而, 高空散装技术也存在一些挑战, 如支撑搭设时间长、高空作业多、工期跨度大, 且需用大量支撑材料, 占用大量建筑物内场地等。因此, 它更适用于跨度不大、工期要求不

紧的网架、网壳等大跨结构中。

2.2 高空滑移技术

高空滑移技术是一种高效且灵活的施工方法, 该技术通常在其他区域进行钢结构的部分组装, 然后按条或按块通过特定滑轨滑移至设计位置进行拼装, 实现了安装区域和拼接区域的分离, 避免了相互干扰, 并降低了对施工场地的要求。

高空滑移技术主要包括结构滑移法和支承滑移法, 前者是将结构整体或局部先在具备拼装条件的场地组装成型, 再利用滑移系统整体移位至设计位置; 后者则需设计支承构架, 并考虑水平动荷载等因素。此外, 滑移轨迹不仅限于直线平移, 曲线滑移也广泛应用于工程实践中。这一技术具有加快施工进度、减少支承用量、节约大型设备和施工用地等优势, 尤其适用于吊装设备难以覆盖的位置。然而, 其也对结构刚度、滑移轨道的铺设和同步控制提出了较高要求^[3]。因此, 在高空滑移技术的实施过程中, 需严格把控各个环节, 确保施工质量和安全。

2.3 整体提升技术

整体提升技术是先在在地面完成钢结构的拼装, 然后利用提升设备将其整体提升至设计高度, 实现了高效、安全的施工目标。传统的钢结构施工方法需要在高空进行拼装和安装, 存在较大的安全隐患, 而整体提升技术则可以在地面进行大部分的施工作业, 大大降低了高空作业的风险。

施工前, 工作人员需要对整体提升方案进行详细的规划和设计, 包括提升设备的选择、提升路径的规划、提升过程中的安全措施等。同时, 还需要对钢结构进行精确的测量和定位, 确保其与设计图纸相符。在地面进行钢结构的拼装时应严格按照施工图纸和规范进行操作, 确保拼装质量和精度, 并对拼装完成的钢结构进行加固处理, 以提高其整体刚度和稳定性, 为后续的提升工作做好准备。提升过程中往往需要使用大型的提升设备, 如液压提升器等。选择提升设备时应充分考虑其提升能力、稳定性、安全性等因素。同时, 还需要在安装提升设备时确保其位置准确、固定牢固, 以避免在提升过程中出现晃动或脱落等危险情况。此外, 提升过程中还需控制好提升速度、提升高度等参数, 确保钢结构平稳、缓慢地上升。并对提升过程中的结构变形、应力变化等进行实时监测和记录, 以便及时发现并处理异常情况。

2.4 整体顶升技术

整体顶升技术是一种基于原有建筑体系进行结构改造和加固的先进技术, 其基本原理是“拆、插、升、合”, 即先拆除原有屋面结构, 在墙体上向外侧插入临时支撑, 利用顶升机械进行整体顶升, 将新的屋架结构支撑在原有墙体上, 最后完成新旧屋面接合, 使建筑恢复原有的形态和功能。利用钢结构进行强化加固后, 可以提高建筑的抗震、抗风能力, 从而增强建筑结构的稳定性^[4]。与此同时, 整体顶升工程在恢复建筑功能和稳定性的同时, 能够保持原有建筑的形态和装修。

施工前需做好现场清理工作, 设置临时支撑和加固处理等。临时支撑要根据原有墙体的结构和性能进行配置, 确保能够承

受顶升过程中的临时荷载。然后利用专业的顶升机械器材进行施工,必须严格控制顶升速度和位移,以保证安全。整体顶升工程完成后,还应认真进行验收,并进行必要的保护工作,避免钢结构受到侵蚀或机械刮伤。

3 大跨度空间钢结构建筑施工质量控制

3.1 施工前

首先,需成立项目组织机构,明确各岗位职责,并编制详细的施工组织设计,包括施工方案、进度计划、质量保证措施等。其次,组织技术人员对施工图纸进行会审,确保图纸的准确性和可行性,并根据图纸和施工规范确定合适的施工工艺和顺序。此外,清理施工现场,搭建临时设施,并采购符合国家标准和设计要求的原材料,同时选择合适的施工设备,并对设备进行检查和保养。最后,对施工人员进行技术培训和安全教育,确保施工过程的顺利进行。

3.2 施工过程

(1) 构件制作与验收。在工厂进行构件预制时,应严格按照施工图纸和规范进行操作,确保构件尺寸、形状、质量等符合要求。并对预制构件进行质量检验,包括外观检查、尺寸测量、无损检测等,确保构件质量合格。

(2) 安装与焊接。安装前,施工人员需对构件进行清理、除锈、防腐处理等工作,确保构件表面干净、整洁。同时,采用合理的安装方法和吊装设备,保证构件安装位置准确、稳定。焊接作为钢结构连接的重要方式,必须严格控制焊接质量^[5]。选用合适的焊接材料和焊接工艺,确保焊缝质量符合国家标准和设计要求。此外,还需对焊缝进行外观检查、无损检测等,确保焊缝质量合格。

(3) 高强螺栓连接。高强螺栓连接是钢结构连接的重要方式之一,连接前应对螺栓进行质量检验,包括外观检查、硬度测试等。连接过程中需严格控制螺栓的预紧力和拧紧力矩,确保连接紧密、牢固。连接好之后,对连接部位进行外观检查和尺寸测量,确保连接质量符合设计要求。

(4) 涂装与防腐。涂装是钢结构防腐的重要措施,涂装前应对钢结构表面进行预处理,包括除锈、清洁等。与此同时,选用

合适的涂料和涂装工艺,保证涂层质量符合国家标准和设计要求,并对涂层进行外观检查、厚度测量等,确保涂层质量合格。

3.3 施工监测与验收

整个施工过程中,施工单位应组织专业人员对关键部位和关键环节进行实时监测,包括变形监测、应力监测等。并对监测数据进行及时分析和处理,发现异常情况及时采取措施进行调整和处理。

施工完成后,应组织专业人员进行验收工作,包括外观检查、尺寸测量、无损检测等。同时,对工程质量进行全面评估,确保工程质量符合国家标准和设计要求。此外,对存在的问题和缺陷进行整改和处理,确保工程质量合格。

4 结束语

总而言之,大跨度空间钢结构建筑施工技术多样且复杂,包括高空散装法、整体顶升法、整体提升法等。这些技术的应用,确保了大型建筑结构的稳定性和安全性。同时,通过闭环控制、自适应控制等先进的施工控制技术,能够精确控制施工过程,减少误差,提升施工质量。这些施工技术和控制成效的有机结合,使得大跨度空间钢结构建筑在现代建筑中得到了广泛应用,满足了人们对建筑空间多元化、功能化的需求。

[参考文献]

- [1]徐龙,杨智如.大跨度空间曲面管桁架拼装关键施工技术[J].建筑机械,2023,(07):82-86.
- [2]吕亚强.基于细分法的大跨度复杂钢结构空间测量方法[J].江西建材,2023,(06):146-148.
- [3]徐明春.大跨度钢结构健康监测数据研究[J].建材世界,2023,44(03):93-96.
- [4]许小英.大跨度空间钢结构施工技术和危险源检测技术研究[J].散装水泥,2022,(06):82-84+87.
- [5]雷淑忠,刘鑫,杨大彬.大跨度网架屋盖整体提升技术研究[J].山东建筑大学学报,2022,37(03):28-35.

作者简介:

丁磊(1993—),男,汉族,河南省信阳市人,本科,工程师,工程技术。