

基于模块化理论的工业建筑居住化改造  
——以北京市青年公寓为例

安艳华,赵越佳

(沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:分析了北京地区既有工业建筑及青年公寓的使用情况,明确工业建筑与居住建筑的空间尺度特点,引入支撑体概念,探索新、旧支撑体下的通用尺度转换方法。设计过程中,结合模块化理念,建立适用于居室空间的模数体系,并将模块划分等级,由标准化配件组成居室内各功能模块,最终构成完整的居住建筑。力求在满足现行规范的要求下,通过既有建筑改造与模块化设计的结合,满足青年群体对于居住空间的尺度、功能、舒适度的要求。

关键词:北京地区;工业建筑改造;青年公寓;模块化设计

中图分类号:TU201 文献标志码:A

当前,青年人不断涌入以北京为代表的  
一线城市奋斗打拼,但由于种种原因,大多数  
初入社会工作的青年人的居住环境并不理  
想。提出能够改善青年居住环境的方案对于  
提升青年人群在北京等一、二线城市的生活  
质量有积极作用,在这种情况下,青年公寓的  
适应性设计受到了广泛关注。2018年,《建  
设项目规划使用性质正面和负面清单》发  
布,鼓励三环路以外的多类既有建筑调整为  
出租型公寓。根据北京市文化创意产业中心  
的调研数据,目前,全市各区腾退老旧厂房  
242个,总占地面积达2 500万m<sup>2</sup>,已经转型  
利用的老旧厂房占地面积601万m<sup>2</sup>,正在转  
型改造的占地138万m<sup>2</sup>,两者合起来不到总  
数的30%,意味着全市老旧厂房还有70%以  
上处于待开发状态。笔者就实际情况提出将  
工业建筑改造为居住建筑的理论方法,结合  
模块化思想设计满足不同类型、不同阶段的

青年人需求的灵活套型,以期提升青年人的  
居住品质,并顺应建筑产业化发展的理念,达  
到低碳、高效的目的。

一、改造的可行性及适用性分析

“一五”期间,党中央制定了北京由消费  
城市向生产城市转变的目标<sup>[1]</sup>。1954年,  
《关于早日审批改建和扩建北京市规划草案  
的请示》明确指出“首都是我国政治中心、文  
化中心、科学艺术中心。同时还应当也必须  
是一个大工业城市”。所以建国后北京的工  
业,特别是重工业发展得异常迅猛,迅速成为  
重要的工业基地,在棉纺、电子、钢铁等领域  
处于全国领先水平<sup>[1]</sup>,形成了十大工业区,  
位置如图1所示,其生产类型如表1所示。

2008年,为成功举办奥运会,许多位于  
城市功能扩展区(海淀、朝阳、丰台、石景山)  
的工业建筑迁出市区,大量工业建筑停用。



图 1 北京十大工业厂区分布

2017 年,《北京城市总体规划(2016—2035 年)》第 26 条提出疏解一般性制造企业。因此,将有越来越多的工业建筑面临停产,这些工业建筑多为建国后建造的框架结构厂房、仓储建筑,梁柱、外围护结构、垂直交通保存完整,内部空间宽敞,满足模数制尺度,所处位置交通便利,再利用的价值较高,而且具备通用性的研究价值。

二、影响改造的关键因素

1. 可利用的工业建筑

(1)城市用地规划。在《建设项目规划使用性质正面和负面清单》中,对于城市功能扩展区的要求:疏解非首都功能,完善配套设施,保障和服务首都功能的优化提升。推进城市修补和生态修复,提升城市品质。鼓励各类用地调整为养老设施;鼓励工业、仓储、批发市场用地调整为学前教育设施;鼓励各类既有建筑调整为公共服务建筑以及出租型公寓等。大部分工业区位于城市功能扩展区,在总体城市规划布局上具备改造为青年公寓的条件。

(2)工业建筑生产类型。建国后,北京逐渐形成了钢铁、石油化工、机械、电子、仪器、食品、轻工、纺织、建材、印刷、医疗器械、工艺美术等门类齐全的工业生产体系<sup>[2]</sup>。在改造为居住建筑的过程中,需要原有的生产工艺对人体无毒害。从此方面出发,在十大工业区中,排除以化工企业为主的通惠河南工业区、南郊工业区中的化工厂房以及堡头工业区的焦化厂。

(3)工业建筑的空间尺度及结构。在改

表 1 北京十大工业厂区主要生产类型

工业区名称	主要生产类型
通惠河北工业区	机械、棉纺
通惠河南工业区	化工
南郊工业和仓库区	化工、皮革
石景山工业区	钢铁厂
清河工业区	毛纺织、建材
酒仙桥工业区	电子、仪表
堡头工业区	炼焦
丰台工业区	铁路
新街口工业区	机械、电机
燕山工业区	石油化工

造中,需要注意既有工业建筑尺度与居住建筑尺度的适应性。如工业建筑的尺度过大,会影响改造后居住空间的采光通风;如工业建筑的尺度过小,则会影响改造后居住空间的居住功能以及舒适性。因此,在选取需要改造的工业建筑时,在进深方向上以 3~4 倍居住建筑进深最为合适。选取北京市新华印刷厂、北京胶印厂、京棉集团丰棉分厂、首钢通用机械厂及酒仙桥电子工业区进行实地调研。保留建筑类型为单层厂房、多层厂房及库房建筑。其空间尺度适宜,多为保留完好的框架结构,具备改建为青年公寓的条件。可推知在相近的建设时间内,相似生产类型的工业建筑应具备可改造的条件。

(4)周边环境。为满足居住者出行、生活以及娱乐的需求,所选取的工业建筑需要位于交通方便、配套齐全的地点。随着城市的扩展,原属于近郊的工业区逐渐成为了现阶段的城市功能扩展区<sup>[1]</sup>,能够满足公共交通出行的便利性和周边配套的种类、数量要求。但原燕山工业区位于北京市西南角,公共交通出行不便,因此,不适宜改造为青年公寓建筑。

2. 居住建筑的空间尺度

工业建筑设计中考虑的是与其生产功能相匹配的机器尺寸及生产活动的需求,而居住建筑空间设计中考虑的是人的日常活动需求。所以说,既有工业建筑改造为居住建筑的过程实质上就是将原有的适应于机器生产的空间尺度转换为能够满足人的日常行为需求的空间尺度,同时,考虑原有工业建筑结构

改造中以及改造后在开间、进深、层高3个方向上的高效利用。

### 3. 青年群体对居住空间的特殊要求

不同的组织机构对于青年的年龄阶段有不同的划分标准,结合我国目前的社会环境以及接受教育年限的情况,笔者将青年群体年龄限定为18~34岁。这类群体经济基础薄弱,强调个性化的生活,注重生活品质<sup>[2]</sup>。体现在户型设计中的特点:套内会客空间不再重要,青年人更倾向于将会客活动安排在城市公共空间中;对厨房的要求较低,可接受开放式厨房的设计;需要个性化的活动空间,如工作学习、运动健身、收纳展示等;面临“成家立业”时期,需要户型具有更高的灵活可变性等。此外,还要考虑适应于青年群体的配套公共服务空间,如:咖啡厅、小吃店、洗衣房、小型电影院等满足青年群体对聚会交流、餐饮外卖、生活服务以及娱乐休闲等方面的要求。

### 4. 居住建筑的相关规范

在工业建筑的改造中,需要考虑功能变更后的建筑应遵循的规范要求。由于我国目前并没有针对公寓项目的规范,因此,在设计过程中需要满足《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26—2010)、《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)以及《无障碍设计规范》(GB 50763—2012)中对于疏散条件、节能要求、细节设计以及无障碍通行等要求,还应参考《住宅建筑规范》(GB 50368—2005)、《住宅设计规范》(GB 50096—2011)、《宿舍建筑设计规范》(JGJ 36—2016)中对于相关设计的要求。

### 5. 室内物理环境

由于功能的变更,对室内物理环境的要求也发生相应的改变。相对于工业建筑来说,居住建筑对于保温、采光、通风、隔声的要求更高。根据规范中对于室内物理环境的要求,改造过程中要考虑增加外墙的保温性能、

新增隔墙的隔声性能、设计室内窗地比等一系列的改善措施。参考相关规范中对于日照、采光、自然通风的要求,得出针对青年公寓可用的参考条例有:应有1/2以上的居室有良好朝向;居室的采光系数标准值应不低于2%,通风厨房采光系数标准值不低于1%;起居室(卧室)自然通风开口面积不小于房间地板面积的1/20,厨房的自然通风开口面积不小于房间地板面积的1/10,且不小于0.6 m<sup>2</sup>。

在居住建筑中,可以利用水平交通空间解决采光通风问题。在青年公寓中常见的交通布置方式为内廊式。工业建筑进深较大时,利用不同的交通组织形式解决采光通风的问题。当 $2y < Y \leq 3y$ ( $Y$ 为工业建筑进深, $y$ 为改造后的公寓房间进深)时,采用内廊式交通;当 $3Y > 3y$ 时,设置分散或集中的内庭院,为每间套型提供采光通风的同时,营造出更多的公共交流空间。当条件允许的情况下,可采用底层架空的方式,加快空气流动,提升通风性能<sup>[3]</sup>。

## 三、工业建筑居住化改造

### 1. 工业建筑与居住建筑的空间尺度特点

工业建筑可按照建筑层数划分为单层厂房、多(高)层厂房以及混合层数厂房<sup>[4]</sup>。在改造过程中,常利用单层厂房与多层厂房两种建筑形式,厂房建筑在设计中遵循一定的模数规律。在空间尺度研究中引入模数系统,基本模数数值为100 mm,以“ $M$ ”表示,即 $1M = 100$  mm。其中,单层厂房在面宽方向上,以6 000 mm为最小值,采用扩大模数 $60M$ 数列增加;在进深方向上,当进深 $\leq 18$  m时采用扩大模数 $30M$ 数列增加,进深 $> 18$  m时采用扩大模数 $60M$ 数列增加;在层高方向上,以3 900 mm为最小值,采用扩大模数 $3M$ 数列增加。多层厂房在面宽方向上,以6 000 mm为最小值,采用扩大模数 $6M$ 数列增加;在进深方向上,当进深 $\leq 12$  m时采用

扩大模数 15M 数列增加,进深 > 12 m 时采用扩大模数 30M 数列增加;在层高方向上,以 3 900 mm 为最小值,采用扩大模数 3M 数列增加。

《住宅精细化设计》中总结了住宅内各

功能房间面宽常用数值,由规范相关条例规定可得出一些关于住宅各功能房间面积上的要求(见表 2)。这些要求结合建筑设计资料集中的常见家具尺寸和人体活动空间,共同构成了居室空间尺度。

表 2 居住建筑常用尺度

房间类型	面宽/mm	面积/m <sup>2</sup>	房间类型	面宽/mm	面积/m <sup>2</sup>
起居室	3 600 ~ 4 500	≥12	主卧室	3 300 ~ 4 200	≥9
厨房	1 800 ~ 3 000	—	次卧室	2 700 ~ 3 600	≥5
卫生间	1 600 ~ 2 400	≥2.5	书房	2 600 ~ 3 600	—

2. 改造过程中支撑体住宅理论的应用

支撑体住宅是一种大空间、无户型的房子,住户可根据需要随意分割室内空间。这种住宅采用结构支撑体和分隔体完全分离的方法施工<sup>[5]</sup>。在支撑体住宅理论中,将建筑依据是否可变划分为支撑体和可变体。其中,结构框架与交通体系为支撑体,通过隔墙划分的套内空间视为可变体(见图 2)。由于工业建筑的空间尺度远大于居住建筑,因此,在新功能置入的过程中涉及结构构件的增加。将既有工业建筑的结构框架称之为既有支撑体,增加的结构构件称之为新增支撑体,新增支撑体不局限为梁柱体系,也包括不可变更和占用的交通空间<sup>[6]</sup>。既有支撑体与新增支撑体共同构成改造后的居住建筑体系中的支撑体。

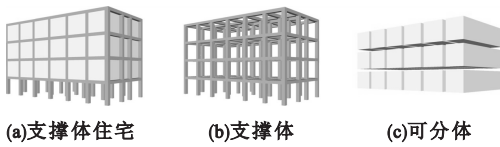


图 2 支撑体住宅示意图

3. 新增支撑体的尺度确定

由表 1 可知在开间、进深、层高 3 个方向上工业建筑常采用的数值。新增支持体既要满足居住建筑的尺度特点也要符合工业建筑模数特点。因此,在开间方向上,选用基本开间 3 m,结合工业建筑尺度,按照 6M 的模数数列逐次增加,即新增支撑体采用  $(3 + 0.6n)$  m 的数列;在进深方向上,选用基本进深为 4.5 m,结合具体的工业建筑尺度,按照 15M 的模数数列逐次增加,即新增支撑体采

用  $(4.5 + 1.5n)$  m 的数列。在进深方向上还需要考虑水平交通空间,结合实际的房间数量,当每层的房间数小于 60 间时,可采用 1.5 m 的疏散宽度;当房间数大于 60 间时,可采用 2.4 m 的疏散宽度。在层高方向上,需满足居住建筑相关规范的要求,选用 2.7 m 为最小层高。

4. 适应居住类规范要求

在改造的过程中,建筑的功能发生变更,疏散距离的要求也随之改变,需遵守《建筑设计防火规范》中的相关规定(见图 3)。厂房内最小的疏散距离  $(L = a + b)$  为 25 m,而多层公寓类建筑的袋形走道尽端疏散距离  $d$  为 22 m,安全出口之间疏散距离  $c$  为 40 m。

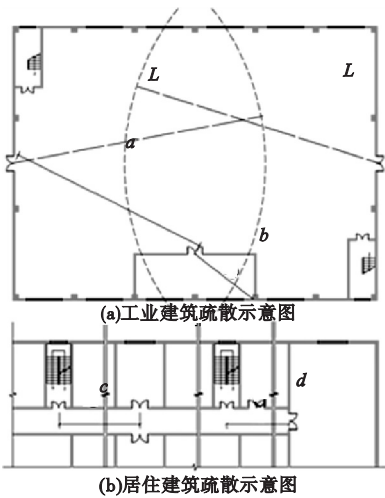


图 3 工业建筑与居住建筑疏散要求示意图

四、青年公寓的模块化系统构建

1. 居住空间的模数研究

建筑模数是指在建筑设计中选定的尺度



单位。在进行居住空间的尺度设计时需要考虑建筑设计和工业设计两个方面。其中,建筑设计包含功能空间排布、建筑结构选型、水暖电设计等;工业设计包含各类生活用品、装修材料等相关方面。为实现青年公寓的模块化设计,要建立能够满足两个方面尺度要求的模数系统。在基本模数的基础上,导出扩大模数和分模数。扩大模数的基数分为6类,分别为 $3M$ 、 $6M$ 、 $12M$ 、 $15M$ 、 $30M$ 和 $60M$ ;分模数基数为 $M/10$ 、 $M/5$ 、 $M/2$ 共3个<sup>[7]</sup>。

表3 居住空间模数系统

扩大模数	建筑尺寸进级单位	基本模数	部品尺寸进级单位	部品分模数
$60M, 30M, 15M, 12M, 6M$	$3M$	$1M$	$0.3M$	$3M/10, 3M/5, 3M/2$

2. 居住单元的模块化系统构建

借鉴传统的工业设计中对于模块体系的划分方式,将青年公寓各组成部分按尺度由大到小划分为产品级、部件级、组件级、元件级(见图4)。其中,元件是最基础的单位,多个元件通过不同的组合方式构成具有特定功能的组件,不同功能的组件组合在一起形成在模块分级中的最高级部件,最后形成不同功能的产品<sup>[8]</sup>。元件级的模块是建筑模块化设计中最基础的空间设计,每个元件模块

参照《住宅建筑模数统一协调标准》,将“ $3M=300\text{ mm}$ ”设定为建筑尺寸进级单位,此时分模数( $10\text{ mm}$ 、 $20\text{ mm}$ 、 $50\text{ mm}$ )既不与常见部品尺寸统一,也不与 $3M$ 发生逻辑关系。因此,参考分模数的划分方式,对 $3M$ 进行划分。 $3M/10$ 、 $3M/5$ 、 $3M/2$ ,得出 $30\text{ mm}$ 、 $60\text{ mm}$ 、 $150\text{ mm}$ 。这样的模数划分方式既可以满足大多数材料的尺寸铺排,也与 $300\text{ mm}$ 有十进制的逻辑关系。由此确定出居住空间的模数体系(见表3)。

中包括实体空间和活动空间,不同的模块在满足人体工程学的要求下进行活动空间的叠加,以达到节约空间的目的。组件层级划分依据是居室单元内的使用功能,划分出起居模块、厨房模块、卫生间模块以及适配不同类型青年的灵活空间。不同的组件级模块通过不同的组合方式形成相对独立的部件级套型模块,连同交通、管井、公共活动空间等共同构成产品级模块设计。

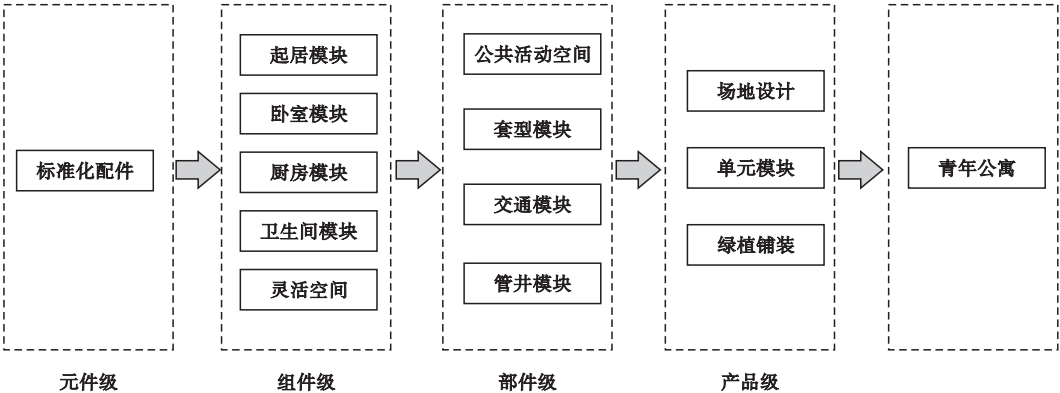


图4 居住建筑模块划分

3. 组件级模块设计

住宅为户主购买享有其产权,而青年公寓产权归国家或开发商所有,以出租的方式租赁给住户。《住宅设计规范》规定住宅应按套型设计,每套住宅应设卧室、起居室(厅)、厨房和卫生间等基本功能空间。青年公寓与传统住宅相比,套内面积较小,极限可

做到只保留卧室、厨、卫3个房间<sup>[9]</sup>。为满足青年群体个性化的需求,提高居住舒适感,在套内设置灵活空间。青年公寓居住人群较传统住宅单一,因此,在套型设计中不考虑无障碍设计。

(1)卧室模块设计。按居住人数划分,卧室可分为双人卧室、单人卧室、三人卧室

(父母 + 婴幼儿)。卧室模块中最基本的元件模块组合方式如图 5 所示。其中,实线框内为睡眠休息模块,可根据居住需求选择双人床、单人床或两张单人床的配置,以满足不同的居住人员关系,在床的一侧需要保留不小于 0.6 m 的整理床铺空间;点划线框内为

储物元件模块,此模块不是卧室组件模块内的必要模块,主要包含的家具为收纳柜或类似物品;虚线框内为衣柜元件模块,在衣柜元件模块内要保留不小于 0.6 m 宽的通道,以满足日常使用功能。

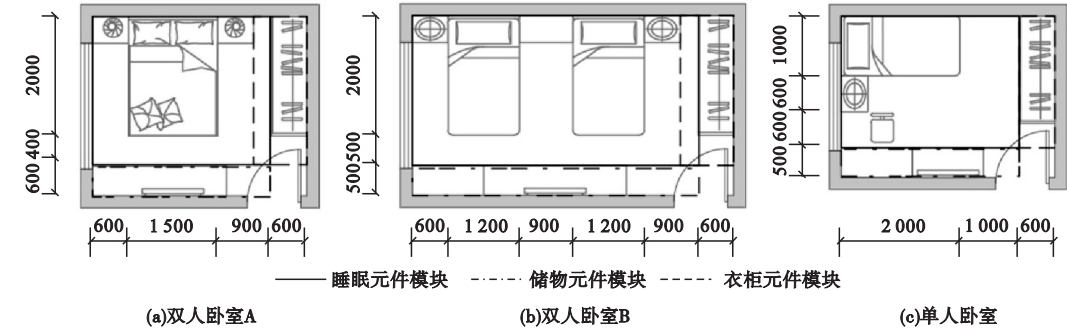


图 5 卧室模块设计示意图

当卧室不作为单一睡眠休息空间时,需要兼并娱乐、衣帽间、幼儿室、工作室、收藏等功能。选取其中对于尺度要求最高的幼儿室为例,进行尺度设计说明。在此,选取中值长 1 300 mm,宽 650 mm,高 320 mm 的幼儿床具进行设计。此外,随着幼儿的加入,卧室内的储物空间也需要随之增加。其中,虚线框内为新增入的幼儿空间,以此尺寸为依据,同样的模块内可变形为其他功能(见图 6)。

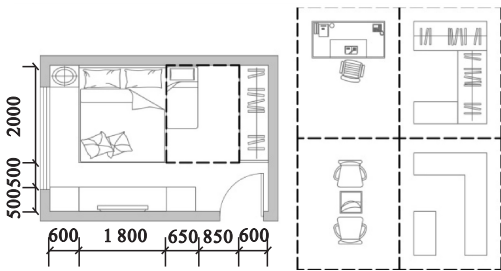


图 6 卧室灵活设计示意图

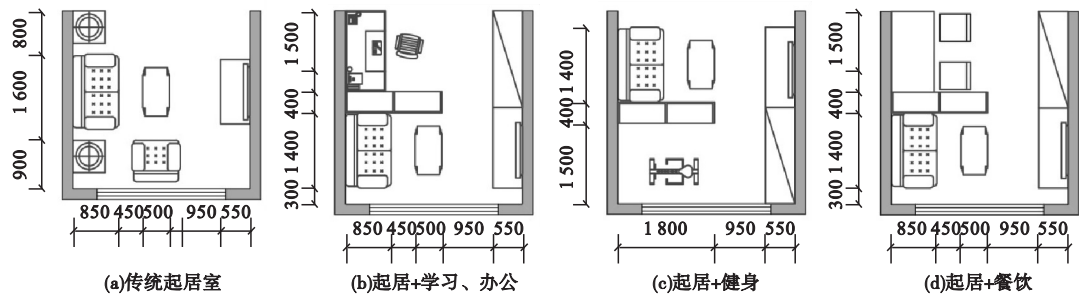


图 7 起居模块设计示意图

(2)起居模块设计。传统起居空间既要满足内部居住者的活动需求,也要满足会客等对外的需求。根据青年人的行为分析,越来越多的青年人倾向于选择城市公共活动空间作为会客场所<sup>[10]</sup>。因此,青年公寓起居室的功能主要聚焦于满足内部居住者的活动上,传统起居室的家具(电视柜、沙发、茶几等)将不再适用。在起居室的设计中融入学习、办公、健身等个人活动空间或由于户型面积的限制,将用餐或休息睡眠功能加入到起居空间内(见图 7)。

(3)厨房、卫生间模块。根据调研,大部分青年人对于厨房的要求不是很高,满足基础的“贮、洗、切、炒”即可。因此,厨房组件模块设计的元件模块即为:冰箱、水槽、炉灶(电磁灶),且无论是否为开放式厨房,出于节约空间考虑,选择水槽与炉灶模块横排或 L 形的布置方式。卫生间模块主要的元件构

成为:便器模块、洗面盆模块、洗浴模块,在条件允许的情况下可增设洗衣模块。在设计过程中,需要考量卫生间的动线合理、各个模块的活动空间可适当叠合、管线布置合理,在面积充裕的情况下可考虑分设式(见图 8)。

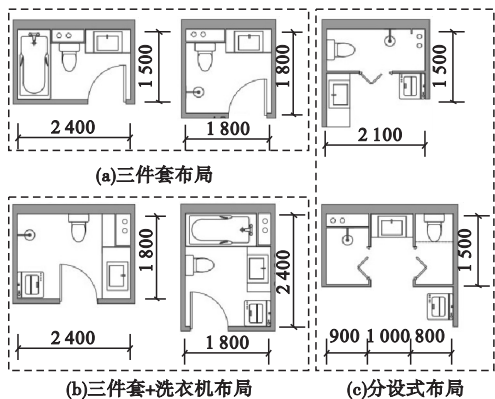


图 8 卫生间组件模块图

4. 套型模块化设计

根据新增支撑体的尺度,选取开间 3 m,进深 6 m 这一常规尺度进行套型内的设计说明,其套型设计如图 9 所示。因开间尺寸较小,为了保证起居和卧室模块的采光通风,同

时高效利用面积,将厨房设计为开敞式,炉具的选择局限于电磁炉等电器,适合对厨房要求不高的青年群体。卫生间采用传统三件式布局,洗衣机可置于厨房操作台之下,结合开敞厨房的设计使得套内公共活动面积加大。图 9 中户型从左至右依次适合情侣居住、独居、朋友合租以及父母与子女同住 4 种不同的居住状态。其中,情侣共同人脉圈重合度高,增设会客模块;独居模式中增设工作学习模块,在层高允许的情况下可将床铺换成上下铺的形式,既可满足朋友合租的居住形式,又可提高居住质量;朋友合租的套型内将卫生间面盆与厨房洗涤盆合并布置,可实现一人洗漱,一人如厕、淋浴,彼此不受影响。开间为  $(3 + 0.6 \times 2 = 4.2)$  m,进深为基础进深 6 m 的户型示意图如图 9 所示。当开间不小于 4.2 m 时,可设置独立厨房。厨房与卫生间同侧布置,利用隔墙划分出餐桌模块。在此示例中,演示了在居住功能中加入婴儿床模块的户型。

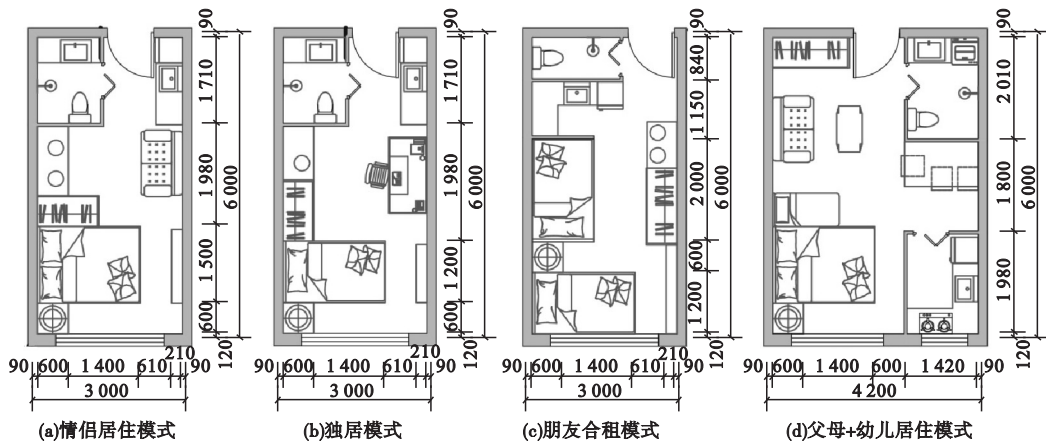


图 9 套型设计示意图

5. 层高方向上的设计

《住宅设计规范》中规定层高宜不高于 2.80 m,卧室、起居室净高不低于 2.40 m。《宿舍建筑设计规范》中规定采用双层床或高架床时,层高宜不低于 3.60 m。结合工业建筑在层高上的模数规律,选定青年公寓的基础层高为 2.7 m。工业建筑以 3.90 m 为最低层高,满足  $(3.90 + 0.3n)$  m 数列。当工

业建筑层高不是 2.70 的整数倍时,需对改造后的居住建筑进行层高方向上的设计。当二者差值为 0.30 ~ 0.60 m 时,套内宜采用普通单层床,可结合室内净高设置部分抬地空间,增加室内收纳面积;当二者差值为 0.90 ~ 1.50 m 时,套内可采用双层床或高架床;当二者差值为 1.80 ~ 2.40 m 时,套内可设计为 LOFT 的居住模式,进一步扩大室内

的使用面积。

当工业建筑为单层厂房或为首层层高较高的多层厂房时,可利用首层布置公寓的公共配套房间,以满足居住者的居住需求,提高居住舒适度。

五、结 语

以改善青年群体在以北京等一线城市居住环境为出发点,结合北京市既有工业建筑的现况,分析将既有工业建筑改造为青年公寓的可行性,并归纳总结工业建筑的模数特点,与现行规范下的居住建筑尺度相结合,设计出能够适用于工业建筑的尺度转换模式。在青年公寓设计中引入模块化的设计思路,根据青年群体对居住空间的特殊要求以及工业建筑模数设计出几种能够满足不同阶段、不同类型的青年人的居住空间,在一定程度上缓解青年人的居住压力,营造更好的生活空间。

参考文献:

[1] 刘伯英. 北京工业建筑遗产现状与特点研究

[J]. 北京规划建设,2011(1):18-25.

[2] 沙芳. 面向青年人的小微型居住空间设计研究[D]. 大连:大连理工大学,2017.

[3] 马莹莹. 适于自然通风的建筑构型优化研究[D]. 邯郸:河北工程大学,2014.

[4] 王卓. 房屋建筑学[M]. 北京:清华大学出版社,2012.

[5] 曹洪涛,储传亨. 当代中国的城市建设[M]. 北京:中国社会科学出版社,1991.

[6] 朱磊,刘娟. CSI 住宅发展前景浅析[J]. 科技视界,2014(31):110.

[7] 唐海源. 集约理念视角下的青年公寓套型模块化设计研究[D]. 成都:西南交通大学,2016.

[8] 薛峰,何平. 建筑师对于建筑工业化技术的思考与构想:政策性住房套内空间通用模块设计研究[J]. 城市住宅建设,2015,23(2):5-19.

[9] 宫起舞. 基于群体需求的青年公寓空间设计研究[D]. 济南:山东建筑大学,2017.

[10] 方昕. 城市公共空间设计与人的行为活动[J]. 土木建筑与环境工程,2004,26(2):5-8.

Residential Transformation of Industrial Buildings Based on Modular Theory: Taking Beijing Youth Apartment as an Example

AN Yanhua, ZHAO Yuejia

(School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** This paper analyzes the usage of the industrial buildings and youth apartments in Beijing, clarifies and defines the spatial scale characteristics of the industrial building and residential buildings. Reconstruction methods include the supporting concept and the general scale conversion method under new and old supports. In the designing process, designing concept combines with the concept of modularization which establishes the modular system of the applicable room space. The module is divided into grades at the same time. Standardized accessories compose each functional module in the room. Finally, this constitutes a complete residential building. Under the existing profession standard, the combination of the existing building transformation and modular design will meet the requirements of youth groups for the living space of the scale, function and comfort.

**Key words:** Beijing area; transformation of industrial buildings; youth apartment; modular design