

基于操作者行为动线的砌墙机设计优化研究

欧静, 郭冰, 张军帅, 易军

(1.湖南大学 设计艺术学院, 长沙 410082;

2.湖南大学 汽车车身先进设计与制造国家重点实验室, 长沙 410082)

摘要: **目的** 通过研究操作者空间及操作二维行为动线与砌墙机的人机交互关系, 深入发掘操作者需求及砌墙机产品交互痛点, 优化设计以提高产品使用效率及操作舒适度。**方法** 以操作者操作砌墙机的行为为研究基础, 以层次任务分析—用户旅程图—动线分析为研究路径, 根据层次任务分析获取操作者操作砌墙机的交互流程, 通过用户旅程图获取使用砌墙机过程中的交互痛点和情绪低点, 最终通过动线获取操作者使用砌墙机过程中的痛点, 并通过动线理论和 ECRS 原理将其消除和优化。**结论** 研究分解了操作者使用砌墙机的操作流程, 获得了操作者情感评价曲线, 生成了操作者使用砌墙机的动线模型, 形成了优化的设计原则指导产品造型与界面的系统性设计, 为工业产品的人机交互及设计研究提供了理论指导。

关键词: 人机分析; 行为; 动线; OPENPOSE; 设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)18-0179-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.18.020

Optimal Design of the Masonry Machine Based on Operator's Action Flow line

OU Jing, GUO Bing, ZHANG Jun-shuai, YI Jun

(1.School of Design, Hunan University, Changsha 410082, China; 2.State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacture for Vehicle Body, Hunan University, Changsha 410082, China)

ABSTRACT: Through studying human-computer interaction between the operator space and the operation actions of the two-dimensional moving line and the masonry machine, this paper deeply explores operator's needs and the pain spots of the masonry machine product interaction, and optimizes its design to improve product efficiency and operation comfort level. The operator's actions to operate the masonry machine is used as the research basis, and the hierarchical task analysis-customer journey-moving line analysis is used as the research path. According to the hierarchical task analysis, the interaction process of the operator's actions to operate the masonry machine is obtained. The interactive pain spots and emotional low points in the process of using the masonry machine are obtained through the customer journey. In the end, the pain points in the process of using the masonry machine are obtained through the flow line, and they are eliminated and optimized by the flow line theory and the ECRS principle. The operation process of the operator using the masonry machine is decomposed, the operator's emotional evaluation curve is obtained, the operator's flow line model using the masonry machine is generated, and the optimized design principles are obtained to guide the product design and the systematic design of the interface. This paper provides theoretical guidance for research on human-computer interaction and design research of industrial products.

KEY WORDS: ergonomics analysis; behavior; flow line; OPENPOSE; design

收稿日期: 2021-04-09

基金项目: “教育部人文社会科学研究项目”(21YJC760056); “湖南省普通高等教育教学改革研究项目”(HNJG-2020-0093); “中央高校基本科研业务费”

作者简介: 欧静(1981—), 女, 湖南人, 博士, 湖南大学设计艺术学院副教授, 主要研究方向为工业设计人机工程学、智能交互硬件及产品开发、智能穿戴设计以及智能装备等。

随着机器人产业和智能装配式建筑的兴起,现有建筑工人的工作方式发生了革命性的改变,自动化或半自动化砌墙机应运而生,在提高了工人的工作效率的同时也减轻了工人的工作强度^[1]。然而现有建筑砌墙机更多关注的是砌墙机本身的机械运作以及建筑功能需求^[2],很少关注操作者的行为习惯和心理需求,导致操作者在操作砌墙机的过程中存在失误操作和安全隐患。行为在心理学中是指人在受到外部刺激后做出的连续反应或者连续动作^[3],行为有3个要素即姿势、环境、动作^[4]。用户舒适性通过姿势评估,环境的评估通过用户接触点,动作则通过动线。动线依照宏观和微观可分为空间动线和操作动线,行为理论见图1。美国学者罗曼蒂·帕西尼根据动线归纳出4种平面布局的方法^[5],展现了寻路与动线系统的联系;英国伦敦大学教授比尔·希列尔指出想要对空间结构有效地评价和改进可以在设计初期有目的地依据用户动线特征进行空间布局^[6-7]。本文希望把人的行为作为设计的对象^[8-9],通过对操作者使用砌墙机的行为进行动线分析,获取操作者的行为时间、典型动作和动线模型,优化获取操作者最佳操作流程以及最短操作路径,形成交互设计原则,支持砌墙机的造型和界面设计,解决产品使用的舒适性和效率性问题,为工程装备类的设计和开发提供系统性的理论指导。

1 研究理论与方法

1.1 行为与动线

行为是人在整体环境刺激影响下产生的连续反应或者活动^[3],动线(Flow line)是指人在空间的行走路径或行为路径^[10]。动线调查法由德国建筑师鲁诺·陶德(1927年)和亚历山大·克莱恩(1928年)提出,是研究用户活动的有效调研方法,多运用在建

筑^[11]、风景园林等领域。如曾坚通过水平动线和垂直动线对商业建筑的内部动线分析^[12]提高了商业经营效果。日本园林学会使用GPS研究用户动线,分析了不同属性的用户对公园各类空间的喜好^[13]。克莱恩在平面评价中得到,“室内空间的安排会因为路径变长、有效面积减少变得困难;路径越短迂回次数越多,体力消耗越严重”。针对不同的目的,动线的调查方法不同,包含行为移动时间、行为移动量以及行为轨迹等因素^[10]。

1.2 层次任务分析法

层次任务分析法(Hierarchical task analysis)起源于1900年代初的科学管理运动。层次任务分析法一直被视为一种客观表示系统子目标层级结构并扩展分析的方法,提供了一个系统研究的框架,能够表示目标任务之间的层次关系^[14-15]。构建层次任务模型应该遵循以下要求^[16-17]:(1)定义分析目标;(2)定义任务范围;(3)收集任务信息;(4)描述目标与子任务;(5)要把下级子任务控在3—10个;(6)联系任务与子任务,并确认行动计划;(7)当任务分析达到目标时,停止对子任务的分析;(8)让该任务的专家对分析结果进行验证;(9)随时准备修改任务分析。通过层次任务分析法能够很清楚地了解操作者使用砌墙机的操作流程和交互流程。

1.3 用户旅程图

用户旅程图(Customer journey)是一种可视化用户在某一场景下的使用流程的方法,从用户模型出现到最终完成所有接触过程,存在不同的用户期望以及接触点^[18]。通过分析用户体验产品过程中的情绪和行为发现用户的痛点^[19]。王玉梅和胡伟峰等人通过用户旅程图重新设计旅游明信片邮寄过程中各个接触点,更好地规划了明信片的邮寄流程^[20]。通过用户旅程图可以可视化操作者行为与砌墙机之间的映射关系。

1.4 映射

映射(Mapping)是指两个元素的集之间元素互相“对应”的关系^[21]。罗伯特·莱曼等人在构造人物模型时,先将观察到的一些显著的行为列成几组不同的行为变量,再将访谈者映射到行为变量上,找到显著的行为模式^[22]。通过将用户行为映射到产品造型的变量之上,可以找到行为参数变化时对应产品造型变化的关系及规律。

1.5 ECRS原则

ECRS原则是对操作流程进行优化的4个原则,包括Eliminate取消、Combine合并、Rearrange调整顺序、Simplify简化,达到减轻、分配和平衡工作负荷的要求^[23]。

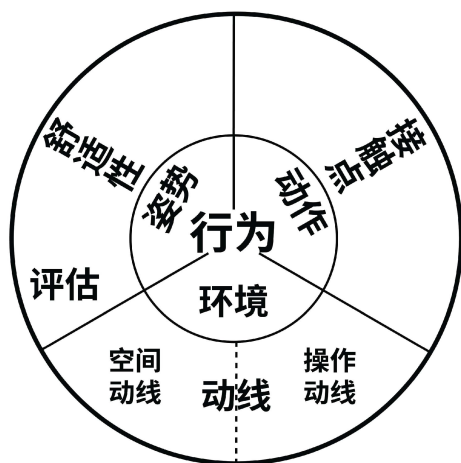


图1 行为理论
Fig.1 Action theory

2 研究思路

2.1 用户行为分析过程

利用层次任务分析法规划任务和子任务之间的层次关系，将用户行为任务分级。基于子任务进行用户旅程分析，获取用户行为和产品造型之间的映射关系。同时根据子任务中使用的行为动作分析宏观的空间动线和微观的操作动线。空间动线即操作者和产品之间的空间关系分布，操作动线即操作者手部行为，应用行为动线理论绘制出用户的行为动线。

2.2 创新设计

通过动线分析用户在使用过程中的痛点，依据行为动线理论中克莱恩在平面评价中得到的理论以及 ECRS 原则优化砌墙机操作者的动线。规划出操作者使用效率和舒适性最佳的空间动线和操作动线，即操作者最合理的操作流程和最简短的操作路径。基于优化的行为动线原则对产品造型和产品的界面优化改良，形成新的设计方案，研究模型见图 2。

3 实验

3.1 实验设备

国内某著名企业的砌墙机，一台可以录制视频的

相机；一台 Windows 系统的笔记本，利用 Openpose1.5^[24] 开源软件分析视频，并通过 Python 处理原始数据。

3.2 用户研究

操作被试 1 名，男性，35 岁，熟练使用该品牌砌墙机。结合对工人操作砌墙机作业的跟踪观察以及录制视频的系统分析，对现场 4 名经验丰富的砌墙机操作者问卷调查和针对性访谈，利用层次任务分析法将使用砌墙机的过程分成了 6 个任务，各个操作环节执行的主要任务简述如下：（1）机器设定阶段，主要任务包括打开电源、参数设置等；（2）准备阶段，主要任务是为机器的各部分添加物料，包括加水泥，加砖；（3）砌墙阶段一，主要任务为安装固定装置，使用夹子夹起砖块砌墙，并使用水平仪去查看砖块的水平度为接下来的砌墙工作做好基础；（4）铺灰阶段，主要任务为按动铺水泥按钮，手动补水泥；（5）砌墙阶段二，主要任务为移动砖块、放置砖块和调整砖块；（6）打包阶段，主要任务有墙体打包，按动移动墙体按钮。操作者操控砌墙机层次分析结构图见图 3。

4 实验分析

依据研究模型获取操作者实验数据并分析，分析结果如下。

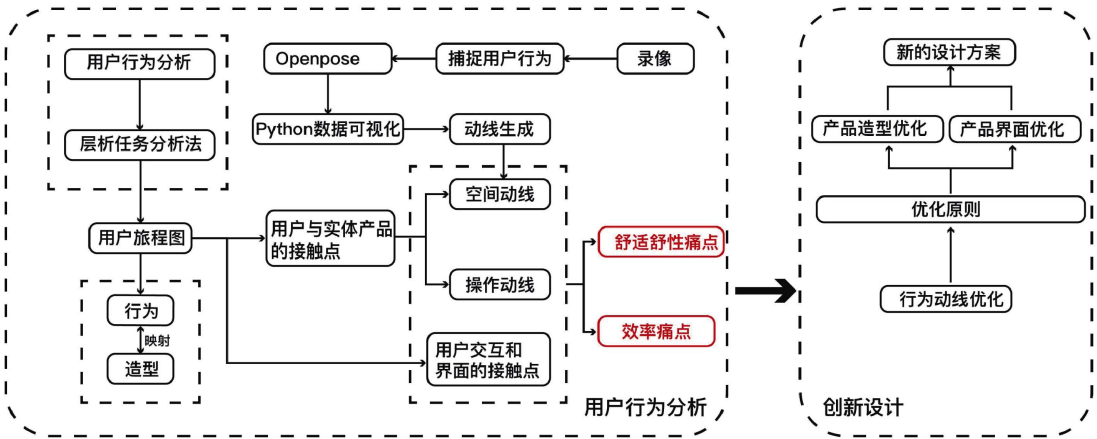


图 2 研究模型
Fig.2 Research model

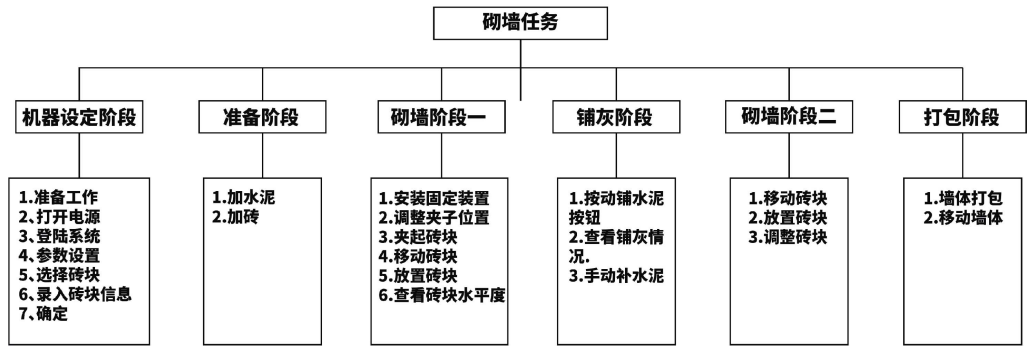


图 3 操作者操控砌墙机层次分析结构图
Fig.3 Hierarchical analysis structure diagram of operator-controlled masonry machine

4.1 操作者操控砌墙机的用户旅程图

通过视频分析获取操作者的砌墙行为和砌墙机造型部件之间的映射关系,并通过操作者访谈挖掘操作者使用砌墙机过程中的情绪。客户旅程图及操作者行为和造型的映射见图4。经初步分析发现操作者的情绪低点有:在机器工作设定阶段,情绪低点1,启动页面美观性不足;情绪低点2,参数设置页面相同功能按钮的名称不相符,页面中的逻辑存在痛点;在准备阶段,情绪低点3,加水泥的操作比较复杂;在砌墙阶段,情绪低点4,安装固定装置很麻烦;在铺灰阶段,情绪低点5,手动补充水泥很繁琐等。参照操作者的情绪低点进一步分析操作者动线。

操作者界面分析与砌墙机任务相对应,主要是机器设定阶段,界面使用流程见图5。痛点1逻辑不清,首页当中砖1、砖2、砖3、砖4无法对应到相应的砖型,参数设置到砖型选择逻辑不清,参数设置页面的数据不能修改只是展示作用逻辑不清,从砖型设置界面跳转到维修界面逻辑不清。痛点2专业名称不统一,首页中喷浆机和铺灰器名称不统一。

4.2 操作者行为时间分析

操作者行为时间和舒适性见表1。痛点3在准备阶段,加水泥(行为序号2)的子任务中操作者需要上下搬动水泥桶,并且持续时间较长,操作者舒适性较差。痛点4在砌墙阶段一,安装固定装置左(行为

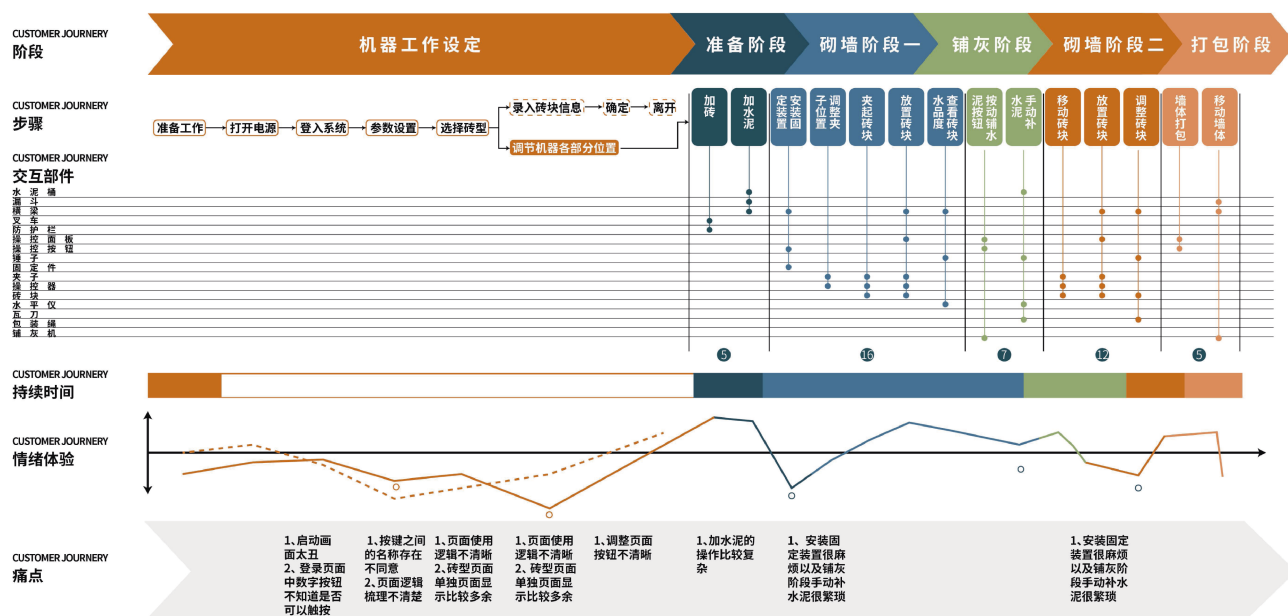


图4 客户旅程图及操作者行为和造型的映射

Fig.4 Customer journey map and reflection of user behavior and shape

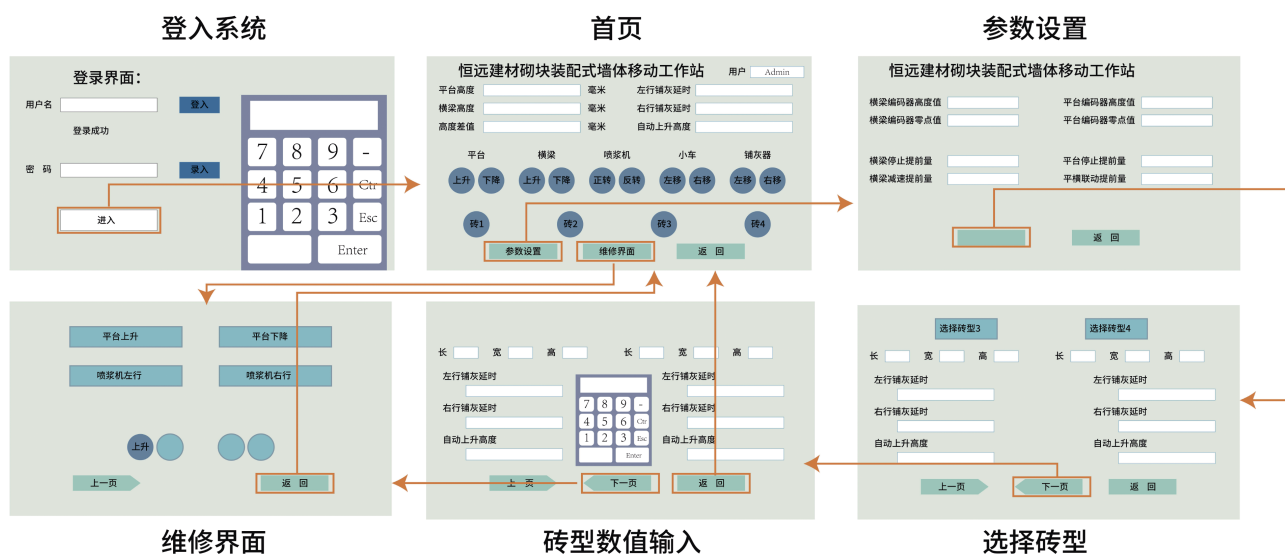


图5 界面使用流程

Fig.5 Interface usage process

表 1 行为时间和舒适性
Tab.1 Action time and comfort level

任务	行为序号	子任务	基准点	停留时间			移动时间			舒适性	RULA	
				左手	右手	身体	左手	右手	身体		右	左
准备阶段	1	加砖		由于砖块是由叉车放到机器上，砌墙工人没有参与整个过程，整个过程不分析						50%	4	5
	2	加水泥	B	71 S	71 S	71 S						
砌墙阶段一	3	安装固定装置左	C			3 S	5 S	5 S	5 S	50%	5	5
	4	安装固定装置右	I			3 S	4 S	4 S	4 S	50%	5	5
	5	调整夹子位置 1	D	21 S	21 S	21 S				50%	5	2
	6	夹起砖块 1	D			2 S	2 S	2 S		50%	4	2
	7	移动砖块	D-F				3 S	3 S	3 S			
	8	放置砖块 1	F	12 S	12 S	12 S				50%	2	2
												
	17	查看砖块水平度	H	14 S	14 S	14 S	5 S	5 S	5 S	50%	3	3
铺灰阶段	18	按动铺灰按钮	H-A	13 S	13 S	13 S				50%	3	1
	19	查看灰的情况	A-H				3 S	3 S	3 S	50%	5	2
	20	手动补灰		24 S	24 S	24 S				50%	3	3
砌墙阶段二	21	移动砖块 4	F				3 S	3 S	3 S			
	22	放置砖块 4	F	7 S	7 S	7 S				50%	2	2
	23	调整砖块 4	F	11 S	11 S	11 S				50%	3	
	24	移动砖块 5	G				7 S	7 S	4 S			
	25	放置砖块 5	G	12 S	12 S	12 S				50%	2	2
	26	调整砖块 5	G	25 S	25 S	25 S				50%	3	
	27	移动砖块 6	H	10 S	10 S	10 S						
	28	放置砖块 6	H	16 S	16 S	16 S				50%	2	2
	29	调整砖块 6	H	7 S	7 S	7 S				50%	3	
	30	移动砖块 7	J	10 S	10 S	10 S						
	31	放置砖块 7	J	16 S	16 S	16 S				50%	2	2
	32	调整砖块 7	J	7 S	7 S	7 S				50%	3	
打包阶段	33	墙体打包		70 S	70 S	70 S				60%	2	2
	34	移动墙体		由于砖块是由叉车放到机器上，砌墙工人没有参与整个过程，整个过程不分析								

A：开关；B：漏斗；C：左固定装置；D：砖块堆；E：锤子和瓦刀；F：第一块砖；G：第二块砖；H：第三块砖；I：右侧固定装置；J：第四块砖；基准点即操作者所在的单位空间；RULA 即快速上肢评估（Rapid Upper Limb Assessment，RULA），是与操作相关的上肢失调调查法^[25]。

序号 3) 的子任务中调整固定装置时操作者需要四处找锤子和瓦刀，两个工具会出现混乱的操作失误。相同的操作失误出现在砌墙阶段二，包括放置砖块 4、5、6、7（行为序号 22、25、28、31）和铺灰阶段，包括手动补灰（行为序号 20）。痛点 5 砌墙阶段二相对比砌墙阶段一，每砌一块砖都会多出调整砖块位置的时间，同时完成动作时操作者的舒适性较差。

4.3 操作者行为动线分析

分别绘制出操作者的空间动线以及操作动线。首先使用相机录制操作者操作砌墙机的整个过程，利用开源软件 Openpose 分析录制的视频，获取操作者使

用过程中四肢和手指的坐标，通过 Python 数据可视化获取空间动线和操作动线，依据可视化结果手绘生成动线。然后根据操作者行为要素的不同，将操作者行为分为空手动作（蓝色）、拿砖动作（红色）和拿工具动作（橙色），并且在动线中标记出操作者关键点的姿势。空心圆为弯腰姿势，实心圆为下蹲姿势，方形为放砖姿势。

4.3.1 砌墙阶段一

砌墙阶段一空间动线见图 6，砌墙阶段一右手操作动线见图 7，砌墙阶段一左手操作动线见图 8，动线占比图见图 9。图 6—9 基准点的标注与表 1 一致。

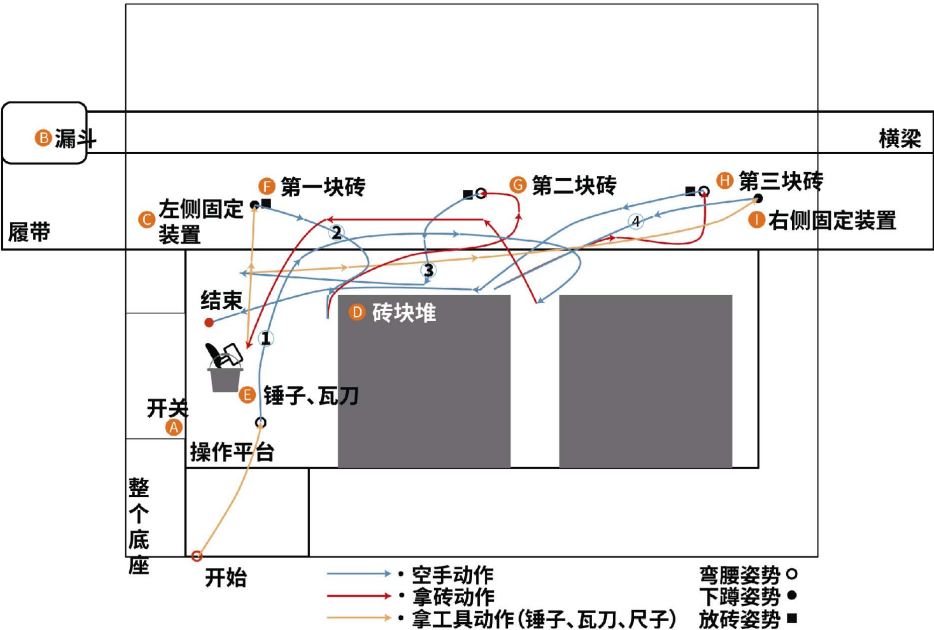


图 6 砌墙阶段一空间动线
Fig.6 Wall-building stage 1 space flow line

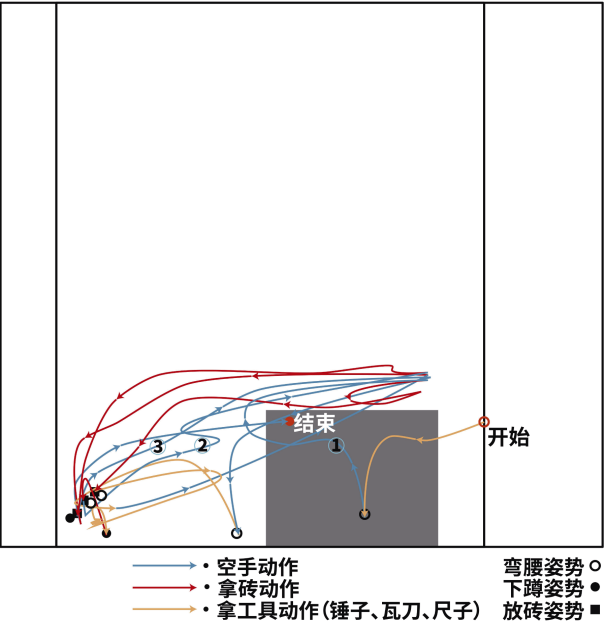


图 7 砌墙阶段一右手操作动线
Fig.7 Wall-building stage 1 right-handed operation line

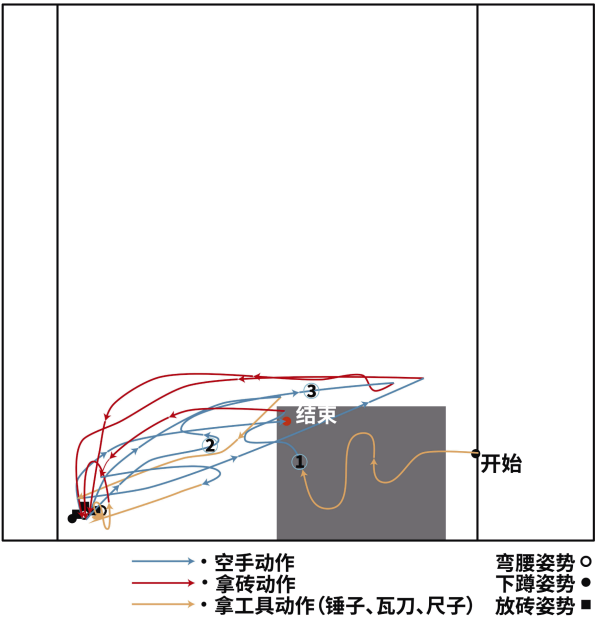


图 8 砌墙阶段一左手操作动线
Fig.8 Wall-building stage 1 left-handed operation line

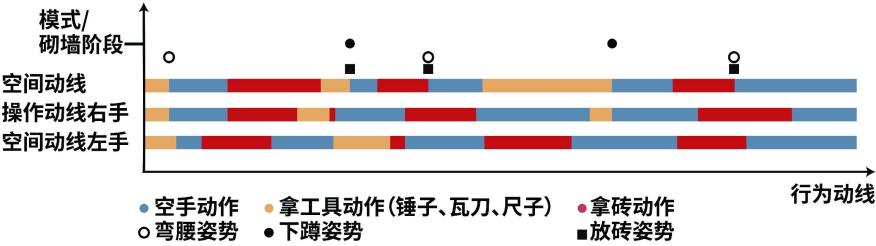


图 9 动线占比图
Fig.9 Flow line percentage chart

从行为动线中分析得到宏观与微观痛点，痛点 6，由图 9 可知操作者无论是空间动线还是操作动线，空手动作比较多，其次是拿砖动作，并且在这两种行动中穿插着拿工具动作，分析操作者在砌墙任务一中是由红色的拿砖动作和蓝色的空手动作构成砌墙任务一的主要闭环，可以将“拿工具”动作去除来提高操作者的工作效率。痛点 7，操作者砌墙任务一中在放置砖块的过程中存在“弯腰”和“下蹲”的动作，人体舒适性较差，需要进一步改进操作者的使用方式。痛点 8，在砌墙阶段一中操作者的右手需要随时拿着一个遥控器去调整吊砖块的电机运动，影响右手的运动，可以看到操作者右手的动线比操作者左手动线多，现有遥控器影响操作者工作。

4.3.2 铺灰阶段

铺灰阶段只存在空手动作和拿工具动作，痛点 9，在拿工具动作时操作者保持下蹲姿势完成任务，舒适性较差。

4.3.3 砌墙阶段二

在砌墙阶段二中，痛点 10，从操作者的空间动线可以看出操作者的空手动作最多，其次是拿工具动作，最少的则是拿砖动作，在这个动线中操作者的拿工具动作突然增加并且出现很多下蹲和弯腰的行动，舒适性较差。在这一阶段多了一名操作者来辅助现有的操作者，他的主要任务是夹起砖块和移动砖块两个工作，无需另行分析。

4.3.4 打包阶段

打包阶段操作者行为更多的是将墙体捆扎，行为全部都是拿工具动作，舒适性较好。

5 动线优化与创新设计

5.1 动线优化

本文通过 ECRS 原则和动线理论对产品进行优化。

5.1.1 界面优化

针对痛点 1，重新调整页面逻辑，将所有功能按照视觉浏览的左右逻辑排序；针对痛点 2，将专有操作名称统一调整。

5.1.2 行为时间优化

行为时间痛点和造型优化方向见表 2。在准备阶段，针对痛点 3，加水泥（行为序号 2）：根据 ECRS 原则可以通过取消加水泥的上下搬动的动作，减少操作者舒适性差的动作，减少操作者上下搬运水泥桶的行为时间。即将原来操作者自己上下搬动加水泥的方式，调整为由搅拌车自动加入的方式，使操作者舒适性得到改善。针对痛点 4，误拿锤子的瓦刀操作错误：在砌墙阶段一，安装固定装置左（行为序号 3）；在砌墙阶段二，放置砖块 4、5、6、7（行为序号 22、25、28、31）；在铺灰阶段，手动补灰（行为序号 20），调整操作者取工具的位置，即将瓦刀和锤子固定在横

表 2 行为动线痛点和造型优化方向
Tab.2 Action flow line and modeling optimization direction

任务	痛点序号	行为序号	接触点	优化方向	优化基础
准备阶段	3	2	水泥桶、漏斗、横梁	取消上下搬水泥动作，减少不舒适动作	行为时间
	4	3	横梁、锤子、固定件	固定锤子位置，减少误操作	行为时间
砌墙阶段一	6		锤子、瓦刀、左右固定装置	调整左右固定装置，减少下蹲动作	行为动线
	7		横梁	提高放砖的初始平台减少弯腰和下蹲动作	行为动线
	8		遥控器，夹子	固定遥控器到夹子上，减少右手动线	行为动线
铺灰阶段	4	20	锤子、瓦刀、水泥桶	固定锤子位置，减少误操作	行为时间
	9		横梁	提高放砖的初始平台减少弯腰和下蹲动作	行为动线
砌墙阶段二	4	22、25、28、31	锤子、瓦刀、水泥桶	固定锤子位置，减少下蹲和误操作	行为时间
	5		横梁	提高放砖的初始平台减少弯腰和下蹲动作	行为动线
	10		横梁	提高放砖的初始平台减少弯腰和下蹲动作	行为动线

梁的固定位置, 操作者可以直接找到锤子和瓦刀的位置点, 减少操作者的误操作。

5.1.3 行为动线优化

1) 砌墙阶段一。针对痛点 6, 出现多余的拿工具动作: 根据 ECRS 原则将多余的拿工具动作取消, 即调整操作者动线顺序, 将左右固定装置重新设计, 将现有需要使用锤子调整的固定装置设计成操作者只使用手就可以调整位置。针对痛点 7, 在砌墙任务一中出现很多弯腰和下蹲的动作, 操作者舒适性较差: 通过提高操作者初始放置砖块的平台, 有效减少操作者弯腰和下蹲的动作。针对痛点 8, 操作者右手需要随时拿着一个遥控器去调整吊砖块的电机运动, 增加操作者右手动线: 调整使用遥控器的方式, 将遥控器集成在夹子上, 减少右手的操作线。

2) 铺灰阶段。针对铺灰阶段出现的下蹲动作舒适性比较差的痛点, 砌墙阶段一痛点 9 的解决方案——提高操作者初始放置砖块的平台已经解决了现有痛点。

3) 砌墙阶段二。在砌墙阶段二中出现的下蹲痛点 10 也可以通过砌墙阶段一痛点 7 中的解决方案解决。

5.2 创新设计

设计人员针对造型和界面的改进意见, 改进设计了砌墙机造型和界面, 最终获得了造型的整体方案和界面的设计方案, 见图 10。



图 10 设计方案
Fig.10 Design scheme

6 结语

本文基于操作者行为动线, 通过层次任务分析法获取操作者使用砌墙机的整个流程; 通过客户旅程图获取砌墙机行为和砌墙机造型的映射关系以及砌墙机界面使用的逻辑关系, 分析砌墙机操作者砌墙的全过程动线, 提取操作者的行为时间和行为动线, 获取操作者在使用过程中的痛点; 优化操作者行为时间和行为动线, 为砌墙机造型的优化提供了明确的优化方向和优化原则, 提高了设计的科学性和可行性, 提供了一个很好的基于人机交互的设计流程研究方法, 即动线分析、动线优化、优化原则和创新设计, 从砌墙机的造型和界面系统化改良设计上证明了研究方法的可行性。研究理论需要进一步的设计实践以验证其可靠性和科学性, 同时研究中只考虑到操作者行为对产品的造型的影响, 未考虑到产品行为和操作者行为的统一性, 在后续研究中可以对两种行为进一步研究和讨论。

参考文献:

- [1] 孙连栋. 自动砌墙机的结构设计[J]. 机电产品开发与创新, 2010, 23(1): 68-69.
SUN Lian-dong. Structure Design of Auto-walling Machine[J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2010, 23(1): 68-69.
- [2] 杜建东. 德国垒码乘砌墙机正式登陆中国[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2016(5): 51.
DU Jian-dong. German Rimatem Yard Officially Landed in China by Wall-laying Machine[J]. Building Blocks and Block Buildings, 2016(5): 51.
- [3] GABRIELA P. Human Behavior, from Psychology to a Transdisciplinary Insight[J]. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2014(28): 442-446.
- [4] 蒋志刚, 李春旺, 彭建军, 等. 行为的结构、刚性和多样性[J]. 生物多样性, 1987(3): 265-274.
JIANG Zhi-gang, LI Chun-wang, PENG Jian-jun, et al. Structure, Elasticity and Diversity of Animal Behavior[J]. Biodiversity Science, 1987(3): 265-274.
- [5] 城市土地研究学会. 零售娱乐中心规划与设计[M]. 沈阳: 辽宁科技出版社, 2007.
Urban Land Research Institute. Development & Design of Retail & Entertainment Center[M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishing House, 2007.
- [6] 王晓, 闰春林. 现代商业建筑设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
WANG Xiao, YAN Chun-lin. Modern Commercial Building Design[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005.
- [7] R Passini. Wayfinding in Architecture[J]. Van Nostrand Reinhold, 1992(1): 66-75.
- [8] 辛向阳. 交互设计: 从物理逻辑到行为逻辑[J]. 装饰,

- 2015(1): 58-62.
XIN Xiang-yang. Interaction Design: From Logic of Things to Logic of Behaviors[J]. Zhuangshi, 2015(1): 58-62.
- [9] 欧静, 郑云爽, 赵江洪, 等. 基于行为分析的叉车驾驶室造型设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 128-134.
OU Jing, ZHENG Yun-shuang, ZHAO Jiang-hong, et al. Driving Behavior Analytics-based Forklift Cab Appearance Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(14): 128-134.
- [10] 戴菲, 章俊华. 规划设计学中的调查方法 2——动线观察法[J]. 中国园林, 2008(12): 92-95.
DAI Fei, ZHANG Jun-hua. The Survey Methods in Planning and Design 2: Trace Observation[J]. Chinese Landscape Architecture, 2008(12): 92-95.
- [11] 周燕珉, 秦岭. 日本养老设施的设计经验总结[J]. 世界建筑导报, 2015, 30(3): 30-33.
ZHOU Yan-min, QIN Ling. Design Experience Summary of Aged Care Facilities in Japan[J]. World Architecture Review, 2015, 30(3): 30-33.
- [12] 王鹏. 现代商业步行街区动线设计与空间组织研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
WANG Peng. Research on Circulation Design and Space Organisation of Modern Commercial Pedestrian District[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology.
- [13] 山本·泰裕. 在新宿御苑使用 GPS 关于利用者行为模式的研究[C]. 日本: 日本造园学会研究发表论文集, 2006.
Yamamoto Taiyu. A Study on User Behavior Patterns Using GPS in Shinjuku Gyoen National Garden[C]. Japan: Papers Published by the Japanese Society of Garden Research, 2006.
- [14] Stanton N A. Hierarchical Task Analysis: Developments, Applications, and Extensions[J]. Applied Ergonomics, 2006, 37(1): 55-79.
- [15] 尉玉龙, 谭浩, 赵江洪, 等. 基于用户界面中向导的设计原则研究[J]. 包装工程, 2013, 34(16): 70-74.
YU Yu-long, TAN Hao, ZHAO Jiang-hong, et al. Research on the Design Principles of the Wizard Based on the User Interface[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(16): 70-74.
- [16] Patrick J, Spurgeon P, Shepherd A. A Guide to Task Analysis: Applications of Hierarchical Methods[M]. Birmingham: An Occupational Services Publication, 1986.
- [17] Ormerod T C, Shepherd A. Using Task Analysis for Information Requirements Specification: The Sub-goal Template (SGT) Method[M]. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
- [18] 吕曦. 医疗服务中的情境关系与接触点设计[J]. 包装工程, 2018, 39(20): 133-139.
LYU Xi. Contextual Relationship and Touch Point Design in Medical Service[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(20): 133-139.
- [19] 何雨威, 张朵朵, 谢慧玲. 基于触点体验的手工艺品电商设计[J]. 包装工程, 2019, 40(14): 236-241.
HE Yu-wei, ZHANG Duo-duo, XIE Hui-ling. Design of Handicrafts E-commerce Based on Touch-points Experience Research[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(14): 236-241.
- [20] 王玉梅, 胡伟峰, 汤进, 等. 基于用户体验旅程的旅游明信片服务设计[J]. 包装工程, 2016, 37(22): 158-163.
WANG Yu-mei, HU Wei-feng, TANG Jin, et al. Travel Postcard Service Design Based on User Experience Trip[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(22): 158-163.
- [21] 胡婷婷, 赵江洪, 赵丹华. 设计师和用户的汽车造型意象认知差异研究[J]. 包装工程, 2015, 36(24): 33-36.
HU Ting-ting, ZHAO Jiang-hong, ZHAO Dan-hua. Imagery Cognition Differences between Designers and Users Automobile Modeling[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(24): 33-36.
- [22] 库伯 A, 瑞宁 R, 克罗宁 D, et al. About Face 3 交互设计精髓: 经典再现软精装版[M]. John Wiley & Sons, Inc. 2012.
Cooper A, Reimann R, Cronin D, et al. About Face 3 the Essentials of Interaction Design: Classic Reproduction of the Soft Hardcover Version[M]. John Wiley & Sons, Inc. 2012.
- [23] NAOGHARE P M, MORE A R, PATIL S S. Value Analysis of a Rubber Hose Moulding and Assembly Line: A Case Study[J]. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2017(4): 1817-1820.
- [24] Cao Z, Hidalgo G, Simon T, et al. OpenPose: Realtime Multi-person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields[J]. arXiv Preprint, 2018(12): 8.
- [25] 苏润娥, 薛红军, 宋笔锋. 快速上肢评估(RULA)方法的改进[J]. 人类工效学, 2008(1): 15-17.
SU Run-e, XUE Hong-jun, SONG Bi-feng. Improvement of RULA[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2008(1): 15-17.