

【高校设计研讨】

基于人体活动域的厨房作业区尺寸界定研究

李和森¹, 柳冠中²

(1.湖北美术学院, 武汉 430205; 2.清华大学, 北京 100084)

摘要: **目的** 基于人体数据模型对厨房洗涤区、备餐区和烹饪区的尺寸界定开展研究, 为各个作业区内的空间布局的细化设计研究提供尺度依据。**方法** 首先研究人体数据的获取方法, 再依据人机关系数据界定厨房各作业区的基本尺度。从理论和实验两方面研究人体数据: 一是从生理角度研究人体肢体运动方式, 以计算的方法获取人体肢体尺寸, 在理论上建构人体活动范围; 二是用 3D 捕捉技术记录不同身高用户在厨房各个作业区内的操作行为, 在三维空间中直接采集人体行为数据, 并以此界定厨房各个作业区的基本尺寸。**结论** 厨房作业区尺寸数据建构过程研究及其结论能为各类厨房作业区尺度设计提供标准化数据和评价标准; 利用 3D 捕捉技术采集人体数据的方法能为研究人与空间的尺度关系提供一定参考价值。

关键词: 人体工程; 厨房作业区; 尺寸界定; 3D 捕捉

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)18-0280-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.18.036

Dimension of the Operation Area in Kitchen Based on Human Body Activity Area

LI He-sen¹, LIU Guan-zhong²

(1.Hubei Institute of Fine Arts, Wuhan 430205, China; 2.Tsinghua University, Beijing 100084, China)

ABSTRACT: The work aims to study the definition of the washing zone, preparation zone and cooking zone in the kitchen based on the human body data model, and then provide a scale basis for detailed design of the spatial layout in each operation zone. Firstly, the data acquisition method was studied and then the basic dimensions of all the operation zones in the kitchen were defined according to man-machine relational data. Data of human body was studied both in theory and experiment. Firstly, the activity mode of human limbs was studied from physiological perspective to obtain the human limb dimension through computation and to construct the range of human activity in theory. Secondly, the operation behaviors of users of different heights in each operation zone of the kitchen were recorded with 3D capturing technology. The human behavior data were collected directly in the three-dimensional space to define the basic dimension of each operation zone of the kitchen. The study on the construction of dimensional data in the operation zones of the kitchen and the research conclusions can provide standardized data and evaluation standards for the scale design of various kitchen operation zones and the method of collecting human body data with 3D capturing technology is of certain reference value for studying the scale relationship between human beings and the space.

KEY WORDS: human engineering; kitchen operation zone; dimension definition; 3D capturing technology

厨房作业区主要包括洗涤区、备餐区和烹饪区。厨房作业区尺度是深化厨房空间布局设计的重要依据之一, 而厨房作业区尺度依据的是人肢体活动范围和人的动作特征与感知习惯^[1]。在限定的厨房作业空

间内, 通过改变身体姿态和联动肢体操作各种厨具达到需求目标, 而厨具的功能性都体现在用户的操作任务中。每个用户都希望在使用厨具时能“省时省力”地完成每项任务, 其中“时”与“力”是一种成本付

收稿日期: 2020-04-18

基金项目: 2017 年湖北美术学院工业设计自主提升项目 (201701); 2017 年国家级地方高校大学生创新创业训练计划项目 (201710523002)

作者简介: 李和森 (1980—), 男, 辽宁人, 湖北美术学院副教授, 主要研究方向为工业设计及其理论。

出，操作任务越困难，付出人力成本越高。这种“困难程度”包含三个因素：（1）完成任务的步骤数量；（2）完成任务的时间；（3）完成任务花费的气力。目的与任务不同会导致定量分析这三个因素的过程变得复杂。然而它们无一例外都与厨房作业区尺度有直接关系，换言之，符合人机关系尺度的作业区是降低任务“困难程度”系数的关键因素之一。

在厨房作业时，用户身体姿态决定作业区内的空间布局设计^[2-3]，而空间布局设计反过来影响用户在厨房作业时的身体姿态^[4]，两者之间存在相互印证和约束的关系，也体现了用户作业行为^[5-6]的空间限定与空间需求的矛盾关系。本文重点通过深入探讨人体行为数据，研究不同身高的用户在厨房作业区内完成舒适性操作过程所占的最小尺度空间，从而达到协调空间限定与空间需求矛盾关系的目的。基于这个目的，项目组通过运用人体工程学理论^[4]和捕捉人体行为活动的技术归纳人体数据模型，研究厨房作业区基本尺度。在研究思路，首先，从人肢体的生理角度分析人肢体活动方式和肢体运动的极限角度与尺寸；其次，运用 3D 捕捉技术记录不同身高的用户在厨房三个作业区内的操作行为，构建人体活动范围数据模型；最后，依此分析和界定厨房三个作业区内自地柜至吊柜的尺寸区间，确立厨房作业区设计的标准化参数，为厨房作业区内布局细化设计提供研究基础。为了使实验数据具有规范性和适应性，项目组选择了不同身高的受试者，设计了厨房三个作业区内的模拟操作行为与动作、实验步骤，以及捕捉后形成人体数据模型的检测方法等。

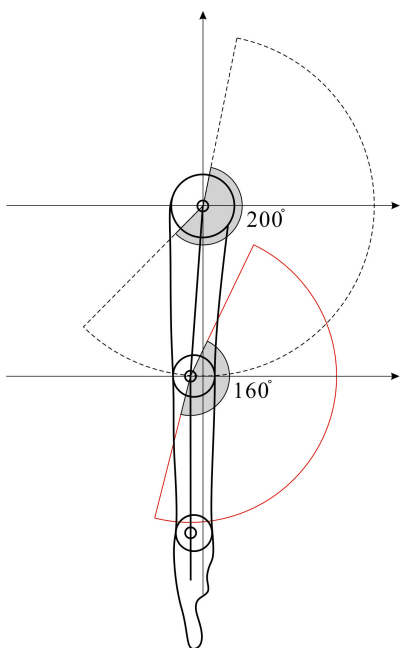


图 1 肩关节和肘关节转动极限角度
Fig.1 Maximum rotating angles of shoulder joint and elbow joint

1 人体上肢空间运动

1.1 上肢活动方式

人体的四肢都连接在躯干之上，躯干与四肢的关系就如同树干与树枝的关系一样，躯干的运动带动着四肢的运动，形成了“躯干—肢体”的运动模型。若躯干为一级，则向下层级被划分为二级、三级等依次类推。每一层级的活动范围是固定的，为接触到空间中的目标物体，肢体要产生相应的位移。若在此固定范围内无法触及目标物体，则需要移动上一级肢体来延长和扩大人体活动范围^[7]。因此，人体运动是以躯干为转轴，各肢体向四周展开的。由于人体活动方式由躯干活动方式和四肢活动方式组成，所以分析肢体运动方式即是分析联结躯干的肢体运动连带关系。以手臂系统运动为例，人的手臂从肩部到手腕有三个关节（肩关节、肘关节、腕关节）、两个肢体（上臂、前臂），其中肩关节与躯干相连，腕关节与手相连。肩关节和肘关节转动极限角度见图 1，肩关节转动极限角度约为 200°，肘关节转动极限角度约为 160°，结合上臂和前臂长度可推导出人体上肢垂直面活动范围，见图 2。

如果将关节看成轴，关节之间骨骼看成链，那么，按照生理结构关系将轴和链联结起来后，可模拟关节和骨骼构成的运动关系。按此方式分解肢体活动发现：人体活动都是由关节和肢体共同完成的，关节与关节、关节与肢体之间是相互带动的关系。人体运动可以看成是父节点的平移和旋转带动各子节点平移和旋转。关节转动的极限角度也是界定人体肢体活动

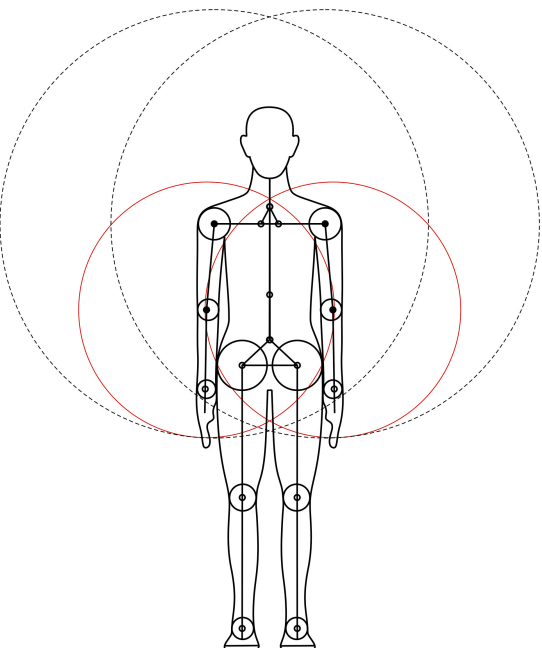


图 2 人体上肢垂直面活动范围
Fig.2 Activity scope of human upper limbs in vertical plane

范围因素之一。极限角度范围关系式为

$$\theta_x^{Min} \leq \theta_x \leq \theta_x^{Max} \tag{1}$$

式(1)中 θ_x 为关节在各平面坐标系中的转动角度, θ_x^{Min} 和 θ_x^{Max} 为关节的最小和最大旋转角度。如果目标物体的位置超出了肢体长度和关节活动角度限定的人体活动范围,人在执行具体操作时就需要调动更多的关节和肌肉以达到操作目的,但这样就容易导致人体疲劳。

1.2 肢体动作范围

通过上文分析可知,肢体空间活动范围与两个因素有关:肢体长度和关节活动角度。它们共同影响着肢体活动范围。由于这两个因素取值是可以测量的,所以可通过构建相应关系式计算出肢体在某一状态下的数据。仍以手臂为例,建立躯干到肢体末端直线长度的数学表达式,设肩关节到腕关节的直线距离为 L ,上臂长度为 l_1 ,前臂长度为 l_2 , l_1 与 l_2 之间的夹角为 θ 。

若 θ 为锐角,则由三角函数可计算出其直线距离为

$$L = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos \theta} \tag{2}$$

若 θ 为钝角,则由三角函数可计算出其直线距离为

$$L = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2 \cos(180^\circ - \theta)} \tag{3}$$

若肩关节与目标物体的直线距离 L 小于等于 l_1 与 l_2 之和,那么可通过公式(2)和(3)求出目标物体与肩关节的距离值,从而判断目标物体是否在肢体操作的有效范围内,帮助设计人员将高频的或连续高频的操作目标向有效的范围内聚集,提升操作效率。

假定人的身高为 H ,腕关节看作是相对坐标,那么可计算出与腕关节衔接的肢体长度,见表 1,其中,

手腕部位距腰椎能触及到的最远距离被认为是厨房空间中物品摆放位置的范围尺度依据,在此距离值划定的范围内触及的物品能尽可能少地使用关节,简化操作行为。当物品在空间中的摆放位置超出此距离值划定的范围时,人需要移动身体的其他部位才能触及目标物品。

结合肢体运动特征和习惯,理论上可界定肢体的三种尺度范围。人体上肢的工作尺度范围见图 3,身高为 1680 mm 的人体模型,以肩关节为旋转轴,肩关节至手指端的距离为半径。通过计算可知,上肢最大限度操作行为在半径为 720 mm 的空间内,最大抓取动作在半径为 600 mm 的范围内,最有利的抓取范围在半径为 300 mm 的空间内,图 3 中的灰色区域是人体肢体操作行为相对有效的活动范围。

人体尺度是相对固定的,而人体动作范围尺度是动态的。人体在空间中的操作行为不是单一、平面的。肢体的高自由度关节使人能根据不同动作要求改变身体姿态,身体姿势的改变导致肢体发生动态变化,这一复杂联动过程使人体的肢体行为构成了三维动作域。在三维动作域中,人所有的目的性操作行为使肢体末端触及的最远距离围合成的三维空间基本界定了人的工作空间范围。在厨房作业区工作时,用

表 1 人体上肢长度测算
Tab.1 Calculation of length of human upper limbs

序号	使用关节	衔接肢体长度 (H 为身高)
1	腕关节	约 0.109 H
2	腕关节+肘关节	约 0.250 H
3	腕关节+肘关节+肩关节	约 0.455 H
4	腕关节+肘关节+肩关节+腰椎	约 0.627 H

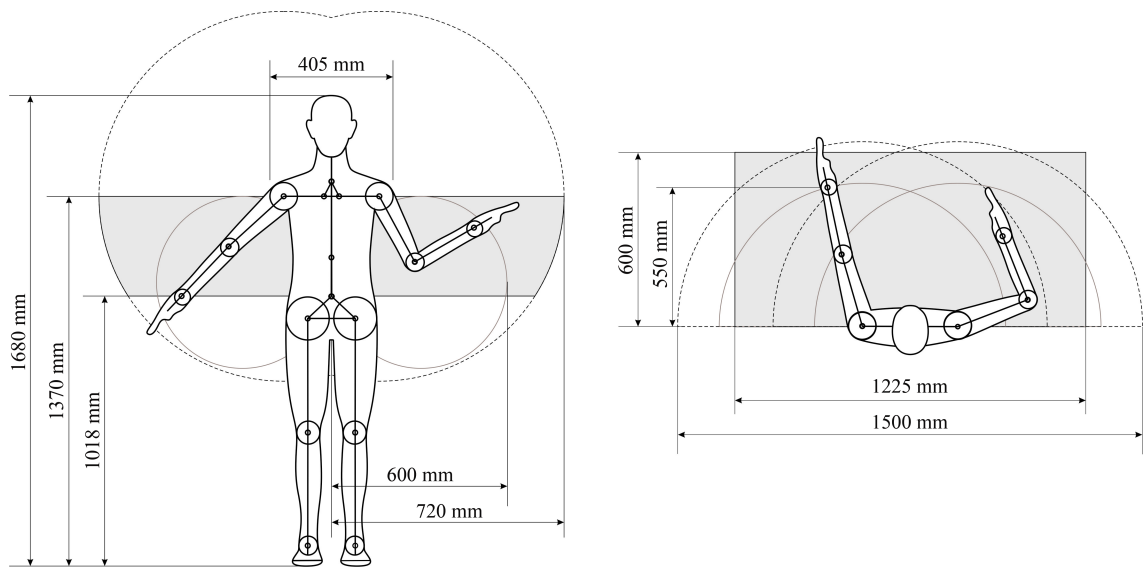


图 3 人体上肢的工作尺度范围
Fig.3 Working scale range of human upper limbs

户绝大多数的操作行为都依靠手完成,因此在建立人体运动数据模型时,需要重点关注手的边缘在空间中运动状态,然后通过计算获取手的边缘在三维空间中的尺度。然而人手操作行为是动态、随机的,这无疑增加了计算的工作量,因此,通过计算方式界定厨房内人体操作行为所需最小尺度的三维空间既不直观也不现实。

2 3D 捕捉技术构建人体行为数据模型

3D 捕捉技术^[8]是运用摄像头 360°全方位动态记录人肢体动作和行为过程,在计算机软件技术的支持下,生成准确的人体行为数据,构建不同姿态的人体行为三维模型。用 3D 捕捉实验获取人机数据,研究人体躯干和四肢的运动关系及活动范围,能准确地描述人体在厨房空间中的位移变化和动作轨迹。由人体数据三维模型可直观地测量人体活动或人手操作目标物体时所需的三维尺度空间,再根据不同使用者的身高,结合厨房各作业区功能,研究厨房各作业区尺度,从而为作业区内的空间布局设计和厨具选择提供尺寸依据。3D 捕捉技术构建人体数据模型是对人体操作行为的逆向反求过程。作为捕捉对象的人体样本需要具有多样性,才能为不同身高的用户群设计的厨房作业区尺寸提供科学的数据基础。因此,在运用 3D 捕捉技术构建人体行为数据模型时,要选择不同身高的用户作为测试对象,分别在厨房的洗涤区、备餐区和烹饪区内模拟操作行为,全面记录肢体动作过程,并通过电脑处理转化为可参考的人体数据。

2.1 测试对象

选择六个不同的测试对象,分成两组,每组内分别包含不同性别和身高的测试对象。第一组三个人,包括两男一女,身高分别为 1650 mm、1750 mm 和 1650 mm;第二组三个人,包括两女一男,身高分别为 1550、1750 和 1850 mm。这两组测试对象基本代表了绝大多数人群的身高,测试对象的具体信息及对应的测量结果,见表 2。

2.2 测试目的

通过捕捉不同身高的测试对象在厨房各作业区

内模拟操作行为,构建人体行为数据模型。在测试过程中,尤其关注人在厨房作业区内手的动作,在人体操作行为与厨房空间的限定关系中判断手边缘动作触及的空间范围,并依此研究人体操作时所占的空间尺度和三个作业区空间分割所需的尺寸,包括地柜、吊柜和油烟机等安装尺寸。

2.3 测试步骤

1) 搭建测试场景与演练模拟操作行为。为确保捕捉实验顺利进行,项目组根据洗涤区、备餐区和烹饪区的功能,在指定位置搭建相应的测试场景。在实际测试前,测试对象需演练模拟各作业区内操作行为与步骤。

2) 调试捕捉人体行为的摄像头高度与焦距。3D 捕捉场景主要由配装了八个摄像头的若干金属框架组成,摄像头上下两层各四个。调试完后摄像头后可 360°全方位捕捉人体肢体的活动情况。

3) 调整测试人员身上发光点。为方便摄像头清晰地识别肢体动作,测试对象需穿黑色衣服,在身体骨关节部位安装白色反光点。反光点位置在测试前需调节至人体关节部位,确保生成有效的关节点云数据。

4) 捕捉测试人员操作行为。两组测试人员依次在预先布置的洗涤区、备菜区和烹饪区内分别模拟洗菜、切菜和炒菜的操作行为,同时,场景内的摄像头一边捕捉随人体操作行为移动的反光点,一边生成数据并存储。当模拟操作行为结束时停止捕捉。

5) 创建与编辑人体数据模型。将存储数据输入电脑,用专业软件把采集的反光点数据云转化成可编辑的 3D 点云,见图 4,然后连接点云生成人体骨骼框架,再运用蒙皮技术,将人体骨骼框架围合成人体曲面模型,见图 5,经过曲面编辑后形成人体行为数据模型。

6) 检测人体数据模型。将人体行为数据模型反馈给项目组,项目组检查并删除偶然性操作行为模型,保留有代表性的操作行为模型,最后形成有参考价值的人体行为数据模型组,为确定人体在厨房各作业区内活动范围提供科学依据,见图 6。

表 2 参与 3D 捕捉技术的测试对象信息
Tab.2 Information of the test objects involved in 3D capturing technology

序号	姓名	年龄/岁	性别	身高/mm	体重/kg	臂长/mm	橱柜舒适高度/mm		
							洗涤区	备餐区	烹饪区
1	A	24	男	1650	59	1600	911	836	738
2	B	25	男	1750	90	1800	1020	835	840
3	C	32	女	1650	65	1550	976	875	785
4	D	40	女	1550	50	1550	857	747	743
5	E	55	女	1750	80	1650	934	796	876
6	F	20	男	1850	90	1840	1053	904	871

3 不同作业区测试结果

3.1 洗涤区

根据洗涤区人体行为数据模型尺度分析可知：洗涤区（单盆）最小面积是 0.9 m^2 ，见图 7，其他数据，见表 3。由人机实验结果显示，洗涤区空间设计基本要求如下：（1）地柜操作台面高度因用户身高的不同而不同；（2）地柜台面深度设计基本相同，合适的尺寸取值为 600 mm 左右，并依据厨房实际空间尺度产生变化，但地柜台面深度不少于 500 mm ；（3）水槽深度应选择符合不同身高用户手的动作域下限尺度

要求，水槽安装要注意地柜台面深度与水槽前后宽度的关系，一般水槽前端与地柜台面前沿距离小，需预留安装支撑地柜框架和地柜门的厚度，水槽后端与墙面尺寸要大于预装水龙头立柱的直径；（4）贴墙吊柜深度尺寸设计，以及吊柜底部与地柜台面的距离设定应以用户作业时不碰头为宜。

3.2 备餐区

根据备餐区人体行为数据模型尺度分析可知：备餐区最小面积是 1.05 m^2 ，见图 8，其他数据，见表 4。由人机实验结果显示，备餐区空间设计基本要求如下：（1）地柜操作台面高度尺寸设计取决于用户的不

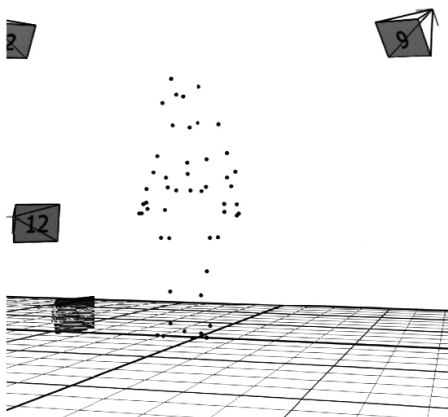


图 4 3D 点云
Fig.4 3D point cloud



图 5 人体数据模型
Fig.5 Data model of human body

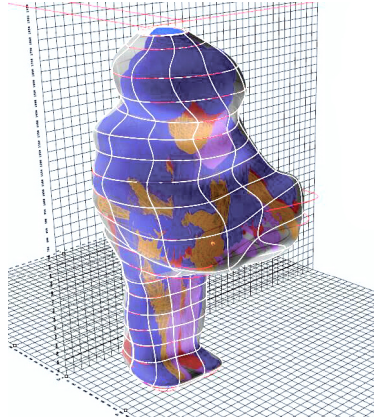


图 6 人体行为活动范围
Fig.6 Activity scope of human body

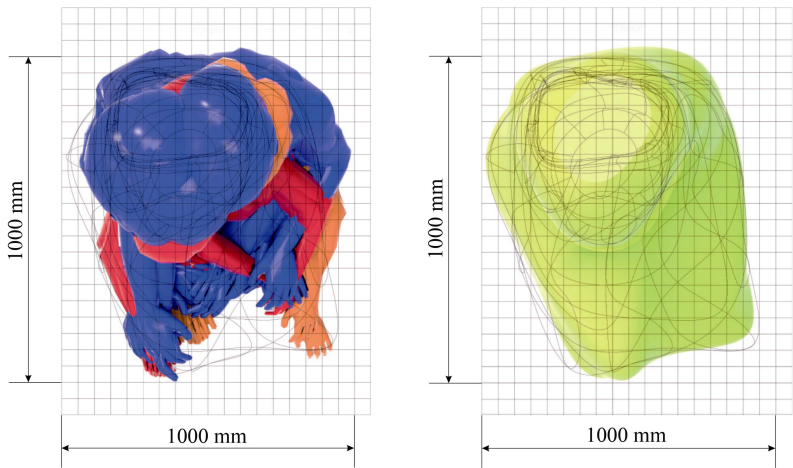


图 7 人在洗涤区平面活动区域
Fig.7 Human activity area in the plane of washing zone

表 3 洗涤区内橱柜尺度界定
Tab.3 Definition of cabinet dimension in washing area

	1550	1650	1750	1850
测试人员身高	1550	1650	1750	1850
地柜台面高度	850	约 900	约 950	约 1000
地柜台面深度	约 600， ≥ 500	约 600， ≥ 500	约 600， ≥ 500	约 600， ≥ 500
水槽深度	200	200~250	250	250
吊柜底部距地柜台面	650	700	700	750
吊柜深度	350~400	350~400	350~400	350~400

/mm

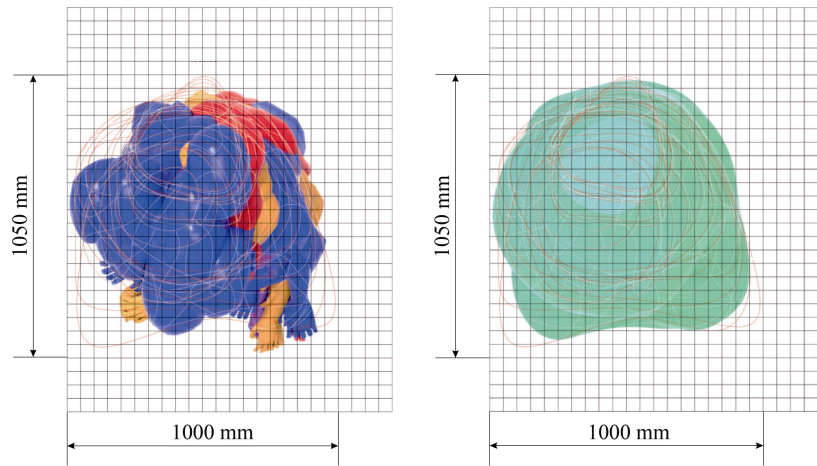


图 8 人在备餐区平面活动区域
Fig.8 Human activity area in the plane of the preparation zone

表 4 备餐区内橱柜尺度界定
Tab.4 Definition of cabinet dimension in the preparation zone

	/mm			
测试人员身高	1550	1650	1750	1850
地柜台面高度	约 750	约 800	约 850	约 900
地柜台面深度	500~550	500~550	500~550	500~550

同身高；（2）根据人体动作域实测，地柜台面的深度尺寸取值区间为 500~550 mm；（3）备餐区主要作业项是清理、摘菜、切菜、捣泥、切肉、刨皮等，这些操作行为需要或轻或重地用力，操作者必须向台面内前倾上身躯，调整身体重心以使用力完成切割食材（切菜或切肉等）的动作；（4）墙面如有吊柜，则吊柜深度设计应综合考虑用户上躯前倾的低头行为；（5）地柜台面应选用结实、易洗涤的材料。

3.3 烹饪区

根据烹饪区人体行为数据模型尺度分析可知：烹饪区最小面积是 1.4 m²，见图 9，其他数据，见表 5。由人机实验结果显示，烹饪区空间设计基本要求如下：（1）地柜台面高度尺寸设计因用户身高的不同而

有差异；（2）油烟机距地面的高度应依据操作者的身高而定；（3）根据实测的人体动作域，烹饪台的深度尺寸为 500 mm；（4）选择油烟机时应注意其排烟效果；（5）地柜台面加装炉具会增加操作面的高度，从而影响操作者的动作，因此应在确定地柜台面高度之前综合考虑；（6）烹饪中餐的锅具高度普遍在 150~200 mm，而西餐的平底锅具高度比中餐锅具高度低，两者高度都会影响操作者动作的舒适度。

3.4 比较分析

通过研究 3D 捕捉技术，构建不同身高的人体行为数据模型可知，厨房各作业区地柜和吊柜的各项尺度变化，以及地柜与吊柜的垂直间距变化可归纳为厨房不同作业区空间尺寸统计坐标分析，见图 10。其中 A 代表吊柜深度变化趋势，B 代表洗涤区地柜与吊柜间距变化趋势，C 代表烹饪区地柜高度变化趋势，D 代表备餐区地柜高度变化趋势，E 代表烹饪区地柜与油烟机距离的变化趋势，F 代表洗涤区地柜变化趋势。在空间允许的情况下，洗涤区和备餐区上方安装吊柜，吊柜尺寸设计遵从“操作不磕头，取物不费劲”的原则。从坐标分析图可知，吊柜深度尺寸没有变化，

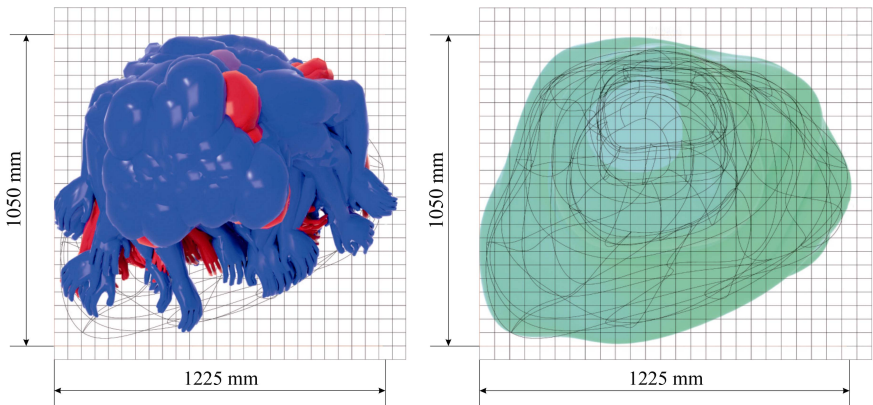


图 9 人在烹饪区平面活动区域
Fig.9 Human activity area in the cooking zone

表 5 烹饪区内橱柜尺度界定

Tab.5 Definition of cabinet dimension in the cooking zone /mm

测试人员身高	1550	1650	1750	1850
地柜台面高度	约 700	约 750	约 800	约 850
油烟机安装高度	1500	1600	1720	1800
地柜台面深度	500	500	500	500
中餐烹饪锅具高度	150~200	150~200	150~200	150~200

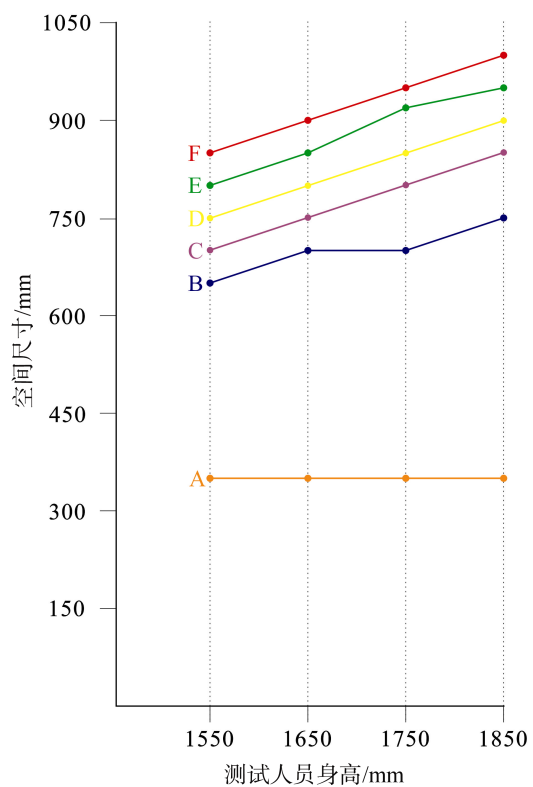


图 10 厨房不同作业区空间尺寸统计坐标分析

Fig.10 Statistical coordinate analysis of space dimensions in different operation zones of the kitchen

吊柜距离地柜台面的尺度随用户身高变化而不同。对于身高分别为 1650 mm 和 1750 mm 的用户群而言，吊柜底部距离地柜台面的尺度要求基本相同。在烹饪区上方的油烟机与地柜台面的距离随用户身高增加而增加。厨房烹饪区、备餐区和洗涤区都需要地柜，但各区地柜台面高度各不相同。因用户不同身高，同一作业区内的地柜台面高度也不同。对于同一身高的用户群而言，通过比较三个作业区的地柜台面高度可知：烹饪区地柜台面高度最矮；洗涤区地柜台面高度最高；备餐区地柜台面高度介于两者之间。烹饪区地柜最矮是综合考虑了加装灶台和锅具的高度，洗涤区地柜最高是综合考虑了用户的作业项目和水槽的深度。

由上述分析，对应不同身高用户的橱柜尺度灵活性设计与以往约定俗成的“通用尺寸”相比，显得更加人性化。用户都会根据使用者的身高合理挑选厨柜尺度。只有符合人体尺度要求的橱柜，在使用时才是舒适的^[9]。

4 结语

厨房作业区尺度设计目的是服务于人，厨房产品是被人使用和操纵的。人在使用厨房产品的过程中，人机关系就发生了。在使用过程中，用户必定会产生一系列动作和姿态，研究人使用厨具动作和姿态，是厨房作业区适度性设计和厨房产品适合性设计的前提，在研究过程中会发现相互适应性人机关系。需要指出的是本文探讨的厨房使用环境位于亚洲，人体尺寸与厨房作业区关系是围绕亚洲人身高展开的。

通过人体数据模型界定厨房作业区尺寸，研究成果有利于厨房内各类具体产品的尺度设计与研究，包括厨房产品尺度范围限定研究、种类选择及各种现代化厨房空间布局的适应性研究（现状、环境、法规、理念、形式等），也有利于研究厨房产品的技术、工艺和材料，促进厨房产品市场销售模式的改变与创新。同时，也能为开发新型厨房产品提供较为明确的方向与借鉴价值。并由此进行细化研究，使开发方向与设计定位更加具体化，在此基础上设计与整合产品功能、结构和形态之间的关系^[10]，最终呈现出外部形态与内部结构相结合的解决方案，达到预定的设计方向与目标。

参考文献：

[1] 桑如庄, 李哲, 李馨. 人机工程理论基础研究[J]. 农机化研究, 2003(1): 70-71.
SANG Ru-zhuang, LI Zhe, LI Xin. Basic Theoretical Research on Ergonomics[J]. Agricultural Mechanization Research, 2003(1): 70-71.

[2] 任成元. 整体厨房设计[J]. 包装工程, 2018, 39(20): 347.
REN Cheng-yuan. Integral Kitchen Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(20): 347.

[3] 柴春雷, 黄琦, 董占勋, 等. 面向家电产品的人机工程分析与评价系统[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006(4): 580-584.
CHAI Chun-lei, HUANG Qi, DONG Zhan-xun, et al. Ergonomic Analysis and Evaluation System for Home Appliance Products[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2006(4): 580-584.

[4] 孙守迁, 唐明, 潘云鹤. 面向人机工程的布局设计方法的研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000(11): 870-872.
SUN Shou-qian, TANG Ming, PAN Yun-he. Layout Design Method for Ergonomics[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2000(11): 870-872.

[5] 吴志军, 那成爱. 基于用户全行为过程的可持续厨房系统设计[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 111-115.
WU Zhi-jun, NA Cheng-ai. Design of Sustainable Kitchen System Based on User's Full Behavioral Process[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 111-115.

(下转第 293 页)

- Assisted Learning, 2011, 28(4): 350-365.
- [4] 邓鹏. 心流: 体验生命的潜能和乐趣[J]. 远程教育, 2006, 32(3): 74-78.
DENG Peng. Flow: Experience the Potential of Life and Fun[J]. Distance Education, 2006, 32(3): 74-78.
- [5] CHANG Chiao-chen. Examining Users' Intention to Continue Using Social Network Games: a Flow Experience Perspective[J]. Telematics and Informatics, 2013, 30(4): 311-321.
- [6] 周琳琅, 肖狄虎. 基于情境整合的文化创意产品设计[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 240-245.
ZHOU Lin-lang, XIAO Di-hu. Cultural and Creative Products Design Based on Situation Integrated[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 240-245.
- [7] 欧细凡, 谭浩. 基于心流理论的互联网产品设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(4): 70-74.
OU Xi-fan, TAN Hao. Research on Internet Product Design Based on Heart Flow Theory[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(4): 70-74.
- [8] 吴智强, 牛路遥. 基于感质体验的文创产品设计[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 96-100.
GUO Zhi-qiang, NIU Lu-yao. Wenchuang Product Design Based on Quality Experience[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 96-100.
- [9] 叶朗. 中国美学史大纲[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
YE Lang. Outline of Chinese Aesthetics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [10] 彭琼. 心流理论指导下的交互网络广告设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(2): 122-125.
PENG Qiong. Research on Interactive Network Advertising Design under the Guidance of Heart Flow Theory[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(2): 122-125.
- [11] 龙娟娟. 心流体验视角下的运动健身类APP交互设计研究[J]. 装饰, 2016(8): 138-139.
LONG Juan-juan. Research on APP and Interaction Design of Sports Fitness in the Perspective of Heart Flow Experience[J]. Zhuangshi, 2016(8): 138-139.
- [12] SAFFER D. 微交互——细节设计成就卓越产品[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
SAFFER D. Micro-interaction: Details of the Design to Create Superior Products[M]. Beijing: People Post Press, 2013.
- [13] 贺蔷薇, 何人可. 基于心流理论的移动学习应用交互设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(4): 188-192.
HE Qiang-kun, HE Ren-ke. Research on Interaction Design of Mobile Learning Application Based on Heart Flow Theory[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(4): 188-192.
- [14] 王方良, 李立全. 传统美学意境理论在现代产品设计中的应用研究[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2016, 18(3): 120-125.
WANG Fang-liang, LI Li-quan. Research on the Application of Traditional Aesthetic Conception Theory in Modern Product Design[J]. Journal of Southeast University(Philosophy and Social Science Edition), 2016, 18(3): 120-125.

(上接第286页)

- [6] 宋端树, 黄悦欣, 许艳秋, 等. 基于用户行为的老年人厨房设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(18): 166-171.
SONG Duan-shu, HUANG Yue-xin, XU Yan-qiu, et al. Kitchen Design for the Elderly Based on User Behavior[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(18): 166-171.
- [7] 李付星, 孙健. 人机工程中人体尺寸的修正与重建方法研究[J]. 机械设计, 2015(4): 116-120.
LI Fu-xing, SUN Jian. Human Body Size Correction and Reconstruction in Ergonomics[J]. Journal of Machine Design, 2015(4): 116-120.
- [8] 柳冠中. 大师眼中的中国式厨房[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2017.
LIU Guan-zhong. A Chinese Kitchen in the Eyes of the Master[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2017.
- [9] 蒋红斌. 中国城市未来厨房的设计主张[J]. 装饰, 2010(11): 26-28.
JIANG Hong-bin. Chinese Urban Future Kitchen Design Proposition[J]. Art & Design, 2010(11): 26-28.
- [10] 高莺. 厨房整体设计的实践与研究[J]. 建筑学报, 1995(4): 18-21.
GAO Ying. Practice and Research of Kitchen Integral Design[J]. Architectural Journal, 1995(4): 18-21.