



李锐

北京工业大学艺术设计学院教师，家具设计专业教研室主任，北京市保障住房工作领导小组技术咨询专家，北京保障房建设投资有限公司公租房设计标准化研制组副组长，主持《北京市公租房产业化集成技术课题》的研发工作。

THE PRINCIPLE AND METHOD OF HOUSING INDUSTRIALIZATION MODULAR DESIGN

住宅产业化的模块化设计原理及方法研究

撰文 李锐 北京工业大学艺术设计学院

摘要 探讨将模块化设计的原理和方法运用于住宅设计，并通过建立二级建筑模数系统，实现建筑外件和内件设计相互协调的尺寸关系，为住宅工业化设计及建造提供一套具有建设性的标准化体系。

关键词 模块化 模数 标准化 工业现代化 产业化

住宅产业现代化以住宅工业现代化为前提，住宅工业现代化的核心是用现代工业的生产方式来建造住宅，与工业现代化相伴的必然是标准化的现代化。运用模块化原理和设计方法建立新型工业化住宅的标准体系，是解决系统性问题的有效途径。

1 模块化与标准化

标准化的概念：“为在一定范围内获得最佳秩序，对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款的活动。”^[1]标准化主要形式和内容包括：简化、统一化、通用化、系列化、组合化、模块化等。^[2]标准化活动是随着社会生产力水平提高而产生和发展的，近代工业标准化作为工业时代的产物，以机器生产、社会化大生产为基础，通过标准化手段，达到提高生产效率、合理控制成本、提升产品品质的目的。现代标准化是以现代信息技术为基础，从个体到整体、从静态到动态、从局部联系上升到复杂系统的过程。^[2]

模块化是20世纪后期发展起来的新型标准化形式。模块化作为一种标准化形式，既是标准化发展的结果，也是标准化的最高形式。作为一种基础理论，模块化适用于现代工业生产的各种复杂系统，也是实现绿色建筑和住宅产业可持续发展的有效手段。所谓模块化设计方法，就是将系统分解为相对独立的标准模块，通过统一的设计规则，规范各模

块接口技术、几何形状、尺寸及位置等边界条件，使各模块在自身的技术演进的同时，能够通过统一的接口条件组成新系统。也就是系统通过选择性的输入标准模块的方式，实现多样化的输出，使产品更新能够以最小的代价，获取最大的效率。

模块化通过系统分解，形成不同层级的标准模块，通过标准模块的选择性组合，实现多样化的输出。模块化以模块的相对独立为基础，使模块自身获得了分散化技术演进的条件，从而生产了“模块簇群”的功能，形成了新型的产业结构体系。模块化方法自形成以来，在工业产品设计和制造领域已经得到广泛运用，然而，在我国住宅建设行业中，对这一理论和方法并未形成系统的认识和充分的发展，应该说尚属于较为模糊的状态，对于我国住宅工业现代化发展而言，还需要在认识和方法层面不断提高。

2 模块化的概念及特征

“模块就是大系统的单元，这些单元虽然结构上相互独立，但是共同发挥作用。因此，系统作为一个整体，必须提供一个架构，从而既保证结构的独立性，又保证功能的一体化”。^[3]模块化既是一种标准化形式，又是一种设计方法，或者说是以标准化为基础的设计方法。作为标准化形式，模块化以规范系统各模块自身功能以及模块间组织规则的

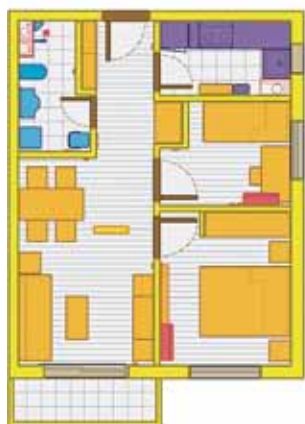


图1 一个典型的两居室

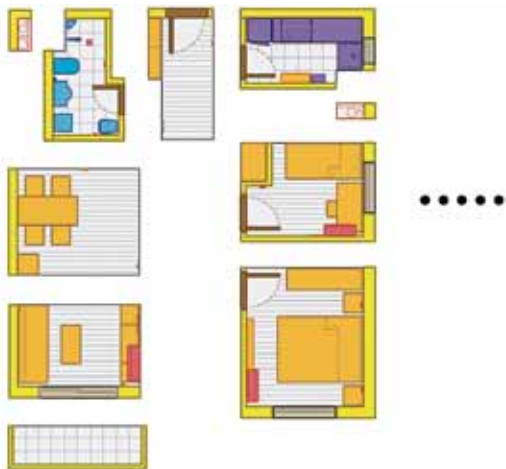


图2 居室空间一次分解

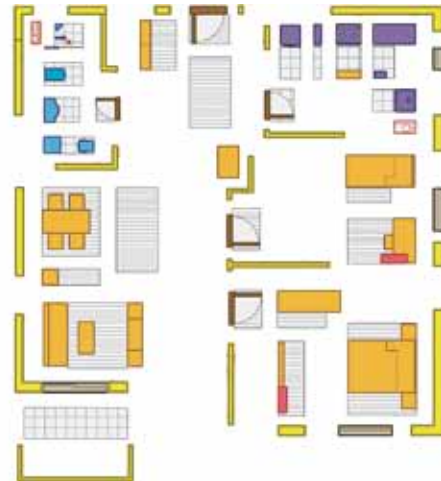


图3 居室空间二次分解

手段,实现整体系统的标准化;作为一种设计方法,模块化以标准块选择性组合的方式达到多样化的成果输出需求和系统的更新。

从标准化的层面认识:“模块,就是组成系统的、具有某种确定功能和接口结构的、典型的通用独立单元”。^[4]模块应具有如下4个基本特征:1)系统的组成部分;2)具有确定功能的单元;3)一种标准单元;4)具有能构成系统的接口。而“模块化,就是为了取得最佳的效益,从系统的观点出发,研究产品(或系统)的构成形式,用分解和组合的方法,建立模块体系,并运用模块组合成产品(或系统)的全过程”。^[4]

从设计方法层面来说,模块化是以模块为基础,通过分解,逐层地建立准独立的模块系统、子模块系统,形成模块化的层级结构体系。模块系统通过建立统一的规则,使各层级模块获得独立演进的条件,同时上一层级的模块通过对下一层级的子模块的选择性集合,实现多样化的成果,以满足不同用户对成果的个性化需求,并通过需求的反馈不断优化系统。

模块化设计包含了三个阶段的循环过程:第一阶段,是模块化结构的系统规划阶段,以自上而下的建立模块化体系为主要内容;第二阶段,是运用这个体系进行具体项目设计的过程;第三阶段,是在设计过程中,将信息反馈给系统,使系统不断完善的过程。所以模块化系统是一种稳定与动态结合的开放型的标准化系统。

3 模块化关键技术环节

分解是模块化系统的首要环节,模块化系统的建立,无疑是从分解入手的。对于住宅产

品而言找到自然分割点并不复杂。从住宅功能的角度,分解往往以分割不同性质的功能区域为目的,形成不同性质的功能空间。从住宅技术的角度,又可以将结构体和填充体分割开,形成两个不同的技术系统。无论如何划分,分割点也是它们的结合点。

分级是模块化系统的结构特征,模块化综合了通用化、系列化、组合化等一系列标准化形式,同时具有应对复杂系统的应变能力。这主要取决于模块化系统的层级结构,也就是说模块化系统通过建立子系统的方式,形成清晰的多层级的系统结构,支持不同层级逐级深化的工作模式。

规则是模块化系统的主要内容,规则是制定模块自身以及模块与系统间的统一协调的基本制度,是决定各级模块的独立性和关联性的重要工作,也是模块化系统优劣与否的决定性因素。在住宅设计中,规则作为顶层制度建设的核心环节,具体包括接口技术和几何尺寸两个方面。

选择是模块化设计的实施环节,以上一层级模块对下一层级子模块的选择性集合为具体内容,集合一般依据某种设计意图或用户的需求,这个环节提示出了模块化设计方法的基本特点,即选择和匹配标准模块实现多样化成果输出。

反馈是模块化系统实现自完善性的结构需要,也是模块化系统必须具备开放性的根本原因,系统只有保证及时有效地吸纳新技术,才能适应不断发展的新需求。因此,解决好自我优化的开放性与制度运行的稳定性这对矛盾,是系统顶层制度建立和完善的原则和目标。

综上所述,模块化作为一种原理型的基础理论,在运用过程中,应与运用领域的技术特征相对应,对于一个住宅产品而言,模块的分解方法、系统结构及层级的建立,与住宅功能需求、空间组织、系统结构和知识领域有密切的关联,所以,住宅模块化系统的建立,必然具有其特定的结构模式。

4 模块化方法的运用

运用模块化的原理和方法,建立新型工业住宅的标准化体系,首先需要在系统层面上完成两方面的工作,一方面是建立住宅的模块化系统,另一方面是制定系统设计规则。

(1)住宅分解:以一个典型的居室为例,可以按功能将居室分为:起居室、餐厅、卧室、厨房、卫生间、阳台、门厅、收纳、管道竖井等9个功能区域,也可以叫做9个功能模块;对这些功能区域的再次分解,就可以建立功能空间的子模块;在此基础上继续分解,就能够将部品(产品)从空间中剥离出来,形成一系列构成居室物质环境的基本元素,即部品模块。图1~5表达了居室空间水平分解的过程。

(2)模块分级:通过不同递次的水平分解,可以获得不同层级的功能模块。首先,可以把居室空间一次分解结果定义为一模块,即单位功能模块,对应于相对独立的单位功能空间;然后,把单位功能空间分解结果定义为二级模块,即单一功能模块,对应单一的居住行为;最后,将部品从空间中剥离出来形成三级模块,即部品模块。新型工业化住宅建造模式的技术特征体现部品化装配技术的合理应用。



图4 居室空间三次分解

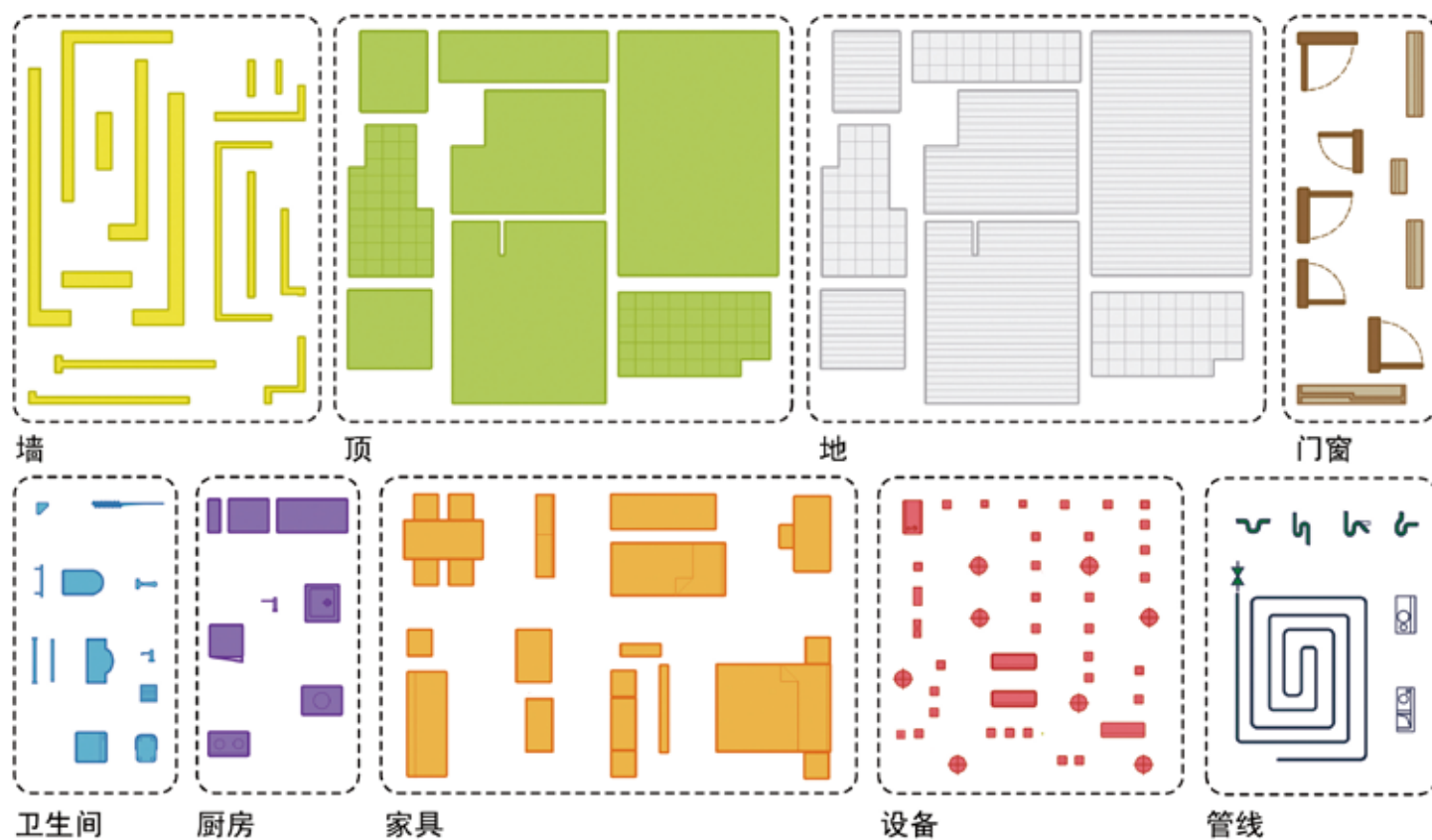


图5 将居室部品归纳为九大部品体系

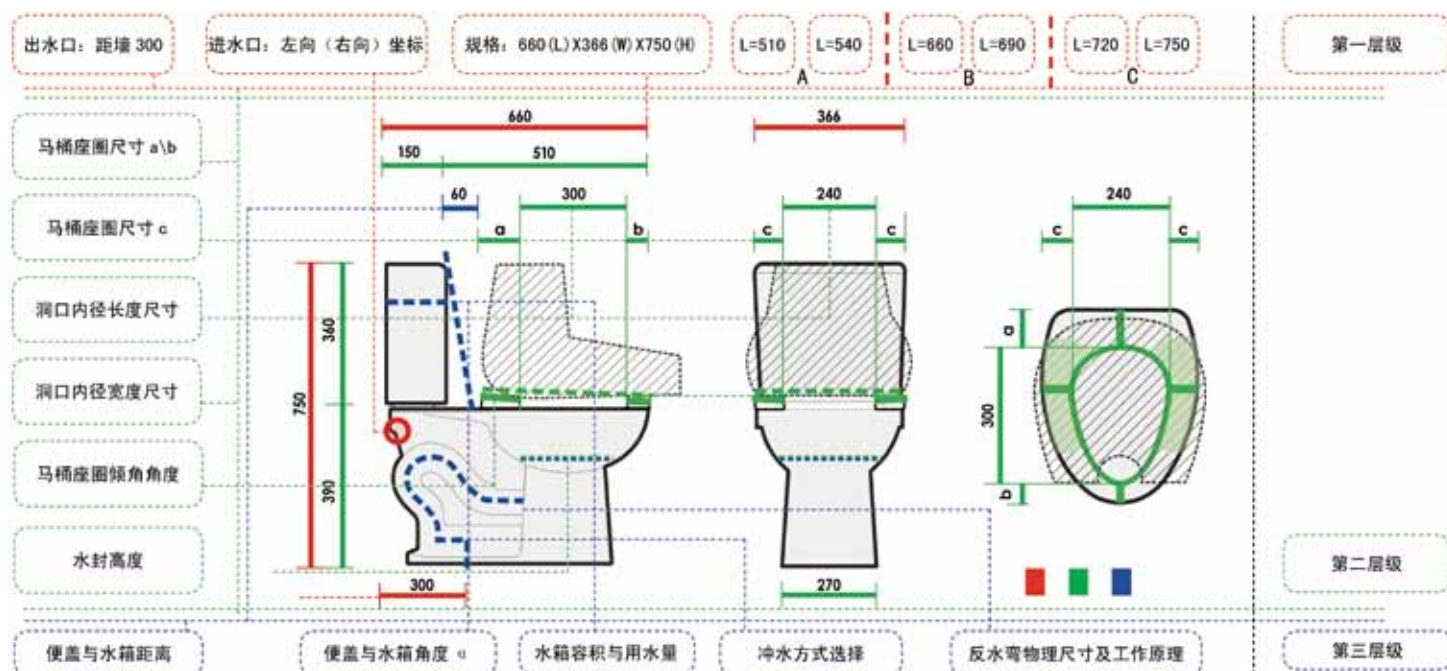


图6 对于座便器的尺寸,不同层级设计者需要了解的技术内容和基本信息

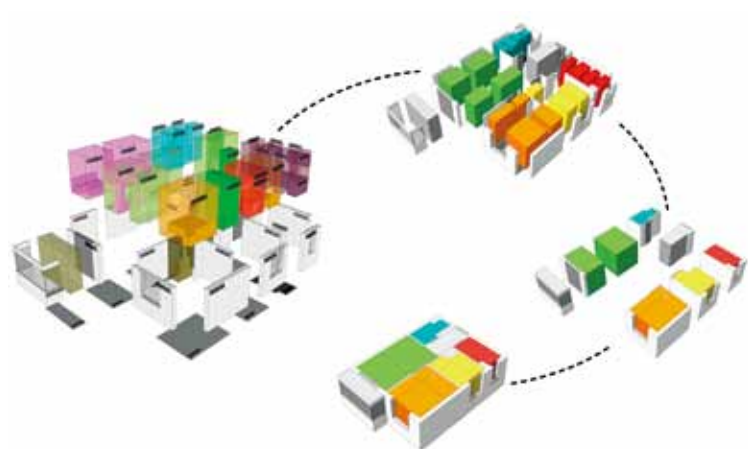


图7 居室空间模块化的分解与组合



图8 由标准的单一功能模块组合成不同布局模式的卫生间

(3) 通过居室模块水平分解与纵向分级,按使用功能自上而下搭建了一个多层次的居室模块化系统。需要说明的是,模块划分既是工作任务划分也是知识领域的划分。住宅设计工作大体可以分为三种类型:建筑设计、产品设计和工程技术,与专业知识领域相对应,并分别由建筑设计师、产品设计师和工程师承担。图6表明,不同专业领域对产品技术参数关注的角度与掌握的深度也是不同的。

(4) 模块化分解以组合为目的,组合是将各个相对独立的功能模块按设计意图选择性组合成完备的住宅系统的过程,就是集合的过程,也是通过标准块的输入实现多样化输出的过程(图7)。图8为由标准的单一功能模块集

成出多样化布局的卫生间。

系统分解为模块的目的是实现标准件的选择性组合,模块只有形成标准“模块簇群”才能实现标准化组合。模块化的顶层设计的另一个关键环节是系统规则的设计,所谓系统规则就是制定标准,制定标准的原则是在确保各模块与系统一体化的同时,保证模块自身的独立性,独立性是形成分散化生产和分散化演进的基础,也是模块化的目的。

毋庸置疑,模块标准化的基本内容是模块与系统的关系,包括接口技术和几何尺寸,而几何尺寸是模块化组合的关键技术环节。

5 模数与尺寸设计

模数是模块化系统设计的关键技术内容之一。一体化装配式住宅建造中,运用模

数统一协调结构体(外件)、填充部品(内件)的尺寸关系,形成合理的模数化设计体现,是住宅标准化设计必须解决的问题。

(1) 尺寸设计是住宅设计的重要内容,一般来讲,尺寸设计应该包含四个基本内容:
a) 尺寸必须符合人机工学的基本尺寸要求;
b) 尺寸应符合通用材料规格,有利于提高材料的利用率,方便加工、包装、仓储和运输;
c) 尺寸比例符合人们共性的审美习惯;
d) 尺寸系列有利于各模块间形成便于组合的逻辑关系。

(2) 建筑模数指建筑设计中选定的标准尺寸单位。基本模数的数值规定为100mm,以“M”表示,即1M=100mm。导出模数分为扩大模数和分模数,扩大模数的基数为3M,

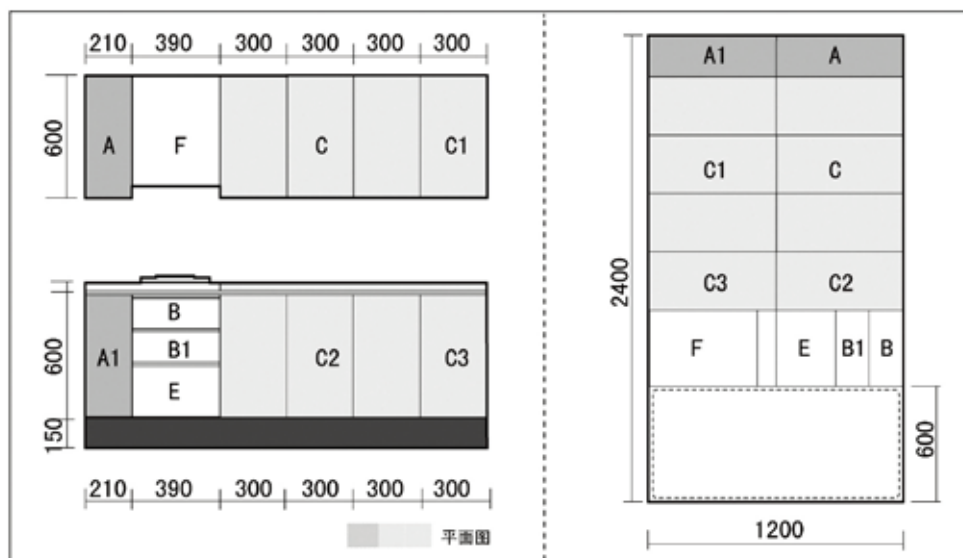


图9 以厨柜为说明设计应充分考虑通用材料（1200X2400）的使用率

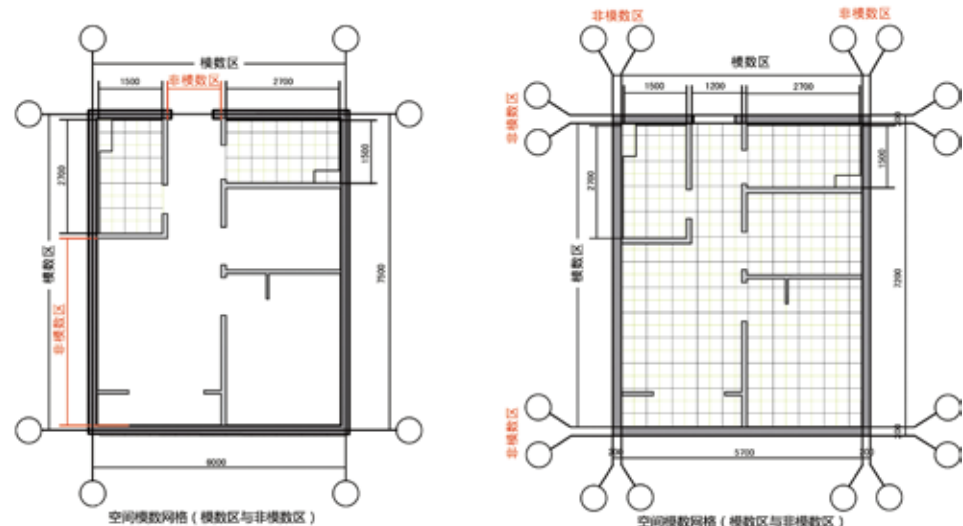


图10 空间模数网格（模数区与非模数区）

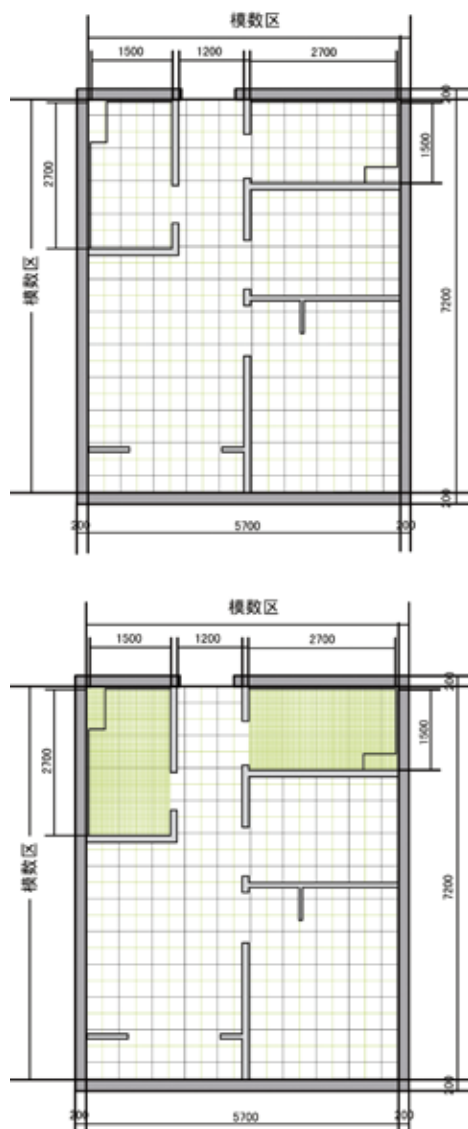


图11 模数区的二级模数网格填充

6M, 12M, 15M, 30M, 60M, 其相应尺寸为300mm, 600mm, 1 200mm, 1 500mm, 3 000mm, 6 000mm; 分模数的基数为1/10M, 1/5M, 1/2M, 其相应尺寸为10mm, 20mm, 50mm; 分模数主要用于缝隙、构造节点、构配件截面等处。按《住宅建筑模数协调标准》的相关规定, 建筑空间模数采用扩大模数“3M=300mm”为进级单位。

(3) 建筑模数的构成包含基本模数、导出模数和模数数列, 按规范要求, 空间尺寸以基本模数的扩大模数3M=300mm为进级单位。套内部品作为套内空间的填充体, 应与空间基本尺寸3M=300mm有良好的尺寸匹配关系。因此, 建筑分模数对部品规格设计十分重要。而建筑分模数是由基本模数M=100mm的1/10M, 1/5M, 1/2M导出的10mm, 20mm, 50mm, 并不是直接从空间进级尺寸3M=300mm分割出来的, 这使得目前普遍采

用的建筑分模数规范部品尺寸标准的方法出现了问题。(由于篇幅限制, 关于现有模数的若干问题不做详尽说明, 具体内容请参考即将出版、由本人参编的“十二五国家重点图书《保障性住房厨房》)

(4) 由于目前建筑模数系统的不完善性, 本文提供一种运用二级模数系统解决结构与内装一体化住宅建造模式中, 外件与内件、空间与部品的相互协调的尺寸设计方法, 供读者参考使用, 基本内容如下:

建筑空间以1M=100mm为基本模数; 采用扩大模数3M=300mm为进级单位; 分模数的基数为1/10M, 1/5M, 1/2M。由于产业化装配的需要, 居室空间部品集中布置区域空间尺寸应以装修完成面净尺寸为准。

建立以“30mm”为进级单位的二级模数系统; 部品尺寸设计以1/10M=10mm为基本模数; 采用1/10×3M=30mm为进级单

位; 将原建筑模数中最小层级的分模数: 1/100M, 1/50M, 1/20M纳入部品模数层级^[5]。部品模数与空间模数划分为两个层级后, 通过将原建筑模数系统中最小层级的分模数补充纳入到部品模数层级, 以满足部品设计对小尺寸的需求。部品模数主要用于单一功能空间及部品设计。

6 模数化网格设计

网格化设计是实现模块化标准产品的互换性、兼容性的有效方法, 也是实现套内部品规格系列化可行的技术手段。将空间、部品、产品及部件的形状及其之间的组装关系, 规划在相互匹配的坐标网格系统中统一设计, 也就是将各层级功能模块定位于模数坐标网格内, 并且使它们的外形尺寸占有整数倍的网格格距, 从而系统地解决套内部品集中布置区域的部品与部品、部品与空间的尺寸及定位关系。具体应用方法如下:

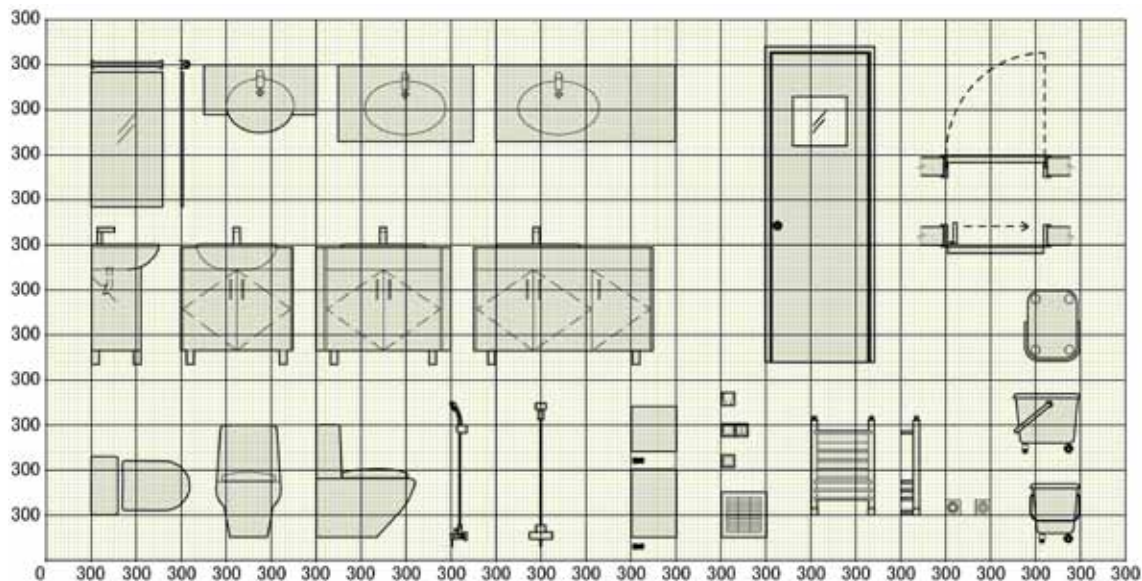


图12 运用二级模数网格进行深化设计—卫生间部品

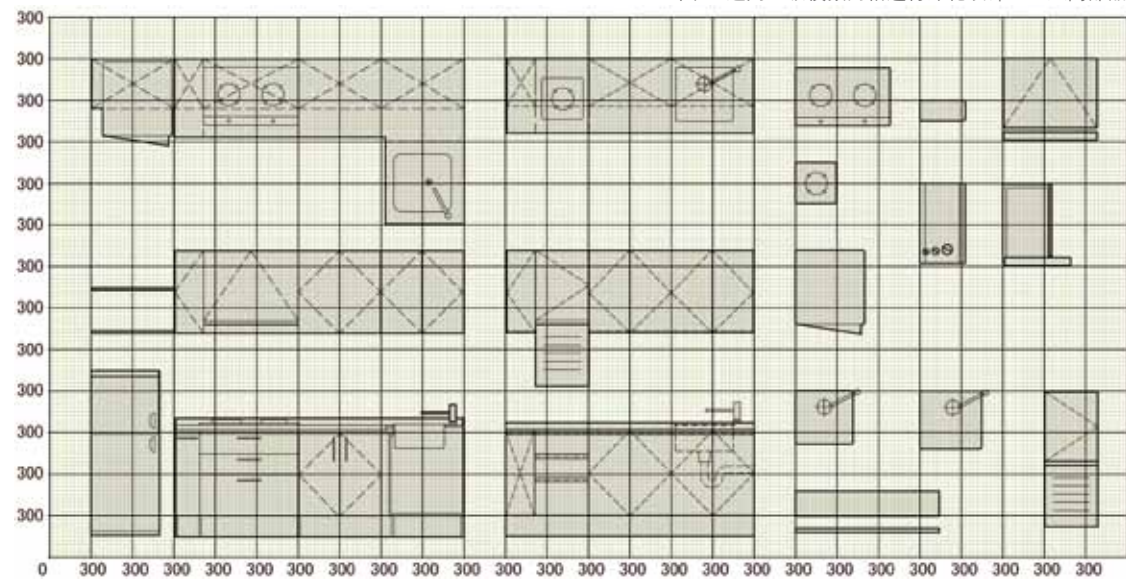


图13 运用二级模数网格进行深化设计—厨房部品

(1) 住宅内部各主要单位功能空间尺寸设计, 应按国家《住宅建筑模数协调标准》的相关规定, 空间模数采用扩大模数“ $3M=300mm$ ”为尺寸进级单位, 轴线尺寸(或净尺寸)应为“ $300mm$ ”的整数倍, 并采用网格化设计。图9表达了采用网格设计居室空间尺寸的两种方式, 即轴线方式和净尺寸方式。

(2) 在居室部品集中布置区域内, 建筑空间应保证装修(部品安装完成面)净尺寸为 $300mm$ 的整数倍, 并保证以 $30mm$ 为进级单位的二级模数网格的顺利填充。图10为在居室部品集中布置区域(如厨房、卫生间)使用填充二级模数设计网格。

(3) 运用二级模数网格进行部品和单一功能空间的深化设计。图11为运用二级模数网格进行深化设计。产品规格的系列化是模块化标准体系的重要内容, 也是实现多样化输

出的基础, 运用二级模数系统形成部品规格的系列化标准是模块化体系的重要组成部分(图12, 13)。

7 结语

本文探讨将模块化设计方法运用于住宅工业化和部品化装配, 并提出建立二级模数系统, 实现居室部品尺寸标准化设计以及住宅部品网格化设计等内容, 对于住宅产业现代化的模块化、模数化和系列化设计, 形成了较为系统的方法体系。这些对新型工业化住宅建设认识和方法的思考, 也是在近三年项目实践中的阶段性总结。

总之, 我国住宅工业现代化还处于起步阶段, 设计顶层的系统建设, 特别是标准体系的建设需要不断总结和完善, 在国家城镇化高速发展的关键时期, 实现社会和居住建设的可持续发展, 需要认识的转变, 更需要方法上的研究。

图片来源

北京工业大学艺术设计学院·李桦设计工作室

参考文献

- [1] GB/T20000.1-2002标准化工作指南. 第一部分: 标准化和相关活动的通用词汇[S].
- [2] 李春田. 标准化概论(第五版)[M]. 中国人民大学出版社, 2010.
- [3] (美)卡丽斯·鲍德温/金·克拉克. 设计规则[M]. 中信出版社, 2006.
- [4] 童时中. 模块化原理设计方法及应用[M]. 中国标准出版社, 2000.
- [5] 王华彬. 住宅建筑模数、参数与尺寸问题. 建筑学报[J], 1961(10).
- [6] 李桦, 宋兵, 张文丽. 北京市公租房室内标准化和产业体系化研究[J]. 建筑学报, 2013(4).
- [7] GB/T50100-2001住宅建筑模数协调标准[S].