

装配式建筑对多层工业厂房、仓库的适用性分析

袁立坤

中国轻工业武汉设计工程有限责任公司 湖北 武汉 430071

摘要: 随着社会的发展和科技的进步,建筑行业逐渐向工业化、信息化方向发展。装配式建筑作为一种新型的建筑方式,具有许多优点和优势,如提高施工效率、降低成本、减少环境污染等。当前装配式混凝土结构主要被应用于民用住宅,在多层工业厂房、仓库中应用较少。原因为多层工业厂房、仓库具有大荷载、大空间的功能需求。在多层工业厂房及仓库的建设中,装配式建筑的适用性及实现方式值得进行分析和探讨。

关键词: 装配式建筑;工业厂房;仓库;适用性

引言: 装配式建筑是现代建筑业的重要发展趋势,其核心理念是将大部分建筑工作转移到工厂中完成,然后在现场进行组装。本文按照适用、经济、安全、绿色、美观的要求,从环境效益、社会效益和经济效益的角度^[1],探讨了如何采用装配式建筑建设多层工业厂房、仓库,并对其适用性进行分析。

1 装配式建筑概述

国家规范对装配式建筑的定义为:结构系统、外围护系统、设备与管线系统、内装系统的主要部分采用预制部品部件集成的建筑^[1-2]。装配式建筑按材料性质可分为装配式混凝土结构建筑、装配式钢结构建筑、钢与混凝土混合结构建筑。发展装配式建筑有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平,促进建筑产业转型升级,实现建筑工业化、信息化。

装配式建筑是建筑工业化、信息化发展的必由之路。建筑工业化是指通过机械化、标准化、信息化、智能化的手段来发展改善建筑业,用于替代传统建筑业中分散的、低水平的、低效率的手工业生产方式,最终实现设计标准化,生产工业化,施工装配化,装修一体化,管理信息化、开发技术管理一体,达到提高建筑行业的劳动生产率、降低工程成本、提高工程质量的目的。装配式建筑的发展目标为:通过机械化、标准化和信息化,将建筑业转型为智能化制造业。

近年来,我国积极探索发展装配式建筑,取得了一定的成果,但当前装配式建筑的建造方式大多仍以现场浇筑为主,装配式建筑比例和规模化程度较低,与发展绿色建筑的有关要求以及先进建造方式相比还有很大差距。尤其是多层工业厂房、仓库等大跨度大空间大荷载要求的建筑,采用装配式建筑的比较少见。

2 多层工业厂房、仓库装配式建筑的实现方式探讨

在工业厂房、仓库的建设中,常常会因为用地面积

限制,或者生产工艺需求,要将建筑按多层乃至高层设计建造。此类建筑通常具有如下特征:

内部空间需要满足生产设备的布置,物料的存贮与运输,操作平台的布置,内部管线的支架吊挂。具体表现特征为大柱距大层高。一般要求层高净空5m以上,某些建筑甚至会做到层高15m~18m,框架柱距一般7~9m,亦有部分厂房因生产设备需求,柱距需要增大至12~18m。

楼面承载力要求高,不仅要满足生产设备的布置,还要满足物料堆放存贮,尤其需要根据生产需要,规划好物流通道,并根据运输方式相应考虑楼面荷载。一般而言,工业厂房楼面活荷载要求5~20KN/m²,甚至更高。另外尚需考虑操作平台、管线布置等荷载。

工业厂房因生产工艺要求,楼板常常需要开孔,孔洞既多且杂,部分孔洞面积较大,使得结构体系形成了平面不连续的不规则结构。某些工业厂房、仓库,对于结构的刚度有较高要求,楼板在设备运转时不能发生过大的振动变形,且楼面平整度也有较高的要求。

针对工业厂房、仓库上述的结构特征,在传统建筑做法中,此类建筑以现浇钢筋混凝土框架结构形式为常规做法。现浇钢筋混凝土结构具有以下优点:(1)可模性好,新拌合的混凝土具有绝对的可塑性,可以根据设计需要,制作成各种形状和尺寸的构件;(2)整体性好,现浇钢筋混凝土结构一旦完成,钢筋与混凝土将整体受力,具有极佳的结构刚度与延性,抗震性能、抗暴和抗振动的性能;(3)耐久性好,现浇钢筋混凝土具有极好的耐久性,正常使用条件下,维护与保养的工作量小;(4)耐火性好,相对于钢结构,现浇钢筋混凝土结构的钢筋受到混凝土的保护,不至于很快软化失效,能够避免结构整体的破坏。现浇钢筋混凝土结构因为上述优良特性能很好的满足工业厂房、仓库的功能需求,在

实际工程中被广泛应用。但随着时代发展,绿色环保的政策逐渐趋于严格,而建筑市场的劳动力亦逐渐紧缺,这种大环境下,装配式建筑成为发展大势所趋。如何将装配式建筑应用于多层工业厂房、仓库,既要满足建筑功能需求,又能最大限度的保留现浇钢筋混凝土结构所具备的优势特点,是所有从业人员面临的挑战。

多层工业厂房、仓库实现装配式建筑的主要方法主要有:装配式混凝土结构建筑、装配式钢结构建筑、钢与混凝土混合结构建筑。

2.1 装配式混凝土结构建筑:由预制混凝土构件通过可靠的连接方式装配而成的混凝土结构,包括装配整体式混凝土结构、全装配混凝土结构等。在建筑工程中,简称装配式建筑;在结构工程中,简称装配式结构。装配整体式混凝土结构为由预制混凝土构件通过可靠的方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构,简称装配整体式结构^[1]。全装配混凝土结构是指所有的构件都在工厂内预制完成,然后通过运输到现场进行装配、连接和固定,最终形成完整的混凝土结构。

装配式混凝土结构建筑不仅完美的继承了现浇钢筋混凝土结构可模性好、整体性好、耐久性好的优点,更是对建筑行业工业化与信息化的进化发展。当前建筑行业,装配式混凝土结构建筑模式被广泛应用于住宅、办公楼等建筑中,结构体系以框架结构、框架剪力墙结构、剪力墙结构为主。对于多层工业厂房、仓库,装配式混凝土建筑可采用装配整体式混凝土结构。

2.2 装配式钢结构建筑:指建筑的结构系统由钢部(构)件集成装配建造的建筑。装配式钢结构建筑具有自重轻、强度高、抗震性能好等优点。钢结构的构件通常在工厂预制,然后在施工现场进行装配和连接,从而缩短了施工周期,提高了施工效率。在建筑市场中,装配式钢结构建筑主要应用于大跨度空间结构、高层建筑和超高层建筑等领域。其中,门式刚架的结构形式被广泛应用于大量的单层工业厂房。大跨度空间结构如会展中心、航站楼等体型复杂内部空间极大也大量采用装配式钢结构建筑。在高层、超限高层建筑中,装配式钢结构也因为其自重轻、抗震抗风的性能优良而被广泛采用。装配式钢结构建筑的优点如下:(1)自重轻:钢材具有远超混凝土结构的抗压、抗拉抗剪强度,因此同等截面的构件能够承受更大的荷载。装配式钢结构建筑相比传统的混凝土结构,所需的构件面积远小于钢筋混凝土结构,因此具有自重轻的优点,能够节省了基础工程的成本。(2)装配式钢结构建筑具有较好的抗震性

能。钢材具有较好的延性,强度高,能承受更大的地震荷载,且装配式钢结构建筑自重相对混凝土结构要轻很多,在同等地震设防条件下,所受地震荷载小于钢筋混凝土结构,这能有效减小地震对结构的不利影响。(3)施工方便,施工周期短:在工厂预制模式下,钢结构构件的制作和加工效率较高,不受自然天气影响,可以缩短施工周期。此外,钢结构构件在施工现场的装配和连接也比较方便。(4)环保:装配式钢结构建筑在施工现场不需要模板、脚手架,几乎不产生建筑垃圾,钢材在建筑生命周期结束时还能回收再利用。

2.3 钢与混凝土混合结构建筑:是指由型钢、钢管或钢板与钢筋混凝土组合整体受力的预制构件集成装配建造的建筑^[4]。这种建筑形式兼具了装配式混凝土结构建筑与装配式钢结构建筑的优点。主要的部品部件构成形式包括组合楼板、型钢混凝土组合梁、型钢混凝土构件、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构等。(1)组合楼板是指压型钢板上现浇混凝土组成压型钢板与混凝土共同承受荷载的楼板。包含钢筋桁架楼承板上浇筑混凝土形成的组合楼板。此种构件最大的优点在于压型钢板能直接作为混凝土的模板,能节省大量木模及支撑。大大减少了建筑废弃物。(2)型钢混凝土组合梁是指钢筋混凝土翼板与钢梁通过抗剪连接件组合而成能整体受力的梁。组合梁根据混凝土板与钢梁组合连接程度可分为完全剪切连接组合梁和部分剪切连接组合梁两大类。组合梁充分发挥了混凝土和钢材的有利性能,承载力显著提高,构件竖向刚度侧向刚度都明显提高,整体与局部的稳定性强。(3)型钢混凝土构件是指钢筋混凝土构件内配置型钢的梁或者柱。内部配置的型钢主要工字钢、槽钢、H型钢等,也可以采用角钢构成的空间桁架式骨架。型钢混凝土构件承载力高、刚度大、延性好,被广泛应用于大跨度、重荷载、高层建筑。相对于钢结构构件,型钢混凝土构件具有防腐防火的优势,维护简单。(4)钢管混凝土结构指的是圆形或者矩形钢管内填混凝土,钢管与混凝土共同受力的结构构件^[5]。钢管混凝土结构的优点有:承载力高、延性好、抗震性能优越、施工方便、防火耐火性能比钢结构好、耐腐蚀性强。

3 装配式建筑在多层工业厂房、仓库中的适用性与实现方式

根据多层工业厂房、仓库大空间、大荷载的特征,建筑主体结构的结构体系宜采用钢筋混凝土框架结构、钢框架结构及型钢混凝土框架结构。这些结构体系采用装配式建筑在技术上均可以实现。

根据结构构件组成方式,各个结构构件的装配式建

筑组成形式可如下实现：（1）框架柱：框架柱可采用预制钢筋混凝土柱、钢柱、型钢混凝土柱、钢管混凝土柱。（2）框架梁：框架梁可采用预制钢筋混凝土梁、钢梁、型钢混凝土组合梁、型钢混凝土梁、钢管混凝土梁。（3）楼板：楼板可采用叠合楼板、预制板、密肋楼板、压型钢板组合楼板、钢筋桁架楼承板。（4）楼梯：楼梯可采用预制混凝土楼梯、钢梯。（5）外围护墙：ALC条板、轻钢围护墙。（6）内隔墙：ALC条板、轻质隔墙。

上述结构构件均可在预制工厂中生产完成，然后通过相应的运输方式运输到施工现场，采用可靠的安装方式将预制构件组装起来，完成多层工业厂房、仓库的建造。随着BIM技术的引入和应用，将设计方案、制造需求、安装需求集成到同一个BIM模型中，在实际施工建造之前统筹考虑后续各个工程建设阶段的各种要求，把可能面临的问题逐一解决。BIM技术还可以使整个建设过程信息化协同，实现建筑信息的高度集成，提前完成机电、装修等相关构件的预留预埋。

装配式建筑的建设成本主要由以下几个部分构成：

（1）设计费用，包含主体设计、BIM设计，装配式构件拆分与深化设计、构件加工图设计。（2）生产费用，包含人工费、材料费、机械费、厂内倒运费、措施费、规费、管理费、利润税金。（3）物流费用，该费用一般会会计入构件单价来考虑，若采用预应力梁板现场张拉制作，则需要配套的制作场地与机械。（4）装配费用，人工费、材料费（支撑、垫片、灌浆料、预埋件、铝模或

钢模）、机械费（塔吊+施工电梯+爬架，垂直运输成本中PC塔吊较比普通塔吊租赁费用高出3-4万元/月，电费大约高出普通塔吊5700元/月*台）、现场二次搬运、措施费（临时道路考虑PC运输，临电容量需满足PC塔吊要求，PC堆场，预制构件成品保护）。（5）其他费用如相对现浇钢筋混凝土结构，增加的构造钢筋等费用。通过对装配式建筑的建设成本构成进行分析，当前的市场行情，装配式建筑普遍比现浇钢筋混凝土框架结构高。但从长远分析，随着建筑市场劳动力成本的提高，以及环保政策的逐渐完善，传统现浇混凝土框架结构的生产成本会逐渐上升，届时装配式建筑在建设成本上亦将取得优势。在具体工程中，仍然需要从环境效益、社会效益和经济效益的角度进行分析论证。

4 结语

通过上所分析，装配式建筑能够通过多种形式适用于多层工业厂房、仓库。通过标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理、智能化应用，在多层工业厂房、仓库的建设中，提高技术水平和工程质量，促进建筑产业转型升级。

参考文献

- [1]GBT 51231-2016《装配式混凝土建筑技术标准》[S]
- [2]GBT 51232-2016《装配式钢结构建筑技术标准》[S]
- [3]JGJ 1-2014《装配式混凝土结构技术规程》[S]
- [4]JGJ 138-2016《组合结构设计规范》[S]
- [5]GBT 51446-2021《钢管混凝土混合结构技术标准》[S]