

以用户为中心的工程机械驾驶室设计方法研究

刘键, 严扬

(清华大学, 北京 100086)

摘要: **目的** 基于以用户为中心的设计研究, 确保产品功能与用户需求之间相互匹配。 **方法** 以 ISO13407 为理论原型, 根据不同类型的工程机械产品的驾驶室作业特性, 应用了用户研究、设计分析、设计方案的迭代以及评价 4 个研究步骤。 **结论** 在历时 20 个月的 5 个项目课题中, 设计与开发了适用于工程机械驾驶室的设计研究方法, 提出了基于以用户为中心的设计在驾驶员上下车、驾驶室布局、操作和显示装置的设计以及微环境中的综合应用。

关键词: 工业设计; 人机工学; 用户研究; 工程机械

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)02-0108-05

Construction Machinery Cab Design Method Based on Users

LIU Jian, YAN Yang

(Tsinghua University, Beijing 100086, China)

ABSTRACT: It studies the creation design law of NC machine tools style on the internet. Through the analysis the parts and structure of NC machine tools on the internet, it discusses the logic relationship of the style creation design and the function, structure, humanization, design, test through the style creation design. The style creation design of NC machine tools on the internet need the internet features, meet the demand of function, structure, humanization and decoration, aesthetic. The findings can be used in the design and making of internet NC machine tools.

KEY WORDS: industrial design; ergonomics; user experience design; construction machinery

在以往的工程机械驾驶室设计体系中, 国内厂商通常会参考国外同类型产品的尺寸数据和设计, 来设定驾驶室, 但由于中国人的部分身材尺寸与国际标准存在统计学意义上的显著性差异(如小腿长度中国人均为 532 mm^[1], 国际标准的则为 620 mm^[2]), 直接套用国际标准的设计可能会造成安全隐患, 只有当用户发现问题, 并经过售后服务等环节被企业厂商上层认知后, 设计部门才介入到设计改善环节中, 这样的设计流程缺乏效率, 会导致产品难以取得竞争力。在倡导基于用户需求的设计背景下, 工程机械的厂商应将长期置于售后服务末端的用户引入产品设计的前端, 让其参与到产品设计之中。

1 研究方法

本研究使用 ISO13407, 即以“以用户为中心”为研

究理论模型^[3], 研究框架见图 1, 并根据不同种类工程机械产品的作业特点, 灵活运用相关的研究方法, 让用户参与前期设计分析阶段, 研究出用户的工作和任务绩效, 获取其需求和偏好, 询问用户对设计的想法, 以获得其对设计方案的反馈^[4]。

为寻找用户与技术之间一个合适的功能定位, 以用户为中心的设计主要包含 4 个主要阶段: (1) 聚焦用户和任务, 使用户积极融入研究体系, 对用户的任务需求和作业特点有一个清晰的理解, 挖掘用户需求; (2) 工作流程的分析, 采用问卷、可用性研究和量化的绩效数据对使用情况进行研究; (3) 设计方案的迭代, 通过方案原型来验证前端分析中获得的用户需求, 并与后端的设计方案评价交织而行; (4) 设计方案的评价, 通过对设计方案的有效性评价, 来确定方案的特性和功能是否符合用户的需求, 如不符合还需进行再设计和评估。

收稿日期: 2015-09-16

作者简介: 刘键(1987—), 男, 山东人, 清华大学博士生, 主要从事人机工程设计方面的研究。

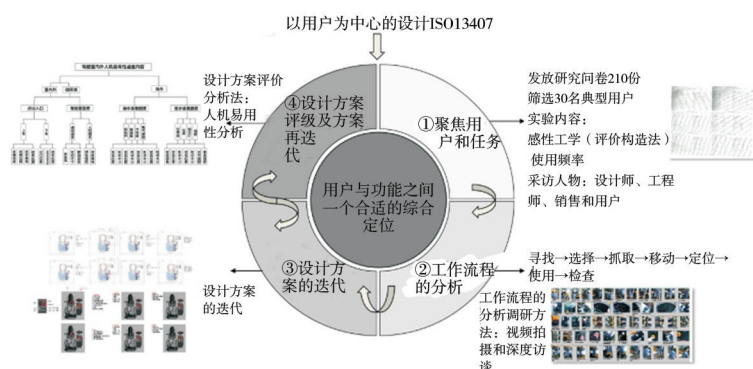


图1 研究框架

Fig.1 Research framework

1.1 用户需求调研

为减少设计过程中研究者和设计师主观决策对设计的影响,这里应用了评价构造法,从用户的视角发掘多维度的需求。评价构造法^[4]是研究者从对用户的知觉感性层面进行切入,识别用户对产品最初直观感受的理解,然后再引导用户对自身的需求进行分层,上位概念引导为抽象的系统感知,下位概念引导为注重细节的理解。用户需求的构造见图2^[5],实验顺序见图3^[5]。

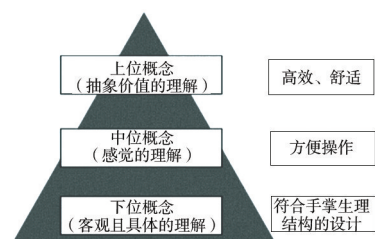


图2 用户需求的构造

Fig.2 The construction of user requirements

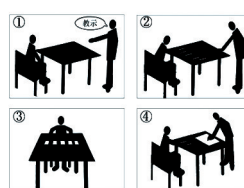


图3 实验顺序

Fig.3 Experimental procedure

的功能对比可视化信息,并为方便用户理解,将造型语言进行了提炼,部分应用于实验中的竞品功能对比见图4;(3)被试按照相邻的顺序逐一对图片进行互相对比并排名,说出相关的优缺点,实验详细过程见图5;(4)被试完成任务以后,实验者对其进行访谈,根据被试的回答,进行上中下位概念的划分。



图4 部分应用于实验中的竞品功能对比

Fig.4 Comparison of similar products

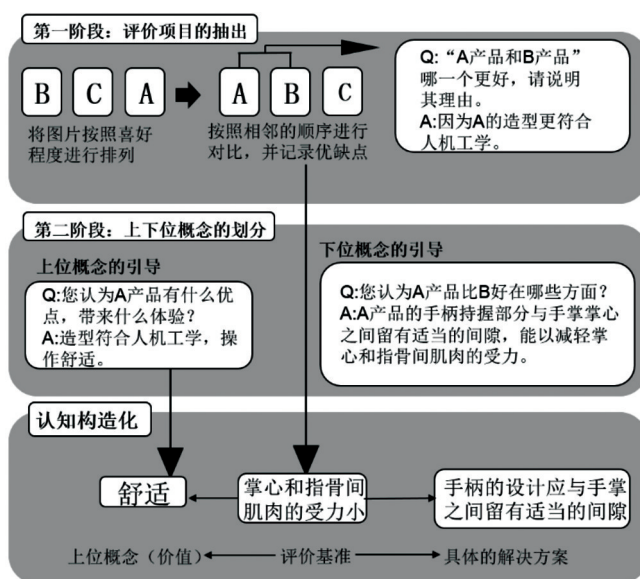


图5 用户认知构造的划分与引导

Fig.5 Divide the construction of user cognition

项目组对前期调查所使用的210份问卷进行了分析,以年龄、工作环境、功能期待、已有经验等为主要指标,筛选了30名典型用户作为样本(工程师5人、用户20人、设计师4人、市场销售1人),进行了实验。工程师、设计师、销售和用户所接受的教育在内容上可能存在差异,比如工程师和设计师倾向于固守先前产品中的某些特征,销售倾向于产品的成本控制,用户则倾向于个性化定制,因此为获得更为全面和客观的用户需求,将被试人数定为30人。

试验流程:(1)实验者向被试讲解实验流程和规范;(2)通过用户基数、行业口碑、销售量的调研,挑选Nilfisk,Johnston和Bucher这3种竞品的图片作为实验材料,实验者向被试提供同类的3个竞品中不同区域

按照以上的实验方法,得出用户对产品具体需求的层次构造,见图6。

以上的研究主要体现在驾驶员乘坐状态下的舒适性、视野性、手伸及性、操纵方便性等方面。通过评价构造法的实验,让用户协助或独立设计出不同层次的认知维度,包括系统感知的上位概念,注重细节的下位概念等,可供设计师挖掘用户的实时需求,以用于后期设计的决策分析。

1.2 用户行为分析

为了能详尽研究用户的作业动作过程,通过跟踪

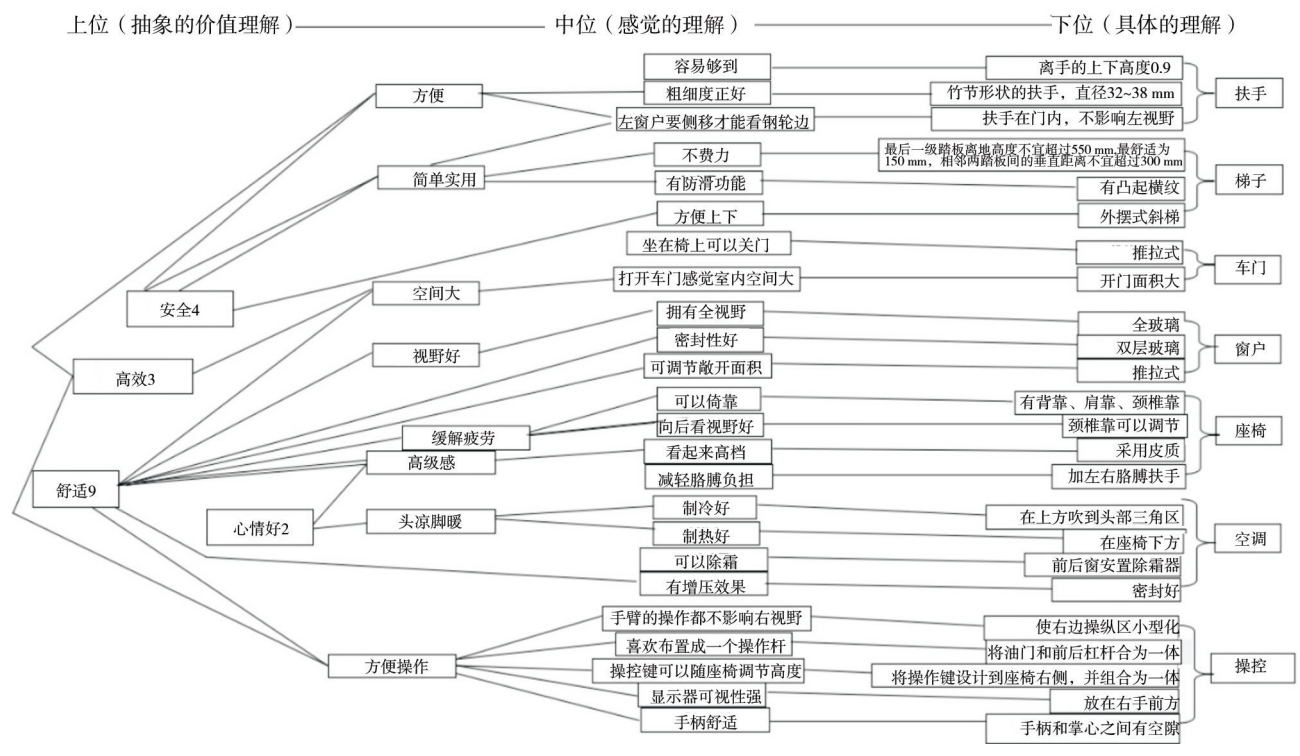


图6 用户需求的层次构造

Fig.6 The illustration of construction of user requirements

拍摄,结合行车记录仪的拍摄,驾驶员坐在压路机座椅上进行作业,与此同时,研究人员与设计师站在旁边,观察驾驶员的视野、手脚的伸及范围、零部件操作频次等。随着用户渐入作业情境,进行适当追问,通过摄像机捕捉用户的交互行为,随后对动作的基本元素按照寻找—选择—抓取—移动—定位—使用—检查^[6]的顺序进行切片式分析,发掘现有和潜在的问题。

根据用户行为分析的研究,发现了工程机械驾驶室一些现存的人机问题,在此举例进行说明。铣刨机驾驶员为能够观察机器下方视野的工作状况,大多采用站立的姿势进行工作。驾驶员每天要在艰苦的环境下进行长达8小时的工作,而长时间的站立会给身体造成极大的负担,导致血液积累在腿部,因此铣刨机驾驶员不宜长时间站立。鉴于上述原因,对长时间的工作尽可能采用坐姿作业,可以大大减轻身体负担,降低职业病发生的概率。由此,进行了立与坐两种作业姿势间频繁变换的创新作业尺寸设计。根据标准GB/T8420-2000得知,10%的司机在站立时的眼高离地距离为1061 mm,坐姿的眼高离地距离为1100 mm。新的作业空间设计主要是满足驾驶员坐在座椅上时的眼睛高度与站立姿势是一样的,一般眼高的最低范围是1510 mm,在此范围内,可以看清视野下方的具体情况。在全面分析作业的相关因素后,得出了最

佳的作业姿势的尺寸是将座椅水平面离地距离提高至870 mm,这样10%的驾驶员的眼高将达到1510 mm,满足站立最低范围的视野要求。并提供可以放脚休息的踏板,高度为370 mm,增加驾驶员的舒适感,还考虑到驾驶员需要偶尔起身活动身体,把座椅与踏板的距离设计为350 mm,可以满足穿防寒鞋最高大身材的驾驶员的活动空间,便于站立式观察右下方视野。操纵台高度也提升至1050 mm,满足站姿和坐姿这两种作业尺寸的需求,座椅扶手高度为离操纵台距离220 mm,见图7。

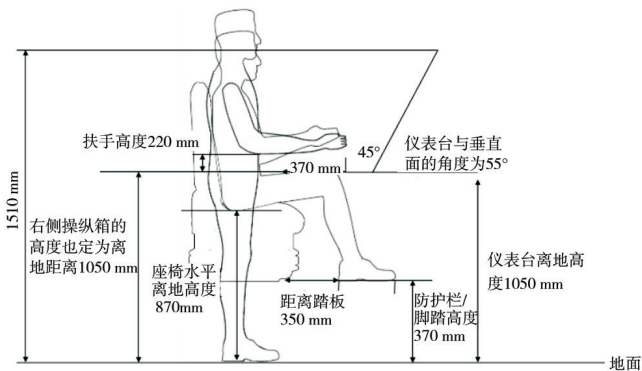


图7 创新作业尺寸设计

Fig.7 Innovative design of operation

摊铺机驾驶员要注意与前方自卸车和后方压路机等车辆的配合,但目前的料斗设计会遮挡前方视野,按照欧洲标准,应使得驾驶员能够看清摊铺机的机身前方1 m处的离地高度为1 m米的视野路况,观察熨平板伸缩的距离。驾驶员的眼睛自然转动角度向上向下均为15°,但目前的料斗高度会遮挡前方视野,顶棚支架和仪表盘都会影响到驾驶员的视野,驾驶员为获得前方良好的视野,常常向前弯曲躯干和头部,容易导致脊椎呈"C"形弯曲,从生物力学上来看,脊椎弯曲后会挤压驾驶员的腹腔,产生压力,从而造成身体不适,并且摊铺机驾驶员需要观察熨平板伸缩的距离,但由于座椅和防护栏的遮挡,见图8a,常常需要驾驶员从座椅上站起来移动到右边进行操作和观察,之后再坐下来进行驾驶。那么常常站起来再坐下来,使得摊铺机驾驶员比其他工程机械的驾驶员增加了工作量的负荷。如果驾驶员长时间采用站立的姿势进行路况观察的话,会导致血液积累在腿部,给身体造成极大的负担。为了解决这个问题,使驾驶员在一个舒适的作业姿势下获得良好的视野观察,笔者提出了基于摊铺机驾驶需求的作业姿势人机设计。将传统的座椅面折叠后,座椅前端的靠垫可供驾驶员依靠,见图8b。根据标准和实际测量,身高为1610 mm的司机坐下时的眼高离地距离为1100 mm,这样的姿态在驾驶摊铺机时,视野是受到阻碍的。而采用倚靠姿态时,驾驶员的眼高离地距离为1510 mm,提高约400 mm的高度,见图8c,驾驶员采用了倚靠式驾驶姿势时,视野变得更加开阔,能更好地观察摊铺机与前方自卸车和后方压路机等车辆的配合,以及观察熨平板伸缩的距离,见图8d。



图8 摊铺机驾驶姿势创新设计
Fig.8 Innovative design for paver driving posture

摊铺机的操控面板整体由4个区域组成,左右两边分别为摊铺操作Ⅱ区(操作相对较少)和摊铺操作Ⅰ区(操作界面复杂,区域划分过多),见图9,其中1为右输料开关,2为左输料开关,3为左输料反转,4为紧急

停止,5为右输料反转,6为大臂伸缩销,7为振捣开关,8为振动开关,9为调速电位器,10为显示屏,11为启动按钮,12为熄火按钮,13为复位按钮,14为大灯按钮,15为加热按钮,16为左料斗升降,17为浮动闭锁按钮,18为右料斗升降,19为料斗升降,20为左分料开关,21为右分料开关,22为主开关,23为摊铺/行驶档,24为大灯按钮,25为转向灯警示,26为转向电位计,27为警示灯开关,28为喇叭按钮开关,29为油门电位计,30为左熨平板伸缩,31为料斗前部升降,32为料斗开关,33为右熨平板伸缩,34为喇叭按钮开关。通过对按键使用频率和重要性的统计分析,将34个按键进行了重新排列与整合。摊铺机常常在较为恶劣的环境下进行工作,操纵台容易堆积灰尘,影响驾驶员的操作效率。通过用户访谈和对其需求的挖掘,将其原来同一产品上的两个操作进行整合,最终形成一个一体化的方案,此外,通过加装透明覆盖件以起到遮挡灰尘的作用,并使驾驶员观察到显示屏的作业状态,新操纵台见图10。

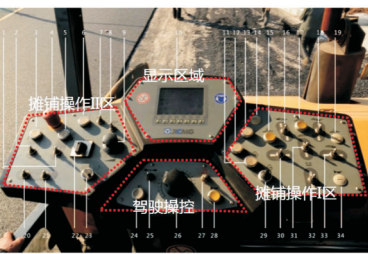


图9 摊铺机操作件的使用频率
Fig.9 The research of controls frequency



图10 新操纵台
Fig.10 New console

2 设计方案的迭代

以往的工程机械驾驶室设计方案迭代的过程中,由于用户参与的程度不高,并且设计师缺少用户的意见和反馈,在目标分析(基于对问题范围的充分界定,并利用解决方案聚焦的方法展开信息收集)、解决方案聚焦、问题与解决方案的协同进化、问题框架的构建再到解决方案的生成和过程策略这一系列设计活动中,存在设计师过度依赖概念的问题,进一步说明了缺乏用户参与而导致探索概念性解决方案这一活动的不确定性、模糊性和探索性3个特征^[7]。

在设计方案的迭代过程中,根据前期的研究成果,向研究员和设计师提供了从用户的角度来认识问题并进行产品创新的资源,将用户对产品的看法和意见转变为产品解决方案,确保产品与用户需求之间的

匹配,再配合设计师的经验进行设计方案的迭代,为用户打造一个优秀的车内空间体验。

3 设计方案的评价

以往的评价体系一般是依靠设计人员的经验进行的,很少能够进行有效的人机工程学实验。先进的以用户为中心的评价研究应该基于精准的实验,通过采集驾驶员用户的生理信号,再配合主观指标,将其量化并加以分析,以此来用数据进行设计方案的有效性和合理性的评价,并与设计方案的迭代交织而行^[8],见图11。

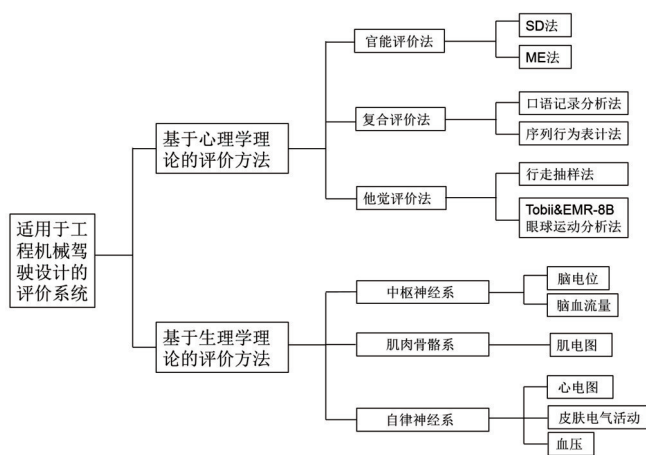


图11 适用于工程机械驾驶室设计的评价系统

Fig.11 Evaluation system applies to construction machinery cab design

经过评价阶段发现,现有压路机产品的驾驶室内照明光环境主要是以610 nm~670 nm的波长为主的暖色照明,优点是可以在夜间缩短驾驶员的暗适应时间,缺点是会造成眼睛调节力低下。根据先行研究得知,实验中让被试在不同时间接受各6种不同波长的照明条件,在实验过程中,被试接受了脑电位、血压、瞳孔径的测定,各实验条件结束后,进行了主观评价,之后对采集的数据进行了二元方差分析,其结论为被试在接受458 nm的波长照明下,其觉醒度水准有显著性的提高。结合先行研究^[9]和标准^[10],项目组提出了在不同的工作情景下,应使用可变更色光的照明系统。特别是压路机驾驶员常于夜间工作,需要保持清醒的状态。在夜间驾驶室内照明应该以610 nm波长为主的暖色进行照明,照明强度为0.2勒克斯。需要保持

清醒状态的精细工作的场合下,应以450 nm~460 nm波长为主的蓝光照明,照明强度为10~215勒克斯。

4 结语

在工程机械驾驶室开发的前端研究流程中,用户可根据自身的理解与需求进行参与,这种双方可编辑的互动模式颠覆了以往的产品设计模式,在这种模式下,用户与企业厂商保持长期的高频互动,通过用户研究挖掘用户的需求,企业设计部门根据需求进行反馈,不断为用户提供新的产品和服务。

参考文献:

- [1] GB10000-88,中国成年人人体尺寸[S].
GB10000-88, Human Dimensions of Chinese Adults[S].
- [2] GB/T 8420-2000,土方机械司机的身材尺寸与司机的最小活动空间[S].
GB/T 8420-2000, Earth-moving Machinery-Human Physical Dimensions of Operators and Minimum Operator Space Envelope[S].
- [3] ISO 13407, Human Centered Design Process for Interactive Systems Citation[S].
- [4] RYOKO H. Interview Research for Product Planning: Present Status and Issues to Be Solved[J]. Quality, 2003, 33(3): 13—20.
- [5] TADAHIKO H. The Handbook of Human Factors[M]. Tokyo: Scientist Publishing House, 2011.
- [6] KROEMER K. Ergonomics: How to Design Ease and Efficiency[M]. New Jersey: Englewood Cliffs, 1994.
- [7] CROSS N. 设计师式认知[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.
CROSS N. Designerly Ways of Knowing[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Publishing Company, 2013.
- [8] 威肯斯. 人因工程学导论[M]. 武汉: 华东师范大学出版社, 2012.
WICKENS C. An Introduction to Human Factors Engineering [M]. Wuhan: East China Normal University Press, 2012.
- [9] LEE H. The Effect of Monochromatic Light Exposure on Physiological Responses of Human in the Daytime[J]. Physiological Anthropology, 2008, 13(2): 75—83.
- [10] GB/T 20418-2006, 土方机械照明、信号和标志灯以及反射器[S].
GB/T 20418-2006, Earth-moving Machinery, Lighting Signaling and Marking Lights and Reflex-Reflector Devices[S].