

装配式住宅设计实施要点探析与应用

刘美君^{1*} 闫新杰²

1. 山东商和工程设计有限公司北京分公司 北京 100040

2. 北京京铁房地产开发有限公司 北京 100040

摘要: 随着传统“粗放”式建筑业的弊端凸显,我国建筑行业已亟待转型升级。集成集约、绿色低碳、产业高效的装配式住宅已成为建筑业重要的发展方向之一。本文以提高装配式住宅设计标准化,降低工业化生产建设成本为出发点,结合安宁庄共有产权住房项目实施情况,对装配式住宅设计实施要点的标准化、模数化、模块化、集成化等方面进行浅析,旨在从设计角度去探析当前影响装配式建筑产业化发展的主要因素。

关键词: 装配式;设计要点;标准化;模数化;模块化;集成化

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5588-0302-42>

随着我国经济社会发展的转型升级,特别是城镇化战略的加速推进,住宅房屋在改善人民居住环境、提升生活质量的作用日益凸显。但目前我国“粗放”式的建筑模式仍较普遍,住宅建设必须通过整个产业的转型升级,走向集成集约、绿色低碳、产业高效的道路上来。而工业化生产方式的装配式住宅因具有预制构件集中重复生产快、人工需求少、资源利用高、环境污染小等优点,是我国实现建筑产业模式加快转型的重要途径,也是提高建筑绿色、节能与环保水平的重要手段。目前,国家大力提倡并鼓励装配式建筑,并发布实施了一系列加快发展装配式建筑的政策文件,装配式建筑的设计建造技术和标准也逐步在成熟和完善。本文主要结合安宁庄共有产权住房项目装配式设计应用情况,从指引项目产业化生产建设的设计源头作为切入点,对装配式住宅设计实施要点进行探析。

1 装配式住宅的概念和特征

装配式住宅顾名思义,就是利用工业化生产的方式,把相同模数的墙、板在工厂内大批量预生产,再转运到施工现场后利用施工机械吊装到指定位置,通过可靠的连接方式在工地现场高效装配,并做到主体围护结构、机电设备和装修一体化的住宅建筑。其主要特征就是生产方式的工业化,包括标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修和信息化管理。

2 我国装配式住宅的发展历程

早在上世纪50年代,我国就已经提出了建筑工业化的概念,进入80年代以后,随着人口的增长,住房紧张问题日益凸显,能够实现快速简易施工的初代装配式建筑在我国逐渐推广开来。但受限于我国相关基础产业薄弱的历史条件制约,当年的装配式住宅生产水平较为落后,发展水平低下,建筑质量普遍较低,没有形成完整的产业体系。90年代后,我国装配式建筑基本陷入停滞状态,并逐渐被全现浇结构所取代。

随着现浇施工方式的发展与大范围应用,随之而来的环境污染、资源浪费、施工周期长、劳动生产效率低、质量安全水平差等问题也逐步显现。为此,我国重新启动了建筑装配式进程,并相继出台了大力发展装配式建筑的政策文件,如2016年《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》中提出力争用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%,明确了装配式建筑的实施计划和未来发展目标。

3 装配式住宅设计现状

当前,由于装配式住宅正处于新发展阶段,相关的法规和标准还不是非常完善,加之设计行业技术人员参差不齐,缺乏系统的学习和培训,大部分现有的装配式住宅设计仍沿用传统的现浇建筑设计模式,基本上都是把原有的现

*通讯作者:刘美君,1986年11月,汉,女,四川简阳,山东商和工程设计有限公司北京分公司,中级,大学本科,研究方向:建筑设计相关方向。

浇结构简单分解，把非装配式设计的建筑硬拆分成装配式，再由构件设计单位完成预制构件二次深化设计，以此来满足相关政策文件关于装配式住宅预制率和装配率的要求。但如此一来，不但变相增加了设计施工成本，还没有发挥出装配式住宅的优势，背离了国家大力推进装配式住宅的初衷。

4 装配式住宅设计实施要点探析

装配式住宅最大的属性就是预制构件，预制构件最大的特性就是工业化生产，工业化生产的本质就是高效率的大批量重复生产。只有实现标准化的工业化生产，才能最大限度的降低装配式住宅的建设成本，发挥出装配式住宅的最大特性与优势。

装配式住宅设计的要点和核心，也就是如何利用有效的设计手段，将需求多样的住宅体系按照标准化、模数化的原则去分解成规格一致、标准统一的装配构件，并制定较为统一的功能单元模块，根据不同的住宅使用需求组合成多样化的户型和楼栋单元。以实现装配式住宅的标准化、通用化，降低工业化生产建设成本，发挥出装配式住宅的特性和优势。

4.1 协同设计

协同设计是通过一定的信息交换和协同机制把设计全周期的不同阶段并行推进，并确定共同的设计目标，制定统一的设计标准，实现各专业设计、构件生产、施工建造、设备安装和装饰装修一体化设计，减少设计各专业和建设各参与单位间由于信息共享不及时、不全面导致施工过程中产生的错、漏、碰、缺等问题。

协同设计是装配式住宅设计技术发展的重要方向和必然趋势，包括近年来新兴的BIM（建筑模型信息平台）其实也是协同设计的一个信息化工具。其协同设计主要流程图如图1所示。

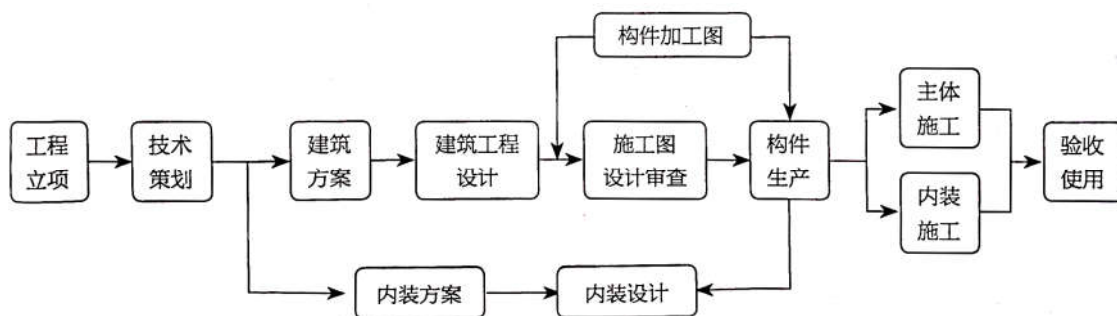


图1 协同设计工作流程图

正是由于装配式住宅的特殊性，在协同设计过程中，建筑设计、内装设计和构件加工设计相互协同，互为牵制。建筑设计和内装设计方案决定构件加工方案，相反，构件加工的工艺特性又会反过来影响到建筑设计和内装设计的整体布局。所以说，在装配式住宅的建设流程中，必须设计单位、生产单位、施工单位和建设单位紧密配合配合，协同设计。

在我们传统现浇的商品住宅建设中，因协同设计把关不严导致施工错、漏、碰、缺等问题层出不穷，大多数问题都是通过局部设计变更或洽商，通过现场临时整改或者局部返工的方式予以解决。但在装配式住宅建设中，因构件全部为工厂大批量提前预制，如在现场装配过程中发生此类错、漏、碰、缺的问题，那造成的问题就不是局部的问题，而是大批量预制构件的问题，且很难实现局部修正和补救，这对于工程进度、建设投资、质量安全等方面都会带来非常大影响。为此，建设单位必须把设计院各专业、内装设计、构件设计包括后期施工安装等环节紧密串联起来，强调协同设计，明确设计责任，形成前后衔接、互为补充、整体协作的设计模式，把施工阶段可能发生的问题提前至设计、生产阶段解决，减少甚至避免因设计不协同问题导致的构件尺寸不匹配、孔洞预留不正确、水电专业管线预留预埋不合理等施工质量问题的。

4.2 标准化设计

梁思成先生1969年撰文指出：“要大量、高速地建造就必须利用机械施工；要机械施工就必须使建造装配化；要建造装配化就必须将构件在工厂预制；要预制就必须使构件的类型、规格尽可能少，并且要规格统一，趋向标准化。

因此标准化就成了大规模、高速度建造的前提”。

装配式住宅标准化设计体系是指设备部品标准化、空间标准化、户型标准化和楼栋标准化，其根本目的是为实现统一的技术标准和户型模块化设计，最大限度统一构件的尺寸类型和规格，加强构件生产的连续性和重复性，提高构件生产模具的周转重复使用率，实现建筑生产的标准化、集成化、机械化和自动化，最大限度减少工程建设成本。

以北京共有产权住房项目为例，在结合项目定位、市场需求的前提下，按照住宅使用功能对户内空间进行模块划分，确定标准的功能空间模块，再根据当地居民生活习惯和户型面积标准要求，将标准功能空间模块有机组合成标准化的套型，最终综合场地地形、套型配比、建筑高度和建设需求情况，将标准套型进行多样化组合，设计出多种类型的单元平面，实现标准化和多样化相统一的住宅楼栋设计。

从另一方面讲，标准化设计的住宅产品因要统一构件规格和功能空间模块，方案的差异性必定降低，户型种类也相应有所减少。考虑到北京共有产权住房项目主要是解决中低收入人群基本住房问题，住房需求的标准较为统一，住房功能模块较为一致，在共有产权住房中比较适宜开展装配式设计与施工。

4.3 模数化设计

建筑模数化在原有的黏土砖砌筑时代曾一度受到重视，随着现浇混凝土施工的大范围应用和各类砌体结构的蓬勃发展，建筑空间的多变和建筑功能的个性化需求逐步增多，模数化逐渐淡出了建筑工程范畴。

在新型的装配式混凝土住宅中，因其工业化的生产特性，就需要标准化、通用化的设计生产模式，而标准化、通用化的核心就是建立标准的模数以及模数协调原则，为整体实施工业化生产创造基础性条件，使装配式住宅预制构件生产模具具有共用性和通用性，使不同工程不同规格的构件通过简单的模具调整就可实现工业化生产，可以大大提高预制工厂流水线作业，降低预制构件开模和制作成本。另外，模数化设计的预制构件可减少、优化部件或组合件的尺寸，有利于预制构件和设备的定位和安装，减少现场裁、锯、刨、凿等粗犷的作业方式，实现建筑、设备和装修的“集成”和生产安装工业化，减少诸如预制构件内钢筋网、预埋管线和水电点位的交叉和碰撞等此类问题。

在装配式住宅设计中，综合考虑经济性与多样性，住宅开间尺寸多为 $3nM$ 、 $2nM$ ，房间进深多选择 nM ，高度多选用 $nM/2$ 作为优先尺寸的数列，其他梁、板、隔墙等构件和门窗孔洞等也都以 M 作为基本模数单位，导出扩大模数（ nM ）和分模数（ M/n ），并以此扩展成模数数列。最终模数的选用根据功能性和经济性原则予以组合搭配（ $1M = 100mm$ ， n 为自然数）。

以较为直观的厨卫装修为例。厨卫内墙砖、地砖一般为 $300mm \times 300mm$ 或者 $300mm \times 600mm$ 的模数体系，为了加快施工进度，减少“切砖”等材料损耗，在设计中应综合考虑贴砖后厨卫空间的净尺寸（ $n \times 300mm$ ）的要求，保证利用模数协调实现瓷砖粘贴和各部件安装的统一协调。

4.4 模块化设计

模数化设计是模块化设计的基础，模块化设计又是模数设计的延伸。简单地说，住宅模块化设计是在一定的平面和空间体系内，按照住宅不同功能空间进行小模块化划分，形成相对独立的空间单元，再按照标准化、多样化的组合形式，形成户型模块和标准平面楼栋模块的设计体系，满足不同住宅需求的组合设计。从空间层次上划分，主要分为单元空间模块、户型模块、核心筒模块、平面组合模块和立面组合模块。

4.4.1 平面与空间体系

在传统住宅建筑中，因承重墙体系多为砌体和混凝土剪力墙结构，严重限制了居住空间的尺寸和布局，无法满足因家庭结构和生活方式的变化对居住空间的更高要求。装配式住宅的平面设计宜通过合理的结构选型，采用大空间结构主体、小功能空间划分，室内装饰和设备安装相分离的建筑体系。根据不同的使用需求利用轻钢龙骨石膏板等轻质隔墙进行灵活的空间划分，为小空间的模式化组合变换提供了更多的可能性，满足居住空间灵活性与可变性的多样化需求，同时，大空间的平面布置有利于简化结构形式，减少预制构件的规格和种类，提高工业化生产和现场装配效率，更好的发挥装配式优势，减少人工，降低工程建设成本。

4.4.2 单元空间模块

按照住宅的基本使用功能，户型单元可拆分成卧室、起居室、厨卫、阳台等基本小模块单元，这些小模块具有相对独立的功能空间。对部分功能一致的单元空间进行标准化模块设计，更有利于优化户型空间布局，减小面积浪费，实现同模块单元空间在不同户型内的重复利用。

以标准化程度较高的卫生间模块为例。在卫生间标准化模块中,卫生间空间功能较为特定,基本含有三大功能需求:洗漱、如厕、洗浴。对应此三大功能的设备分别是面盆、马桶和淋浴等卫浴部品。根据人体工程学设计要求,盥洗空间的最小尺度为900mmX660mm、如厕空间的最小尺度为1200mmX560mm、洗浴空间的最小尺度为900mmX900mm,按照功能空间互不交叉的原则,卫生间最小尺寸为1860mmX1800mm或者1200mmX2120mm。当然在实际操作中,我们可以将三种功能空间相互借用,按照空间集约化的原则对内部设施进行优化设计组合,实现功能齐备、标准统一的卫生间模块,尤其是在保障性住房建设中,相同模块下的卫生间在不同户型模块中可重复利用,最大限度减少此类标准模块的种类,便于施工安装和装饰装修,实现单元空间模块的标准化。

4.4.3 户型模块

户型模块由不同的单元空间模块组合而成,这些单元模块既在功能上保持独立,又相互联系。除去厨卫、卧室等标准较为统一的单元模块外,还有特殊的门厅、玄关、走廊类的可变模块,可变模块空间较为灵活,便于通过此类可变模块的串联和衍生,将标准单元模块灵活组合,形成不同面积、不同需求、不同功能的多样化户型模块,满足不同人群的居住需求。

4.4.4 核心筒模块

对于同一类型的住宅建筑来说,按照相关消防规范,核心筒功能及标准基本一致,主要由楼梯间、电梯厅、电梯井、公共廊道和前室、设备管道井等功能模块组成。在核心筒模块设计中,应在满足规范要求下,合理确定各功能模块的空间尺寸和组合布局,形成标准化高的核心筒模块。但考虑到住宅楼结构的整体性和安全性,加之核心筒模块空间普遍狭小,不便于预制构件拆分。所以在满足预制率要求的前提下,除楼梯板采用预制外,其他大部分结构墙体均采用现浇模式。此处就不再过多赘述。

4.4.5 组合平面模块

在大空间平面布置的基础上,建筑平面组合是实现住宅居室功能最重要的一步。装配式住宅的平面宜简单规整,遵循“少规格、多组合”的原则。若建筑组合平面凹凸过多,会导致很多异性构件,不仅不利于施工建造,也不利于节能环保和成本控制。在装配式住宅建设中,一般用标准化的套型模块组合出多样化的平面组合,设计出板楼、塔楼、通廊式住宅等多种规划形态。

4.4.6 立面组合

按照正常的逻辑,因立面外墙构件的标准化、模块化程度高,立面预制构件的规格与种类少,立面组合会体现出强烈的产业化和装配式的典型特征,外观形式较为统一,缺乏变化。在立面设计中,可以通过户型模块的多样化组合形式,利用标准化构件的重复、叠加、对称等组合方式,实现住宅立面的韵律性的变化。并利用预制阳台、空调板、百叶、门窗、护栏等附属构件打破建筑物呆板的边界轮廓和形态,进而呈现出多种的立面组合风格和建筑物外貌。

除了建筑层面的标准化、模块化设计,在结构、设备、装修等方面也要结合建筑模块给予标准化设计,优化墙、柱、梁的结构设置,尽量采用大开间的结构布局,对厨卫等相对固定模块和部分分户墙设置剪力墙,利用轻钢龙骨石膏板等轻质隔墙进行户内空间分隔,并采用水电管线集中布置,便于未来居室空间的改造和可变。在保障性住房建设标准化设计体系中,应以居住者的住房需求、成本控制、舒适宜居为主要目标,通过单元空间模块、户型模块作为与居住者、设计、构件厂家沟通的载体,从局部模块到整体组合的递进设计方法来解决保障性住宅的标准化设计、工业化生产及规模化建造的问题,更好的推动保障性住宅装配式设计管理工作。

4.5 集成化设计

集成设计是指把不同功用的材料和部品进行一体化设计,以减少施工现场装配安装的工作步骤,实现装配式施工的集约化、简约化。在国家标准《装配式住宅建筑设计标准》明确一体化集成技术包含建筑结构系统、外围护系统、机电管线系统和内装系统。其中外围护结构、内装系统集成度较高。

以外围护结构体系为例,预制剪力墙外墙板本身是建筑承重的一部分,但是在生产过程中可以集成门窗洞口、防水围护、外保温装饰等功能的一体化设计。在完成预制外墙体的现场吊装连接后,相应的门窗洞口、外保温、外装饰等功能一体化实现,且门窗洞口尺寸、保温材料构造做法可保持高度一致,也为后期门窗制作和安装提供了标准化的基础条件。建筑的外围护保温体系也更加严密,节能效果更好。

以内装系统为例,《装配式住宅建筑设计标准》明确装配式建筑应实现全装修设计;宜采用装配式楼地面、墙

面、吊顶灯部品系统；宜采用整体厨房、整体卫生间及整体收纳等部品系统。尤其是装配式装修可实现所有装修部品的模块集成化，包括集成地板、集成墙饰板以及集成厨卫系统，基本可将工厂集成化高的预制部品完成现场拼装，实现室内装修的干式工法施工，减少了环境污染，缩短了工期，同时便于后期维护和更换。

5 海淀区安宁庄共有产权住房项目装配式设计应用情况探析

海淀区安宁庄共有产权住房项目总建设用地面积114093.314m²，是集二类居住用地、基础教育用地、社区综合设施用地、邮政设施用地的大型综合性社区。居住建筑规模全部用于建设“共有产权住房”，其中住宅的建筑面积约为229370m²，参考国标评价标准计算的装配率均大于55分。从设计角度出发，探析装配式设计实施要点在实际共有产权住房项目中的应用情况。

5.1 协同设计

该项目协同设计主要依靠建立紧密的联系机制，建筑设计各专业需要与装修设计单位、施工单位、构件厂深化设计等各部门进行密切配合，建立协同、及时、高效的沟通机制，实现“牵一发而动全身”的协同效果。比如精装修设计一个插座的位置调整，要同时对电气设计、构件设计同步调整，构件因工艺原因对原方案产生了影响要第一时间反馈至土建设和装修设计单位，实现方案设计的同步调整。由于现阶段高效的信息化协同平台还未普及，该项目协同设计主要依靠传统的CAD等二维设计软件，利用会议、电话、文件等传统方式来完成各设计参与单位和部门的协同设计。在今后的项目中，要加快对于BIM等新兴建筑信息模型协同设计平台的研究与应用。

5.2 标准化设计

安宁庄项目在综合考虑项目区域、市场住房需求等因素的基础上，最大限度控制户型的差异化。在结合户型基本设计的前提下，确定标准化的五种厨房模块和五种卫生间模块，再根据户型面积要求，组合其他起居、卧室等模块，形成了89A、83B、63C、89D、89E共5种标准户型（见图13-图18），通过不同标准户型的排列组合，达到了标准化与多样化相统一的楼栋设计，也为实现预制构件拆分设计的标准化（见图2）提供了基础。

5.3 模数化设计

模数化设计在实际工程应用中，最简单的方式就是选择一个或几个关键模数，并从始至终都能贯穿于项目设计和建设中。

安宁庄项目住宅主功能房间以2M、3M为建筑基准模数体系，起居室开间尺寸主要有3300mm、3600mm，卧室开间尺寸主要有2600mm、3000mm、3200mm。

预制水平构件拆板图则以1/2M作为基本模数，将水平结构拆分为五种宽度（1450mm、1650mm、1750mm、1850mm、2050mm）的预制构件（见图2）。

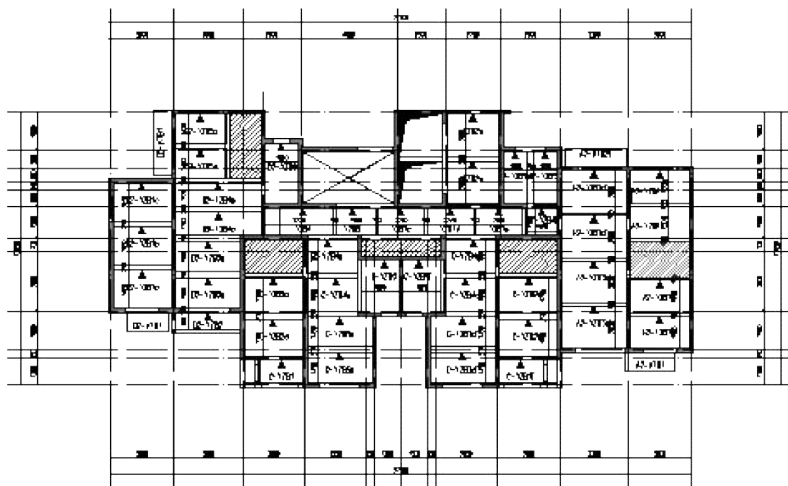


图2 安宁庄项目618-1#楼拆板图

其他预制楼梯、门窗洞口、厨卫家具和设备基本也按照各自的模数协调标准进行了设计。但受限于传统的现浇混

凝土设计思维，房屋开间、房屋进深、门窗洞口、设备部品安装尺寸尚未与结构轴网形成相关倍数的尺寸关系，没有形成整体到细部的模数化体系。因此，我们需要在今后的装配式建筑中不断强调模数化理念，促使真正的把模数化融入到整个装配式设计体系中去，为实现装配式构件的标准化打好基础。

5.4 模块化设计

在安宁庄项目中，其模块化设计体系按照局部到整体组合的递进关系如下。

单元空间模块：按照空间集约化的原则，先确定功能齐备、标准统一的厨房、卫生间基本单元功能模块，再根据住宅户型的不同面积和功能需求，选用合理适宜的厨房和卫生间模块。

户型模块：安宁庄项目在结合地理区位、市场需求等情况，通过采用适用的标准厨卫单元空间模块，并结合起居、卧室等功能空间模块，组合而成63m²一居、83m²的两居和89m²的三居三种面积、不同布局的五种户型模块（见图3-图8）。

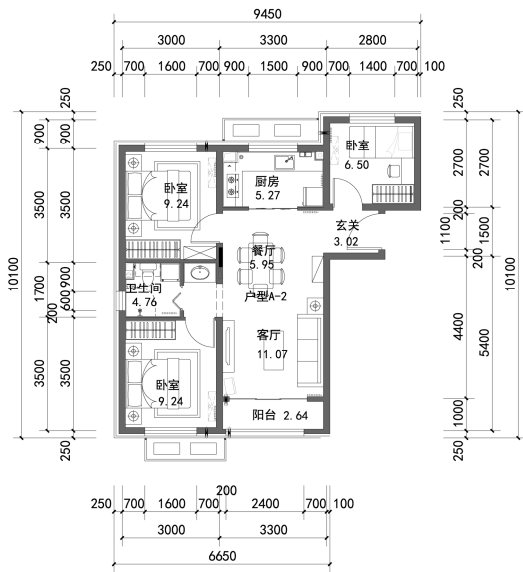


图3 三室两厅一卫（A-1户型）
（约89m²占比27.14%）

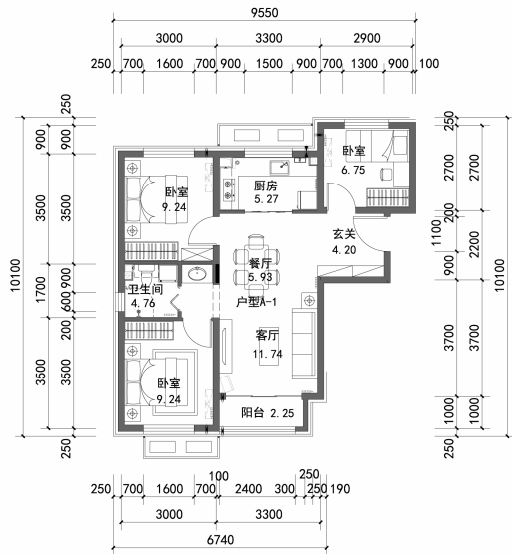


图4 三室两厅一卫（A-2户型）
（约89m²占比18.68%）



图5 二室两厅一卫（B户型）
（约83m²占比27.07%）

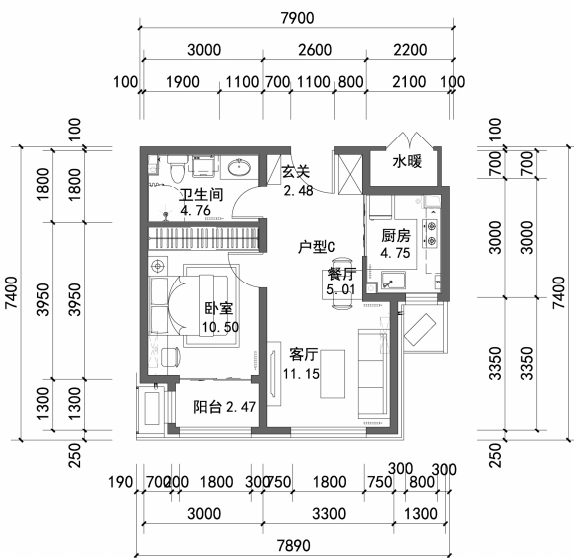


图6 一室两厅一卫（C户型）
（约63m²占比20.12%）

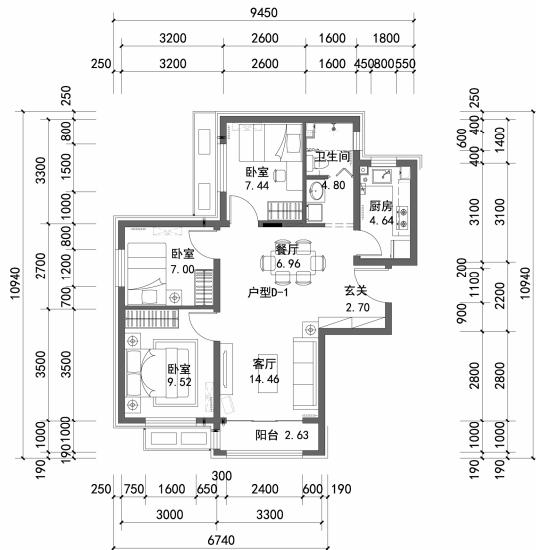


图7 三室两厅一卫 (D户型)
(约89m²占比2.04%)

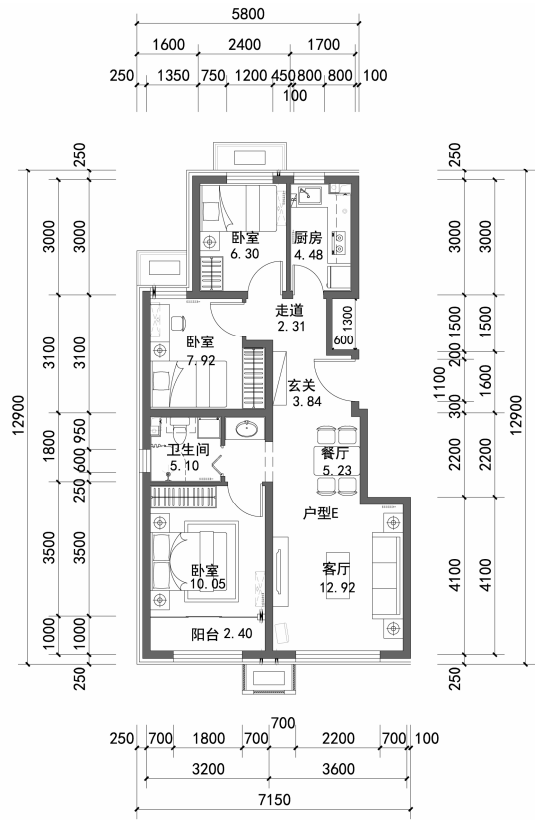


图8 三室两厅一卫 (E户型)
(约89m²占比4.28%)

平面组合模块：通过标准核心筒模块的衔接，安宁庄项目用标准化的五种套型模块组合出四种不同的平面组合形态（见图9-图12）。

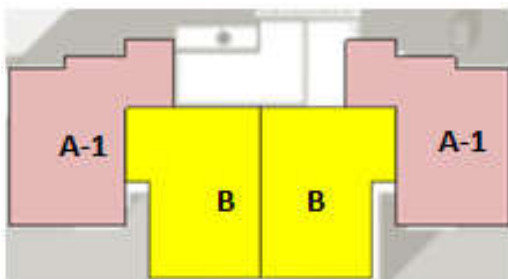


图9 单元组合模块A

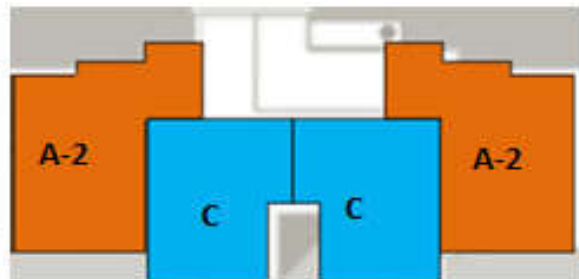


图10 单元组合模块B

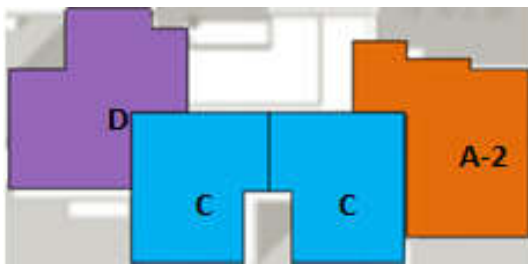


图11 单元组合模块C

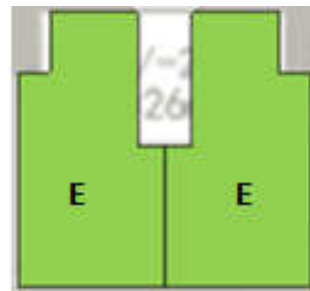


图12 单元组合模块D

在四种平面组合模块（单元）的基础上，安宁庄项目结合场地现状、住宅户型配置和规划设计规范等要求完成了各单体楼栋和总平面图设计。

5.5 集成化设计



图13 安宁庄项目装配式装修厨房效果图



图14 安宁庄项目装配式装修卫生间效果图

集成化设计在安宁庄项目公租房装配式装修中体现的相对集中，室内装修部品全部为集成定制。其中，室内隔墙采用轻钢龙骨轻质隔墙，地面系统、墙面系统均为硅酸钙板一体化成型，所有水电点位、设备孔洞皆随同墙、地板在工厂预制成型，并运送到现场直接完成干式工法装配，不但减少了材料浪费，大幅缩短现场施工周期。但由于装配式装修的呈现效果和普通装修还有差异，且当前装配式装修的造价成本大幅高于普通装修，群众对于装配式装修的接纳程度还有待提高。但随着国家政策的普及、住户接受度的提高、产业化配套的不断完善以及施工技术的不断发展，装配式装修必然是今后发展的重要方向。

以上借助安宁庄项目的装配式设计过程，探析装配式设计在共有产权住房项目中的应用情况以及存在的问题和不足。旨在不断加深装配式设计认知，不断汲取装配式设计经验，不断掌握装配式设计实施要点，并逐步梳理出一套清晰完整的装配式设计管理办法，以便更好的指导装配式方案设计和施工建设，从设计源头控制住房建设成本，打造安全、经济、低耗、宜居的住房产品，也为日后装配式住房建设提供一定的借鉴和参考。

6 结语

装配式住宅是一个庞大的建筑体系，涉及到设计、生产、施工、设备、建材等多个行业。因目前尚在新发展阶段，设计标准、产业配套、施工工艺尚不完善，装配式住宅的特性和优势没有完全展现出来，社会和市场对于装配式住宅的接受度还不高。随着国家对于绿色、节能、低碳以及可持续发展的迫切要求，装配式住宅政策支撑体系、技术支撑体系将逐步建立，标准规范将逐步健全，产业集聚效益将日益显现，装配式建筑体系的综合优势将逐渐凸显，住宅产业化也必将成为重要的发展方向。

装配式设计作为装配式住宅生产建造的蓝图和纲领，其设计标准、实施模式将在很大程度上影响装配式住宅生产建造的质量和标准。因此，在住宅产业化的快速发展中，必须牢牢把握住其设计实施要点，发挥好装配式设计的引领和主导作用。

参考文献：

- [1]樊则森.从设计到建成——装配式建筑20讲[M].北京：机械工业出版社.2018.6
- [2]郭学明.装配式混凝土结构建筑的设计、制作与施工[M].北京：机械工业出版社.2017.1
- [3]住房和城乡建设部住宅产业化促进中心.装配式建筑必读——技术·标准·成本与效益[M].北京：中国建筑工业出版社.2016.5
- [4]住房和城乡建设部住宅产业化促进中心.装配式建筑必读——制度·政策·国内外发展[M].北京：中国建筑工业出版社.2016.5