

## 基于智能化趋势的工程机械界面设计研究

张伟<sup>1</sup>, 张睿瑞<sup>2</sup>, 朱春潮<sup>2</sup>, 舒余安<sup>2</sup>

(1.南昌交通学院, 南昌 330199; 2.南昌大学, 南昌 330031)

**摘要:** **目的** 工业 4.0 时代, 在智能化大环境下的工程机械与智能科技融合已成为重要趋势, 众多复杂技术的使用为用户带来了使用上的困难。为了减少使用上的问题, 对工程机械产品进行智能化交互设计研究, 提出工程机械界面设计的参考原则。**方法** 利用文献调查法、个案分析法和归纳法, 对智能化工程机械特征进行分析。结合交互设计的发展现状、智能化的应用, 对相关案例进行归纳总结, 分析智能化工程机械的界面设计。**结论** 智能技术与工程机械融合形成了操控系统智能化、多种信息集成化、交互形式多样化 3 大设计特征, 从基于逻辑的层级划分、不同载体的相互协调、设备操作的去专业化 3 个方面展开界面设计, 是基于用户使用过程中的逻辑构架和信息交流展开的人性化设计过程, 能够减少智能化过程中存在的一些潜在问题。

**关键词:** 智能化; 界面设计; 用户体验; 工程机械

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)24-0389-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.24.050

## Interface Design of Construction Machinery Based on Intelligent Trend

ZHANG Wei<sup>1</sup>, ZHANG Rui-rui<sup>2</sup>, ZHU Chun-chao<sup>2</sup>, SHU Yu-an<sup>2</sup>

(1.Nanchang JiaoTong Institute, Nanchang 330000, China;

2.Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**ABSTRACT:** In the era of Industry 4.0, the integration of construction machinery and intelligent technology under an intelligent environment has become an important trend. But the use of many complex technologies has brought inconvenience to users. In order to reduce the inconvenience in use, the intelligent interaction design of construction machinery products is studied, and the reference principle of its interface design is proposed. Literature investigation method, case analysis method and induction method were used to analyze the characteristics of intelligent construction machinery. Combining with the development status of interactive design and intelligent applications, relevant cases were summarized and the interface design of intelligent construction machinery was analyzed. The integration of intelligent technology and construction machinery has formed three major design features: intelligent control system, multiple information integration, and diversified interactive forms. According to the humanized design process based on the logical structure and information exchange of users, the interface design is conducted from the three aspects of logic-based hierarchical division, mutual coordination of different carriers, and de-specialization of equipment operations, which can reduce some potential problems in the intelligent process.

**KEY WORDS:** intelligent; interface design; user experience; construction machinery

第四次工业革命由信息化技术引领变革, 推动科学成果应用, 工业化与信息化的融合已是必然趋势<sup>[1]</sup>。我国即将面临《中国制造 2025》的转折点, 为达到国际化制造水平, 如何将智能技术以合理的方式转化

为智能产品成为研发的重点之一。将智能化技术成果转化应用产品不是简单地把功能相加, 或将传感器和摄像头加在产品上, 进行机械地数据分析, 而是需要综合考虑作业环境、操作体验和产品信息三者之间

收稿日期: 2021-07-09

作者简介: 张伟 (1979—), 男, 江苏人, 硕士, 南昌交通学院讲师, 主要研究方向为电子通信工程。

的关系,系统性地利用科学技术,真实地解决用户迫切希望解决的问题。在以往的研发过程中,以功能为导向的产品研发模式,对用户体验没有足够的重视,使得产品与智能化技术之间的契合度不够高。基于此,本文以交互界面为切入点,探讨智能化趋势下的工程机械设计。

## 1 智能化趋势下的工程机械

### 1.1 操控系统智能化

在工业化与信息化的深度融合中,智能化技术不断发展和普及,成为工程机械发展趋势之一。这种以“计算机+”和“互联网+”为基础的工程机械产品实现了大数据采集、信息分析、自动化控制、智能预警等功能。云计算、大数据、物联网、传感器等技术的运用,加强和延展了人类感知真实世界和与机器交互的能力,驱使了交互设计的变革,为设计打开了边界<sup>[2]</sup>。产品的可感知范围由产品内部向外部世界衍生,实现了产品和产品、产品和环境之间的连接。危险的视线盲区、外界信息的变化可以被智能设备采集,集中于同一操作平台。借助智能控制系统对数据进行分析 and 处理,对复杂的信息及界面内容进行自动化处理,分担了重复机械性的任务操作,减少了用户在任务中的机械性重复劳动,既满足了设备运行的精确度,又简化了操作<sup>[3]</sup>。如中联重科的塔机,通过多视角监控、障碍物动态监测和 GPS 定位,帮助用户远距离准确操控多个产品,实现操作简化的目的,中联重科智能塔机远程操控中心见图 1。

### 1.2 多种信息集成化

随着产品可感知范围向外部环境衍生,智能化产品信息的规模和结构变得更加庞大复杂,需要显示的交互信息成倍地增长。为降低产品使用的复杂度,这些从多方渠道收集到的交互信息需要汇聚到同一系统中管理。统一管理信息达到了信息互通的目的,避免了用户反复调用数据,提高了操作效率。然而由于数据庞大,用户读取信息和操作过程受到极大阻碍。过高的认知负荷会增加人做出正确决策和合理操控



图 1 中联重科智能塔机远程操控中心

Fig.1 Remote control center of Zoomlion intelligent tower crane.

的负担,导致工作效率降低;过低的认知负荷会使操作者警觉性和主动性降低,从而造成信息遗漏和决策失误,因此,应使认知负荷保持在操作者的认知能力范围内<sup>[4]</sup>。不过这并不能阻止大量数据进入智能工程机械的信息系统中。美国设计研究者诺曼指出,复杂产品可以提升人们对产品功能和情感的需求,设计师需要通过精心的设计、良好的管理,为用户提供复杂但易用的产品<sup>[5]</sup>。多维度的数据、多任务的组合、综合性的参数等构成了庞大的信息交互平台,这些信息高度集中,数据一致且完整,用户能够一次性地从存储系统信息平台调阅需要的信息。

### 1.3 交互形式多样化

在智能化的趋势下,工程机械所需传递的信息变得更加复杂和多样,单通道的交互形式已经不足以满足其交互需求。虽然视觉显示是最为传统和直接的显示方式,但是由于用户要关注周围环境,无法时刻注意到视觉界面,所以视觉接收的界面信息存在一定限制。多种形式混合的交互形式,比传统交互方式传递的信息更多,不同的交互形式也可以增加信息传递通道。以用户的视觉、听觉和触觉 3 大感官为主的交互形式,通过语音、图像、文字等交替出现表达,使人们能够及时接收到交互信息,减少信息单一出现的厌烦情绪,交互形式向多样化转变<sup>[6-7]</sup>见图 2。眼动、手势、语音等交互技术的发展更是为交互形式的多样化提供了可能。从智能工程机械的交互发展来看,其交互形式在不断增加,通过多样化的交互形式来呈现复杂信息。如中联重科的塔机可以对障碍物进行识别,其乱绳监测系统可以对塔机的乱绳进行识别,一旦发现问题,将会以语音交互的形式进行信息传达。

## 2 工程机械界面的设计难点

在智能化趋势下,工程机械需要以大数据为支撑,将计算机技术与自动化控制技术有效融合,智能化地处理复杂数据,并利用多样的交互方式实现有效的人机交流。智能化操控、多样化数据、多形式交互构成了更为复杂的智能工程机械界面系统。在为使用者带来更多操作功能的同时,也使设计及操作变得更为复杂。综合来看,进行智能工程机械界面设计时,存在 3 个难点:复杂界面信息的合理分层、多种交互方式的合理匹配、专业操作过程的有效简化。



图 2 交互形式向多样化转变

Fig.2 Shift in the form of interaction to diversification.

## 2.1 复杂界面信息的合理分层

智能化工程机械界面信息量大,数据复杂,常常多个任务同时进行,这增加了界面的复杂程度,导致了各个功能模块间关系划分的困难。人的感知在面对庞大的信息集合时,其信息处理能力有限,混乱的层级关系也容易导致用户识别困难和操作失误。在多任务和多系统层级的情况下,如果没有对信息进行合理地层级排布,使用者极易感到混乱、烦躁,信息的搜索和识别也变得十分困难,尤其是在危急情况下需要短时间做出决策时,复杂的界面会提高操作的失误率。复杂界面的任务层级关系一般具备阶段性和并行性两个特点,一方面,操作可能对应系统任务中子系统的各个阶段和步骤;另一方面,各个步骤之间可能存在并行和协调的逻辑关系<sup>[8]</sup>。复杂界面存在多种类型的界面信息堆叠,不少相似信息也会互相干扰,如视觉界面的形态、图标、字体、颜色等信息,没有统一标准,会对用户产生干扰或引起视觉疲劳,影响用户的判断。因此在进行工程机械界面设计时,难点之一就是界面信息的合理分层。

## 2.2 多种交互方式的合理匹配

多样的交互方式使信息可以通过多通道传递。这虽然可以为用户提供更多的信息和操作,但是用户需要消耗更多的精力去协调各感官之间的关系和选择合适的交互方式。产品多样化的交互形式要求用户综合协调眼、耳、手、脚、脑等身体机能,用户在协调和匹配的过程中增加了认知负担,可能导致误操作的产生。用户的注意力是有限度的,频繁运用多种形式的交互方式会将使用者的注意力转移到自身动作上,从而影响用户的操作行为。面向复杂的交互情景,需要充分考虑用户的操作过程,比如使用者通过眼睛观察车内外环境,通过耳朵接受车内信息、车外环境的综合反馈,通过双手紧握方向盘、控制设备作业,通过双脚控制前进和操控等,所有信息经过大脑获取、处理、执行<sup>[9]</sup>。在分析用户以后,要将工程机械的信息系统进行分类,明确各种交互方式的相互关系,之后再行良好地分工匹配,形成一个良好的操作机制。由此可见,如何将多种交互方式与传递信息进行合理地匹配,从而准确高效地传递复杂信息,使用户产生良好的用户体验,成为了工程机械界面设计的难点。

## 2.3 专业操作过程的有效简化

工程机械操作具有较强的专业性,其界面显示的信息复杂晦涩、数据抽象,需要具备专业知识的人员经过长时间的学习才能熟练使用。这极大地增加了用户的学习成本,限制了用户群体的数量。同时,随着技术的发展,更新颖先进的智能技术得到了更多运用,界面的迭代也变得更加快速,虚拟现实技术、传感器技术、手势识别等新的智能交互技术和方式的引入,改变了过去的交互方式,也增加了用户新内容

的学习和适应时间。工程机械界面数据复杂,对于部分并不擅长处理复杂数据的使用者而言,实时变化的数字、符号和图像等界面信息,都难以识别。而且,面向对象的职业、生活背景、掌握技能、学习能力等不同,适合的智能界面也存在一定差异<sup>[10]</sup>。针对安全、高效的工程机械操作而言,良好的界面设计,既不能增加设备操作的学习难度,也不能影响使用者的决策速度。而复杂的信息交互和多重的使用要求,都给工程机械的界面设计带来了限制。由此可知,如何将过去针对专业操作的设计进行有效简化,成为了工程机械界面设计的难点。

## 3 智能化工程机械界面设计

智能化为工程机械带来了新的功能,它改变了用户固有的认知习惯和操作过程,为用户带来了相关的好处,同时也造成了一定的不便。基于智能化趋势所导致的 3 个设计难点(复杂界面信息的合理分层、多种交互方式的合理匹配、专业操作过程的有效简化),针对界面、操作和交互进行优化,具体体现在提出基于逻辑的层级划分、不同载体的相互协调、设备操作的去专业化。

### 3.1 基于逻辑的层级划分

对信息和数据进行任务层级划分,按照解决问题的先后顺序,设定任务层级的关系,能够达到界面的有序性和简洁性,提高操作的效率和减少误操作的可能性。已有研究表明,顺畅的感知次序能够积极影响大脑的信息编码过程,通过对信息的时间维度和空间维度进行优化设计,使用者可以更高效地开展较为复杂的认知任务,快速且精确地获取信息,进行分析、归纳、推理与决策<sup>[11]</sup>。由智能化趋势引起的信息高度集成化使整个界面变得复杂混乱,用户无法聚焦到重点信息。对于智能化工程机械界面设计,要思考用户如何划分任务层级,以便快速便捷地完成指定操作。基于以目的为导向的任务层级划分对功能进行分类和归档,可以简化操作步骤,工程机械功能模块划分见图 3。

工程机械界面同属复杂系统,在设计时,需要有针对性地分析用户在使用场景下的需求层次,进行功能模块划分,通过权重排序,区分出重要信息和次要信息,对其进行界面布局,并优先满足用户最需要的功能,将非重要信息隐藏或放在下一层级的界面中<sup>[12]</sup>。比如刘岗等人整理了作战指挥控制系统功能需求,将人机交互界面划分为 4 个功能模块,依据调研结论优化指挥控制系统界面布局,着重显示 GIS 地图,其余模块简要显示,四周布局<sup>[13]</sup>。基于逻辑展开相关任务的层级划分,是一个整理过程,能够促进良好界面的形成。

### 3.2 不同载体的相互协调

在信息过多和操作复杂的情况下,不同的交互方

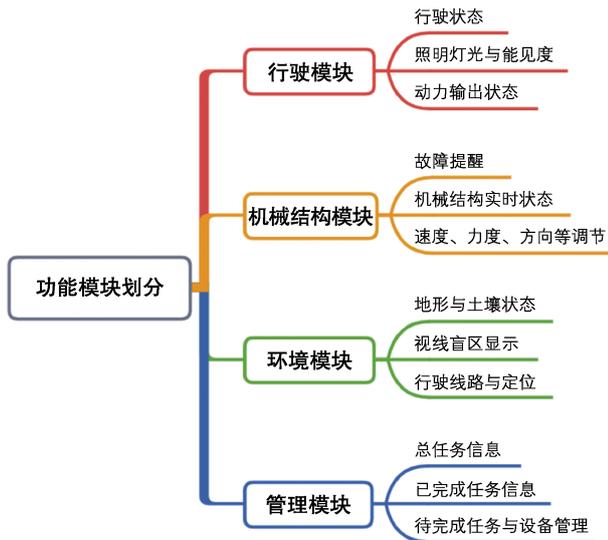


图3 工程机械功能模块划分

Fig.3 Functional module division of construction machinery

式之间可以通过相互协调达到良好的人机交互。如在视觉工作负荷过多的情况下，声音、灯光等交互形式可以通过多个交互通道吸引使用者注意力，重新进行注意力资源的分配，将大部分注意力转移到醒目的交互信息上，强化重要信息的传递。通过对界面布局、控件大小、色彩等进行改变，复杂信息可以借助不同的信息载体传递给使用者，使用者凭借过往知识经验和本能反应有效处理信息，选择有效的交互方式给予设备反馈，从而使任务稳定地推进，信息载体与交互方式的协调见图4。然而这些信息载体不宜过多，能够为使用者提供任务进程中最需要注意的信息即可。比如卡特彼勒的坡度控制系统，以语音为信息载体传递信息，在监控施工过程中，一旦发现设备离开施工范围就会发出警报，地面工作人员可以立即发现意外状况，及时躲避大型设备，为工人的生命安全保驾护航。

对不同信息载体的布局、规模、大小进行合理地设计优化，根据信息种类和重要程度的不同匹配不同

的交互方式，突出重要信息的辨识度。基于人的相关特性，合理选择和协调不同载体，还能够有效提升效率。例如用户对色彩的辨识来源于用户的生理反应，而对文字、图形等视觉元素的反应则来源于用户认知心理的活动，越接近本能的反应速度越快，从而提升效率<sup>[9]</sup>。

### 3.3 设备操作的去专业化

去专业化能够降低对专业技术、背景知识和熟练度的依赖，是智能化复杂系统的人机界面应当具备的特性<sup>[8]</sup>。在智能化时代，人们已经完全习惯信息化的操作，对于智能产品形成了通用的操作逻辑和约定俗成的形式，为了去专业化，智能化工程机械的操作方式应当迎合这些通用的习惯，以更加符合用户内在感知的方式进行交互，避免对用户的理解 and 操作造成阻碍，去专业化见图5。考虑到用户过去的习惯，运用生活经验中认同的符号和形式表达，帮助用户迅速了解其代表的含义，减轻用户的记忆和认知负担。

在智能技术的支持下，大部分的复杂工作可以交给系统完成，界面从强控制向强决策转变，交互界面的信息内容简化，只保留影响决策的关键信息。专业装备的操作与控制方式需要从原来自上而下、由专业人士集中控制的形式，逐渐朝着自下而上，由广大用户集体智慧、行为偏好主导的分布式控制形式转变<sup>[8]</sup>。操作简化、对专业知识和熟练度的要求降低、工程机械设备的用户范围更加广泛，使用者更多的是作为一个观察者通过感知环境和产品之间的关系，对设备工作流程是否运转做出判断。如马超民等人基于智能化背景下复杂系统人机交互界面的特征对焊缝扫描重构模块提出优化，简化了交互流程<sup>[8]</sup>。此外，将庞大的数据以动态图表或通用符号的形式直观地展现，同样可以达到操作设备去专业化的目的。机器复杂抽象的信息通过可视化的表达，能降低认知上的负担，帮助用户在接收信息后快速做出反应。小松集团挖掘机

注意层面	分配信息通道						
	视觉			触觉		听觉	
	色彩对比	界面布局	大小	灯光亮度	震动	粗糙度	音量
感知层面	得到信息载体						
	文字		图形		声音		
	灯光		触感		...		
识别层面	信息识别与协调						
	本能层		行为层		反思层		
决策层面	选择交互方式						
	手				脚	嘴	
	按键	触摸	手势	旋转手柄	踏板	语音	

图4 信息载体与交互方式的协调

Fig.4 Coordination of information carrier and interaction mode



图 5 去专业化

Fig.5 De-specialization



图 6 小松集团挖掘机

Fig.6 Komatsu Group excavator

见图 6，利用无人机对施工环境进行扫描，智能生成三维立体施工图，复杂的数据直观地显示在屏幕上，通过人机交互，用户可以直观了解信息的变化，进行可行性分析。

## 4 结语

在智能化大趋势的发展下，工程机械的界面更加重视技术运用与实际使用的融合。界面设计是人—机—环境系统化的考虑，在今后科技发展过程中，应当不断进行产品创新和技术革新，实现科技产品信息分析、处理的时效性<sup>[14]</sup>。展开工程机械界面设计，需要基于智能化趋势下工程机械的特征，分析复杂系统界面设计的难点，尽可能实现在复杂信息的包裹中，高效准确地传递关键信息，精准及时地完成命令反馈。从基于逻辑的层级划分、不同载体的相互协调、设备操作的去专业化 3 个方面展开设计，简化信息传递过程，提升交互体验，让用户更加快速地掌握使用方法，安全高效地完成施工目标，为用户带来更舒适的使用体验和更高效的回报。

## 参考文献：

- [1] 黄群慧, 贺俊. 未来 30 年中国工业化进程与产业变革的重大趋势[J]. 学习与探索, 2019(8): 102-110.  
HUANG Qun-hui, HE Jun. Major Trends of China's Industrialization Process and Industrial Transformation in the Next 30 Years[J]. Learning and Exploration, 2019(8): 102-110.
- [2] 杨随先, 刘行, 康慧, 等. 互联网+智能设计背景下的

交互设计与体验[J]. 包装工程, 2019, 40(16): 1-13.

YANG Sui-xian, LIU Xing, KANG Hui, et al. Interaction Design and Experience in the Context of Internet + Intelligent Design[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(16): 1-13.

- [3] 徐心宇. 人工智能导向下的视觉呈现设计[C]. 南京: 东南大学, 2019.

XU Xin-yu. Artificial Intelligence-oriented Visual Presentation Design[C]. Nanjing: Southeast University, 2019.

- [4] 汪海波, 薛澄岐, 史铭豪. 自动化影响下的复杂系统数字界面设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 36-39.

WANG Hai-bo, XUE Cheng-qi, SHI Ming-hao. Research on Digital Interface Design of Complex Systems under the Influence of Automation[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 36-39.

- [5] 谭浩, 赵丹华, 赵江洪. 面向复杂交互情境的汽车人机界面设计研究[J]. 包装工程, 2012, 33(18): 26-30.

TAN Hao, ZHAO Dan-hua, ZHAO Jiang-hong. Research on the Design of Automobile Human-machine Interface for Complex Interactive Situations[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(18): 26-30.

- [6] 王福恒, 覃京燕, 李威. 人—车信息交互系统设计[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 155-157.

WANG Fu-heng, QIN Jing-yan, LI Wei. Human-vehicle Information Interaction System Design[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 155-157.

- [7] 肖红, 郭歌. 多感官人机交互界面的视觉设计原则[J]. 包装工程, 2012, 33(8): 35-37.

XIAO Hong, GUO Ge. The Visual Design Principles of Multi-sensory Human-computer Interaction Interface[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(8): 35-37.

- [8] 马超民, 赵丹华, 辛灏. 基于用户体验的智能装备人机交互界面设计[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(10): 2650-2660.

MA Chao-min, ZHAO Dan-hua, XIN Hao. Human-machine Interface Design for Intelligent Equipment Based on User Experience[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2020, 26(10): 2650-2660.

- [9] 孙博文. 面向复杂交互情景下的车载信息系统界面层级设计研究[C]. 北京: 北京理工大学, 2018.

SUN Bo-wen. Research on the Hierarchical Design of Vehicle Information System Interface for Complex Interaction Scenarios[C]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2018.

- [10] 杨明朗, 王红. 人机交互界面设计中的感性分析[J]. 包装工程, 2007(11): 11-13.

YANG Ming-lang, WANG Hong. Perceptual Analysis in the Design of Human-computer Interaction Interface[J]. Packaging Engineering, 2007(11): 11-13.

(下转第 400 页)