

大跨度管桁架钢结构滑移法施工技术

张绍博

华电科工股份有限公司 北京 100000

【摘要】：大跨度管桁架钢结构由于跨越能力大，空间利用率高等优点在煤棚这类空间较大的工程中得到了广泛的应用，但是在施工过程中存在着结构复杂、安装精度高、安全风险较大等问题。鉴于常规高空散拼与整体吊装等施工方式效率低下且风险大，滑移法施工技术已逐步成为此类工程中一种重要的施工方式。本研究结合实际工程经验，对大跨度管桁架钢结构的滑移法施工技术进行了全面的系统分析，特别是从工程特性、整体施工布局以及关键技术三个方面进行了深入研究。采用地面分段拼装、滑移轨道布设、同步牵引控制和高空对接及焊接技术等综合措施，使结构安装工艺安全可控，精度有保证。实践证明滑移法不但显著减少高空作业量及提高施工安全性，而且还能有效地缩短工期，减少施工成本，有较好的工程应用价值及推广前景。

【关键词】：大跨度结构；管桁架；滑移法施工；钢结构安装

DOI:10.12417/3083-5526.25.08.025

随着工业建筑的日益扩张，大跨度空间结构被广泛地应用于煤炭储运，物流仓储以及工业厂房中。管桁架钢结构具有受力合理，自重轻，形式灵活的特点，是该类工程中主要的结构形式之一。但大跨度管桁架的施工面临着构件尺寸较大、节点结构复杂、安装精度要求较高、高空作业风险高等一系列的问题，传统的施工方法很难在安全性、经济性和施工效率之间取得平衡^[1]。滑移法施工技术是通过在地面上对结构进行分段完成组装，借助滑移装置达到整体推进就位的目的，有效地降低了高空作业量，已逐步成为大跨度钢结构施工中的一种重要技术路线。本文从工程实践出发，系统梳理了滑移法施工组织方式及关键技术，对提高施工质量和安全水平有着十分重要的意义。

1 工程特点与滑移法施工适用性分析

1.1 大跨度管桁架钢结构的工程特征

大跨度管桁架钢结构一般跨度较大、结构轻巧、受力复杂、对空间刚度的要求较高。依据参考的工程资料，这种结构通常是弧形或折线形的布局，单跨跨度可以超过百米，杆件数量众多且节点结构复杂，这对制造和安装的精度提出了极高的要求。同时结构大多为空间三维体系，其整体稳定性主要取决于各个杆件的协同作用，局部偏差一旦出现就会给整体受力带来放大效应^[2]。大跨度管桁架通常用于煤棚这种大空间覆盖工程中，在耐久性、防腐性能和施工效率等方面都有很高的要求。

1.2 现场施工条件与主要技术难点

工程施工现场普遍具有作业空间有限、交叉施工较多、地基承载条件比较复杂的特点，这就为大型构件的吊装及整体拼装增加了难度。管桁架构件具有单件重、长的特点，运输和吊装的难度明显增加，特别是跨度大的情况下，常规的整体吊装方式需要极大的起重设备能力，施工风险加大^[3]。高空作业量较大，焊接、测量以及校正精度的控制都比较困难，稍有不慎就会对结构的整体线形以及受力状态造成影响。

1.3 滑移法施工的适用性与方案比选

鉴于以上工程特点和施工难点，滑移法施工技术有着显著的优越性。这种方法采用地面分段拼装和整体滑移就位的方式，能有效地减少高空作业量和提高施工安全性，同时也减少了对大型起重设备使用的依赖性。通过参考工程中所采纳的“地面拼装加分段滑移的方法”的施工策略，我们可以确保构件在受控的条件下逐渐推进，从而确保结构的线形和安装的精确度^[4]。同时通过滑移轨道及同步牵引系统的设置，可以达到多点受力均衡的目的，从而避免了结构安装时附加应力过大的问题。

2 大跨度管桁架钢结构滑移法施工总体部署

2.1 施工分区与总体流程设计

鉴于大跨度管桁架钢结构具有建设规模庞大、构件众多、工艺复杂等特点，因此需要对其建设区域做出合理的分区。据参考资料显示项目一般按照轴线或者结构分段分为多个施工区，各施工区之间既相对独立也相互联系，利于流水施工和资源的优化配置^[5]。施工分区既要考虑结构布置又要与现场运输通道，拼装场地和滑移方向等因素综合安排，以减少交叉作业和提高施工效率。通过清晰的分区界面可以有效地控制施工节奏和减少组织难度。

在整体流程设计上应遵循“地面拼装—分段装配—整体滑移—高空对接—最后成型”的基本理念。参考工程明确拼装、吊装、滑移和校正等关键环节依次连接，并通过过程的前后一致达到连续作业。为了确保前一个工序的质量能够满足接下来工序的需求，各个工序之间需要建立合适的检验和验收节点。同时通过编制周密的进度计划及节点控制措施使施工过程有序进行并进行动态调整，确保了整体工期目标的完成。

2.2 拼装场地、胎架及临时支撑布置

拼装场地布置是滑移法施工中最基本的一个环节。工地需要有专用构件堆放区和地面拼装区，场地要平整、结实，以适

应大型构件拼装及设备操作的需要。拼装区域一般设置在滑移起点附近,减少了构件的二次倒运和施工效率。同时需要对运输通道和作业面进行合理规划,以保证构件出入畅通,避免和其他施工区域产生冲突,以形成一个高效有序的施工环境。

胎架和临时支撑系统的设计,直接影响拼装精度和结构安全。工程上常用的可调式胎架是分段拼装的,通过对标高和线形的准确控制来确保桁架的总体几何尺寸满足设计要求。滑移时也需要安装临时支撑及导向装置来保持结构的稳定,避免侧向偏移。临时支撑布置需综合考虑滑移阶段的受力情况,在满足承载能力的前提下,方便后期拆除及反复使用,以提高施工经济性和安全性。应根据现场实际情况合理设置支撑间距及布置方式,强化对关键节点刚度和稳定性的控制,通过施工期动态监控和调整保证结构各个阶段时刻处于安全和可控状态。

2.3 起重设备、滑移装置与辅助机具配置

从设备配置上看,要根据构件的重量,跨度和施工工艺等因素合理地选用起重设备。参考工程利用汽车起重机进行地面拼装和分段吊装相配合不仅满足了构件安装的需要,而且还具有机动灵活等优点。针对不同的施工阶段要对起重能力和作业半径进行合理搭配,以免造成设备能力的不足或者资源的浪费。同时需要综合考虑设备的布置位置和作业范围等因素,以保证起重作业的安全高效运行。

滑移施工核心是滑移装置和牵引系统的配置问题。它一般由滑轨、滑靴、牵引钢索和同步控制装置组成,采用多点牵引的方式使结构运动顺畅。参考资料提到在滑移过程中需要对同步性和稳定性进行控制,以免结构受力不均匀而发生变形。还要配置测量仪器,焊接设备以及安全防护设施和其他辅助机具等以对滑移施工进行技术保证。通过对各种设备进行合理的配置可以显著提高施工的质量和效率。同时要建立良好的施工组织和协调机制,实现牵引速度、受力状态和关键节点的全程监测,结合现场反馈情况适时调整施工参数,从而保证滑移过程的安全,顺利和可控。

2.4 滑移路径规划与工序衔接安排

从项目布置情况来看,滑移方向一般沿着结构纵向布置,路径需要满足平直,连续和承载稳定的要求。滑轨的布置要与结构轴线准确定位相结合,确保每个支点的受力均匀。参考工程采用优化滑移路线的方法来减少转向及中断环节以降低施工风险、提高滑移效率。同时也需要充分考虑现场障碍物和施工干扰因素以保证滑移过程的安全性和可控性。

从工序衔接上看,要做到拼装、滑移、对接与焊接密切配合。工序间需要明确的时间节点和质量要求才能避免等待或者矛盾现象的发生。滑移结束后要及时做结构校正和高空对接工作,以保证整体线形满足设计标准。参考资料表明合理地安排工序顺序和施工节奏可以有效地缩短工期,增强施工连续

性。我们成功地构建了一个“拼装—滑移—修正—固定”的完整流程,确保了施工过程中的高效连接和质量管理。

3 大跨度管桁架钢结构滑移法施工关键技术

3.1 构件分段拼装与地面预拼装控制

构件分段拼装及地面预拼装作为滑移法施工得以顺利进行的基本步骤,核心在于根据结构受力、运输条件、吊装能力及现场安装需求等因素把大跨度管桁架分成多个施工单元,地面组拼采用胎架方式进行。施工中首先要测量放线然后做拼装胎架,然后按顺序完成主弦杆,腹杆以及有关次构件定位安装工作,以保证各段构件轴线、标高、拱度以及节点空间位置等符合设计要求。大量安装及校核工作提前到地面可以有效地减小高空散拼作业量、提高拼装精度、减小安装误差累积给后续滑移及整体成形带来的负面影响。

在工程执行过程中,按照“首先进行放线,然后放样标架主管的地面投影线,接着制作拼装胎架,然后落杆上胎、拉杆定位、腹杆和次构件的拼装、就位、焊接,最后出胎”的顺序进行现场拼装,拼装的内容包括主桁架、次桁架和天窗构件等。主桁架再按现场吊装及滑移的需要分成若干段,地面上完成预拼装,尺寸复核后方可进入下步。该方法确保各段出胎之前就已经完成主尺寸控制及焊接成形工作,使得后续吊装,滑移及高空对接等工作基于更高的精度进行,利于整体线形及安装质量的控制。

3.2 滑移轨道布设与同步牵引控制技术

轨道布设要综合考虑场地平面布置,结构轴线及滑移方向等因素进行统一规划,在满足基础承载,平整度及连续性的前提下确保轨道中心线及结构滑移路线的一致性。对大跨度管桁架来说,在滑移过程中结构是阶段性受力的,如果各个支点的标高不连贯或者牵引不够同步则易造成桁架扭曲、局部变形乃至不稳定,需要采用统一控制牵引措施配合过程监测对各测点的力与位移进行适时调整,以保证整体处于受控状态顺利前进。

工程布置时已经明确了结构滑移的方向,拼装场平面布置时对拼装区,滑移区和邻近煤堆的作业带进行了判别,表明滑移路线并非临时确定,但要结合场地硬化、构件堆放、运输组织等因素进行统筹安排。场地采用先地面拼装再分段滑移施工模式,这就决定了轨道布设须直接连接拼装场的位置,以确保构件拼装后能平稳地进入滑移通道。同时要对临时支撑和导向装置进行合理布局,对施工工序的衔接进行优化,以提高施工的整体效益和安全性。

3.3 高空对接、测量校正与卸载成形技术

高空对接、测量校正和卸载成形是大跨度管桁架从临时施工状态到最终受力状态过程中至关重要的环节。滑移就位时各段接口首先要完成测量复核工作,然后定位调整及连接固定工

作,关键是端口位置、节点坐标、标高及整体线形的控制。由于大跨度结构的拱度及空间几何精度都有很高的要求,因此在施工过程中构件的姿态应利用实测的数据进行校正,并在必要的情况下采用临时支撑,调整装置及分步校正等方法来辅助精调。

施工时首先将主桁架的第1段和第4段组拼到胎架上,然后再进行后续的安装,最后再调整校验其整体的尺寸。对于每一个连接端口特别是端口端口以及每一个交叉节点端口都需要经过自由状态的测量校正与记录后才能精确定位。这一实践表明,场地并非安装后马上就被固定住了,而首先是对各个位置尺寸关系进行复核数据来确认,然后才会安排后续的连接施工以确保高空对接精度需求。在测量过程中应使用统一基准控制体系来保证每个测点的数据准确性和可追溯性,配合实时监测手段,及时纠正偏差,避免累积误差给整体结构带来负面影响。

3.4 焊接质量、结构稳定与安全控制措施

管桁架的节点较多,焊缝的空间位置比较复杂,在焊接时易产生变形,收缩不均匀以及局部附加应力等问题,所以要合理地安排焊接顺序,严把焊接工艺参数关,做好拼装,对接及成形等各个环节的尺寸复核及变形观测工作。同时滑移施工时结构还未形成一个完整的稳定体系,需要综合采用临时支撑,胎架支承,侧向约束和过程监测等措施来保持整体的稳定性。在施工安全上,则要着重预防与控制高空作业,吊装作业,焊

接用电以及火灾的风险,并形成全过程的安全控制体系。

在实际的施工过程中,当构件组装完毕后,我们按照各个工序进行了对接焊接,并选择了二氧化碳气体保护焊作为焊接手段,以确保焊接的效率和焊缝的质量标准得到满足。在工程难点部分也明确指出高空钢管的焊接与普通钢板的焊接有很大的区别,界面位置需进行全方位的施焊,这对于作业平台和焊接措施都有很高的要求。同时在施工组织上也有专项安全施工内容及应急处理措施,有计划地控制起重伤害,触电及火灾风险。焊接质量控制、结构稳定控制和安全管理并非是孤立的,它们是作为同一条施工控制链条而同步进行的。

4 结论

对大跨度管桁架钢结构滑移法的施工工艺进行了系统的分析,可见这种方法对于复杂大跨度结构的安装有着明显的优越性。通过对施工分区和流程组织进行合理划分,并配合地面分段拼装及精确测量控制等措施,有效地确保结构整体安装的准确性;采用科学布设滑移轨道和实行同步牵引控制等措施,使结构在滑移过程中顺利安全地进行;采用高空对接,分步校正及合理卸载等措施,成功地完成了结构从临时受力体系到设计受力体系转变;与此同时,改进后的焊接工艺和安全管理措施,进一步保证工程质量和施工安全。实践证明滑移法施工可明显降低施工风险、提高施工效率、有较好的经济效益与推广价值。今后,要进一步将信息化监测和智能控制技术相结合,继续推进滑移施工精细化和智能化水平。

参考文献:

- [1] 李君,张成,刘国彬,等.大跨度钢结构管桁架加工制作技术探讨[J].建筑科技,2025,9(11):79-81.
- [2] 王姬,晋浩,秦冰琪,等.BIM技术在机场大跨度空间桁架钢结构中的施工管理及应用[J].中国建筑金属结构,2025,24(01):160-163.
- [3] 蒋家靖.基于有限元分析和整体提升施工技术的大跨度钢结构管桁架施工策略——以德化会展中心为例[J].房地产世界,2024,(08):23-26.
- [4] 方国刚,何霞,董彦成,等.大跨度张弦桁架钢结构屋盖同步顶推累积滑移施工仿真分析及监测[J].工程与建设,2024,38(06):1373-1375+1409.
- [5] 黄日甜,张霄,姚勇,等.大跨度钢结构空间管桁架设计难点与施工安装探究[J].中国建筑装饰装修,2024,(03):72-74.