

装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺分析

段志毅

江西新钢建设有限责任公司

摘要：装配式建筑在我国得到了广泛的应用，使得装配式钢结构在我国建筑行业占据着较大的比重，无论是板材的拼接还是U型柱的组装都得到了良好的发展，可以说装配式钢结构工艺是建筑质量的保证，使得建筑施工的安全性以及效率得到了提升。基于此，本文就装配式钢结构工艺梳理以及装配式钢结构关键技术，探讨了装配式钢结构在实际案例中的应用。

关键词：装配式结构；建筑施工；关键技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.028

引言：装配式钢结构主要指的是将电梯、楼板以及墙壁等材料直接在工厂进行批量生产，待至生产完毕后送到工程所在地，以便达到压缩工期的目的。装配式钢结构源于木构架拼接房屋，在第二次世界大战后，欧洲房屋数量紧缺，使得装配式建筑得到了发展机会，装配式建筑钢结构迎来了关键的推广期。随着装配式钢结构在我国的应用，我国相继出台了一系列政策推动装配式钢结构的发展。

一、装配式钢结构工艺梳理

我国现阶段最为常用的钢结构是箱型柱，在对箱型柱结构进行施工建设的过程中，需要保证板材下料拼接，U型柱安装以及栓钉焊缝等工艺的规范性，以便保证箱型柱结构的施工建设质量，实现对于箱型柱结构的控制。

（一）板材下料拼接

目前，就市场而言，装配式结构建筑箱型柱结构主要应用三种常见厚度的钢板，实现对于箱型柱的拼接。其一，如果钢板材的厚度小于10mm，在进行钢板材拼接的过程中，应当采用断面全接触拼接的方式。其二，如果钢板材的厚度处于12mm-20mm之间，则在拼接的过程中要保证断面接触长度大约在5mm左右，并且在另一侧面要选取角度为60°的三角形板材对其进行拼接，以便保证板材拼接的紧密性^[1]。其三，如果板材的厚度大于20mm，在进行拼接的过程中，同样需要保证断面接触长度大约在5mm左右，且要使用两块三角形板材对其进行拼接，最好在拼接时采用焊接工艺。

（二）U型柱组装

在对装配式钢结构的箱型柱进行施工建设的过程中，需要保证下料拼接能够形成一定的尺寸和厚度，且要通过横向和纵向组装的方式对U型柱进行组装，以便保证最终箱型柱拼接的质量。U型柱的拼接最为关键的是，保证下翼缘、内隔板以及拼接支撑之间的距离处于平衡状态，且在安装的过程中，要沿着安装线对其进行

安装。每隔一段距离要依照安装线之间的间隔设置相同规格的内隔板，即形成U型柱。

（三）栓钉焊缝控制

焊接是装配式钢结构中最为常用的工艺流程，其是装配式建筑中最为关键的一道安装工序，因此要对拼接部位的栓钉焊接质量进行把控，以便能够实现对于栓钉焊缝的控制。栓钉焊缝的控制直接关系到整个装配式结构的质量。通过对栓钉焊缝实践调查表明，拼装部分栓钉焊接质量需要满足施工建设的需要，以便能够取得良好的施工建设效果。

（四）构件分段工艺

在进行现场施工建设的过程中，要保证施工塔吊式的起重力量，使其处于塔吊的最大起重范围内，因此在进行施工过程中，需要对构件进行分段处理，构件运输能够满足塔吊的施工要求。在采用构件分段技术的过程中，会出现三种规格的构件，长度大于12m的超长构件，宽度大于2.8m的超宽构件，高度大于4.5m的超高构件，基于这三种特殊规格的构件，在对其进行处理的过程中需要采用结构分段焊接工艺，以便保证构件吊装的质量。

（五）吊装工艺

吊装工艺的应用效果对装配式建筑施工的质量具有直接的影响，要想全面地提升装配式建筑钢结构的建设质量，必须要对建筑结构的吊挂和设计要点进行分析，明确吊装工艺的应用关键。首先，在进行施工过程中，需要对塔式起重机进行安装和布置，保证塔式起重机的吊装范围能够覆盖整个施工现场，提升塔式起重机应用的效率^[2]。其次，要保证塔式施工起重机的应用特性满足结构建筑施工的关键，达到装配式建筑施工的分段要求以及重量规定。再次，塔式起重机的吊装必须要符合结构构件的卸车地点以及吊运地点，缩短构件吊装的距离，保证构件吊装的效率。最后，在对塔式起重机应用的过程中，必须要保证塔式起重机的数量满足吊装工艺的吊装需要，通常情况下，需要在应用塔式起重机时使得吊装区域与高度相平衡，以便保证吊装作业的质量。

（六）楼板体系

在装配式建筑施工中，楼板体系主要可以拆分成两类，其一是钢筋桁架楼承板，其二是预制的砼叠层板。首先，在应用钢筋桁架楼承板的过程中，必须要严格按照工程的建设要求和规格来进行加工，待至安装完成后，在施工现场进行摊铺，利用栓钉连接实木板和钢梁，以便保证钢筋桁架楼承板的施工强度^[3]。待至铺筑实木板后，对分布筋进行捆扎，然后直接对混凝土结构

进行施工，如果在施工现场缺少满堂脚手架亦或是撑膜，则需要浇筑时利用简易三脚架作为支撑，以便满足混凝土结构的浇筑要求，缩短混凝土结构浇筑工期，降低混凝土结构的浇筑成本。其次，在对预制混凝土叠合板进行施工浇筑的过程中，需要采用BIM技术进行模型制造，然后将厂房内的预制构件，运送至施工现场，对预制混凝土叠合板的质量进行检测，待至其强度满足设计要求后，在现场吊挂。

二、装配式钢结构关键技术

要想完成装配式钢结构建设，需要采用数字化加工技术、3D扫描技术等关键技术深化装配式钢结构的建筑模型，使得装配式钢结构化零为整，能够适用于工程建设，达到构件的建设要求。

（一）数字加工技术

BIM数字加工技术在应用的过程中需要在软件中建立统一的轴网，再结合轴网结构中的施工要点对钢梁、钢柱等支撑结构进行模拟，保证各个部件的位置关系能够通过模型建立起来。基于装配式钢结构的构件建设规格要求，建立相应的构件规格库，对构件进行统一编号，以便为后续区分和分类各类构件奠定基础，使得构件的加工和现场安装更为便利，节省工程建设的时间^[4]。同时，要根据施工图纸、构件的运输条件对各个构件进行合理分段，待至对各项综合因素考量完毕后，将钢柱两层分为一段，按照构件节点的具体形式对其进行设计，以便满足构件节点的设计要求。如选取所需的构件节点形式，依次按照钢柱、钢梁开发专门的参数节点，将构件的具体形式表达出来。

（二）单边螺栓施工技术

单边螺栓施工技术的应用主要是对螺母、普通垫片等部分进行处理，以便保证螺栓焊缝的紧密性。首先，在应用单边螺栓施工技术的过程中，应当明确螺栓的各个组成部分，如螺母、普通垫片、分体式垫片、螺杆等，待至统一组装顺序后，利用闭口截面的单边安装手段，简化安装工艺，节省现场焊接操作的时间。其次，借助BIM施工技术，利用Revit软件建立单边螺栓模型，并在施工现场进行施工安装，以便实现新技术可视化交底。在对单边螺栓进行安装的过程中，利用三维立体形式将复杂节点展示出来，提升单边螺栓施工的直观性，以便施工人员进行施工的过程中能够直接依照单边螺栓的安装流程对其进行安装。

（三）高强度环簧复位摩擦施工技术

在实际工程建设的过程中应用高强度环簧复位摩擦施工技术，首先，要依照装配式结构的层间变形以及伸长率定制高强度环簧，保证其在实际应用时即便在8度的地震与风载的作用下也能够自动复位，达到减震节能的效果，避免出现更滑环簧的情况。高强度环簧进行自动复位，主要是依靠其内部的簧片、上外筒以及下外筒，三者的相互配合使得高强度环簧得以自动复位。其次，高强度环簧自动复位还需要依赖混合支撑体系，在

框架柱以及框架梁的帮助下，普通抗侧能够借助人字形支撑耗散地震力量，且降低混合机构出现损伤和变形的可能，保证结构的稳定性。同时，高强度环簧与传统支撑结构的结合，能够在目标地震作用下，为结构提供恢复力，使得结构体系自动复位，如果地震作用超出预期，结构层间出现目标位移，在自动复位后还能够进一步提升结构的抗侧力，降低结构耗能，防止结构出现倒塌的风险。最后，在对高强度环簧进行生产的过程中，需要保证其在工厂内完成，且要预留出高强度环簧的安装位置，以便在后续安装的过程中能够通过转换梁耳板的销轴进行连接。

（四）3D扫描技术

在对建筑施工的过程中，主体结构会与机电、暖通等设施进行交错作业，因此施工现场的环境较为复杂，为保证施工建设质量，应当在施工现场利用3D扫描技术进行辅助。首先，在扫描前需要在周围环境中设置多个站点，获取各个站点的扫描数据，保证各个站点的数据能够相匹配，从而形成施工现场云点图，与实际工程建设图进行对比，以便能够精准地完成机电和管道项目的安装，减少施工中碰撞问题。其次，利用激光扫描仪，对施工现场进行远距离以及高精度扫描，并且利用内部的智能处理芯片对现场进行质检，保证现场数据采取的精确性。最后，将现场空间与施工云点图进行对比，定位机电、暖通等专业在施工现场的碰撞位置，获取碰撞部位的数据，将其反馈至机电以及暖通等专业的制作部门中，以便为后续安装提供支持。

（五）防腐防火技术

防腐和防火技术是装配式钢结构中的关键技术，防腐技术主要指在构件外部涂抹的水性环氧富锌漆底漆以及水性环氧富铁中间漆，保证构件漆种在固化后的发锌含量能够不低于70%，且将表干时间控制在4h范围内，在施工现场进行喷涂，以便确保最后成型的效果。防火技术，主要指的是采用非膨胀型的防火涂料，将涂层厚度控制在35mm范围内，并在结构层间粘贴网格布，提升结构的耐火性。同时，要找正构件表面的大角，利用腻子刮涂后，再在其表明涂刷面漆，保证构件具备稳定的耐火性能，为后续构件的安装奠定基础。

（六）墙板安装工艺

墙板的安装大致分为墙体板材抗裂安装、外墙ALC板条安装、异形区域安装以及墙板和结构拼接工艺的对接。首先，在对墙体板材进行安装的过程中，需要在板材端部沿着长边方向进行切割，预留出厚度50mm，深度5mm的抗裂槽，再对板材进行固定，待至其中间拼接缝隙的砂浆强度达到75%后，在抗裂槽内部搭接50mm的板材，使得板材和抗裂砂浆处于平齐状态，以便有效减少板材拼接开裂的质量问题。其次，在对外墙进行安装的过程中，采用膨胀螺栓对楼板进行固定，且要保证每个搭接的边缘不小于125mm，利用专门的支撑件进行固定操作，提升板材矫正后的钩头螺栓与角钢焊接的牢

固性。再次，在对板条墙进行安装前，需要固定钩头螺栓和角钢，保证其结构能够满足斜撑上部钢梁下翼缘结构，满足螺栓安装的要求。最后，在墙板拼接缝进行处理时，采用耐碱网格布和抗裂砂浆，对墙体钢结构进行固定，减低其受损的可能。

三、装配式钢结构案例分析

本次对装配式钢结构相关技术和工艺进行研究，主要是基于装配式钢结构的实际应用背景以及装配式钢结构在建筑中的实际应用情况，对其相关技术和工艺进行分析，以便施工人员掌握装配式钢结构的施工要点。

（一）工程概况

以某装配式建筑工程建设为例，该项目总体面积为63246.35m²，分为地上和地下两个部分。地下2层，地上15层，地上部分1-7层的高度为15.2m，8-15层的高度为13.1m，整体建筑高度为25.3m。建筑主体采用的是框架-支撑结构，建设安全等级为2级，抗震设防烈度要求要达到8度，预期建筑使用年限为15年。在对建筑结构进行建设的过程中，主要采用了装配式钢结构，装配率达2A级。

（二）工程项目体系

本次工程在建设过程中，主要采用的是钢框架复位耗能体系，整体结构刚度较高，抗侧能力较强，且在建筑结构中会出现较小的层间位移。在建筑工程的建设中，主要是以平动结构为主，有效降低了工程结构的扭转耦联反应。本次工程建设相较于传统结构的剪力墙体系的整体强度得到了有效提升。在进行施工建设工程中采用钢管混凝土柱，并基于砼的承压性以及钢材的延伸性，采用全融透焊接方式，对其进行安装，保证建筑结构能够在相同抗弯能力下提升截面的利用效率。在对楼板进行施工建设的过程中，要采用单边螺栓施工技术，保证装配式结构的安装速度得以提升，使得各个梁柱节点得到支撑，提升建筑整体的抗震效果和抗变形能力。

（三）关键工艺

在整个工程安装设计的过程中，首先是工程的设计阶段，应用了BIM技术对项目所采用的结构进行设计和计算，并基于楼层的地震力对其进行修正，将建筑概况导入至模型中，对得出的计算结果进行对比分析，保证各个构件与建筑结构设计的适配性^[5]。而对于伸出屋面部分的悬挑构件，则要利用3D3S软件对其进行补充计算，以便保证伸出屋面结构的安全性。其次，要对结构部件的梁柱、楼板以及内外墙板在工厂预制，并提前运送至施工现场，利用干法作业法方式，提升建筑整体的装配程度，减少现场作业的工序。再次，在地上部分建筑应用单边螺栓节点对钢结构框架进行装配，减少现场焊接的工序，提升工程的建设效率。同时，要在建设过程中，采用高强钢环簧，提升建筑的消震减能效果。另外，在对机电设备进行安装的过程中，要利用BIM技术建设模型，出具机电专业的施工图和预制加工图，指明

机电专业安装的复杂点，以便确保后续工程的顺利开展。在施工现场，要对机电专业的安装内容进行针对性分解，明确不同位置、区域和功能，对其进行模块化设计，简化机电专业的施工步骤，提升机电专业的安装质量。最后，在整体工程建设中采用EPC和BIM全产业链模式的建设形式，与BIM协同设计，保证暖通、给排水以及电气等各个专业得以相互配合，减少中间环节，提升工程建设的安全性以及技术性。

（四）应用效果

在进行工程建设的过程中，针对其中的问题采用新技术和新工艺，重点解决了装配式钢结构与暖通专业、机电专业之间的建设矛盾，减少工程建设中碰撞的可能性。并且在地上部分进行建设的过程中，还对钢结构进行模拟，通过对装配式钢结构的竖向对比，计算出装配式钢结构层间的位移数值，为后续建筑结构的建设提供了相应参考，保证装配式钢结构能够不受非结构构件的影响。通过对建筑结构的整体建模，对工程进行施工分析，与施工实际结果相对比，判断后续施工的步骤。同时，利用BIM技术深化建筑结构设计，保证精准下料，提升板材拼接的稳固性。另外，对装配式建筑构件采用防火防腐技术，保证墙板的安装质量，提升墙板的安装性能，延长建筑结构的整体使用寿命，保证装配式钢结构的建设效益。

结语：总而言之，随着我国装配式钢结构的建设技术日益成熟，其已经成为我国装配式建筑的关键技术，能够在很大程度上提升建筑的性能以及外观形象。而且在应用装配式钢结构的过程中，能够保证各项建设工序处于优势地位，减少工程建设存在的问题，展现装配式钢结构的结构特征，提升建筑的建设水平，完善建筑的建设质量，使得装配式钢结构得到广泛应用。

参考文献

- [1]段国庆,吕云杰,方飞等.装配式钢结构高层住宅施工技术研究现状[J].中国建筑金属结构,2023,22(05):103-105+109.
- [2]李霞,高新艳.装配式钢结构建筑施工关键技术及工艺探究[J].中国建筑装饰装修,2023(09):146-148.
- [3]高乾,黄兴斌,党利荣等.基于装配式建筑工程的钢结构施工技术要点分析[J].中国建筑金属结构,2022(02):82-84.
- [4]李朝兵,仇峰,邹晓军等.高烈度区超高层全钢结构装配式建筑施工技术[J].建筑施工,2022,44(01):83-85+91.
- [5]杨广瑛.浅析装配式建筑工程钢结构施工技术和施工管理措施[J].科技风,2021(30):115-117.

作者简介:段志毅(1970-),男,籍贯:江西樟树,汉族,研究生,高级工程师,研究方向:装配式建筑施工。