



机网络技术、电视技术、光纤技术、传感器技术及数据库技术等高新技术,构成各类智能化系统。

6.1.3 智能建造与装配式技术的关联

工程建筑产业智能化是指采用当代工业化生产方法替代施工现场现浇工作方式修建工程建筑产品,通过规范化设计方案、工厂化生产制造、装配化工程施工、一体化装修、数字化管理,提高施工品质。

推进绿色建筑,做到节能降耗,改善环境卫生,是工程建筑产业创新发展的必然结果。工程建筑产业智能化存在不一样的发展趋势过程,有不一样的内涵和外延。

现阶段工程建筑产业智能化的内涵便是以发展趋势装配式建筑为切入口,以工业化、信息化管理为驱动力,通过修建方式转型和产业发展科技成果转化推动工程建筑产业创新发展和持续稳定发展趋势,做到减少施工现场工作、减少资源能源需求、减少环境污染问题、提高工程建筑品质、提高劳动生产率、提高综合效益(即“三减三提”)的目的(图6-4)。



图6-4 智能建造与装配式

6.2 基于 BIM 的装配式建筑智能建造过程

6.2.1 装配式建筑的概念及特点

随着我国经济的迅速发展,城镇化水平快速提高,建筑业在我国国民经济中充当着重要角色,成为国民经济支柱产业之一。但是建筑业还存在着许多的弊端,传统粗放建造方式面临着生产效率低、劳动力成本高、环境污染严重、信息化程度低等问题,给保护环境带来诸多难题,而发展装配式建筑则是推动建筑产业化、建筑信息化的有效方式(图6-5)。

装配式建筑是以信息化为支撑,设计、施工、装修以及验收、管理方面具有一体化、协同化、精细化、施工干作业等特点。装配式建筑与传统建筑的区别体现在建筑的各个阶段,其核心内涵见表6-1。

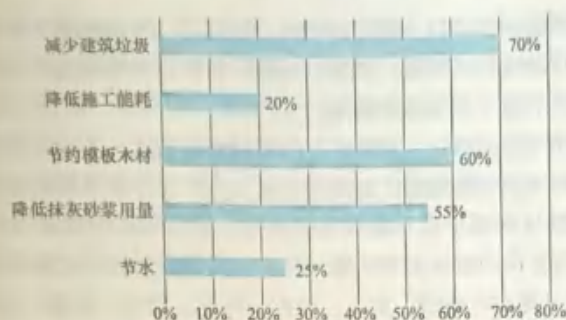


图 6-5 装配式建筑“四节一环保”

装配式建筑与传统建筑的区别

表 6-1

内容	传统建造方式	装配式建造方式
设计阶段	设计与生产、施工脱节	一体化、信息化协同设计
施工阶段	现场湿作业、手工操作	装配式、专业化、精细化、机械化
装修阶段	毛坯房、二次装修	装修与主体结构同步
验收阶段	分部、分项抽检	全过程质量控制
管理阶段	以农民工劳务分包为主追求各自利益	工程总承包管理，全过程追求整体效益最大化

装配式建筑的特点如下：

(1) 绿色建筑

绿色建筑是指建筑全生命周期内最大限度地实现“四节一环保”（节能、节地、节水、节材、保护环境），为人们提供健康舒适的使用空间，与大自然和谐共处。随着我国经济的快速发展，全面推进城镇化建设、不断推动供给侧改革，建造过程中所消耗的水泥、砂石等建筑材料以及建筑物拆除时所产生的建筑垃圾和扬尘成为我国建筑业面临的主要问题。因此，传统建筑业粗放式生产已不适用于现阶段绿色环保，建筑业转型升级的需要。

在绿色环保、建筑业转型升级的时代背景下装配式建筑的优点得以体现，装配式建筑是通过标准化设计、工厂化加工、预制构件运输到工地通过可靠的连接方式组装的建筑。与传统的现浇技术相比，由于预制构件均是在工厂预先加工完成再在现场进行装配，能大大减少施工现场浇筑混凝土的工作量，减少环境污染、节约施工工期，因此装配式建筑的建造方式有助于实现“四节一环保”。

(2) 管理方式的改革

构件的初步设计阶段是在建筑、结构设计以及机电设备基础上，由设计单位联合构件生产企业，结合预制构件生产工艺，以及施工单位的吊装能力、道路运输等条件，对预制构件的形状、尺度、重量等进行估算，并充分与建筑、结构、电气等专业进行初步协调。在初步设计的基础上，结构专业确定预制构件的尺寸、质量等空间几何和物理信息，机电设备专业确定管线预埋位置。构件制作前应进行深化设计，应满足工厂制作能力、施工环



节构件搭接的技术和安全要求以及确定预埋件、预埋物、预留沟槽等准确位置同时完成设计验算,最终完成预制构件的平面、立面、配筋、安装及细部构造图,设计图纸交由生产单位进行生产,最后由施工单位进行装配。

目前,装配式建筑建设项目中沿用传统的项目管理模式,设计单位根据建设单位对建筑功能需要、项目环境条件选定适宜的结构体系,生产单位按照图纸进行生产,交由施工单位进行建造。虽然这种项目管理模式比较成熟,但依然面临着协调难度大、改图周期长、各个项目的参与方沟通难度大的问题。目前,我国提倡装配式建筑向一体化方向发展(建筑、结构、机电一体化;设计、加工、装配一体化;技术、管理、市场一体化),通过EPC(设计、采购、施工)的管理模式,使装配式建筑设计、生产、施工装配等阶段均由一家企业进行全过程管理,这样的管理模式具有促进产业链有效整合、提高招投标层次、确保工期等优势。

(3) 建筑形式的改革

装配式建筑一体化的发展使得装配式建筑在设计阶段就充分考虑生产、施工环节,同时还将装饰装修前置到设计阶段。由于人们对居住环境的更高要求,在建造方面也有很大的改变,设计阶段便将用户的不同需求考虑在内,如家装风格、部品部件等,从而营造良好的家居环境。通过工业化流水线的方式快速、保质保量地将厨房、家具、门窗等部件在工厂生产完毕,然后把部品部件运输到工地通过干式连接法完成组装,由于建筑、结构、机电、装饰一体化设计便于预先设置孔洞、预埋件和确定部品位置,避免在施工中二次打孔,既能保证建筑结构的安全性、稳定性,又能减少建筑垃圾产生。

6.2.2 装配式建筑的优势

1. 保证质量

预制装配式的生产是由生产单位统一生产制造,按照预制构件的各道工序在一个封闭的生产流水线上生产,合理的作业流程和质量控制标准具有机械化、自动化程度高的特点,使得工厂在混凝土浇筑和养护、预留洞口、钢筋绑扎连接等生产工艺效果都比现场操作更好,这就保证所生产的预制构件满足设计和装配要求。通过工厂化加工的方式使得预制构件具有平整度高、尺寸准确、外观好等特点,并且在工厂生产的构件都有质量检查记录、检查时间、生产计划等,这一系列流程具有良好的质量追溯。

2. 缩短工期

大量的楼梯、叠合板、柱、梁等构件都在工厂生产,不仅减少施工现场浇筑工作量而且省去支护模板、墙面抹灰等工序,从而减少施工现场混凝土浇筑和养护时间、缩短整体工期,并且构件的生产都是通过工厂流水线的方式预制加工,能够更好地安排生产进度。传统的施工建造受冬季寒冷天气和夏季梅雨天气的影响,施工进度难以保证,但是在工厂生产的构件就不存在这一问题,在工厂生产的构件不仅能保证项目的工期,更能保证构件生产不受天气气候的影响,可以按照生产进度安排生产。

3. 节能环保

因采用现场湿式作业法,施工过程中需要大量的材料、机械设备以及施工人员,这

就造成施工现场材料、机械、施工工序多,人员、机械、物料管理难度大,对周围环境造成噪声污染、水污染、固体废弃物污染等,而装配式建筑的构件在工厂通过流水线的方式进行生产,减少粉尘、噪声等,更有利于降低因湿式作业法带来的环境污染问题。建筑过程中产生的钢筋截料可用于预制构件生产的预埋件制作,由于装配式建筑所采用的是构件预制完成后通过可靠的连接方式进行装配,与现浇技术相比减少混凝土损耗量,采用预制构件在工厂生产的方式,施工装配现场的建筑废弃物会大量减少,因而更加环保(图 6-6)。



图 6-6 装配式建筑钢结构的“四节一环保”

4. 更加安全

现浇技术施工过程中由于需要大量模板脚手架且高空作业、大型机械设备较多,导致施工现场人员流动大、机械设备进出场多、施工环境复杂、安全隐患多,这就给施工项目安全管理带来一定难度。装配式建筑的构件在工厂流水式生产,运到现场后,由施工安装队伍按照标准完成装配,与传统施工相比,装配式建筑现场仅需要临时支撑、无外围脚手架且施工现场干净整洁,装配式建筑大大降低安全隐患。在生产阶段通过工厂化加工的方式所产生的预制构件具有精度高、平整度高等特点,可有效降低预制构件渗漏、露筋等质量问题并提高建筑物整体安全性、稳定性及防火性。

6.2.3 基于 BIM 技术的智慧建造

BIM 技术的核心信息,对象是建筑,服务于建筑设计、施工、运维的建筑全生命周期。以建筑物为载体建立建筑全生命周期内的相关信息,随着项目的不断推进载入不同的信息,最终形成完整过程的数据库,从而提升整个项目信息的集成度。

智慧建造作为一种新型的建造理念,是在信息化的推动下获取项目中数据、处理相应信息、完成信息传递、实现信息再利用,从数字化建造逐步达到项目建造模式的智慧化。传统的建造模式在建造过程中经常采用有纸办公、人工传递信息的方式,缺乏项目从设计到竣工各个阶段相关信息的集成和整合,因此不能进行



BIM 技术
的特点



有效的信息集成和项目管控。数据表明,查找所需资料的时间在建设项目管理过程中超过30%。建设项目管理信息不当所造成的设计变更等带来的损失占建设成本的3%~5%,所以智慧建造的核心是通过信息化的方式获取建筑全生命周期内的相关信息并及时地将这些信息传递到其他项目各参与方手中,便于及时掌握项目情况。

BIM的特点在于本身就是强大的数据库,可集成项目各方的信息,智慧建造面向建筑全生命周期,以信息为支撑,使得相互割裂的各个阶段转变成各个专业,各个项目参与方可以实现多方协同的模式,向着信息及时传递,避免“信息孤岛”,提高决策实现项目管理目标,提升绿色建筑的发展速度。

从信息集成的角度看,BIM最重要也是最首要的前提是三维可视化模型,模型所携带的是建筑物、预制构件的几何和非几何信息,通过三维可视化模型才能有效地进行建筑物的性能分析、虚拟漫游等,生产单位阅读三维信息化模型才能了解预制构件的尺寸、材料等信息,模型的精细化程度是决定预制构件加工和生产的重要环节。每个预制构件都是独立的单元,读取BIM模型信息向二维码标签和无线射频标签添加预制构件信息,通过二维码和无线射频技术跟踪、定位每个预制构件的基本状态,所以二维码和无线射频技术应用的前提是BIM。

物联网、三维激光扫描、VR等技术在各自领域都发挥重要的作用,它们具有快速收集信息、质量检查、虚拟漫游等优点,单一地使用某项技术难以发挥集群化效果,而这些技术的基础就是BIM,依靠BIM强大的信息储存能集成多种信息化技术,发挥信息化的优势。

6.2.4 基于BIM的装配式建筑智能建造产生

建筑业具有标准化设计、工厂化生产、机械化施工、一体化管理的特点,与传统的住宅建造方式相比具有绿色环保、机械化程度高、人工劳动量少等优势,通过信息化技术使得建筑工业化设计、生产、建造过程中及时获取相关信息实现信息的快速流转。我国建筑业正面临转型升级,由环境污染严重、生产效率低的现浇技术转型为建筑工业化,要实现建筑工业化就需要大力推动装配式。

基于BIM技术的装配式建筑智能建造第一步是设计,以标准化的设计形成标准化的模块,根据模块完成楼层的标准化设计,最后完成建筑物设计,其中BIM技术是设计的关键技术,只有依靠其强大的可视化、出图性、模型性的功能才能降低设计出错率,提高设计的精确性。在生产阶段依靠BIM技术辅助工厂加工制造,通过工厂管理平台读取三维信息化模型,完成预制构件自动化、智能化的加工;基于BIM和物联网技术支持完成预制构件的精细化追踪和构件管理,预制构件的生产状态和运输状态便可及时反馈至后台数据中,以实现智能化追踪。

装配式建筑是复杂的系统,涉及建筑全生命周期各个阶段,这种新型的建造方式打破传统建造方式相互脱节的现状,将设计、生产、装配各个阶段相互串联起来,因此装配式建筑需要与项目各参与方进行更多的信息沟通。将信息化技术、自动化生产等与装配式建筑相结合,可改善装配式建筑设计、生产、装配各个阶段的工作效率,提高产品

质量、降低消耗,带动装配式建筑设计创新、管理模式创新、装配创新以及促进装配式建筑上下游企业间协同工作,同时以 BIM 强大的数据集成和整合为基础,支撑全生命周期内的信息集成和流转,实现装配式建筑全产业链的信息传递和共享,向装配式建筑智慧建造迈进。

BIM 技术的特点是信息集成与信息共享,是建立涵盖建筑工程全生命周期的模型信息库,并实现各个阶段、不同专业之间基于模型的信息集成和共享,BIM 与虚拟仿真的集成应用主要包括虚拟场景构建、复杂节点施工模拟、安全教育以及交互式场景漫游,从不同视角、时间点感受施工过程,比较不同施工方案的优势与不足以确定最佳施工方案,BIM 技术与虚拟现实的集成应用在很大程度上可提高装配式建筑设计效率、提高安全培训效果、选定最佳施工方案。对于现场难以获取的施工现状,可通过三维激光扫描技术得到现场真实信息,BIM 与三维扫描集成,是将 BIM 模型与三维激光扫描出的模型进行对比,以达到工程、预制构件质量检查、快速建模、收集实际施工进度目的,可解决很多传统人工方法无法解决的问题。

6.2.5 基于 BIM 的装配式建筑智慧建造体系架构

装配式建筑是将工厂生产好的预制构件运输到工地,以一种可靠的连接方式进行组装的建筑物,涉及设计、生产、装配等各个阶段,装配式建筑是一个复杂的工业化产品,要求设计标准化、生产工厂化、施工装配化、机电装修一体化,以信息化带动装配式建筑全生命周期内各参与方的“五化一体”。

智慧建造就是要把建设中的材料、设备、人员等管理对象借助物联网和 BIM 技术,实现互联互通与远程共享,通过信息测绘、数字施工、智能化检测等手段完成全生命周期的信息化管理。构建基于 BIM 的装配式建筑智慧建造体系,充分利用各种信息化技术和网络技术,将装配式建筑全生命周期内的信息集合在同一信息平台上,以便装配式建筑全生命周期内项目各参与方能够通过该平台及时了解、分享项目相关信息,实现项目信息的及时流转和项目决策。而要实现装配式建筑预制构件的设计、生产、装配信息化管理,就需要基于 BIM 的统一协调平台,集成与项目相关的信息,最大限度地发挥装配式建筑工业化的优势。基于 BIM 的装配式建筑智慧建造体系如图 6-7 所示。

基于 BIM 的装配式建筑智慧建造体系包括信息采集层、网络层、数据中心层以及服务层。信息采集层是智慧建造体系的基础,主要获取装配式建筑全生命周期内产生的海量信息,通过无线射频技术、无人机以及三维激光扫描等技术为数据的及时采集提供支持,采用这些设备能及时获取到预制构件的生产状态、产品质量、进度等信息。这些信息的及时获得使得项目具备更通透的感知,是辅助装配式建筑智慧建造的“基石”。网络层相当于人类的“神经”,通过有线网络和无线网络把收集到的信息进行及时的传递,它存在的目的是将人与物、物与物之间互联互通。数据中心层是一个海量的数据库,这里面包含着各种结构化和非结构化的数据,如建筑的几何、非几何数据、文本文档数据以及进度、成本、质量等数据。服务层服务于建筑全生命周期内的各个参与方,项目各个参与方可以通过数据中心层提取出本方需要的数据,通过 PC 端或移动端完成本方个性化、针对性的



图 6-7 基于 BIM 的装配式建筑智慧建造体系

工作，以实现项目各参与方协同工作、信息传递的互通。

装配式建筑从预制构件的设计到整体建筑物的装配完成，需要经过设计、生产、装配三个阶段，通过智慧建造技术可以快速获取装配式建筑全生命周期中的信息，项目各参与方之间协同工作。

6.2.6 基于 BIM 的装配式建筑构件设计过程应用

装配式建筑 2D 设计时代，经常会面临设计成本高、返工高、信息错漏丢失等问题，项目中更是缺失信息化技术作为协同设计的支撑，传统的设计流程也难以适应信息化发展的要求。

基于 BIM 的装配式建筑智慧建造理念下的协同设计与传统的设计方式有所区别，在设计阶段，设计单位会通过信息化平台与生产单位和施工单位保持沟通，将生产单位和施工单位的角色前置到设计环节，加强信息沟通，提前把生产环节和施工环节可能出现的问题在设计阶段就找出来，保证设计成果满足生产能力和施工要求。

在设计环节采用标准通用的方法设计通用、标准的构件，把这些标准化、通用化的预制构件集成在一起，形成预制构件库。设计过程中，预制构件库中有预制构件的模型可供选择，减少设计的人工成本和时间成本。由于提前将生产单位的角色功能前置到设计环节，预制构件的设计会考虑生产单位的生产能力，预制构件库的形成是由设计单位和生产单位共同拥有，因此会保证后期生产的顺利进行，预制构件库并非一成不变，也会随着特殊构件的加入不断更新构件库，满足特殊建筑布局。

1. 预制构件库设计和完善

传统的设计方法是以“等同现浇”为设计理念，需要从整体设计到构件拆分完成装配式建筑的设计过程。装配式建筑是工业化产品的一种，能够保证批量化生产是工业化产品的一种特点，如果拆分出来的预制构件种类多、造型复杂、生产难度大，便不利于批量化生产，难以发挥建筑工业化的优势，这样就与传统现浇技术没有多大的差别。基于 BIM 的装配式建筑智慧建造在设计环节分为预制构件库设计和完善、建立 BIM 模型、BIM 模型的分析 and 优化环节。

预制构件库的建立是基于 BIM 的装配式建筑设计重点，在设计时只需要从通用构件库中提取预制构件进行设计即可，BIM 模型的设计和生产都以预制构件库为基础。装配式建筑是构件拼装而成的，因此预制构件库的设计要执行标准化和通用化，标准化是方便预制构件生产线的生产作业，通用化是满足各类建筑物的需求。预制构件是装配式建筑和预制构件库的重要组成部分，预制构件库中的预制构件要具备重复使用性、可拓展性以及独立性。重复使用性指预制构件模型可以重复应用到不同的项目。随着项目不断推进，预制构件应用到生产阶段、装配阶段，这些阶段的信息可以添加到预制构件的信息拓展区，因此，预制构件模型要具备可拓展性，满足信息的添加、传递和共享的作用。预制构件库中的预制构件是相互独立的，并不会因为使用次数过多增加或减少预制构件的属性信息，下次使用的时候还是最初设定的预制构件属性信息，因此预制构件具备独立性（图 6-8）。

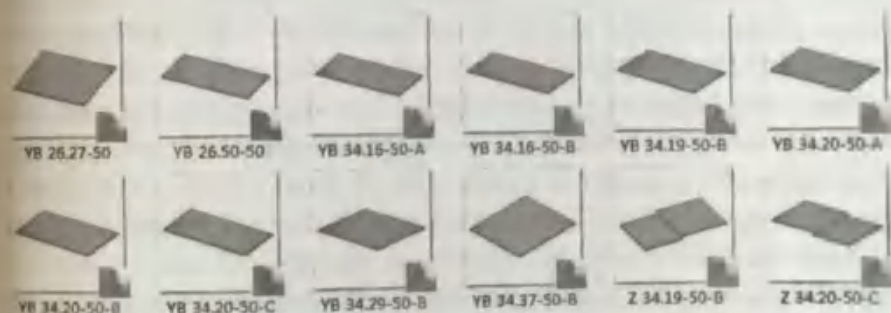


图 6-8 预制构件库

BIM 技术的核心信息是传递与共享，装配式建筑设计过程中要想实现信息的及时传递和与其他项目参与方的及时沟通，首先需要把装配式建筑预制构件库建立完善。在 BIM 技术的支撑下，预制构件库的建立能够通过信息化技术的方式建立预制构件，添加、删除构件属性信息，满足预制构件信息的及时传递和共享。基于 BIM 的预制构件库的建立主要包括四个步骤：预制构件的分类、预制构件信息创建、预制构件审核与入库、预制构件库管理。

预制构件库需要按照不同的结构体系分类建立，满足标准性和通用性，先按照通用的结构体系建立预制构件库，某些特殊的、非常用的结构在项目不断发展中向构件库添加新



的预制构件模型。按照厚度、预制构件荷载等控制因素分类统计预制构件并减少预制构件的种类,以此得到符合模数化、标准化和通用性的预制构件。

基于 BIM 技术下的预制构件库的建立需要依靠的是预制构件信息的创建,构件入库这一过程实际上是预制构件信息录入的过程,每一构件需要有唯一、便于识别的编码,这就要求预制构件编码的编制具备唯一性、合理性、完整性和规范性。预制构件编码的目的是为了区分各个构件,便于设计人员、施工人员和生产人员以及项目各个参与方能区分、识别出各类预制构件,而辅助生产和施工时的信息是预制构件的详细信息。装配式建筑涉及建筑全生命周期,产业链庞大且复杂,建筑信息化的出现为装配式建筑的管理提供便利。基于 BIM 的装配式建筑信息的输入需要综合考虑预制构件的阶段,如果信息全部录入必然会导致信息量过大,增加工作量,因此预制构件的几何信息与非几何信息的录入在不同的阶段录入相应的信息深度。预制构件信息创建完成之后就是预制构件的审核、入库与管理,审核员需要对预制构件信息及信息编码进行确认,保证信息及信息编码录入正确,预制构件库的管理工作,不同层级的人员需要不同的权限,例如,管理人员应具备添加、修改、删除构件的权限,使用人员只具备查询、下载、调用的权限。

2. 建立 BIM 模型

BIM 技术具有可视化、协调性、出图性等特点,BIM 技术下的装配式建筑设计可实现建筑全生命周期内信息的传递与共享,实现装配式建筑产业链上、下游企业间和专业间的信息沟通。在各专业明白设计意图后,首先确定装配式建筑设计结构体系,按照一定标准尺寸及结构将项目分解成独立、可置换的模块,以标准化的接口、功能为要求将建筑的基本单元、构配件等实现多样化组合。各专业设计师从构件库中选择预制构件,完成各个专业的设计方案后,以“工作集”或“模型链接”的方式集成所有专业的设计阶段模型。基于 BIM 的装配式建筑的协同设计包含专业内的协同设计和专业间的协同设计,本专业的设计师首先满足专业内的协同设计,在设计时要符合本专业的规范,满足建筑、结构、水电的功能要求。在本专业设计完成后,不同专业的设计师要满足业主的功能要求,各个专业之间进行碰撞检查,不符合的地方进一步优化设计,从设计源头上消灭错、漏、碰、缺。

VR 技术可以把三维的设计方案转化成具有空间感的模型,项目参与方可以随意进入设计方案中,从任意角度观察设计方案。结合 BIM+VR 技术实现虚拟漫游,在虚拟场景中可以根据人的身高设置视角的高度,漫游整个设计场景,以视角高度是否能通过净空高度为标准检验设计方案中是否存在缺陷,避免设计方案出现的不必要问题。设计师以第一人的身份进入场景,观察设计方案,与业主商讨室内净空高度、楼梯净空高度、栏杆扶手高度、门窗高度等是否合理,与施工单位商讨管线净高预制构件节点位置、钢筋碰撞点、部品部件安装位置等,这些问题都与后期生产和装配以及建成后的体验密切相关。

装配式建筑与传统的建筑项目不同,室内设计在设计阶段就要同步考虑,包括家具摆放、灯光材质、装修做法等,通过装饰装修做法确定机电管线末端,反推洞口预留、管线敷设、机电管线路径,以实现建筑、结构、机电、装饰装修一体化设计。设计师通过建立 Revit、Sketchup、3ds Max 等三维模型,导入到 VR 虚拟设计平台中,在 VR 虚拟设计平

装配式
BIM 技
术应用



管中设计虚拟样板间,同时附着材质、灯光、部品部件、家具等内装,观察者头戴VR头盔或用APP从云端下载模型即可观察虚拟样板间的内部、外部,在虚拟空间内自由行走,通过手柄与场景进行交互,设计师与甲方进行沟通,展示内装效果、替换材质、更换家装风格,对空间进行个性把握,提供多种装修方案。

3. BIM模型的分析 and 优化

通过预制构件库的模型使得各个专业快速地完成项目的预设计,预设计方案并非是最优方案,还需要进行碰撞检查、模型分析复核、优化性能。与现浇技术相比碰撞检查应用于装配式建筑较少,这是因为装配式建筑是“拼装”而成的,预制构件的尺寸需要满足拼装的要求。其次,装配式建筑节点较多,节点处的钢筋较为复杂,如果在施工时发现设计的预制构件在节点处彼此“打架”,就会导致项目延期、构件返厂重新生产,因此,在设计阶段就需要运用BIM技术提前发现设计问题。支持碰撞检查的BIM软件常用的有Navisworks, Fuzor, Synchro4D。以Navisworks软件为例,Navisworks软件支持NWC, IFC, FBX等格式文件,将模型转换成软件支持的文件格式后,导入到Navisworks软件中,在进行碰撞检查之前,需要对碰撞检查类型进行设置,如软碰撞、硬碰撞、碰撞楼层或者碰撞专业等。软件提供多种导出碰撞结果报告的文件格式,如PDF, HTML, 报告中会高亮显示碰撞位置,同时会提供碰撞构件的ID号,通过ID号可迅速在三维模型中定位到预制构件,方便设计方案的及时修改。

决定设计模型能否应用于生产和施工的是模型的分析 and 复核,分析复核的主要任务就是确定模型的安全性,满足荷载的要求。装配式建筑设计的BIM模型分析复核包括两个步骤:有限元分析和结果对比。有限元分析的任务是将BIM模型转换成结构分析模型,确定模型的弯矩、剪力等,分析模型的荷载,将有限元分析出的结果与设计规范相比较,如若不满足设计要求,就修改不符合规范的预制构件的参数类型,直至符合设计标准为止。将BIM模型导入到如Pathfinder, Ecotect, CFD等传统的设计分析软件中可进一步分析人流疏散、日照、风动等性能分析,实现绿色建筑,提高建筑性能。

设计成果中最重要的表现形式是设计图纸,图纸中含有大量的技术标注,在目前人工操作为主的生产、施工条件下,施工图具有不可替代的作用。经过初步校核、审核以及碰撞检查后,基于BIM技术下的装配式建筑设计出图除可在相关BIM核心建模软件中生成平、立、剖面图纸外,还可以生成包含预制构件相关信息,如模型尺寸、构件配筋、材料明细表、预留洞口等图纸,以便再次校核、生产和施工。设计模型和生成的二维图纸可上传到云平台中,经过轻量化处理的模型和二维图纸便于项目参与方调用模型,商讨设计方案,深化设计,有助于信息的及时流转和沟通协调。

6.2.7 基于BIM的装配式建筑智慧建造在构件生产过程的应用

目前,大多数生产单位依然采用传统的方法,以二维平面图为基础进行预制构件的生产加工,这种方法有可能出现错解、误解设计意图的情况,与此同时,设计师需要认真、仔细地校核每张设计图纸,即使如此,也会出现错误。也正是这样,信息化在各行各业蓬勃发展的时候,建筑业的信息化运用情况和生产效率不升反降。



BIM 模型
— 碰撞检查



BIM 是建筑信息化的产物,所携带的信息贯穿于建筑全生命周期,保证建筑信息的连续性,也包括设计阶段的信息传递到生产阶段。基于 BIM 的装配式建筑预制构件的生产将 BIM 模型里的构件信息准确地、全面地传递给预制构件的生产单位,传递的方式可以是三维信息化模型,也可以是二维深化图纸。由于信息的准确和全面性,BIM 模型的应用不仅为信息的管理、存储提供方便,而且三维信息化模型在装配模拟、生产加工、运输等方面的应用为装配式建筑智慧建造打下基础。

装配式建筑的预制构件生产是装配式建筑全生命周期中重要的阶段,是由虚拟设计转换为实体的重要环节。预制构件的生产环节依托 BIM 技术和物联网技术对预制构件的关键节点、流程实施动态跟踪,及时更新预制构件的生产状态和所处状态下的拓展信息,从而使预制构件生产单位管理者及时了解预制构件生产的状态,更好地安排紧后工作。装配式建筑预制构件从生产到装配要经过生产、运输和装配三个环节,主要涉及生产单位、运输单位和施工单位,信息的及时更新和流转对于项目各参与方来说是十分重要的,例如:以预制混凝土构件为例,生产跟踪的节点可根据本企业的生产流程进行设置,运输环节的节点设置为预制构件装车、预制构件准备运输、运输中、到达目的地。基于信息化技术和设备,生产人员、司机对预制构件的生产和运输的当前状态更新和上传到信息化平台,通过信息的及时流转,项目各参与方及时了解预制构件的当前状态,便于后续的参与方及时制定、修改、执行计划(图 6-9)。



图 6-9 生产跟踪节点

BIM+ 物联网技术在生产阶段对构件的定位跟踪及运用共有 3 个流程,依次实现生产准备阶段、预制构件生产阶段、预制构件运输阶段中所有环节的跟踪管理。信息化技术的出现使得装配式建筑在各个环节中信息流转慢的情况得以改善,通过信息技术及时更新预制构件的生产、物流信息等信息,将点对点的信息沟通方式转换为系统的、集中的沟通方式,有纸化办公升级为数字化、电子化的办公方式。通过 BIM 技术、物联网技术、GPS 定位系统可实现预制构件生产、运输、出厂等一系列跟踪定位,项目各参与方可通过信息沟通平台更新、查询、定位预制构件的生产、运输情况,以精确、及时的信息安排好本单位的工作(图 6-10)。

1. 预制构件生产前准备阶段

与其他加工方法相比,预制构件模具生产具备高精度性、高一致性,从一定程度上讲,模具的质量直接影响预制构件生产质量。由于预制构件的造型复杂和多样化,特别是灌浆套筒开口和钢筋外露,模具的生产需要综合考虑成本、使用次数、质量、生产效率等

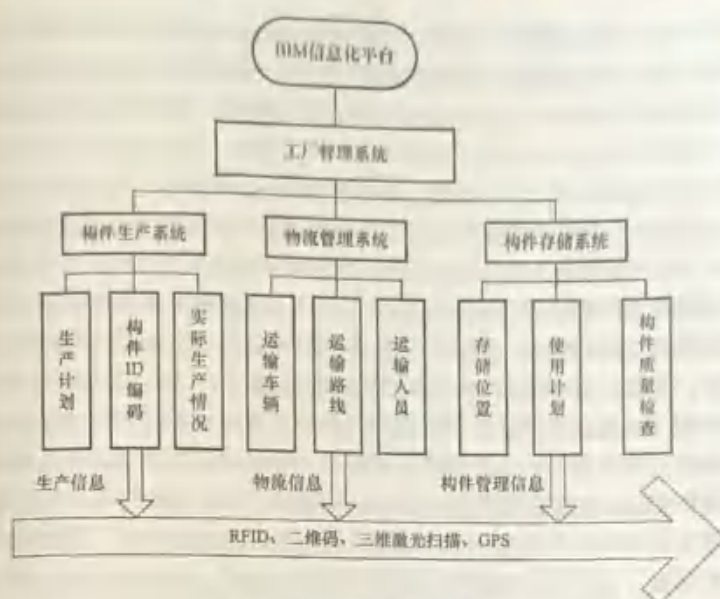


图 6-10 预制构件生产跟踪

因素。BIM 技术提供的三维信息化模型为生产单位提供详细的生产构件所需要的信息,通过 BIM 技术的三维可视化、参数化等优势,将设计人员从复杂的空间想象中解放出来。BIM 模型被誉为参数化的模型,因此在建模的同时,各类的构件在三维建模时就赋予三维空间关系、型号、材料等参数信息,所建立模型经过反复验证、校核、修改,可按材料、位置、生产厂商、材料用途等字段导出明细表,由此导出的材料设备数据具有很高的可信度,生产单位通过信息模型、图纸及明细表、物料清单等迅速进行生产交底、物料准备、制定生产进度计划,依据生产进度计划和项目整体进度细化构件每天产量、生产人员安排、钢筋用量和混凝土用量以及物料进场安排、模具用量。

2. 预制构件生产

预制构件所需要的原材料进场卸车之前,由生产单位物资采购部通知本单位的质量管理部对新材料进行质量检查,质量管理部应及时按批次或编号检查相关原材料并编写质量检验报告,上传到信息管理平台,质量不合格的产品应禁止投入生产,做到事前质量控制。通过工厂信息化管理平台,构件信息转换成机器设备可识别的格式,解读构件生产信息,这便进入预制构件生产环节。通过控制程序完成模板制作,实现对钢筋的自动裁剪、弯折,完成钢筋绑扎及预埋件安装、浇筑混凝土和振捣、脱模表面清理、存储等一系列生产工序。自动化的生产,便于精益化和数字化制造,减少人工成本、出错率和精确度,整个生产过程中,会一直有工厂信息自动化的监控系统实时监控,一旦出现生产的故障等非正常情况,便能够及时反映给工厂管理人员,管理人员便能迅速做出相应措施。在构件生产过程中,采用 BIM 结合无线射频技术加强对构件的识别性,三维模型与构件实体一一对应,生产单位的生产人员根据预制构件的生产状态,通过移动端更改预制构件的生产状



智能建造
应用案例
生产

态,包含生产跟踪人员、构件生产环节、构件类型、跟踪时间、所耗工时数、预制构件所处位置,此时协同平台中便会及时更新预制构件信息,项目参与方可通过信息化平台跟踪预制构件的生产重点工艺环节。构件脱模后,采用三维激光扫描技术,获取点云数据,将点云数据与三维模型进行对比,确定预制构件的质量等级,通过移动端对质量情况予以说明,协同平台对反馈回来的质量信息做出处理意见,负责处理的负责人、生产管理人员通过协同平台做出废弃、修补等措施后通过信息化手段及时反馈预制构件状态信息,再次进行质量检查,直到质量合格为止,以此形成事前材料质量检查、事中质量检查、事后质量检查的质量管控闭环回路,达到精益化生产管理。在预制构件生产的同时,将构件的数字信息译成二维码,并打印成二维码标签,二维码中包含项目编号、构件名称、构件编号、产品批次、外形尺寸等信息,预制构件质量检查合格后,将二维码贴到相应的预制构件上,生产管理人员通过手持阅读器扫描无线射频芯片连接到后台数据库中,更新预制构件的状态信息、记录责任人、记录时间等信息。BIM和物联网技术的应用使得预制构件在生产阶段可实现及时的信息反馈和质量追溯机制,项目各参与方以信息化平台为基础,查询到预制构件的生产进程,生产单位人员对构件的所属状态、计划生产数量、实际生产数量等信息一目了然,其他项目参与方可依靠准确、及时的信息安排本单位的计划。由于生产过程由数字化的形式保存下来,项目完成或进行过程中,相关参与方可对相关数据进行分析,以形成辅助决策的信息用于后续的生产环节,依据庞大的数据量提取高质量的信息,在这种不断提高的过程中形成智慧化,促进装配式建筑产业链上下游的发展(图6-11)。

A	B	C	D	E	F	G
		装配式住宅构件加工清单				
ID号码						
型号规格	内部剪力墙					
长度尺寸	3000~3200					
构件体积	1.48m³					
1材料型号	混凝土					
2材料型号	钢筋型号					
3材料型号						
附件型号	套管					
附件数量	12					
		发图人		发图日期		
		接收人		出图日期		

图 6-11 装配式建筑构件加工清单

3. 预制构件运输阶段

预制构件出厂前,生产单位质量管理部门按照流程和质量检查标准再次检查需要运输的预制构件产品质量,生产单位对构件质量合格的产品定义为合格,监理单位对预制

构件签发质量证明书,不符合质量标准的产品可按相应的标准进行处理,处理方案、检验结果等这一系列过程由质量检查人员通过阅读器或移动端更新预制构件的质量信息并拍照上传到信息协同平台中留作电子版质量证明文件,以确保出厂的预制构件产品的质量。

施工单位根据施工进度计划与生产单位协商确定预制构件生产运输计划,生产管理人员通过手持阅读器或移动端查询、定位需要运输的构件,记录预制构件的当前信息如:运送构件司机姓名、司机联系方式、运输车辆牌照、出厂时间、预制构件出厂负责人、构件用途等,并将这些信息上传到信息化平台中,更新预制构件的状态、扩展相关信息。运输路线的确定首先需要根据施工场地的位置来确定,合理的运输路线直接影响到预制构件能否顺利到达、是否需要二次运输。BIM 技术拥有强大的信息集成功能与 GIS 技术的结合,可迅速查阅工地现场周围情况,生产三维地形图,根据三维地形图分析工地周围运输路线,合理确定运输路线。对发出车辆安装 GPS 定位系统,通过 GPS 定位系统实时定位车辆的运输情况,由于运输车辆与运输构件相互挂接,施工单位通过信息化沟通平台查询 GPS 所定位的车辆,及时做好接收预制构件的相关准备。

6.2.8 基于 BIM 的装配式建筑智慧建造在施工过程的应用

1. 场地布置管理装配式

建筑在建筑阶段的实质是把生产好的预制构件通过可靠的连接方式完成拼接,施工过程中面临着装配、现浇、装饰装修多专业、工种的协同工作等问题,同时还面临着作业环境复杂,施工工地平面布置易发生变动等问题。受到施工工地的地形和常规技术的限制,难以对施工场地进行有效、正确的布置,根据经验布置预制构件存储区,因此找错构件、找不到构件的情况时常发生,直接影响到项目进度。传统的场地平面布置采用二维平面布置,对于装配式建筑不能充分考虑吊装等立体空间的影响,更不能充分考虑到时间维度,BIM 技术的出现为装配式建筑施工场地平面布置提供一个很好的方式,可直观地展示空间上的布置和时间上的逻辑。装配式建筑施工阶段的场地布置规划如下:

(1) 机械设备规划:工地中一台起重机难以满足施工需要,就需要布置两台及以上的起重机,多台起重机同时工作就面临“打架”的问题。受到场地的制约,起重机靠得过近就可能发生碰撞干扰,即使处于静止状态,也要考虑到受到风速的影响,吊钩摆动时的安全性。因此,机械设备的规划需要覆盖拟建建筑物、构件堆放区的需要,塔式起重机的选择也需要满足预制构件起吊重量、旋转半径、预制构件种类的要求。在起重设备布置过程中,需要根据拟建建筑物的工况、展开结束时间,优化起重设备布置,实现设备的循环利用。

(2) 临时建筑物布置及安全疏散规划:在临时建筑物的具体布置过程中要求合理、紧凑、经济实用,保证各个工区、时间段施工能正常进行。基于 BIM 软件的日照分析功能,可根据项目工期不同季节的时间点、时间段进行日照分析,根据分析结果调整临时建筑物之间的距离,减少室内用电,以实现绿色建筑、绿色施工。施工环节的安全也是施工管理的组成部分,临时建筑物的布置除了符合施工要求外也要注重安全疏散,合理布局、统筹



安排疏散通道。

(3) 临时道路规划: 装配式建筑的装配环节需要场外运至场内的预制构件、原材料以及辅助装配的工器具, 因此施工场布的临时道路规划应在结合预制构件的物流运输路线、永久道路的情况下, 通过 BIM 分析软件, 优化分析施工场地内主路与次路的关系及空间位置, 结合地理信息系统或前期勘察设计单位提供的地下管网的布置, 安排工地的道路和水、电、通信的施工, 在符合强制规定的标准下优化临时道路的宽度并确定临时道路的材质, 以达到节约成本的目的。

(4) 加工棚与构件堆放场规划: 构件堆放场的面积规划至少要满足一个标准层的配置, 根据加工棚、预制构件堆放处、道路的位置及工厂之间预制构件流转路径和转运量, 通过 BIM 分析模型分析拟建场布的布局, 确定最佳方案后, 科学选择加工棚与构件堆放场。

(5) 工作面规划: 装配式建筑施工过程中装配、现浇、装饰装修等环节不同专业在同一工作区域交叉工作的情况难以避免, 工程项目越大, 分包单位、专业间的交叉工作也越多, 协同交叉工作、资源分配就显得格外重要, 同时还面临着如何将工作面划分为多个子工作面的问题。基于 BIM 技术下的工作面划分可直观展示不同时间段下施工计划进度的安排, 对比实际施工进度完成情况, 为协调各个分包单位、专业施工提供有效、合理的数据分析, 为总包单位提供决策依据, 以此实现精细化管理。

根据项目的实际需要对接建建筑、临时建筑、机械设备、现场平面等进行三维建模, 并设置拟建建筑物在建设过程中各阶段、各工况下场布的变化情况, 基于 BIM 技术下的场布使得不同阶段、不同工况下的场布具备三维特性和时间逻辑, 真实地模拟不同条件下施工现场的变化情况, 可最大限度地优化道路、材料堆放、构件堆放、机械设备, 为施工单位提供真实、直观的模拟效果, 辅助决策。

2. 预制构件管理

由于 BIM 模型中所包含的信息与二维码或 RFID 标签信息是一致的, 施工单位只需要通过 BIM 信息即可知道每天需要施工的过程中需要哪些预制构件, 这样施工单位与生产单位协调预制构件的生产和运输计划, 每天运输的预制构件也是当天需要装配的预制构件, 这种有次序的运输预制构件方式既能解决施工现场构件堆放的问题, 也能节约运输成本, 而不用一次把全部构件堆放在施工现场。施工单位通过信息化协调平台查询预制构件运输情况, 根据施工实际施工进度和项目进度安排做好预制构件接收准备工作。运输车辆到达施工现场后, 相关责任人检查预制构件的质量情况, 通过三维激光扫描、目测、卡尺量等方法检查预制构件的外观、平整度、裂缝、露筋等质量问题, 按照预制构件缺陷修补质量管理办法确定预制构件质量等级, 施工单位责任人通过手持阅读器或移动端记录预制构件的检验时间、接收时间、入库时间, 做好预制构件修补、返厂、接收处理办法, 通过信息化协同平台反馈到后台数据库中。

预制构件的堆放需要根据预制构件的种类、刚度、受力情况、外形等采取平放或立放的方式, 通常板式构件采用平放, 墙式构件采用立放, 柱子视情况而定是采用立放还是平放, 在堆放过程中注意预制构件的间距和受力, 防止混凝土表面破损、钢筋变形。

在预制构件的堆放和管理过程中需要控制预制构件的进场和摆放、入库,这需要耗费大量的人工和时间用以统计。信息化手段可很好地定位、追踪预制构件的位置,施工单位施工人员根据 RFID 芯片定位预制构件摆放位置,每一个芯片对照唯一的预制构件,二维码详细记录预制构件的相关信息,存储人员可通过移动端扫描二维码查询预制构件属性信息,访问后台数据库进一步了解预制构件生产信息,直接读取芯片信息实现电子信息的自动对照,减少人工录入出现的构件摆放位置不对、入库数量不匹配的情况,完成预制构件的摆放,施工单位其他工作人员通过后台数据库的查询可及时了解预制构件的状态信息。

3. 施工进度计划管理

施工进度计划管理是在项目施工过程中,对项目进展情况和能否按照合同工期完成项目交付所进行管理。项目管理者根据项目拟定工期制定经济合理的施工进度计划,在实际执行过程中根据实际情况不断修正进度计划,直至工程完工交付使用。在装配式建筑施工过程中,由于项目管理者缺少装配式建筑施工经验,导致项目管理者缺乏掌控能力,无法准确地根据用工量、工作量安排施工进度计划。通过 BIM 虚拟施工技术的应用,项目管理者可以借助三维可视化效果直观地了解施工进度情况,为编制施工进度计划提供有效的支撑。对整个项目进行虚拟建造,根据虚拟建造可对施工进度计划实施检验,如:空间检验、时间检验、用工量检验以及工作量检验等,针对检验结果优化施工进度计划。BIM 技术具备强大的集成功能,但是数据采集不是 BIM 技术的优势,结合二维码、无线射频技术等物联网技术的应用快速地收集施工现场的实际完成情况,通过与 BIM 模型相互关联,实现装配式建筑的实时进度管理(图 6-12)。

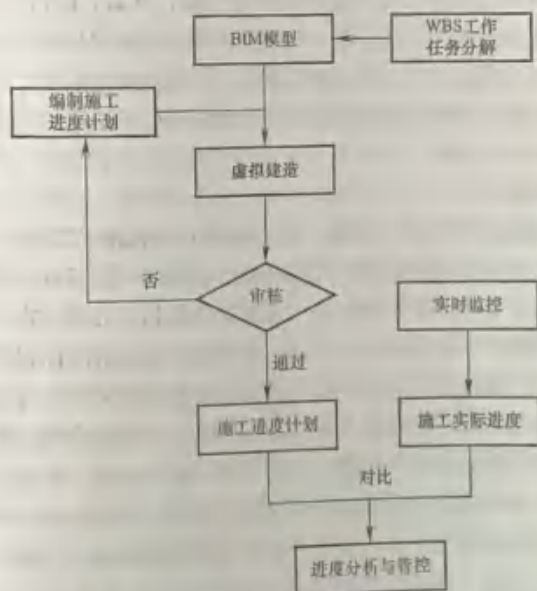


图 6-12 施工进度管理



(1) 施工进度计划的编制

传统的装配式建筑施工进度计划制定时需要考虑吊装顺序和关键节点,通常这些工作是由施工单位技术负责人或技术人员制定,但由于受到个人主观的影响施工进度计划会出现误差,难以保证施工进度计划的合理性。

基于 BIM 技术的施工进度计划是在三维模型的基础上增加一维时间维度,即形成 BIM4D,将时间与空间关系相互整合,可直观地展示装配式建筑施工过程。在项目管理中,管理人员通常先制定好施工进度计划,常用的软件有斑马梦龙、P6 [P6 原是美国 Primavera System Inc 公司研发的项目管理软件 Primavera 6.0 (2007 年 7 月 1 日全球正式发布) 的缩写,暨 Primavera 公司项目管理系列软件的最新注册商标,于 2008 年被 ORACLE 公司收购,对外统一称作 Oracle Primavera P6]、Project 等软件,以 Project 软件为例,根据项目特点、施工工艺、预制构件运输所到达的预定时间等条件,设定任务的开始时间、结束时间、最早开始时间、最晚开始时间等时间参数,安排任务的紧前工作和紧后工作,导出为特定的格式。目前应用于 BIM4D 的施工进度模拟软件有很多,例如 Fuzor, Navisworks, Synchro4D 等,本节用 Autodesk 系列的 Navisworks 软件为例对装配式建筑施工进行可视化模拟施工,该软件支持 Project 软件所建的施工进度计划导入到 Navisworks 软件中,将施工进度计划与 BIM 模型相互关联,即通过 WBS 任务分解,为每个构件或任务指定任务的时间,形成构件与时间的相互关联,构件与构件之间形成空间和时间逻辑上的联系,实现模型与时间之间的整合。

将三维模型转换成 Navisworks 软件支持的文件格式,如: IFC、NWC、SKP 等文件格式,利用软件中的 Timeline 功能添加 Project、Excel 或 P6 的施工进度计划,按照工作集或者楼层的方式将所选构件与时间进度表相互关联,从而完成构件与时间节点相对应。通过三维信息化模型与时间进度相关联,以可视化的方式展现出项目自上而下或是逐层生长的虚拟建造,清晰地描述各个工序、施工进度、工地空间之间复杂的关系,项目管理人员通过直观的虚拟建造发现施工过程中有可能出现影响施工进度的因素,制定纠正进度偏差的措施,优化施工进度计划。

(2) 施工进度控制

无论前期施工进度制定得多么详细,在后期执行过程中都有许多不可预见的问题出现,这在前期进度计划制定的时候是不可能全部考虑到的,按照施工进度计划执行的时候仍然会出现偏差。项目进入实施阶段时施工进度控制包括三方面:施工进度计划跟踪、实际施工进度与计划进度对比发现偏差、采取措施纠偏。施工进度计划跟踪是了解实际装配中施工进度计划的执行情况和实际完成量,通过对比分析后发现执行施工进度计划时潜在的问题,预测施工进度的执行,采取必要的措施保证施工进度的顺利进行。

传统的施工进度跟踪是各班组定期向上级汇报,手工录入,采用的是传统的有纸化办公,尽管已经成熟,但在信息化的背景下难以满足装配式信息化、数据化的要求。基于 BIM 的装配式建筑智慧建造施工阶段信息可通过无线射频技术、二维码、三维激光扫描等技术收集施工进度。

施工员按照施工进度计划安排进行施工,在装配前需要领取拟装配的预制构件,施

工员通过移动端查看云端储存的轻量化 BIM 模型,对照 BIM 模型里自己的工作区域和模型构件信息,就可以查询到拟装配预制构件的位置信息,通过手持阅读器或移动端可迅速领到拟装配的预制构件,再对照 BIM 模型就知道该预制构件安装的信息,如安装的位置等。施工员等人员通过手持阅读器或移动端录入领料人信息、领料时间、拟装配位置等信息。这样在避免领错、安装错预制构件的同时,后台数据库中还可迅速收集到预制构件的状态信息。吊装完成后,施工人员再次通过手持阅读器或移动端更改预制构件状态信息。与此同时参与安装的人员都需要录入、确认自己的个人信息和工作信息。吊装环节的负责人还需要记录下安装现场的风速、气温、湿度等环境信息,安装方案及安装环节中突发情况和处理措施,这一系列都会传送到后台数据库,此时后台数据库中预制构件的信息即显示为已安装并未验收。监理人员根据后台数据库中的预验收构件信息,完成预制构件的验收工作,后台数据的预制构件信息就显示为已安装。通过信息化技术可以及时跟踪预制构件的装配进度信息,而且也能收集到如环境、吊装人员、处理方案等装配环节的其他信息。

及时、精确的实际施工进度信息可与施工进度计划进行对比。可按照里程碑事件、关键路线控制点为依据结合后台数据库收集到的预制构件吊装完成时间,与原模型进行对比,模型以绿色和红色分别代表进度提前和滞后,直观地看出存在的进度偏差,能够判断该工作是否按时完成、预测后续工作能否在规定时间内完成吊装任务。基于 BIM 技术下的装配式建筑智慧建造过程中,施工进度计划管理可通过 BIM4D 平台查看施工任务资源分析报表、直方图、资源曲线图,通过直观地对比模型和图表,可分析出施工进度出现偏差的原因,及时采取纠偏措施,开始新一轮的循环。

4. 施工安全管理

据数据统计,2015 年,全国共发生房屋市政工程生产安全事故 442 起、死亡 554 人;2016 年,全国共发生房屋市政工程生产安全事故 634 起、死亡 735 人,比去年同期事故起数增加 192 起、死亡人数增加 181 人。安全管理是实现施工进度、成本、质量三大控制目标的重要保障,传统的安全培训主要依靠“传帮带”或是书本学习,传授者多依靠现场实践和长期的工作经验,被传授者很难通过简单的口耳相传或课堂教育、试卷考核的方式深刻认识到安全施工的重要性及安全施工的关键点。在信息化的大环境下,BIM、无线射频、VR 等信息化技术可有效弥补传统施工安全管理的缺陷。

(1) 施工安全事前控制

装配式建筑在装配过程中是一个大型且复杂的系统,包括许多交叉工序和各个工种协调配合的过程,而在施工过程中常会遇到因空间和时间布局不合理、突发意外情况或工人操作不当、缺乏安全意识导致的高空坠落、物体打击、起重伤害、触电等人身伤害。在装配式建筑开始装配前对本工程中的专项施工方案、特殊施工工艺等进行施工模拟,提前发现装配过程中可能出现的风险源,并将风险源分析归类评定等级,确定应采取的风险对策后再一次进行模拟以确定风险排除。

结合 BIM 技术和 VR 技术建立 BIM-VR 安全虚拟体验馆,通过 VR 设备,令体验者以受害者或旁观者的身份身处安全故事发生地,高度逼真的视觉效果和感官感受令体验者



亲身体验事故的发生,提高施工人员正确佩戴劳保用品、加强洞口、洞边、基坑支护、安全用电的安全意识。在安全技术交底和培训方面,技术人员进入 VR 虚拟场景后,按照提示和现场操作流程,通过操作柄完成具体的操作步骤,调取所配置的工具,实施当前任务的操作,完成安全培训和安全技术交底(图 6-13、图 6-14)。



图 6-13 BIM-VR 安全虚拟体验(一)



图 6-14 BIM-VR 安全虚拟体验(二)

(2) 施工安全现场监控

传统安全管理模式下对施工过程中的安全监管一直存在着监管不到位、信息不通畅的问题,为有效解决这些痛点,宜引进 BIM、无线射频、实时监控等技术。无线射频技术的标签标记于大型塔式起重机、机械设备、工人安全设备上,BIM 技术是物理和功能特性的数字化表达,其本身就是一个集成项目全生命周期的数据库,具备强大的数据集成功能,BIM 技术与无线射频技术的结合可以实时可视化地将标记物传输于后台,项目管理人员可及时查看工地中的安全环境。

开始装配前已通过 BIM 技术分析出潜在的危險源,项目施工人员根据列出的危險源清单进行分类(如:人、材料、机械等)确定风险等级并贴上电子芯片标签,标签内应包含对象属性、工作区域及安全防护措施等基本属性,设置相应的权限。当佩戴标签的工作人员进入某区域时,感应设备即可查询到标签内的人员属性信息是否完备,如若不完备则

无法进入该区域,阅读器连续地采集、跟踪、定位,一旦施工人员误入危险区域,后台会根据危险等级提醒项目管理者,项目管理者以三维可视化的方式及时查看。信息的及时传递,使项目管理者可通过三维可视化模型动态地查看周围的施工环境、吊装器械、人员是否安全范围内,一旦出现安全预警,后台即发出预警信号,项目部可立即派安全小组人员去可能出现安全问题的地方协调人员、机器、预制构件的相关工作。

5. 施工质量管理

(1) 事前控制

施工质量管理是项目管理的重要部分,施工的质量直接影响到装配式建筑的整体质量。装配式建筑在施工前制定施工组织设计和专项施工方案以及对节点处的安装和施工制定相应的施工方案,通过碰撞检查虚拟建造预先判断施工方案的可行性。通过三维可视化的方式查看目前或是下一阶段可能存在的装配难点和重点,提前发现在装配过程中可能出现影响施工质量的环节,确定质量控制的关键点,进而补充施工组织设计、施工专项方案和质量控制点,经过多次施工模拟后选择最优的施工方案,这样可以保证施工方案的可行性与最优性,有利于施工交底,事前控制施工质量。

装配的质量和装配的进度是相互影响的,确定施工方案后将预制构件三维模型与时间进度相互关联起来可形成4D信息化模型,通过BIM技术进行虚拟建造以动态的方式展示出构件在时间和空间上的状态,通过碰撞检测可发现在同一工作面上是否会出现空间和时间的冲突。同时,以三维、全局的角度查看施工方案中可能出现的质量控制难点和重点,可以以动画的方式输出重难点装配,有利于施工技术交底。

(2) 事中控制

正式开始装配前通过放线机器人或是测量定位的方式确定好预制构件的摆放位置及控制高度。现场施工管理人员通过移动端查看预制构件质量控制难点和重点,通过人工或是三维激光扫描的方式确定预制构件的平整度,检查预制构件是否存在缺角等质量问题,若发现质量问题用移动设备拍照并附文字记录等上传到后台数据库中,后台管理相关责任人会收到信息通知,可及时采取纠偏措施。

在吊装完成之后,现场管理人员通过移动设备修改预制构件状态信息,此时后台数据库中当前预制构件的信息就从准备吊装转变为吊装完成,信息会传递到相关质量检查工作人员手中,相关责任人便通过三维激光扫描或人工测量的方式检查预制构件的平整度、倾斜度等确保预制构件装配的质量,通过移动端或是RFID阅读器修改预制构件的状态信息,如果存在质量问题,相关责任人及时采取纠偏措施并将整改情况上传到后台数据库中,质量检查人员再次进行检查形成封闭的质量控制回路(图6-15)。

(3) 事后控制

利用移动端收集回来的装配阶段质量问题及整改数据在后台数据库中可逐步建立质量问题数据库,按周月季度统计出装配式建筑在施工过程中经常出现的质量问题以及质量责任人、待整改质量问题和已整改质量问题,通过柱状图、饼状图及曲线图的形式让项目技术负责人和项目经理可了解到项目质量情况,对经常发生质量问题的环节可与设计方及时沟通了解设计意图,设计单位可做好本单位的数据库,为本单位总结出智慧成果。

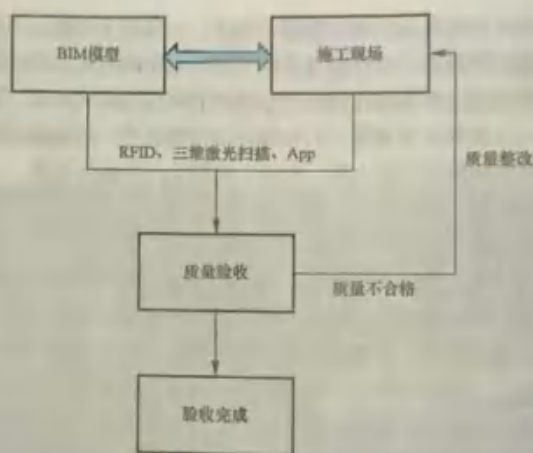


图 6-15 质量检查

6.3 基于 BIM 的装配式建筑智能建造管理体系

6.3.1 体系构建原则和结构设计

1. 体系构建目标和原则

装配式建筑的概念来源于制造业，其本质是要将建筑业转向工业生产模式。精益建造的概念同样来源于制造业的精益生产，精益生产以多品种、小批量的生产模式，向传统的大批量粗放式生产模式发起挑战，取得了很好的效果，精益建造同样极大地改善了我国建筑行业的粗放型管理模式。无独有偶，BIM 也是在制造业中率先应用的，1987 年，波音公司开始采用计算机辅助的三维交互应用软件设计波音 747-400 分机的部分零件，后来开始大规模使用，大大降低了生产成本，提高了生产效率，BIM 在建筑业中的应用虽然还没有达到全过程使用的阶段，但仅从目前的应用情况来看，已为项目建设带来了较为可观的收益。

2013 年，德国正式提出工业 4.0 的概念，旨在提升制造业的智能化水平，利用物理信息系统将生产中的供应、制造、销售信息数据化、智慧化，最后达到快速、有效、个性化的产品供应。这种智慧制造的模式为企业提供了更广的业务范围，也为消费者提供了更优质的服务。

在国民生活水平和精神追求不断提高的今天，国民对建筑个性化的需求会不断提高，因此，以满足消费者要求为目标的新型建造方式——智慧建造应运而生。智慧建造是以信息物理系统为技术支撑，将建造过程中的需求、设计、生产、制造、运输、安装、运营、拆除信息数据化，最后形成高效、智慧化、个性化建筑供应链的新型建造模式。