

基于功能分析的居住空间模块化设计

李冬冬

(南京工程学院建筑工程学院, 江苏 南京 211100)

摘要: 为了寻找一种与大规模定制住宅开发相匹配的设计方法, 将模块化原理与居住空间的功能特征相结合, 提出了一种基于功能分析和模块聚类的空间模块化设计方法。通过分析研究得出如下结论: 居住空间的模块化设计可以在功能分析和模块的相关度分析的基础上, 运用设计结构矩阵DSM的方法进行模块聚类, 进而实现以LDK为基型模块的系列化设计。

关键词: 功能分析; 空间模块; 类聚; 系列模块化

中图分类号: TU398

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2016)03-0406-06

Modular design of residential space based on functional analysis

LI Dongdong

(School of Architecture and Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211100, China)

Abstract: In order to find a design method to match the residential development of mass customization, modular principle and function characteristics of living space were combined, and a kind of space module design method was put forward based on function analysis and clustering module. Through analysis and research, the following conclusion is drawn: the modular design of residential space can be on the basis of analysis of the relationship between the functional analysis and the module, using DSM method to cluster the modules, so as to realize series design based on LDK as the base module.

Key words: functional analysis; spatial module clustering; series modular

基于制造业的经验, 模块化设计是与大规模定制相匹配的一种设计方法。模块化设计方法运用于建筑设计亦并非一个新兴课题, 但通常仅限于对工业化建造过程中实体构件的模块划分进行研究, 而对于功能空间的模块化聚类研究还未检索到相关文献。本文所研究的功能空间的模块化设计是在功能分析的基础上, 融入了空间的可变性与多义性, 运用设计结构矩阵DSM原理进行空间聚类的设计方法, 其中的功能空间模块不仅限于传统意义上的独立房间, 而是从居住者普遍共存的生活行为中提炼出来的居住行为所映射的空间领域。

功能分析是实现功能创新的重要方法, 也是实现产品创新的核心技术^[1]。功能分析是空间模块划分的基础和主要依据。居住空间的功能分析, 就是根据居住者的生活行为模式和家庭结构进行分析, 并提取其共性的过程。功能分析将居住空间大致分解为若干生活模块, 生活模块的划分为功能空间的分区提供了依据(图1)。

1 空间模块的功能分析

从功能类型的角度, 功能分析是将住宅空间的总功能分解为基本功能、辅助功能和扩充功能等功能子模块, 以此为基础再将它们进行归纳、分析,

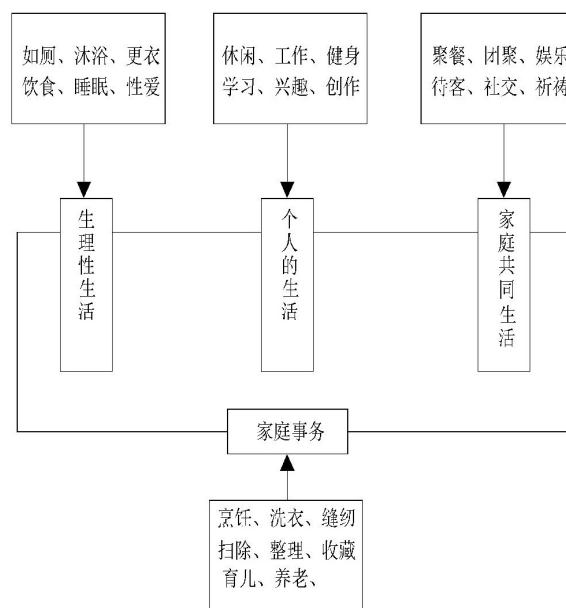


图1 生活模块划分及其关系

Fig.1 Life module division and its relationship

简化成典型的功能单元(图2)。这些功能单元是空间模块的雏形。但是, 空间模块由于自身的虚拟性, 又具备与实体模块所不同的多义性、模糊性等特点, 所以空间模块可以是一个房间, 也可以是几个房间, 或者仅仅是一个区域, 并不受单个房间的

约束。比如，玄关模块、起居模块、交通模块、餐厨模块、卫浴模块、阳台模块、收纳模块、多功能

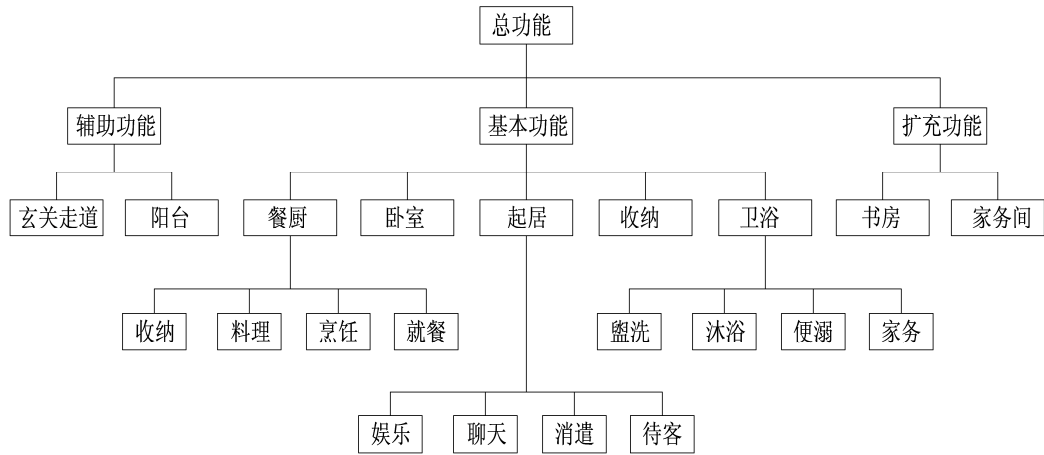


图2 住宅功能分解示意图
Fig.2 Residential functional decomposition diagram

2 空间模块的特征分析

空间模块化的主要特征是模块的通用性，能适应多种户型与档次的需要，例如玄关模块、卫浴模块、收纳模块等，只要尺寸合适，可以使用在不同的套型中。通用性的具体表现就是典型化、系列化和标准化。作为功能空间，典型化是指其形态的普适性，圆形、梯形、三角形、平行四边形等空间不适于作为功能模块，最常见的矩形空间，经过组合的L型或T形空间也可以成为空间模块（图3）；系

列化也就是通过局部尺寸以模数化序列的增减和内部子模块的布局变化，形成系列族群供不同套型的住宅选用。标准化不仅是指形状尺寸标准化，而且也是指其界面与接口的标准化。标准化的目的是要达到界面与接口的统一。对于空间模块来讲，界面要统一就是模块之间分隔墙体的形状要平齐或互补，接口的统一就是出入口的位置与大小要对位。

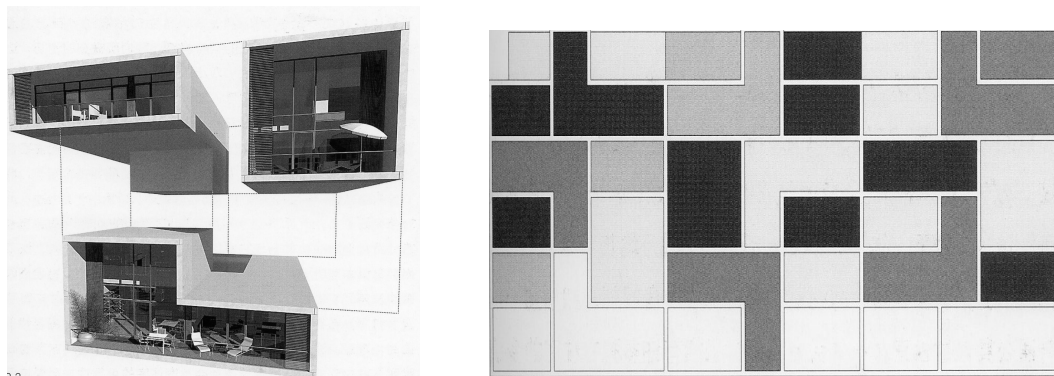


图3 空间模块的三维意向
Fig.3 Three-dimensional intention of space module

对于功能空间的二维围护界面而言，空间模块间的围护界面分为实体、虚体与虚空，实体围护即是实体隔墙（包括结构与非结构），虚体围护是利用透视或透光隔断、家具、织物等装饰等手段形成的均为虚体界面，其目的是阻挡人的直接随意通行，虚空围护是指利用铺装、吊顶、灯光，或者只是利用“格式塔心理”形成的围护，不影响任何通行。根据围护界面的组合特征，本文试探性地将空

间模块分为15种类型（图4）。运用15种模块，基本可以实现常规住宅平面的组合设计。

根据以上分析，空间模块具有如下特征：

- (1) 空间模块具有通用性，而通用性的表现就是典型化、系列化和互换性；
- (2) 空间模块具有功能上的多义性与模糊性，即功能的区分并非泾渭分明；
- (3) 空间模块的界面具有灵活性与可变性，从

而形成空间自如的开合变化;

(4) 空间模块形态具有相似性与嵌套性, 为功能转换提供了便利.

根据以上特点, 模块化的空间设计模式可以根据每个功能区域的特点, 以标准化的单元容纳不同的功能空间, 以实现各类空间的灵活安排和使用.

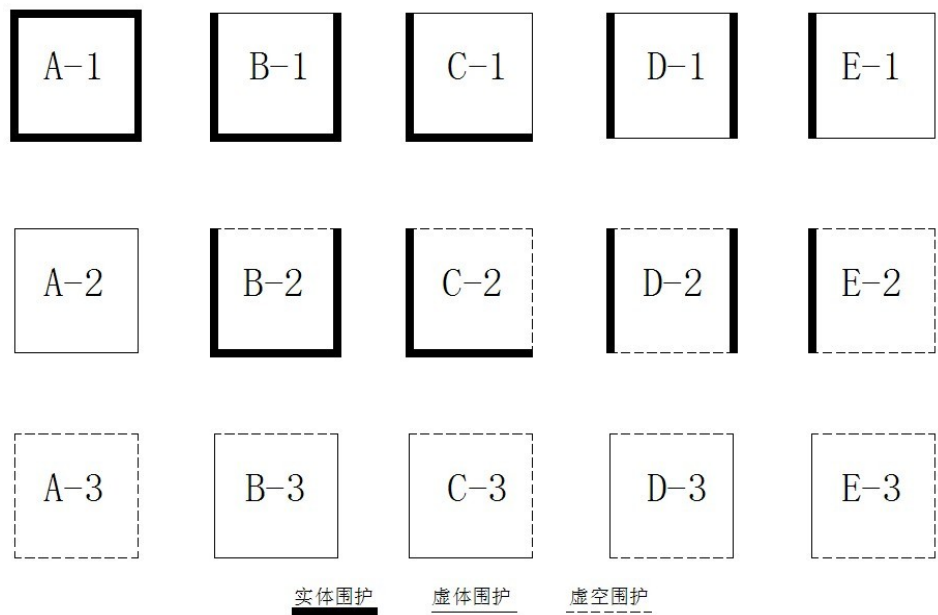


图4 空间模块的二维意向
Fig.4 Two-dimensional intention of space module

3 基于DSM的空间模块的类聚

3.1 空间模块联系维度与强度

功能空间模块之间的类聚复合是根据使用对象、空间性质和使用时间等进行合理组织, 将使用性质和使用要求相近的空间进行类聚, 同时又要避免使用要求不同的空间互相干扰. 空间模块类聚的意义在于能够将具有相似性质的模块进行集成设计和系列化设计, 从而以相对少的典型化、通用化的模块数量组合成多样化的空间组构.

根据设计结构矩阵的原理, 进行空间模块的聚类首先需要对模块之间的联系强度进行分类^[1]强度分类又要从不同的联系维度进行. 根据日常生活经验, 居住空间的聚类通常应从公私、动静、洁污三个维度进行联系与分区. 虽然三种维度之间既有并行关系, 但亦有适度的交叉, 但也基本覆盖了居住空间关系的主要属性.

联系强度也即模块之间的关系的密切程度, 在本文中拟采用量化的方法对联系强度进行表述. 如果按照模块间的密切程度将相关度分为三个层级, 其值在0~3之间波动(表1). 强联系是指两个空间毗邻且直接开口, 比如厨房与餐厅, 主卧与主卫. 较强联系是指空间的毗邻或相对, 但不直接开口, 而是通过厅廊联系, 比如起居、次卧等与公卫之间. 较弱联系是指空间之间既不毗邻也不相对, 通过较长的交通空间或公共空间联系, 比如卧室与厨房, 卧室与入口. 无联系是指两个空间之间需要通过卧室等私密性空间方能联系, 比如起居室与主卫, 起居室与套间的内间之间. 进行联系强度判断的依据是前文所述的三个联系维度, 其中三个维度的权重从大到小依次为: 公私>动静>洁污.

表1 空间模块相关度定义
Tab.1 Space module correlation definition

联系强度描述	权重	含义
高	3	强联系, 相互依存
中	2	联系强度较高
低	1	联系强度较低
无	0	完全没有联系

根据功能空间分析绘制相关度DSM(表2). 经过识别, 一套典型的住宅可分解为14个空间元素,

并对这14个元素进行编号(编号顺序具有随机性), 得到一个综合单向量矩阵.

3.2 DSM模型的聚类划分

对空间模块DSM模型聚类划分的目标是：①发现DSM模型中元素的最优聚类；实现模块化划分；②使每个模块聚类之间的联系达到最小化，实现聚类之间的低耦合，以有利于设计任务的并行；③模块之间的联系尽量限制于聚类的内部；④通过公共聚类与其他聚类之间的联系，来削弱其他非公共聚类之间的联系；⑤准确、良好地定义聚类之间的空间联系^[3]。

分别从三种维度的分区进行分析，综合判断各个模块之间的联系强度，通过DSM模型可以看出，厅廊与绝大部分空间都有强联系，因此可归属于公共类元素，主卫可以归属于主卧室的聚类；玄关、餐厨、家务阳台之间的强联系较多，可以聚为一类；通过行列转换，得到一个公共聚类，三个普通聚类，其私密度与安静度逐渐增强，而每个聚类内部亦有洁污分区（表3）。

表2 空间模块的DSM模型
Tab.2 DSM model of space module

编号	元素名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	玄关		2	2	2	1	1	1	1	3		1	1	1	1
2	厨房	2		3	1	1	1	1	1	3		1	1	1	3
3	餐厅	2	3		2	1	1	1	1	3		2	2	1	1
4	起居室	2	1	2		2	2	1	1	3		2	2	3	1
5	书房	1	1	1	2		2	1	1	3		2	2	1	1
6	主卧室	1	1	1	2	2		2	1	3	3	2	2	1	1
7	卧室1	1	1	1	1	1	2		2	3		2	2	1	1
8	卧室2	1	1	1	1	1	1	2		3		2	2	1	1
9	厅廊	3	3	3	3	3	3	3	3			3	3	3	1
10	主卫生间					3									
11	公卫生间	1	1	2	2	2	2	2	2	3			1	1	1
12	储藏间	1	1	2	2	2	2	2	2	3		1		1	1
13	生活阳台	1	1	1	3	1	1	1	1	1		1	1		1
14	家务阳台	1	3	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	

表3 转换后的空间模块DSM模型
Tab.3 The space module DSM model after conversion

编号	元素名称	1	2	14	3	4	13	7	8	11	12	5	6	10	9
1	玄关		2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1		3
2	厨房	2		3	3	1	1	1	1	1	1	1	1		3
14	家务阳台	1	3		1	1	1	1		1	1	1	1	1	3
3	餐厅	2	3	1		2	1	1	1	2	2	1	1		3
4	起居室	2	1	1	2		3	1	1	2	2	2	2		1
13	生活阳台	1	1	1	1	3		1	1		1	1	1	1	3
7	卧室1	1	1		1	1	1		2	2	2	1	1		3
8	卧室2	1	1	1	1	1		2		2	2	1	1		3
11	公卫生间	1	1	1	2	2	1	2	2		1	2	2		3
12	储藏间	1	1	1	2	2	1	2	2	1		2	2		
5	书房	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1		2		3
6	主卧室	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2		3	2
10	主卫生间			1			1						3		1
9	厅廊	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3	2	1	

采用DSM模型进行聚类划分的方法并非一套完全量化而刻板的设计模式，其中元素间的相关性及其权重仍需设计师的经验判断。而且，由于空间组构的无限可能性和居住行为的复杂性，最后的空间组合评价仍需设计师依据经验进行综合判断。

4 核心模块的类聚

在上述模块聚类的基础上，为了达到简化设计的目的，可以再提炼所有功能中最为稳定的起居、餐厨空间作为核心模块，将它们的位置一旦确定下来，整个平面布局也就大致确定了。如今，发展比

较成熟的是从日本承袭的nLDK模式,即将起居和餐厨集成为一个核心模块(LDK模块),再通过这个核心模块将n个卧室,书房、储藏室等其他功能房间进行组合。LDK是分别具有各自功能的三种空间,通过它们之间相互关联方式或分隔方式的不同,使空间的功能、性格得以变化(图5)。笔者以日本设计师小原二郎等人的研究为依据,对LDK组合进行了总结,提炼出九种集成方式(图6)^[4]。

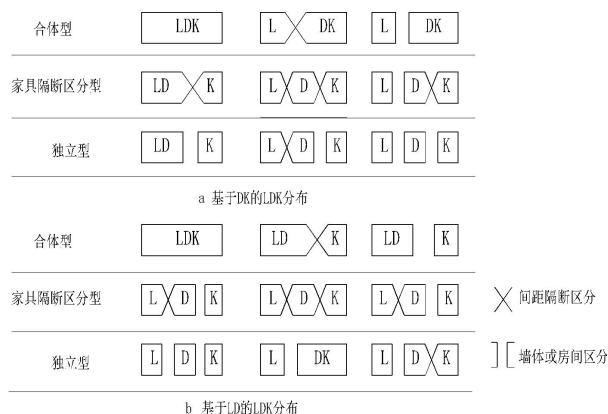


图5 LDK模块类聚方式

Fig.5 The LDK module clustering mode

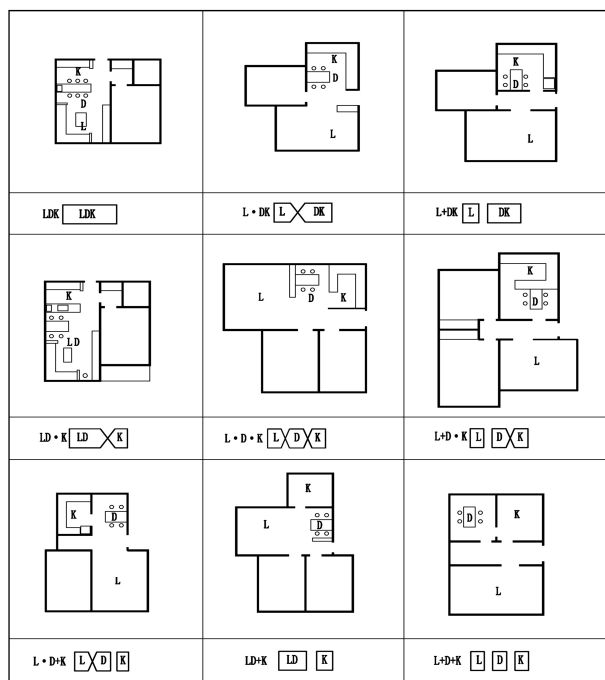


图6 空间模块集成方式

Fig.6 The pattern of the space module integration

LDK型 LDK型的空间并不分隔,是统一为一体的形式。由于烹饪设备家具化,以及排烟设备愈加先进,烹饪过程也加入到团聚空间中。这种类型对应于某些清淡的饮食习惯和开放的起居习惯。

L·DK型 这是DK为同一空间的形式,L与DK之间有较弱联系的类型。由于L具有相对的独立自主性,可以有一个相对完整而安静的空间。

L+DK型 这是L型与DK型完全独立,DK型为同一空间的形式。当“L”需要一个平静的气氛或会客作为重点时,必须注意D的空间不能小。

LD·K型 LD型与K型之间由柜台或多功能桌等家具分隔,适用于中等户型。

L·D·K型 这是L型与D型和K型各自在一定程度上保持独立的形式。由于综合起来,面积较大,适合于中等以上的套型。

L+D·K型 这是L型为独立空间,D型与K型保持适当联系的形式。由于它适用于注重会客的L,D要有宽裕的空间兼做团聚的场所。处理成完全的家庭空间也是方法之一。

L·D+K型 K独立,L与D稍加分离,L·D型的面积比LD的面积大,各部分空间比较稳定。

LD+K型 这是K独立,LD型在同一空间的形式,是中等套型住宅使用最多的形式。在这里L型与D型各自互不干扰是关键。因为空间可以互相共有,所以身处其中有宽敞的感觉。

L+D+K型 L型与D型和K型各有独立的空间,适宜于在大套型住宅中使用。

5 空间模块的系列化设计

模块系列化设计包含两个内容:一是模块系列的总体策划,二是各类模块自身的设计。“模块的系列化包括以下几种:横系列模块化、纵系列模块化、跨系列模块化、全系列模块化”^[5]。

5.1 横系列模块化

横系列模块化是将某种典型模块作为基型模块,其他可变更模块在其基础上进行增减的模块化设计方法。住宅中的LDK型或DK型模块因其典型性最强(模块内部的部品、器具最为集中,且通常以嵌套与耦合等方式进行集成,对空间尺寸模数化、形体标准化的要求高)而作为基型模块,以卧室、书房等房间作为外挂的可更换模块,则会产生不同的组合系列(图7)。

5.2 纵系列模块化

纵向系列化是对同一类型中不同规格的基型模块进行系列化设计。所谓不同规格主要体现在主尺寸上。而主尺寸不同的模块其功能、容量往往是不同的。在nLDK型的组合方式中,随着房间数量与套型总面积的增加,服务人数也相应增减,只选用一种固定的LDK型基型模块,必然造成其功能或容量的欠缺或冗余,因此基型模块往往采用分段通用的方法进行设计,随着套型规模的扩大,LDK的面积也在分段扩大(如图8)。

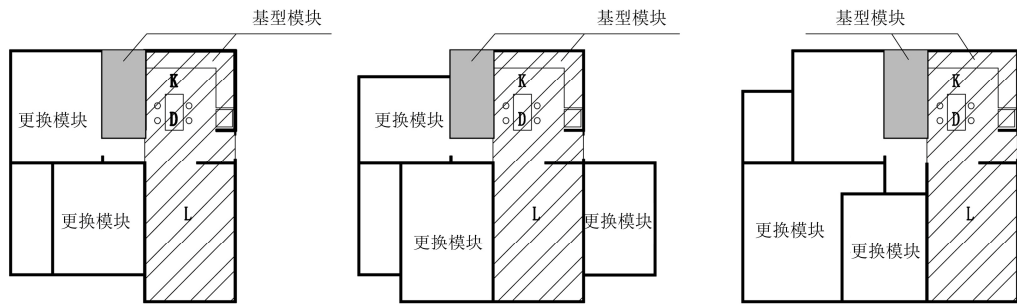


图7 基于LDK的横系列模块化
Fig.7 LDK based cross series modular

户型	2LDX	2LDX	3LDX	3LDX	3LDX	4LDX	4LDX	4LDX	5LDX
起居室	13	13	15	16	16	16	17	18	20
餐厅	18	18	20	21	22	22	24	26	30
厨房	6	7	7	7	8	8	8	8	9

图8 LDK的纵系列模块化
Fig.8 LDK's vertical series of modular

5.3 跨系列模块化

随着家庭成员的增加和户型规模扩大，卧室数量随之增加，同时LDK型的面积、卫浴空间面积、储藏空间和交通空间的面积也都随之分段增加。此时纵系列与横系列模块化可以兼顾使用，这时就成为跨系列模块化。

6 结论

功能分析是空间模块划分的基础和主要依据。居住空间的功能分析，就是根据居住者的生活行为模式和家庭结构进行分析，并提取其共性的过程。居住空间的模块化设计可以在功能分析和模块的相关度分析的基础上，运用设计结构矩阵DSM的方法进行模块聚类。空间模块类聚的意义在于能够将具有相似性质的模块进行集成设计和系列化设计，从而以相对少的典型化、通用化的模块数量组合成多样化的空间结构。空间模块的系列化设计可以分为横系列、纵系列与跨系列等几种方式，这几种模块化在实际的操作中并非泾渭分明地存在，往往是根据设计的不同阶段和设计对象相互渗透地综合运用。

参考文献 References

[1] 刘杰, 侯智, 廖林清. 基于功能分析的产品创新方法研究[J]. 组合机床与自动化加工技. 2004(8): 13-15.
LIU Jie, HOU Chi, LIAO Linqing. Research on productinnovation methods based on functional analysis[J]. Combined Machine Tools and Automatic Processing Technology. 2004(8): 13-15.

[2] 刘建刚, 马安, 王宁生. 基于设计结构矩阵的产品结构模块聚类方法[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2006, 34(11): 45-48.
LIU Jiangang, MA An, WANG Ningsheng. Productstructure module clustering method based on designstructure matrix[J]. Journal of South China University of Technology(Natural Science Edition), 2006, 34(11): 45-48.

[3] 唐敦兵, 钱晓明, 刘建刚. 基于设计结构矩阵DSM 的产品设计与开发[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
TANG Dunbing, QIAN Xiaoming, LIU Jiangang. Productdesign and development based on design structure matrix DSM[M]. Beijing: Science Press, 2009.

[4] 小原二郎, 加藤力, 安藤正雄. 室内空间设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
OHARA Jiro, KATO Chikara, ANDO Masao. Interior space design handbook[M]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2000.

[5] 贾延林. 模块化设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
JIA Yanlin. Modular design[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1993.

(编辑 沈波)