

装配式钢结构建筑（住宅）建设 调研报告



北京钢结构行业协会
二〇二二年八月



名誉主编：张晋勋 张爱林 张 鸣

主 编：苏 磊 常海君

副 主 编：张义昆 侯建群 金 晖 卢清刚 曹计栓

编 委：王 炜 谢木才 钱嘉宏 李浓云 刘 华

赵智勇 杜 庆 云 燕 刘春民 张宝元

张海波 陈 杭 张治刚 齐卫忠 张学生

赵中军 潘 霞 渠席文 任旭红 张 沂

刘步芳 李 卓 韦振飞 张 茁 张虎峰

常培勇 李立杰

参编单位：北京市建筑设计研究院有限公司

北京市住宅产业化集团股份有限公司

北京市住宅建筑设计研究院有限公司

北京住总集团有限责任公司工程总承包部

北京住总第三开发建设有限公司

北京城建精工钢结构工程有限公司

北京首钢建设集团有限公司

北京建谊投资发展集团有限公司

北京城建集团有限责任公司

大同瑞铖钢结构有限公司

大同泰瑞集团建设有限公司

前言

装配式钢结构建筑(住宅),形象的说就是用搭积木的方式来建房,需要在工厂完成内外墙板、楼板、楼梯、梁柱构件、连接节点等主要构件及卫生间、厨房等各功能空间的部品化,通过现场组装来完成整个住宅建筑。由于全部的构件均在工厂加工完成,大大减轻了现场的施工量,避免的对环境污染,节约了施工工期,标准化的设计和施工使建筑的质量和安全更易得到保证,在工业发达国家应用较为普遍。我国建筑业正处在向着绿色建筑和建筑产业现代化发展转型的全面提升过程中,钢结构更符合新形势下绿色建筑要求的装配式建筑。

为共同推动装配式钢结构建筑在公建项目、地产开发、建筑设计与施工等行业应用,北京钢结构行业协会组织专家自2021年下半年开始着手编辑《装配式钢结构建筑(住宅)建设调研报告》,利用协会平台资源优势,整理会员单位在京津冀地区参与建设的装配式钢结构住宅建筑工程项目,对各技术体系的设计应用情况、体系优缺点、施工方法、经济效益分析等诸多方面进行归纳总结。经过近一年的努力,报告终于和广大会员企业见面了。

报告共收集8个装配式钢结构住宅案例,两个装配式钢结构学校和一个装配式钢结构公建项目。每个案例从设计到装配式内装做了详细介绍,让人耳目一新。作为装配式钢结构住宅的代表——北京冬奥村人才公寓设计理念来自于北京四合院的院落形式,体现出奥运文化和北京优秀传统文化的融合,项目装配率达到71%,赛后改装变更使用非常方便快捷,突出体现了装配式钢结构住宅优势——空间灵活多样可变。

目前,装配式钢结构建筑刚刚步入发展快车道,需要各界同仁共同努力。本报告抛砖引玉,希望全社会共同关注装配式建筑行业。由于编写时间和水平有限,报告内容和案例还不是很全面,在此请各行业同仁多批评指正。

在此,也非常感谢报告编写人员和提供案例分享的企业。

报告编委会
2022年8月

目 录

一 . 调研背景和意义	01
(一) 调研背景	01
(二) 调研意义	01
二 . 国内钢结构装配式住宅建设情况	02
(一) 钢结构住宅发展历程	02
(二) 技术体系及标准完善过程	08
(三) 钢结构住宅尚需解决的问题	10
三 . 意见及建议	12
1. 政策引领	12
2. 标准化应用	12
四 . 建设案例与分析	15
1. 北京冬奥村人才公寓项目	15
2. 槐新 A34# 公租房项目	27
3. 首钢二通厂南区棚改定向安置房项目	42
4. 首钢铸造村钢结构住宅项目	62
5. 顺义新城第 18 街区公租房项目 -12# 住宅楼项目	77
6. 黑庄户定向安置房项目 4# 钢结构住宅楼项目	98
7. 大同市国际能源革命科技创新园住宅示范项目	108
8. 北部农村地区前沙涧安置房 S5-2 地块小学项目	121
9. 雄安城乡服务中心项目	134
10. 承德双桥卉原中学项目 2# 教师公寓楼项目	146
五、总结与展望	156

一. 调研背景和意义

（一）调研背景

住宅是人类赖以生存和发展的最基本的物质生活资料之一，伴随我国国民经济的迅速发展、城市现代化建设进程的加快以及国家产业结构政策的调整，人们对住房需求的内涵也在不断地增加和变化，对居住条件的功能及品质要求也越来越高，新变化、新需求、新形势为我国房地产业可持续优质发展提供了良好基础与空间，不可置疑今后房地产业仍将成为我国国民经济发展的主要支柱产业之一，必将重塑新时代房地产业的再次辉煌。

当前我国经济发展模式已经步入从追求“量”到追求“质”的转换阶段，产业结构调整以及产业升级是重中之重，房地产业面临同样课题，特别是住房建筑建造领域，目前传统的砖瓦灰砂石建造方式仍占比极大，现场施工作业条件差、工人劳动强度高、施工工法复杂落后、重湿作业占比高、水电辅材高耗能、建筑废弃物产出大、环境污染资源耗费、建筑品质及性能差等诸多问题从根本上尚未得以彻底改变和解决，同时结合我国人口结构已经步入老龄化，劳动力骤减，建造成本激增，以及节能减排、“双碳”目标的新要求的提出，这一切对我国建筑业未来如何发展提出了全新的要求。实现建筑行业产业创新升级，创立并实现更加节能环保、更加快速便捷、更加性能品质可控的现代工业化建造模式是我国建筑业目前所面临的、也是必须重点解决的课题和任务。摒弃传统的建筑施工现场劳动密集型建造模式，向工厂化、工业化、标准化、产业化、装配化的产品集合装配式建造模式的转变是必然选择和必由之路，实现从传统建造的“砌、浇、筑”向新型建造的“架、拼、装”转变升级。

钢结构建筑作为一种新型的建筑体系，具有自重轻、安装容易、施工周期短、抗震性能好、装配化建造程度高、投资回收快、环境污染少、材料可循环等诸多优势，因而被誉为 21 世纪的“绿色建筑”之一。在国家倡导绿色建筑、节能环保、资源循环利用等政策影响下，钢结构逐渐被广泛应用在装配式建筑建设中，钢结构行业规模不断扩大。国外如美国 70% 以上的高档住宅都采用了钢结构，主要构件如柱梁墙板都是工厂制作现场吊装组合。而我国由于九十年代以前钢产量低，国家政策的限制，钢材主要用在一些公共建筑上，在住宅上应用的很少，这是我国钢结构住宅发展的主要制约因素。2010 年我国钢材产量已达到 6 亿吨，2020 年我国钢材产量已达到 10 亿吨，2021 年的 10.3 亿吨，是世界上钢铁产量最大的国家，给钢结构住宅产业化发展创造了良好的物质基础。目前，钢结构住宅的方案探索和技术可行性已有比较明确的结论，但经济效益是建筑企业担心的问题。大量研究表明七层以下钢结构住宅造价与混凝土持平，十层以上钢结构住宅的造价可以降低 30% 以上。

随着生活质量的提高，人们对住宅的质量、性能、环境、舒适度的要求也在不断提高，居住条件不断改善。随着住宅市场的活跃，房地产业作为国民经济的经济增长点，已经在国家经济中占据重要的地位，住宅已经成为关系国计民生的重要问题。近年来随着房价的不断攀高，很多城市的房价超出居民的承担能力，为此国家采取了一系列限制房价的政策，各地相继推出廉租房的建设，推行住宅产业化，降低房价。我国出台的“节能减排”的政策，住宅是重点，对于钢结构住宅这种节能环保型住房来说是一个很大发展的机遇，积极推广钢结构住宅建筑，有利于提高建筑物的耐久寿命，提升建筑品质，减少环境污染和生态破坏，促进建筑业绿色低碳长效发展，具有极其重要的生态、经济和社会意义。据住建部最新数据，目前我国每年竣工建筑面积约 20 亿平方米，如果按照 30% 采用钢结构，不但可以完成我们的“节能减排”的任务，而且由此带动的一大批新型建材企业及其相应的加工制造产业的协同发展及社会综合效益，是十分引人注目的。

（二）调研意义

北京钢结构行业协会为了更好地在装配式钢结构建筑领域服务于政府主管部门、地产开发、建筑设计与施工等行业，利用协会平台资源优势，针对会员单位在京津冀地区参与建设的装配式钢结构住宅建筑工程项目中，对各技术体系的设计应用情况、体系优缺点、施工方法、经济效益分析等诸多方面进行归纳总结。为政府主管部门提供一个真实可信、具有关键内容和信息的高价值综合报

告。在政府政策要求范围内为社会投资建设等领域提供可靠、可信、实用的参考依据。为专家学者提供装配式钢结构建筑的研究应用的基础数据资料。

通过对装配式钢结构建筑体系统计、分析，总结出特点、难点、关键点，提供技术经济对比状况分析和建议对策，以使行业内各个专业组织采用，并可做为进行改进、提升、研究的参考依据。做好行业管理和进步的基础工作，在行业内建立起权威性引导、协调、服务，使装配式钢结构建筑行业得以健康有序地发展。

二. 国内钢结构装配式住宅状况

(一) 钢结构住宅发展历程

我国钢结构住宅起步比较晚，在国内发展主要经历了如下四个时期：

1)20 世纪 50—60 年代的初盛时期。

发展建筑工业化是国家建设的基本国策，早在 1956 年国务院就颁布了《关于加强发展建筑工业的决定》，指明了“建筑工业化是建筑业的发展方向”，“大力开展建筑结构和构配件的标准化工作”，“积极实行工业化、机械化施工”。至上世纪六十年代，国民经济恢复时期，在钢铁冶金工业和机电工业中建造了大量的钢结构厂房；在民用建筑方面，主要用于体育场等大跨度建筑，也建成了一批钢结构房屋。兴建了大量预制构件厂，生产了各种标准化的构件，如圆孔板、预应力屋架、大型屋面板等，提高了建筑施工效率，对建筑业的发展起到了很大的推动作用。

2)20 世纪 60 年代中后期—70 年代的低潮时期。

3)20 世纪 80 年代和 90 年代中后期的发展时期。

到了上世纪八十年代中期，我国开始引进钢结构住宅。1986 年冶金建筑研究院与意大利钢铁公司合作建设了一栋二层钢结构住宅样板房，采用 H 型钢作为承重梁柱，钢筋混凝土组合楼板，外墙为陶粒混凝土板。1987 年建成的北京展览馆宾馆也采用了钢结构体系，建筑所用的钢材主要是由加拿大进口的，柱子采用焊接方钢管、梁采用焊接 H 型钢。1994 年 11 月，我国设计建造了完全自行完成的钢结构住宅——位于上海浦东北蔡的 8 层钢框架结构住宅，采用冷弯成型矩形钢管混凝土和 U 形冷弯薄壁组合梁组成框架，外墙采用稻草板，建材全部采用国内产品，这是我国钢结构住宅发展道路上一座重要的里程碑。



图 1-4 北京展览馆宾馆



图 1-5 北蔡 8 层钢结构住宅楼

4) 上世纪 90 年代后期 ~ 至今，迎来建筑钢结构住宅发展的春天。

在上世纪九十年代以前，因钢材紧缺，还有一些技术上的限制，钢结构住宅的发展一直受到了局限。直至 1999 年，我国对建筑行业实行“鼓励用钢”的政策，同年国务院转发的八部委《关于推进住宅产业化，提高住宅质量的若干意见》，更是为钢结构住宅及其产业化发展提供了前所未有的政策支持，该文件明确提出：发展钢结构住宅，扩大钢结构住宅的市场占有率，将会加速住宅产

业化过程，对我国建筑、冶金及相关产业的发展具有重大意义，以致钢结构住宅的研发提到了议事日程。在国家建设部的大力推动下，中国钢结构协会住宅钢结构分会应运而生，并陆续召开了钢结构住宅研讨会，各地纷纷投入力量探索发展途径，并开始试验建造钢结构住宅。

经过上个世纪末一些单位和组织的试验开发、实践探索，政府主管部门、住宅产业办又采取了一系列促进政策及措施，人们对钢结构住宅的优越性也有了更新的认识，从2000年开始我国已经正式进入钢结构住宅增速发展阶段。2000年建设部与国家冶金局先后召开了“钢结构住宅建筑研讨会”与“钢结构住宅建筑体系技术发展研讨暨钢结构住宅协会筹建会议”，总结了几十年来建筑工业化、产业化发展的经验，以及国内外住宅产业化发展的经验，在众多住宅建筑体系中明确了钢结构住宅体系最适合于工业化、产业化，开始了推动我国钢结构住宅应用发展的进程。

2001年12月，建设部颁布了《钢结构住宅建筑产业化导则》，在总结我国钢结构住宅初步经验的基础上，制定了建筑体系、结构体系、建筑设备、钢结构防护、工厂化生产和施工安装方面的指导原则，并将我国钢结构住宅基本定位在12层（含12层）以下，这是我国第一部有针对性的钢结构住宅建筑发展的指导性文件。

2002年建设部推行了钢结构住宅建筑示范工程与产业化基地挂牌制度，北辰公寓与天津二建机施钢结构公司获得首个挂牌。

2003年，建设部编制了《建设事业技术政策纲要》明确提出，“要大力推动建筑钢结构的发展，积极推广钢结构住宅的应用并逐步实现产业化”，“2010年建筑钢结构用钢量要达到钢产量的6%，即1500万吨以上”。

2006年，国家开始实施《住宅产业化基地试行办法》，开始研发推广符合居住功能要求的新型住宅建筑及配套部品，如一体化的厨卫、水暖电、围护结构等。

2016年2月6日，中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见提出，发展新型建造方式。大力推广装配式建筑，减少建筑垃圾和扬尘污染，缩短建造工期，提升工程质量。制定装配式建筑设计、施工和验收规范。完善部品部件标准，实现建筑部品部件工厂化生产。鼓励建筑企业装配式施工，现场装配。建设国家级装配式建筑生产基地。加大政策支持力度，力争用10年左右时间，使装配式建筑占新建建筑的比例达到30%。积极稳妥推广钢结构建筑。在具备条件的地方，倡导发展现代木结构建筑。

2016年3月5日十二届全国人大四次会议指出，深入推进新型城镇化。城镇化是现代化的必由之路，是我国最大的内需潜力和发展动能所在。今年重点抓好三项工作。一是加快农业转移人口市民化。深化户籍制度改革，放宽城镇落户条件，建立健全“人地钱”挂钩政策。扩大新型城镇化综合试点范围。居住证具有很高的含金量，要加快覆盖未落户的城镇常住人口，使他们依法享有居住地义务教育、就业、医疗等基本公共服务。发展中西部地区中小城市和小城镇，容纳更多的农民工就近就业创业，让他们挣钱顾家两不误。二是推进城镇保障性安居工程建设和房地产市场平稳健康发展。今年棚户区住房改造600万套，提高棚改货币化安置比例。完善支持居民住房合理消费的税收、信贷政策，住房刚性需求和改善性需求，因城施策化解房地产库存。建立租购并举的住房制度，把符合条件的外来人口逐步纳入公租房供应范围。三是加强城市规划建设管理。增强城市规划的科学性、权威性、公开性，促进“多规合一”。开工建设城市地下综合管廊2000公里以上。积极推广绿色建筑和建材，大力发展钢结构和装配式建筑，提高建筑工程标准和质量。打造智慧城市，改善人居环境，使人民群众生活得更安心、更省心、更舒心。

2016年9月14日，国务院常务会议指出，按照推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的要求，大力发展钢结构、混凝土等装配式建筑，具有发展节能环保新产业、提高建筑安全水平、推动化解过剩产能等一举多得之效。会议决定，以京津冀、长三角、珠三角城市群和常住人口超过300万的其他城市为重点，加快提高装配式建筑占新建建筑面积的比例。为此，一要适应市场需求，完善装配式建筑标准规范，推进集成化设计、工业化生产、装配化施工、一体化装修，支持部品部件生产

企业完善品种和规格，引导企业研发适用技术、设备和机具，提高装配式建材应用比例，促进建造方式现代化。二要健全与装配式建筑相适应的发包承包、施工许可、工程造价、竣工验收等制度，实现工程设计、部品部件生产、施工及采购统一管理和深度融合。强化全过程监管，确保工程质量安全。三要加大人才培养力度，将发展装配式建筑列入城市规划建设考核指标，鼓励各地结合实际出台规划审批、基础设施配套、财政税收等支持政策，在供地方案中明确发展装配式建筑的比例要求。用适用、经济、安全、绿色、美观的装配式建筑服务发展方式转变、提升群众生活品质。

2016年9月27日，国务院办公厅《关于大力发展装配式建筑的指导意见》（国办发〔2016〕71号），这是装配式建筑纲领性文件。文件重要思想主要有：

一、总体要求

（一）指导思想。

全面贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中全会以及中央城镇化工作会议、中央城市工作会议精神，认真落实党中央、国务院决策部署，按照“五位一体”总体布局和“四个全面”战略布局，牢固树立和贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，按照适用、经济、安全、绿色、美观的要求，推动建造方式创新，大力发展装配式混凝土建筑和钢结构建筑，在具备条件的地方倡导发展现代木结构建筑，不断提高装配式建筑在新建建筑中的比例。坚持标准化设计、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，提高技术水平和工程质量，促进建筑产业转型升级。

（二）基本原则。

坚持市场主导、政府推动。适应市场需求，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府规划引导和政策支持作用，形成有利的体制机制和市场环境，促进市场主体积极参与、协同配合，有序发展装配式建筑。

坚持分区推进、逐步推广。根据不同地区的经济社会发展状况和产业技术条件，划分重点推进地区、积极推进地区和鼓励推进地区，因地制宜、循序渐进，以点带面、试点先行，及时总结经验，形成局部带动整体的工作格局。

坚持顶层设计、协调发展。把协同推进标准、设计、生产、施工、使用维护等作为发展装配式建筑的有效抓手，推动各个环节有机结合，以建造方式变革促进工程建设全过程提质增效，带动建筑业整体水平的提升。

（三）工作目标。

以京津冀、长三角、珠三角三大城市群为重点推进地区，常住人口超过300万的其他城市为积极推进地区，其余城市为鼓励推进地区，因地制宜发展装配式混凝土结构、钢结构和现代木结构等装配式建筑。力争用10年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%。同时，逐步完善法律法规、技术标准和监管体系，推动形成一批设计、施工、部品部件规模化生产企业，具有现代装配建造水平的工程总承包企业以及与之相适应的专业化技能队伍。

二、重点任务

（四）健全标准规范体系。

（五）创新装配式建筑设计。

（六）优化部品部件生产。

（七）提升装配施工水平。

（八）推进建筑全装修。

（九）推广绿色建材。

（十）推行工程总承包。

（十一）确保工程质量安全。

2016年7月28日，国务院公开印发《“十三五”国家科技创新规划》，明确提出要加强装配式建筑设计理论、技术体系和施工方法的研究。大力研发装配式钢结构技术体系、关键技术和标准化

的部品部件。

2016年国务院发布《进一步加强城市规划建设管理工作的意见》提出积极稳妥推广钢结构建筑。

2017年2月8日，国家总理李克强同志在国务院常务会议上再次明确提出提高建筑设计和建设水平，推广智能和装配式钢结构建筑。同月，国务院办公厅发布《关于促进建筑业持续健康发展的意见》，再次重申“推动建造方式创新，大力发展装配式混凝土和钢结构建筑。力争用10年左右的时间，使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到30%”。

2017.03.23，《“十三五”装配式建筑行动方案》《装配式建筑示范城市管理办法》《装配式建筑产业基地管理办法》，指出一、确定工作目标到2020年，全国装配式建筑占新建建筑的比例达到15%以上，其中重点推进地区达到20%以上，积极推进地区达到15%以上，鼓励推进地区达到10%以上。鼓励各地制定更高的发展目标。建立健全装配式建筑政策体系、规划体系、标准体系、技术体系、产品体系和监管体系，形成一批装配式建筑设计、施工、部品部件规模化生产企业和工程总承包企业，形成装配式建筑专业化队伍，全面提升装配式建筑质量、效益和品质，实现装配式建筑全面发展。到2020年，培育50个以上装配式建筑示范城市，200个以上装配式建筑产业基地，500个以上装配式建筑示范工程，建设30个以上装配式建筑科技创新基地，充分发挥示范引领和带动作用。

2017年，《建筑节能与绿色建筑发展十三五规划》提出大力发展装配式建筑，积极发展钢结构。

2019年，住建部发布《住房和城乡建设部建筑市场监管司2019年工作要点》，特别提及了要推动钢结构住宅的发展，是装配式建筑的推广政策中首次仅仅提及钢结构住宅。

2020年7月，七部委关于印发绿色建筑创建行动方案的通知（建标〔2020〕65号），指出（五）推广装配化建造方式。大力发展钢结构等装配式建筑，新建公共建筑原则上采用钢结构。编制钢结构装配式住宅常用构件尺寸指南，强化设计要求，规范构件选型，提高装配式建筑构配件标准化水平。推动装配式装修。打造装配式建筑产业基地，提升建造水平。

2020年7月住房和城乡建设部等十三部委关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见（建市〔2020〕60号），主要内容有：

一、指导思想。

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，坚持稳中求进工作总基调，坚持新发展理念，坚持以供给侧结构性改革为主线，围绕建筑业高质量发展总体目标，以大力发展建筑工业化为载体，以数字化、智能化升级为动力，创新突破相关核心技术，加大智能建造在工程建设各环节应用，形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系，提升工程质量安全、效益和品质，有效拉动内需，培育国民经济新的增长点，实现建筑业转型升级和持续健康发展。

三、发展目标。

到2025年，我国智能建造与建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系基本建立，建筑工业化、数字化、智能化水平显著提高，建筑产业互联网平台初步建立，产业基础、技术装备、科技创新能力以及建筑安全质量水平全面提升，劳动生产率明显提高，能源资源消耗及污染排放大幅下降，环境保护效应显著。推动形成一批智能建造龙头企业，引领并带动广大中小企业向智能建造转型升级，打造“中国建造”升级版。到2035年，我国智能建造与建筑工业化协同发展取得显著进展，企业创新能力大幅提升，产业整体优势明显增强，“中国建造”核心竞争力世界领先，建筑工业化全面实现，迈入智能建造世界强国行列。

四、重点任务。

（一）加快建筑工业化升级。大力发展装配式建筑，推动建立以标准部品为基础的专业化、规模化、信息化生产体系。加快推动新一代信息技术与建筑工业化技术协同发展，在建造全过程加大

建筑信息模型（BIM）、互联网、物联网、大数据、云计算、移动通信、人工智能、区块链等新技术的集成与创新应用。大力推进先进制造设备、智能设备及智慧工地相关装备的研发、制造和推广应用，提升各类施工机具的性能和效率，提高机械化施工程度。加快传感器、高速移动通讯、无线射频、近场通讯及二维码识别等建筑物物联网技术应用，提升数据资源利用水平和信息服务能力。加快打造建筑产业互联网平台，推广应用钢结构构件智能制造生产线和预制混凝土构件智能生产线。（二）加强技术创新。（三）提升信息化水平。（四）培育产业体系。（五）积极推行绿色建造。（六）开放拓展应用场景。（七）创新行业监管与服务模式。

2021年3月 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要，指出发展智能建造，推广绿色建材、装配式建筑和钢结构住宅，建设低碳城市。

2021年3月16日，《绿色建造技术导则（试行）》（建办质〔2021〕9号），强调，绿色建造应将绿色发展理念融入工程策划、设计、施工、交付的建造全过程，充分体现绿色化、工业化、信息化、集约化和产业化的总体特征。

2021年5月，十五部委版本的关于加强县城绿色低碳建设的意见（建村〔2021〕45号）（三）限制县城民用建筑高度。县城民用建筑高度要与消防救援能力相匹配。县城新建住宅以6层为主，6层及以下住宅建筑面积占比应不低于70%。鼓励新建多层住宅安装电梯。县城新建住宅最高不超过18层。确需建设18层以上居住建筑的，应严格充分论证，并确保消防应急、市政配套设施等建设到位。加强50米以上公共建筑消防安全管理。建筑物的耐火等级、防火间距、平面设计等要符合消防技术标准强制性要求。（五）大力发展绿色建筑和建筑节能。县城新建建筑要落实基本级绿色建筑要求，鼓励发展星级绿色建筑。加快推行绿色建筑和建筑节能节水标准，加强设计、施工和运行管理，不断提高新建建筑中绿色建筑的比例。推进老旧小区节能节水改造和功能提升。新建公共建筑必须安装节水器具。加快推进绿色建材产品认证，推广应用绿色建材。发展装配式钢结构等新型建造方式。全面推行绿色施工。提升县城能源使用效率，大力发展适应当地资源禀赋和需求的可再生能源，因地制宜开发利用地热能、生物质能、空气源和水源热泵等，推动区域清洁供热和北方县城清洁取暖，通过提升新建厂房、公共建筑等屋顶光伏比例和实施光伏建筑一体化开发等方式，降低传统化石能源在建筑用能中的比例。

2021年9月27日，国家发展改革委等十部门颁布全国特色小镇规范健康发展导则（发改规划〔2021〕1383号），主要内容有，

一、发展定位

（十一）绿色低碳。特色小镇应按照碳达峰碳中和要求，协同推进经济高质量发展和生态环境高水平保护。推动能源清洁低碳安全高效利用，引导非化石能源消费和分布式能源发展，有条件的可开展屋顶分布式光伏开发，推行清洁取暖和合同能源管理。促进工业、建筑、交通等领域低碳转型，坚决遏制“两高”项目盲目发展，大力发展绿色建筑，推广装配式建筑、节能门窗和绿色建材，推进绿色施工。加强再生水利用。

2021年10月，国务院关于印发《2030年前碳达峰行动方案》指出，（四）城乡建设碳达峰行动。加快推进城乡建设绿色低碳发展，城市更新和乡村振兴都要落实绿色低碳要求。1. 推进城乡建设绿色低碳转型。推动城市组团式发展，科学确定建设规模，控制新增建设用地过快增长。倡导绿色低碳规划设计理念，增强城乡气候韧性，建设海绵城市。推广绿色低碳建材和绿色建造方式，加快推进新型建筑工业化，大力发展装配式建筑，推广钢结构住宅，推动建材循环利用，强化绿色设计和绿色施工管理。加强县城绿色低碳建设。推动建立以绿色低碳为导向的城乡规划建设管理机制，制定建筑拆除管理办法，杜绝大拆大建。建设绿色城镇、绿色社区。

2021年10月，中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于推动城乡建设绿色发展的意见》，主要内容有三、转变城乡建设发展方式。（一）建设高品质绿色建筑。实施建筑领域碳达峰、碳中和行动。规范绿色建筑的设计、施工、运行、管理，鼓励建设绿色农房。推进既有建筑绿色化改造，鼓

励与城镇老旧小区改造、农村危房改造、抗震加固等同步实施。开展绿色建筑、节约型机关、绿色学校、绿色医院创建行动。加强财政、金融、规划、建设等政策支持，推动高质量绿色建筑规模化发展，大力推广超低能耗、近零能耗建筑，发展零碳建筑。实施绿色建筑统一标识制度。建立城市建筑用水、用电、用气、用热等数据共享机制，提升建筑能耗监测能力。推动区域建筑能效提升，推广合同能源管理、合同节水管理服务模式，降低建筑运行能耗、水耗，大力推动可再生能源应用，鼓励智能光伏与绿色建筑融合创新发展。（四）实现工程建设全过程绿色建造。开展绿色建造示范工程创建行动，推广绿色化、工业化、信息化、集约化、产业化建造方式，加强技术创新和集成，利用新技术实现精细化设计和施工。大力发展装配式建筑，重点推动钢结构装配式住宅建设，不断提升构件标准化水平，推动形成完整产业链，推动智能建造和建筑工业化协同发展。完善绿色建材产品认证制度，开展绿色建材应用示范工程建设，鼓励使用综合利用产品。加强建筑材料循环利用，促进建筑垃圾减量化，严格施工扬尘管控，采取综合降噪措施管控施工噪声。推动传统建筑业转型升级，完善工程建设组织模式，加快推行工程总承包，推广全过程工程咨询，推进民用建筑工程建筑师负责制。加快推进工程造价改革。改革建筑劳务用工制度，大力发展专业作业企业，培育职业化、专业化、技能化建筑产业工人队伍。

2022年1月19日，住房和城乡建设部关于《印发“十四五”建筑业发展规划》的通知（建市〔2022〕11号），主要内容有：

二、发展目标。

（二）“十四五”时期发展目标。对标2035年远景目标，初步形成建筑业高质量发展体系框架，建筑市场运行机制更加完善，营商环境和产业结构不断优化，建筑市场秩序明显改善，工程质量安全保障体系基本健全，建筑工业化、数字化、智能化水平大幅提升，建造方式绿色转型成效显著，加速建筑业由大向强转变，为形成强大国内市场、构建新发展格局提供有力支撑。产业链现代化水平明显提高。智能建造与新型建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系基本建立，装配式建筑占新建建筑的比例达到30%以上，打造一批建筑产业互联网平台，形成一批建筑机器人标志性产品，培育一批智能建造和装配式建筑产业基地。绿色低碳生产方式初步形成。绿色建造政策、技术、实施体系初步建立，绿色建造方式加快推行，工程建设集约化水平不断提高，新建建筑施工现场建筑垃圾排放量控制在每万平方米300吨以下，建筑废弃物处理和再利用的市场机制初步形成，建设一批绿色建造示范工程。

三、主要任务。

（一）加快智能建造与新型建筑工业化协同发展。4. 大力发展装配式建筑。构建装配式建筑标准化设计和生产体系，推动生产和施工智能化升级，扩大标准化构件和部品部件使用规模，提高装配式建筑综合效益。完善适用不同建筑类型装配式混凝土建筑结构体系，加大高性能混凝土、高强钢筋和消能减震、预应力技术集成应用。完善钢结构建筑标准体系，推动建立钢结构住宅通用技术体系，健全钢结构建筑工程计价依据，以标准化为主线引导上下游产业链协同发展。积极推进装配化装修方式在商品住房项目中的应用，推广管线分离、一体化装修技术，推广集成化模块化建筑部品，促进装配化装修与装配式建筑深度融合。大力推广应用装配式建筑，积极推进高品质钢结构住宅建设，鼓励学校、医院等公共建筑优先采用钢结构。培育一批装配式建筑生产基地。

2016年以来，各省均加速推进住宅产业化的步伐。如：广西壮族自治区政府就关于加快钢结构建筑推广应用颁布指导意见；甘肃省提出开展钢结构住宅新试点；四川省提出在政府投资的保障性住房和棚户区危旧房改造等工程中全面应用钢结构；河南省提出到2018年发展5到7个装配式建筑产业基地，推广钢结构住宅的持续发展；山西省在“十三五”规划期间，以推动住宅建筑工业化为重点，选取3-5家本省建筑业企业作为建筑业产业化的试点企业。到2020年，初步建立完善的技术标准体系，推广钢结构住宅体系、预制化构件、一体化施工等成熟技术，引领“住宅产业化”进程逐步开展和有序推进。2019年，浙江省发布《浙江省推进钢结构装配式住宅试点工作方案》提出：

到 2020 年，全省累计建成钢结构装配式住宅 500 万平方米以上，占新建装配式住宅面积的比例力争达到 12% 以上，打造 10 个以上钢结构装配式住宅示范工程，其中试点地区累计建成钢结构装配式住宅 300 万平方米以上。到 2022 年，全省累计建成钢结构装配式住宅 800 万平方米以上，其中农村钢结构装配式住宅 50 万平方米。2020 年，山东省发布《关于推动钢结构装配式住宅发展的实施意见》提出：2020-2021 年，全省新建钢结构装配式住宅 200 万平方米以上，培育 5 家以上钢结构装配式建筑龙头企业，推动建设 1 个型钢部件标准化生产基地和 3 个以上钢结构装配式住宅产业园区，探索形成健全有效的钢结构装配式住宅发展机制。2020 年，北京市发布《北京市发展装配式建筑 2020 年工作要点》，制定：2020 年，实现装配式建筑占新建建筑面积的比例达到 30% 以上。新立项政府投资的新建建筑应采用装配式建筑。鼓励学校、医院、体育馆、商场、写字楼等新建公共建筑优先采用钢结构建筑，其中政府投资的单体地上建筑面积 1 万平方米（含）以上的新建公共建筑应采用钢结构建筑。2020 年，河北省住房和城乡建设厅发布《关于推动钢结构装配式住宅建设的通知》提出，以唐山市、沧州市为试点市，开展为期 3 年的钢结构装配式住宅建设试点，每年新建钢结构装配式住宅不少于 5 万平方米。



以上述国家及地方相关政策的引领为基础，在国家和地方政府大力推动下，我国装配式钢结构住宅建筑，进入到快速发展的通道，钢结构住宅事业进入了大力发展的新阶段、新时期。

（二）钢结构住宅发展成果（技术体系及标准完善过程）

在相关政策的促使下，各高校、协会、研究机构以及相关企业积极投入参与到钢结构住宅的研究中，我国钢结构住宅的研究与应用取得巨大进展。

2001 年，建设部组织全国范围内“钢结构住宅建筑体系研究”课题立项，先后两批共立项 40 余项，其中天津市建委、上海市建科院与同济大学等单位完成的大型试验与试点工程均获得很高的评价，如天津市丽苑小区、上海悬挂楼框架体系、莱钢 H 型钢节能住宅示范工程、北京市亦庄青年公寓等项目，技术经济指标与使用性能良好，起到了重要的示范作用，其多项经验已列入了设计规范，对钢结构住宅建筑技术的应用发展具有重要指导作用。

国内钢结构住宅常用体系及工程实例

序号	体系名称	体系特点	图例	应用项目
1	钢框架 + 抗侧力构件（支撑、延性墙板、阻尼器等）	延性墙板：侧向刚度大，受力性能良好；结构构件相对较经济，且能与隔墙布置相结合，同时剪力墙可起到防火墙的作用。 支撑体系：具有良好的抗震性能和较大的抗侧刚度；		延性墙板：北京首钢二通厂南区项目、顺义十八街区公租房 12# 楼； 支撑体系：首钢铸造村
2	钢管束组合结构	1. 具有重量轻、强度高、标准化程度高、绿色环保、抗震性能优、施工周期短； 2. 钢梁、钢柱、钢管束尺寸较小，填充墙体薄，室内有效使用面积可增 5%-8%。		株洲中天杭萧钢构装配式建筑基地一期科研楼项目

3	箱型钢板墙	钢材用量小、施工效率高,且抗震性能好		宁波香格广场
4	多腔体组合钢板剪力墙	安全可靠、施工方便、标准化程度高。		杭州钱塘区装配式钢结构建筑基地宿舍楼
5	波形钢板组合结构	承载性能高,耗能能力强,施工方便		杭政储出13号地块2#楼
6	束柱体系	用2根或多根柱组成的束柱代替单根结构柱,使得框架梁在平面的两个方向可以实现一定范围内的错位搭接,同时满足结构构件的规整布置,从而给建筑和结构设计都带来较大的灵活性		
7	矩形钢管混凝土组合异性柱体系	增加建筑使用面积,解决房屋凸角的问题,同时可以节约材料和施工成本。		河北保定易水岚庭项目和、沧州大元福康家园项目
8	多腔柱体系	室内不突出梁柱,装配速度快,抗震性能好;		徐州丰县幼儿园项目
9	分层装配式体系	现场免焊装配,承载效率高,用钢量极省;柱截面小,可内嵌于墙体,解决凸梁凸柱;加工简便,标准化程度高,安装极快速;		湖南岳阳科研楼
10	异形柱-双钢板组合剪力墙	能够适应高层住宅建筑灵活多变的特点,实现了建筑和结构的完美统一,满足了人们对舒适、宜居建筑的功能需求;		宁波北仑区小浃江片区青墩9#地块5#楼项目
11	隐式框架	用钢量经济、户型适应性强、空间更灵活、得房率高、构件制作简单、质量更可控、施工速度快、缩短开发周期、节省综合成本;		昆明大冲23号楼

随着钢结构住宅一系列研究的开展，相关规范也逐步健全。

2003年，《天津市钢结构住宅设计规程》颁布实施，这是我国第一部关于钢结构住宅的地方性规范。

2005年，建设部下达了编制《钢结构住宅》国家建筑标准设计图集的任务。标准设计图集的主编单位为中国建筑标准设计研究院和建设部住宅产业化促进中心与科技发展促进中心，并由中国建筑标准设计研究院负责组织编制。编制组在大量收集资料、调查研究、认真总结示范工程的经验，并借鉴国外先进经验的基础上，编制了《钢结构住宅》国家建筑标准设计图集，供建筑设计人员、房地产开发商和建筑施工单位使用。根据钢结构住宅特点，将图集分为两册，每册图集中就每种类型的钢结构住宅结构体系、墙体构造、屋盖体系和楼盖体系及其技术要求，均用文字和建筑构造详图详细表达。

2005年9月，莱钢自主编写的《莱钢钢结构绿色节能住宅建筑体系技术导则》通过建设部组织的专家论证。专家认为，技术导则符合国家发展节能省地型住宅和公共建筑及循环经济的要求，符合国家产业政策，对钢结构建筑技术的推广与产业化具有积极的指导与示范作用。并建议在此基础上作进一步的修改和完善，使其在实际生产和推广应用过程中发挥更大的作用，在条件成熟的时候由企业标准，发展成为地方、行业，乃至国家标准。此导则成为我国钢结构绿色住宅领域第一套较完整的企业技术导则，并于2006年1月顺利通过省建设厅组织的专家审查，成为国内钢结构绿色节能住宅领域第一部行业技术导则。

2009年，中国工程建设标准化协会标准《钢结构住宅设计规范》颁布实施，为设计应用提供了充分的设计依据。

2010年，颁布了《轻型钢结构住宅技术规程》，为1-6层轻钢结构住宅的设计提供了依据。

2017年，国家标准《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232颁布实施，2019年，行业标准《装配式钢结构住宅建筑技术标准》JGJ/T469-2019，进一步为钢结构住宅的发展提供了技术支持。

2020年，北京市发布了《钢结构住宅技术规程》DB11/T1746-2020。

2021年，中国工程建设标准化协会发布了《装配式钢结构建筑工程总承包管理标准》T/CECS912-2021，为装配式钢结构建筑工程总承包管理提供了依据。

中国钢结构协会近几年来陆续发布了一些涉及钢结构设计、制造、施工方面的团体标准。

总的看来，装配式钢结构标准体系逐渐在完善成熟。

（三）钢结构住宅尚需解决的问题

1. 我国钢铁工业产能过剩

1996年，我国粗钢产量突破亿吨，成为世界第一产钢大国。到2018年，我国粗钢产量已达到9.28亿吨，这个数量已经超过了全球总产量的50%，2020年我国钢材产量已突破10亿吨。2021年，粗钢产量10.33亿吨。然而，作为产钢量最多的国家，我国的建筑用钢量与发达国家相比存在着较大的差距，建筑用钢量约占全国钢材总产量的20%-25%，而发达国家则占40%-55%。而且在我国钢材在建筑中主要用于混凝土结构中的钢筋、钢绞线、钢丝以及门窗等，钢结构用钢量只占其中很少部分。因此对钢材的应用市场必须尽快开发，而钢结构住宅的开发是十分重要的举措，它将在一定程度上带动我国钢铁企业的良性发展。

2. 部品标准化制度落后、建筑模数化体系不完善

住宅部品标准涉及诸多行业和部门，钢结构住宅的部品缺乏统一的管理与协调，住宅部品的制造标准与住宅建筑设计、施工不协调，住宅部品大多依据轻工、机械、建材等行业的标准进行生产，未综合考虑与实际工程的安装配套，模数不协调、接口不统一、安装不规范等与住宅建筑体系脱节的现象突出。

钢结构住宅的发展中，构件的系统化与节点连接的标准化设计、配套的围护体系的选材与标准化设计、主体结构和配套的围护体系的连接等方面的建筑模数化的研究与应用较为欠缺。国内当下

研发的一些多高层钢结构住宅，设计和施工缺乏体系化，建筑平面参数不符合模数要求，模数网格线的定位方法并没有代替传统的结构轴线定位方法。由于模数体系的缺失，导致建筑构配件等缺少整体的尺寸配合，难以实现工厂批量生产、现场拼装的生产方式，影响了钢结构快速装配这一优势的发挥，阻碍了钢结构住宅的发展。

3. 型钢使用率低

当前市场上型钢产品规格偏少、选择范围小，重型热轧 H 型钢截面不完善，高强热轧 H 型钢专有规格欠缺，难以满足建筑市场对型钢的多样性需求。国外的型材产品规格各成体系，并不符合我国钢结构行业的应用需求，导致轧制型材在建筑总用钢量中占比不足 20%，钢结构产业效能差，全产业链协同不足。

住建部组织编制《钢结构住宅型钢构件标准》，对柱梁和支撑构件直接用材热轧或冷成型的钢材，提高结构质量，降低钢结构住宅造价。以 2 万 m² 高层钢结构住宅为例，约 1800 吨，柱构件约 900 吨、梁构件约 600 吨，支撑或钢板墙 160 吨，其他连接板 40 吨。采用型钢直接加工构件，柱构件每吨降低加工成本约 600 元，梁构件每吨降低约 800 元，折合综合造价降低约为 51 元 / m²。

4. 产业链各主体协同度不高

相比传统住宅产业链，钢结构住宅对产业链中各主体的集成度要求更高，需要各产业链主体间的有机协调，使钢结构住宅的设计、生产、运输、施工、销售和运营维护等环节形成一个有机整体。钢结构住宅的产业链系统构成要素众多，各要素通过产业间的相互联系形成子系统，各个产业子系统相互耦合构成产业链，因此钢结构住宅的产业链具有强关联性和多层次性。

目前，钢结构住宅产业链中存在设计单位、加工安装企业、房地产开发商等多个产业链主体之间信息共享和主体协同作业程度低等问题，严重制约着钢结构住宅全寿命周期内的生产效率与质量，不利于行业生产力的持续提升。此外，不同类型的住宅建筑形式对应着不同的技术体系、材料生产、加工与安装企业，造成产业链整合的对象和过程存在较大差异。因此，如何提升钢结构住宅产业链多主体之间的协同度成为现阶段钢结构住宅的产业链整合急需解决的重要问题。

5. 与钢结构住宅配套的人员匮乏

钢结构住宅技术含量高，对设计施工管理人员要求高。目前国内设计人员缺乏完整的钢结构住宅设计理念，设计人员缺乏对钢结构住宅细部构造节点的深入研究和改进。与现场施工浇筑的混凝土结构不同，钢结构住宅装配化的生产建造方式，导致大量建筑物连接节点的产生，对这些构造节点的处理，直接影响到房屋声、光、热等各项建筑物物理性能的优劣和建筑物的耐久性能。

钢结构住宅设计的综合性较强，只有全面了解土建及装修设计、构件加工到施工安装的全过程基本做法和特点，将设计与成本控制、采购、构件加工、施工安装、运营维护等有机结合，才能达到项目整体最优，目前此类的复合型人才培养极度缺乏。

现场现有建筑工人大多为农民工，缺乏专业化产业技术工人，工厂及施工现场具备高技术水平的产业工人相对较少。

6. 生产、建造方式需持续创新

钢结构企业虽然数量庞大，但水平参差不齐，竞争优势难以发挥。大部分企业生产规模较小，行业集中度不高，低端产能过多，存在无序恶性竞争现象，不利于行业整体的技术进步。尽管目前已逐步形成了一些实力强、品牌度高的大型钢结构企业，但生产基于传统的流水线模式，以钢材的焊接加工为主，尚缺乏研发能力强、市场占有率高、有一定话语权、具备行业整合能力的龙头企业。

钢结构住宅的建造技术尚需完善，干法安装，施工速度快的优势未能充分体现。建造过程中存在多个主体的工序交叉、管理协调困难、工期延误、质量不保证、推诿扯皮等问题，降低了生产的效率。目前具有工程总承包能力，能够协调设计、构件制造、安装施工的企业较少，尚不能满足日益增长的市场需求，严重影响了我我国钢结构住宅的产业化进程。

需要搭建合作平台、整合行业资源，推进设计、生产、建造、运维一体化的新型组织管理模式，创新适应钢结构住宅的施工、建造方式，加大技术创新和科研成果转化力度；

三. 意见及建议

（一）强化政策引领

在国家目前大力实施“双碳目标”的政策驱动下，政府宜扩大政策优惠面推广钢结构住宅建设，在项目审批、土地供应、信贷、税收、教育和培训、宣传和引导、标准制定、城市规划、设计、施工、验收、节能奖励、面积核算和销售等方面制定可操作性强的优惠政策。

推广钢结构住宅可以提高住宅使用品质，促进住宅建筑实现产业升级，缓解劳动力短缺压力，且节能环保效果好，是我国建筑行业发展的必由之路。当前，钢结构住宅技术体系的配套尚不够完善，建设成本偏高，且存在露梁露柱等影响用户体验的问题，现阶段钢结构住宅的推广有一定难度。钢结构住宅的发展也可以借鉴装配式混凝土住宅发展经验，由政府出台鼓励政策，政府作为第一推手，推动行业的改变。

应大力引导鼓励大型钢铁企业业务下沉、积极融入市场一线、研发生产钢结构住宅市场急需的一次、二次等新型产品，供市场灵活选择和采用；同时，积极吸纳并提升钢结构住宅各类配套部品产品加工、生产厂家在行业内推进发展主导领域的参与度及话语权，建立起有效沟通及协作机制，彻底打通行业产业链上下游的相互配合与支持，实现真正意义上的信息共享、技术融合与产品市场流通，弥补目前市场上钢结构住宅建设项目较少，规模效应尚未形成的短板。要积极推行标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修，继续强化推进并建立起基于分解生产、集成建造这一现代工业化生产理念的钢结构住宅工业化建造体系，推动形成钢结构住宅建设全链条产业成熟体系。

（二）着力打造系统集成

（1）土建设计与装修设计一体化

钢结构住宅应全装修交房，土建与装修一体化设计与施工，通过装修设计的包覆，满足钢结构构件防火、防腐的要求，提升住宅使用功能，避免初装修交房引起二次拆改，对主体钢结构造成损害，影响住宅使用寿命。

采用装配式装修，装修以及管线与主体结构分离，采用整体厨卫、同层排水、轻质隔墙等技术做法，以充分发挥钢结构住宅大空间结构，建筑布局灵活的优势，保证住宅全生命周期内，室内空间自由分隔，维护维修、改造更新便捷。

（2）设计、构件生产、施工安装一体化协作

钢结构住宅的策划以及设计期间，设计企业、钢结构构件生产厂家和施工安装单位应密切协作，共同制定合理的技术方案；钢结构住宅的设计应充分考虑施工安装方式以及施工组织流程，使得各工序能够有效衔接，提高效率，缩短施工周期。

（3）推动产业系统集成，促进钢结构住宅产业全产业链高质量发展

打造全产业链优势。依托重点产业和主要龙头企业，围绕标准化的结构构件、外围护材料、内装建材等绿色建材产业节点，建链、强链、延链、补链，重视并强化前期各类节点详细深化设计及匹配收口，重视设计、加工、安装施工累计误差的吸收消纳设计及控制。

建设集成系统。从设计与施工、核心产品、运营维护等重要节点出发，以建设标准为依托，走系统集成化道路，全面推进产业、产品、体系的协同与配套。

（三）做好产品标准化、模数化设计

住房和城乡建设部着力打造的“1+3”标准化设计和主要构件尺寸指导，目的是通过设计指导生产，其中重要一环就是钢结构主要构件尺寸选型指导。调整钢结构构件的截面形式，优先采用标准型钢，钢厂根据这个标准规定的主要构件尺寸去生产。

推广“少规格，多组合”的设计方法，完善设计选型标准，实施建筑平面、立面、构件和部品部件、接口标准化设计，扩大标准化构件和部品部件使用规模，逐步降低构件和部品生产升本。如果标准化产品可用于70%左右的相关项目中，才算实现了商品化、社会化、专业化供应，才能解决目前以订单式为主、成本居高不下的问题。

在推动钢结构住宅的发展中，还应重点关注构件的系统化与节点连接的标准化设计、配套的围

护体系的选材与标准化设计、主体结构和配套的围护体系的连接等方面的建筑模数化的研究与应用。

（四）采用成熟可靠的技术体系

成熟可靠的技术体系应满足适用、经济、可复制、可规模推广的要求，符合相关标准规范的要求。住宅是民生工程，关系千家万户的切身利益的，与人民对美好生活的期待、追求密切相关，必须采用成熟技术、成熟的材料、可靠的连接工艺来建造钢结构住宅。对于设计、科研机构推出的一些新材料、新结构、新体系，要进行严格的检验或检测，经过实验验算，得出科学、可靠的数据，让消费者住的放心、舒心。

成熟可靠的钢结构住宅体系，应符合现行技术标准、规范要求、被证明适合本地区应用的技术体系、创新成果。其有两大特点：技术指标上：可靠、适用、经济、耐久；施工管理上：简单、方便、快捷、绿色。满足住宅全寿命周期的结构质量、抗震安全、使用功能。

通过采用先进、适宜、可靠的钢结构住宅技术体系，提高居住品质，降低成本增量。当前钢结构住宅技术体系种类较多，各有特色，采用最适宜的技术体系和最高效简捷的工程做法是控制项目成本的关键环节。通过优化设计及相应的成本把控，钢结构的住宅建筑的成本可以做到不大幅高于现浇混凝土住宅。

（五）推广应用先进配套的材料和产品

项目单位应优先选用获得绿色建材评价认证标识的建筑材料和产品，优先采用高强、高性能材料，外饰面材料、室内装饰装修材料、防水和密封材料等应选用耐久性好、易维护的材料；建筑门窗、幕墙、围栏及其配件的主要性能应符合相应产品标准和设计使用年限要求；管材、管线、管件应选用耐腐蚀、抗老化、耐久性能好的材料，并考虑部品之间的寿命匹配性及拆换、更新和升级；建筑装修应优先采用装配式装修，选用集成厨卫等工业化内装部品；因地制宜合理选用可再循环材料、可再利用材料、以废弃物为原料生产的利废建材。

落实京津冀协同发展战略，引导部品部件生产企业及相关产业园区在京津冀地区合理布局。积极推动钢结构住宅产业化基地建设，打造集钢结构住宅技术研发和住宅部品工业化生产、展示、集散、服务等为一体的产业集聚区。整合钢构件、内外墙板、楼板、一体化装修材料等上下游部品部件生产，支持部品部件生产企业完善产品品种和规格，促进标准化、专业化、规模化、信息化生产，带动北京及周边地区的钢结构住宅产业化发展。

（六）打造高品质示范工程项目

长期以来，钢结构住宅则以政府保障性住房项目为主，高品质商品房项目不多。应当把钢结构住宅打造成为高品质建筑的代名词，提升消费者的认同感。加大对“三板”等关键技术的科技研发力度，推广一批先进适用的技术产品；要加快培育专业水平高、资源整合能力强的工程总承包企业，加强对设计、生产、施工、装修、运维等各环节的统筹协调，初步形成钢结构住宅领域的行业品牌企业。通过示范项目的实施，使得钢结构住宅的技术和管理水平显著提升，有效解决隔音、耐候、防火、开裂、渗漏等方面的“质量通病”，切实提高钢结构住宅的使用性能，为消费者提供舒适的居住体验。同时，大力宣传推广典型案例，重点建设一批成规模、大户型、高品质的钢结构住宅项目，在消费者中树立高品质住宅的形象。

重点推进钢结构装配式住宅项目从单体试点向整体推进转变，成片成体系发展钢结构住宅，打造钢结构住宅示范小区。加快推进钢结构住宅通用标准、集成体系研发，通过针对性技术攻关与模式创新，不断完善钢结构住宅结构体系、围护材料技术和装配工艺。解决钢结构主体与内外墙板、装饰装修做法的连接等问题，加速提升完善钢结构住宅的技术体系。加快推广装配化装修方式，推行装修方案评审和样板先行制度，完善监督机制，确保装修质量。

持续提升钢结构住宅的绿色等级。建立完善钢结构住宅规划、设计、建设、运行、改造过程中碳排放控制标准。鼓励钢结构住宅按照二星级以上绿色建筑的技术要求进行建设。鼓励将绿色建筑等级、住宅绿色性能和全装修质量等指标信息纳入钢结构住宅质量证书和钢结构住宅使用说明书。建立建筑用钢循环利用机制。加快钢结构住宅光伏一体化技术开发与应用，鼓励有条件的项目开展

超低能耗、近零能耗钢结构建筑试点。

（七）推广新型组织管理模式

持续推进工程总承包模式。钢结构住宅示范项目应采用工程总承包（EPC），实现项目建设过程一体化，减少发包环节，缩短建设周期，降低分包商的成本，减少中间商差价，工厂和工地形成联动，形成提效发展的新管理方式。进一步明确工程总承包单位在工程质量安全、进度控制、成本管理等方面的责任，形成设计、生产、施工和管理一体化，使资源优化、整体效益最大化。

推行全过程工程咨询服务。钢结构住宅具有工业化建造的特点，建设单位在项目决策、工程建设、项目运营过程中，需要综合性、跨阶段、一体化的全过程设计咨询服务，以全面提升装配式钢结构住宅的投资效益、工程建设质量和运营效率。以设计院为主体的全过程设计咨询，可以充分发挥设计院龙头作用，对工程建设各环节进行全方位把控，有利于提高工程质量，控制工程造价，加快项目进度、推进方案优化和技术创新。

推行建筑师负责制。实施建筑师负责制的钢结构住宅项目应明确建筑师负责制的内容和要求及各参建方主体责任；建立建筑师负责制服务技术标准和合同体系，促进建筑师负责制科学化、标准化和规范化；建筑师负责制可以为为钢结构住宅提供全生命周期设计咨询管理服务的模式；建筑师为核心的设计团队，负责统筹协调各专业设计、咨询机构及设备供应商。

（八）提升技术信息化应用水平

开展BIM信息化应用技术研究。通过前期模型的建立和分析，在方案和施工图阶段可以提前暴露传统模式中的大部分问题，将精细化的设计工作前置到方案规划阶段和施工图设计阶段，达到提高设计和施工质量、效率，减少设计变更数量，降低项目建造成本的预期目标。在全行业内整合平台资源，建立行业BIM设计标准，做到从设计、生产、施工、运营维护全产业链的BIM设计信息共享，从构件设计到构件生产，到现场吊装及施工的完整信息链。

推动施工企业的智能化技术应用和精细化管理。在钢结构住宅建设项目的材料配送、防火涂料喷涂、铺贴地砖、安装隔墙板等现场施工环节，加强建筑机器人的应用。在钢结构住宅建设项目中全面实现全过程的工程项目管理和施工作业实时数字化，推动“数据驱动”的精细化管理。

积极构建钢结构住宅产业互联网平台。将标准化、数字化、智能化、网络化相结合，集成并打通项目设计、生产、运输、施工、运维、管理全流程信息通道，实现全过程、全要素、全参与方的互联互通，整合工程全产业链、供应链、价值链和创新链，搭建钢结构住宅产业互联网平台，推动钢结构住宅创新成果推广应用，提升产业链主链（设计-生产-施工-运维）的集成创新能力，带动原材料供应、物流运输、装饰装修、金融服务、监理咨询等相关产业链的协同发展。形成钢结构住宅全产业链融合一体的智能建造产业体系。

（九）加强宣传引导

发挥新闻媒体的舆论导向作用，宣传钢结构住宅的优势、重要性，推广钢结构住宅比较成熟经验和典型做法，不断提高钢结构住宅的影响力，消除公众对钢结构住宅的误解，在群众中形成钢结构住宅抗震性能好，居住舒适度高，建筑质量优良，使住宅市场能够接受钢结构住宅稍高的售楼价格，为推动钢结构住宅产业化发展营造良好的氛围。积极宣传、积极开展政策宣传贯彻、技术指导、交流合作、成果推广，并加强国际交流合作，营造良好的技术氛围，增强市场认同度。

四、建设案例与分析

项目一：北京冬奥村人才公寓

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	北京冬季奥运村人才公租房项目一标段工程
2	建设单位	北京城市副中心投资建设集团有限公司
3	设计单位	北京市建筑设计研究院有限公司
4	施工总承包单位	北京城建集团有限责任公司
5	监理单位	北京方圆工程监理有限公司
6	工程总承包模式	施工总承包
7	项目建安费用	14.57 亿
8	每平方米造价	待定
9	开竣工时间	2018 年 9 月 27 日 - 2021 年 05 月 30 日
10	项目进展情况	已完工

2. 项目概况

序号	类别	内容
1	项目地点	北京市朝阳区奥体文化商务园区
2	规划面积	3.3 万平方米
3	总建筑面积	约 20 万平方米
4	单体建筑面积	<p>地上</p> <p>9-1# 楼座：9737 平方米 9-2# 楼座：8567 平方米 10# 楼座：6106 平方米 12# 楼座：9749 平方米 13-1# 楼座：10109 平方米 13-2# 楼座：9653 平方米 14-1# 楼座：8476 平方米 14-2# 楼座：8444 平方米 15# 楼座：9789 平方米 16# 楼座：8785 平方米 17# 楼座：8785 平方米 9-3# 楼座：935 平方米 11# 楼座：1941 平方米 13-3# 楼座：1118 平方米 14-3# 楼座：531 平方米 18# 楼座：13345 平方米 19# 楼幼儿园：3500 平方米</p> <p>地下 4 层：69047 平方米</p>
5	建筑单体数量	18 个
6	建筑层高	<p>9-1# 楼座：3.15 米 9-2# 楼座：3.15 米 10# 楼座：3.15 米 12# 楼座：3.15 米 13-1# 楼座：3.15 米 13-2# 楼座：3.15 米 14-1# 楼座：3.15 米 14-2# 楼座：3.15 米 15# 楼座：3.15 米 16# 楼座：3.15 米 17# 楼座：3.15 米</p>
7	室内外高差	0.015 米
8	装配率 (依据的标准)	71% 《装配式建筑评价标准》 GB/T51129-2017

9	工程质量奖项	已获得中国钢结构金奖、北京市建筑结构长城杯金奖
10	工程安全奖项	全国建设工程项目施工安全生产标准化工地
11	工程技术创新	论文：在建筑技术期刊发表一篇《北京冬奥村钢结构施工技术》，具体详见附件1； 专利：获得6项专利《一种装配式可调节框架柱定位卡具》、《一种挡板可调节的可调托撑》、《一种快速就位和脱钩的钢梁节点》、《一种用于防屈曲钢板剪力墙快速、高效装配的悬吊吊具》《一种便于调整预制装配式防屈曲钢板墙状态的稳定型胎架》、《一种用于桁架板与鱼尾板连接稳定型节点结构》，具体创新点描述详见附件2； 工法：获得2项北京城建集团工法《层间装配式窗墙体系半单元幕墙施工工法》、《钢框架-防屈曲钢板剪力墙施工工法》，同时已申报北京市工法，工法文本具体详见附件3；

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	平面规则柱跨大 户内柱少避免露柱	核心筒标准化、钢构件标准化	江苏沪宁、浙江精工、北京城建精工
	多样化组合	柱网的组合	通用柱网：6600；3900	江苏沪宁、浙江精工、北京城建精工
	模数协调	轴网	以300为模数	江苏沪宁、浙江精工、北京城建精工
主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	柱、延性墙板	钢管混凝土柱、防屈曲钢板剪力墙	江苏沪宁、浙江精工、北京城建精工、智性科技、蓝科、史狄尔
	梁、楼板、阳台	钢梁、钢筋混凝土桁架板	钢梁、钢筋混凝土桁架板	江苏沪宁、浙江精工、北京城建精工、多维
	空调板	钢筋混凝土桁架板	钢筋混凝土桁架板	多维
	楼梯	钢楼梯	钢楼梯	江苏沪宁、浙江精工、北京城建精工
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	幕墙	层间装配式半单元幕墙	江河幕墙、武汉凌云
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	一体化	层间装配式半单元幕墙	江河幕墙、武汉凌云
	内隔墙非砌筑	蒸压加气混凝土条板	蒸压加气混凝土条板	金隅加气
	女儿墙	钢筋混凝土女儿墙	钢筋混凝土女儿墙	现场浇筑
	围护墙与管线、装修一体化	/	/	/
内装修和设备管线	全装修	传统装修	传统装修	/
	干式工法楼面、地面	/	/	/
	集成厨房	/	/	/
	集成卫生间	/	/	/
	管线分离	/	/	/

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

1. 对建筑专业设计简单描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；

建筑面积约 20 万平方米，地下 4 层，地上 17 层（最高），建筑最高为 60m，结构采用钢框架 - 装配式防屈曲钢板剪力墙结构，外装修采用层间装配式半单元幕墙。设计理念来自于北京四合院的院落形式，体现出奥运文化和北京优秀传统文化的融合。通过围合和开放的空间变化，形成了楼楼有园、户户有景的社区归属感。中心花园设计灵感来自于清代乾隆年间的中国传统冰上体育活动图卷《冰嬉图》，景观种植采用竹子、梅花等耐寒植物，营造踏雪寻梅的中国古典园林意境。

序号	项目	内容			
1	建筑功能	2022 年冬奥会运动员公寓，赛会期间为北京赛区参赛人员提供住宿服务，赛后经过功能改造，成为北京市高端人才公租房进行持续运营。			
2	建筑层高 (m)	地下一层	4.25m	地下二、三层	3.60m
		首层	4.5m	标准层	3.15m
3	建筑高度 (m)	±0.000	46.100m	室内外高差	0.150m
4	设计使用年限	50 年			
5	建筑耐火等级	一级			
6	室外装饰	外立面	层间装配式半单元幕墙（铝板、石材、玻璃）		
		屋面	架空地板面层、彩色釉面防滑地砖面层		
7	室内装修	内墙面	涂料墙面、面砖墙面、木纹铝板墙面、穿孔铝板墙面		
		楼地面	细石混凝土楼面、铺地砖楼面、耐磨混凝土楼面、实木复合地板楼面		
		顶棚	涂料顶棚、纸面石膏板吊顶、防水石膏板吊顶、穿孔铝板吊顶		
		门窗	钢制防火门、铝合金门、木质装饰门		
8	防水工程	地下外墙及底板	防水混凝土 +SBS 聚酯胎改性沥青防水卷材 4.0+3.0		
		地下室顶板	防水混凝土 +SBS 防根穿刺防水卷材 4.0+4.0		
		屋面	SBS 聚酯胎改性沥青防水卷材 3.0+3.0		
		户内卫生间	0.7 厚聚乙烯丙纶 +1.5 厚聚合物水泥基防水涂料		
		其他有水房间	1.5 厚聚合物水泥基防水涂料		





2. 标准化设计情况简单描述:

外围护体系采用层间装配式半单元幕墙体系，标准层外饰面采用铝板和玻璃组合，二层以下为石材和玻璃组合。层间幕墙体系受力于层间楼层板，与装配式钢结构体系匹配度好。外立面将窗墙组成几类标准单元体，错动组合，灵活布置。单元体工厂加工，现场拼装，保证质量，提高效率。

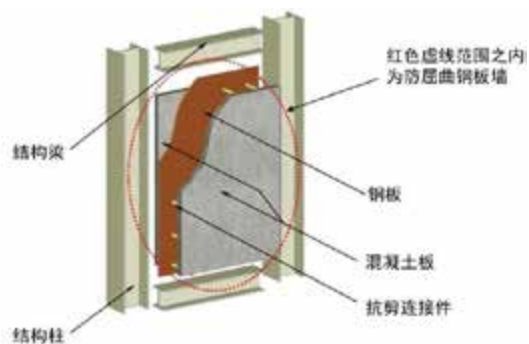


4.2 结构系统

1. 对项目的结构设计简单描述，如基础设计、结构体系（钢柱、钢梁、楼板、楼梯、抗侧力构件）等描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；

基础采用梁板式筏型基础，地下采用钢筋混凝土框架剪力墙结构，地上采用钢框架-防屈曲钢板剪力墙结构，楼板采用钢筋桁架楼承板，防屈曲钢板剪力墙是主要的抗侧力构件，防屈曲钢板墙主要由耗能芯板、防屈曲约束板等构件组成。其抗侧刚度大，消能减震作用明显；工厂加工，可以实现装配式施工；占用空间小，便于装修。该体系可以充分发挥防屈曲钢板剪力墙的刚度，受力原理明确，构造简单。在设防地震及罕遇地震作用下，防屈曲钢板剪力墙进入屈服，对整体结构起到消能减震的作用，同时保证结构在罕遇地震下不倒塌，位移满足规范要求。

2. 体系的优缺点描述:



提供更高的初始抗侧刚度，优异的耗能能力；安装完毕可以直接进行装修，无需其他构造措施；耐腐蚀性、防火性、保温、隔音效果好；约束构件预制，芯板一次成型，安装直接焊接，完美融合减震构件、钢结构装配式的优点。

3. 改进意见描述:

现场焊接工作量大，可以改进防屈曲钢板剪力墙与钢框架的连接方式。

4. 推广意见描述：

符合装配式的理念，工厂加工预制，现场安装；优异的耗能能力，在设防地震及罕遇地震作用下，防屈曲钢板剪力墙进入屈服，对整体结构起到消能减震的作用，同时保证结构在罕遇地震下不倒塌，位移满足规范要求。安装完毕可以直接进行装修，无需其他构造措施；耐腐蚀性、防火性、保温、隔音效果好；约束构件预制，芯板一次成型，安装直接焊接，完美融合减震构件、钢结构装配式的优点。

4.3 外围护系统

1. 对项目的外围护设计简单描述，如外围护部品的节点构造设计，配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；

外围护体系采用层间装配式半单元幕墙，外立面简洁大气，又不失细节，通过装配式幕墙单元确保施工效果的精致和准确。金属百叶可实现遮阳通风等效果，满足绿色生态的诉求。层间装配式复合外墙体系，通过凸窗实现了正面大窗利于采光和观景，侧面开启通风利于空气流动。同时给立面设计提供了灵活变化的可能性，外墙上下层窗与实体板错动变化，形成了丰富的立面效果。



2. 体系的优缺点描述：

变形能力：采用插接式，具有吸纳钢结构层间变形的能力，与钢结构匹配度好；

防水性能：多措并举，面材胶缝合理设置，内侧设置镀锌钢板，增强防水性能；

节能设计：热工性能优异，透光部分采用超白双银 Low-e 中空钢化玻璃，非透光部分采用岩棉保温；

一体化设计：采用面材 + 镀锌钢板 + 保温岩棉 + 硅酸钙板 + 精装装饰层的一体化构造，取消了传统的砌块墙体，节材环保。

3. 改进意见描述：

防水是半单元幕墙体系的薄弱环节，此部位的设计应着重考虑，细化节点处理；并加强施工过程中的细节管控，确保工程质量。

4. 推广意见描述：

一体化的设计，取消了传统的砌块墙体，符合装配式的理念，达到节材环保的目的。

4.4 内装系统

对项目的内装设计简单描述，如地板、墙面、顶棚等做法，并配置相应的CAD图片做法、效果图、现场实拍图等；

地面为实木复合地板（客厅、餐厅、卧室、书房）及地砖地面（厨卫间、阳台）；

墙面为乳胶漆墙面（客厅、餐厅、卧室、书房、阳台）及面砖墙面（厨卫间）；

顶棚为纸面石膏板吊顶（客厅、餐厅、卧室、书房、阳台）及防水石膏板吊顶（厨卫间）。



2. 体系的优缺点描述；

本项目实现全精装交房，厨卫间采用薄法（130mm）同层排水，管材采用HDPE材质，减少层间干扰。考虑到施工工艺的成熟程度以及工程质量的控制，采用了传统的厨卫间装修及湿法地采暖系统。

干式地暖与湿式地暖比较：

（1）构造做法：干式地暖没有回填层，湿式地暖有混凝土回填层，是目前国内地暖的主导工艺，回填层主要起到了蓄热和散热的功能，地暖管通过加热回填层向上辐射散热。

（2）升温速度：干式地暖热得快冷得快，和暖气片相当。湿式地暖热的慢冷的慢，保温性能好。

（3）保温效果：由于干式地暖没有回填层（蓄热层），一旦遇到停电停水或停止供热，温度很快会下降。湿式地暖有蓄热层，即使关闭，一段时间内室内温度也不会降低，保温效果较好。

（4）舒适度：干式地暖地板直接铺设在地暖模块上，易产生空鼓及噪声。湿式地暖的温度更稳定，采暖舒适度更好，同时地板的隔声性能好。

同层排水：

通过本层内的管道合理布局，避免了由于排水横管侵占下层空间而造成的一系列麻烦和隐患，包括噪音干扰、渗漏隐患、空间局限等，同时采用壁挂式卫生器具，地面上不再有任何卫生死角，清洁打扫变得格外方便。

3. 改进意见描述；

提高装配式装修的装配率，本工程基本采用传统装修做法。

4. 推广意见描述

采用的同层排水，避免层间干扰，特别是新冠疫情肆虐的情况下，极大的减少了病毒的传播，提升了居住品质。

4.5 设备与管线系统

对项目的设备与管线的设计简单描述，并配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；

住宅标准层户内采用新风换气机，实现室内通风换气。住宅户内新风系统设有排风热回收装置，实现能量回收达到节能效果。采用硬质酚醛泡沫复合风管，具有绝热性好，消声性好，重量轻，可减轻建筑负荷，且安装方便，经久耐用，使用寿命长等多种优点。

冬夏季根据智能人居系统的室内空气质量传感器，检测 CO2 浓度检测值，实现可变新风量的控制模式。施工中对新风换气主机安装位置优化，由原方案的挂壁式，调整为吊顶内安装，最大限度节省空间。

空调系统：户内分户设置变制冷剂流量多联式空调系统（VRV），各主要房间分别设置室内机，室外机设置于户外空调板上。户内设置空气质量传感器，检测数据实时显示在户内显示屏上，或推送到用户手机 APP 客户端上。



2. 体系的优缺点描述；

新风系统：

- 1) 不用开窗也能享受大自然的新鲜空气；
- 2) 避免“空调病”；
- 3) 避免室内家具、衣物发霉；
- 4) 清除室内装修后长期缓释的有害气体，利于人体健康；

- 5) 回收室内温湿度，节省取暖费用；
- 6) 有效排除室内各种细菌、病毒；
- 7) 超静音；
- 8) 降低室内二氧化碳浓度；
- 9) 防尘；

空调系统：

VRV 系统具有节能、舒适、运转平稳等诸多优点，而且各房间可独立调节，能满足不同房间不同空调负荷的需求。但该系统对管材材质、制造工艺、现场焊接等方面要求非常高，但其系统控制复杂，投资相对较高。此种系统难以引进新风，无法进行空气质量的调节，对于另外安装维护也比较困难。密闭的房间，舒适性会较差，另外安装维护也比较困难。相对传统中央空调，其集控的设计、施工、使用更加便利，功能也更人性化。

3. 改进意见描述：

4. 推广意见描述

新冠疫情肆虐的情况下，居家办公成了一种新常态，同时又要避免户与户之间的病毒的传播，新风系统显现出了其独特的优势。

通过控制压缩机的制冷剂循环量和进入各室内机换热器的制冷剂流量，适量地承载室内冷、热负荷，实现空气温度的调节。它可以根据室内空调负荷的大小，自动地调节系统的容量，因此具有节能、舒适、运转平稳等诸多优点，而且各房间可独立调节，能满足不同房间的不同空调负荷的需求。

5. 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱安装

地下主楼局部采用型钢混凝土结构，钢柱下插一层框架劲性柱，通过地脚锚栓进行锚固生根。钢柱主要截面形式为箱型、圆管两种。箱型柱截面主要为□ 400*500*30、□ 400*400*25、□ 400*400*22、□ 400*450*25，圆管柱截面主要为 D400*14。

钢柱分为箱型及圆管两种截面形式，钢梁主要为焊接 H 型钢梁及热轧 H 型钢，楼层转角处有少部分弧形箱型钢梁，地上结构用钢材质均为 Q345C。

地上主体结构全部采用钢管混凝土柱，优化钢管柱截面设计：原设计为节点区壁厚、非节点区壁薄的“糖葫芦”式，看似节约材料造价合理，实际加工制作难度超大，质量控制困难，增加人工成本，通过综合分析，优化为等截面钢管柱。

优选混凝土浇筑方法：本工程梁柱截面小，节点隔板多，浇筑过程中易产生不密实的情况。选择先进、合理的浇筑方法，采用高抛法和辅助振捣相结合的浇筑工艺，确保质量和工期目标的实现。

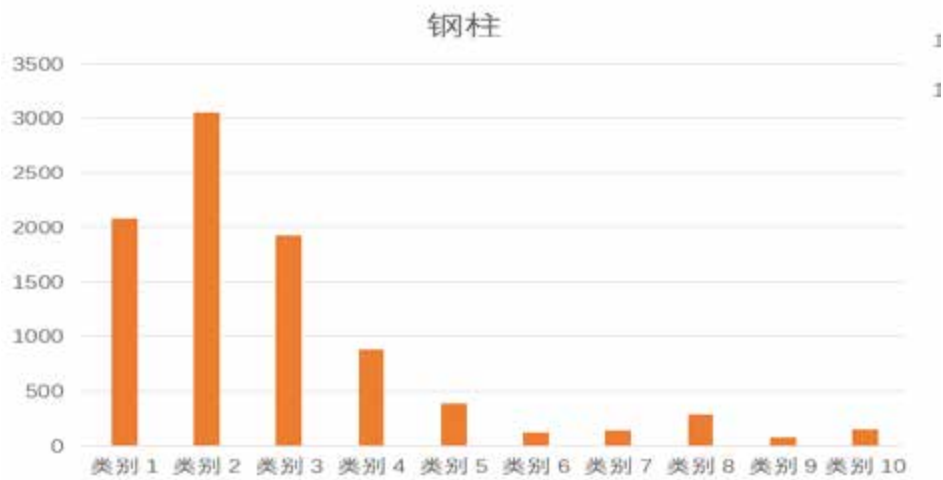


进行试验验证施工方法的正确性，对试验柱的关键截面进行剖切，检验混凝土的密实度、充盈

性和强度。试验表明，三个重要节点区混凝土的密实度均符合要求、充盈性良好、成型质量好。由此验证了高抛与辅助振捣相结合的方法浇筑小直径、多隔板钢管混凝土柱的可行性。



构件标准化，便于加工、安装，节约人工、材料、缩短工期。



5.2 钢梁安装

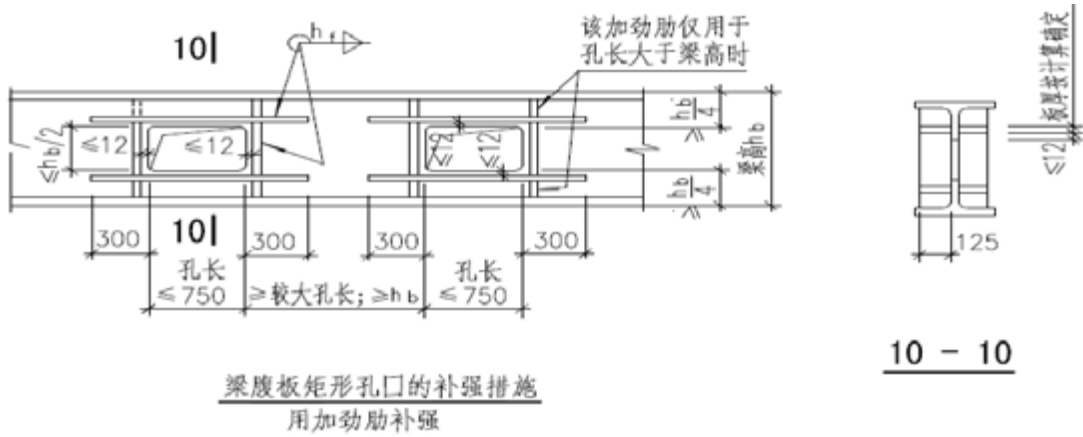
图文并茂简单描述，每项控制 1-2 页。

构件标准化，便于加工、安装，节约人工、材料、缩短工期。设置宽梁，高度 200mm，楼板为大板体系，不设次梁，最大限度节约空间。





钢梁上预留机电穿梁洞口，管线穿梁而过，极大的节约室内空间。



5.3 楼板安装

户内框架梁设置为扁梁，高度 200mm，楼板为大板体系，不设次梁，最大限度节约空间。

钢桁架楼承板厚度 130mm, 150mm, 220mm, 无需安装底模，节约材料，悬挑较长处，采用角钢进行加固。



5.4 预制楼梯安装

本项目采用钢楼梯，通过螺栓与梯段梁连接，踏步采用50厚现浇混凝土。面层采用氟碳面漆装饰，具有浓浓的工业风风格，体现钢结构的原貌，符合装配式的理念。

5.5 外围护部品安装

本工程外围护系统采用层间装配式半单元幕墙。标准层外饰面采用铝板和玻璃组合，二层以下为石材和玻璃组合。层间幕墙体系受力于层间楼层板，与装配式钢结构体系匹配度好。外立面将幕墙组成几类标准单元体，错动组合，灵活布置。单元体工厂加工，现场拼装，保证质量，提高效率。

外立面简洁大气，又不失细节，通过装配式幕墙单元确保施工效果的精致和准确。金属百叶可实现遮阳通风等效果，满足绿色生态的诉求。层间装配式复合外墙体系，通过凸窗实现了正面大窗利于采光和观景，侧面开启通风利于空气流动。同时给立面设计提供了灵活变化的可能性，外墙上下层窗与实体板错动变化，形成了丰富的立面效果。



5.6 内隔墙安装

采用蒸压加气混凝土条板，在抗震实验中证明加气板材具有较好的抗震性能。

与装配式内墙系统钢结构体系的匹配度更佳。加气混凝土条板具有轻质高强、保温隔热、绿色环保、耐火、隔声的优点。加气混凝土条板现场装配式施工比传统砌块湿砌在施工质量和工期上均有较大提高。



5.7 地板安装

地板采用实木复合地板，建筑做法厚度130mm，基层处理采用水泥基自流平，保证平整度，达到了美观的装修效果。



6. 经济效益分析

6.1 成本分析

描述本项目与传统装配式混凝土结构体系的成本分析

本项目采用的钢框架-防屈曲钢板剪力墙体系，生产成本略高于装配式混凝土结构体系，但现场的安装成本略低于装配式混凝土结构体系。

6.2 用工分析

描述本项目的实际用工分析与定额用工分析

本项目的实际用工基本与定额用工基本相符，用工主要在于现场的安装，钢结构的焊接、打磨、补漆等工序基本与定额用工一致。

6.3 用时分析

描述本项目与传统装配式混凝土结构的工期对比

本项目的各个节点工期均比目标工期提前 15-30 天，与传统装配式混凝土结构的工期相比，装配式钢结构比混凝土结构节约工期。

7. 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

描述装配式建造与传统建造方法对比，包括建筑垃圾、材料损耗、建筑节能及其它方面的降低情况

装配式建造与传统建造方法对比，在建筑垃圾方面可减少垃圾的产生，而且可重复利用。在材料损耗方面可减少材料的利用，装配式建造的生产主要在加工厂，材料的加工精度高，减少材料的浪费，利用率较高。在建筑节能方面，装配式建造这种新型建造方式，减少扬尘等，在建造过程中更加节能、环保、绿色。

7.2 碳排放对比分析（未分析）

项目二：槐新 A34# 公租房项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	槐新 A34# 公租房等 4 项工程
2	建设单位	北京悦恒置业有限公司
3	设计单位	北京维拓时代建筑设计股份有限公司
4	施工总承包单位	中国建筑第八工程局有限公司
5	监理单位	建研凯勃建设工程咨询有限公司
6	工程总承包模式	施工总承包模式
7	项目建安费用	/
8	每平方米造价	/
9	开竣工时间	/
10	项目进展情况	已竣工投入使用

2. 项目概况

序号	类别	内容
1	项目地点	位于北京市丰台区，东侧临范家庄一号路，西侧临范家庄西路，南侧临范家庄路，北侧临新宫一号路及范家庄北路。
2	规划面积	105893.4m ²
3	总建筑面积	32985.11m ²
4	单体建筑面积	地上 28284.70m ² 地下 4700.41m ²
5	建筑单体数量	1 栋
6	建筑层高	2.75m
7	室内外高差	0.3m
8	装配率（依据的标准）	/
9	工程质量奖项	北京市结构长城杯金奖
10	工程安全奖项	/
11	工程技术创新	/

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	√	采用统一的开间尺寸	
	多样化组合	x		
	模数协调	√	采用固定户型	

主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	√	钢柱、钢支撑	北京城建精工钢结构工程有限公司
	梁、楼板、阳台	√	钢梁、可拆式钢筋桁架楼承板	北京城建精工钢结构工程有限公司 北京多维金属建筑系统有限公司
	空调板	√	可拆式钢筋桁架楼承板	北京多维金属建筑系统有限公司
	楼梯	√	预制楼梯	天津远大星辰住宅工业有限公司
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	√	蒸压加气混凝土条板	
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	√	蒸压加气混凝土条板 / 装饰保温一体板	
	内隔墙非砌筑	√	蒸压加气混凝土内隔墙条板	
	女儿墙	x	现浇钢筋混凝土女儿墙板	
	围护墙与管线、装修一体化	√	在蒸压加气混凝土内隔墙外敷轻钢龙骨石膏板	
内装修和设备管线	全装修	x	粗装修	
	干式工法楼面、地面	x	现浇楼地面做法	
	集成厨房	√	采用集成厨房技术	
	集成卫生间	√	采用集成卫生间技术	
	管线分离	√	竖向方向	

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

对建筑专业设计简单描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；

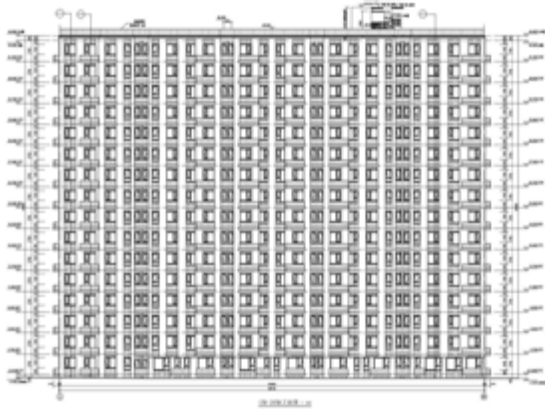
本工程为丰台区南苑乡槐新项目（1404-657 地块），总用地 10.59 万平方米，包含商品住宅楼、公租房、配套公建、配套商业楼、地下车库等功能。总建筑面积 36.722 万平方米，其中公租房为两栋装配式钢结构住宅。



效果图

其中 A34# 楼（U 型）——建筑长 82.5m，宽 81.6m，高 44.9m，地下 3 层，地上 16 层，标准层层高 2.75m。建筑设计格局采用标准层设计，楼层内通过公共走廊连接分户单元，每户均设有厨房、

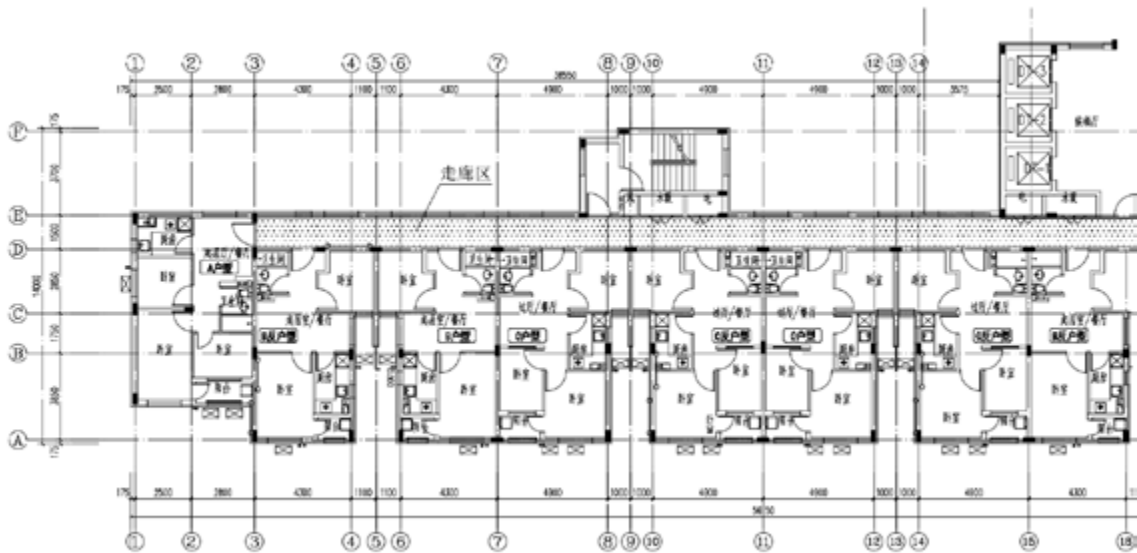
卫生间、阳台，户型布置温馨，满足了保障性住房的功能要求。



1轴-26轴立面图



1-1剖面图



局部建筑平面图

1. 标准化设计情况简单描述：

本项目装修一体化的户数为1844户，总户数为2066户，装修一体化的户数所占户数比例为89.25%。

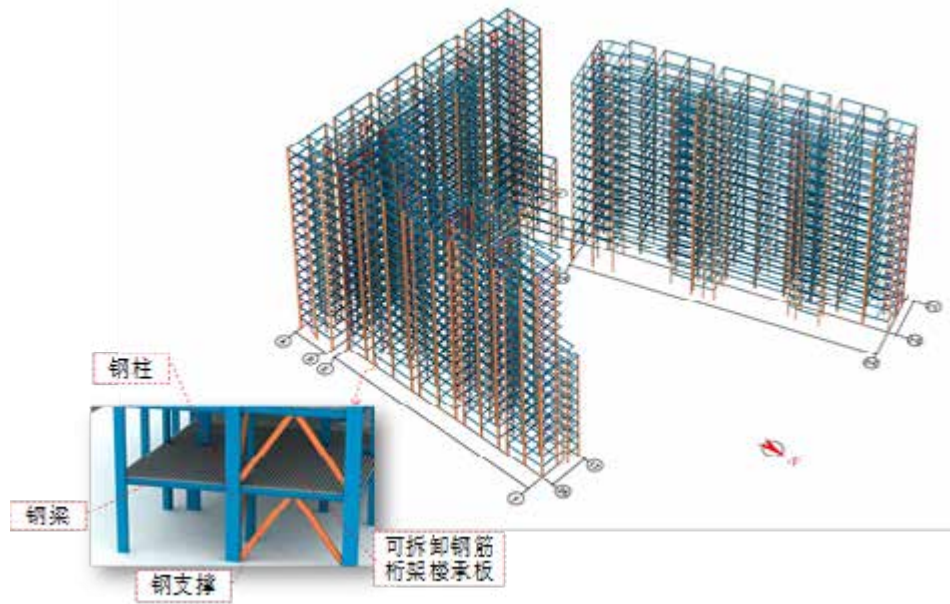
本项目为钢结构装配式住宅，梁、柱、墙板、阳台板、楼梯、雨棚、栏杆等均为预制构件，故预制构件用量比例达到100%。

本项目总户数为2066户，采用整体化定型设计的厨、卫生间为950户，整体厨卫占比为 $950 / 2066 \times 100\% = 46\%$ 。

4.2 结构系统

对项目的结构设计简单描述，如基础设计、结构体系（钢柱、钢梁、楼板、楼梯、抗侧力构件）等描述，配置相应的CAD图片、效果图、现场实图等；

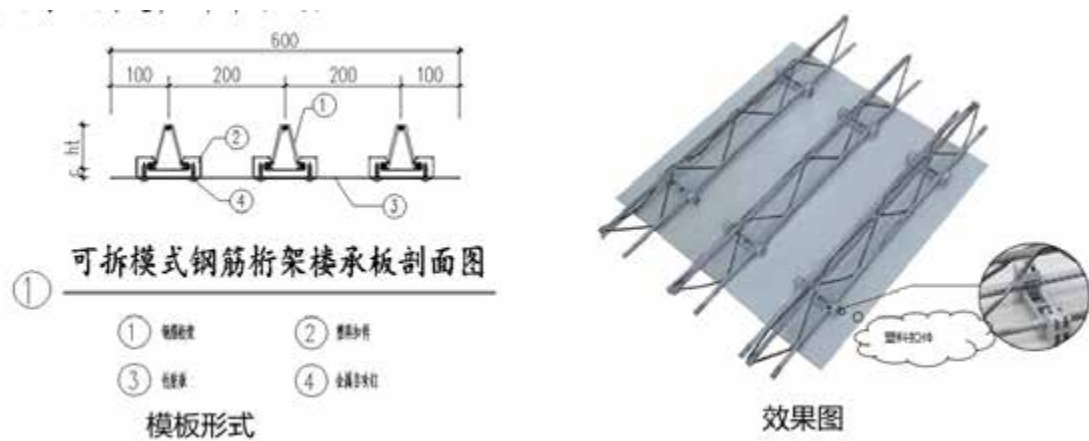
本工程的A34#楼（U型楼）的主体结构设计为钢框架-支撑形式，分为地下劲性钢结构和地上钢结构，钢构件主要包括：箱型钢柱、H型钢梁、方钢管支撑，钢材材质等级为Q345B级，梁柱连接节点为高强螺栓及栓焊组合节点，工程总用钢量约4200吨。



主体结构模型图

其中钢柱的主要截面形式为箱形，箱形钢柱分布在B3-F16层，钢柱最大截面尺寸为口200×500×25×30；钢梁为H型截面形式，H型钢梁最大截面尺寸：H350×150×14×20，钢梁材质均为Q345B。钢梁数量为5141根，其中F1层钢梁362根，F2~F8钢梁为330根，F9~F15钢梁为313根，屋面层钢梁为310根；钢支撑主要截面形式为箱型截面，有两种截面尺寸：HW150X150、□150X150X12X12。钢支撑主要分布于楼梯间、电梯间及墙体内，保证结构空间和房间内无支撑，不影响房间内部空间使用。钢支撑总数量为480根，F2层~屋面层每层钢支撑数量为30根。

结构楼板采用了内嵌式可拆底模式钢筋桁架楼承板，可拆底模钢筋桁架楼承板是适应建筑功能要求，在钢结构住宅快速发展的前提下，以满足住宅建筑层高特点应运而生的新型组合楼板体系，该模板是将成型的桁架筋通过标准塑料卡件与竹胶板连接成一体，竹胶板与卡件采用自攻螺丝固定，拆卸方便，底膜拆除后板底清理后可直接进行粉刷装饰，从而有效保障建筑层高。该装配式模板体系的应用有效解决了底层高情况下不需吊顶的装修方案，施工时可在结构层面上直接进行找平后粉刷施工，满足建筑施工要求。



本楼梯梯段采用预制装配式钢筋混凝土板式楼梯，楼梯混凝土等级为C30，预制楼梯梯段与支座连接均为滑动连接。



预制装配式钢筋混凝土板式楼梯



钢柱安装



钢支撑安装



可拆底模式钢筋桁架楼承板铺设



可拆底模式钢筋桁架楼承板支撑



预制装配式钢筋混凝土板式楼梯吊装



预制装配式钢筋混凝土板式楼梯安



过程整体施工照片 1



过程整体施工照片 2

2. 体系的优缺点描述:

优点: 本工程为保障性公租房, 整体布局采取小户型设计, 为配合建筑最大化保证室内有效面积, 结构布置采取暗梁暗柱方式: 钢柱窄截面同墙体厚度, 长方向顺墙布置; 钢梁翼缘板宽度为普遍采取小于墙体 200mm 厚度的小截面, 使结构全部隐藏在永久性墙体中。

缺点: 钢构件截面受限, 无法使建筑空间做到大空间; 钢梁规格尺寸多变, 没有规律, 不利于构件的标准化加工; 梁柱强节点的存在增加了施工现场的安装难度。

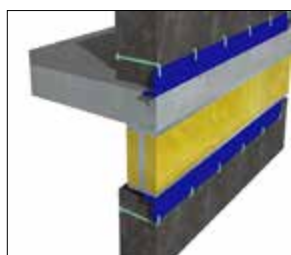
4.3 外围护系统

对项目的外围护设计简单描述, 如外围护部品的节点构造设计, 配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实景图等;

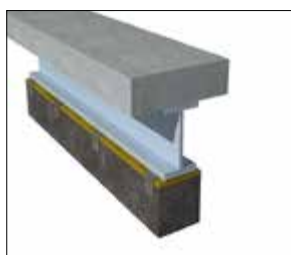
公租房维护结构设计选用材料为蒸压砂加气混凝土条板墙, 墙板厚度分为 200mm 和 100mm, 板材标准模数宽度为 600mm, 采用企口板设计, 安装方式为竖板, 性能参数为: 密度 $\leq 525\text{kg/m}^3$, 抗压强度 $\geq 3.5\text{Mpa}$, 导热系 $\leq 0.14\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 。

工程地面以上外墙采用 200mm 和局部 100mm 后蒸压砂加气混凝土条板 (ALC 条板), 住宅分户墙全部采用 200mm 后蒸压砂加气混凝土条板, 包括有斜撑位置, 电梯井隔墙采用 200mm 后蒸压砂加气混凝土条板, 阳台隔墙选用 200mm 后蒸压砂加气混凝土条板, 其他分室隔墙选用轻钢龙骨隔墙。

ALC 条板外侧采用保温装饰一体板, 保温装饰一体板通过专用粘结砂浆与锚固件将材料通过粘贴加锚固形式固定于建筑物墙体表面, 直接形成集保温、装饰、防护等各种功能。



外墙节点



内墙节点



ALC 板安装 1



ALC 板安装 2



斜撑处墙板节点



外窗洞口节点



保温装饰一体板安装节点



保温装饰一体板安装整体效果

2. 体系的优缺点描述；

优点：使用工业化装配式构件，建设速度快，可实现绿色施工、节能环保，大幅减少施工垃圾和施工污染。

缺点：建造成本增加；对应产业工人要求高。

4.4 内装系统

对项目的内装设计简单描述，如地板、墙面、顶棚等做法，并配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；

部位	房间名称	楼、地面			内墙		踢脚		顶棚	
		编号	饰面名称	厚度	编号	饰面名称	编号	名称	编号	饰面名称
地上住宅部分	卧室·客厅·厅·玄关·走道	楼 42 A 改	架空地板	90		硅酸钙装饰板	无		棚 2B	刷涂料顶棚
	厨房	楼 42 A 改	架空地板（有防水层）	90		硅酸钙装饰板	无		棚 8A	铝条板吊顶
	卫生间		整体卫浴	90		整体卫浴	无		棚 8A	铝条板吊顶
	封闭阳台	楼 42 A 改	架空地板（有防水层）	90		硅酸钙装饰板	无		棚 2B	刷涂料顶棚
地上住宅公共部分	首层大堂·电梯前厅（室）·公共走道、租务管理用房、便利店	楼 42A 改	架空地板	90	内墙 3D1	白色涂料墙面	踢 7	实木踢脚	棚 2B	刷涂料顶棚
	其它各层电梯前室（室）·公共走道	楼 42A 改	架空地板	90	内墙 3D1	白色涂料墙面				
	公共楼梯间		预制楼梯		内墙温 1C	白色涂料墙面	踢 2	水泥踢脚	棚 2A	涂料顶棚
	水·暖·电管井	楼 1F	细石混凝土防水楼面	50	内墙 4E	耐水腻子	无		无	无
	电梯机房	楼 3D	水泥砂浆楼面	20		Horeq-D2 吸音板			无	Horeq-D2 吸音板
	电梯井道	无	无			Horeq-D2 吸音板			无	无
	通风井道	无	无		内墙 4E	耐水腻子			无	无

2. 体系的优缺点描述；

优点：干式施工；能够实现管线分离，整体装饰效果好（不露梁柱、管线），便于后期住户二次装修。

缺点：占用空间；成本较高。

3. 改进意见描述；

提高产品装配率，加大工厂标准化加工。

4. 推广意见描述

能够实现部分管线与主体结构分离，易于检修，便于今后房间使用功能调整进行二次装修；减少了现场湿作业，提高现场干作业比重；整体建筑效果好。

4.5 设备与管线系统

本工程机电管线采取明管布置，排布在墙体表面，装修做法为设置贴墙龙骨，外封防火石膏板，从设计上尽量保证竖向管线和主体结构分离。



2. 体系的优缺点描述；

优点：竖向机电管线和主体结构分离，提高了施工效率，也便于今后管线维修。

缺点：部分水平方向的管线，需要预埋在组合楼板中，部分管线需要在钢梁上预留孔洞。

3. 改进意见描述；

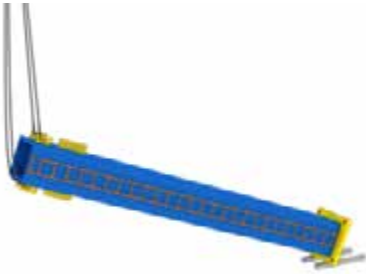
充分考虑各种因素，尽量也实现水平方向的管线和主体结构分离。

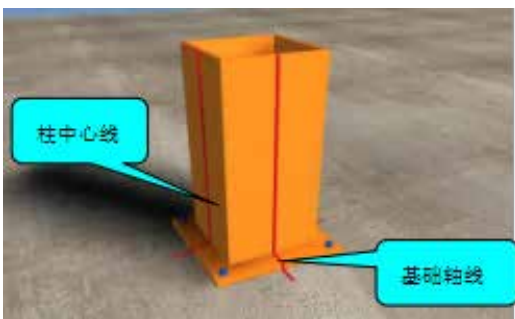
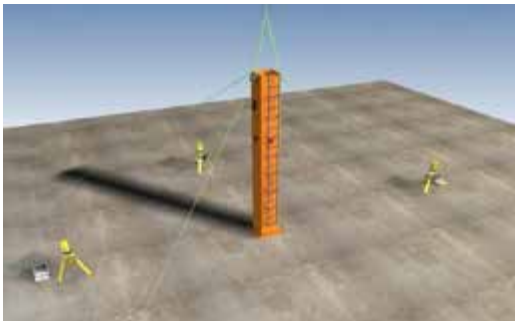
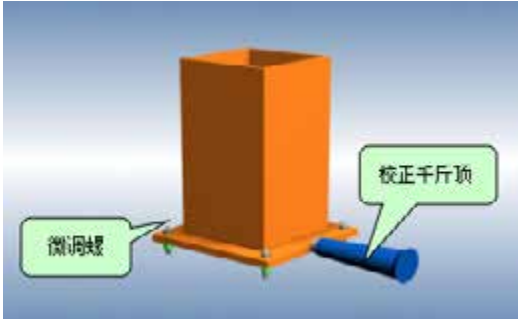

4. 推广意见描述


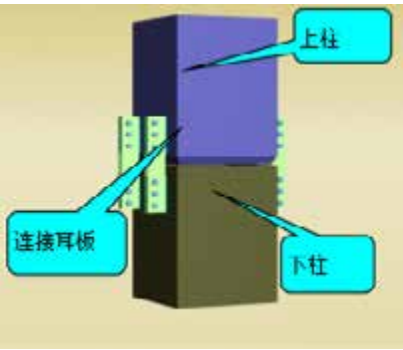


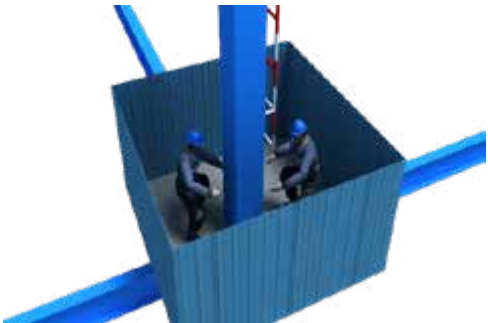
竖向机电管线和主体结构分离，提高了施工效率，易于管线维修 今后，房间功能变化，便于调整。

5. 部品部件装配施工技术



5.1 钢柱安装

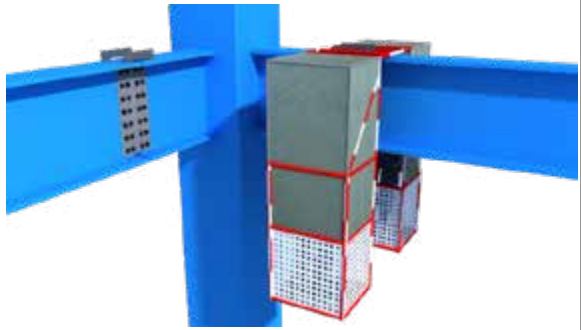
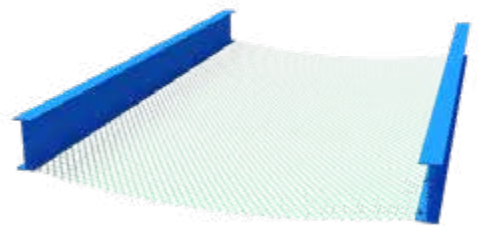
步骤	工作内容	
首节柱施工		
1、安装爬梯等		<p>吊装前将安装爬梯安装在钢柱的一侧，钢爬梯和临时槽钢应安全牢靠，便于作业人员上下和安装钢梁时操作。安装操作平台等</p>
2、吊点设置及起吊方式		
<p>吊点设置在预先焊好的连接耳板处。起吊前，钢柱应垫上枕木以避免起吊时柱底与地面的接触，起吊时，不得使柱端在地面上有拖拉现象。</p>		

<p>3、柱脚定位</p>		<p>钢柱吊到就位上方 200mm 时，应停机稳定，对准螺栓孔和十字线后，缓慢下落，使钢柱四边中心线与基础十字轴线对准。</p>
<p>4、钢柱临时固定</p>	 <p style="text-align: center;">钢柱临时固定</p>	<p>钢柱吊装到位后，进行粗调，四周用缆风绳固定后，摘钩。</p>
<p>5、柱底就位校正</p>	 <p style="text-align: center;">临时固定与箱型柱相同</p> <p>柱底就位应尽可能在钢柱安装时一步到位，少量的校正可用千斤顶和调整螺母法校正（精度可达 $\pm 2\text{mm}$）。</p>	
<p>第二节及以上钢柱安装</p>		
<p>1、安装爬梯等</p>	 <p>吊装前将安装爬梯安装在钢柱的一侧，钢爬梯和临时槽钢应安全牢靠，便于作业人员上下和安装钢梁时操作。安装操作平台等</p>	



<p>2、吊点设置及起吊方式</p>	
<p>吊点设置在预先焊好的连接耳板处。起吊前，钢柱应垫上枕木以避免起吊时柱底与地面的接触，起吊时，不得使柱端在地面上有拖拉现象。</p>	
<p>3、钢柱的固定</p>	 <p>第二节柱的固定采用双夹板与钢柱临时连接板用高强螺栓紧固连接或采用缆风绳临时固定。</p>
<p>4、校正</p>	 <p>柱身的扭转调整通过上下的耳板在不同侧夹入垫板（垫板的厚度一般在0.5~1.0mm），在上连接板拧紧大六角头螺栓来调整。每次调整扭转在3mm以内，若偏差过大则可分成2~3次调整。当偏差较大时可通过在柱身侧面临时安装千斤顶对钢柱接头的扭转偏差进行校正。</p>
<p>4、校正</p>	 <p>采用无缆风绳校正法在柱的偏斜一侧打入钢楔或用顶升千斤顶，采用三台经纬仪在柱的三个方向同时进行观测控制方法。在保证单节柱垂直度不超标的前提下，注意预留焊缝收缩对垂直度的影响，将柱顶轴线偏移控制到规定范围内。最后拧紧临时连接耳板的大六角头高强螺栓至额定扭矩并将钢楔与耳板固定。</p>
<p>5、焊接</p>	 <p>钢柱焊接前安装定型操作平台，用于钢柱校正焊接作业，本节钢柱施工完毕后，拆除操作平台安装至下一节钢柱，循环使用。</p>




5.2 钢梁安装

工作内容	示意
<p>钢梁下方垫放枕木，起吊前清理钢梁摩擦面，准备配套安装螺栓，并在钢梁上设置生命线，用于人员在钢梁上作业时使用，</p>	
<p>对于长度较短、重量较轻的钢次梁，可采用串吊方法，将3根钢梁串起一次吊装，提高吊装效率。</p>	
<p>钢梁吊装就位后，通过防滑铁和临时安装螺栓，与钢柱牛腿连接，节点施工完成后割除。</p>	
<p>钢梁焊接时下方挂设接火斗，接火斗内铺放防火石棉布，同时安排看火人员在下方看火。</p>	



<p>钢梁焊接时，采用定制专用挂笼，用防风布围挡焊接操作区域，保证焊接质量，</p>	
<p>楼层钢梁吊装就位后按区域及时设置下挂式水平安全网。其定型夹具间距控制在750mm以内，通过螺栓进行紧固，安全网系绳与夹具进行连接。待楼板施工完成后从下方进行拆除。</p>	

5.3 楼板安装

工序	说明	示意
<p>吊装</p>	<p>楼板单件模数宽度为600mm，工厂制造完成后按照每一个小框架单元进行打包成捆，粘贴编号标识，材料进入现场后根据编号，使用塔吊软吊带兜底吊运卸到对应钢梁区域，每捆板在钢梁上堆放时最下面一块板的端部桁架搭设在钢梁上。</p>	
<p>铺装</p>	<p>可拆底模式钢筋桁架在模板铺装时全部内嵌在钢梁框架单元内，铺板前首先了解排版方向，然后在起始块位置焊接“Z型件”，件与件间隔600mm。</p>	

铺装	<p>第一块板铺装完成后依次安装模板，板与板之间使用“H型件”连接，件与件间隔 800mm。</p>	
	<p>模板铺设完成后，在板与钢梁之间的缝隙处安装密封条，密封条单边通过气钉固定在模板上。</p>	
拆模	<p>混凝土浇筑完成，待强度达到要求后拆除桁架板底膜，拆除时使用手电钻退出自攻螺钉，撬动模板脱落，同时清除连接件。</p>	

5.4 预制楼梯安装

工序	说明	示意
卸车	<p>梯段通过车辆运输到现场，使用专用卸扣进行4点吊装。</p>	
吊装	<p>楼梯安装前进行测量放线，吊装楼梯段。</p>	

<p>就位</p>	<p>调整就位。</p>	
-----------	--------------	--

5.5 外围护部品安装 ALC 板安装

ALC 板安装说明及示意		
		
<p>材料进场后通过叉车进行卸车，材料通过吊装设备运输到施工楼层作业面。</p>		
		
<p>外墙板安装前首先进行细部墙线放线，然后根据创新的角钢节点安装楼板层面的角钢。</p>		
		

<p>外置角钢焊接完成后，墙板安装全部在楼层施工，包括预先在条板上钻孔、裁板、立板、固定等工作。</p>		
<p>窗口位置加固扁钢件安装，扁钢件规格 60*6mm，通过钢筋打入条板，末端与扁钢焊接牢固，钢筋规格 $\Phi 6*80\text{mm}$，固定点间距 300mm。</p>	<p>窗口位置横向 ALC 条板安装，横向条板的钩头螺栓固定扁钢件上，通过传导方式与结构固定。</p>	<p>条板安装完成后，对板与结构之间的缝隙采取软连接封堵，做法为填充岩棉+PE棒+嵌缝剂的方式，板与板之间构造八字缝采用专用砂浆嵌缝。</p>

保温装饰一体板安装

<p>测量放线</p>	<p>基面找平及托件安装</p>	<p>粘贴保温一体板</p>
<p>锚固件安装</p>	<p>嵌缝施工及密封胶施工</p>	<p>撕膜清洁</p>

项目三：首钢二通厂南区棚改定向安置房项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	首钢二通厂南区（1615-681 地块）棚改定向安置房项目
2	建设单位	北京首钢二通建设投资有限公司
3	设计单位	北京首钢国际工程技术有限公司
4	施工总承包单位	北京建谊建筑工程有限公司
5	监理单位	北京诚信工程监理有限公司
6	工程总承包模式	设计单位牵头的 EPC 模式
7	项目建安费用	3 亿元
8	每平米造价	XXXX（补充）元
9	开竣工时间	2018.1.10~2021.9.30
10	项目进展情况	已竣工交付

2. 项目概况

序号	类别	内容														
1	项目地点	北京市丰台区吴家村路原首钢二通厂区内														
2	规划面积	规划用地面积 3.0 万平米														
3	总建筑面积	73772.31 m ²														
4	单体建筑面积	<table border="1"> <tr> <td>地下：</td> <td>地上：</td> </tr> <tr> <td>1# 楼 786.8 m²</td> <td>1# 楼 8603.76 m²</td> </tr> <tr> <td>2# 楼 388.10 m²</td> <td>2# 楼 8664.82 m²</td> </tr> <tr> <td>3# 楼 791.25 m²</td> <td>3# 楼 7538.31 m²</td> </tr> <tr> <td>4# 楼 1575.56 m²</td> <td>4# 楼 15715.89 m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5# 楼 2367.93 m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6# 楼 3120 m²</td> </tr> </table>	地下：	地上：	1# 楼 786.8 m ²	1# 楼 8603.76 m ²	2# 楼 388.10 m ²	2# 楼 8664.82 m ²	3# 楼 791.25 m ²	3# 楼 7538.31 m ²	4# 楼 1575.56 m ²	4# 楼 15715.89 m ²		5# 楼 2367.93 m ²		6# 楼 3120 m ²
地下：	地上：															
1# 楼 786.8 m ²	1# 楼 8603.76 m ²															
2# 楼 388.10 m ²	2# 楼 8664.82 m ²															
3# 楼 791.25 m ²	3# 楼 7538.31 m ²															
4# 楼 1575.56 m ²	4# 楼 15715.89 m ²															
	5# 楼 2367.93 m ²															
	6# 楼 3120 m ²															
5	建筑单体数量	四栋住宅楼及车库、一座幼儿园、老年活动中心、垃圾站														
6	建筑层高 / 层数	1-4# 住宅楼层高 2.9m/ 地上 21 层、22 层、24 层；地下 2 层 5# 楼层高 3.6m、3.9m/2 层； 6# 楼层高 3.5m、3.9m/3 层；														
7	室内外高差	0.30m														
8	装配率（依据的标准）	93%，依据国标《装配式建筑评价标准》														
9	工程质量奖项	结构长城杯银奖														
10	工程安全奖项	/														
11	工程技术创新	论文：发表 5 篇； 专利：授权实用新型专利 10 项； 工法：获得 1 项省部级工法； 标准：主编一项行业标准（CECS）；														

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	平面规则柱跨大 户内柱少避免露柱	核心筒标准化、钢构件标准化	莱钢建设、宝丰钢构
	多样化组合	柱网的组合	通用柱网：6600；	莱钢建设、宝丰钢构
	模数协调	轴网	以300为模数	莱钢建设、宝丰钢构
主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	柱、延性墙板	钢管混凝土柱、防屈曲钢板剪力墙	莱钢建设、宝丰钢构
	梁、楼板、阳台	钢梁、钢筋混凝土桁架板	钢梁、钢筋混凝土桁架板	莱钢建设、宝丰钢构、中国京冶
	空调板	钢筋混凝土桁架板	钢筋混凝土桁架板	榆构
	楼梯	钢楼梯	钢楼梯	榆构
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	幕墙	层间装配式半单元幕墙	华东新跃、首建制品、
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	一体化	层间装配式半单元幕墙	首钢建设、鑫欣泰达
	内隔墙非砌筑	蒸压加气混凝土条板	蒸压加气混凝土条板	宏阳建设
	女儿墙	钢筋混凝土女儿墙	钢筋混凝土女儿墙	/
	围护墙与管线、装修一体化	/	/	/
内装修和设备管线	全装修	全装修	全装修	/
	干式工法楼面、地面	架空地板	架空地板	/
	集成厨房	集成厨房	集成厨房	/
	集成卫生间	整体卫浴	整体卫浴	远铃
	管线分离	/	/	/

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑专业

本项目设计为建筑、结构、外围护、内装、设备与管线一体化设计，户型及方案设计时充分考虑钢结构特点，采用模块化、标准化、多样化的设计手法，通过不同模块的组合，形成多样的建筑户型。

4.1.1 标准化设计

通过各专业协同设计，调整结构布置，外柱外偏，增强建筑外立面造型效果，中柱偏向次要空间，室内不露梁、柱，增加室内空间利用率。得房率提升10%-12%。柱网横平竖直，简洁合理，减少构件数量种类，预制构件规格统一，提高标准化水平，降低用钢量，同时减少加工成本和安装成本。模型重复使用，使装配率达到90%以上，打造安全、环保、舒适、经济适用的装配式钢结构住宅建筑产品。



鸟瞰图



立面图



标准层外围护

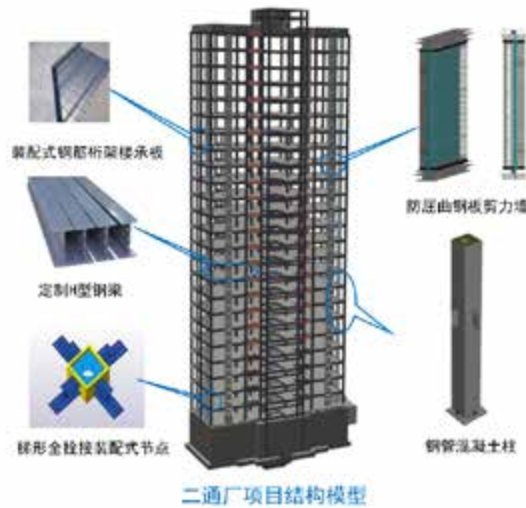


平面图

4.2 结构系统

基础为筏板基础。设计使用年限为 50 年，结构的安全等级为二级。抗震设防类别为丙类，基础设计等级为二级，钢结构地下一层及上部抗震等级均为一级，地下二层抗震等级为二级。地下室防水等级为一级。

1#住宅楼地下室外墙为现浇混凝土墙体，其余均为钢管混凝土柱-防屈曲钢板剪力墙结构体系。柱采用矩形钢管混凝土，梁采用热轧 H 型钢，楼板采用桁架楼承板，剪力墙采用防屈曲钢板剪力墙，符合结构抗震安全要求。楼梯采用预制混凝土楼梯，现场免去湿作业，增加整体装配率，安装便捷，减少施工工期。该结构形式符合标准化设计、工厂化生产、装配化施工的基本特征。



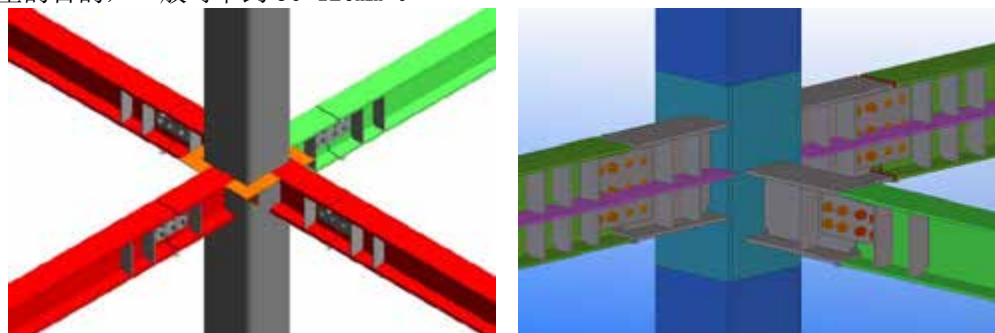
二通厂项目结构模型

主体结构模型

4.2.1 梁柱连接节点

本项目框架梁柱连接节点采用高强螺栓和焊接结合的复合形式，既照顾了装配化施工的要求，相比全螺栓连接也降低了造价。

为解决钢结构建筑“窗上口受钢梁制约，窗下口受安全高度制约”问题，住宅外圈设计“王”字形梁，有效增大外窗高度。以层高2.9m为例，无“王”字形梁，外窗最高做到1280mm；有“王”字形梁，外窗高度可以做到1500mm。通过轧制“王”字形钢梁截面，可达到降低梁板组合高度、节约净空的目的，一般可节约90-120mm。

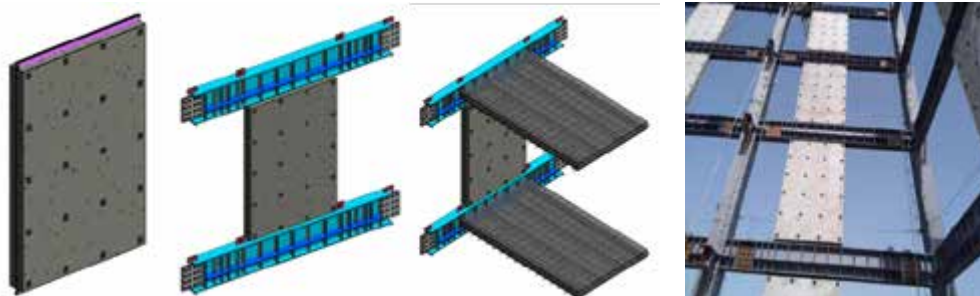


梁柱节点

“王”字梁 BIM 模型

4.2.2 抗侧力构件

本项目抗侧力构件为防屈曲钢板剪力墙，防屈曲钢板剪力墙两侧为混凝土预制盖板，中间为钢板，用对拉螺栓将三块板材拼接固定，钢板剪力墙上下采用双夹板与钢梁焊接固定，防屈曲钢板剪力墙增强结构抗震性能，布置灵活，现场安装便捷、高效。

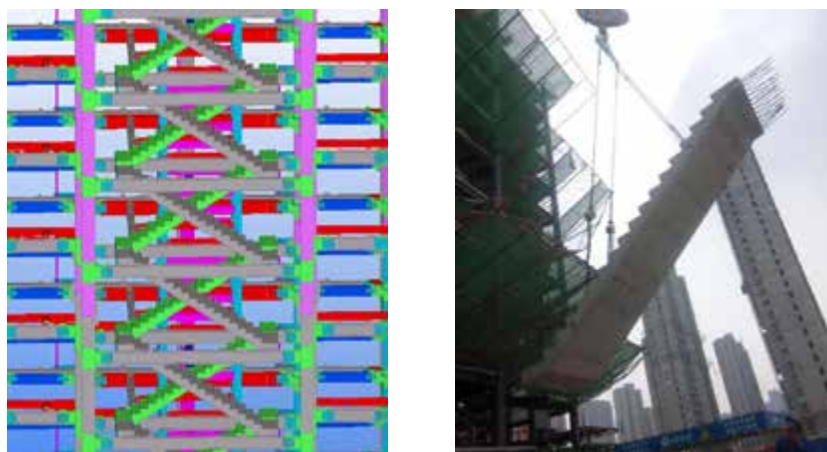


防屈曲钢板剪力墙模型

防屈曲钢板剪力墙现场安装

4.2.3 楼梯

本项目楼梯采用预制混凝土楼梯，现场免去湿作业，增加整体装配率，安装便捷，减少施工工期。



预制混凝土楼梯

预制混凝土楼梯现场安装

4.2.4 楼板

本项目楼板均采用钢筋桁架楼承板，无底膜、免支撑，比传统脚手架支模现浇楼板节省 40% 以上的工期，大大提高了楼屋面板的施工效率。



钢筋桁架楼承板模型



钢筋桁架楼承板底部安装示意

结构体系的优缺点描述；

技术特点：结构体系受力明确，防屈曲钢板剪力墙能增强结构抗震性能，布置灵活，与建筑专业很好的结合；通过钢柱偏心布置，实现了室内不漏梁柱，增加了使用面积，现场安装便捷、高效。

改进意见描述：矩形钢管柱改为 H 型钢柱，回收率能达到 100%。

推广意见描述：将防屈曲钢板剪力墙作为钢结构住宅结构抗侧力体系，是一种很好的选择，今后可大面积推广。

4.3 外围护系统

项目外墙采用 200mm 厚 ALC 蒸压轻质加气混凝土条板，加气墙板强度为 A3.5 级，密度为 B50。具有良好的耐火、防火、隔声、隔热、保温等性能，ALC 条板做墙体，满足非砌筑条件，外墙保温采用保温装饰一体板（4mm 背板 + 80mm 岩棉保温 + 8mm 面板）。防火等级为 A 级。保温装饰一体板采用粘锚结合的方式固定。锚固件由塑料胀栓 + 卡扣式组合扣件组成，由专业施工队伍安装施工。



蒸压轻质砂加气混凝土条板外墙



外墙保温采用保温装饰一体板

外围护体系的优缺点描述；

技术特点：ALC 板轻质、隔热、保温性能好，与钢结构体系能很好的适配。

改进意见描述：无

推广意见描述：将 ALC 板与保温装饰一体板结合形成外围护体系，有效的控制了外墙防渗漏的毛病，经过在项目上成功应用，今后可大面积推广。

4.4 内装系统

4.4.1 工业化装配式 SI 内装设计理念

①空间可变

采用轻质隔墙做为户内隔墙，便于安装及拆改，在不破坏原有住宅承重结构的基础上，使空间的设计更具灵活性和活力，可满足广大家庭不同阶段不同的功能需要而改变空间形式的需求。

②干式技术

采用装配式的安装工艺，通过架空地面、吊顶、墙体，将建筑骨架与内部使用空间分离，即住宅的结构体 S (Skeleton) 和居住体 (Infill) 完全分离，使装修作业不破坏建筑结构，便于水、暖、电安装敷设，增加建筑寿命，缩短工期，提高工程质量。

③部品部件

运用标准化的BIM信息模型将装修墙面、地面、顶面甚至是整体卫生间、整体厨房等装修构配件、部件进行拆分，以独立构件做为最小部品单元，实现工厂化预制生产，使之能进行“搭积木”式的简捷装配安装。



装配式装修工法体系

4.4.2 内隔墙

本项目卧室隔墙和厨房内墙采用厚度 100mm 轻集料轻质混凝土板，俗称圆孔板。分户墙、电梯井周围墙体、楼梯隔墙采用 200mm 厚蒸压轻质砂加气混凝土条板，在安装进户箱或管线穿插等位置采用厚度大于 200mm 陶粒复合板（浮石板），内墙饰面（厨卫间除外）均为石膏打底、面层涂料饰面，解决了进户电箱安装，管线穿插、墙面抗裂等一系列问题。



蒸压轻质砂加气混凝土条板外墙



轻集料轻质混凝土板内墙



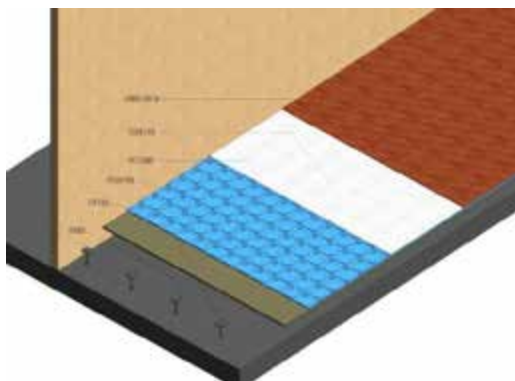
陶粒复合板（浮石板）内墙

4.4.3 架空地板

地面采用架空地板或架空地砖（可调支座+5mm 隔音垫+20mm 硅酸钙板+复合木地板/地砖；踢脚线为仿石材 PVC 踢脚）。架空空间可用于管线铺设，维修方便；支撑脚高度可调，地面无需找平；具有优越的隔声性能和振动吸收性能；全过程干式作业，无污染、无飞尘。



可调支座



架空地板

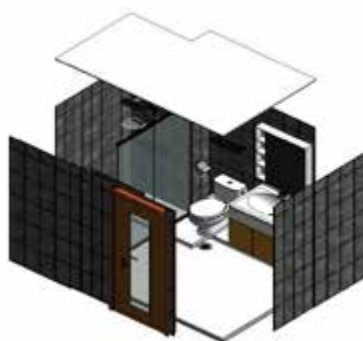
4.4.4 整体卫浴

整体卫生间由标准套型 + 防水底盘 + 集成墙板 + 集成吊顶 + 集成卫浴部品组成。底盘采用 SMC 材料一体模压而成，自带防水反边、导流槽和地漏孔，有良好的防渗漏功能，无需再做防水处理；天花板也是采用 SMC 材料模压而成。通过拼装组成浴室天花。天花自带 500*500 检修口，主要用于检修天花以外的电气、给水接口等。

整体卫浴排水及排污方式为同层排水。下水支管不穿越结构楼板，便于改动；提高排水安全性，不贯穿楼板，方便检修，降低渗漏到楼下几率。



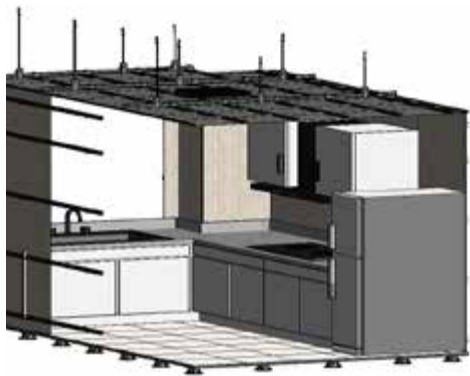
整体卫浴模型 1



整体卫浴模型 2

4.4.5 整体厨房

整体厨房由装配式墙面 + 装配式地面 + 集成吊顶 + 整体橱柜 + 五金电器组成。整体厨房的整体性比较好，可以将所有烹饪用具和厨房电器收纳到一个空间，实行整体配备、整体设计、整体施工，方便人们使用，可以使厨房环境更加整洁干净、美观大方。



整体厨房



整体厨房实景图

内装系统的优缺点描述；

技术特点：轻集料混凝土隔墙板，自重较轻，防开裂易控制，与钢结构体系能很好的适配。

改进意见描述：如室内装饰墙面采用贴面墙，龙骨不易锚固在墙面上，贴面墙装饰基层可采用ALC板。

推广意见描述：将轻集料混凝土板应用于钢结构住宅内隔墙，有效的控制了开裂现象，经过在项目上成功应用，今后可大面积推广。

4.5 设备与管线系统

项目设备管线体系采用预制机电系统，运用BIM技术进行虚拟建造，管线综合技术，综合考虑土建、机电、装修各个专业情况，进行综合碰撞检测与管线优化调整，优化机电管线排布方案，对建筑物最终的竖向设计空间进行检测分析，并给出最优的净空高度，按照模型数据在工厂进行标准化预制件生产，然后运到施工现场直接组装，通过综合支吊架技术，进行整体安装，施工精准度高，效果整洁美观。

结构施工期间桁架楼承板内预埋管线，隔墙板安装后二次预埋管线，水电管井内设备与管线支架固定，地面和卫生间管线均在架空层内干法施工安装，卫生间采用同层排水。

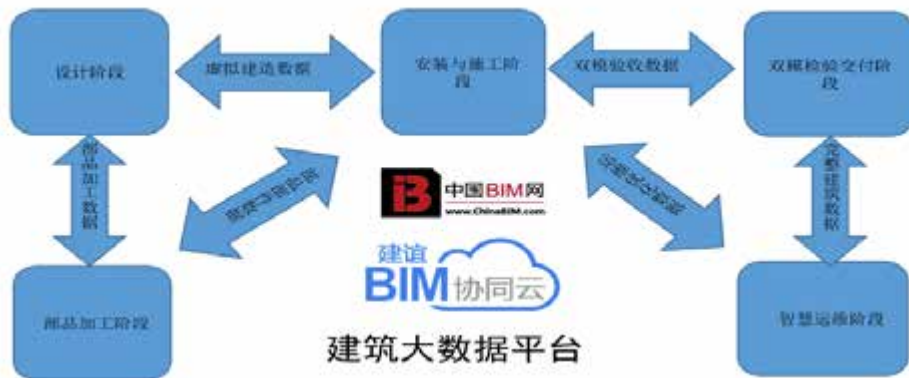


机电管线综合优化过程

4.6 信息化技术应用

本项目采用全信息模型虚拟建造指导施工，除了基本的管线综合、碰撞检测外，全信息BIM模型涵盖了施工工序、成本管理数据，严格践行建筑信息化，参建方通过信息化平台建立有效沟通。

依托BIM信息化技术，利用BIMcloud云平台，打通设计标准化、生产工业化、安装机械化的数据链。



建筑全生命周期信息化数据管理平台

4.6.1 设计阶段

各专业基于同一个BIM模型实时在线协同工作。并通过前期对部品部件的研究，将建筑产业化工作前置到设计端，直接输出工厂部品部件模型，对接生产。施工时，各方根据平台上模型进行工序安排、生产规划、工序安排等工作，做到先虚拟后施工。建筑师、结构工程师、生产厂、安装工程师从方案阶直到实施的全过程密切配合和共同创作，实现设计生产施工的一体化。



设计协同

4.6.2 生产阶段

依托BIM信息化技术，利用BIMcloud云平台，可视化的管理技术，协同构件厂共同制定生产工艺流程、品质管控流程，实现设计生产的无缝对接。在项目中广泛应用二维码，基于二维码可以跟踪机电材料进场、安装等状态，发起问题、挂接资料等，基于二维码进行一系列的项目管理工作。

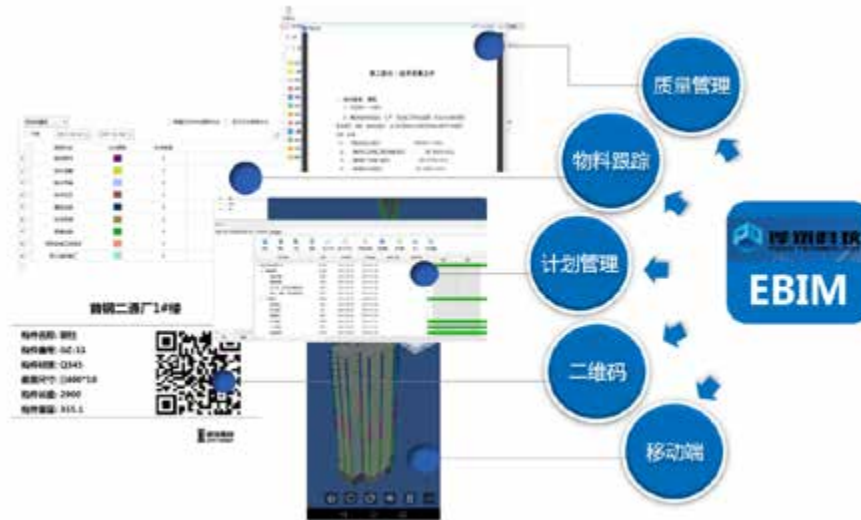


部品名称	部品二维码关联属性及关联单位	
构件信息	构件ID	003000001
	构件名称	梁柱
	构件位置	首层1-4轴上
	构件规格	300x150x1
	构件颜色	1.2米镀锌板
	构件重量	1200kg/根/根
	构件材质	Q355B
	厂家名称	
	构件生产时间	2018-11-15
	构件重量	3000.00kg
构件状态	构件状态	已安装完成
	工厂生产完成时间	2018/11/14
	出厂时间	2018/11/14
	进场时间	2018/11/14
单位信息	施工单位	北京京铁二通建设投资有限公司
	监理单位	北京城建工程监理单位
	设计单位	北京城建工程监理单位
	材料加工单位	北京京铁二通建设投资有限公司

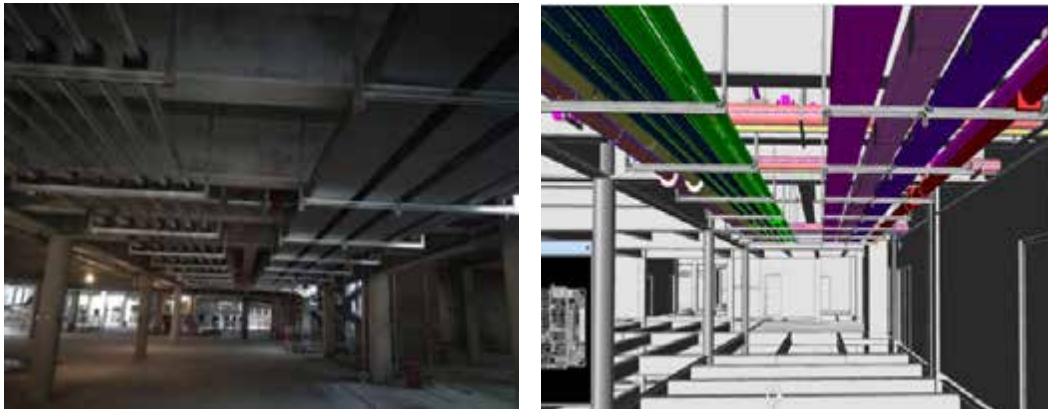
钢构件信息二维码

4.6.3 施工阶段

通过虚拟施工，完成施工模型搭建、安装工艺流程、品质管控流程，施工组织设计、技术交底、质量验收等，由产业化工人完成现场装配作业。项目现场通过移动设备即时获取BIM模型信息，构件信息与现场实际施工进行比对，解决图纸疑难问题，降低各参建方的沟通成本。



BIM 施工管理



模型指导现场施工

4.6.4 点云扫描技术

建模前利用点云三维扫描土建现场完成部分，根据点云模型校核建筑结构的revit或TEKLA模型，着重校核预留孔洞位置、层高。对于没有建筑或结构IFC格式模型的部分，也可以直接链接点云数据或者通过逆向建模工具做成revit模型后，链接到机电专业模型中作为参照模型。现场运用云扫描仪生成三维模型，与BIM设计模型进行比对，查找他们之间的差异，快速进行质量检验。现场照片上传至信息化管理平台，挂接模型及数据，实时沟通、快速处理；标准预置，远程验收，数据公开，高效透明。



点云扫描技术应用

5. 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱（一柱四层）安装

5.1.1 钢柱起吊安装

钢柱采用“旋转法”吊装，提升时应边起钩、边旋转、将钢柱垂直吊起，当钢柱吊离地面500mm时停止提升，人员上前将钢柱扶稳，在平稳将柱子吊至下节柱柱顶，待上、下柱距离50mm时，将夹板穿在上节柱耳板上，然后缓慢落勾，待夹板螺栓孔与下节钢柱耳板螺栓孔重叠时，穿入紧固螺丝。将螺丝拧紧，撤去绳索，钢柱起吊就位后，应及时在柱顶搭设装配式操作平台，以便工人操作。



钢柱起吊

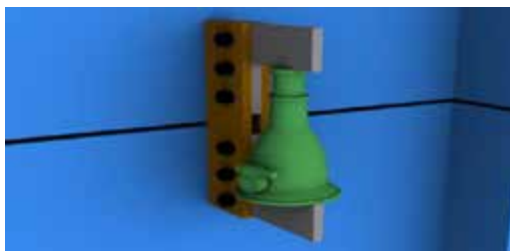
5.1.2 钢柱校正

1) 柱身扭转微调：柱身的扭转调整通过上下的耳板在不同侧夹入垫板，在上连接板拧紧大六角头螺栓来调整。每次调整扭转在3mm以内，若偏差过大则可分成2~3次调整。当偏差较大时可通过在柱身侧面临时安装千斤顶对钢柱接头的扭转偏差进行校正。



钢柱校正

2) 柱身垂直度调整：在柱的偏斜一侧打入钢楔或用顶升千斤顶，采用两台经纬仪在柱的两个方向同时进行观测控制方法。在保证单节柱垂直度不超标的前提下，注意预留焊缝收缩对垂直度的影响，将柱顶轴线偏移控制到规定范围内。最后拧紧临时连接耳板的大六角头高强螺栓至额定扭矩并将钢楔与耳板固定。



钢柱校正

5.1.3 钢柱焊接

由两名焊工在相对称位置以逆时针方向在距柱角 50mm 处起焊。焊完一层后，第二层及以后各层均在离前一层起焊点（30 ~ 50）mm 处起焊。每焊一遍应认真检查清渣，焊到柱角处要稍放慢焊条移动速度，使柱角焊成方角，且焊缝饱满。最后一遍盖面焊缝可采用直径较小的焊条和较小的电流进行焊接。

5.1.4 焊缝检测

一级焊缝：动荷载或静荷载受拉，要求与母材等强焊接。100% 超声波探伤，评定等级 II，检验等级 B 级；

二级焊缝：动荷载或静荷载受压，要求与母材等强焊接。25% 超声波探伤，评定等级 III，检验等级 B 级；

5.2 钢梁串吊（一吊四根）安装

5.2.1 钢梁安装顺序

钢梁总体随钢柱的安装顺序进行，相临钢柱安装完毕后，及时连接之间的钢梁使安装的构件及时形成稳定的框架，并且每天安装完的钢柱必须用钢梁连接起来，不能及时连接的应拉设缆风绳进行临时稳固。先主梁后次梁，先下层后上层的安装顺序进行安装。

5.2.2 钢梁起吊

在塔吊的起重能力范围内高层钢结构的钢梁吊装采用一机串吊的方式，来减少吊次，提高工效。凡串吊的梁在相邻的不同楼层时，梁与梁之间距离必须保证两楼层距离再加上 1.5m 左右。安装柱和柱之间的主梁时，应根据焊缝收缩量预留焊缝变形值，并做好书面记录。



钢梁串吊

5.2.3 钢梁连接

1) 按施工图进行就位，并注意钢梁的轴线位置和正反方向。钢梁就位时，先用冲钉将梁两端孔对位，然后用安装螺栓拧紧。

对于同一层梁来讲，先拧主梁高强螺栓，后拧次梁高强螺栓。对于同一个节点的高强螺栓，顺序为从中心向四周扩散逐个拧紧。扭剪型高强度螺栓的施拧分为初拧和终拧，大型节点分为初拧、复拧、终拧，初拧扭矩取施工终拧扭矩的 50%，复拧扭矩值等于初拧扭矩值。

2) 主梁高强螺栓安装，是在主梁吊装就位之后，每端用 2 个冲钉将连接板栓孔与梁栓孔对正，装入安装螺栓，摘钩。随后由专职工人将其余孔穿入高强螺栓，用扳手拧紧，再将安装螺栓换成高强螺栓。

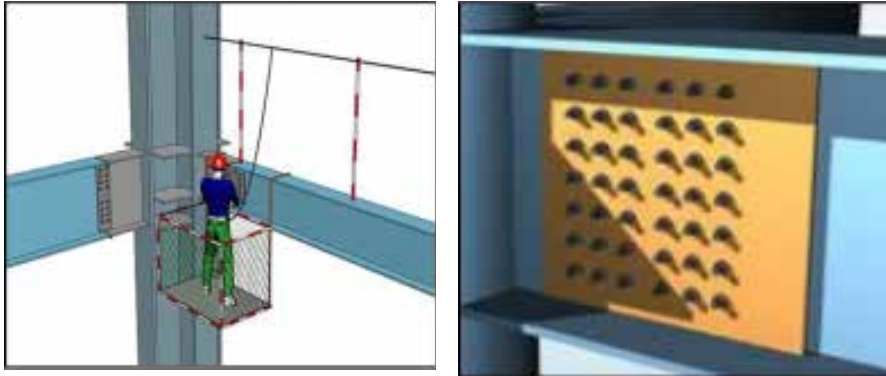
3) 次梁高强螺栓在次梁安装到位后，用二冲钉将连接板栓孔与梁栓孔对正，一次性投放高强螺栓，用扳手拧紧，摘钩后取出冲钉，安装剩余高强螺栓。

4) 各楼层高强度螺栓垂直方向拧紧顺序为先上层梁，后下层梁。待三个节间全部终拧完成后方可进行焊接。高强螺栓的初拧及终拧必须在 24h 内完成。

5) 当钢框架梁与柱接头为腹板栓接、翼缘焊接时，宜按先栓后焊的方式进行施工。梁柱接头的

焊缝，应先焊梁的下翼缘板，再焊上翼缘板，先焊梁的一端，待其焊缝冷却至常温后，再焊接另一端。

6) 梁与柱、梁与梁的连接形式及焊缝等级应满足设计要求。



钢梁连接示意图

5.3 防屈曲钢板剪力墙与钢梁组合吊装

5.3.1 钢板与鱼尾板工厂预拼装

钢板和鱼尾板均在钢结构工厂加工制作，钢板表面刷防锈漆，开孔直径和间距均满足设计要求，钢板和鱼尾板制作验收合格后进行焊接组装，每块钢板的上下部位均用两块鱼尾板拼夹，鱼尾板采用单面角焊缝与钢板焊接。

5.3.2 施工现场搭设胎架将预制混凝土板与钢板组装

施工现场用H型钢制作胎架，利用塔吊首先吊装第一块预制混凝土板平放在胎架上，其次在预制混凝土板上放置钢板并将钢板开孔与预制混凝土板预埋钢套管中心对正，再次吊装第二款预制混凝土板，将第二款预制混凝土板预埋钢套管与钢板开孔对正，最后利用对拉沉头螺栓配螺母将预制混凝土板与钢板固定。如图1、图2、图3所示：

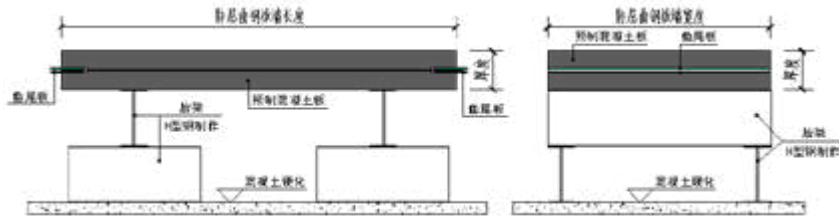


图1 搭设胎架将钢板与预制混凝土板拼装图示

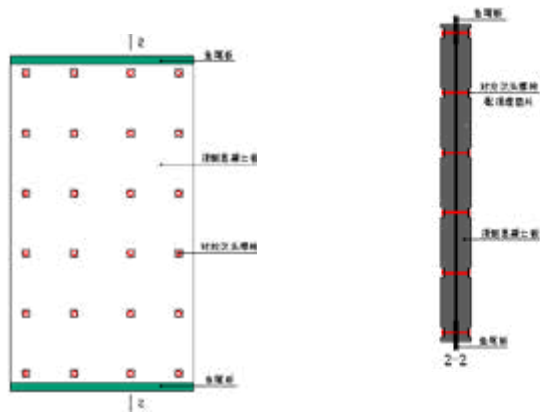


图2 钢板与预制混凝土板拼装立面图 图3 钢板与预制混凝土板拼装剖面图

5.3.5 钢框架梁与两侧钢柱初步连接

带有钢框架梁的钢板剪力墙起吊下降至指定位置 300mm 高度时，人工辅助将钢梁缓慢下降，将钢梁与两侧钢柱上的梁柱接头拼缝对准，并用冲钉临时固定，装入安装螺栓数量不少于该节点总数的 1/3，且不少于 2 个，安装螺栓安装后卸掉塔吊钢丝绳。见图 8 和图 9 所示。

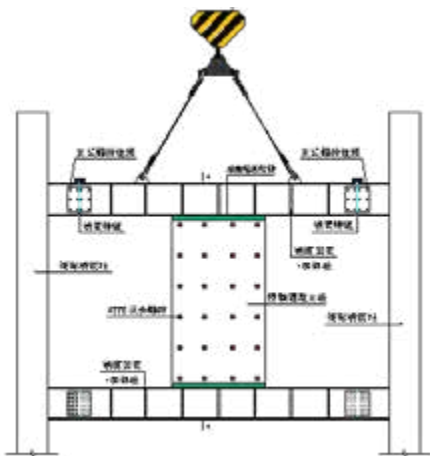


图 8 钢框架梁（带钢板剪力墙）与钢柱初步连接



图 9 钢板剪力墙与钢框架梁连接

5.3.6 钢框架梁高强螺栓连接和钢板墙下部鱼尾板焊接

在梁柱接头空间位置安装钢梁挂篮，每个梁柱接头位置配专职装配工人站立在挂篮内各自从中心向四周扩散逐个用电动扳手拧紧高强螺栓，然后再将安装螺栓换成高强螺栓逐个拧紧。高强度螺栓的施拧分为初拧和终拧，初拧扭矩取施工终拧扭矩的 50%，高强螺栓连接完成后将钢框架的翼缘采取 V 型坡口焊连接。按照设计要求待主体结构封顶后结构自重变形已充分释放，再利用钢吊篮配置焊工按楼层从上到下的顺序将钢板墙下部的鱼尾板与对应的钢框架上翼缘采用单面熔透焊连接。

5.3.7 填塞弹性封堵材料

钢板剪力墙鱼尾板与钢框架梁焊接连接后，对焊缝进行检测，焊缝检测合格后将混凝土盖板与钢框架梁之间的间隙采用隔声的弹性材料填充，并用轻型金属架及耐火板材覆盖。

5.4 外围护 ALC 板安装技术

5.4.1 了解预制 ALC 板与主体结构的连接方式、安装顺序、工艺流程、机具配置、劳动力配置、时间控制、安全管理要点等要求。

5.4.2 预制 ALC 板安装前应识别危险源，做好相关安全防护后方可进行装配化安装作业。

5.4.3 ALC 板安装流程及要点

进场验收→基层清理及测量放线→安装连接卡件→条板安装及校正→底部水平缝处理→竖向板缝处理及验收

进场验收

(1) 现场施工管理人员需对其种类、尺寸和外形等产品质量进行确认，是否满足设计要求。

(2) 条板隔墙安装工程应在做地面找平层之前进行。

基层清理及测量放线

(1) 墙板的安装基层应清理干净，凹凸不平的地方用砂浆找平，对需要处理的光滑地面应进行凿毛处理；

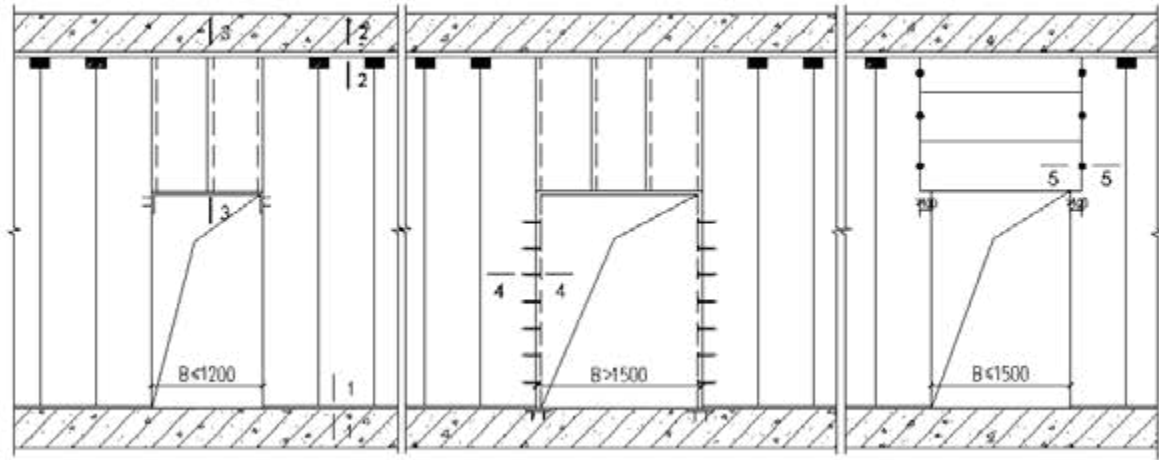
(2) 根据排版图和现场定位轴线，在钢柱和楼板上用墨线弹出每块板材和门窗洞口的安装平面线、水平控制线，以控制整个墙面的垂直度、平整度以及门窗洞口的标高。

安装连接卡件

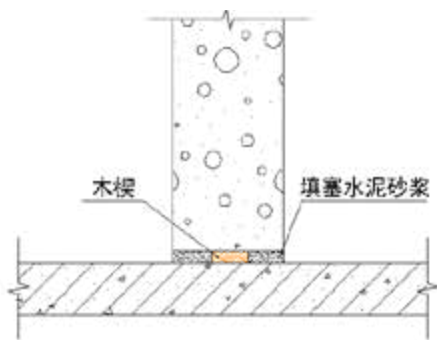
(1) 内墙采用 U 型钢卡法固定，按照弹好的墙体位置线安装 U 型卡，每块板一只 U 型卡与钢梁焊接，或用两只？钉与砼连接。U 型卡的中间位置尽量对着板与板的拼缝，卡住板材的高需 $\geq 20\text{mm}$ 。固定

U型卡件的方式如果是钉固定，则不得少于2个；如果是点焊固定，不得少四个固定点。

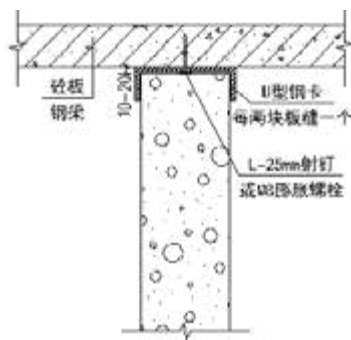
(2) 外墙采用内嵌方式配连接角钢与条板钩头螺栓固定，先通过钢梁焊接固定角钢，再固定钩头螺栓。



排板立面图



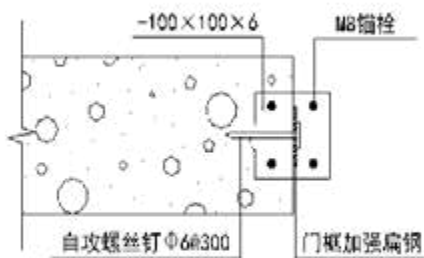
1-1 底部节点



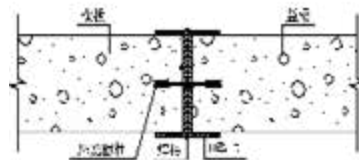
2-2 顶部节点



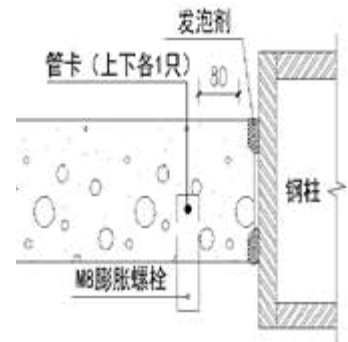
3-3 门洞上部节点



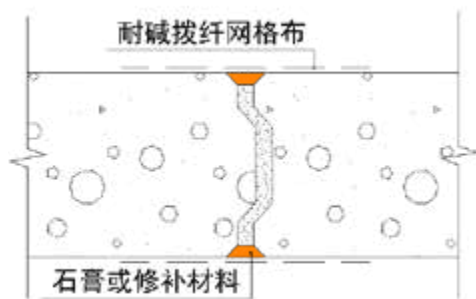
4-4 门洞竖板侧面节点



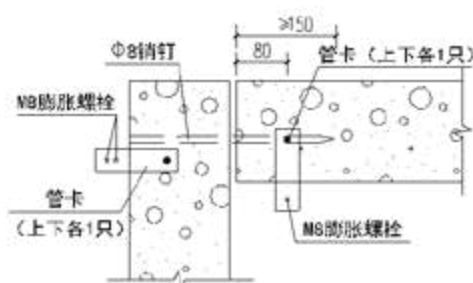
5-5 门洞横板侧面节点



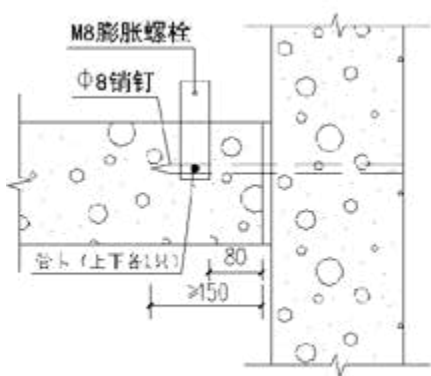
条板与钢柱连接构造



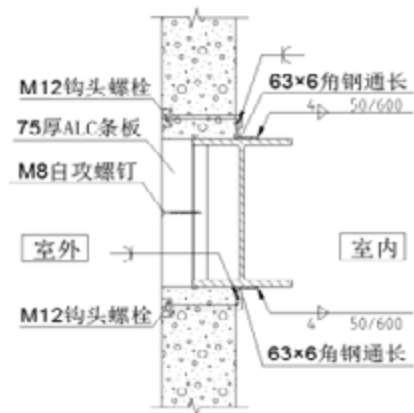
相邻条板连接



L型连接构造



T型连接构造



外墙连接构造

条板安装及校正

(1) 墙板采用竖放安装方式，门窗过梁及窗台板可采用竖放或横放安装方式，隔墙长度尺寸宜满足 600mm 模数，门窗洞口两侧宜用整板；

(2) 条板从钢柱的一端向另一端按顺序安装；当有门洞口时，从门洞口向两侧安装；具体节点详见右图所示；

(3) 在条板下部打入木楔，并应楔紧，且木楔的位置应选择在该板的实心肋。利用木楔调整位置，两个木楔为一组，使条板就位，将板垂直向上挤压，顶紧梁、板底部，调整好板的垂直度后再固定；

(4) 按顺序安装条板，将板榫槽对准榫头拼接，条板与条板之间应紧密连接；应调整好垂直度和相邻板面的平整度，并应待条板的垂直度、平整度检验合格后，再安装下一块；

(5) 外墙条板安装时先就位、对准墨线靠紧通长角钢，从条板里面将钩头螺栓穿入孔中，使钩头钩在通长角钢上，在螺丝一端放上 $\phi 50$ 圆垫片，拧紧螺帽，将钩头螺栓和角钢的接触面焊接起来，接触面上下满焊。

(3) 底部水平缝处理

单面墙体安装完成后，板材底部与楼板之间的间隙均填充 1:3 水泥砂浆或干硬性细石混凝土。一般 3~5 天后可拔出木楔，并对木楔洞补入水泥砂浆或细石混凝土。

竖向板缝处理

板缝及两种材料相邻处缝隙处理：用聚合抗裂砂浆先将板缝批实批平，然后在板缝处批入宽约 100~200mm，厚约 5~10mm 聚合物抗裂砂浆，并压入耐碱玻纤网格布。

安全注意事项

(1) 严格遵守现场的安全规章制度，安装人员吊装期间必须佩戴安全帽、外墙条板安装时必须佩戴安全带及做好安全防护措施。

(2) 工人进场必须进行有针对性的安全教育，每天安装前必须进行班前安全交底。

5.5 架空地板安装

5.5.1 了解架空地板的安装顺序、工艺流程、机具配置、劳动力配置、时间控制、安全管理要点等要求。

5.5.2 清除施工场地的尘土、小沙石等影响工程质量的残留物。基层面平整、凹凸不平处必须修补。室内墙面和顶棚装修工作已基本完工，放置在架空地板下的各类管线已铺设就位并验收合格。

5.5.3 架空地板安装流程及要点

进场验收→测量定位标识→基层处理→弹架空支座网格线→水电管线铺设→安装可调支座 → 铺设隔音垫→安装硅酸钙板→铺塑料衬垫→铺复合木地板

1) 测量定位标识

(1) 应根据设计文件的要求通过建筑 1m 线测设架空支座、硅酸钙板及木地板的标高线。

(2) 所有的标高控制线应经监理或建设单位专业工程师验收合格。

2) 基层处理

(1) 用杠尺检查地面平整度，对基层凹凸不平处进行剔凿和修补。

(2) 将地面落地灰及杂物清理干净，用扫帚或吸尘设备除尽地面灰尘。（图一）

3) 弹架空支座网格线

根据架空支座标高线在地面弹出安装支座的网格线，以保证铺设整齐、美观，同时尽量减少地板的切割。（图二）

4) 水电管线铺设

在硅酸钙板施工之前，所有水电管线均需安装完毕。

5) 安装可调支座

根据室内纵横网格线，将可调支座固定在网格纵横线交接处；可调支座采用专用粘接剂粘接，粘接剂应饱满，与基层粘接应牢固。（图三）（图四）

6) 铺设隔音垫

隔音垫应开口后套住地脚，落到地面。（图五）

7) 安装硅酸钙板

用安装螺钉将硅酸钙板固定到支座上，并用水平尺、直角尺逐一校正硅酸钙板，使之既在同一平面内，又相互垂直。若靠近墙面处剩余尺寸小于活动地板的长度，可以用切割地板的方法进行拼补。在铺设地板时，用水泡水平仪逐块找平，活动地板的高度靠可调支座调节，铺设过程中应轻拿轻放，防止划伤地板及损坏边条，同时应边铺设边打扫，避免将杂物、灰尘遗留在地板下面。硅酸钙板铺装完成后边角打钉固定。（图六）

8) 铺塑料衬垫

塑料衬垫按铺设长度裁切成块，比地面略短 10mm 留作伸缩缝。底垫拼缝采用对接，留出 2mm 伸缩缝。

9) 铺复合木地板

(1) 地板沿光线平行方向铺贴，从墙边一侧开始，逐行进行，由内向外赶出；在第一排地板短头结尾处凸榫上部涂胶，木槌轻敲，使板块榫槽到位，结合严密。

(2) 第二排地板在长短边凹榫内涂胶，与第一排板凸榫插接，板面余胶用湿布擦净，使板面不留胶痕。

(3) 每排板铺完，拉线检查板缝平直度，用 2m 靠尺及塞尺检查板面平整度，平整度控制在 1-2mm 范围内。板与墙面相接处，留出 10mm 缝隙作为伸缩缝，用木楔楔紧，待 24 小时（胶干透）后取出木楔。

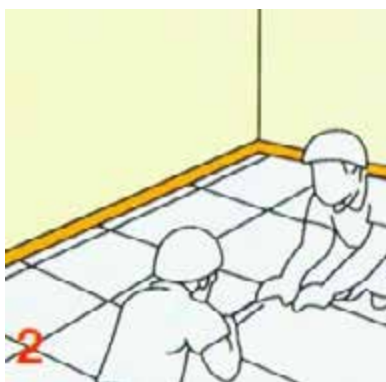
(4) 铺到门角等处，先用整板试铺，做好标记，然后切割成相应形状，铺上即可。（图七）

10) 验收

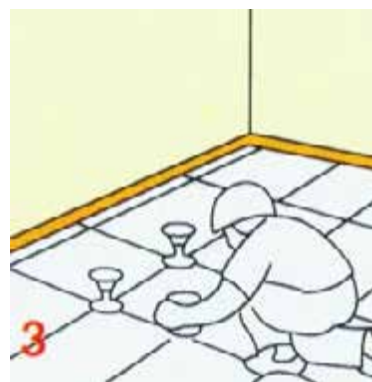
面层铺设应牢固、平整，无空鼓、松动。（图8）



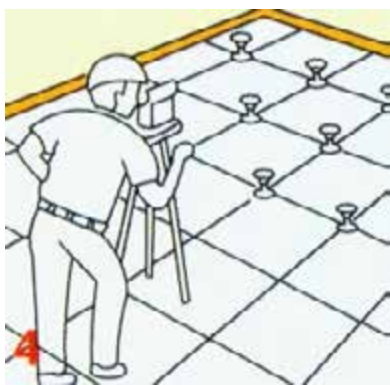
图一基层处理



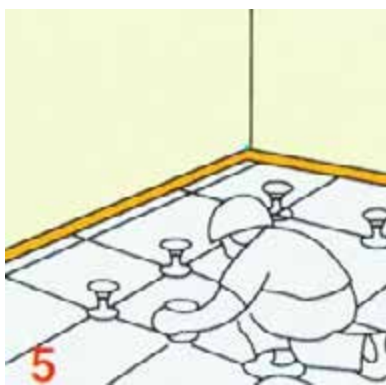
图二弹网格线地面标高线



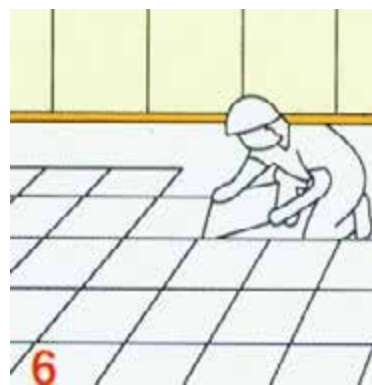
图三铺设管线、安装可调支座



图四可调支座调整水平



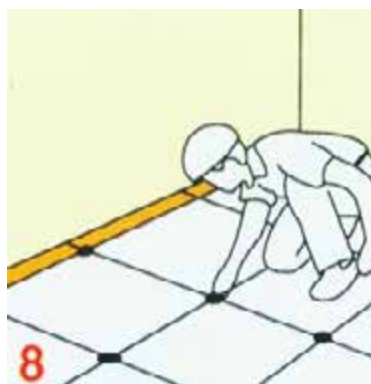
图五铺设隔音垫



图六安装硅酸盖板



图七地板钉钉固定、封边



图八地板表面清洁、铺设面层

6. 经济效益分析

6.1 成本分析

针对区域相同、规模基本相当、不同结构类型的住宅项目实际建安成本比较如下：本工程地上钢结构住宅成本为 2891.26 元 /m²（不含地下室与精装修）；装配式钢筋混凝土结构住宅工程 2760.74 元 /m²（装配率 30%），现浇钢筋混凝土剪力墙结构住宅工程 2301.55 元 /m²；相比之下，钢结构住宅工程与装配式混凝土结构工程相比每 m² 建安成本增加 130.52/m² 左右，比传统现浇钢筋混凝土剪力墙结构增加 589.71 元 /m²。

6.2 用工分析

施工现场劳动力用量。钢筋混凝土结构住宅、毛坯交房的工程，不包含室外工程，通过已施

工工程和已计算完毕工程统计，实际用工量为 4.88-5.5 定额工日而钢 结构住宅项目实际用工量为 2.91-3.4 定额工日 /m² [首钢二通厂南区棚改定向安置房（1615-681）地块项目实际测算]，平均 1m² 减少用工量 2.0 定额工日 /m²（未考虑精装用工量的减少）。

6.3 用时分析

定额工期比较。根据《北京市建设工程工期定额（2018）》，以地下 2 层地上 24 层，建筑面积 9390.6m² 的住宅项目地上工程（地上建筑面积 8603.76m² 为例，定额工期计算。

传统钢筋混凝土结构工程地上定额工期为 410d，其中结构工期 330d；钢结构工程地上定额工期 380d，其中结构工期 300d。

以上对比，钢结构工期缩短工期 30d，再加上传统钢筋混凝土结构受冬、风、雨、高温季等天气影响非常大，而工业化钢结构工程受其影响相对小得多。

主体结构施工工期约为传统混凝土工期的 60% 左右。

7. 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

装配式建造与传统建造方法对比，使得现场建筑垃圾减少 59%，材料耗损减少 60%，可回收材料占 66%，建筑节能 65% 以上。每平方米建筑面积的水耗降低约 65%，节约木材约 76%，节约钢管架料投入约 93%，节约用地约 37%，人工减少约 47%。

装配式部品部件大部分在工厂内完成，降低了现场作业量，使得生产过程中的建筑垃圾大量减少，与此同时，由于湿作业产生的诸如废水污水，建造噪声、粉尘污染等也会随之大幅度降低，在建筑材料的运输、装卸以及堆放等过程中，采用装配式建筑方式，可以大量减少扬尘污染，而且装配式施工高效的施工速度，夜间施工的时间缩短可以有效减少光污染。

7.2 碳排放对比分析

各阶段过程排放量	装配式钢结构建筑	现浇混凝土结构建筑	备注
建材生产阶段碳排放量	317.94kgCO ₂ e/m ²	308.25kgCO ₂ e/m ²	本算例以常见 24 层高层住宅为例，建筑面积取 10000 平方米，对比项为二者的主要差异项主体结构与楼板。 1. 钢结构工程 面积：1 万平米； 钢结构用钢：1000 吨； 楼板混凝土用量：1200m ³ ； 楼板钢筋用量：150 吨； 2. 混凝土工程 建筑面积 1 万平米； 混凝土用量：4500m ³ ； 钢筋用量：700 吨；
建材运输阶段碳排放量	4.65kgCO ₂ e/m ²	5.43kgCO ₂ e/m ²	
建造阶段碳排放量	5787.84kgCO ₂ e/m ²	38858.14kgCO ₂ e/m ²	
汇总	6110.43kgCO ₂ e/m ²	39171.82kgCO ₂ e/m ²	
差异对比	$X = \frac{39171.82 - 6110.43}{39171.82} \times 100\% = 85\%$ 由此计算得出：钢结构建筑与混凝土结构建筑相比，碳排放量减少 85%。		

项目四：首钢铸造村钢结构住宅项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	首钢铸造村4#、7#钢结构住宅项目
2	建设单位	首钢集团有限公司
3	设计单位	北京首钢国际工程技术有限公司
4	施工总承包单位	北京首钢建设集团有限公司
5	监理单位	北京建院金厦工程管理有限公司
6	工程总承包模式	施工单位牵头的EPC模式
7	项目建安费用	1.5亿元
8	每平米造价	3885元
9	开竣工时间	2016.8.15~2019.6.25
10	项目进展情况	已竣工交付

2. 项目概况

序号	类别	内容						
1	项目地点	北京市石景山区铸造村						
2	规划面积	整个小区规划面积96885.061平方米						
3	总建筑面积	35164 m ²						
4	单体建筑面积	<table border="1"> <tr> <td>地下</td> <td>地上</td> </tr> <tr> <td>4#楼 2230 平米</td> <td>4#楼 14272 平米</td> </tr> <tr> <td>7#楼 2223 平米</td> <td>7#楼 16439 平米</td> </tr> </table>	地下	地上	4#楼 2230 平米	4#楼 14272 平米	7#楼 2223 平米	7#楼 16439 平米
地下	地上							
4#楼 2230 平米	4#楼 14272 平米							
7#楼 2223 平米	7#楼 16439 平米							
5	建筑单体数量	两栋						
7	室内外高差	0.5m						
8	装配率（依据的标准）	0.30m						
9	工程质量奖项	结构长城杯金奖						
10	工程安全奖项	/						
11	工程技术创新	论文：10篇 专利：18项，其中发明专利7项，实用新型11项 工法：3项（企业级） 标准：6项，其中国标1项，行标及团标3项，企标2项						

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	A、B两种户型模块	引入SI理念，建筑户型可更改	
	多样化组合			
	模数协调	1M、3M	平面轴网满足3M，层高及建筑功能模块满足1M	
主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	方管柱	钢柱均为300mm截面方管柱	首钢建设
	梁、楼板、阳台	轧制H型钢梁	梁截面尺寸4种，均为窄翼缘轧制耐候钢	首钢建设
	空调板	PC构件	整体预制，并与钢梁和楼板现场浇筑连接	住总万科
	楼梯	PC构件	楼梯梯段全预制，采用上搭下滑安装	住总万科
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	ALC条板	外墙全部采用200mm厚ALC条板	金隅加气
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	非一体化	200mm厚ALC条板+100mm厚复合保温板，通过现场集成的方式安装，外墙装饰为涂料，未形成一体化	首钢建设
	内隔墙非砌筑	ALC条板	内隔墙全部采用ALC条板，有200mm厚和100mm厚两种	金隅加气
	女儿墙	现浇结构		首钢建设
	围护墙与管线、装修一体化	非一体化	墙体、管线、装修一体化设计，管线埋置预制墙板内，但装修未采用干法集成式方法	首钢建设
内装修和设备管线	全装修	全装修	采用集成厨卫、架空地板、同层排水等技术	东易日盛
	干式工法楼面、地面	干式工法	架空地板	东易日盛
	集成厨房	是		东易日盛
	集成卫生间	是		东易日盛
	管线分离	是		东易日盛

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

4.1.1 标准化设计

本项目标准层建筑布局均相同，共2种户型，采用模块化的设计方法，由内而外、自上而下的思维方式解决建筑功能。将居室空间分解为功能子空间：厨房、卫生间、起居室、卧室、阳台、出入与通道。以他们为基础从模块化的层面系统研究，整合开发、设计、生产安装、



后期维护各个环节，然后形成的全产业链解决方案，尽可能标准化和系列化。基本上为 300 的模数，考虑钢结构的受力特点，主体结构布置简单、规整，平面凹凸变化不大。

4.1.2 主要部品构件设计



本项目引入 SI 设计理念技术，有效分离支撑体和填充体，使住宅具备结构耐久性、室内空间灵活性以及填充体可更新性特质；主体结构采用“钢框架-钢支撑”结构体系，全部采用首钢自产的耐候钢，充分发挥钢结构的性能优势，同时解决防腐问题；水平构件全部采用预制 PC 构件，施工便捷，提高了施工效率；创新围护系统，采用 200mm 厚新型加气条板+100mm 厚复合保温板的外墙板技术，并通过多种技术措施，解决了围护系统气密性、水密性、防开裂等技术难题；内装采用了集成厨卫、架空地板、同层排水等内装一体化技术，内隔墙全部采用 ALC 墙板；同时，该项目还采用了清洁能源太阳能技术。

4.2 结构系统

4.2.1 结构体系

本项目采用钢框架-钢支撑钢结构住宅体系，充分发挥钢结构优势，主体结构全部采用钢结构，水平构件全部采用预制 PC 构件，主要采用的预制构件有：预制钢柱、预制钢梁、预制钢支撑、叠合楼板、预制楼梯、预制阳台、预制空调板等。

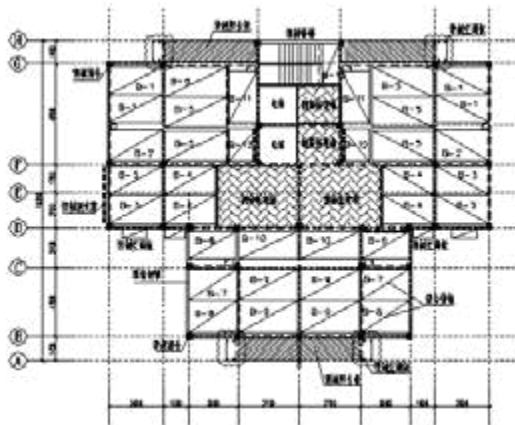


图 4.21 结构平面图

4.2.2 抗震设计

在首钢铸造村装配式高层钢结构住宅设计工作中，通过采用 PKPM 系列结构设计程序、YJK 结构设计程序对小震和大震作用进行分析，同时采用大型有限元软件 MIDAS 进行复核，在综合考虑各种

因素的基础上，将首钢铸造村装配式高层钢结构住宅的层间位移角控制在 1/300 以内，经过大震静力弹塑性分析，钢结构住宅层间位移角可控制在 1/70，所有指标均满足现行规范要求。

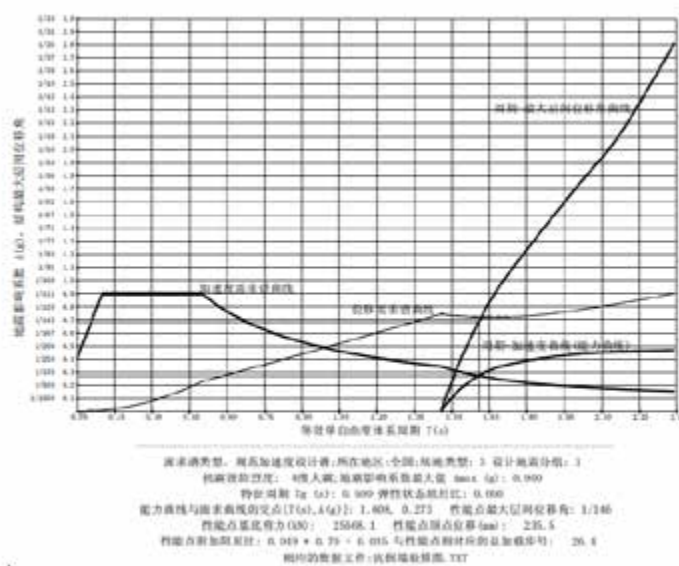
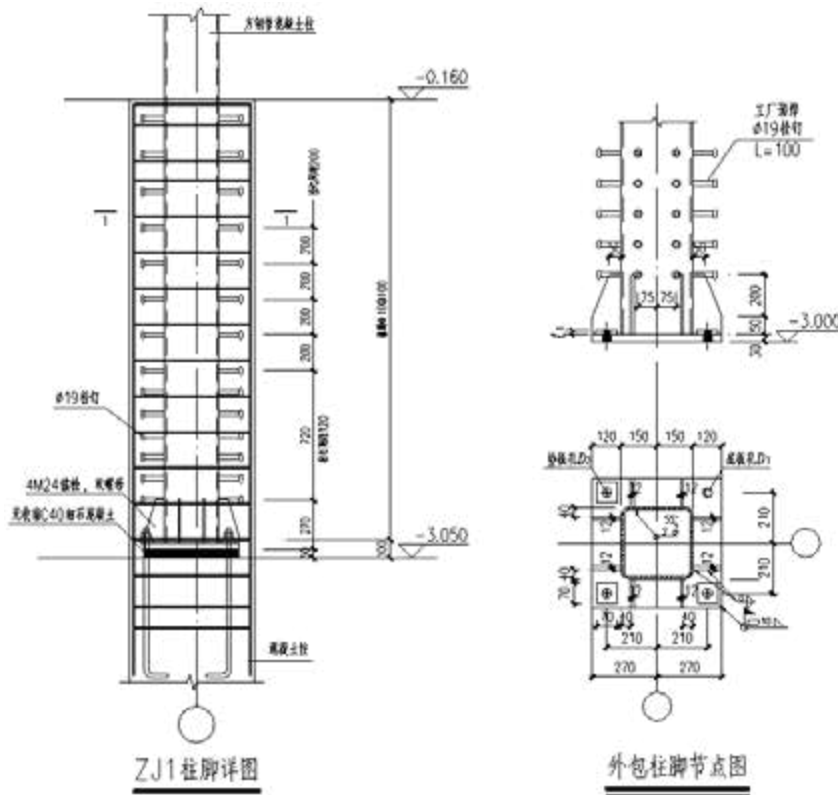


图 4.2-2 大震性能分析

4.2.3 节点设计

4.2.3.1 钢结构节点设计

(1) 钢柱基础采用埋入式柱脚，钢柱采用焊接箱型柱，截面尺寸为 300×300，即有利于防火、隔声，又能把柱距做大，内部空间可以自由分割。



4.2.3.2 PC 水平构件节点设计

(1) 预制混凝土叠合楼板技术

预制混凝土叠合楼板由下部预制混凝土底板和上部现浇层组成。叠合楼板的预制部分的厚度为60mm，现浇层厚度为70mm；预制板表面做成凹凸差不小于4mm的粗糙面、在预制板内设置桁架钢筋，可以增加预制板的整体刚度和水平界面抗剪性能，叠合板的连接以及叠合板与钢梁的连接见图4.2-6。

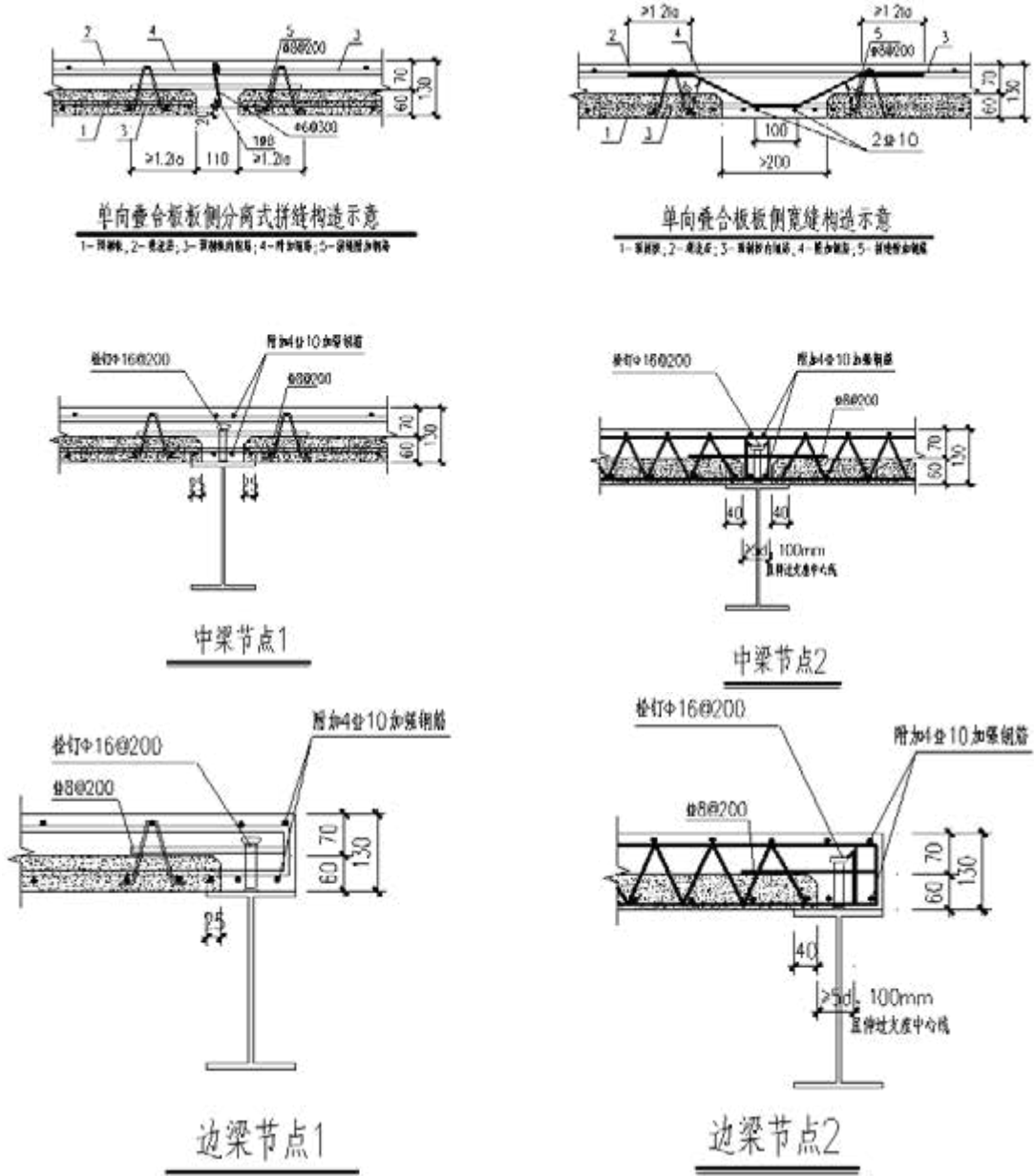


图 4.2-6 叠合楼板连接图

(2) 预制混凝土楼梯

首钢钢结构住宅地下室部分采用现浇混凝土楼梯，地上部分往往层高相同，采用预制混凝土楼梯。楼梯梯段全预制，见图2-9，楼梯在与钢梁连接处一端预留2个直径80的孔，钢梁处焊槽钢，细石混凝土灌实孔洞，另外一端滑动。

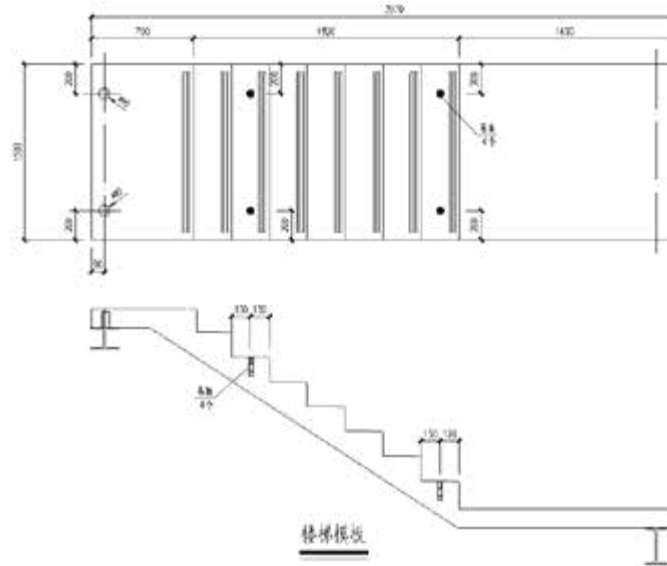


图 4.2-7 楼梯模板图

(3) 预制阳台板、空调板

首钢钢结构住宅阳台板可实现外挑 1400mm 的长度，预制阳台板与主体结构采用三边支撑，空调板支撑于反梁上，这两块部件可指定工厂单独定制。

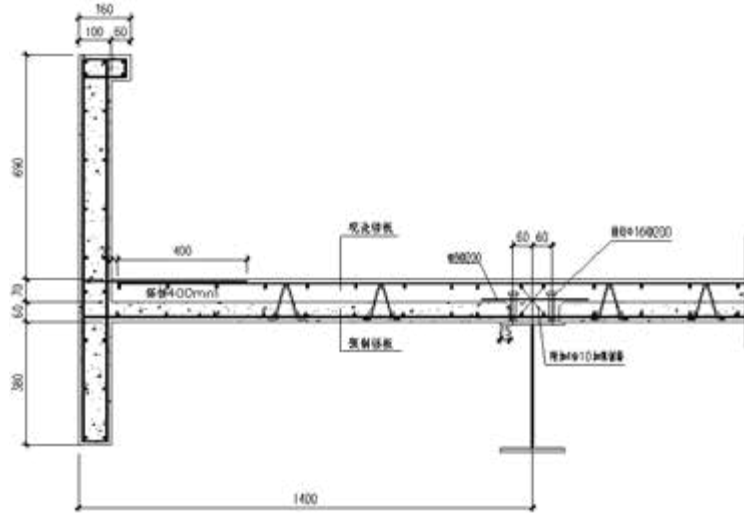


图 4.2-8 预制阳台板

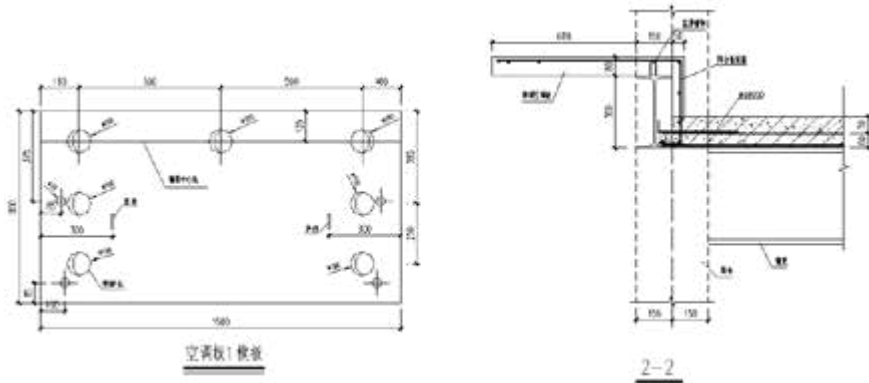
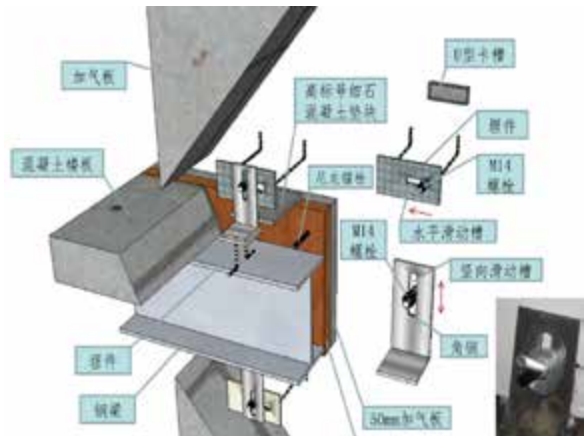


图 4.2-9 预制空调板

4.3 外围护系统

1) 围护结构采用新型节能加气混凝土板（简称 ALC 条板）+ 复合保温板，解决北京地区 75% 节能、高层建筑防火等问题，实现了墙板与主体结构的柔性连接。

2) 外墙为 B05 级强度等级 A3.5 级系列的 200mm 厚蒸压加气混凝土条板（简称 ALC 条板），ALC 条板最大宽度 600mm，主要为竖向布置，洞口处横向布置。ALC 条板之间缝隙为 5mm，墙板侧边与钢柱、梁等主体结构连接处留 10mm ~ 20mm 缝隙，采用条板专用嵌缝剂勾缝，饱和度不低于 80%。首次采用自复位摇摆减震法的连接节点。



4.4 内装系统

4.4.1 SI 技术理念

整个项目采用国际先进的 SI 技术体系，将 S（支撑体）部分和 I（填充体）部分分离，减少设备、内装对结构主体的损害，延长房屋整体使用寿命，方便设备、内装的使用维护、更换，解决结构支撑体和填充体不同寿命的问题，保证住宅建筑长远性全生命周期的前提下，方便地实现住宅设备设施和内装产品的检修和更新。

4.4.2 装饰装修一体化

通过装饰装修一体化达到产业化要求，并对裸露在室内的钢柱、钢梁进行装饰性的隐藏，使得这些构件不会影响室内空间的布局，打造温馨舒适、布局灵活的室内空间。主要采用的技术有架空地板、集成厨房、集成卫生间等。

1) 厨房、卫生间采用集成厨卫。厨房整合地面、墙面、集成吊顶、台面、整体橱柜五大系统，将电器、厨具、炊具等厨房用品融入厨房设计中，打造全方位一体化的厨房。卫生间为 SMC 整体卫生间，一体化防水底盘、壁板和顶盖构成的整体框架，在有限空间内将卫浴洁具、浴室家具等都融入到一个整体环境中，使得住宅品质得以提高。



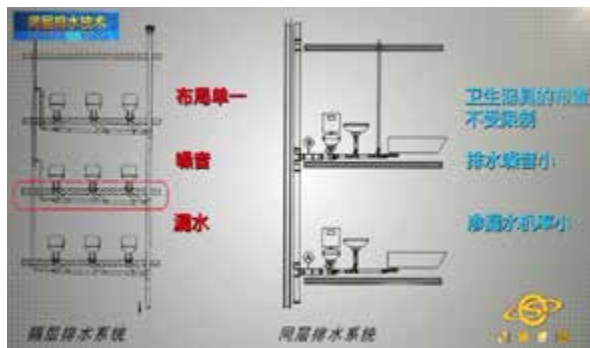
2) 架空地板

相比较传统湿作业铺装地板，架空地板全部干法作业施工简单；重量轻荷载小从而降低了楼板的承载力；传统做法中水、暖、电的管线均走在楼板中，水专业有些管线还要走在下层住户家中，一旦有问题维修很麻烦，架空地板后管线走在架空层中，维修简单方便。



4.5 设备与管线系统

本工程电气系统除照明、插座管线预埋外，其它线路均在地板架空层内敷设。给排水系统自管道井接出在地板架空层内敷设，给排水系统采用独特的同层排水技术，卫生间排水管路系统布置在本层（套）业主家中，管道不穿越楼板，管道检修可在本家内进行，不干扰下层住户；同时管线维修不破坏建筑防水层，维修简便；自由布置卫生器具的位置，因为楼板上没有卫生器具的排水管道预留孔，用户可自由布置卫生器具的位置，只需调整给排水支管。



4.6 体系特性分析

4.6.1 体系特点

标准化设计：1、引入SI设计理念，使住宅具备填充体可更新性特质，在全生命周期内，可根据家庭人口的变化由两居调整为三居或者四居；2、建立标准化设计方法，户型基本为300的模数，并形成一系列标准化和模数化的厨房、卫生间等功能子空间；3、采用适宜产业化生产的预制构件，钢构件全部采用轧制型钢，水平构件全部采用预制PC构件，墙板全部采用ALC板，4、集成化内装，采用集成厨卫、架空地板、同层排水等技术。

工业化生产：主要部品钢构件、PC构件和ALC墙板均为预制构件，利用BIM技术，拆分部品部件并进行深化设计，形成同类型标准化构件批量生产工艺。

装配化施工：形成高层钢结构住宅部品部件装配式施工标准工艺，并研制配套工装工具，如钢梁开孔、板缝吊模、ALC外墙板定位安装防护一体化工装等；建立BIM施工一体化协同管理平台，并采用二维码技术，实现构件的全过程管理，提高建造效率

4.6.2 体系优点

- 1) 形成了一整套适用性强、易推广的高层钢结构住宅产业化生产和安装技术。
- 2) 装配化程度高，装配率可达90%以上，绿色建筑可达三星要求。
- 3) 采用柔性节点，通过多重防护措施，系统性的解决了外墙气密性、水密性、防开裂技术难题。
- 4) 采用耐候钢技术解决了钢结构防腐问题。
- 5) 采用固废材料，循环经济、绿色环保。

4.6.3 体系缺点

相比传统建筑，造价仍然较高，制约了推广应用。

4.6.4 改进意见

持续优化用钢量、降低造价；改进节点连接方式，实现全装配化连接；改进并优化外墙围护体系。

4.6.5 体系推广意见

由政府组织建立一两套标准体系，并给予项目支持，开展大面积示范，以点带面，制定推广计划。

5. 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱、钢梁安装

吊装时，一节钢柱及其相配套的3层钢梁安装完经验收合格后交由土建进行施工，钢柱按单元依次进行安装，钢梁采用“串吊法”吊装，一次吊装3根，安装时先用普通螺栓临时固定，调校完毕后更换为高强螺栓固定及焊接。

安装工序：钢柱安装→钢梁安装→柱间支撑安装→临时螺栓固定→高强螺栓紧固→节点焊接→无损检测→节点补漆

钢柱吊装：



钢梁吊装：



钢柱连接：



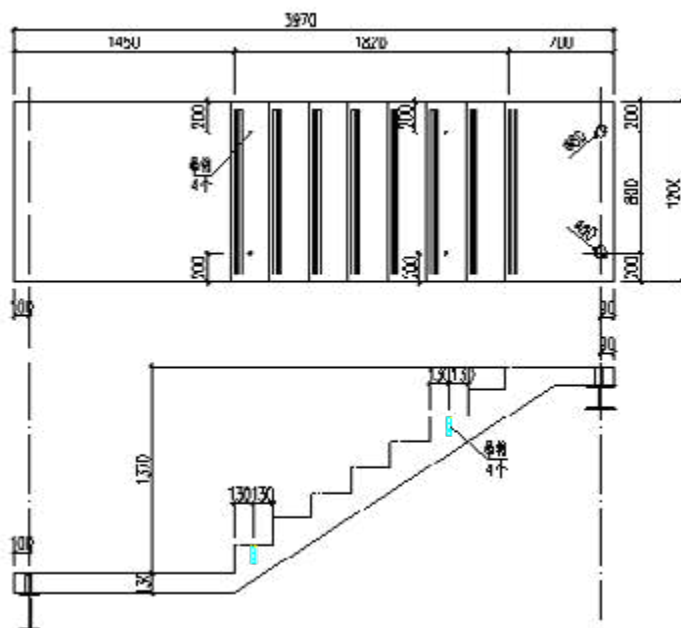
5.2 楼板安装

叠合板支撑体系采用独立钢立柱支撑体系，由铝合金工字梁、梁托座、独立钢支柱和稳定三脚架组成。独立钢支撑安装稳定后，安放铝合金工字梁，梁顶调整与钢梁标高一致。



5.3 预制楼梯安装

楼梯梯板采用预制梯板，中间休息平台与楼梯板整体预制，楼层平台板部分现浇，并设预埋连接件，通过焊接实现梯板与休息平台板的整体连接。



5.4 外围护部品安装

1) 生产构件之前生产企业按照设计图纸进行深化设计，把设计图纸转化成构件生产图。电气专业需要在构件中做预留的各种管线、埋件，在生产的时候准确地预制到构件里面。

2) 墙板采用立板机安装，安装时为防止外墙板外倾掉落和保证安装垂直度，在钢柱上设工具式防护、定位栏杆，固定于钢柱上，共设置4道。

安装采用立板机进行安装，如右图所示



5.5 内隔墙安装

根据放线位置，使用激光投线仪将墙体位置线投测在钢梁底和板底，然后根据排版图在墙板拼缝处预先安装一个U型卡固定在钢梁底和板底，以满足相邻两块墙板由一个U型卡固定住，L型卡用来固定第一个和最后一块板材。钢梁底采用焊接固定，板底采用射钉固定。



5.6 地板安装

- (1) 进场后清扫地面，仔细检查基层地面有无浮浆和油污，保证地面基层直接露出结构层，不起砂。
- (2) 基层清理完毕后，即可放墨线。

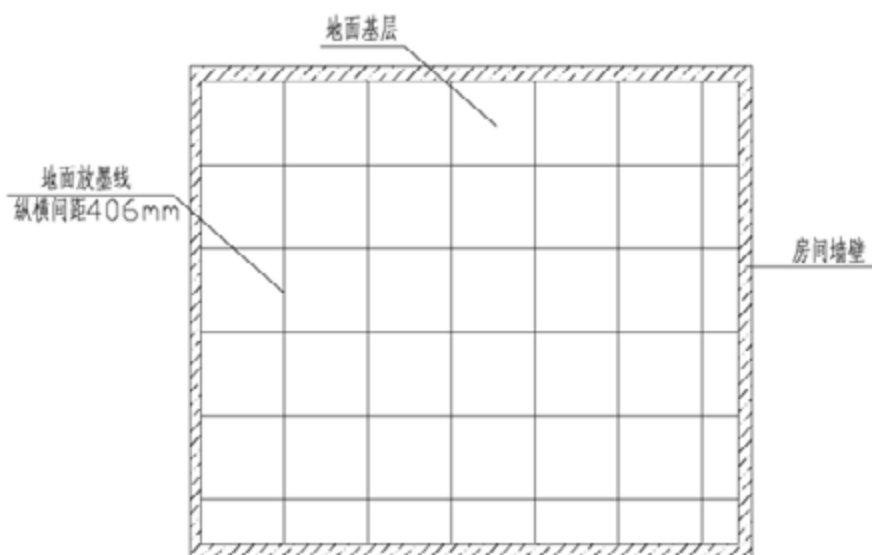


图 5.6-1 架空地板支脚放线

(3) 架空地板支脚施工

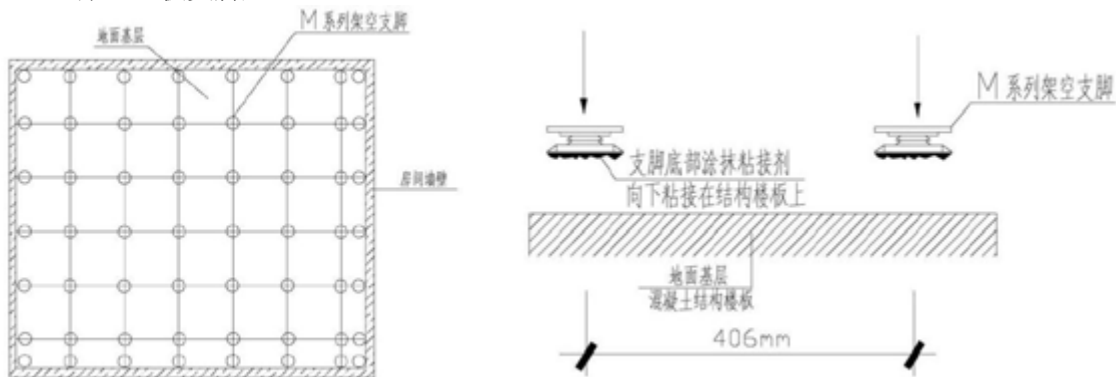


图 5.6-2 架空地板支脚施工

(4) 粘接剂达到一定强度后，即可调节点龙骨高度。

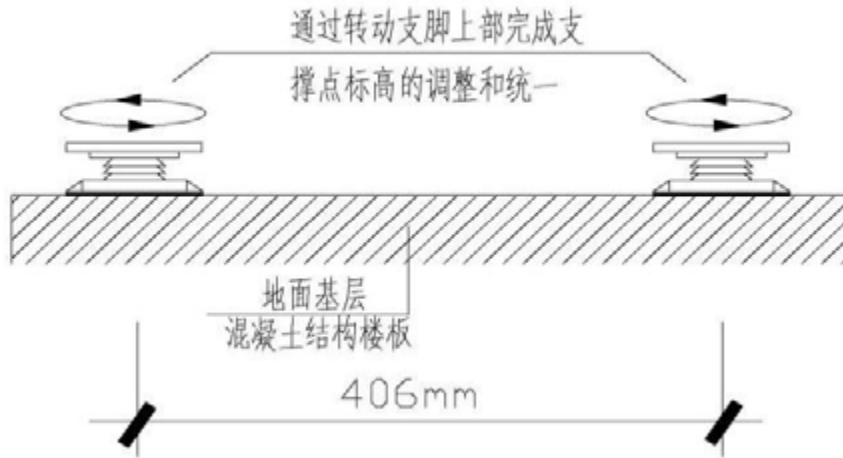


图 5.6-3 架空地板支脚高度调节

(5) 点龙骨标高全部调节完成后，即可安装基层板。

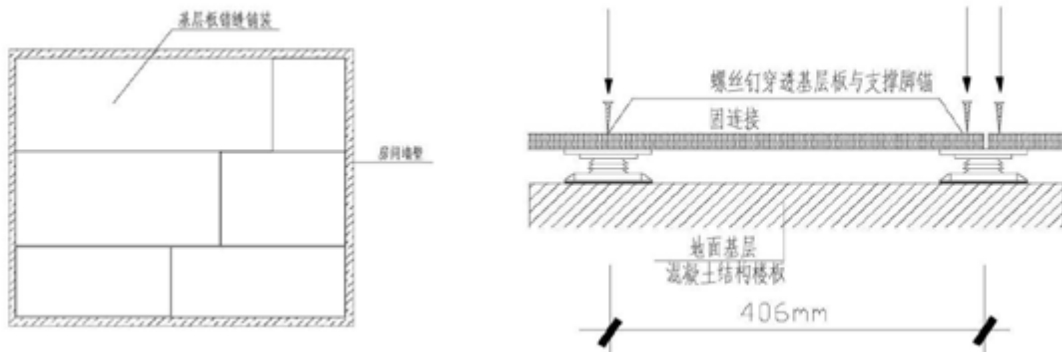


图 5.6-4 基层板安装

(6) 基层板施工完毕后，即可铺设木地板



图 5.6-5 基层板及木地板铺设

6. 经济效益分析

6.1 成本分析

4#、7#楼原设计为混凝土结构，将4#、7#楼列为钢结构住宅产业化试点工程后，成本对比分析如下

表 6.1-1 本项目与现浇混凝土项目的成本对比汇总表

	结构	装修	层高 m	建筑面积 (地上) m ²	层数	户数	含钢量	成本(元/m ²) (预估)
混凝土结构	钢筋混凝土剪力墙	毛坯	2.8	30949	4#: 14层 7#: 17层	348	55kg/m ²	2300
钢结构	钢框架钢支撑体系	精装	2.9	30711	4#: 13层 7#: 17层	336	主体结构: 70kg/m ² 水平构件: 7kg/m ²	2800(毛坯) +900(精装)
差异			增加 0.1	减少 238	4#楼减少 一层	减少 12	增加 22kg/m ²	+500(毛坯) +900(精装)

6.2 用工分析

以其中一栋楼为例分析用工人数，本工程钢框架钢支撑体系与钢筋混凝土剪力墙结构的地下基础结构型式相同，增加了埋入式钢柱脚的钢结构施工人员，其它施工工人相同；主体结构增加了钢结构施工和预制构件吊装施工人员，减少了钢筋工、木工和混凝土工3工种施工人员；二次结构主要是蒸压加气混凝土条板安装施工人员，钢柱间支撑处墙体少量砌筑。地下结构、主体结构和二次围护结构砌筑施工期间用工人数对比分析如下：（提示：是每日用工数？什么概念？）

表 6.22 本项目与现浇混凝土项目的用工对比表

	结构	地下结构施工	主体结构施工	二次结构砌筑施工
混凝土结构	钢筋混凝土剪力墙	钢筋工：35人 木工：40人 混凝土工：15人	钢筋工：45人 木工：50人 混凝土工：15人	瓦工：20人 力工：10人
钢结构	钢框架钢支撑体系	钢筋工：35人 木工：40人 混凝土工：15人 钢结构：10人	钢结构：15人 钢筋工：10人 木工：10人 混凝土工：6人	墙板安装：10人 瓦工：2人（柱间支撑砌筑） 力工：2人

6.3 用时分析

钢结构产业化住宅楼与传统现浇结构住宅楼施工相比，少了墙钢筋绑扎、墙模板安装、墙混凝土浇筑、墙模板拆除、水平模板支设这五个工序，增加了钢柱、钢梁及叠合板吊装三个工序，同时，预制构件的使用可减少一定的现浇作业、外墙保温及抹面作业，预制墙体预留了安装电气设备的管槽，减少装饰过程开洞、安装埋件、墙体开槽工序，均有利于其他分部作业提前插入，使装修工期有一定缩短。

就本工程而言，吊装的施工是整个工程的关键工序，影响着主体结构的施工工期，受场地和空间的影响，4#和7#楼各设置一台塔吊，钢构件和混凝土预制构件全部需吊装作业，为提高垂直运输的效率，白天钢结构吊装，夜间水平构件吊装，达到24天施工完3层的施工进度，平均每层8天，比传统的混凝土结构施工进度每天7天要多一天。如不受场地和空间的影响，4#和7#楼各设置两台塔吊，同时满足钢结构和水平构件吊装需求，综合考虑楼板电气布管、混凝土浇筑完达到强度要求，施工速度至少提高1/3，达到平均4天~5天施工一层的施工速度。

综上所述，不考虑场地和空间限制，合理配备施工机械，采用工业化装配式施工与传统现浇施工方式比较，总工期大大减少。

7. 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

7.1.1 建筑节能

(1) 本工程外墙板采用200厚新型高强、节能加气混凝土条板，OKS保温板，有效解决北京地区75%节能、高层建筑防火、板缝拼接处等敏感问题。该条板是北京市住建委课题《居住建筑预制加气混凝土外墙板框剪（框筒）结构体系研究与工程试点》的研究成果。

(2) 屋顶安装太阳能集热器采用集中-分散供热水系统，让住户享受绿色自然新能源带来的舒适体验。

7.1.2 建筑节地

钢结构的构件在工厂生产，运往现场通过焊接或螺栓进行整体组装，可全天候作业。施工现场作业量小，减少了施工临时用地，与传统建筑材料相比，对周围环境污染小。

7.1.3 建筑节水

施工现场不使用搅拌车，固定泵，免去了对此类机具的清洗，节约了大量清洗用水，也避免了废水，废浆对周围环境的污染，与传统施工方式相比，装配式节能节时约70%，节水约80%。

装饰装修一体化的施工技术——架空地板、同层排水，整体厨房，整体卫生间和轻质隔墙板+精装修，均采用干法施工，有效减少施工用水量。

7.1.4 建筑节材

房屋钢结构材料可100%回收，其他配套材料也可大部分回收，原材料可以循环使用，有助于环保和可持续发展。

7.1.5 环境保护

干作业施工，减少废弃物对环境造成的污染，材料可100%回收，符合当前环保意识；所有材料为绿色建材，满足生态环境要求。

项目五：顺义新城第 18 街区 SY00-0018-6015~6017 地块 公租房项目 -12# 住宅楼项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
2	项目名称	顺义新城第 18 街区 SY00-0018-6015~6017 地块公租房项目 -12# 住宅楼
3	建设单位	北京市燕顺保障性住房投资有限公司
4	设计单位	北京市住宅产业化集团股份有限公司
5	施工总承包单位	北京市住宅产业化集团股份有限公司
6	预制构件生产单位	北京市住宅产业化集团股份有限公司
7	工程总承包模式	设计单位牵头的 EPC 模式
8	项目建安费用	/
9	每平米造价	/
10	开竣工时间	2021 年 12 月 - 尚未竣工
11	项目进展情况	地下结构施工阶段

2. 项目概况

序号	类别	内容
1	项目地点	北京市顺义区，顺义新城第 18 街区 SY00-0018-6015~6017 地块，东至天北路，西至规划一路，南至安富街，北至规划路。
2	规划面积	规划用地面积 14.45 万平米
3	总建筑面积	24642.22 m ²
4	建筑单体数量	一栋住宅楼与配套裙房
5	建筑层高 / 层数	住宅楼层高 2.9m/15 层；配套裙房层高 3.6m/4 层
6	室内外高差	0.15m
7	装配率（依据的标准）	94.4%（《装配式建筑评价标准》GB/T 51129-2017）
8	工程质量奖项	结构长城杯金奖
9	工程安全奖项	北京市绿色安全工地
10	工程技术创新	/

3. 装配式技术配置情况

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	√	主要户型、卫生间和楼电梯单元采用标准化模块	北京市住宅产业化集团股份有限公司
	多样化组合	√	标准户型多样化组合实现户型可变方案	
	模数协调	√	柱网、开间、进深采用 3M 为主，1M 补充模数	

主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	✓	钢柱、延性墙板	承德国佑鸿路绿色建筑科技有限公司、山东万斯达科技股份有限公司、北京燕通建筑构件有限公司
	梁、楼板、阳台	✓	钢梁、预应力钢管桁架叠合板（PK板）、预制阳台	
	空调板	✓	预制空调板	
	楼梯	✓	PC楼梯 / 钢楼梯	
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	✓	UHPC 外墙板	北京燕通建筑构件有限公司
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	✓	轻质混凝土条板外墙	
	内隔墙非砌筑	✓	增韧发泡内隔墙	
	女儿墙	✓	预制女儿墙	
	围护墙与管线、装修一体化	✗	-	
内装修和设备管线	全装修	✓	设计施工一次到位	北京市住宅产业化集团股份有限公司
	干式工法楼面、地面	✓	新型装配式高承重地暖模块	
	集成厨房	✓	整体集成设计，工厂生产，现场组合安装	
	集成卫生间	✓	整体集成设计，工厂生产，现场组合安装	
	管线分离	✓	机电管线通过集成设计，敷设在四周水泥基设备管廊模块内	

4 装配式技术应用情况

4.1 建筑专业

本项目建筑面积为 24642.22 m²，建筑层数地下 2 层，地上 15 层（裙房 4 层），设计使用年限 50 年，建筑防火等级为二级，结构形式为钢框架 + 防屈曲钢板剪力墙结构体系。



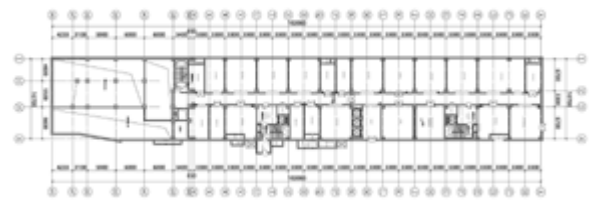
总平面图



鸟瞰图



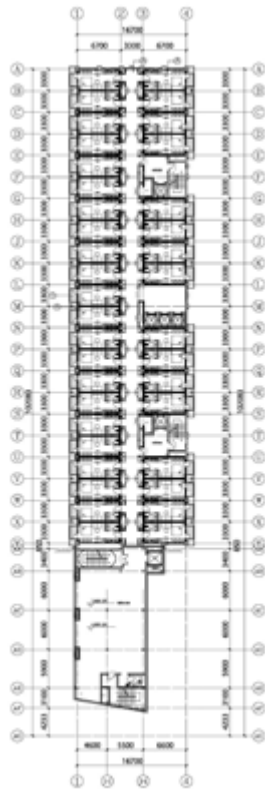
地下二层平面图



地下一层平面图



首层平面图



二-四层平面图



标准层平面图



屋顶层平面图



人视效果图



北立面图

南立面图



东立面图



西立面图

本项目设计为建筑、结构、外围护、内装、设备与管线一体化设计，通过各专业协同设计，调整结构布置，外柱外偏，增强建筑外立面造型效果，中柱偏向次要空间，室内不露梁、柱，增加室内空间利用率。柱网横平竖直，简洁合理，减少构件数量种类，预制构件规格统一，提高标准化水平，降低用钢量，同时减少加工成本和安装成本。同时，户型及方案设计时充分考虑钢结构特点，采用模块化、标准化、系列化的设计手法，通过不同模块的组合，形成多样的建筑户型。

4.1.1 标准化设计

1. 户型设计基本单元及基本开间采用模数化、标准化和系列化设计

主力户型 30 m²，每层共 38 户。

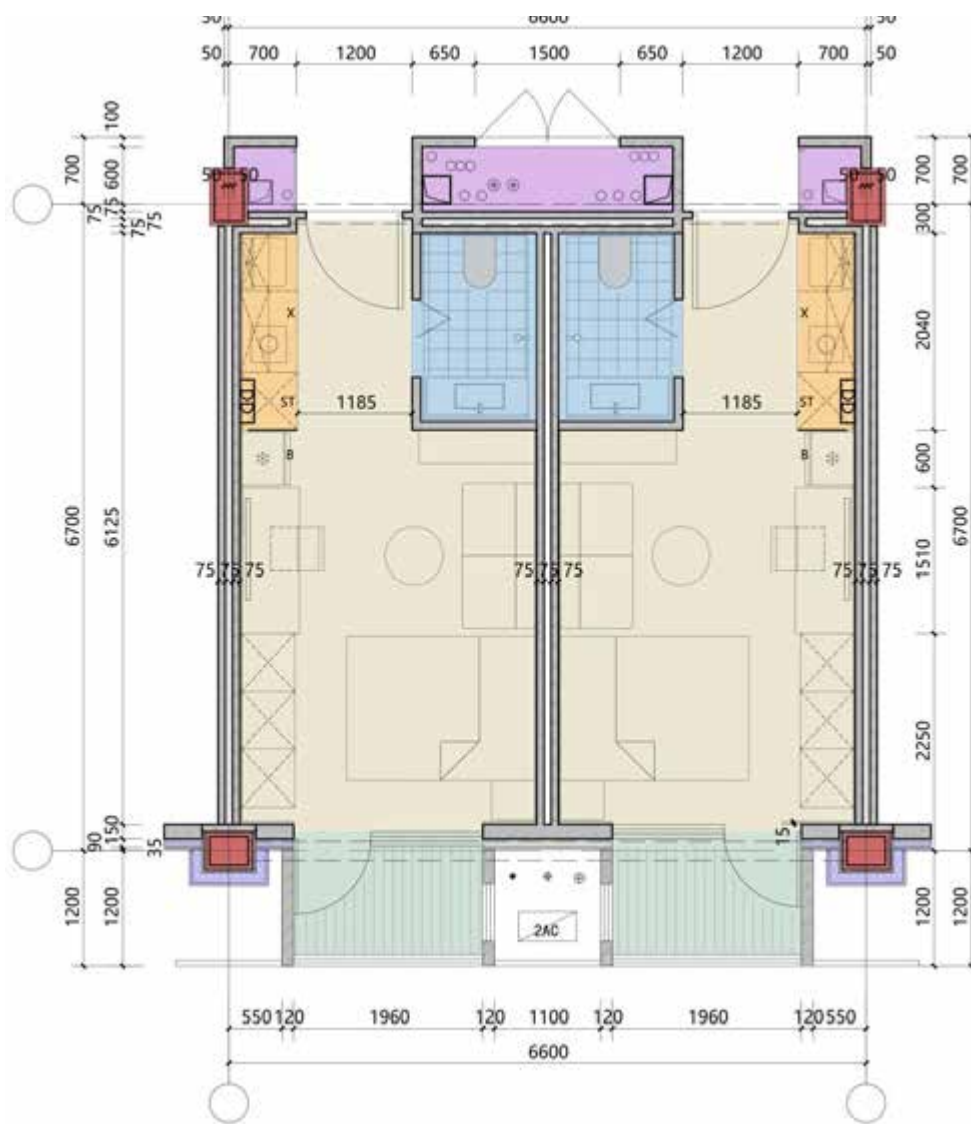
主要功能房间尺寸模数以 3M 为主，1M 为补充，单元户型面宽为 3.3m 进深为 6.6m。

户型特点：室内无凸梁凸柱：钢柱和钢梁外移，墙板包覆，保证室内空间方整；

标准化功能模块：功能模块模数化，根据不同需求实现一定程度的个性化定制；

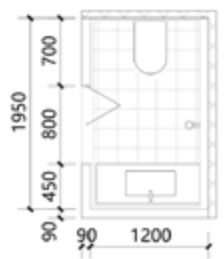
洗衣机移出卫生间：将洗衣机移至厨房模块，消除洗衣机震动带来的卫生间漏水风险，同时扩大入户空间提升使用感受；

厨房管井移出户外、电箱高位布置：释放户内空间约 3.8m³，从而优化综合及收纳模块。

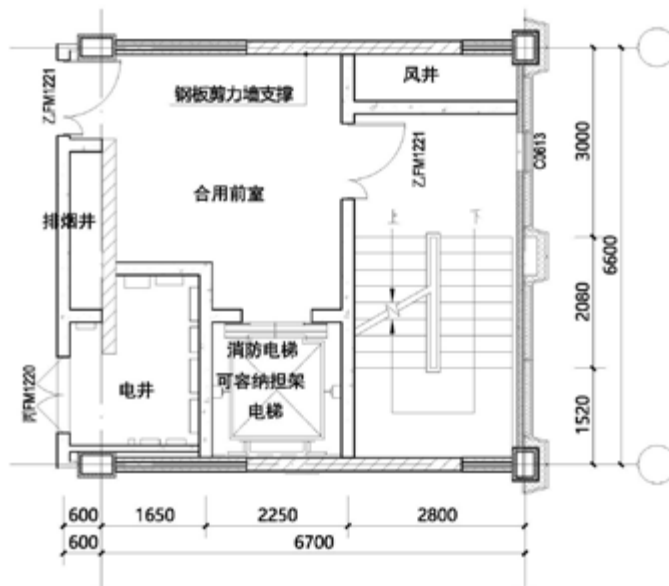


标准户型单元（图为两镜像户）

2. 卫生间单元尺寸的模数化，标准化和系列化设计

	30 户型卫生间
卫生间平面	
短向尺寸	1200mm
长向尺寸	1950mm

3. 楼电梯单元尺寸的模数化，标准化和系列化设计



4. 打造高品质住宅：对结构及墙体合理布置消除凸梁凸柱，保证室内空间方正，充分利用高度空间保证 2.9m 的层高及 2.64m 净高，提升居住品质；
充分利用钢框架结构空间灵活的优势，将标准户型合并，研发户型可变系统：



标准户型适用于单人居住，通过将两个标准户型合并可改造为 60 m² 户型一，含一室一厅一厨一卫，适用于单身或夫妻居住，改造仍使用原管井，仅对部分设备管线连接以及内部隔墙进行调整即可满足使用。



同理，通过将两个标准户型合并可改造为 60 m² 户型二，含两室一厅一厨一卫，适用于核心家庭，夫妻及子女使用，相对户型一布置较为集约，管井亦可通用，简单改造调整即可使用。



通过将三个标准户型合并可改造为 90 m² 户型，含两室一厅一厨一卫，适用于主干家庭，父母及已婚子女使用，合并后仍使用原三个标准单元的管井，除对管线连接及内隔墙调整外，对入户门及管井墙体略微调整即可满足使用。

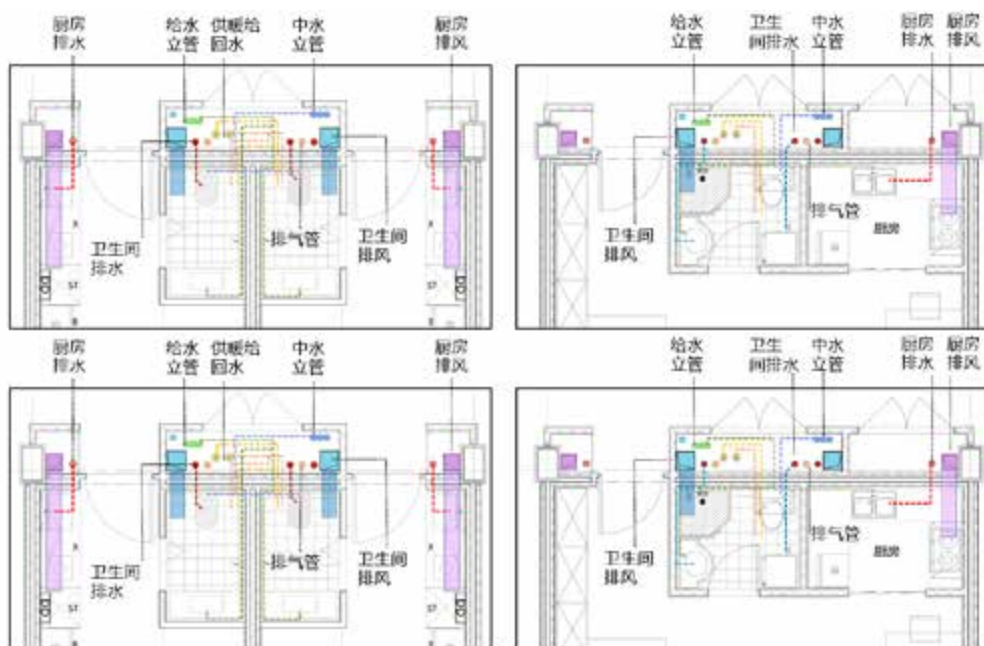


通过将同侧的四个标准户型合并可改造为 120 m² 户型一，含三室一厅一厨两卫，适用于父母、夫妻及其子女，仍使用原标准户型管井，对管线连接及内隔墙进行改造即可满足使用。



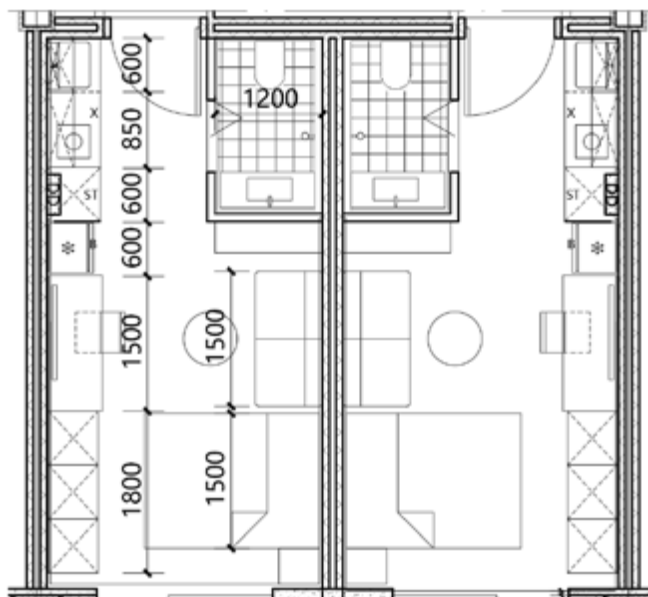
通过将尽端四个标准户型合并可改造为 120 m² 户型，含三室一厅一厨两卫，适用于父母、夫妻及其子女，仍使用原标准户型管井，改变入户位置，将部分公共，走廊空间划入室内，并对管线连接及内隔墙进行改造即可满足使用。

所有可变户型均采用统一的标准化管井。通过对管井科学的排布，充分考虑预留条件，上下层同位置可为不同户型，户型随需求改造，不受位置及上下层管线影响。



应用装配式内墙及内装体系，方便拆改，针对家庭不同生命周期对住房的需求改造合并为大户型，满足居住要求的个性化订制，减少后期运维成本，减少后期施工污染，建设绿色低碳的可持续使用模式，为住宅全生命周期赋能。

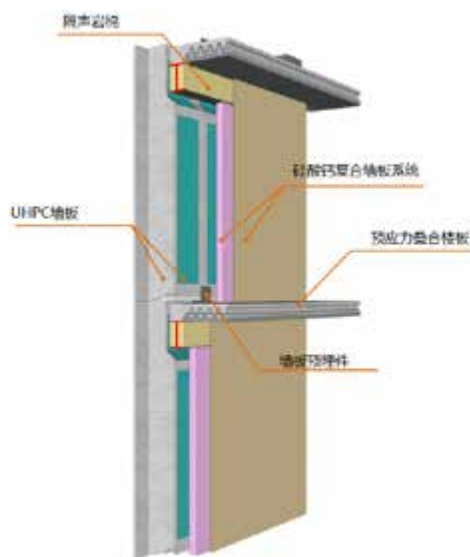
5. 采用模数化厨卫模块及起居模块，可根据需求实现一定程度的个性化定制。
模数多为 3M



4.1.2 主要部品构件设计

1. UHPC 外墙板体系

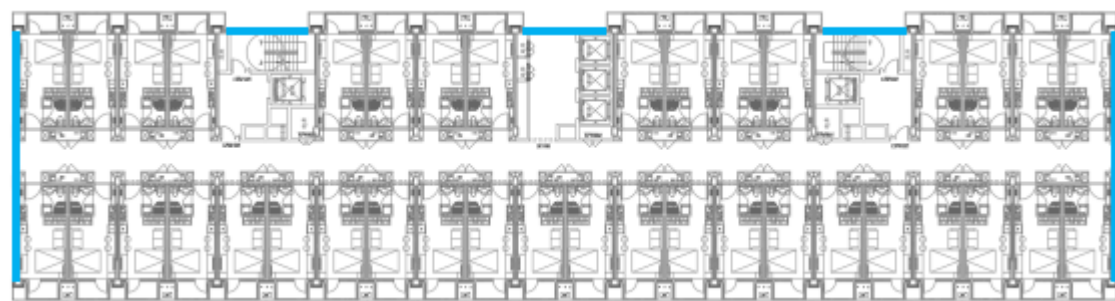
主要特点：外围护厚度 140，面密度：125Kg/m²；
保温内置与内装墙板复合，外围护进一步轻量化；
外墙板耐久性、可塑性强；
合理调整板型，有效消隐梁柱；
可实现不同颜色的清水外立面效果，省去涂料工序减少污染。



墙身模型



样板照片



UHPC 外墙板使用位置

2. 轻质混凝土条板外墙体系

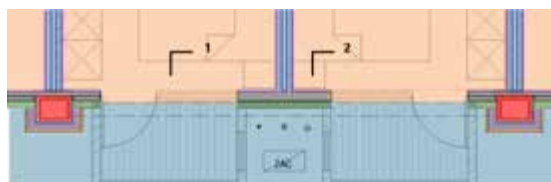
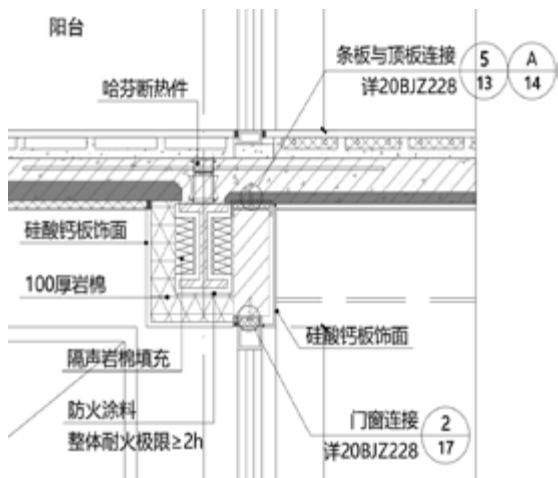
主要特点：根据平面特点优选外墙体系，选用 A 级材料包覆梁柱，节省防火涂料成本；

钢梁外移，消除凸梁凸柱，并填充隔声岩棉消减金属传声，楼板与墙板直接连接，节点部分采用吊挂式节点，柔性材料嵌缝，增加随动性能，减少震动及温度应力对接缝处影响，增加耐久性；

采用统一尺寸的梁壳柱壳，保证梁壳柱壳的连贯性与整体性，充分考虑与装配式阳台构件的对位关系，简化构件种类与数量，便于施工提高生产效率；

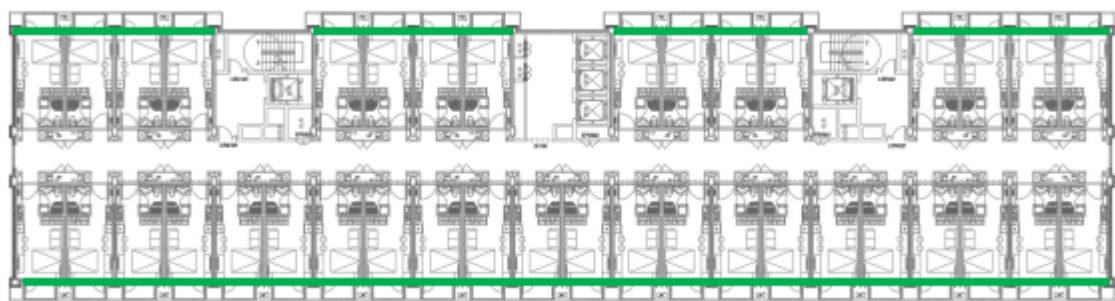
轻质混凝土条板可与保温及内外装饰面复合在工厂生产，减少现场施工污染，现场施工快捷便利；

采用哈芬断热件内部可填塞岩棉且不影响钢筋锚固，有效消减楼板处热桥效应。



1-1 剖面

2-2 剖面



轻质混凝土条板使用位置

3. 增韧发泡内隔墙体系：

主要特点：基于钢结构体系研发的新型预制混凝土内墙板，并且已有完整生产线；

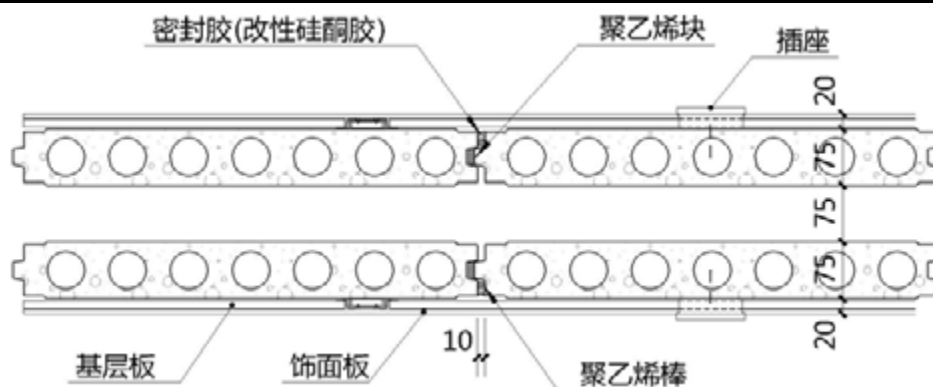
内部圆形空腔部分可走管线，空腔可有效隔声，一侧空腔灌浆后可直接固定门窗；

轻质高强，面密度较现行规定减轻 50%，抗压强度提高 30%；
采用双层隔墙板夹 75 空气层做法，底部通过可调支座固定并砂浆罐实，
顶部通过聚乙烯塑料条及密封胶嵌缝，可有效减缓接缝处开裂且较常规钢筋混凝土分户墙隔声
效果提升 10%，满足下列规范：

北京市住宅设计规范 DB11/1740-2020，第 8.4.2 条

规范要求：分户墙、户内墙的隔音量均为大于或等于 50 分贝

8.4.2 分户墙、分户楼板的空气声隔声性能应符合下列规定：
1 分户墙、分户楼板，空气声计权隔声量 + 粉红噪声频谱修正量 ($R_w + C$) 应大于 50dB；
2 分隔住宅和非居住用途空间的楼板，空气声计权隔声量 + 交通噪声频谱修正量 ($R_w + C_{tr}$) 应大于 51dB。



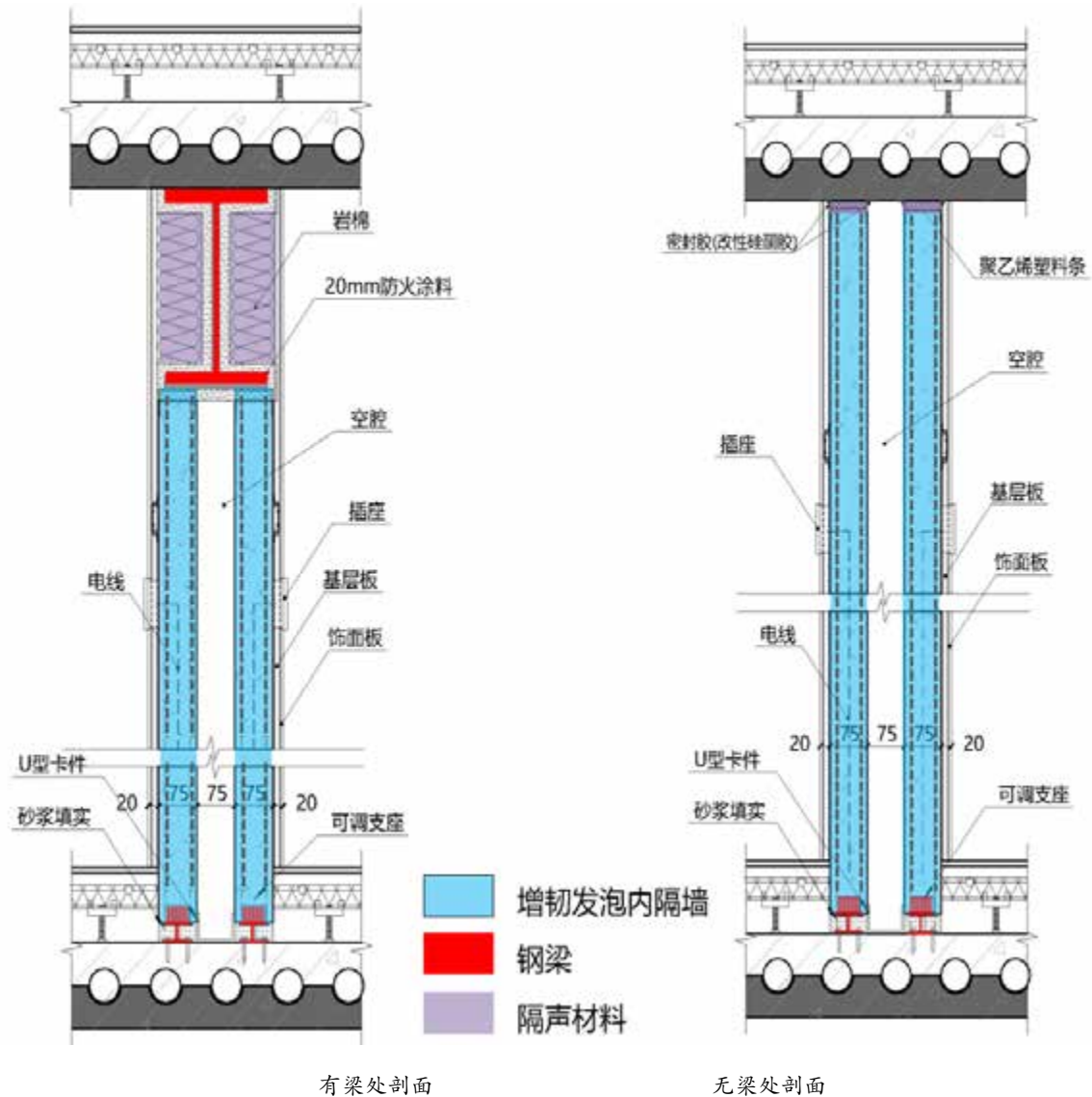
分户墙平面图



增韧发泡内隔墙板使用位置



增韧发泡内隔墙板及可调支座



4.2 结构专业

本项目包含主楼和商业配楼两部分，主楼部分地下2层，地上15层，地下部分为钢筋混凝土结构，地上部分采用钢框架-防屈曲钢板剪力墙结构体系，商业配楼部分地下2层，地上4层，地下部分为钢筋混凝土结构，地上部分为钢框架结构，主楼与配楼设有抗震缝，其中钢柱内灌自密实混凝土，有利于结构的隔声和防火问题。基础形式为筏板基础，设计使用年限为50年，结构的安全等级为二级。抗震设防类别为丙类，基础设计等级为一级，钢结构地下一层及上部抗震等级均为二级，地下二层抗震等级为三级，地下室防水等级为一级。

项目中对钢梁、钢柱、钢板剪力墙截面尺寸进行了归并，提高钢构件的标准化程度，从而提高生产效率（截面类型及材料尺寸如下所示）；

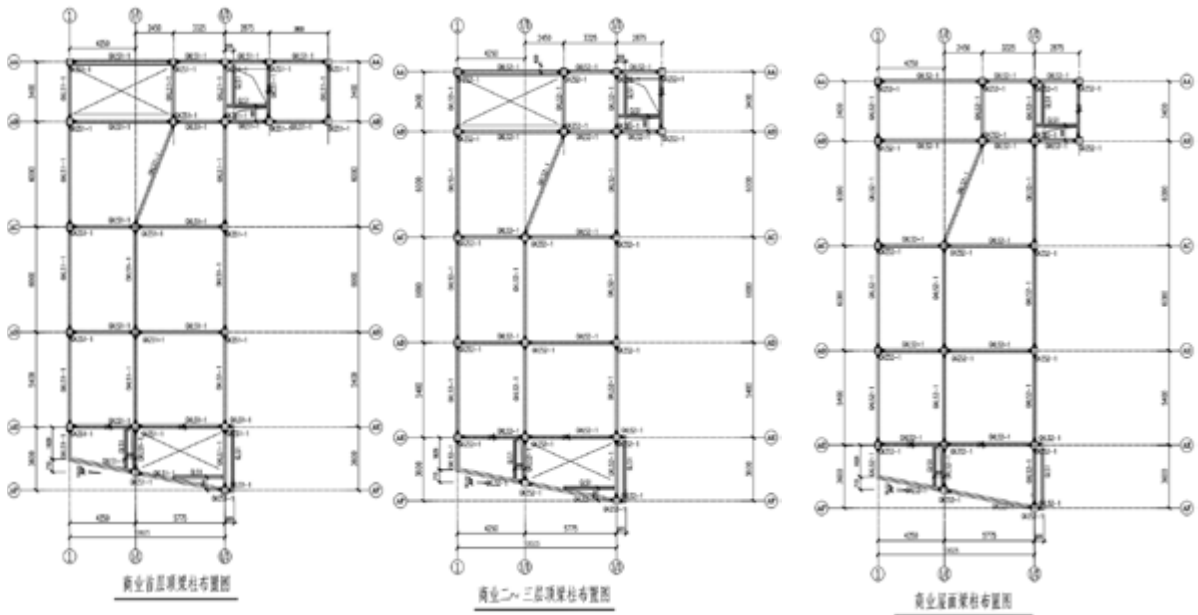
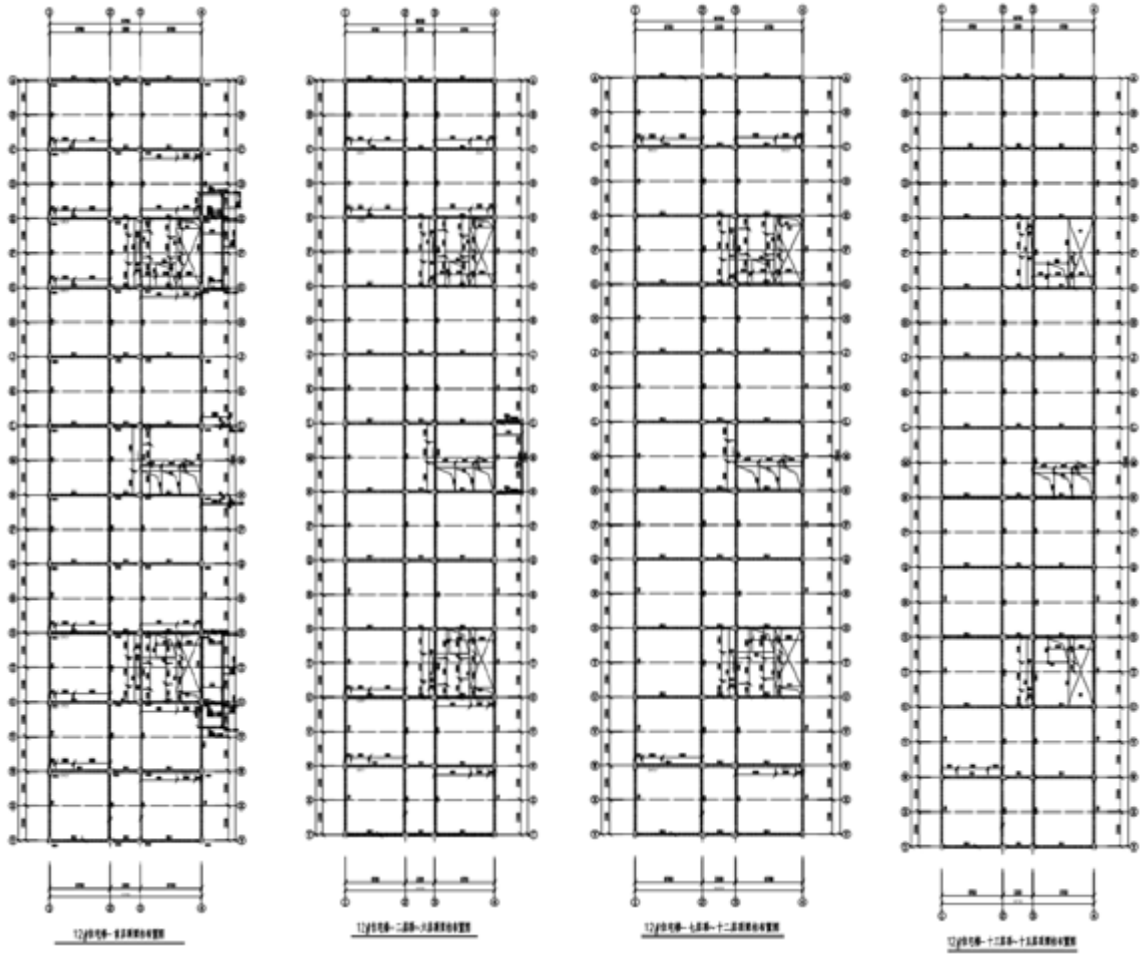
主楼框架柱：400x600、400x500 两种截面，材质 Q355B；商业配楼框架柱：400x400 一种截面，材质 Q355B；

主楼框架梁：200x300、200x350、200x400、200x430、200x500 五种截面，材质 Q355B；

商业配楼框架梁 200x500、200x700 两种截面，材质 Q355B；

钢板剪力墙：2100x10 和 2500x10 两种截面，材质 Q355B；

用钢量：85kg/m²。



4.2.1 预制与现浇相结合的结构设计（预制率）

根据《北京市发展装配式建筑 2017 年工作计划》的规定，钢结构单体建筑不需要进行预制率的计算。楼板采用大跨度预制预应力叠合楼板—预应力钢管桁架叠合板（PK 板），该楼板长线台自动化生产，生产效率高，底板自重轻，板幅大，可实现双向板受力，安装方便工业化程度高，并且耐久性抗裂性能好，下图分别给出了 PK 板及其生产设备。本项目标志板跨 6600x6700mm，板厚 160mm（预制 PK 底板厚 40mm）；水平构件叠合面积比 82.2%。

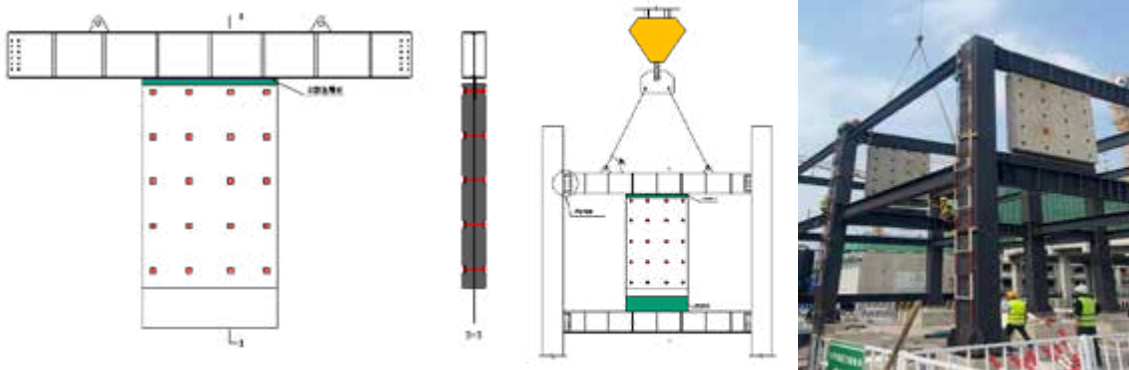


4.2.2 抗震设计

钢框架本身具有较好的变形能力和抗震性能，但其刚度较弱；防屈曲钢板墙可以在小震时为钢框架提供较大的附加刚度，大震时提供附加刚度和附加阻尼，两者的有效结合，实现刚柔相济、韧性十足的结构体系（钢框架—防屈曲钢板剪力墙体系），可以更好地满足抗震设防三水准的性能目标。

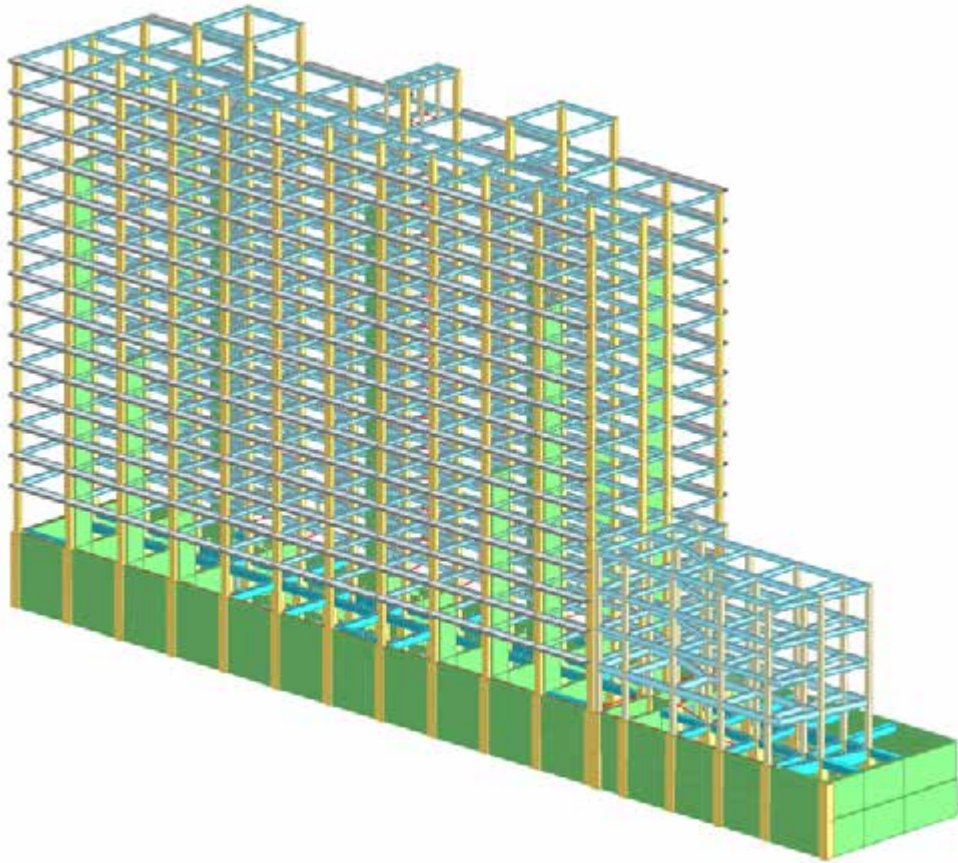
该项目场地类别二类；地震烈度为八度（0.2g），上部结构采用钢框架—防屈曲钢板剪力墙结构体系，抗震等级二级；地下部分为钢筋混凝土结构，地下一层抗震等级为二级、地下二层抗震等级为三级；钢框架与混凝土交接处设置型钢混凝土柱过渡层，过渡层设置在地下一层；嵌固端在地下室顶板处。

防屈曲钢板剪力墙的安装工艺：（1）是防屈曲钢板与鱼尾板工厂预拼装，通过高强螺栓与焊接综合拼接的方法，既满足了施工的便利性，又解决了摩擦噪声问题；（2）施工现场搭设胎架将预制混凝土板与钢板组装，此种安装方法是出于施工精度的考虑，保证螺栓的顺利安装；（3）防屈曲钢板剪力墙与上部钢框架焊接组装，采用双鱼尾板连接保证了防屈曲钢板的垂直度；（4）整体起吊安装带有钢框架梁的钢板剪力墙。



(a) 防屈曲钢板墙与钢框架梁拼装立面图

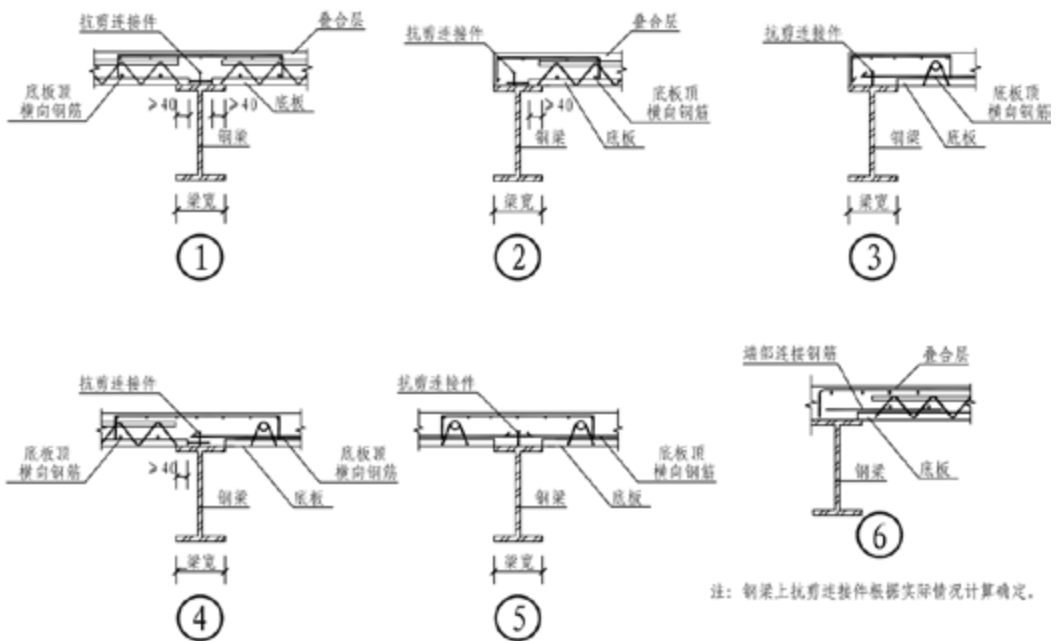
(b) 钢板剪力墙吊装图



(c) 结构整体模型

4.2.3 节点设计

(1) PK板与钢框架的连接节点



(d) PK板与框架梁连接节点

(2) 防屈曲钢板与钢框架的连接节点

4.3 水暖电专业

4.3.1 给排水专业技术

1. 利用钢框架结构灵活布置优势，合并原结构体系下的管井，增加使用空间。
2. 为研究后期户型可变性，为户型合并改造预留条件，设计通用型管井并预留排污水管，满足改造后不同位置的厨房及卫生间下水管接入。
3. 同层排水对结构以及环境的影响：12# 采用同层排水，大量减少打洞数量，减少碳排放。
4. 采用给水分水器系统，升级原铝塑复合管为 PE-Xa，解决了铝塑复合管两种材料结合伸缩率不同所带来的问题，同时规避了铝制材料折弯易损的问题。新型给水材料具有自我记忆复原功能，连接更可靠，更抗折弯，后期漏水风险大幅降低。

4.3.2 暖通专业技术

1. 地暖模块及地暖管线采用装配式装修，满足《装配式装修工程技术规程》，地暖系统的安装敷设成体系，大幅度提高施工效率，缩短工期。

供暖立管至地暖分集水器之间管道敷设在装配式地面构造架空层内，地暖盘管敷设在架空层上部的地暖专用模块内。采暖系统与主体结构分离，且不影响主体结构安全。安装采用干法施工，作业环境无污染。

2. 外墙空调预留洞口满足结构设计要求，洞口在构件生产过程中提前预留好，不在结构构件安装后再行钻孔、打洞，方便施工。

4.3.3 机电专业技术

结合装配式装修体系，利用公共区域走廊架空地板的空腔，将原有的现浇层预留套管后期穿线的敷设方式改为穿电气套管明敷；既保证各层公区走道内净空高度及美观需求，又实现了管线分离；大幅提升实施效率，也便于后期检修。

4.4 全装修技术应用

4.4.1 装配式装修设计思路

1. 结合钢结构体系特征

装配式装修设计整体结合钢结构体系特征，选用可匹配钢结构变形系数较大的装配式装修体系，有效解决装配式装修系统与钢结构连接问题，不破坏原有钢构件防火体系，加强隔声处理。

2. 一体化设计

装配式装修与建筑、结构及机电等专业协同精细化设计及一体化设计，结合全装修功能空间需求及空间尺度合理性，整体优化户型平面。

结合装配式装修体系需求及设备点位功能需求，整体优化装配式装修。综合考虑门窗收口、各空间墙地顶交接构造处理。综合考虑预留预埋条件及装配式装修合理实施需求。

3. 基础构造稳定

装配式装修基础系统选用应用成熟、集成度高、标准化高、稳定性强的构造体系，确保装配式装修基础构造稳定可靠，同时预留标准接口，可适配多种饰面及部品，满足全装修功能需求及后期功能升级。

4. 饰面开放

装配式装修基础构造稳定可靠，饰面开放多样，可选常规装修中成熟饰面材料，提高使用客户对饰面层的满意度。同时开放使用通用饰面材料，供应稳定成本可控，有利于项目成本控制及实施供应保障。

5. 通用部品接口标准化

装配式装修在基础构造稳定饰面开放的基础上，优先选用可提供通用部品标准化接口的技术体系，结合现有成熟稳定的通用部品市场，可以实现成本可控，项目实施供应稳定，后期客户更新便捷。

4.4.2 装配式装修技术体系

1. 装配式隔墙系统及墙饰面系统

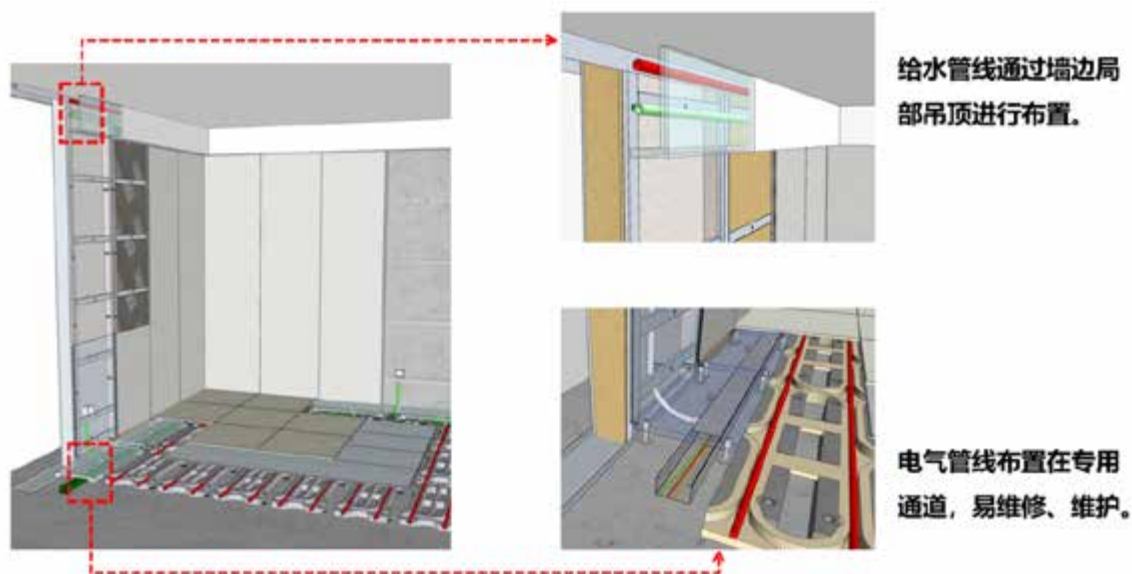
装配式装修隔墙系统运用模块化隔墙，由工厂制造后现场整体拼装，高度集成，省去多道复杂工艺，并且后期便于拆卸利于维修，作业环境友好，无污染无垃圾。模块中架空层增加减震隔音构造，减少墙面空鼓感。墙饰面系统可兼容壁纸、壁布及 PVC 膜等行业内所有饰面材料，达到饰面全开放原则。



模块化隔墙图示

2. 装配式地面系统

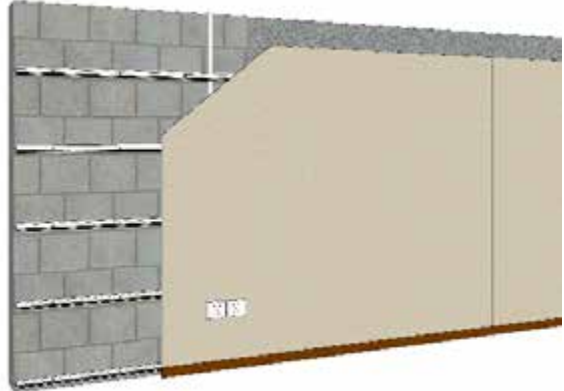
装配式地面系统采用新型装配式高承重地暖模块，免架空，脚感踏实无空鼓，可兼容多种饰面材料，达到饰面开放。机电管线通过集成设计，敷设在四周水泥基设备管廊模块内，方便后期检修维护。



装配式地面图示

3. 集成厨房

集成厨房墙面采用装配式干挂墙面，采用龙骨干法找平，饰面采用装配式墙板。装配式墙板系统选用硅酸钙板基材，工厂整体完成 UV 涂装后于现场组合安装。地面采用装配式高承重地暖模块，吊顶采用铝扣板吊顶。整体通过模块化设计，工业化生产，装配式安装的手段，达到了提高安装效率，减少现场施工垃圾降低污染的目的。



装配式干挂墙面图示

4. 集成卫生间

集成卫生间墙面采用装配式干挂墙面，饰面采用装配式饰面（同厨房）。地面系统采用卫生间整体防水底盘，主要材料为镀锌钢板、硅酸钙板及 ABS 防水底盘。整体集成设计，工厂生产，现场组合安装，提高安装效率，减少现场施工垃圾，降低污染。

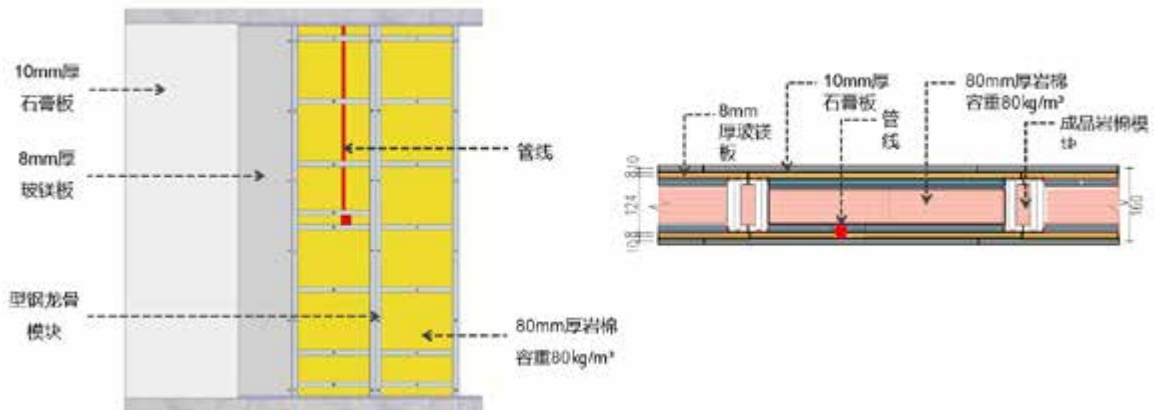


集成卫生间图示

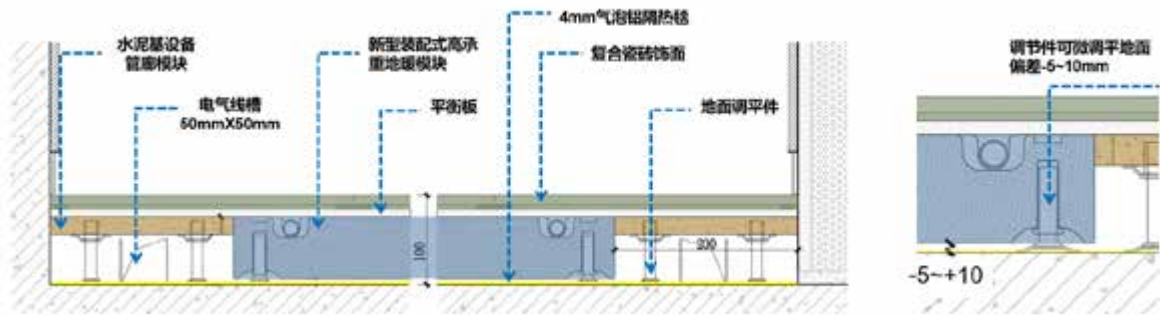
5. 设备管线

设备管线全面实施管线分离。其中，给水系统采用给水分水器系统，材料为铝塑复合管，连接可靠，抗折弯，后期漏水风险大幅降低。

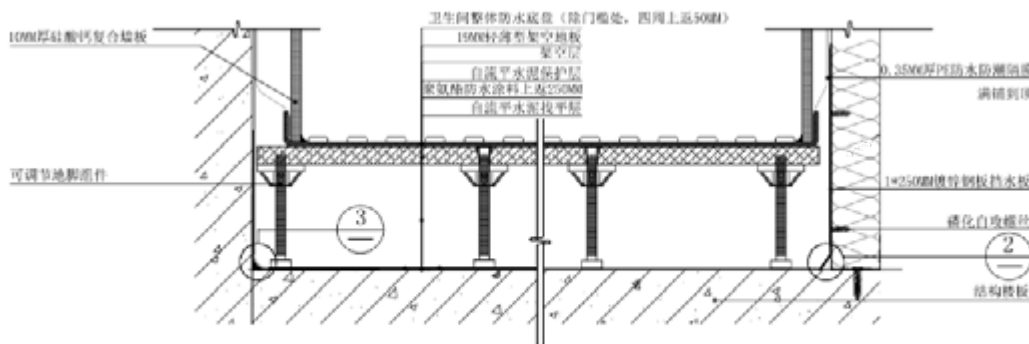
4.4.3 装配式装修实施重点技术详图及节点



模块化隔墙构造节点



装配式地面构造节点（非卫生间）



B 卫生间整体防水底盘（淋浴区地面）
SCALE 1:4

卫生间地面构造节点

4.5 信息化技术应用

本项目拟采用基于BIM的全生命周期智慧管理平台进行管控，以BIM技术为中心，通过信息化手段联通项目的设计、采购、施工等环节，通过平台的信息流转，实现BIM模型一模到底的应用策略，提高各个阶段的协同工作效率，为各个节点的决策提供科学的依据。主要应用点如下：

序号	应用点	应用描述
1	设计方案优化	通过BIM模型，对项目进行管综分析、净高分析等应用，并通过管理平台流转优化结果到各个设计师，提高协同效率
2	复杂节点钢筋碰撞检测	通过BIM模型对复杂节点进行碰撞检测，优化钢筋排布顺序
3	钢结构深化及出图	在设计模型基础上，进行钢结构深化，并生成加工图和安装图纸
4	工程量统计及指导采购	深化后的模型上传至管理平台，自动统计构件的工程量，并生成下料清单和加工数据，实现与数控机床的数据对接，进行自动化加工
5	构件吊装模拟	在平台上通过BIM模型进行构件的吊装模拟，并将吊装顺序同步给构件厂，构件厂根据现场安装顺序安排构件的生产和运输，实时把控生产和运输状态，减少二次倒运等问题
6	二维码应用	每个构件都有专属二维码，通过二维码对相关构件进行信息查询，构件定位、构件跟踪、构件问题创建等工作
7	表单审批管理	通过平台对项目中的审批文件进行管理，并设置相应流程，对流程进行动态实时监控
8	质量安全管理	通过平台将现场实际质量安全问题与BIM模型挂接，通过平台实现闭环管理，保障问题的可追溯性

5 构件生产、安装施工技术应用情况

因项目未进入钢结构施工阶段，构件安装施工过程照片需待后续补充，创新工艺及示意图详见：

4.1.2 主要部品构件设计。

6 经济效益分析

通过对传统钢筋混凝土剪力墙结构体系住宅与装配式钢结构住宅的造价对比，分析经济效益。

6.1 成本分析

造价增量及原因见下表：

序号	项目名称	装配式钢结构住宅单方造价 (元/m ²)	传统住宅单方造价 (元/m ²)	差额 (元/m ²)	备注		
1	主体结构	(新体系) 钢梁柱	870.22	0.00	870.22	新体系内外墙为UHPC、RFC条板，比传统住宅全现浇钢筋混凝土墙造价减少135.74元/平方米	
		(传统住宅) 现浇钢筋混凝土内外墙	0.00	403.35	-403.35		
		(传统住宅) 现浇内外墙模板	0.00	93.64	-93.64		
		(新体系) 内外墙板	361.25	0.00	361.25		
		预制叠合楼板	104.70	104.70	0.00		无变化
		预制楼梯、阳台、栏板及空调板	145.54	145.54	0.00		无变化
2	保温	(传统住宅) 外墙保温系统	0.00	118.01	-118.01	新体系为内墙保温，比传统住宅外保温减少74.6元/平方米	
		(新体系) 内墙保温系统	43.41	0.00	43.41		
3	措施项目	垂直运输	40.00	38.50	1.50	钢结构体系垂直运输(塔吊)费用增加1.5元/平方米	
4		规费	41.58	25.58	16.00	用工量增加，规费相应增加	
5		增值税(9%)	144.60	83.64	60.96	税金相应增加	
6		单方造价合计	1,751.30	1,012.96	738.34		

新体系对比传统钢筋混凝土剪力墙结构增加成本包括：钢结构造价870.22元/m²，塔吊费用1.5元/m²，规费及税金增加。降低的成本包括：内外墙板135.74元/m²，保温74.6元/m²。

6.2 用工分析

新体系比传统住宅用工量增加0.98工日/平方米。

6.3 用时分析

对比装配式建筑项目与传统建筑项目的施工工期，并分析原因。

7 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

装配式建造与传统建造方法对比，装配式钢结构住宅在节地、节能、节水、节材和环境保护等方面有着显著的优势。与传统钢筋混凝土结构相比，钢结构住宅自重较轻，可有效减小地震作用，减小了基础的配筋，减少了基础造价。钢材在生产加工阶段的总能耗和碳排放方面也低于混凝土材料。

装配式钢结构住宅作为绿色建筑体系，主要以干式施工为主，混凝土用量少，可以大幅减少水泥生产阶段的污染，减少矿石的开采。在施工工程中模板使用量大幅减少，节约了木材的消耗。本项目最大程度实现了构件工厂化生产，包括钢构件、预制混凝土构件和集成式楼地面等，提高了建筑材料的可回收性，减少了混凝土湿法作业，节约了大量水资源，减少了废水、粉尘等污染，大幅减少了建筑垃圾的产生。钢结构的安装以栓焊连接为主，相比于混凝土浇筑和振捣，降低了施工噪声，避免了扰民情况的出现。

7.2 碳排放对比分析

本项目碳排放量计算按照《建筑节能与可再生能源利用通用规范（GB55015-2021）》计算。

各阶段过程排放量	装配式钢结构建筑	现浇混凝土结构建筑	备注
建材生产阶段碳排放量	462.42kgCO ₂ e/m ²	308.25kgCO ₂ e/m ²	
建材运输阶段碳排放量	4.25kgCO ₂ e/m ²	5.43kgCO ₂ e/m ²	
建造阶段碳排放量	6580.48kgCO ₂ e/m ²	38858.14kgCO ₂ e/m ²	
汇总	7047.15kgCO ₂ e/m ²	39171.82kgCO ₂ e/m ²	
差异对比	$x = (39171.82 - 7047.15) / 39171.82 \times 100\% = 82.0\%$ 由此计算得出：钢结构建筑与混凝土结构建筑相比，碳排放量减少 82.0%。		

项目六：黑庄户定向安置房项目 4# 钢结构住宅楼项目

1. 基本信息

1	项目名称	北京市朝阳区黑庄户定向安置房项目 4# 钢结构住宅楼
2	建设单位	北京住总房地产开发有限公司
3	设计单位	北京市住宅建筑设计研究院有限公司
4	施工总承包单位	北京住总集团有限责任公司工程总承包部
5	监理单位	北京光华建设监理有限公司
6	工程总承包模式	EPC
7	项目建安费用	1.2 亿元
8	每平方米造价	4286 元
9	开竣工时间	2017.6.2 ~ 2021.3.30
10	项目进展情况	已竣工
10	项目进展情况	主体完成

2. 项目概况

序号	类别	内容	
1	项目地点	北京市朝阳区黑庄户乡郎辛庄路	
2	规划面积	23.16 公顷	
3	总建筑面积	27904.88 m ²	
4	单体建筑面积	地下 4# 楼 919.20 m ²	地上 4# 楼 26985.68 m ²
5	建筑单体数量	15 栋住宅楼	
6	建筑层高	住宅层高 2.8m	
7	室内外高差	450mm	
8	装配率（依据的标准）	70.8%（《装配式建筑评价标准》GB/T 51129-2017）	
9	工程质量奖项	2017-2018 年度建筑（结构）长城杯金质奖工程，2018 年度北京市工程建设质量管理小组活动成果 I 类	
10	工程安全奖项	2017 年度北京市绿色安全工地	
11	工程技术创新	专利：获得 7 项专利实用新型专利《一种高层钢结构住宅结构施工期间随层倒料平台》、《一种轻钢龙骨石膏板承重隔墙》、《建筑屋面室外露明钢柱的包封结构》、《一种加气混凝土板外墙的外窗安全护栏的安装结构》、《钢结构住宅室内钢梁的包封结构》、《钢结构住宅外墙钢梁的包封结构》、《一种加气混凝土装配式墙板的安装结构》，1 项发型专利《钢结构住宅钢梁的包封结构》已受理	

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	√	交通核模块采用统一的开间尺寸	
	多样化组合	x		
	模数协调	√	结构构件柱网、开间、进深采用2M	北京住总钢结构工程有限责任公司
主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	√	钢柱、钢支撑	北京住总钢结构工程有限责任公司
	梁、楼板、阳台	√	钢梁、可拆式钢筋桁架楼承板	北京住总钢结构工程有限责任公司 北京多维金属建筑系统有限公司
	空调板	√	可拆式钢筋桁架楼承板	北京多维金属建筑系统有限公司
	楼梯	√	钢楼梯	北京住总钢结构工程有限责任公司
外外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	√	蒸压加气混凝土条板	北京金隅加气混凝土有限责任公司
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	x	铝板幕墙，岩棉采用粘贴	上海茂利幕墙装饰工程有限公司
	内隔墙非砌筑	√	蒸压加气混凝土内隔墙条板	北京金隅加气混凝土有限责任公司
	女儿墙	x	现浇钢筋混凝土女儿墙板	北京住总集团总承包部
	围护墙与管线、装修一体化	√	在蒸压加气混凝土内隔墙外敷轻钢龙骨石膏板	北京金隅加气混凝土有限责任公司 北京京东和润建筑材料有限公司
内装修和设备管线	全装修	√	设计施工一次到位	
	干式工法楼面、地面	x	现浇楼地面做法	
	集成厨房	x	未采用集成厨房技术	
	集成卫生间	x	未采用集成卫生间技术	
	管线分离	x	管线分离比例达不到评价标准要求	

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

1. 对建筑专业设计简单描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；

本项目发挥钢结构住宅特点，注重与小区整体风格统一，建筑风格挺拔有力、富于工业化气息；结合钢柱外凸的特点，以不同饰面颜色形成韵律效果 细致推敲洞口、色块的比例尺度，辅以装饰线脚，使建筑立面更加丰富。

采用大开间的钢框架-钢支撑结构体系，柱网连续，平面形状规整，结构受力合理，减少用钢量。按框架柱网划分单元户型，分户墙设在框架梁处，避免。



住宅平面由标准户型模块组合拼接

框架梁露明；框架单元内不设次梁，空间灵活划分，满足建筑全寿命周期的空间适应性。采用轻钢龙骨内隔墙和贴面墙，内置管线，管线与主体结构分离，方便装修改造。

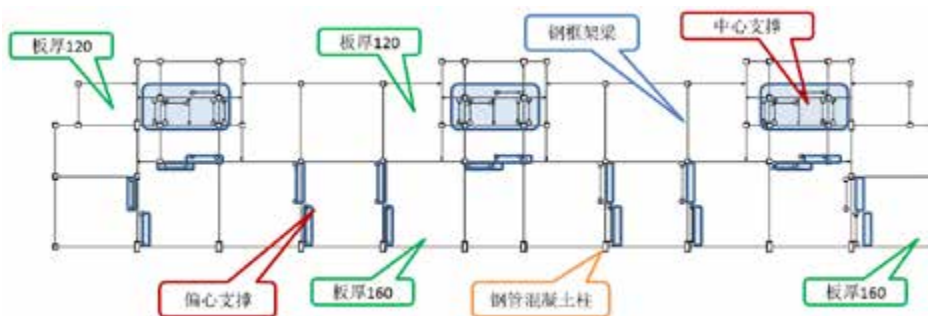


2. 标准化设计情况简单描述：

本项目高层钢结构住宅平面采用标准化、模块化、系列化设计方法，纯南一居和南北通透二居，两种户型标准模块，组合拼接成组合体平面；在东西两端和中间局部，使用非标准户型模块；核心筒均为标准模块。

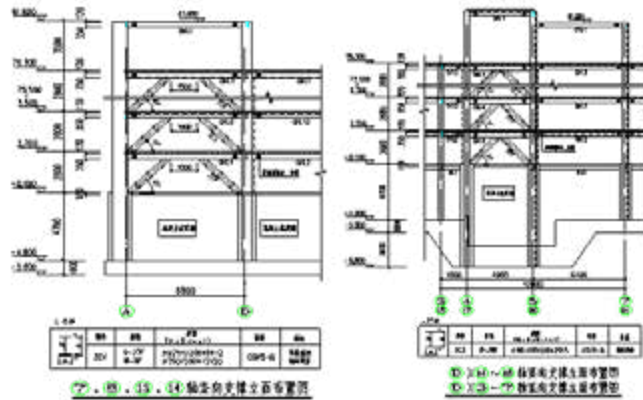
4.2 结构系统

1. 对项目的结构设计简单描述，如基础设计、结构体系（钢柱、钢梁、楼板、楼梯、抗侧力构件）等描述，配置相应的CAD图片、效果图、现场实图等；



标准层结构平面示意图

本工程主体结构选用钢框架-支撑体系，主要考虑该体系技术成熟，应用广泛；受力明确，施工速度快；节点构造相对简单。本工程支撑体系既采用中心支撑作为结构体系的第一道防线，抵抗水平风荷载及地震作用；钢框架除了受竖向轴力，同时也作为结构体系的第二道防线，抵御水平力，由此钢框架和钢支撑共同形成的抗侧力体系。



结构立面示意图



钢柱



钢筋桁架楼承板

2. 体系的优缺点描述:

钢框架-钢支撑结构体系，其技术成熟，受力明确，施工安装便捷，能够有效地保证结构安全，采用双重抗侧力体系，单一材料，经济性较好，装配化程度较高。

该结构钢支撑部位包封做法存在问题，因为钢支撑处为人字形或者八字形，采用加气条板封堵会产生较多裁切碎板，因此采用加气砌块进行钢支撑处墙体填充，后期需要采用岩棉板和轻钢龙骨石膏板进行墙体包封，墙体构造稍复杂。

3. 改进意见描述:

在前期做好钢结构住宅整体设计工作策划，对于部分构造节点可以更好的优化。

4. 推广意见描述:

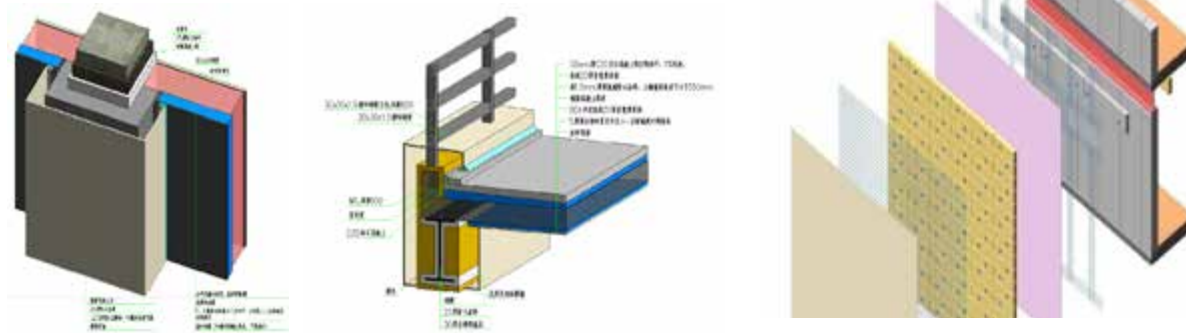
该项目为高层钢结构住宅楼，应用了成套的钢结构住宅相关技术，在北京 8 度抗震区，其结构高度近 80 米，在结构和建筑设计方面具有许多特殊性，为今后北京地区高层钢结构住宅建设积累了经验，提供了技术借鉴。

4.3 外围护系统

1. 对项目的外围护设计简单描述，如外围护部品的节点构造设计，配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等;

本项目外围护系统采用加气外墙板+粘贴岩棉带薄抹灰+石膏板贴面墙和加气外墙板+幕墙系统+岩棉板保温层+石膏板贴面墙。粘贴外保温层柔性好，保温层表面的抹灰层较薄，系统的抗变形能力较强，适合钢结构住宅外墙变形较大的特点。保温层现场裁切，节点处理灵活，施工简单。综合成本较低，低于粘贴保温装饰一体板及复合保温板灌浆等做法，适合本项目保障房的定位。幕墙系统具有较好的抗变形能力，能够适应钢结构住宅的较大变形；岩棉保温层固定在幕墙空腔内，

无风荷载影响，安全性和耐久性均有保证。



幕墙包覆钢柱钢梁

粘贴岩棉带外保温做法示意图

2. 体系的优缺点描述；

本项目外围护系统所采用技术在北京已有实例，通过外围护系统相关实验保证了加气墙板粘贴薄抹灰外保温的可靠性。两种外围护系统的结合较好的满足了钢结构钢柱钢梁包封和外围护系统防水、保温、装饰的多种功能要求。

本项目做为高层钢结构住宅，位移变形较大，加气混凝土外墙质地较松软，增加了粘贴岩棉外保温层的技术难度；幕墙系统与粘贴外保温做法相比成本较高。

3. 改进意见描述；

优化外围护系统细部构造节点，降低施工复杂性和难度，提升外围护系统施工效率。

4. 推广意见描述：

该外围护系统较好的解决了钢结构住宅外围护保温、防水、防火、装饰等多项功能需求，使外围护系统与钢结构形成良好适配性。

4.4 内装系统

1. 对项目的内装设计简单描述，如地板、墙面、顶棚等做法，并配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；

考虑本项目为回迁安置房，初装修交房的特点，本项目住宅分户墙采用 200 厚加气混凝土隔墙板，05 级；局部有钢支撑的分户墙，采用 200 厚加气混凝土砌块墙，05 级。户内隔墙采用轻钢龙骨石膏板隔墙。户内加气墙饰面均做轻钢龙骨石膏板贴面墙。公共部分隔墙采用加气混凝土隔墙板，局部管井隔墙采用轻钢龙骨石膏板隔墙。

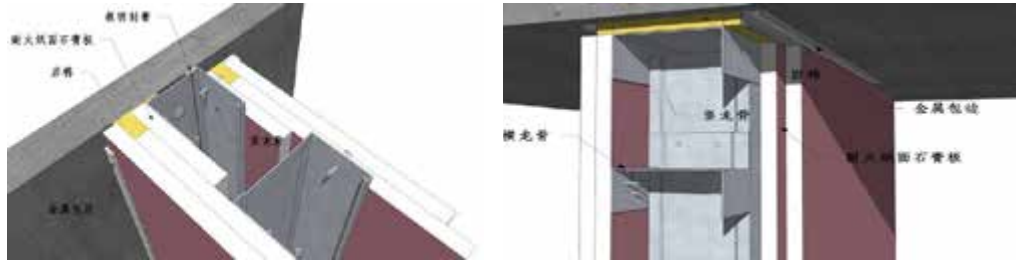
内隔墙采用石膏板贴面墙，采取了防开裂措施：增加竖向龙骨密度，采用双层石膏板，以便增加贴面墙的强度和整体性；贴面墙与周边结构之间采取滑动连接方式。



U 型卡固定加气板



钢支撑位置的隔墙采用加气混凝土砌块



石膏板墙采用滑动连接示意图

2. 体系的优缺点描述:

内隔墙采用石膏板贴面墙，能够适应主体结构较大的层间变形，避免墙面开裂；包覆钢梁钢柱，避免其在室内露明；贴面墙空腔可穿行管线，避免对墙体剔凿。

缺点是成本相对较高，占用室内空间较多。

3. 改进意见描述:

提高项目装修标准，全面采用装配式装修技术，提高内装系统干式工法应用范围。

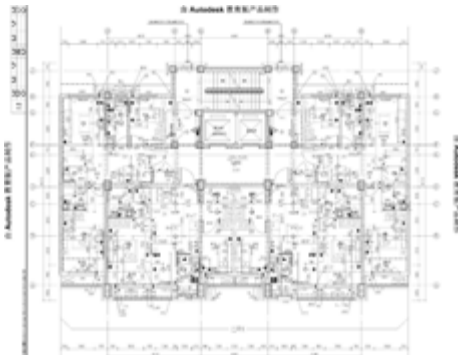
4. 推广意见描述

该项目内隔墙采用加气条板墙和轻钢龙骨隔墙，为非砌筑墙体；加气条板墙采用石膏板贴面墙，能实现部分管线分离，为后期室内墙体改造预留条件。内装做法大大减少了现场湿作业，提升施工速度。

4.5 设备与管线系统

1. 对项目的设备与管线的设计简单描述，并配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；

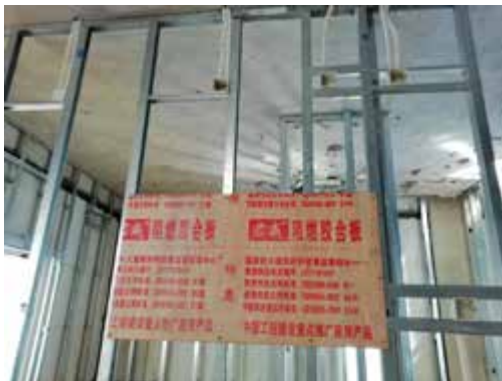
钢结构住宅为装配式建筑，土建施工和装饰装修采用装配方式，设备管线做法应与此适应，通过综合设计，做到管线与结构分离；设备管线系统应进行标准化设计，发挥装配式建筑优势，提升居住品质，方便维修和改造。



管线综合图示例



贴面墙处管线与墙板分离



垂直电管走在石膏板隔墙的轻钢龙骨之间

2. 体系的优缺点描述；

钢结构住宅为大空间框架结构，为住宅的更新改造提供了极大灵活性，钢结构住宅的设备管线应与主体结构、墙板等分离，方便住宅的改造；钢结构住宅管线与结构分离，可大幅度简化施工，加快建设速度，同时便于使用过程中的维修更换。

水平方向的管线大部分未能与结构分离，水平方向的电管设在钢筋桁架楼承板中，水平方向的给水、中水和暖气管设在楼面轻集料混凝土垫层中。

3. 改进意见描述；

提前做好内装系统的产品策划，采用同层排水和地面架空系统，更好的实现设备与管线的分离。

4. 推广意见描述

该项目管线在竖向墙体部位大部分都实现管线分离，有利于内部空间可变性调整，同时便于检修，为后期更新改造预留条件。

5. 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱安装

钢柱采用箱型截面柱，均在工厂预制生产，钢柱三层一节进行安装，焊接口留在楼层中间。钢柱建造过程基本上就是施工组装过程，钢结构安装施工是全部施工顺利进行的关键。

首先中间单元核心筒钢柱钢梁并校正，接下来由中间单元向两侧展开先钢柱后钢梁的顺序进行，在安装过程中始终以中间单元控制轴线为基准。



现场施工图

钢柱端头设置耳板，可以作为吊点，钢柱吊装安装完成后通过上下节柱耳板进行钢柱位置校正，焊接钢柱后对上下节钢柱的焊缝探伤检查，保证焊缝质量。

钢柱内采用高抛自密实混凝土浇筑，现场设置实验柱对填充密实度检验。通过特制漏斗提高了高抛浇筑质量。浇筑前清理管内积水、杂物，保证浇筑界面干净；浇筑后通过敲击法、超声波检测法等对钢柱内混凝土密实度进行检测，均满足质量要求。

5.2 钢梁安装

一节钢柱安装完成后，安装相应楼层的钢梁和钢支撑，进行结构校正后，完成钢柱焊接，再完成钢梁和钢支撑焊接、探伤检测，之后进行楼承板 1-3 层施工，最后是柱内混凝土浇筑。

钢梁与钢柱刚接，先将钢梁吊装至钢柱相应位置进行安装。对梁柱安装节点进行优化，电梯井、楼梯间四周短梁改为单夹板连接，提高了施工效率，减少现场焊缝数量。



钢梁与钢柱的连接

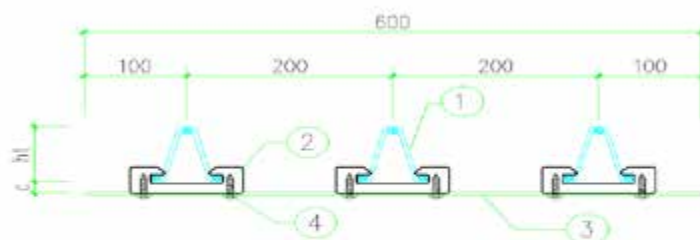
柱间支撑连接方式也进行了优化，斜支撑双夹板高强螺栓接连，取消腹板焊接，减少现场焊接量。

5.3 楼板安装

楼板采用钢筋桁架楼承板，根据开间尺寸确定楼承板尺寸，现场拼接楼板并设置临时支撑，绑

扎铺设上层钢筋后进行楼板混凝土的浇筑。现场对楼承板钢筋排布方向进行优化，由于核心筒处管线较多，尤其是钢柱根部钢筋密布顶板保护层厚度难以满足要求，通过调整桁架筋方向，避免楼板内穿管而截断断筋，保证的结构质量，同时大大提高施工速度。

现场对楼板下部临时支撑排布进行优化，减小支撑间距，增加龙骨尺寸，解决局部楼板下挠问题。



可拆模式钢筋桁架楼承板剖面图

综合以上技术改进措施，并随着工人操作熟练度提高，后期每层每段楼承板施工需用时 1-2 天。作为本项目高层钢结构住宅技术体系的技术创新，实际应用后，效果良好。

5.4 预制楼梯安装

本项目楼梯为钢楼梯，在钢质梯段上固定预制混凝土踏步板，踏步板与钢梯之间设置减震垫，解决楼梯震动噪音，提高行走舒适度。同时钢楼梯构件整体重量小与预制混凝土楼梯，符合钢结构自重轻的特点。



钢楼梯及上面安装的预制踏步板

5.5 外围护部品安装

外围护系统采用蒸压加气混凝土条板作为围护墙体。钢结构变形较大，加气条板宜采用柔性连接与主体结构进行连接，通过调研和技术研究最终采用钢管锚法进行连接。

首先进行加气条板外墙排板图设计，根据排板图在钢梁相应位置焊接角钢，考虑到外围护墙保温粘接性能和防水性能，角钢焊接在钢梁内侧，从楼栋外侧安装加气条板，安装时板缝挤满专用粘接砂浆，形成板缝内防水；墙板安装固定后外板缝应进行打专用密封胶处理，形成板缝外防水；条板与主体结构之间的缝隙沿缝长涂刷防水涂料，加强薄弱部位板缝防水。



外围护墙板安装完成

5.6 内隔墙安装

本项目内隔墙主要采用蒸压加气混凝土条板和轻钢龙骨石膏板隔墙，钢支撑处采用加气砌块进行墙体填充，加气墙体内侧包封轻钢龙骨贴面墙。条板采用U型卡法和勾头螺栓法进行连接，装配式安装方便快捷、施工速度快、质量稳定、技术成熟。

加气墙体满足住宅室内防火、隔声、保温等性能，无湿作业，墙体体系能很好适应钢结构变形，同时轻钢龙骨墙体内龙骨间可以穿管，实现管线分离，安装及维修方便，有利于户内空间改造和更新。



勾头螺栓法安装内隔墙

5.7 地板安装

本项目装修标准为初装修，地面预留垫层，由业主后期完成饰面层的施工装修。考虑到钢结构住宅隔声性能较差的因素，在楼板垫层内增加减震垫，减少上下楼层之间噪音传播，提升了钢结构居住舒适性。

6. 经济效益分析

6.1 成本分析

本项目结算总造价约1.2亿元，包括钢结构加工、钢结构安装、楼梯制作安装，外围护体系生产、安装，外饰体系生产、施工，内装材料体系及其施工，以及通风空调体系其采暖照明系统等。钢结构地上部分为28层，用钢量共计约2786.84吨。与装配式混凝土住宅相比，钢结构住宅在目前的经济条件下建安成本提高约20%~30%。

6.2 用工分析

在劳动力投入方面，钢结构高层住宅楼施工期间劳动力峰值为85人左右，普通混凝土住宅楼施工期间劳动力峰值为50人左右，劳动力投入量较大。但随着施工技术及施工机械的进步，钢结构住宅施工期间劳动力数量可逐步下降，但以目前的行业现状，钢结构住宅楼的劳动力投入量要大于其他形式的住宅工程。

6.3 用时分析

对于钢结构住宅的成本，应综合考虑建安成本和时间成本，由于钢结构住宅施工速度较快，工期较短，建设贷款可提前偿还，房产可提前使用出租，由此带来可观的经济效益：

贷款利息节约(万元) = 每层工期缩短(3天) * 28层数 / 360(天) * 工程造价12064.48(万元) * 年利率10% = 281.5(万元)

提前出租收益(万元) = 每层工期缩短(3天) * 28层数 / 360(天) * 年租金2016(万元) = 470.4(万元)

钢结构住宅的综合成本 = 工程造价（万元） - 贷款利息节约（万元） - 提前出租收益（万元）
= 12604.48 - 281.5 - 470.4 = 11852.1（万元）

结论：建设单位在本工程中因工期提升产生的利润为 281.5 + 470.4 = 751.9（万元）

综上，目前高层钢结构住宅的研究和实践在国内以及北京市鲜有先例可循，在结构体系、围护保温体系上难以由企业短期内完成深入的基础研究工作，在建造成本上较之装配式建筑结构或混凝土结构还不具备成本优势，尤其对建设单位来说，难以评价其直接、显性的经济效益，同时该项目的研究与实践并无先例可寻，其建造过程中相应的建造成本增加是必然的。

然而，钢结构住宅在建筑垃圾减量等绿色施工方面的间接经济效益要明显高于传统混凝土建筑，而且参照装配式混凝土结构方式，由于钢结构建筑的天然装配式优势，在钢结构住宅实施规模化推广后，其在钢结构材料加工、安装，现场施工组织效率、总体工期等方面同样会产生经济效益上的优势，另外，钢结构住宅在空间尺寸、净空等方面更加精确，且结构形式等方面更加适应建筑属性变化或家庭人口变化带来的空间布局调整，由此带来的间接经济效益也优于剪力墙结构。因此，推广多层、高层钢结构住宅作为推行装配式建筑的重要发展分支，亟需进一步完善顶层设计和政策支持，以更加适应未来京津冀协同发展和雄安新区建设的战略需要。

7. 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

钢结构装配式住宅体系是绿色建筑体系，本项目在节地、节能、节材、节水、减少建筑垃圾等方面产生了显著的社会效益。

节地与节能：本项目为 28 层，高度 79.9 米，达到了规划允许的最大高度，利用有限的用地面积安排了最多的住户，同时留出了更大面积的集中绿地，改善小区环境，提升了居住品质，节约了土地资源。做为钢结构装配式住宅，在原材料生产阶段比混凝土结构住宅具有更好的环保性能，钢材在生产阶段的总能耗、二氧化碳等温室气体排放、粉尘等污染物排放均低于混凝土材料。

节材与节水：钢结构装配式住宅与钢筋混凝土结构相比，建筑自重减轻约 1/3，因此可有效地减小地震作用，节省建筑材料用量，基础造价比采用钢筋混凝土结构降低 30%。钢结构构件均为工厂化生产，加工制作工艺先进，材料消耗较少。钢结构装配式住宅的水泥、砂石等材料用量较少，可以大幅减少水泥生产阶段的污染，减少采石挖沙对耕地以及河流湖泊的破坏。与传统的混凝土结构住宅相比，钢结构装配式住宅在施工过程中使用较少的模板和脚手架，大量减少木材的消耗。钢结构装配式住宅主要采用干法施工作业，施工现场用水量很少，节约了大量的水资源。

材料循环利用：钢结构装配式住宅的建筑材料具有良好的可回收性和可降解性，在房屋拆除时不会产生大量建筑垃圾和扬尘污染。拆除的钢材可以回炉，重新加工成钢构件，据测算，每冶炼 1 吨循环再利用钢，可节省 1100kg 的铁矿石，600k 煤，50kg 石灰石，在钢铁生产中，使用循环再利用钢生产钢材的能源消耗仅为直接新冶炼钢的三分之一。

减少污染与建筑垃圾：钢结构装配式住宅以干式施工为主，主要构件均为工厂化生产，避免了混凝土湿式施工所造成的废水、粉尘、模板废料等污染，大幅减少了建筑垃圾量。钢结构构件的安装为螺栓连接或者焊接，相比混凝土搅拌及浇筑，噪声污染大幅降低，避免了施工噪声扰民。

项目七：大同市国际能源革命科技创新园住宅示范项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	大同市国际能源革命科技创新园D区超低能耗被动式装配式住宅示范项目（瑞湖·云山府）
2	建设单位	大同新能置业有限公司
3	设计单位	中国建筑设计研究院有限公司
4	施工总承包单位	大同泰瑞建设集团有限公司
5	监理单位	北京诚信工程监理有限公司
6	工程总承包模式	施工总承包
7	项目建安费用	22 亿元
8	每平方米造价	13500 元
9	开竣工时间	2020. 7. 17-2023. 7. 17
10	项目进展情况	主体完成

2. 项目概况

序号	类别	内容																																														
1	项目地点	大同市平城区科技园D区、永安路西侧、云山街北侧																																														
2	规划面积	143701.05 平方米																																														
3	总建筑面积	300732.82 平方米																																														
4	单体建筑面积	<table border="0"> <tr> <td>地下</td> <td>地上</td> </tr> <tr> <td>1#楼：1132.05 平方米</td> <td>1#楼：9279.9 平方米</td> </tr> <tr> <td>2#楼：1189.32 平方米</td> <td>2#楼：10404.1 平方米</td> </tr> <tr> <td>3#楼：1288.11 平方米</td> <td>3#楼：6044.32 平方米</td> </tr> <tr> <td>4#楼：1132.05 平方米</td> <td>4#楼：9279.9 平方米</td> </tr> <tr> <td>5#楼：1189.32 平方米</td> <td>5#楼：10427.84 平方米</td> </tr> <tr> <td>6#楼：633.44 平方米</td> <td>6#楼：11110.73 平方米</td> </tr> <tr> <td>7#楼：1297.13 平方米</td> <td>7#楼：9830.05 平方米</td> </tr> <tr> <td>8#楼：1297.13 平方米</td> <td>8#楼：9830.05 平方米</td> </tr> <tr> <td>9#楼：1312.93 平方米</td> <td>9#楼：9830.05 平方米</td> </tr> <tr> <td>10#楼：1775.99 平方米</td> <td>10#楼：6431.75 平方米</td> </tr> <tr> <td>11#楼：1775.99 平方米</td> <td>11#楼：6431.75 平方米</td> </tr> <tr> <td>12#楼：1926.24 平方米</td> <td>12#楼：6431.75 平方米</td> </tr> <tr> <td>13#楼：633.44 平方米</td> <td>13#楼：11059.78 平方米</td> </tr> <tr> <td>14#楼：654.02 平方米</td> <td>14#楼：5549.71 平方米</td> </tr> <tr> <td>15#楼：1421.10 平方米</td> <td>15#楼：4350.62 平方米</td> </tr> <tr> <td>16#楼：1421.10 平方米</td> <td>16#楼：4350.62 平方米</td> </tr> <tr> <td>17#楼：1585.53 平方米</td> <td>17#楼：11110.73 平方米</td> </tr> <tr> <td>18#楼：1585.53 平方米</td> <td>18#楼：11110.73 平方米</td> </tr> <tr> <td>19#楼：1421.10 平方米</td> <td>19#楼：4350.62 平方米</td> </tr> <tr> <td>20#楼：1421.10 平方米</td> <td>20#楼：4350.62 平方米</td> </tr> <tr> <td>21#楼：1585.53 平方米</td> <td>21#楼：11110.73 平方米</td> </tr> <tr> <td>22#楼：1585.53 平方米</td> <td>22#楼：11110.73 平方米</td> </tr> </table>	地下	地上	1#楼：1132.05 平方米	1#楼：9279.9 平方米	2#楼：1189.32 平方米	2#楼：10404.1 平方米	3#楼：1288.11 平方米	3#楼：6044.32 平方米	4#楼：1132.05 平方米	4#楼：9279.9 平方米	5#楼：1189.32 平方米	5#楼：10427.84 平方米	6#楼：633.44 平方米	6#楼：11110.73 平方米	7#楼：1297.13 平方米	7#楼：9830.05 平方米	8#楼：1297.13 平方米	8#楼：9830.05 平方米	9#楼：1312.93 平方米	9#楼：9830.05 平方米	10#楼：1775.99 平方米	10#楼：6431.75 平方米	11#楼：1775.99 平方米	11#楼：6431.75 平方米	12#楼：1926.24 平方米	12#楼：6431.75 平方米	13#楼：633.44 平方米	13#楼：11059.78 平方米	14#楼：654.02 平方米	14#楼：5549.71 平方米	15#楼：1421.10 平方米	15#楼：4350.62 平方米	16#楼：1421.10 平方米	16#楼：4350.62 平方米	17#楼：1585.53 平方米	17#楼：11110.73 平方米	18#楼：1585.53 平方米	18#楼：11110.73 平方米	19#楼：1421.10 平方米	19#楼：4350.62 平方米	20#楼：1421.10 平方米	20#楼：4350.62 平方米	21#楼：1585.53 平方米	21#楼：11110.73 平方米	22#楼：1585.53 平方米	22#楼：11110.73 平方米
地下	地上																																															
1#楼：1132.05 平方米	1#楼：9279.9 平方米																																															
2#楼：1189.32 平方米	2#楼：10404.1 平方米																																															
3#楼：1288.11 平方米	3#楼：6044.32 平方米																																															
4#楼：1132.05 平方米	4#楼：9279.9 平方米																																															
5#楼：1189.32 平方米	5#楼：10427.84 平方米																																															
6#楼：633.44 平方米	6#楼：11110.73 平方米																																															
7#楼：1297.13 平方米	7#楼：9830.05 平方米																																															
8#楼：1297.13 平方米	8#楼：9830.05 平方米																																															
9#楼：1312.93 平方米	9#楼：9830.05 平方米																																															
10#楼：1775.99 平方米	10#楼：6431.75 平方米																																															
11#楼：1775.99 平方米	11#楼：6431.75 平方米																																															
12#楼：1926.24 平方米	12#楼：6431.75 平方米																																															
13#楼：633.44 平方米	13#楼：11059.78 平方米																																															
14#楼：654.02 平方米	14#楼：5549.71 平方米																																															
15#楼：1421.10 平方米	15#楼：4350.62 平方米																																															
16#楼：1421.10 平方米	16#楼：4350.62 平方米																																															
17#楼：1585.53 平方米	17#楼：11110.73 平方米																																															
18#楼：1585.53 平方米	18#楼：11110.73 平方米																																															
19#楼：1421.10 平方米	19#楼：4350.62 平方米																																															
20#楼：1421.10 平方米	20#楼：4350.62 平方米																																															
21#楼：1585.53 平方米	21#楼：11110.73 平方米																																															
22#楼：1585.53 平方米	22#楼：11110.73 平方米																																															
5	建筑单体数量	22 栋																																														

6	建筑层高	1#楼: 18层; 2#楼: 18层; 3#楼: 10层; 4#楼: 18层; 5#楼: 18层; 6#楼: 17层; 7#楼: 15层; 8#楼: 15层; 9#楼: 15层; 10#楼: 8层; 11#楼: 8层; 12#楼: 8层; 13#楼: 17层; 14#楼: 10层; 15#楼: 7层; 16#楼: 7层; 17# 楼: 17层; 18#楼: 17层; 19#楼: 7层; 20#楼: 7层; 21#楼: 17层; 22#楼: 17层 应该为: 层高!
7	室内外高差	0.3m
8	装配率 (依据的标准)	本项目须执行《装配式建筑评价标准》GB/T51129-2017的规定。 住宅楼使用预制钢管束剪力墙、加气混凝土条板、钢筋桁架楼承板、 预制空调板、预制楼梯等, 装配率满足50%, 符合要求。

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块			
	多样化组合			
	模数协调			
主体结构	柱、支撑、承重墙、 延性墙板等竖向构件	装配式	栓焊连接	大同瑞铖钢结构有限公司
	梁、楼板、阳台	装配式	栓焊连接、钢筋桁架楼承板	大同瑞铖钢结构有限公司、大同泰瑞杭萧钢结构股份有限公司
	空调板	钢结构	栓焊连接	大同瑞铖钢结构有限公司
	楼梯	钢结构	焊接	大同瑞铖钢结构有限公司
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	陶瓷板、加气混凝土墙板	卡槽定位与结构焊接, 粘接砂浆粘接, 抗裂砂浆及发泡胶堵缝	内蒙古建能兴辉陶瓷有限公司、北京金隅加气混凝土有限责任公司
	围护墙与保温、隔热、 装饰一体化	墙板、石墨聚苯板、岩棉	加气混凝土墙板角钢、卡槽定位与结构焊接, 粘接砂浆粘接, 抗裂砂浆及发泡胶堵缝。石墨聚苯板、岩棉抗裂砂浆粘结, 玻璃丝网格抗裂砂浆罩面。	北京金隅加气混凝土有限责任公司、利坚美(北京)科技发展有限公司、山西晋投玄武岩开发有限公司
	内隔墙非砌筑	陶瓷板、加气混凝土墙板	角钢、卡槽定位与结构焊接, 粘接砂浆粘接抗裂砂浆及发泡胶堵缝。	内蒙古建能兴辉陶瓷有限公司、北京金隅加气混凝土有限责任公司
	女儿墙	砼结构	绑扎钢筋支模混凝土浇筑	大同泰瑞集团建设有限公司
	围护墙与管线、 装修一体化	无	无	无

内装修和设备管线	全装修	精装修	建筑石膏找平、纸面石膏板吊顶、瓷砖铺地	金螳螂建筑装饰股份有限公司
	干式工法楼面、地面	无	无	无
	集成厨房	无	无	无
	集成卫生间	无	无	无
	管线分离	无	无	无

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

建筑的设计使用年限：50年。建筑设计防火分类1#~9#楼、13#楼、14#楼、17#楼、18#楼、21#楼、22#楼为二类高层建筑，10#~12#楼、15#楼、16#楼、19#楼、20#楼为多层建筑，8度抗震设防。建设用地11.7万平方米，建筑面积约28.7万平方米，地上建筑面积18.8万平方米，地下建筑面积9.9万平方米。项目内含高度为54米的住宅10栋，高度为47.8米的住宅3栋，高度为住宅33米的2栋，高度为27米的住宅7栋。瑞湖—云山府项目位于大同市国际能源革命科创园D区，致力于打造成为国际领先、国内一流的被动式超低能耗居住区示范项目。

高层、多层住宅地上建筑耐火等级均为一级、地下室耐火等级均为一级。内墙：除钢筋混凝土墙外，采用加气混凝土砌块墙，墙体厚度详平面，部分填充墙与剪力墙同宽。地上外墙：承重部分：钢管混凝土束结构墙体，非承重部分：采用加气混凝土条板，内墙承重部分：钢管混凝土束结构墙体，非承重部分：防火墙、疏散走道两侧的隔墙采用200厚加气混凝土砌块墙，房间隔墙（分户墙）采用200厚加气混凝土条板墙。管井隔墙采用100或200厚加气混凝土砌块墙，楼梯间内地上地下分隔墙采用100厚加气混凝土砌块墙，卫生间等有水房间的隔墙采用100或200厚加气混凝土砌块墙。

项目集被动式、装配式、绿色三星、全装修四位于一体。执行超低能耗被动房的标准，展示节能技术。通过保温隔热、新风系统以及相关可再生能源实现室内四季的恒温、恒湿、恒氧、恒净和恒静。利用太阳能、风能发电等可再生能源解决室内照明及用电。采用装配式钢管束体系。项目达到精装修、环保装修要求，利用物联网、无人化等高新技术，加强社区资产、能耗及治安管理，为社区居民打造一个节能、环保、平安的生活环境。



瑞湖--云山府项目总平面布置



瑞湖--云山府立面效果图



瑞湖--云山府鸟瞰图

4.2 结构系统

结构类型：钢管混凝土束结构。外墙：地下部分外墙为现浇混凝土墙，防水钢筋混凝土的抗渗等级为P6，

子项名称	层数		室外地面至 檐口总高度	结构类型	子项名称	层数		室外地面至 檐口总高度	结构类型
	地下	地上				地下	地上		
1#, 4#	2	18	53.4m	钢框架-钢管混凝土束剪力墙	15~16#, 19~20#	2	7	25.1m	钢框架-钢管混凝土束剪力墙
2#, 5#	2	18	53.4m	钢管混凝土束剪力墙	10~12#	2	8	25.9m	钢管混凝土束剪力墙
3#	2	10	29.8m	钢框架-钢管混凝土束剪力墙	7~9#	2	15	46.8m	钢管混凝土束剪力墙
14#	2	10	29.8m	钢管混凝土束剪力墙	6#, 13#, 17# 18#, 21#, 22#	2	17	53.0m	钢管混凝土束剪力墙
售楼部	2	1	详平面	钢框架	幼儿园	1	3	11.7m	钢框架

4.3 瑞湖 -- 云山府项目五大技术应用

(一) 被动式超低能耗技术

所谓“被动式建筑”是指仅依靠建筑本身的构造设计，就能达到舒适的室内温度，满足冬暖夏凉的要求，不需要单独再另外安装供暖降温设施，即不需要“主动”提供能量的建筑。

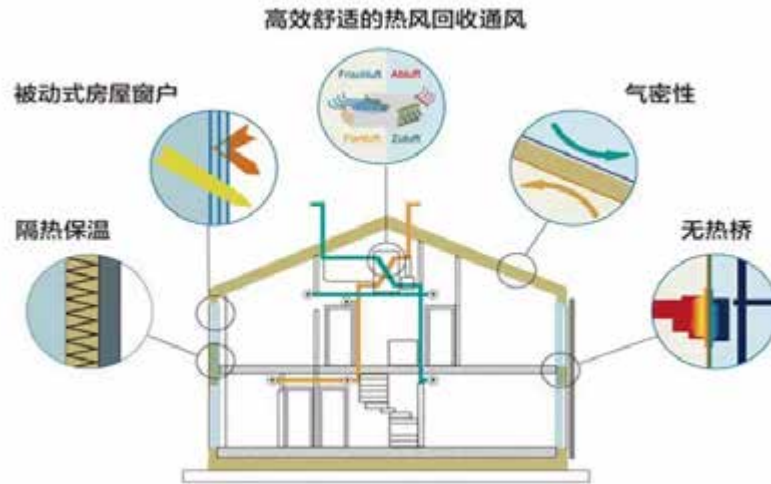
被动式超低能耗建筑是一种全新的节能建筑概念，依靠建筑本身的构造设计，通过采用高性能的围护结构，最大限度地提高保温隔热性能和气密性，使热传导损失最小化；将建筑热需求降低，充分利用太阳能和室内的得热解决冬季供暖，通过高效热回收系统的新风系统向室内提供清洁的新鲜空气，营造良好舒适的室内环境，最大限度降低对主动式采暖和制冷系统的依赖。

被动式建筑是目前世界上最先进的节能建筑，并已经在世界各地尤其是德国得到了迅速推广和广泛应用。被动式建筑与普通建筑相比，具有保温性能强，能源消耗低，使用舒适度高的特点，必将成为人类未来节能建筑发展的趋势。

1) 被动房基本要求



2) 被动式超低能耗建筑五大原理



3) 被动式建筑三大技术核心



4) 被动房特点



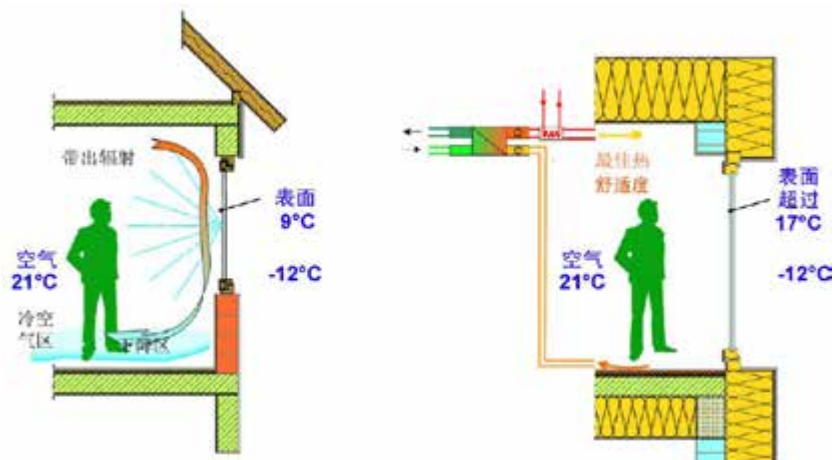
5) 被动房五大特性



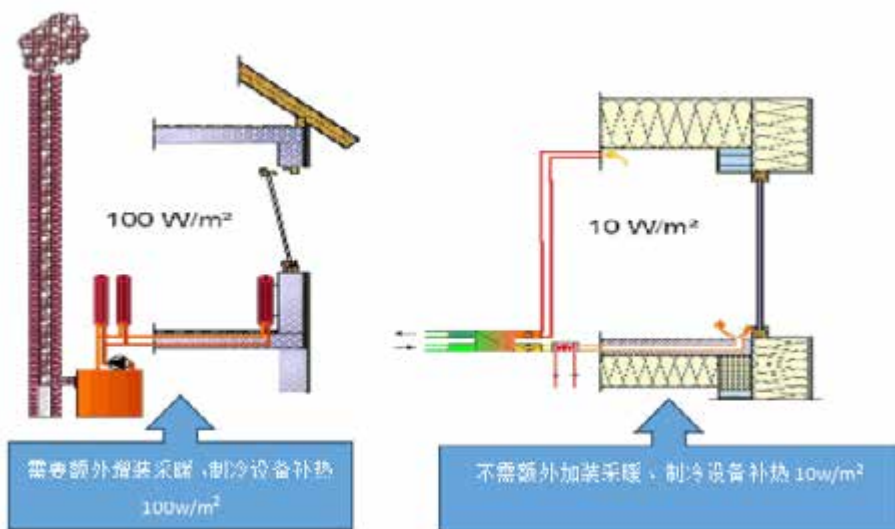
6) 被动房与传统建筑保温隔热性对比:



7) 被动房与传统建筑室内热舒适度对比:



8) 被动房与传统建筑补热对比



5 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱安装

(1) 钢柱（钢管束）安装工艺流程



(2) 安装工艺准备

1) 钢柱（钢管束）吊装前，必须对钢柱（钢管束）的定位轴线，基础轴线和标高等进行检查和办理交接验收，并对钢柱（钢管束）的编号、外形尺寸、连接板的方位等等，进行全面复核。确认符合设计图纸要求后，划出钢柱（钢管束）上下两端的安装中心线和柱下端标高线。

2) 钢柱（钢管束）起吊前将吊索具、操作平台、爬梯、溜绳以及防坠器等固定在钢柱（钢管束）上。

(3) 钢柱的安装

1) 箱型钢柱安装

吊装准备：根据钢柱的重量及吊点情况，准备足够的不同长度、不同规格的钢丝绳以及卡环。在柱身上固定好钢爬梯，并焊接好拉设安全绳的安全环，以确保执行下道工序的操作人员的安全。

钢柱吊点设置：钢柱吊点的设置需考虑吊装简便、稳定可靠、还要避免钢构件的变形。钢柱吊点设置在钢柱的顶部，直接在临时连接板上预留吊装孔（连接板至少4块）。为了保证吊装平衡，在吊钩下挂设四根足够强度的单绳进行吊装，为防止钢柱起吊时在地面拖拉造成地面和钢柱损伤，钢柱下方应垫好足够数量的枕木。



2) 钢管束的安装

- (1) 吊点位置及吊点数根据钢管束形状、断面、长度、起重机性能等具体情况确定。
- (2) 一般钢管束弹性和刚性都很好，吊点采用一点正吊。吊点设置在柱顶处，柱身竖直，吊点通过柱重心位置，易于起吊、对线、校正。当钢管束构件为不规则异性构件时，吊点应计算确定。（图一）



(图1) 钢管束吊耳板示意图



(图2) 钢管束现场吊装

3) 起吊方法

- (1) 起吊时钢管束必须垂直，尽量做到回转扶直，根部不拖。起吊回转过程中应注意避免同其他已吊好的构件相碰撞，吊索应有一定的有效高度。（图2）
- (2) 第一节钢管束是安装在基础底板上的，钢管束安装前应将登高爬梯和挂篮、揽风绳等挂在钢管束预定位置并绑扎牢固，安全防坠器挂在吊钩上。起吊就位后加设固定耳板，校正垂直度。钢管束两侧装有临时固定用的连接板，上节钢管束对准下节钢管束柱顶中心线后，即用螺栓固定连接板做临时固定。
- (3) 钢管束安装就位后，为避免钢管束倾斜，应将揽风绳固定在适当位置。揽风绳的端部应加设拉力为 $2T$ 以上的葫芦，以便于调节揽风绳的松紧度
- (4) 必须等连接板、揽风绳固定后才能松开吊索。松吊索时，安全防坠器的挂钩应与操作人员所佩戴的安全带进行有效连接，吊索松动完成，操作人员安全返回地面后方可解开安全防坠器挂钩。

5.2 钢梁安装

本工程钢梁安装主要采用塔吊吊装，对于位置较近、重量较轻的构件可采用多件串吊的方式，即可节省时间又可减少塔吊往返次数。大部分钢梁可采用塔吊完成吊装，个别超重钢梁需要使用汽车吊完成。

(1) 钢梁安装顺序

每根钢柱安装时，及时安装主梁，以形成稳定的结构体系，其余钢梁在钢柱整体校正后进行安装。每完成一个区域，钢梁系紧随其后完成，进入下一个区域安装。

立面上钢构件吊装，采用由下至上，顺序安装的方法进行。

构件吊装分区进行，吊装顺序先后为钢柱、框架梁、一般钢梁。参考安装顺序图，吊装时可多个区域同时进行。

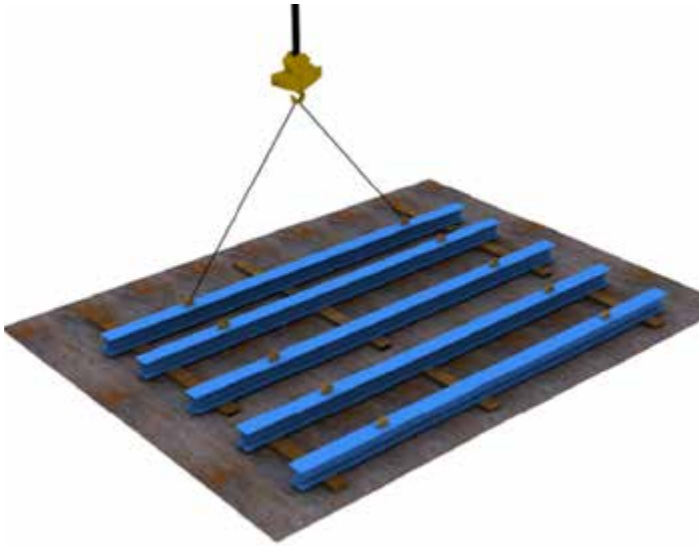
钢梁安装总体随钢柱的安装顺序进行，相临钢柱安装完毕后，及时安装钢梁使构件形成稳定的框架，每天安装完的钢柱必须用钢梁连接，有特殊情况不能及时连接的应拉设缆风绳进行临时稳固。先主梁后次梁，先下层后上层的安装顺序进行安装。

(2) 绑钩、起吊

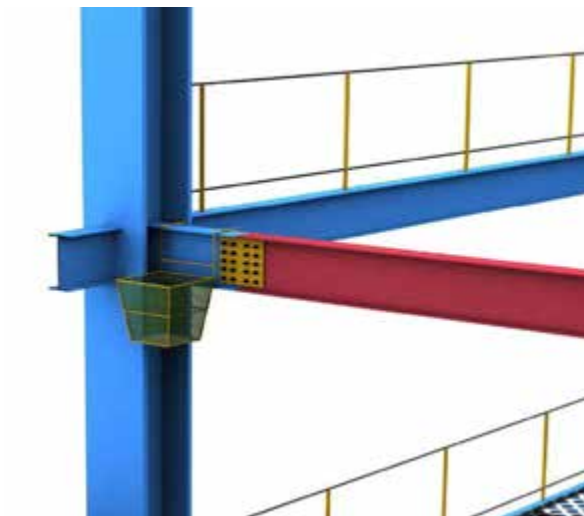
为保证吊装安全及提高吊装速度，钢梁在工厂加工时预留吊装孔或设置焊接吊耳作为吊点。对于较重的钢梁吊装采用焊接吊耳的方法进行吊装，对于轻型钢梁则采用预留吊装孔进行吊装。为方便楼层梁安装，应在钢梁上翼缘开吊装孔或设计吊耳，具体原则见下：

翼缘厚	重量小于 4.0t
翼缘板厚 ≤ 30mm	开吊装孔或设吊耳
翼缘板厚 > 30mm	设吊耳

1) 钢梁安装过程演示



流程一：钢梁在地面穿好端头连接板并绑扎吊绳，检查吊索具后起吊



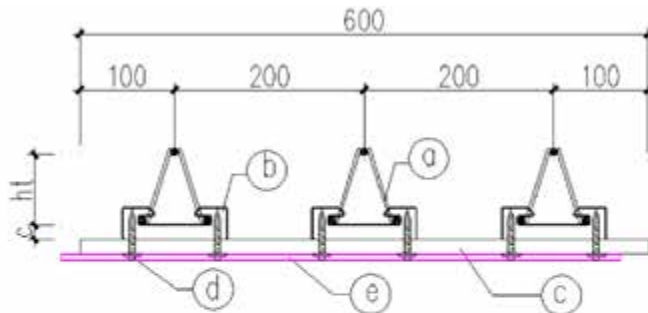
流程二：钢梁吊至安装位置后，用螺栓固定



流程三：待钢梁调校完毕后，将高强螺栓按设计和规范要求初拧及终拧。

5.3 楼板安装

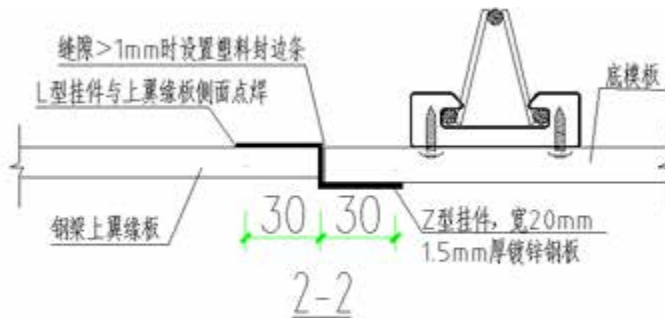
(1) 可拆钢筋桁架楼承板组成如图



装配可拆式钢筋桁架楼承板

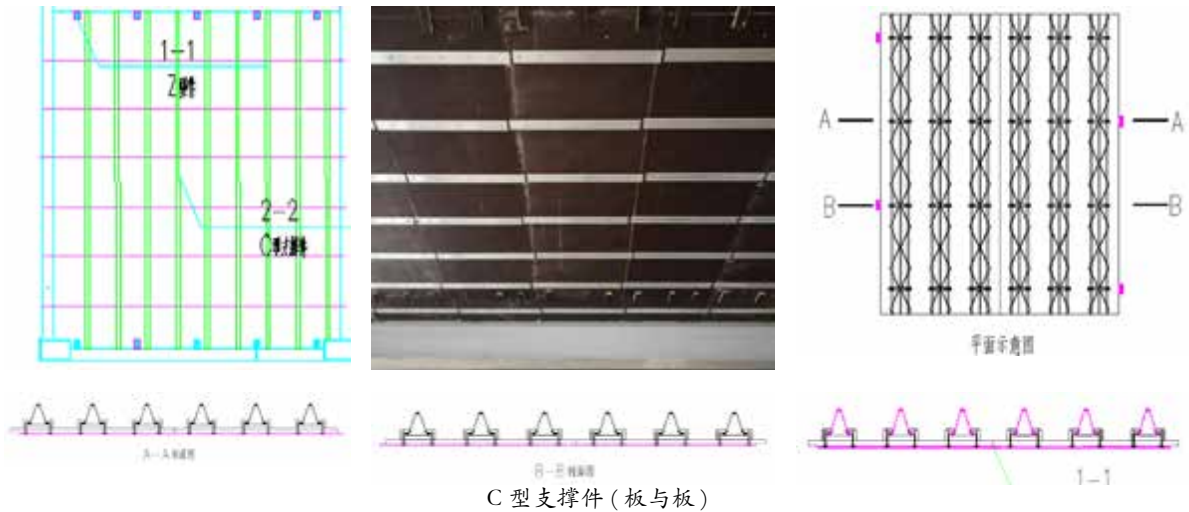
楼承板组成：a、钢筋桁架 b、塑料扣件 c、底模板
d、自攻钉 e、C型金属支撑件

(2) 钢筋桁架楼承板铺设前，应按图纸所示的起始位置安装第一块板，并依次安装其它板，采用非标准板收尾；桁架放梁上的搭接长度不宜小于 50mm；底模板与钢梁的搭接长度为 0mm，底模板长边缘与钢梁上翼缘应对接紧密，用 Z 型件连接。避免在浇注混凝土时漏浆。



Z 型挂件安装（板与钢梁）

(3) 可拆底模采用复塑板或竹胶板时，底模要对接严密；在板与板之间底模对接处使用 C 型支撑件连接。



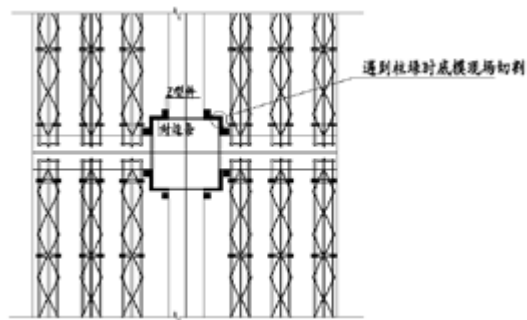
(4) 相邻板边在施工过程中易发生上下搓动，浇筑混凝土后容易出现板底不平整在楼承板底部加设 C 型支撑钢件，C 型支撑钢件通过自攻螺钉固定于模板底部，每块板的相邻支撑件左右交替伸出板边，楼承板铺设时相邻两块板的支撑件左右交叉互托，通过支撑件的作用使每跨楼承板铺设完成后形成整体平面。

(5) 可拆底模钢筋桁架楼承板铺设时，遇到柱垛时，应现场切割，所有的板与梁柱连接处的钢梁应对接严密，底板处使用封边条，防止漏浆，同时使用 Z 型件与钢梁连接。

(6) 可拆底模钢筋桁架楼承板铺设时应随铺设随点焊，将钢筋桁架楼承板支座水平筋与钢梁点焊固定。



支座筋的焊接



楼板遇柱垛时

(7) 可拆式桁架楼承板在铺设时，将相邻桁架板纵向缝隙对接紧密，并同时焊接制作水平筋，防止纵向缝隙漏浆；底模板与钢梁上翼缘板对接的缝隙使用硬质塑料条封堵，硬质塑料条采用气动射钉与底模板连接，平行于钢梁翼缘悬挑，在钢梁上不搭接，以便于拆除。



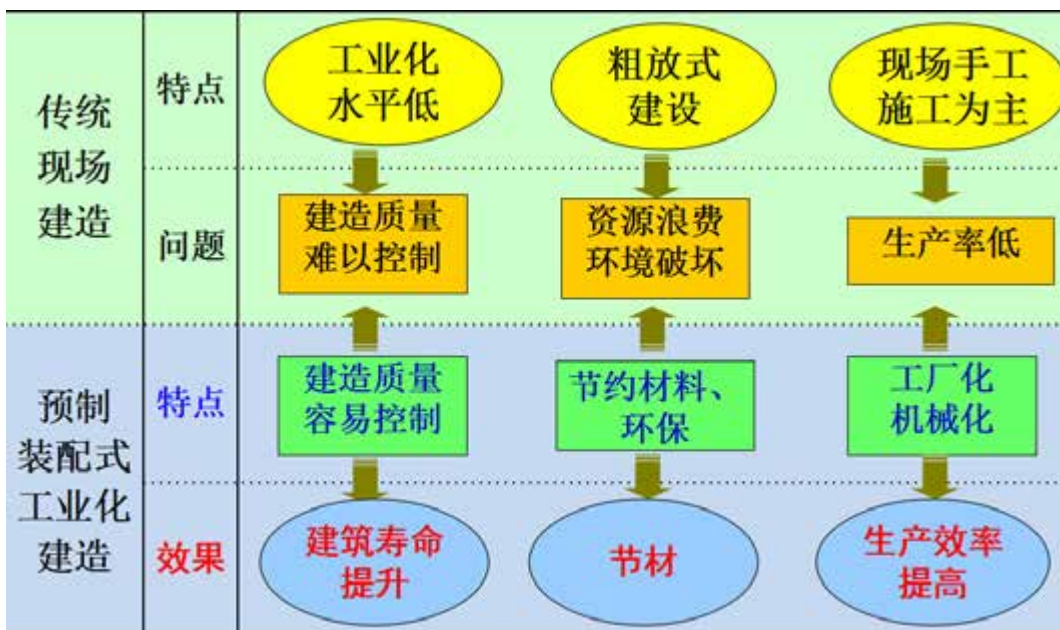
硬质塑料条封堵梁边板缝

(8) 严格按照图纸及相应规范的要求来调整钢筋桁架楼承板的位置，板的直线度误差为10mm，板的错口误差要求 $< 5\text{mm}$ 。

(9) 平面形状变化处，可将楼承板切割，切割前应对要切割的尺寸进行检查，复核后，在底模板上放线；底模板采用机械切割，钢筋桁架可采用机械切割或火焰切割，端部的支座钢筋还原就位后方可进行安装，并与钢梁点焊固定。

6. 经济效益分析

装配式建筑与传统建筑优缺点对比分析



钢管束组合结构与传统钢筋混凝土结构优缺点对比

类别	钢管束剪力墙结构	钢筋混凝土结构
抗震性	延性好，抗震性好	延性差，抗震性差
工期	施工周期短	传统作业，施工周期长
施工工艺	建筑垃圾少，粉尘少，噪音小	建筑垃圾多，粉尘多，噪音大
材料回收	材料可收回，绿色环保	材料不可收回，对环境的影响大
得房率	结构耗用面积小，使用面积增加 5%-8%	使用面积相对钢管束组合结构低
自重 基坑 工程量	自重轻，基础造价降低，基坑土方工程 量少	自重大，基础造价高，基坑土方工程 量大
空间布局	承重结构少，空间大，布局灵活	梁跨度小，空间小，空间布局受限
模板工程	支模少或无支撑，节约材料和人工	支模多，耗费材料和人工
水电消耗	施工安全，环保，节水节电	耗费水电

项目八：北部农村地区前沙涧安置房 S5-2 地块小学项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	北部农村地区前沙涧安置房 S5-2 地块小学项目
2	建设单位	北京市海淀区教育委员会
3	设计单位	北京市建筑设计研究院有限公司
4	施工总承包单位	北京城建远东建设投资集团有限公司
5	监理单位	北京中建协工程咨询有限公司
6	工程总承包模式	施工总承包
7	项目建安费用	29958 万元
8	每平方米造价	8030 元 /m ²
9	开竣工时间	开工：2020 年 6 月 28 日
10	项目进展情况	主体结构完成，正在施工项目：地暖安装、地面垫层、外墙安装、水电管线安装

2. 项目概况

序号	类别	内容
1	项目地点	海淀北部地区苏家坨镇 S5-2 地块
2	规划面积	23616m ²
3	总建筑面积	37307 m ²
4	单体建筑面积	地下 16407m ² 地上 20900m ²
5	建筑单体数量	5
6	建筑层高	3.9m
7	室内外高差	0.3m
8	装配率（依据的标准）	100%《北京市关于加快发展装配式建筑的实施意见》
9	工程质量奖项	无
10	工程安全奖项	无
11	工程技术创新	无

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	√	交通核模块采用统一的开间尺寸	北京市建筑设计研究院有限公司
	多样化组合	√	标准模块与交通核模块组成多样化的平面	
	模数协调	√	柱网、开间、进深采用 2M 模数	
主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	√	钢柱、钢支撑	大同东方金鼎钢结构工程有限公司
	梁、楼板、阳台	√	钢梁、钢筋桁架楼承板	
	空调板	×	-	
	楼梯	√	钢楼梯	

外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	✓	双层蒸压加气混凝土板夹心保温组合外墙	北京城建远东建设投资集团有限公司
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	✗	-	
	内隔墙非砌筑	✓	蒸压加气混凝土条板	
	女儿墙	✗	现浇钢筋混凝土	
	围护墙与管线、装修一体化	✗	粘贴石膏板衬板、现场做面层	
内装修和设备管线	全装修	✓	设计施工一次到位	北京城建远东建设投资集团有限公司
	干式工法楼面、地面	✗	-	
	集成厨房	-	-	
	集成卫生间	-	-	
	管线分离	✓	给水与排水管采用管线与支撑体分离	

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

本项目为前沙涧安置房 S5-2 地块小学，是一所公办小学，共设置 42 个班，可容纳 1680 人，用以满足安置房地块及周边社区居民的基本入学需求。项目总用地面积 23616 平方米，项目总建筑面积 37307 平方米，总建筑层数 7 层，其中：地上建筑规模 20900 平方米，建筑层数 4 层，主要设置普通教室、科学及计算机等专业教室、图书馆及教师办公室等公共教学、办公及管理用房；地下建筑规模 16407 平方米，建筑层数 2 层，主要设置图书馆、体育馆、餐厅、人防车库、消防水泵房及消防水池等辅助设备用房。

构思：项目以书院式布局为出发点，五个建筑体块由一层的大平台及地下空间有机串联，形成一个整体，方便学生往来各个空间，并为其提供宽敞的活动空间。校园内各功能分区以景观、绿化、休闲空间彼此相间和联系。

退界：后退北侧道路红线 3 米。

布局：本项目为综合性整体校园建筑，主要由教学区、行政办公区、创新中心及综合体育训练区组成。其中西南侧按照离校园主入口由近及远的顺序依次设置了低、中、高年级部的教学区；北侧设置行政办公区、东侧设置创新中心。

竖向：教学楼高度为 21m，平台高度为 5.1m。

交通：主要的人流出入口设于用地北侧，校园留有广场空间以便解决学校上下学时段人流较为集中的问题，此出入口亦为学校主出入口。



1. 标准化设计情况简单描述：

复合利用资源和空间，在规定的用地中，整合地上地下空间，形成规模，努力达到标准教学空间，

接纳更多的小学生并为其创造较好的教育教学条件，提升教育教学环境。地下一层层高 5.10 米，地下二层层高 3.90 米；地上四层每层层高 3.90 米。

一层及以上采用钢框架结构形式，外墙均为非承重外墙，采用双层蒸压加气混凝土条板 + 保温的形式；内隔墙采用蒸压加气混凝土条板（AAC 板），AAC 板根据机电要求现场开槽。预制钢筋混凝土内墙板根据机电专业精装修图纸定位，预埋线管、线盒等。全装修设计；公共区域集成管线和吊顶；卫生间集成管线和吊顶；厨房集成管线和吊顶

4.2 结构系统

1. 对项目的结构设计简单描述，如基础设计、结构体系（钢柱、钢梁、楼板、楼梯、抗侧力构件）等描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；

根据建筑的重要性及装配式建筑的要求本工程结构形式采用钢框架结构，基础形式为柱墩 + 筏板基础，地基基础设计等级为二级；

本项目主体结构采用钢框架结构。

构成：

钢柱：地上部分采用圆形截面钢管柱。钢柱主要截面尺寸为 $[\phi 500]$ ；

钢梁：H 型截面钢梁，材质 Q345B，主梁主要截面尺寸为 H600x300x12x20 等；

楼板：钢筋桁架楼承板；

楼梯：钢楼梯。

2. 体系的优缺点描述：

优点：

I 结构构件均在制作完成，易于标准化、定型化、装配化；

II 施工速度比其他装配式更快、工期更短、施工成本低；

III 建筑整体重量轻，减少基础部分成本；

IV 管线集成度较高，房间功能模块化程度高。

缺点：

设计施工精度要求高、难度大；外墙安装复杂；防火和防腐问题需要引起重视。运送构件距离远运输成本较高。

2. 改进意见描述：

(1) 统一模块化设计，深化设计深度，剔凿？对接钢结构厂家，减少设计漏洞；

(2) 施工过程中提前安排钢结构厂家介入，及时组织队伍沟通对接，明确工作界面和工作交接；

(3) 加强学习，提高施工人员、管理人员的业务水平。

3. 推广意见描述：

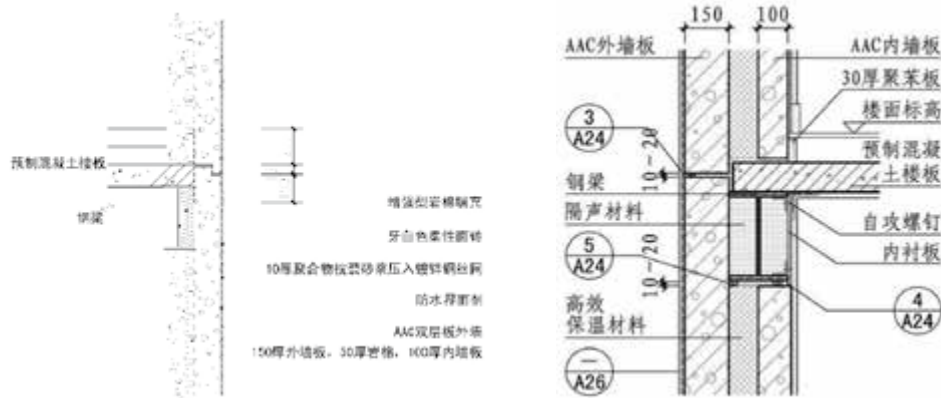
装配式建筑全寿命周期中应当采用射频技术和建筑信息模型，这两种关键技术能够推动装配式建筑向绿色建筑的发展进程。其中射频技术能够将构件的物理信息和几何信息及时、准确的记录下来。在组装和生产装配式建筑的过程中，需要在验收、安装、物流、仓储、生产等环节准确的辨识出构件的信息，防止出现信息孤岛问题，降低出现信息录入错误率，从而便于及时更新建筑信息模型的信息。而建筑信息模型技术是建筑工程的核心技术，有效的防止了信息孤岛现象的产生。在构件建筑信息模型的时候，模型的核心数据主要是建筑全寿命周期的数据，持续管理单个设备数据、装配体数据等，通过建模计算对构件进行进一步的分析，从而分析其与整体的耦合度，判断出装配的合理性，为装配式建筑发展发挥积极效用，提高其质量。

4.3 外围护系统

1. 对外围护设计简单描述，如外围护部品的节点构造设计，配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；

外墙：AAC 墙板 (B05)+ 增强型岩棉板

内隔墙： AAC 墙板 (B05)



2. 体系的优缺点描述;

(1) . 轻质高强:

绝干容重为 450-625 kg / 立方米, 和木材相当。可减轻墙体负荷 50-60%, 总建筑自重减轻 20-30%。

(2) 保温隔热:

自保温体系, 外墙单一墙体 05 级 200 厚即能满足 65% 节能要求, 300 厚即能满足 75% 节能要求

(3) 耐火

(4) 隔声:

多孔结构使其具备了良好的吸音、隔音性能, 完全可以达到共墙分户的隔音要求

(5) 施工便捷: 容易锯、切、刨、钻, 便于加工, 施工速度快。

(6) 免抹灰: 表面平整度高: 优等品尺寸偏差很小, 采取适当措施可以免抹灰, 减少表面抹灰材料和人工。

(7) 吊挂力高: (单点吊挂力 $\geq 1200N$) 方便吊挂空调热水器洗手盆等, 施工简单易行。

(8) 防水抗渗: 内部是密闭不连通的气孔, 使用专用的饰面防水材料, 能有效阻止水分渗透。

(9) 经济性好: 可减少墙体荷载约 1/3-1/2, 主体成本可降低约 7%。不需要再在外面添加保温材料, 综合造价可降低 8-10%。

缺点: 安装节点质量和精度要求高。

3. 改进意见描述;

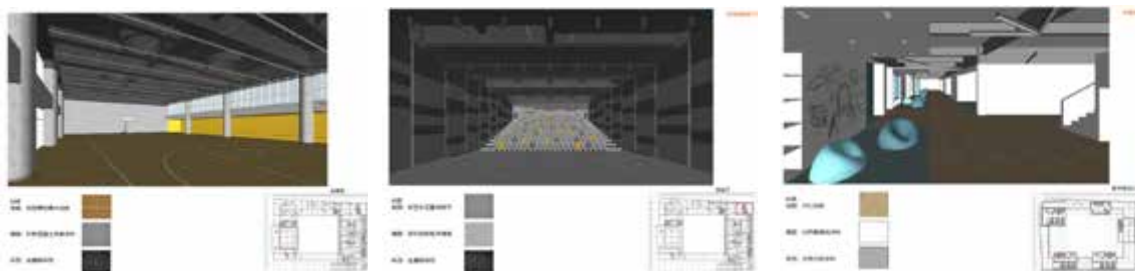
严把材料入场关, 确保墙板和防水胶质量合格, 施工过程中加强工艺管控; 优化墙板排版, 减少结构间隙。

4. 推广意见描述:

施工过程中主要从人、材、方案三方面着力, 加强设计、施工、监理全过程管控, 减少施工问题, 提高建设效率。

4.4 内装系统

内装采用全装修设计。



2. 体系的优缺点描述:

工厂化生产、标准化作业、质量保证率高，施工效率高，节约时间成本和人力成本，符合国家节能减排和建筑工业化的发展战略。

3. 改进意见描述:

因钢结构柔韧性强，伸缩大的特性，给内装提出了更高的要求。应充分考虑钢结构的特殊性和四季变化的因素，保证装修质量，便于后期维护。

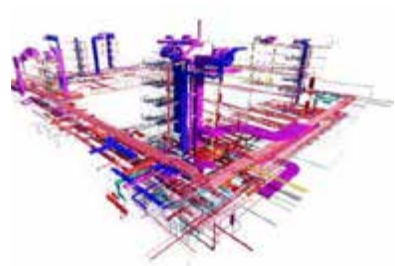
4. 推广意见描述

中国目前装配式内装经历了这几年的发展后，逐渐向系统化、部品化、精细化、智能化发展。部品的材质有了更多的种类，各系统之间的连接更加合理化，并向专业化迈进。形成了结合 PC、钢结构建筑的内装体系，以属性划分的住宅、酒店、医院、学校、写字楼的内装装配式装修。随着市场及技术的成熟，装配式内装拥有的发展空间和巨大的潜在市场将进一步被激发。

4.5 设备与管线系统

本项目教学楼、行政楼、创新中心公共区域、厨房、卫生间采用集成管线。

蒸压加气混凝土条板（AAC 板）隔墙的方式实现，AAC 板根据机电要求现场开槽。预制钢筋混凝土内墙板根据机电专业精装修图纸定位，预埋线管、线盒



2. 体系的优缺点描述:

优点：（1）预制墙体内预埋电线管及线盒，减少管线敷设交叉情况。

（2）安全可靠、节能环保、维修管理方便、设备布置整体美观。

缺点：成本高、精度要求高

3. 改进意见描述:

设计阶段：室内的管线综合在设计阶段介入，提前定位解决各种系统打架问题。

构件加工：依托设计阶段的提前把控，柔性排水铸铁管等管道在工厂加完成。

施工阶段：快速的干连接，装即插卡牢固；管线与支撑体分离避免现场刨槽避免现场湿作业。

后期维护：管线先集成，再合理分配全部接头布置于顶内清晰美观方便后期管理、翻新维护。

4. 推广意见描述

在现有的预制装配式体系下，通过利用合理的竖井布置及管线排布，降低管线占用空间高度，最大限度地满足管线可维修和更新的情况下降低成本，是机电设计的关键；配合做好预制构件预留预埋是机电设计师的责任，如何在设计方法上引导大众使用习惯。

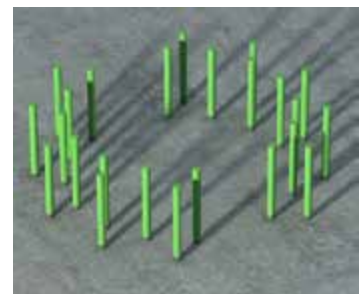
5. 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱安装

图文并茂简单描述，每项控制 1-2 页。

（1）地脚螺栓预埋时，螺栓螺纹部分应涂黄油、包上油纸，加套管保护；在混凝土浇筑时，应进行全过程监护，防止冲击、碰撞导致地脚螺栓位置产生移动。

（2）尽量避免在构件上焊接辅助设施，以免对母材防腐蚀造成



影响；

(3) 构件吊装应在基础混凝土强度达到设计强度的 75% 以上后进行；

(4) 构件安装前，必须取得基础验收的合格资料；

(5) 在安装柱子直到二次浇灌层达到设计承载强度之前，应在柱底板四角下设置钢垫块，或采取其它措施，用以防止柱底板下地脚锚栓失稳。安装程序必须保证结构形成稳定的空间体系，并不导致结构永久变形。在结构尚未形成稳定体系前，应采取有必需强度和刚度的临时支撑措施，以确保安全。

(6) 连接中采用的普通螺栓及锚栓，在构件调整固定后，应将螺栓丝扣打毛，或采取其他有效措施，以防止松动。



5.2 钢梁安装

(1) 高强度螺栓连处的钢板表面处理方法及除锈等级应符合设计要求。连接处钢板表面应平整、无焊接飞溅、无毛刺、无油污，除设计要求外摩擦面不应涂漆。

(2) 高强度螺栓连接摩擦面采用喷砂或抛丸处理

(3) 焊接和高强度螺栓连接并用，当设计无特殊要求时，应按先栓后焊的原则施工。

(4) 在安装过程中，不得使用螺纹损伤及沾染脏物的高强度螺栓连接副，不得用高强度螺栓兼作临时螺栓。

(5) 安装高强度螺栓时，构件的摩擦面应保持干燥，不得在雨中作业。

(6) 螺栓穿入方向应便于操作，并力求一致，使整体美观。

安装高强度螺栓时，严禁强行穿入。当不能自由穿入时，该孔应用铰刀进行修整，修整后孔的最大直径不应大于 1.2 倍螺栓直径，且修孔数量不应超过该节点螺栓数量的 25%。修孔前应将四周螺栓全部拧紧，使板迭密贴后再进行铰孔。严禁气割扩孔。

(7) 高强螺栓施工顺序应由中间向两端逐步交错进行。

(8) 柱脚螺栓应采用双螺母紧固，为防止螺母松动，螺母应与锚栓垫板点焊。预埋地脚锚栓时，必须用模板进行定位，严禁手工插埋锚栓。

(9) 雨雪天气时，禁止露天焊接，焊件表面潮湿或有冰雪覆盖时，应采取加热去湿除潮的措施。



(10) 焊接作业区风力超过四级应设防风棚或采取其他防风措施。

5.3 楼板安装

(1) 钢筋桁架模板平面及立面施工顺序: 每层钢筋桁架模板的铺设宜从起始位置向一个方向铺设, 随主体结构安装施工顺序铺设相应各层的钢筋桁架模板。

(2) 楼板铺设前, 应按图纸所示的起始位置放设铺设时的基准线。对准基准线, 安装第一块板, 将其支座竖筋与钢梁点焊固定。再依次安装其它板, 在铺设过程中每铺设一跨板要进行按图标注尺寸校对, 若有偏差要随即调整。

(3) 楼板连接采用扣合方式, 板与板之间的拉钩连接应紧密, 保证浇筑混凝土时不漏浆, 同时注意排版方向要一致, 桁架节点间距为 200 mm, 注意不同模板的横向节点要对齐。

(4) 平面形状变化处(钢柱角部、核心筒转角处、梁面衬垫连接板等), 可将钢筋桁架模板两端切割, 切割前应对要切割的尺寸进行放线并检查复核。可采用机械或氧气切割, 切割时尽量选择桁架接点的部位, 但必须满足设计搭接的要求, 切割后的钢筋桁架模板端部仍需按照原来的要求焊接水平支座钢筋和竖向支座钢筋, 若在节点中部切断, 腹杆钢筋也需焊接在竖向钢筋上, 就位后方可进行安装。

(5) 跨间收尾处若板宽不足 576mm, 可将钢筋桁架模板沿钢筋桁架长度方向切割, 切割后板上应有一榀或二榀钢筋桁架, 不得将钢筋桁架切断。

(6) 钢筋桁架平行于钢梁端部处, 底模在钢梁上的搭接不小于 30mm, 沿长度方向将镀锌钢板与钢梁点焊, 焊接采用手工电弧焊, 间距为 300mm。

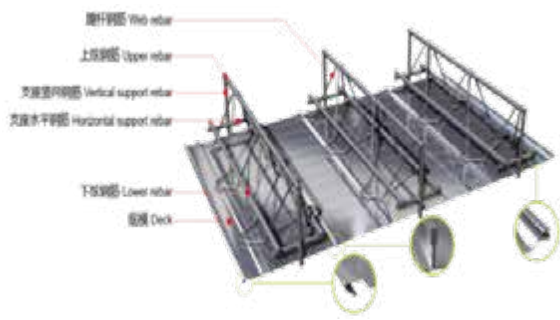
(7) 钢筋桁架垂直于钢梁端部处, 模板端部的竖向钢筋在钢梁上的搭接长度(指钢梁的上翼缘边缘与端部竖向支座钢筋的距离)应 $\geq 5d$ (d 为下部受力钢筋直径), 且不能小于 50mm, 并应保证镀锌底模能搭接到钢梁之上。搭接到钢梁上的竖向钢筋及底模应与钢梁点焊牢固。(8) 待铺设一定面积后, 必须按设计要求设置楼板支座连接筋、加强筋及负筋等。连接筋等应与钢筋桁架绑扎连接。并及时绑扎分布钢筋, 以防止钢筋桁架侧向失稳。

(9) 边模板安装时应拉线校直, 调节适当后利用钢筋一端与栓钉点焊, 一端与边模板点焊, 将边模固定, 边模板底部与钢梁的上翼缘点焊间距 300mm。

(10) 若设计在楼板上要开洞口, 施工应预留。应按设计要求设洞口边加强筋, 四周设边模板, 待楼板混凝土达到设计强度后, 方可切断钢筋桁架模板的钢筋及底模。切割时宜从下往上切割, 防止底模边缘与浇注好的混凝土脱离, 切割可采用机械切割或氧割进行。

(11) 钢筋桁架模板安装好以后, 禁止切断钢筋桁架上的任何钢筋, 若确需将钢筋桁架裁断, 应采用相同型号的钢筋将钢筋桁架重新绑扎连接, 并满足设计要求的搭接长度。

(12) 钢筋桁架模板铺设好后，应做好成品保护，避免人为的损坏，禁止堆放杂物。



5.4 预制楼梯安装

(1) 施工安装流程

预制楼梯进场验收→放线→垫片→预制楼梯吊装→校正→固定

(2) 安装要求

- 1) 预制楼梯安装前应复核楼梯的控制线及标高，并做好记号。
- 2) 预制楼梯支撑应有足够的强度、刚度及稳定性，楼梯就位后调节支撑立杆，确保所有立杆全部受力。
- 3) 吊装应保证上下高差相符，顶面和底面平行。
- 4) 安装位置准确，保证预留螺栓孔一一对应，严禁现场切割结构构件。



5.5 外围护部品安装

(1) 材料及主要机具

1) 加气混凝土条板规格为：长 6.0m, 4.0m, 3.0m 等，宽 0.6m，厚 10cm、20cm、30cm。产品性能符合设计要求。

2) 水泥：325 号及其以上的普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥。

3) 石子：0.5 ~ 1.2cm 细石。

4) 粗砂：平均粒径不小于 0.5mm。

5) 细砂：使用前过筛，平均粒径 0.25mm，含泥量不大 3%。

6) 107 胶，乳液。

7) 主要机具：搅拌机、砂轮锯、拌灰铁板、手推车、运加气块的板车、铁锹、大小水桶、胶皮管、笤帚、钢丝刷、粉线包、铁抹子、锤子、托线板、钻子、木楔子等。

(2) 作业条件

1) 根据房间净高，进深尺寸，将加气混凝土条板用砂轮锯切割。在高度方向按楼层结构尺寸减去 150mm。

2) 将缺楞掉角的板进行修补，先清洗破损处的粉尘，再制 207 胶水（水：胶=4：1）一道，然后用 1：1：3（水泥：石膏：加气混凝土粉）的比例配好，再加入上述的 107 胶水拌合，进行修补。

(3) 工艺流程

1) 弹位置线→处理条板的长、宽尺寸→清理安装位置上下端→浇筑混凝土带→弹条板安装分块线→安装条板

2) 弹位置线：根据设计图纸尺寸的要求，将隔墙板或围护墙板位置线弹好。

3) 处理条板的长宽尺寸：根据设计图纸的要求，处理条板的长度及宽度，外墙条板采取先拼接后安的方法，根据外墙板净空尺寸（宽度和高度）进行拼接或切割。拼接在型钢拼接架上进行。先将拼接面清扫干净，去掉粉尘，用毛扫蘸水稍加湿润。用外开刀将胶粘剂涂刮在条板拼接面上，厚度为 2 ~ 3mm，用力将两块拼接条板挤压，使接缝严实。拼接后用外刀将挤出的胶粘剂刮净，并用靠尺检查平直与方正。条板的高度应比安装净高小 3cm，便于安装时用楔子将下端固定紧。

4) 清理安装位置上下端：将安装条板的上下端清扫干净，缺楞掉角已修补牢固。再将安装位置的上端，下端混凝土带上清扫干净，下端混凝土带用水阴湿。

5) 浇筑混凝土带：按设计图纸所示隔墙板位置浇筑混凝土带。带高 12cm，内平铺 2 ϕ 6 钢筋，用 C15 混凝土，上口抹平，当混凝土带具有一定强度后，再在上面安装隔墙板。

6) 弹条板安装分块线：在安装位置上将条板分块线：门窗位置线弹好。

7) 安装条板：

i. 先配制胶粘剂，重量比为水泥：细砂：107 胶：水=1：1：0.2：0.3。配制方法是先将水泥与细砂干拌均匀，再加入掺有 107 胶的水溶液拌匀。胶粘剂应随用随拌，停置时间不能超过 1h，工具用毕应及时清洗干净。

ii. 安装时先在条板的上端及一个侧面，清扫干净，洒水，用开刀涂刮胶粘剂，将条板竖起直立，端用撬棍垫起，扶稳，使板下端及侧面对准墙边线，再用托线板找正找直，调整后用力向侧面挤压，使条板接触面的胶粘剂均匀一致，最后用撬棍从下端撬紧，使条板上端与楼板底部预先刮的胶粘剂部位重合、粘紧，下部及时用木楔子楔紧，用 C15 半干硬性豆石混凝土将楔子之间空隙捻塞严实，养护 3d 后，将木楔拆去，补捻豆石混凝土。

iii. 安装条板时各接触面均应涂刷胶粘剂，以利粘结。

iv. 安装有接头的条板时，应将相邻两块条板的接头位置上下错开。

v. 后塞门框的洞口，预留门洞的宽度以每边留 2cm 余量为宜。

vi. 门框安装前，应先在加气混凝土墙安装位置上钻一个深 100mm、直径为 30mm 的孔，吹净粉尘，

用水湿润，再以相同直径及长的圆木沾胶后打入孔内，胶的配合比为1：2：0.5=乳液：水泥：水（重量比）。孔洞间距不大于50cm，安装木门框时，用木螺钉拧入门上的预埋圆木上。

（4）注意问题

- 1) 施工加气混凝土板墙下钢筋混凝土带时，所在位置的楼板应拉毛，混凝土浇筑要密实，加强养护。
- 2) 墙板安装时胶粘剂要涂刷均匀，下边楔子要才背紧，要加大挤压力。
- 3) 安装时认真检查，防止破损后没有修补的板上墙。
- 4) 安装第一块板要认真找直，防止安装缝不垂直。
- 5) 拼缝时挤出的多余胶应及时刮净。



5.6 内隔墙安装

（1）基层处理：

- ① 钢梁、钢柱上的铁锈、混凝土浆等清理干净，特别是焊接U型卡部位需注意；
- ② 把底板上的浮浆、落地灰等用鏟子或钢丝刷清理干净，再用扫帚将浮土清扫干净；
- ③ 将底板上凸凹不平的地方剔凿平整，尽量保持在一个平面上。

（2）水平位置、垂直控制线：

- ① 根据控制线，结合图纸放线，在混凝土底板上弹出水平位置控制线；
- ② 根据底板上的位置线，用三线仪打出一个垂线，将控制线引到钢梁 / 钢柱 / 墙面上；
- ③ 根据底板上的位置线，结合图纸，放出门洞位置线，以便安装门。

（3）验线：

- ① 首先以区别与放线的方法验墙体水平位置线，验线时须严谨、认真；
- ② 其次用吊线坠的方法验钢梁 / 钢柱 / 墙面上的控制线。

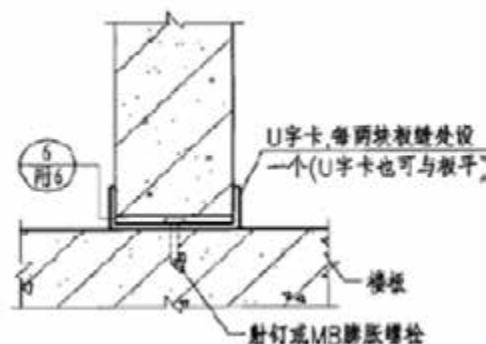
（4）排板：

① 内墙 AAC 板标准尺寸宽为600mm，根据图纸进行排版，需要切割的，切割的最小尺寸不得小于200mm，宽度不足时应切除相邻板进行调节。

② 其他墙体根据图纸尺寸，妥善安排安装平面排版，尽可能地减少现场切割量。

（5）U型卡的固定：

① U型卡在楼板上固定：依据控制线在底板上用M8膨胀螺栓将10cm长、1.5mm厚U型卡与楼板固定。



② U型卡在钢梁/柱上固定

(6) 安装 AAC 板:

①将 AAC 板安装到根部 U 型卡里: 将根部抹好砂浆的墙板移到安装位置, 立起对好基线, 一人用铁撬棍将墙板底部撬起, 用力使撬棍将墙板放进 U 型卡, 使嵌缝水泥砂浆从接缝处挤溢出, 保证砂浆饱满并挤压密实, 然后刮去因挤压溢出墙板的嵌缝水泥砂浆、校正墙板;

②将 AAC 板安装到顶部 U 型卡里;

③安装第二块墙板。



5.7 地板安装

铺贴陶瓷锦砖（马赛克）类施工工艺流程:

处理基层→弹线、标筋→摊铺水泥砂浆→铺贴→拍实→洒水、揭纸→拨缝、灌缝→清洁→养护。

铺贴陶瓷地砖的施工要点:

1、混凝土地面应将基层凿毛, 凿毛深度 5~10 毫米, 凿毛痕的间距为 30 毫米左右。之后, 清淨浮灰, 砂浆、油渍, 产散水刷少将地面。

2、铺贴前应弹好线, 在地面弹出与门道口成直角的基准线, 弹线应从门口开始, 以保证进口处为整砖, 非整砖置于阴角或家具下面, 弹线应弹出纵横定位控制线。

3、铺贴陶瓷地面砖前, 应先将陶瓷地面砖浸泡阴干。

4、铺贴时, 水泥砂浆应饱满地抹在陶瓷地面砖背面, 铺贴后用橡皮錘敲实。同时, 用水平尺检查校正, 擦淨表面水泥砂浆。

5、铺贴完 2~3 小时后, 用白水水泥擦缝, 用水泥、砂子=1: 1 (体积比) 的水泥砂浆, 缝要填充密实, 平整光滑。再用棉丝将表面擦淨。

6、注意事项。

(1) 基层必须处理合格, 不得有浮土、浮灰。

(2) 陶瓷地面砖必须浸泡后阴干。经免影响其凝结硬化, 发生空鼓、起壳等问题。

(3) 铺贴完成后，2~3 小时内不得上人。陶瓷锦砖应养护 4~5 天才可上人。

6. 经济效益分析

6.1 成本分析

建筑工程造价由直接费（人工费、材料费、机械费、措施费）、间接费（企业管理费、规费）、利润和税金构成。其中直接费是构成建造成本的主体部分，也是工程取费的计算基础，直接费的变化对工程造价变化起决定作用。

预制装配式钢结构与传统装配式混凝土结构施工模式在直接费构成上存在一定差别，主要有：预制构件的生产费、运输费、安装费；脚手架及模板支撑的费用；维护体系的抹灰及保温工程的费用；预制构件在生产过程中就可以做到保温装饰一体化，现场不需额外的抹灰及保温工作；钢结构的防腐及防火费用。本工程主楼建安成本构成如下表：

分部工程	分项工程	单方成本（元/m ² ）	合计（元/m ² ）
地基处理	基坑支护、止水	474	548
	抗浮工程	74	
建筑工程	地下结构工程	1861	3210
	地上结构工程	674	
	地上钢结构工程	675	
装饰工程	室内装饰工程	315	498
	外立面工程	183	
设备工程	给排水工程	117	757
	消防水工程	94	
	采暖工程	87	
	热源工程	37	
	通风空调工程	272	
	电梯工程	50	
	机电抗震支架	100	
电气工程	动力工程	230	524
	普通照明工程	103	
	防雷接地工程	26	
	消防报警工程	127	
	弱电工程	38	

6.2 用工分析

经总包反馈本项目自开工以来实际用工 25 人 / 日。

6.3 用时分析

本项目 2020 年 6 月 28 日进场，前期准备、基坑开挖及基坑支护用时约 4 个月，基础及地下结构用时 4 个月，2021 年 2 月初钢结构进场，8 月底结构封顶，后续进行内墙安装、管线安装。

7. 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

本项目采取以下节能减排措施：

1. 外围护墙非砌筑：项目外墙均为非承重外墙，采用双层蒸压加气混凝土条板 + 保温形式，应用比例 $\geq 80\%$ ；
2. 内隔墙非砌筑：项目地上部分内墙均为蒸压加气混凝土条板，应用比例 $\geq 50\%$
3. 全装修
4. 公共区域集成管线和吊顶：公共区域吊顶采用模数化吊顶，应用比例 $\geq 80\%$
5. 卫生间集成管线和吊顶：卫生间采用铝扣板吊顶，应用比例 $\geq 90\%$
6. 厨房集成管线和吊顶：厨房采用铝扣板吊顶，应用比例 $\geq 90\%$
7. 给（排）水管与支撑体分离：给水跟排水管采用管线与支撑体分离，应用比例 $\geq 80\%$
8. 全专业正向 BIM 设计

7.2 碳排放对比分析

依据现行国家标准 GB/T51366-2019《建筑碳排放计算标准》，以下为示例：

各阶段过程排放量	装配式钢结构建筑	现浇混凝土结构建筑	备注
建材生产阶段碳排放量	360.35kgCO _{2e} /m ²	308.25kgCO _{2e} /m ²	
建材运输阶段碳排放量	4.85kgCO _{2e} /m ²	5.43kgCO _{2e} /m ²	
建造阶段碳排放量	7578.53kgCO _{2e} /m ²	38858.14kgCO _{2e} /m ²	
汇总	7943.73kgCO _{2e} /m ²	39171.82kgCO _{2e} /m ²	

项目九：雄安城乡服务中心项目

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	雄安城乡管理服务中心
2	建设单位	北京住总房地产开发有限公司
3	设计单位	北京市住宅建筑设计研究院有限公司
4	施工总承包单位	北京住总第三开发建设有限公司
5	监理单位	保定市第三工程建设监理有限公司
6	工程总承包模式	EPC 模式
7	项目建安费用	约 7000 万
8	每平米造价	12727 元 /m ²
9	开竣工时间	2018. 6. 28-2019. 1. 12
10	项目进展情况	已完工

2. 项目概况

序号	类别	内容
1	项目地点	河北雄安新区
2	规划面积	13000m ²
3	总建筑面积	5113m ²
4	单体建筑面积	地下：无 地上：5113m ²
5	建筑单体数量	1
6	建筑层高	22.8m（总高度），地上3层（局部5层）
7	室内外高差	450mm
8	装配率（依据的标准）	91.5（AAA级）国标《装配式建筑评价标准》GB/T 51129-2017
9	工程质量奖项	见附件一
10	工程安全奖项	见附件一
11	工程技术创新	见附件一

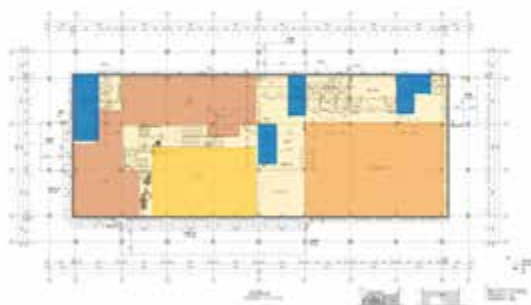
3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	√	交通核模块采用统一的开间尺寸	
	多样化组合	x		
	模数协调	√	结构构件柱网、开间、进深采用 2M	北京住总钢结构工程有限责任公司
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	√	蒸压加气混凝土条板	北京金隅加气混凝土有限责任公司
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	x	铝板幕墙，岩棉采用粘贴	上海茂利幕墙装饰工程有限公司
	内隔墙非砌筑	√	蒸压加气混凝土内隔墙条板	北京金隅加气混凝土有限责任公司
	女儿墙	x	现浇钢筋混凝土女儿墙板	北京住总集团总承包部
	围护墙与管线、装修一体化	√	在蒸压加气混凝土内隔墙外敷轻钢龙骨石膏板	北京金隅加气混凝土有限责任公司 北京京东和润建筑材料有限公司
内装修和设备管线	全装修	√	设计施工一次到位	
	干式工法楼面、地面	x	现浇楼地面做法	
	集成厨房	x	未采用集成厨房技术	
	集成卫生间	x	未采用集成卫生间技术	
	管线分离	x	管线分离比例达不到评价标准要求	

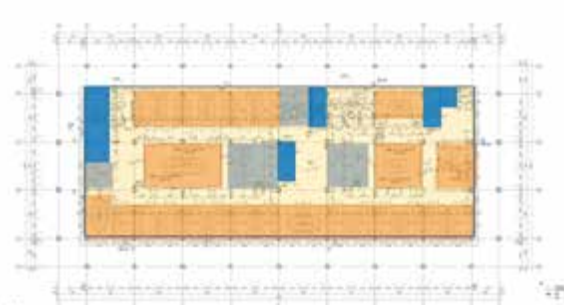
4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

二层平面图



三层平面图



1. 对建筑专业设计简单描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；

本项目承担着雄安新区城乡管理的政务服务、展示交流、企业办公、会议培训等多项功能，其中主要功能由展览展示、城乡管理综合大厅和综合办公三大部分组成，一层和二层的西半部分为展厅，主要用于对雄安未来美好生活的整体展示；二层东侧为城乡管理综合大厅，三层是用于综合办公，主要为办公室和会议室；四层为健身房。

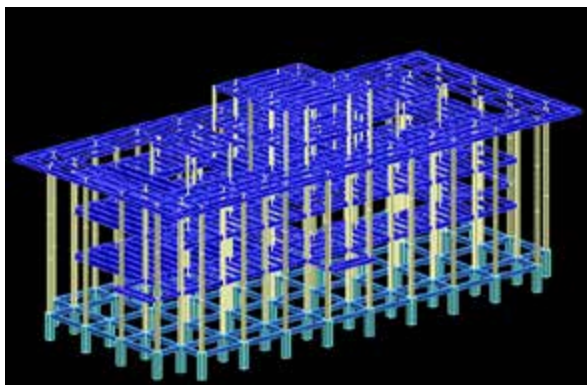
2. 标准化设计情况简单描述：

在外围护 ALC 墙板设计初期，考虑墙板 600 宽度模数布置柱网，避免墙板的裁切，最大化的利用整板，节约成本。

4.2 结构系统

1. 对项目的结构设计简单描述，如基础设计、结构体系（钢柱、钢梁、楼板、楼梯、抗侧力构件）

等描述，配置相应的 CAD 图片、效果图、现场实图等；



项目结构模型图项目结构实际效果图

本项目结构采用钢框架结构体系，考虑节材及施工进度，及钢材选型的标准化，框架柱均采用焊接 H 型钢柱，在外廊部分采用钢管柱（主要考虑柱通高，为满足柱长细比要求）；框架梁基本采用热轧 H 型钢，少部分采用焊接 H 型钢，次梁采用热轧 H 型钢。

2. 体系的优缺点描述；

技术特点：受力明确，施工速度快。支撑又分为中心支撑和偏心支撑，作为结构体系的第一道防线，抵抗水平风荷载及地震作用；钢框架除了受竖向轴力，同时也作为结构体系的第二道防线，抵御水平力。

改进意见描述；

本项目用钢量较大，主要原因还是建筑房间功能布置，部分空间如会议室及展厅等，需要较大空间，不允许有柱，故通过加大钢梁截面实现大空间布局。如果按照正常的房间功能，完全可是实现标准化的梁柱截面，有利于实现标准化。

1. 推广意见描述；

装配式钢结构建筑 + 超低能耗项目国内鲜有类似项目，作为雄安新区的新建建筑实施超低能耗技术，具备较强的示范意义，具有良好推广价值。

4.3 外围护系统

1. 对项目的外围护设计简单描述，如外围护部品的节点构造设计，配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；



立面图

本项目建筑外立面为银灰色铝板幕墙，幕墙龙骨与结构牛腿螺栓连接，连接处增加绝热垫块。在本项目南立面、西立面局部设置了机翼遮阳，遮阳龙骨与结构牛腿螺栓连接。东侧、南侧窗户外侧设置了外置遮阳帘。



外围护加气条板墙体

作为钢结构装配式建筑外围护墙系统的主体部分，加气外墙板的材料、构造、施工做法，应满足公共建筑外围护墙，抗风压性能、抗震性能、防火性能、水密性能、气密性能、隔声性能、热工性能、耐久性能等方面的要求。

利用主体结构钢梁钢柱上伸出的局部牛腿，通过穿透加气混凝土外墙板，承受幕墙龙骨及百叶龙骨的荷载，虽然施工难度增加，但此做法已成为本项目的一大亮点。

当基层墙体为加气墙板时，本项目作为超低能耗项目，使用岩棉条保温层，采取粘贴为主，锚栓固定为辅的方式。

外墙采用 300mm 厚岩棉条，传热系数 $0.130\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，材料导热系数 $\leq 0.048\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；



外围护粘锚岩棉



超低能耗被动窗

外窗采用木索结构窗，3层玻璃+暖边充氩气双 Low-E 玻璃，传热系数 $K=0.8\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，SHGC=0.45；铝包木窗加暖边，传热系数 $K=0.8\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，太阳得热系数 (SHGC)=0.45。

铝包木门窗及木索结构优势如下：使用木材作为窗户的框材，绿色环保，木质纹理自然美观，木材属于可再生地上资源；木材导热系数低，窗户的保温性能与隔声性能优异；木材表面采用水性环保涂料涂刷，没有甲醛、苯等有害物质。首层南侧入口外门采用铝包木外开门（低门坎），外门传热系数 $K \leq 1.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；东、西侧入口外门采用被动房门，传热系数 $K \leq 1.2\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

2. 体系的优缺点描述；

本项目将装配式钢结构与超低能耗建筑集成优良品质技术融为一体，推动未来节能技术与装配式绿色建筑技术结合的发展。

缺点：成本过高，节点构造复杂。

3. 改进意见描述；

需要简化节点做法，在方案设计阶段将节点统一做法，尽量满足标准化设计要求；同时深化幕

墙节点及 ALC 条板连接做法，避免现场剔凿修补，影响工程品质。

4. 推广意见描述：

作为以钢结构 + 装配式 + 被动式超低能耗技术体系相结合的示范项目，在国内尚属首例，为今后的钢结构装配式被动式超低能耗项目积累了经验，有助于推动未来节能技术与装配式绿色建筑技术结合的发展。

4.4 内装系统

对项目的内装设计简单描述，如地板、墙面、顶棚等做法，并配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实拍图等；



轻钢龙骨隔墙填充岩棉



架空地面托架

轻钢龙骨隔墙内填充岩棉，可以提高内墙板的隔声性能，使得内墙满足防火要求，同时将竖向的设备及电气管线，埋置在隔墙内的岩棉内，实现竖向的管线分离技术；实施架空地面做法，能够有效的是实现水平方向的管线分离技术，真正实现装配式装修的要求。

2. 体系的优缺点描述：

轻钢龙骨石膏板隔墙优缺点，

优点：干作业，施工便捷，按需组合，灵敏划分空间，同时易撤除，可有效地节约人工，加快施工进度；重量轻、强度能满足运用请求；装饰效果好，外型多样；

缺点：可以做房间隔墙但不能做卫生间和厨房的隔墙，不能贴墙砖。

架空地板优缺点，

优点：安装便捷，设备更换和伸缩灵活性较高；在计算机机房中使用防静电架空地板有很大的优势，电气连接的自由性、铺路和维护费用都比较低廉，美观性也好；铺设防静电架空地板可以保护电缆、电线、数据线和插座都免受损坏。

缺点：防静电地板的抗老化能力不强，如果人流较大，磨损程度就快，老化的速度也相应的加快，抗污染能力很差，必须保持清洁使用；使用时会有空洞感，体验感不如传统的混凝土垫层。

3. 改进意见描述：

轻钢龙骨石膏板墙，使用时注意对于吊挂重物的位置，要进行专门的设计，采取必要的措施加强吊挂部位的墙板。架空地板使用时，使用者会有空洞感，所以为了减小这种感觉，就要增加底板基板的板厚，同时减少托架的间距。

4. 推广意见描述

本项目室内装修创新性的采用了装配式内装技术。其中，墙面采用装配式成品墙板干法施工技术，地面采用架空调平体系的干法地面，吊顶为集成吊顶；同时，本项目既有装配式内装便携拆装的特点，又兼顾了智能家居搭载的灵活性，通过两个创新性技术的融合，提升了建筑品质。

4.5 设备与管线系统

对项目的设备与管线的设计简单描述，并配置相应的 CAD 图片做法、效果图、现场实图等；



装配式建筑的设备与管线系统主要包括给排水设备及管线系统、 供暖通风空调设备及管线系统， 电气和智能化设备及管线系统、燃气 设备及管线系统等，主要用于满足建筑使用功能。

对于公共建筑，一般在设备与管线系统中，利用 BIM 技术进行管综排布，优化管线的排布空间，以便获得较高的使用净空高度，降低成本。

2. 体系的优缺点描述；

设备与管线系统设计时，需要进行精细化设计，投入的人力较大，需要有一定的技术基础；同时管综排布是一个系统化工程，需要借助计算机辅助完成。

3. 改进意见描述；

应当进行集成化设计，利用装配式技术，将设备管线系统与内装体系结合起来，进行标准化设计，工业化生产，建议多数管线在工厂完成，尽量减少在施工现场作业，加快施工进度体现装配式建筑的技术优势。

4. 推广意见描述

推广集成化的设备管线系统，标准化设计，工业化生产，装配式化施工。

5. 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱安装



钢柱安装时，用吊车将钢柱从堆场用吊绳缠住一端，吊运至图纸中标识的位置，就位，然后用图纸中的上下柱现场连接方式（加板 + 安装螺栓的方式）临时固定，待顶部梁就位安装后，将上下柱连接部位做好焊接。

5.2 钢梁安装

本项目梁柱刚接节点连接采用栓焊连接，在节点处首先是将腹板连接的高强螺栓连接就位，待柱位置纠偏无误，钢梁位置按照图纸要求就位后，在进行钢梁的上下翼缘焊接的施焊工作。

钢梁安装工艺流程：

施工准备→测量放线→钢梁安装→测量校正→焊接→检查验收

具体安装要求：

a、钢梁吊装前，应清理钢梁表面污物；对产生浮锈的连接板和摩擦面在吊装前进行除锈。

b、待吊装的钢梁应装配好自带的连接板，并用工具包装好螺栓。

c、钢梁吊装就位时要注意钢梁的上下方向以及水平方向，确保安装正确。

d、钢梁安装就位时，及时夹好连接板，对孔洞有偏差的接头应用冲钉配合调整跨间距，然后再用普通螺栓临时连接。普通安装螺栓数量按规范要求不得少于该节点螺栓总钢梁顶升安装及预埋件加固施工方案 数的 30%，且不得少于两个。

e、当一个框架内的钢梁安装完毕后，及时对此进行测量校正。 2) 钢梁安装注意事项

在钢梁的标高、轴线的测量校正过程中，一定要保证已安装好的标准框架的整体安装精度。

钢梁安装完成后应检查钢梁与连接板的贴合方向。钢梁的吊装顺序应严格按照先主梁后次梁的顺序进行。



5.3 楼板安装

本项目楼板采用开口式压型钢板组合楼板，压型钢板楼板施工方案介绍如下：

1、施工前应绘制压型钢板平面布置图，在图上注明柱、梁和压型钢板相互关系尺寸与连接方法，尽可能减少在现场的切割工作量。

2、根据压型钢板平面布置图，统计好板的型号、规格及数量，以便制造厂按订货单准确地生产。

3、铺设前的准备工作：铺设前要认真清扫钢梁顶面的杂物，并对有弯曲和扭曲的压型钢板进行矫正，使板与钢梁顶面的最小间隙控制在1mm以下，以保证焊接质量。

4、结构防锈：除焊接部位附近和灌注混凝土接触面等处外，均应事先做好防锈处理。

5、板的敷设：铺板工作按板的布置图进行，首先在梁上用墨线标出每块板的位置，将运来的板按型号和使用顺序堆放好，并按墨线排列在梁上，然后对切口、开洞的板做补强处理。

6、板的临时支撑：设计图纸如注明压型钢板在施工中需设置临时支撑时，在压型钢板安装以后，就应设置支撑。

7、浇灌混凝土：铺设的压型钢板即成为施工模板，在板上直接绑扎钢筋，浇灌混凝土。

5.4 预制楼梯安装

钢楼梯制作及工序：

加工准备→钢梯下料→折边→除锈→总装配→焊接→油漆、编号→成品检验→运输→放线→安装。

钢楼梯施工安装注意事项：

1) 预埋件精确度直接关系到钢楼梯的精度定位和节点处理。

2) 必须采用合理的安装顺序，以清除安装积累误差，确保垂直度。

3) 钢结构安装过程，必须采取切合实际的安全措施，保证人身安全。

4) 钢梯所用钢材均采用Q235B钢，预埋件与钢梁焊缝为8mm，焊缝质量等级为三级。踏步板采用菱型或扁豆型花纹钢板。

5) 钢梯在焊接时，踏步接头处正面满焊，背面断焊，踏步与钢梁焊缝高度为5mm。

平台及踏步花纹钢板铺设：

楼梯的支柱施工完成后进行楼梯踏步及平台花纹钢板进行铺设，楼梯踏步花纹钢板的规格尺寸应按照图纸进行加工制作，在焊接前处理焊接处得杂物，焊接完成后清理残渣。



5.5 外围护部品安装

加气混凝土墙板安装前，应做技术准备，主要强调加气外墙板墙体各节点做法深化设计，以功能可靠、技术可行、经济合理为目的。并且根据建筑平面图进行墙体排板深化图，具体细化到每一块加气外墙板。排板图包含每一块板的信息，如板材规格、厚度、宽度、长度等，每道墙体所用板材块数，不同墙体、不同规格板材界限划分等。

加气外墙板墙体施工，墙板安装固定的安全稳定尤为重要。不论是钢管锚法还是钩头螺栓法，都是通过设置连接角钢，将加气外墙板固定在钢梁上。角钢的选择可以选择相关的图集做法。

墙板施工工艺：

工作面清理→测量放线→角钢等连接件安装焊接→选板运输→板材就位→检查校正→板材安装固定→焊缝防锈处理→板缝处理→修补板面→涂刷界面剂。

墙板施工技术要点：

i 加气外墙板安装及固定

a) 加气外墙板安装时，有窗洞口时应从窗洞口两边向两端安装，没有窗洞口时从一端向另一端逐次安装。

b) 安装条板前，应在结构墙柱结合处、已就位的条板侧面涂抹粘接剂。粘接剂应均匀抹至呈泥鳅背状。

c) 涂抹完毕后将下一块条板卡入角钢内，并撬起条板底端，使条板上下错动，至相邻两板充分挤紧，粘结剂饱满外冒为止。

d) 板缝宽度不得大于 5mm，采用 ALC 条板专业粘结剂，饱满度应大于 80%。

e) 墙板与主体结构连接处应留 15~20mm 缝隙，缝宽满足结构设计要求。

f) 使用靠尺校正墙面的平整度，使用托线板测量条板的垂直度，检查条板是否对准控制线，并作出相应调整。校正无误后，紧固连接件及填塞缝隙。

g) 最后清理板材底部，采用砌筑砂浆填塞条板底缝。

h) 若需在墙体上需设置门、窗顶过梁板时，过梁板应在其余条板安装完毕后最后安放，并按条板缝隙处理方法嵌实拼缝。

i) 确定条板安装正确后进行焊接固定。

板缝处理

a) 在板上端与主体结构连接的水平板缝应采用防火材料填缝（岩棉）。角钢在里面，外侧板缝填塞 PE 棒、打密封胶，再采用专用嵌缝剂嵌缝；当角钢在外面，里侧板缝采用专用嵌缝剂嵌缝，外侧板缝、角钢缝打密封胶。

b) 加气外墙板底部与结构连接的水平板缝，采用砌筑砂浆填塞。角钢在里面，外侧板缝应塞 PE 棒、打密封胶，再采用专用嵌缝剂嵌缝；当角钢在外面，里侧板缝采用专用嵌缝剂嵌缝，外侧板缝、角钢缝打密封胶。

c) 加气外墙板与钢柱连接的竖向板缝处应采用防火材料填缝（岩棉），内外两侧板缝均应填塞 PE 棒、打密封胶，再采用专用嵌缝剂嵌缝。

其他外墙外侧板缝塞 PE 棒、打密封胶、专用嵌缝剂嵌缝，内侧采用专用嵌缝剂嵌缝。



5.6 内隔墙安装



轻钢龙骨施工



龙骨间填塞岩棉板

工艺流程

墙位放线→安装沿地、沿顶龙骨→安装沿墙（柱）竖龙骨→装设氯丁橡胶密封条→安装竖向龙骨→安装横撑和贯通龙骨→门窗或特殊节点处的骨架安装→填塞岩棉或玻璃丝棉→安装一侧第一层石膏板→安装墙体内管线及其它装设→安装另一侧第一层石膏板→安装双侧外层石膏板。

施工要点：

- 1、自攻钉间距保持在 12—15cm 之间；
- 2、自攻钉帽要做防锈处理；
- 3、石膏板用十字自攻螺丝固定于轻钢龙骨上，螺丝沉入地面，不能破坏面纸，螺丝间距四边为 200mm，中间为 300mm，如为四层石膏板，底层板用腻子嵌缝抹平，然后用自攻螺丝或胶粘剂固定面板；
- 4、检验轻钢龙骨是否符合设计要求，材质、规格、品牌必须符合国家现行标准。
- 5、吊垂直线，水平线，轻钢龙骨间距不得于 40cm。
- 6、隔断中间须得加防火、隔音岩棉，厚度不得低于 5cm。
- 7、在沿地、沿顶龙骨与地、顶面接触处要严密，同时要固定牢固，再按规定间距用射钉（或用电钻打眼塞膨胀螺栓）将沿地、沿顶龙骨固定于地面和顶面。
- 8、射钉按中距 0.6~1.0m 的间距布置，水平方向不大于 0.8m，垂直方向不大于 1.0m。射钉射入基体的佳深度：混凝土为 22~32mm；砖墙为 30~50mm。
- 9、将预先剪裁好长度的竖向龙骨，推向横向沿顶、沿地龙骨之内，翼缘朝向石膏板方向，竖向龙骨上下方向不能颠倒，现场切割时只能从上端切断，竖向龙骨接长可用 U 型龙骨套在 C 型龙骨的接缝处，用拉铆钉或自攻螺丝固定。

5.7 地板安装



排布支架



铺设 OSB 地板

施工工艺：基层清理→弹线→建立支架起始点→安装支架→水平仪校准→安装横梁→铺设架空地板→收边地板切割→地板清洁和保养。

施工注意事项：

- 1) 支架应平稳放置于地面上，支架与横梁须用螺丝拧紧。
- 2) 为防止火灾的发生，施工人员在工地施工时严禁吸烟，地板铺设时应轻拿轻放，防止砸到手脚，清扫地面时，不得从窗口、阳台等一切洞口向下抛卸水泥杂物，防止砸到下面的人；在黑暗处或者夜间施工时，应使用 36V 低电压行为照明，地下室照明用电不超过 12V。
- 3) 运输材料时不要碰坏墙柱、门框、墙面及栏杆等；工时，地板应放置好，防止板面被刮毛或压变形。

6. 经济效益分析

6.1 成本分析施工

6.2 用工分析

6.3 用时分析

描述本项目与传统装配式混凝土结构的工期对比

(1) 装配式内装可以高度还原设计意图，材料安全环保无醛，即装即住，除此之外，较传统湿作业来说，施工工期缩减 30%。

(2) 传统施工需经过管线剔凿、预埋、瓦、木、油几道工序完成施工作业，完成一个展厅施工至少需要 2-3 个月的施工周期，完成一个体验馆需要至少 45 天的施工周期，并且传统湿作业对于施工人员的技术要求较高，工人数量投入大，因此产生的人力成本支出大，而装配式内装全部采用干法施工，只需要现场挂装或干法铺装，安装工人仅需一周左右的时间培训即可进行安装，展厅施工周期仅为 45 天，单个体验馆施工周期为 15-18 天，仅需投入 5 个产业工人即可完成一个体验馆的安装工作。

7. 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

描述装配式建造与传统建造方法对比，包括建筑垃圾、材料损耗、建筑节能及其它方面的降低情况

(1) 恒温控制。通过被动房的系统设计，室温夏季保持在 26℃，湿度控制在 60%；冬季保持在 20℃，湿度控制在 40%；符合室内人员的热舒适需求。

(2) 本项目节能效率对比测算：

表 7.1 年一次能耗计算结果对比

项目	设计建筑（本项目）		参照建筑	
	年一次能耗	年一次能耗指标	年一次能耗	年一次能耗指标
	kWh/a	KWh/(m ² ·a)	kWh/a	KWh/(m ² ·a)
供冷	101789.73	19.68	253262.08	48.97
供暖	47283.57	9.14	239639.88	46.33
照明	71735.64	13.87	105457.08	20.39
合计	220808.95	42.69	598359.05	115.69

本项目年一次能耗指标设计建筑为 42.69KWh/(m²·a)，参照建筑为 115.69KWh/(m²·a)，设计建筑比参照建筑节能效率 = (设计建筑能耗指标 - 参照建筑能耗指标) / 参照建筑能耗指标 %。计算可得，本项目设计建筑年供暖、空调和照明能耗（计入可再生能源贡献）在参照建筑（GB50189—2015《公共建筑节能设计标准》）基础上降低 63.10%，满足 60% 以上要求。

(3) 本项目节能效益：

本建筑通过被动房设计及搭建能耗管理平台进行节能策略的优化，同常规办公楼相比每年可节约 30% 运营费用，约 36 万元，减少碳排放 359 吨。

7.2 碳排放对比分析（未分析）

附件一：取得的主要科技创新成果

1、已受理发明专利《低能耗钢结构建筑特殊部位保温断热桥节点及制作方法》（申请号 202010467481.2）；

2、已获得实用新型专利《低能耗钢结构建筑特殊部位保温断热桥节点》（申请号 202020941268.6）；

3、取得计算机软件著作权 7 项。《一种基于 Unity3D 开发的三维数字化能源平台软件》、《一种基于 LabVIEW 开发的双集中器数据采集传输软件》、《基于低压电力线载波与 WIFI 通信转换装置系统软件》、《一种基于 LabVIEW 的 U3D 后台数据传输软件》、《基于云平台的建筑能耗实时硬件智能控制系统软件》、《基于 Visual Studio 的室内环境和人居行为监控系统软件》、《基于 Visual Studio 的能耗监控管理系统软件》；

4、已获得德国能源署“高效低能耗建筑质量标识”；

5、已发表论文 1 篇。《雄安新区超低能耗绿色建筑示范项目实践》，发表于《雄安新区绿色发展报告（2017~2019）》，以及《绿色建筑》（2019 年 7 月第 4 期）；

6、已获得住房和城乡建设部超低能耗绿色建筑示范工程；

7、已获得住房和城乡建设部绿色建筑评价标识（三星级）。

项目十：承德双桥卉原中学项目 2# 教师公寓楼

1. 基本信息

序号	类别	内容
1	项目名称	承德双桥卉原中学项目 2# 教师公寓楼
2	建设单位	承德卉原教育科技有限公司
3	设计单位	大元建业集团股份有限公司
4	施工总承包单位	河北环祥卉原建筑工程有限公司
5	监理单位	中科宏泰工程项目管理有限公司
6	工程总承包模式	PC 模式
7	项目建安费用	3693.4043 万元
8	每平米造价	4588 元 /m ²
9	开竣工时间	2021 年 4 月 5 日 -2022 年 5 月 10 日（桩基础施工，工期较长）
10	项目进展情况	已完工

2. 项目概况

序号	类别	内容
1	项目地点	河北省承德市双桥区
2	规划面积	8049.00m ²
3	总建筑面积	8049.00m ²
4	单体建筑面积	地下：542.00m ² 地上 7507.00m ²
5	建筑单体数量	1
6	建筑层高	1 层 3.45m；2—15 层 3.15m；建筑总高度 49.35m
7	室内外高差	0.30m
8	装配率（依据的标准）	44.7%（装配式建筑评价标准（GB/T51129—2017））
9	工程质量奖项	——
10	工程安全奖项	——
11	工程技术创新	——

3. 装配式技术配置表

类别	装配式技术配置选项	选用情况	本项目具体做法	制作供应单位
标准化设计	标准化模块	平面整齐规则、钢柱被墙体包裹不外露	平面布局规则、墙体厚度标准化、钢柱尺寸标准化	河北卉原建材有限公司
	多样化组合	不同使用功能、不同轴网布置	依据建筑功能及布局做相应轴网调整布置	河北卉原建材有限公司
	模数协调	√柱网	以 300 为模数	河北卉原建材有限公司

主体结构	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	钢柱	方管柱（依据建筑不同层高、层数做相应尺寸调整）	河北卉原建材有限公司
	梁、楼板、阳台	钢梁、钢筋桁架楼承板	钢梁、钢筋桁架楼承板	河北卉原建材有限公司
	空调板	钢筋桁架楼承板	钢筋桁架楼承板	河北卉原建材有限公司
	楼梯	钢楼梯	钢楼梯	河北卉原建材有限公司
外围护和内隔墙	非承重围护墙非砌筑	钢丝网架珍珠岩复合保温板	工厂内工业化生产，施工现场安装	河北卉原建材有限公司
	围护墙与保温、隔热、装饰一体化	一体化（除装饰）	墙体本身具有隔热、保温、防火功能	河北卉原建材有限公司
	内隔墙非砌筑	钢丝网架珍珠岩复合保温板	工厂内工业化生产，施工现场安装	河北卉原建材有限公司
	女儿墙	钢丝网架珍珠岩复合保温板	工厂内工业化生产，施工现场安装	河北卉原建材有限公司
	围护墙与管线、装修一体化	/	/	
内装修和设备管线	全装修	传统装修	传统装修	/
	干式工法楼面、地面	/	/	/
	集成厨房	/	/	/
	集成卫生间	/	/	/
	管线分离	/	/	/

4. 装配式技术应用情况

4.1 建筑设计

本项目地上 15 层，地下 1 层；建筑面积 8049.00m²，每层层高 3.15m，建筑总高度 49.35m，其效果图如图 4-1 所示。



图 4-1 试验房效果图

平面图包含地下一层平面图（图 4-2）、一层平面图（图 4-3）、二层平面图（图 4-4）和三层~十五层平面图（图 4-5）。

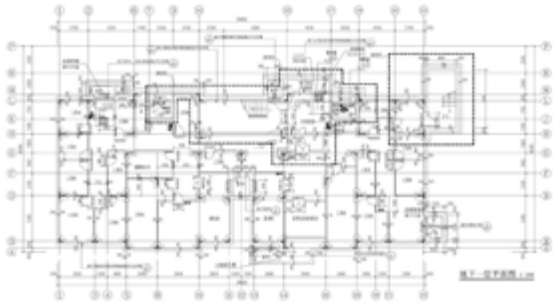


图 4-2 地下一层平面图

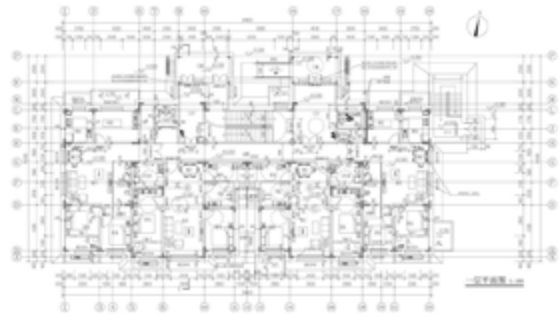


图 4-3 一层平面图

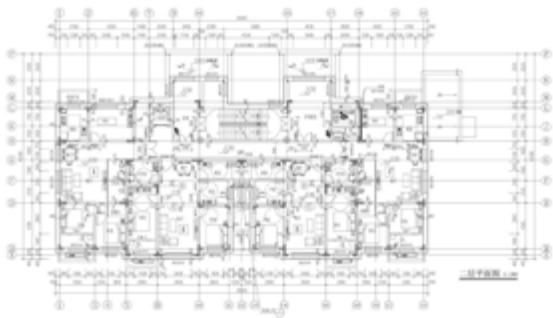
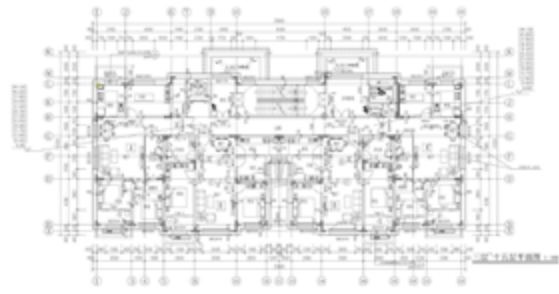


图 4-4 二层平面图



4-5 三层~十五层平面图

立面图包含 1~23 轴立面图（图 4-6）、23~1 轴立面图（图 4-7）、L~A 轴立面图（图 4-8）、A~L 轴立面图（图 4-9）和 1-1 剖面图（图 4-10）。

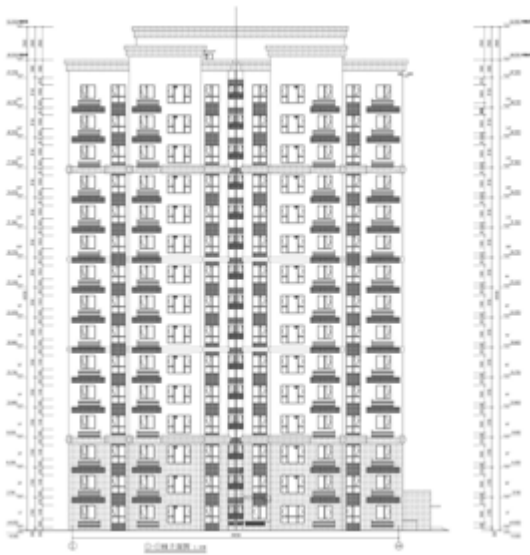


图 4-6 1~23 轴立面图



图 4-7 23~1 轴立面图

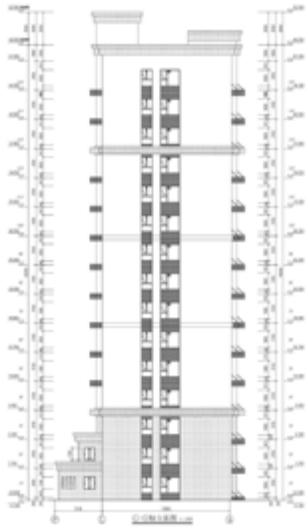


图 4-8 L~A 轴立面图

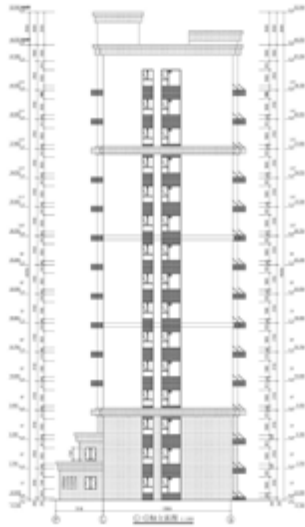


图 4-9 A~L 轴立面图

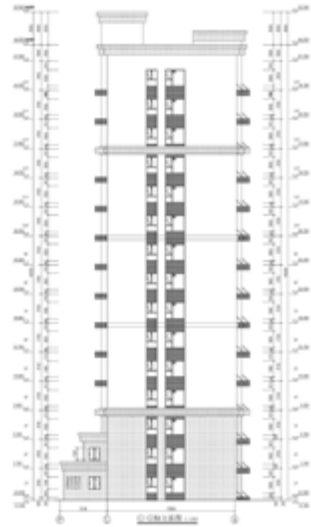


图 4-10 1-1 剖面图

4.2 结构系统

(1) 结构体系介绍

该项目结构采用矩形钢管混凝土组合异形柱框架-支撑体系+钢丝网架珍珠岩复合保温板结构体系，外墙体采用30厚水泥砂浆+25厚珍珠岩板+390厚石墨聚苯板+25厚珍珠岩板+30厚水泥砂浆，水泥砂浆强度为M20，支撑体系矩形钢管采用Q335C级钢内部灌注C40自密实细石混凝土。楼板采用钢梁加桁架式模板体系，上部浇筑C30混凝土；屋面为平屋面，屋面板采用钢梁加桁架式模板体系，上部浇筑C30混凝土，屋顶保温层采用250厚高容重石墨聚苯板。

结构图包含钢柱平面布置图(图4-11-1、图4-11-2、图4-11-3)、各层钢梁平面布置图(图4-12-1、图4-12-2、图4-12-3、图4-12-4)、各层楼板配筋图(图4-13-1、图4-13-2、图4-13-3、图4-13-4)、各层模板平面图(图4-14-1、图4-14-2、图4-14-3、图4-14-4)及屋面女儿墙施工图(图4-15)等。

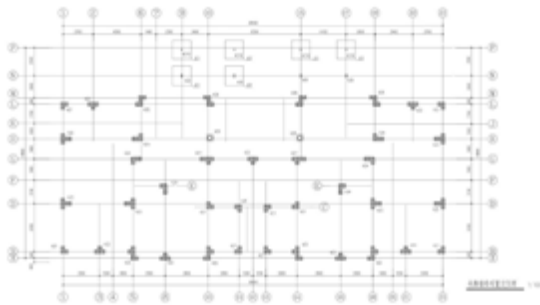


图 4-11-1 柱脚锚栓布置定位图

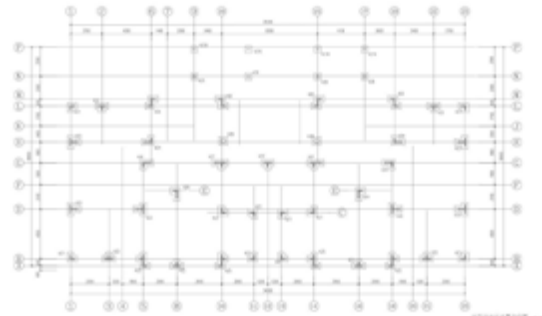


图 4-11-2 地下结构柱布置定位图

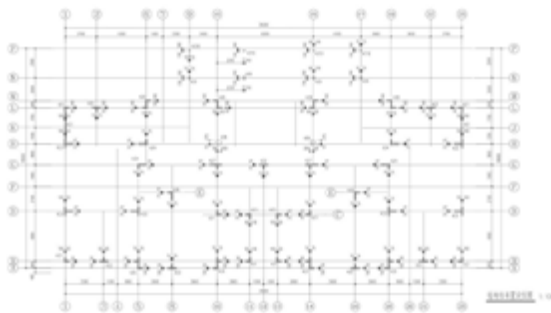


图 4-11-3 结构柱布置定位图

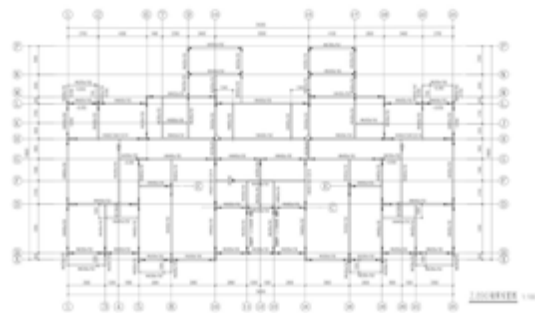


图 4-12-1 2.890 钢梁布置图

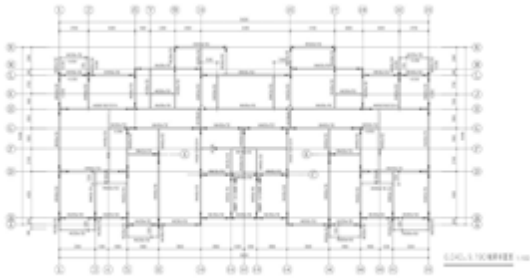


图 4-12-2 6.040、9.190 钢梁布置图

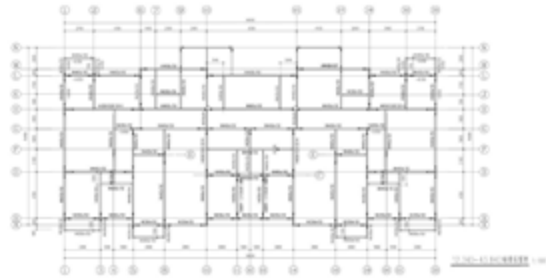


图 4-12-3 12.340~43.840 钢梁布置图

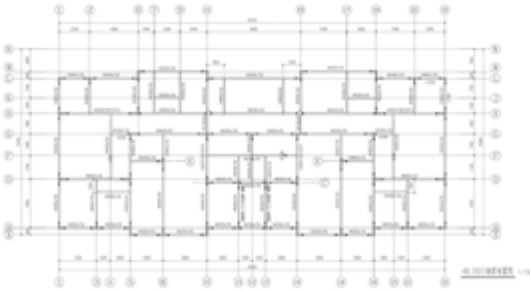


图 4-12-4 46.990 钢梁布置图

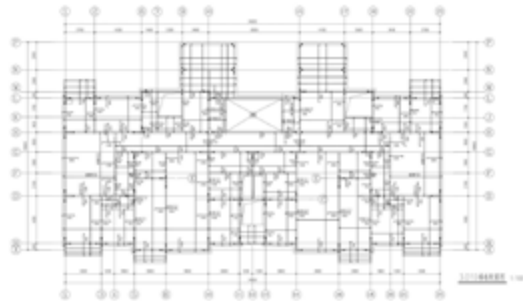


图 4-13-1 3.010 楼板配筋图

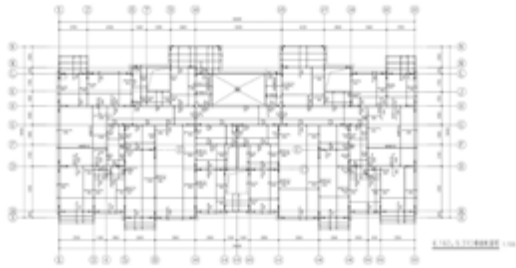


图 4-13-2 6.160、9.310 楼板配筋图

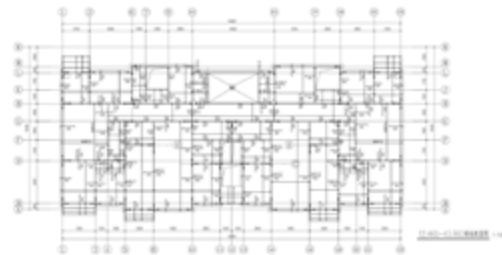


图 4-13-3 12.460~43.960 楼板配筋图

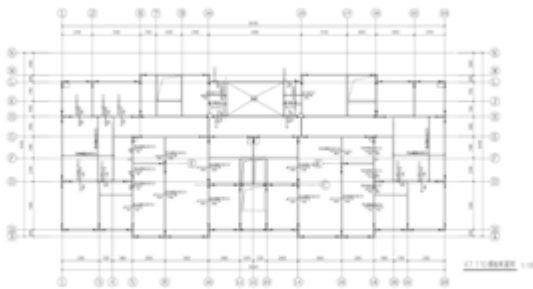


图 4-13-4 47.110 楼板配筋图

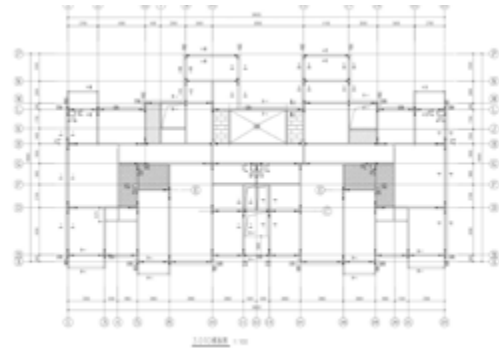


图 4-14-1 3.010 模板图

图 4-14-2 6.160、9.310 模板图

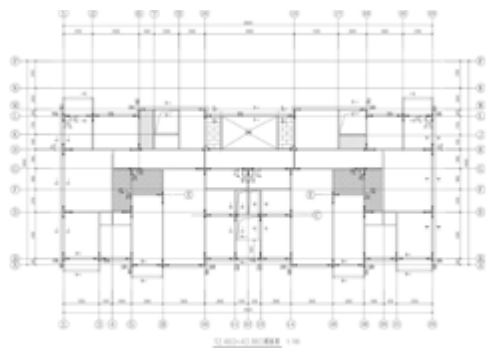


图 4-14-3 12.460~43.960 模板图

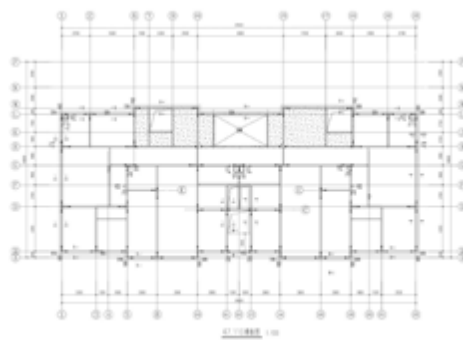


图 4-14-4 47.110 模板图

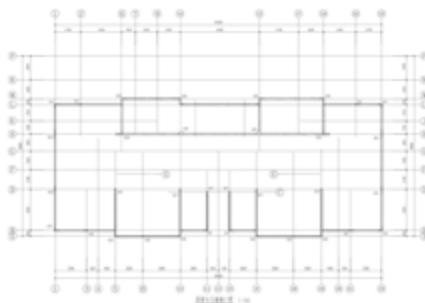


图 4-15 屋面女儿墙施工图

(2) 该体系优缺点

优点：该体系矩形钢管混凝土组合异形柱框架-支撑体系与钢丝网架珍珠岩复合保温板协调工作，共同受力；结构整体性好，抗震性能好，防火性能好，节能性能好。矩形钢管混凝土组合异形柱框架-支撑体系与钢丝网架珍珠岩复合保温板工厂内生产，工业化程度高，不用支模，现场组装，施工方便快捷，极大的缩短工期减小造价。

缺点：要求下料生产尺寸精准，安装必须误差小。

(3) 该体系改进意见

下料生产须进一步提高精度，安装过程中尽可能减小误差。

(4) 该体系推广意见

该体系是以提高工厂预制率、现场装配率和工业化建造水平为目标而提出的适用于多种建筑的新型装配结构体系，符合我国大力推广装配式建筑的政策导向，值得推广。

4.3 外围护系统

(1) 围护体系介绍

矩形钢管混凝土组合异形柱框架-支撑体系+钢丝网架珍珠岩复合保温板结构体系以矩形钢管混凝土组合异形柱、H型钢等组成支撑体系，钢丝网架珍珠岩复合保温板内外包裹，墙板内外侧喷水泥石浆以形成整体墙体。



图 4-17 外墙构造

(2) 围护体系优缺点

优点：钢丝网架珍珠岩复合保温板功能复合，节能（符合国家准备动房标准）防火性好，安装简单，无需支模，施工简便；喷浆后整体性强，抗震性好，同时极大的缩短了工期；

缺点：对板材的下料、生产要求尺寸精准，安装过程不允许有大的偏差。

(3) 该围护系统改进意见

提高技术人员对图纸的解读，做到下料尺寸精准，绘制的下料图纸简单易懂；生产过程中尽可能减小材料尺寸偏差，使生产的单体板材符合下料图纸要求；板材安装选用专业化队伍，尽可能的减小安装造成的尺寸偏差。

(4) 该围护系统推广意见

钢丝网架珍珠岩复合保温板，具有施工方便，节省工序，轻质，节能环保等优点，符合国家推广新型墙材的政策要求，值得推广。

4.4 内装系统

本项目不涉及内装修，主要用于结构验证。

4.5 设备与管线系统

本项目不涉及设备与管线系统，主要用于结构验证

5 部品部件装配施工技术

5.1 钢柱安装

本项目矩形钢管混凝土组合异形柱安装过程包括切割下料、现场安装等工序组成。

(1) 根据图纸现场放线。

(2) 根据下料单切割杆件，并标记杆件长度及轴线位置。

(3) 钢柱现场安装。

5.2 钢梁安装

钢梁安装主要体现在各层顶梁安装上。（图一）

5.3 楼板安装

楼板采用桁架式模板。楼盖梁上安装预制好的桁架式模板，桁架式模板与楼盖梁采用焊接，间距 200mm。安装完桁架式模板采用预拌混凝土浇筑各层顶板。（图二）



图一

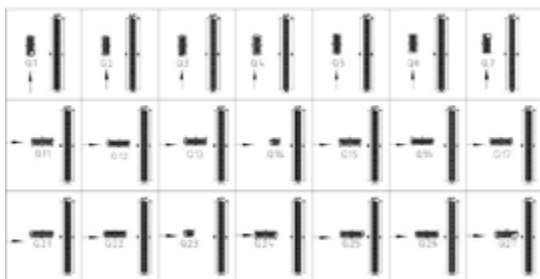


图二

5.4 外围护墙体安装

外围护墙采用钢丝网架珍珠岩复合保温板，钢丝网架珍珠岩复合保温板由工厂内切割下料、运输、板材安装、板材内外侧喷水泥砂浆等工序组成。

(1) 工厂内生产车间人员根据技术人员下料料单及图纸进行板材生产组装。



(2) 现场板材安装。



(3) 板材内外喷水泥砂浆。



5.6 内隔墙安装

本项目内隔墙采用钢丝网架珍珠岩复合保温板，钢丝网架珍珠岩复合保温板由工厂内切割下料、运输、板材安装、板材两侧喷水泥砂浆等工序组成。

(1) 工厂内生产车间人员根据技术人员下料料单及图纸进行板材生产组装。

(2) 现场板材安装。



(3) 内墙板两侧喷水泥砂浆。

6. 经济效益分析

6.1 成本分析

本项目主体结构（含外墙装饰、屋面及内隔墙）成本为 3427.82 元 /m²，各项费用计算如表 6-1 所示，传统装配式混凝土结构体系主体结构是 1924 元 /m²，加上外墙保温装饰后为 1723 元 /m²，采用本项目结构体系比传统装配式混凝土结构便宜 6.01%。

表 6-1 主体结构单位面积成本

名称	单位面积造价 / 元	合计 / 元
材料费	21167062.31	3427.82
人工费	3803955.3	
机械费	646890.01	
电费	192185.65	
墙体抹灰	810015.92	
楼盖吊顶	970451.05	

6.2 用工分析

本项目安装墙体钢框架 6300.9 工日，楼板和楼梯 3012.98 工日，屋顶 199 工日，合计 9512.88 工日。安装钢丝网架珍珠岩复合保温板 3742.02 工日；浇筑混凝土板 2503.6 工日，内外墙喷浆 1760.24 工日，屋面安装 365.02 工日，总计消耗 17883.76 工日，单位面积用工 2.22 工日 /m²。

6.3 用时分析

与传统装配式混凝土结构相比较，本项目除了地下一层墙板及各层楼板采用现浇混凝土外，其

他均为装配干作业，本项目工序相对简单，工期较短，单位面积用工为 2.22 工日 /m²，传统装配式混凝土结构在 3.6 工日 /m²，本项目 270 天完成，比传统混凝土结构工期极大缩短。

7 节能减排和碳减排方面的分析

7.1 节能减排分析

本项目与传统装配式混凝土结构相比，材料碳排放减少了 50% 左右，运输和建造阶段碳排放也有减少，本项目与传统装配式混凝土结构相比较，在节能减排方面具有较大的优势，其节能性能达到国家现行及推广的准被动房标准。

7.2 碳排放对比分析

依据现行国家标准 GB/T51366-2019《建筑碳排放计算标准》，计算结果如下表：

表 6-3 碳排放测算结果

各阶段过程排放量	装钢丝网架珍珠岩复合保温板	传统装配式混凝土结构	备注
建材生产阶段碳排放量	127.82 kgCO ₂ e/m ²	309.25kgCO ₂ e/m ²	本算例以河北奔原建材有限公司承德双桥奔原中学项目-宿舍楼、实验楼、教学楼、餐厅、行政综合楼，以行政综合楼为例：钢材消耗量：1422.26t 钢丝网架珍珠岩复合保温板：6203.6m ²
建材运输阶段碳排放量	3.72kgCO ₂ e/m ²	5.55kgCO ₂ e/m ²	
建造阶段碳排放量	4.15kgCO ₂ e/m ²	7.82kgCO ₂ e/m ²	
汇总	135.69kgCO ₂ e/m ²	322.62kgCO ₂ e/m ²	
差异对比	$X = \frac{321.22 - 133.74}{321.22} \times 100\% = 57.94\%$ 由此计算得出：本项目与传统装配式混凝土结构相比，碳排放量减少 57.94%。		

五、总结与展望

1、装配式建筑历史带来的警示与机遇

装配式建筑在我国已有近 70 年的历史，在发展过程中跌宕起伏，甚至用命运多舛形容也不为过。在 20 世纪 50 年代，发展建筑工业化是国家建设的基本国策，早在 1956 年国务院就颁布了《关于加强发展建筑工业的决定》，指明了“建筑工业化是建筑业的发展方向”，“大力开展建筑结构和构配件的标准化工作”，“积极实行工业化、机械化施工”，这是我国装配式建筑的开创期。

20 世纪 60~80 年代，以大板式建筑为主要代表的结构体系蓬勃发展，如 1959 年建成民族饭店，也是 10 大国庆工程之一，首次采用预制装配式框架—剪力墙结构，今天依旧屹立在首都北京，这是我国装配式建筑的发展期。

1976 年 7 月 28 日，唐山大地震不仅摧毁了一座城市，也摧毁了人们对装配式建造的信心。预制板建筑（初期的装配式建筑）在唐山一度被称为“棺材板”，刚刚发展起来的装配式建筑受到普遍的质疑与抵制，直至 20 世纪 90 年代末，这种状况才有所缓解，这是我国装配式建筑发展的低潮期。分析导则该阶段的原因，主要是技术层面上缺乏消化吸收再创新，尤其是抗震措施上不符合中国国情。其次推行的时机不合适，引进大板型建筑时正值改革开放，中国的劳动力充足，劳务成本低廉，使得现浇这种传统的施工方式得到了施工单位的大力拥护，这也在一定程度上冲击了大板型装配式建筑的发展。这是我国装配式建筑的低潮期。

20 世纪 90 年代~21 世纪初期，1994 我国首次提出住宅产业化的概念。1999 年国务院办公厅转发建设部等部门《关于推进住宅产业现代化提高住宅质量的若干意见》，提出要加快住宅建设从粗放型向集约型转变，推进住宅产业现代化，提高住宅质量，具体提出了发展钢结构的要求。2000 年，建设部与国家冶金局先后召开了“钢结构住宅建筑研讨会”与“钢结构住宅建筑体系技术发展研讨暨钢结构住宅协会筹建会议”，总结了几十年来建筑工业化、产业化发展的经验，以及国内外住宅产业化的经验，在众多住宅建筑体系中明确了钢结构住宅体系最适合于工业化、产业化，开始了推动我国钢结构住宅应用发展的进程。2001 年 12 月，建设部颁布了《钢结构住宅建筑产业化导则》，在总结我国钢结构住宅初步经验的基础上，制定了建筑体系、结构体系、建筑设备、钢结构防护、工厂化生产和施工安装方面的指导原则。2003 年，建设部编制了《建设事业技术政策纲要》明确提出，“要大力推动建筑钢结构的发展，积极推广钢结构住宅的应用并逐步实现产业化”。期间莱钢樱花小区、北京青年公寓等一批居住类项目完成建设交付，为装配式钢结构住宅做出了有益的尝试与探索。这是我国装配式建筑中装配式钢结构住宅的初创期，也是装配式建筑的恢复期。

时间来到 21 世纪 10 年代，迎来了装配式建筑的快速发展与创新并举的时期。2015 年 12 月，时隔 37 年后中央城市工作会议在北京举行，提出了贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，推动形成绿色低碳的生产生活方式和城市建设运营模式，推进城市绿色发展，提高建筑标准和工程质量，高度重视做好建筑节能。随着我国人力资源的短缺和人工成本的不断上升，低碳节能经济和建筑业的转型升级都对我国传统的建筑结构形式提出了更高的要求。2016 年 9 月国务院办公厅颁布《关于大力发展装配式建筑的指导意见》，成为装配式建筑的纲领性文件。自该文件颁布后，国家从政策、技术体系、规范标准到项目实践全面发展。从全国新开工装配式建筑面积可略见一斑，2016 年全国新开工装配式建筑 1.14 亿 m²，到 2020 年全国新开工装配式建筑 6.3 亿 m²，5 年来增长了 452.5%。但其中住宅占比尤其钢结构住宅占比相对较低，其主要原因在于缺乏标准化设计及设计、生产及施工产业链的打通。2020.08 住建部等九部委颁布《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》，9 月住建部构建了“1+3”标准化设计与生产体系，全面打通装配式住宅设计、生产和工程施工环节。《钢结构主要构件尺寸指南》、《装配式混凝土结构主要构件尺寸指南》和《装配化装修部品部件主要尺寸指南》已陆续颁布，至 2022 年 3 月，随着《装配式住宅设计选型标准》的正式印发，标志着“1+3”体系从构建走向落地。

目前装配式住宅技术体系日益成熟，呈现百花齐放百家争鸣的充分竞争市场格局，但部品部件的

标准化还停留在概念阶段，依旧是项目设计、详图拆分到构件生产的传统方式。“1+3”标准化设计与生产体系的落地实施，有望从源头上解决构件标准化与设计的矛盾，实现以部品为基础的拼装式设计方法，打通设计、生产与施工的环节壁垒。

2、装配式住宅“1+3”标准化设计与生产体系逐步建立

装配式钢结构的建造模式也在逐渐发生变化，设计上从一开始结构无条件服从建筑，到结构主导装配式，再到以实现建筑功能为基础，建筑与结构的协同与协调，终极目标是实现多系统的协调与集成，形成建筑产品的思维工作方式。工作流上从设计、施工的各自为战到EPC和EMPC模式的转变，尤其设计前端考虑部品的匹配性及施工的便捷性是装配式建筑保品质降成本的关键所在，这也就要求部品的标准化和施工工艺前置化。

目前随着钢结构建筑技术的不断提高与发展，社会对住宅的需求经历了一个“由注重数量，到数量与质量并重，再到质量第一，进而强调个性化、多样化、高质量”的发展阶段，并不断提升住宅产品的性能指标，且对住宅体系灵活性、多变性进行深入研究，以扩大适应面和产生规模效应。现阶段装配式住宅体现出以模数化构建标准化，以标准化推动工业化，以工业化促进产业化的基本特征。

系统性及系统集成成为“1+3”标准化设计和生产体系的关键所在。首先应从源头做起，培养设计人员产品化的设计思路，掌握以模数化引领的标准化部品部件为核心的系统集成设计方法，设计过程中注意两个协同与集成，一是全专业的协同与集成，表现为装配式建筑的4大系统专业协调与标准化接口的连接方式。二是全过程的协同与集成，应建立以集成设计为龙头，标准化部品生产为基础，装配化施工工艺为关键因素的全过程协同。表现为设计用部品为指南中推荐部品，多用既有的标准部品，同时考虑施工工艺的可操作性与便捷性。

从项目落地实践看，“1+3”标准化设计和生产体系为行业的发展指明了道路，但仅仅依靠该体系还远远不够。促进该运转体系的快速发展需要做好如下几方面工作。

1、设计师产品化思维及工作方式的培养，设计院应成立专业院所来完成装配式住宅的系统设计集成工作，该专业院所不仅包括传统意义的设计师，还应有装配化施工的技术人员，并对从业人员进行系统的培训，最终形成以部品库为基础，考虑施工工艺的系统集成的设计方法。

2、部品库的建立与应用，《钢结构主要构件尺寸指南》、《装配式混凝土结构主要构件尺寸指南》和《装配化装修部品部件主要尺寸指南》已经颁布，对各类构件均给出了推荐性尺寸。从全行业来看，但该尺寸为优选尺寸，与具体项目的各类构件尺寸存在一定的差异性，推荐性尺寸所占比例较低，导致构件生产企业无法组织大规模的生产。所以应以项目为基础，首先建立企业级的部品库，采用标准构件与特殊构件相结合的方式，减少标准构件规格，提高复用率，局部用特殊构件来补充。

3、政策支持与项目示范，《装配式住宅设计选型标准》指出，装配式住宅应采用设计选型方法，基于通用部品部件，结合满足项目需求的非通用部品部件进行设计，应少规格、多组合来实现住宅性能目标。但在具体项目中，其标准化通用部品实现具有一定的难度，其原因是市场规律项目追求利益最大化，高的容积率成为必然选择，考虑消防、日照等因素，户型标准化基本无法很好实现，构件的标准化也无从谈起。所以建议在已批准的7个示范省或装配式发达地区给出政策的支持，降低容积率，使以构件标准化的集成设计得以实施，这也与《关于加强县城绿色低碳建设的意见》相关思路基本一致。同时应加大示范规模，使装配式的规模效益显现出来。

4、BIM与信息化平台的应用，装配式建筑的设计、实施特点要求其设计的颗粒度更高，容错性更低。而BIM和信息化平台的结合可以提供一个近乎完美的工具，BIM减少设计的错误，信息化平台提供加工、运输及施工的管理，打通产业链条，使信息传递更及时和高效，为项目实施提供工具保证。

5、管理方式上，装配式建筑更强调全过程的协同，尤其部品与施工工艺前置是保证项目顺利实施的关键因素。所以EPC或EMPC模式成为装配式建筑的管理手段，在项目实践中，要做到真正的设计部品施工一体化，设计了解部品与施工工艺，并参与全过程的管理，确保建筑使用功能与建筑品质。

3、重要意义

装配式建筑在中国经过近 70 年的发展，“1+3”标准化设计和生产体系为装配式住宅行业的发展指明了道路，《装配式住宅设计选型标准》提出了基于部品部件、少规格、多组合来实现住宅性能目标的设计方法，《钢结构主要构件尺寸指南》、《装配式混凝土结构主要构件尺寸指南》和《装配化装修部品部件主要尺寸指南》3 本指南从通用部品部件提供基础支撑。两者的结合为装配式住宅提供了工作路径与实施措施，从行业的高度为装配式住宅发展提供了方向指引。但在落地实践中，要坚持项目主导，建立企业级部品库，培养一批全过程一体化企业，以企业丰富行业，促进“1+3”标准化设计和生产体系的迭代升级。我相信，坚持以 1+3”标准化设计和生产体系为基本工作方向和思路，坚持全专业系统集成与协同，坚持建筑全生命周期参与与管理，坚持精细化加工、精细化施工，充分发挥 BIM 及信息化平台新工具的作用，结合建筑师负责制，采用 EPC 或 EMPC 的施工管理模式，一定会迎来装配式住宅的快速发展，实现一批高质量、高品质的装配式住宅。



北京钢结构行业协会

联系方式: 010-58031630 18511192280

电子邮箱: 1113750636@QQ.COM

协会网址: WWW.BJGGXH.ORG

协会地址: 北京市丰台区马家堡东路106号自然新天地大厦9层908室