

数控机床操控器人机界面优化设计研究

曹小琴¹, 邓韵², 翟橙¹, 魏晓¹

(1.仲恺农业工程学院, 广州 510225; 2.中国地质大学, 武汉 430074)

摘要: **目的** 控制器和显示器共同组成数控机床控制面板的整体界面, 是机床接受与执行命令的交互平台。从人机交互角度, 聚焦于控制器的界面布局进行优化设计。**方法** 基于人机工程学理论的优化流程, 采用现场访谈、现场观察等方法, 将人机工程学的理论转化为具体考核指标。**结论** 从人机工程学的研究角度出发, 结合工业设计、用户体验设计学等内容, 从功能区域分区、操纵器色彩设计等方面优化数控机床控制器的界面, 提高系统整体效能及使用者满意度, 为数控机床系统开发设计提供参考。

关键词: 产品设计; 数控机床; 操控器; 人机界面; 优化设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)18-0114-05

Application of Ergonomics in Tool Control Interface Design of NC Machine

CAO Xiao-qin¹, DENG Yun², ZHAI Cheng¹, WEI Xiao¹

(1.Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;

2.China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

ABSTRACT: The controller and the display constitute the integral interface of the control panel of the numerical control machine tool, which is the interactive platform of the machine to accept and execute commands. From a research perspective of ergonomics, focus on the controller's interface layout for optimal design. Based on the optimal process of ergonomics theory, By means of field interview and field observation, the theory of ergonomics is transformed into specific assessment indexes. Combined with the industrial design, user experience design science and other content from the functional area partition, the manipulator color design optimizing CNC machine control interface can improve overall system performance and user satisfaction, provide a reference for the system development and design of CNC machine tools.

KEY WORDS: product design; CNC machine tools; manipulator; man-machine interface; optimization design

数字控制机床在传统机床的基础上逐渐演变成先进制造技术的重要装备。数控面板是机床人机产生信息交流的重要操作界面, 使用者通过控制面板控制机床信息, 其操作状态的安全高效和易用, 都来源于操控面板的装置安放位置、大小等合理与否^[1]。在优化设计的过程中, 从人机工程学的视角, 减少人为差错, 增强使用者与设备的友好程度, 提高系统整体效能, 推理数控面板中“人—机器”关系, 为数控面板设计实践提供一些参考。数控面板是机床人机交互的操作界面, 由显示器和控制器两大部分组成, 以国内某企业生产的嵌入式控制器为例进行分析, 着力点在

数控面板控制器的人机和色彩等方面, 探索控制器产品设计的人机新思路。

1 现有数控机床控制器界面人机问题分析

人与机之间存在一个相互作用的“面”, 人通过控制器将自己的决策信息传递给机器, 实现人机信息传递, 人机界面中的主要设计依据依然是系统中的人。

通过对实际操作者的采访及现场观察, 以及对目前国内某公司生产的嵌入式控制器人机界面的分析后可以得出, 从“人”的角度出发存在以下几点问题。

收稿日期: 2017-05-23

基金项目: 广东省软科学研究计划项目(2016A070706009)

作者简介: 曹小琴(1981—), 女, 湖北人, 博士, 仲恺农业工程学院副教授, 主要研究方向为工业设计和用户研究。

(1) 在整体功能排列及功能区域化上, 机型没有做到有效整合及划分, 在视觉上造成散、多、杂、乱的印象; 主次要功能无法区分, 次要功能占用过多面积, 使主要功能区看起来拥挤不堪, 设计不合理, 经常会引发操作者的误操作。(2) 在造型细节处设计表现不到位, 开关、按键、按钮等设置没有将人机工程设计理念融入其中, 无论在视觉上还是使用感受上都未达到良好用户体验感。如按钮, 未考虑使用人群的使用习惯及手指大小, 未保证能正确操作的前提下, 舒适感受的最大化体验。(3) 界面显示颜色与整体外观颜色明暗程度过于接近, 不能将两部分有效区分, 容易在操作中引起不便; 基于机器作业的枯燥环境, 控制器颜色的单一性使用者色彩情感关怀感知较少, 不易于使用者良好的心理感受, 未能缓解机械化操作的冰冷。(4) 在材质的使用上, 整体外观材料单一, 未能体现科技感和时尚感; 局部材料缺少人机肌理反馈, 无论在视觉上还是使用感受上, 都缺少了肌理带来的产品设计体验。

2 数控机床控制器界面优化设计

2.1 操控器位置布局设计

控制器功能分区较为复杂, 根据手部特征和功能属性, 操作指示内容分为操作键区域与控制键区域两个大类, 以线包围、色块、体面上进行了区域划分, 将操作功能区、输入功能区、特殊功能区等数控功能区域之间明显线框区分, 增强层次感。性质重要的功能区, 配以引人注目的黑白对比色。同时按键表面上的黑色说明文字也与白色产生对比, 这使操作者短时高效寻找到所需按键, 干净利落的模块化布局能减轻视觉疲劳感。逻辑关系见图 1。

ISO 6358-1981 (E) 国际标准规定的人机工程学

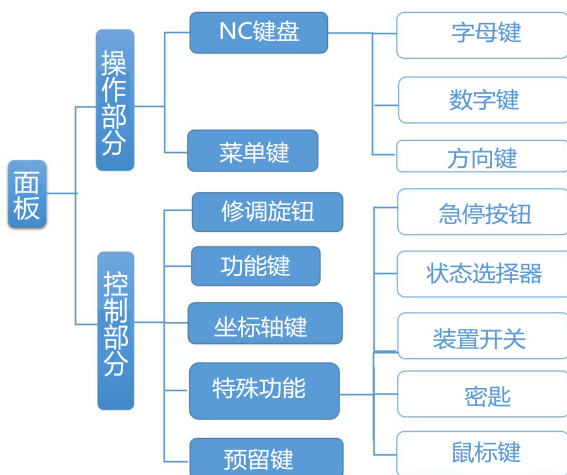


图 1 逻辑关系
Fig.1 Logic diagram

原则作为工作系统设计的基本指导方针, 可应对在使用者的安全、健康的最佳工作条件上, 操控器的设计、配置应与人体操作部分的特性 (特别是动作) 相互适应^[2-3], 考虑功能分区与排列顺序的逻辑关系, 将最常用和最主要的控制键区域装置布置在视野的中心范围区域, 操作键区域按照重要程度依次向上边过渡。针对众多操纵器放置于一个密集空间, 特殊功能区的布局预防无意操作, 将特别重要的控制键设置在远离其他控制器的位置, 急停按钮 (紧急情况下用于停止机床的运转)、密匙、状态选择器等属于重要但不常用的控制器, 安排在左侧位, 醒目又可避免右手误操作, 重要的按键用醒目的红色和黄色加以区分, 其中起切断操作停止事故作用的急停键形状是最大最醒目的。操控器界面布局见图 2。

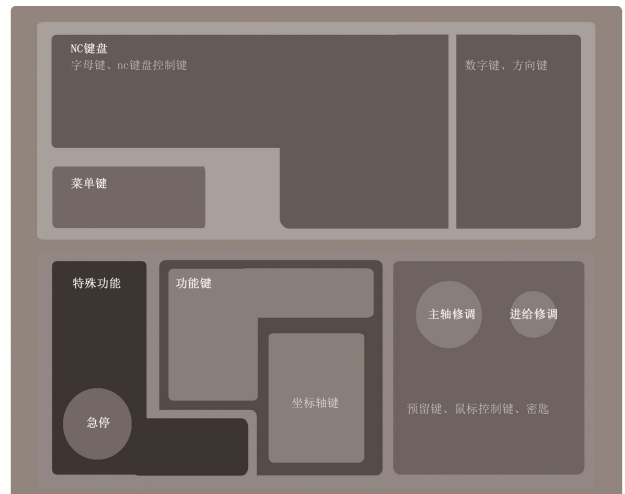


图 2 操控器界面布局
Fig.2 Remote control interface layout

2.2 按压式操纵器设计

按压式操纵器主要有两大类: 按钮和按键^[4]。

按钮的形状设置为圆形和矩形两种。针对于按钮操作用途, 开关键、急停键按照“人的自然预期”设计控制器的方向, 设定界面的按钮为双工位按钮, 按下后处于工作状态, 再按压一下复原到原位。圆弧按钮的尺寸为 15 mm, 矩形按钮 10 mm×15 mm, 按钮高出盘面约 10 mm, 按钮间距为 15 mm, 顶面设计为凸曲面, 增加与人手的接触面^[5]。

按键按照功能的不同进行分布, 区域外观与产品风格协调统一, 按键截面形状适应手指指端弧度, 按键采用蝴蝶按键 (见图 3), 大小与操作手指的尺寸相适应, 约为 15 mm×15 mm。重要的按键在外观上进行改变, 比一般键尺寸增大, 增加按键与手指的接触面积, 与整体形成差异, 在辨识度上提高击键的正确率。键面略带凹型, 基准界面设置小圆凸点, 对人体提供良好信息反馈, 正确确认手指位置。

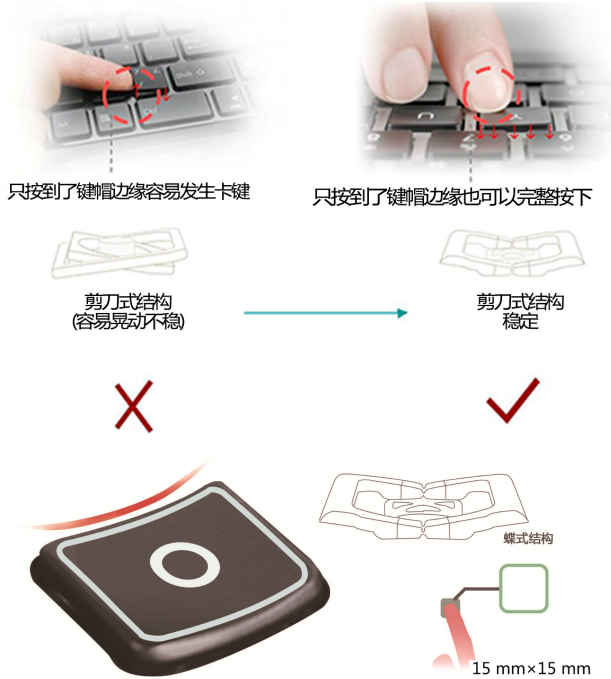


图3 按键细节设计
Fig.3 Button design details

利用人机工程学里的色彩原则，旋钮用色彩来鲜明分档位，绿色为低档，红色为高档^[6]。使用频繁的两个不同功能的旋钮以不同大小、不同触感呈现，方便使用者在光线暗的情形下快速找到所需。不易产生操作误差，符合操作与显示的相合性原则，见图4。



图4 旋钮细节设计
Fig.4 Knob design details

2.3 控制器色彩设计

考虑到控制器色彩与数控机床色彩分析性的协调及数控机床简洁、庄重的特点，控制板的着色表面为黑色基调，以灰色色相为主要颜色对按键的功能进行主次划分，色彩简洁醒目，增加与浅色按键之间的对比，使操作者能方便、迅速、准确地观察各种信息。另外，不同色彩的波长不同，对人的视觉影响效果也不同，界面按键色彩排布有序，排布具有整体性和功

能性，易辨，操作更为容易^[7]。主要控制键和应急运用对比色点缀，以达到易辨的效果，方便工作人员在操作发生紧急情况时能快速找到该按键。控制键区域中的相对重要的“主轴停止键”，区别于急停按钮的红色采用跳跃的橙色。NC标准操作键中使用最多的“ENTER”键采用亮黄色加以区分，方便使用者快速寻找所需按键，见图5。



图5 键盘色彩设计
Fig.5 Keyboard color design

利用信号清晰、亮度高、受背景影响小的按键蓝色呼吸灯光指示作为信息传递方式，均匀照明，避免闪烁。

2.4 控制器材料及表面加工工艺

现有产品在材料使用上比较单一、在外观效果上没有很好的体现现代性的设计感，可在具体了解现代各类新型材料的基础上择优而选^[8]。控制器外壳材质选用铝合金材料，按键及旋钮选用EVA材料增强摩擦力，避免素材与亮漆工艺，选用喷涂微颗粒磨砂漆工艺，增加视触觉对比。

2.5 控制器整体设计

布局比例、形态内外呼应，整体布局色彩按照功能分区的权重统筹，统一界面布局力求达到舒适感，见图6。



图6 整体效果
Fig.6 The overall effect diagram

3 设计评价

3.1 设计方案的测试

在设计方案的测试中甄选了广东、湖北、江苏三大区域的用户样本，在三大区域招募了在不同 6 个企业生产线使用华中数控机床，拥有不同经验值的 50 名工人用户，男女比例为 5：1。在不同地区使用 1：1 大小的纸模型按照机床高度进行可用性测试及问卷调查。

在可用性测试过程中，给 50 名人员安排了一个任务：完成一个直径 20 mm 的内孔表面加工。测试期间工作人员在旁记录参试人员执行任务所花费的时间、需要帮助的次数、错误率等内容^[9]，统计如下：旧有界面的测试中显示人均完成一次任务时间为 1.25 min，人均实用帮助次数位 0.35 次，人均出错次数位 1.3 次；优化界面的测试中显示人均完成一次任务时间为 1.1 min，人均实用帮助次数位 0.09 次，人均出错次数位 1.13 次。

根据参试人员的统计数据可以看到：参试者相对顺利的完成两个界面的任务，优化后的界面在纸原型上完成所花的时间略少与旧界面；两个界面都存在一定的出错率，但优化后的界面出错率稍低，效率更高；测试过程中，优化后的界面要求帮助次数少，学习更快。

3.2 设计方案的量化评价

针对测试的过程得到的感受，对操控器的控制面板的各元素进行评价，新旧布局的合理性按照 50 人选择的比例数量确定，见表 1。

表 1 问卷信息汇总
Tab.1 Questionnaires summary

调查内容	旧布局	新布局	评价说明
急停按钮的设计是否合理	是■ 否	是■ 否	符合快速出击的原则
报警灯的设计是否合理	是■ 否	是 否■	便于发现
面板的按键设计是否合理	是■ 否	是 否■	能够减少误操作
配色设计是否合理	是■ 否	是■ 否	方便观察
功能分区是否合理	是■ 否	是 否■	增加效率
整体布局是否合理	是■ 否	是 否■	布局符合操作顺序

根据优化原则及评价标准针对性的对优化的各方面进行验证后，邀请参与者对将旧界面与新界面方案的仪表可读性、信息确定性、控制器布局、形状编码等各方面进行量化综合评分，各项分值分别为 5 分，根据各项得分算出总得分，见表 2。

表 2 设计评价
Tab.2 Design evaluation

	旧有界面	优化界面
仪表可读性	3.5	3.5
信息确定性	3.75	4
色彩统一性	3.5	3.75
色彩对比度	3.75	3.75
信息分类合理性	3.5	4.5
控制器布局	3.5	4.5
平均分	3.58	4

从表 2 中综合得分来看，优化界面量化分值高于旧有界面，更关注使用者行为特性、认知特性等人机限性因素，设计方案更凸显人性化。

4 结语

数控机床产品越来越同质化的背景下，人机良好

的体验感亦成为竞争力因素之一^[10]。通过对国内某企业生产的嵌入式控制器的设计问题分析，在人机原则的基础上，对操控器位置布局设计、按压式操纵器设计、控制器色彩设计、控制器材料及表面加工工艺等方面，提升使用者操控体验，优化人机关系，进行了整体设计。同时，在使用者特性基础上进行测试，构



建了评价指标, 并进行设计评价反馈。

参考文献:

- [1] 李媛媛, 曹小琴, 郭媛媛. 人机工程学[M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2015.
LI Yuan-yuan, CAO Xiao-qin, GUO Yuan-yuan. Ergonomics[M]. Hefei: Hefei University Press, 2015.
- [2] 李达, 姜勇, 徐淑芳. 人机工程学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
LI Da, JIANG Yong, XU Shu-fang. Ergonomics[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2014.
- [3] 姚江, 封冰. 体验视角下老年人信息产品的界面交互设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 67—69.
YAO Jiang, FENG Bing. Research on Interface Interaction of Older Information Products Based on Design Experience Perspective[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 67—69.
- [4] 严扬. 人机工程学设计应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
YAN Yang. Application of Ergonomics Design[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000.
- [5] 晏群, 庄德红. 数控机床人机界面及造型设计研究[J]. 机械设计, 2013, 30(12): 111—113.
YAN Qun, ZHUANG De-hong. CNC Machine Tools and Machine Interface Design Study[J]. Mechanical Design, 2013, 30(12): 111—113.
- [6] 丁洋. 计算机键盘设计中的人机工程学体现[J]. 包装工程, 2015, 36(14): 75—79.
DING Yang. Computer Keyboard Design Ergonomics Reflect[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(14): 75—79.
- [7] 侯建军, 申黎明. 床屏设计的人机工程学探讨[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 32.
HOU Jian-jun, SHEN Li-ming. Study on Ergonomics of Bed Screen Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 32.
- [8] 马西沛, 贾会欣, 吴婷. 基于人机工程学的双屏手机研究[J]. 包装工程, 2014, 35(14): 61.
MA Xi-pei, JIA Hui-xin, WU Ting. Research on Double Screens Mobile Phone Based on Ergonomics[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(14): 61.
- [9] 李洋. 基于乘务员特性的机车驾驶界面优化设计研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
LI Yang. Study on Optimization Design of Locomotive Driving Interface Based on Crew Characteristics[D]. Chengdu: Southwest Jiao Tong University, 2012.
- [10] 袁雪娇. 基于构成要素的数控机床造型特征研究[J]. 机械设计, 2014, 31(8): 169—172.
YUAN Xue-jiao. CNC Machine Tools Based on Modeling Features Elements of[J]. Mechanical Design, 2014, 31(8): 169—172.