

数控机床控制面板的人性化设计及虚拟校验研究

文 | 高巍 无锡立信高等职业技术学校

一、背景及意义

数控机床是智能制造领域的重要装备,能较好地解决复杂、精密、小批量以及多品种零件加工问题。对数控机床整机及部件进行人性化设计既是改善操作者使用体验和提高生产效率的必然诉求,也符合机床生产厂商增加产品设计附加值的利益需要。同时,研究基于计算机辅助工业设计手段进行产品的虚拟设计与校验,也有利于大幅提高设计效率,缩短投产周期,有力推动制造产业发展。

二、数控机床控制面板的结构组成

数控机床的基本组成包括加工程序载体、数控装置、伺服驱动装置、机床主体和其他辅助装置。其中数控装置是数控机床的核心,它包含输入、处理和输出三个基本部分,控制面板则是最典型的输入装置,是数控机床中与操作者交互最频繁的部件之一,也是机床人机设计的重点对象。

控制面板主要由显示装置、键盘、MCP、状态灯和手持单元等部分组成。虽然机床类型和数控系统的种类繁多,不同厂商的操作面板也不尽相同,但其中各种旋钮、按钮和键盘的基本功能与使用方法基本相似。

三、数控机床控制面板的人机关系分析

控制面板是人与机器沟通的连接桥梁,设计友好、人性化的人机沟通渠道是设计数控机床控制面板时最重要的任

务。依据人机工程学的设计准则和依据,本文主要针对显示装置和控制部件的布局 and 配合展开。

1、有效视区与正常作业范围设计

在头部和眼睛均保持正常状态的情况下,根据人眼对识别对象的辨认清晰度和辨认速度的数据采集及分析,可将识别区域分为中心视区、最优视区、有效视区和最大视区。当观察范围水平方向介于 -15° ~ 15° , 竖直方向位于水平方向以下 10° 时,观察者能得到最佳的视觉反馈。据此,控制面板的最优视区应当控制在这一范围内,以便操作者能在短时间内辨认清楚形体。

同时,根据手在水平面正常作业范围分析,当操作者正常站立操作时,控制面板位置应距人体中线距离在39.4cm左右并不应大于50.8cm,如图1所示。

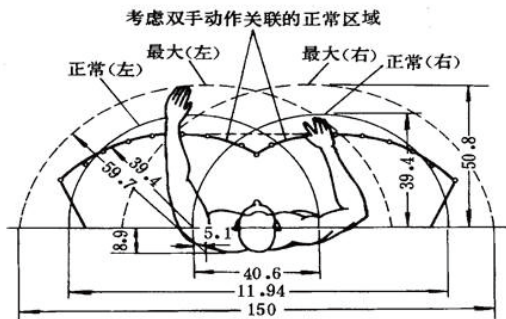


图1 手在水平面的正常作业范围分析

2、显示装置的设计

显示装置是控制面板中的重要部件,本次设计利用了人的观察特点和人体数据库的要求来选用显示装置中的组成元件。

(1) 选择显示器。

因数控机床的显示面板主要显示一些定量的信息,因此在本例设计中选择数字显示器。

(2) 布置显示器。

在本次设计中,显示器的显示屏幕布置基本与人的最佳视线垂直,方便信息识别与认读,降低误差率。整个显示屏幕的布置考虑了人的视野和视区特性,重要的显示信息应布置在显示屏的最佳认读区域,如图2所示,A区域为最佳识别区域,0点位为视觉中心。

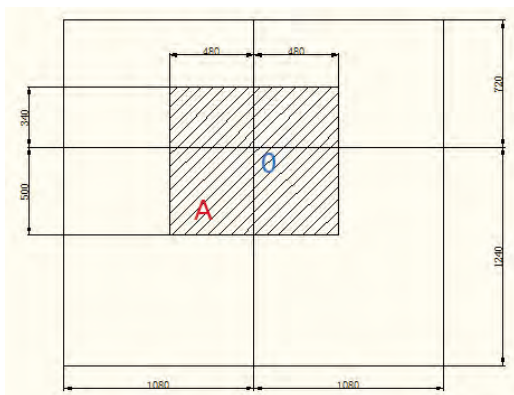


图2 显示器最佳识别区分析

3、操纵开关的选择与布置

操作者的操作通过操纵开关转换为信号输入机器,这一过程的主要动作是人与开关之间的交互,因此操作开关的选择与布置应符合人机工程学,以方便操作者在最舒适、反应最灵敏的空间内实现高效操纵。

(1) 操纵开关的选择。

根据输入信号性质的不同选择了不同形式的开关。如控制“开”和“关”两个动作时,选择了按钮或按键的形式;控制选择性信息的输入时,采用了系列相似按键的形式;控制可均匀变化的信号输入时,选择了旋钮开关。

(2) 操纵开关的布局。

对于一些需要精确调节的旋钮或滑块,本设计中尽量布置在最容易操控的区域,并且尽量接近被它控制的显示器。对于不同功能的操纵开关,按照操作的流程、顺序、重要程度和操纵频率等进行设计,适当利用线条、色彩等设计元素

予以分隔。数控机床上有部分开关功能特殊,起到安全警戒及紧急制动的作用,这部分开关设计时注意了颜色鲜亮、触手可及及接触面大的特点。

操纵开关的面板应与显示器紧密配合,一般操纵开关面板布置在显示器的下方,显示器显示的界面图标与操纵开关的外形、颜色应存在对应关系与逻辑关系。

根据操作者的认知与心理特点,操作者对界面布局与开关运动方向有一定的经验性认识,比如,旋钮开关,左旋为减少,右旋为增加;颜色显示时绿色为安全或运行中,红色为危险或停止中等。在设计操纵面板时注意常规经验与实际操纵的吻合,减少操作者误操作的可能性。

4、操作面板的安装高度设计

人体抬手操作的最佳高度受手的活动范围和肘部高度的影响,考虑到操作者操作控制面板的持续性与经常性,面板安装时要尽量选择较舒适的安装高度,有效避免疲劳。根据选取50百分位的人体数据进行分析,如图3所示,在视距D为500mm的情况下,将操作面板中心与地平面的高度定在1326mm~1520mm之间,同时,考虑车铣复合加工中心的操作面板以倾斜方式摆放,人在操作时身体会不自觉前倾,该高度可取合理范围内的偏低值。

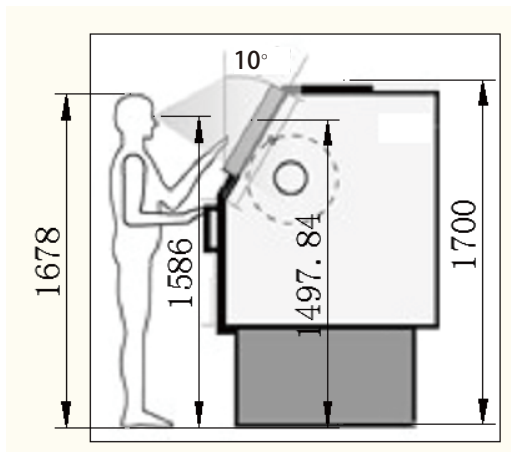


图3 面板的安装高度分析

四、设计实例分析与虚拟校验

1、设计实例简析

某车铣复合加工中心设计的操作面板如图4所示。这款操作面板整体布局清晰,通过区块对操作区域作了明确的划分,整体观感协调,重点突出。

面板在设计中注意多功能按键指向清晰。通过按钮上字的不同显示表现不同的输入状态，清晰明了；按操作动作划分了区域，其中按钮区与旋钮区分开可以有效降低误操作的几率；高频率使用或重要功能按钮设计明晰，如急停按钮以红色为主、黄色为底，分外鲜明，布置的位置位于左下角，既能快速找到又不容易误触。而绿色的启动按钮作为经常操作的按钮，则设计位于右手最容易达到的位置。

面板设计完成后在数字样机中进行了虚拟组装，面板中心离地高度 1497.84mm，倾斜角为 10°。



图 4 操作面板设计

2、基于 Manikin 进行人机虚拟校验

Creo Manikin 是 PTC（参数化公司）Creo 产品自带的人机分析模块。可以帮助设计者在产品开发过程的早期根据多个定量的人因、工作场所标准和准则测试设计方案。

Manikin 允许设计人员将虚拟人体模型添到产品的装配场景中，同时定义该模块提供的精确人体特征和力学特征，例如体态、视野、运动类型、力和舒适度等。可以针对一定性别和人种的基本数据对模特进行自由定义与操纵，帮助设计人员更好地了解产品与人（包括用户、销售者、安装者和维修者等）之间的关系。

Manikin 共包含人体模型放置、运动、视效、人机分析和任务分析五大功能模块，如图 5 所示。

在本例中，将通过插入人体模型、定义工作状态、视野与舒适度评价的流程为设计完成的数控机床控制面板进行校验。

（1）插入人体模型

在 Creo 环境中利用“插入人体模型”工具插入一个人体模型，模型名为“m_cn_50.asm”，即为中国男性 18~60 岁第 50 百分位的人体数据，其身高为 168cm，体重为 59kg，符合国标 GB1000-88 的规定。将该人体模型的站立平面（Stand On）设置为机床模型放置的地平面，并调整模型的面向正对机床，设置人体模型到机床的距离为最佳适合操作距离 800mm。

（2）定义人体模型的工作状态

通过定义手指的状态及到达包络，将人体模型设置为抬手操作面板的工作状态并制作快照，如图 6 所示。



图 6 插入人体模型

（3）舒适度分析

Manikin 可以分析机床操作员在一定姿态下手的操作舒



图 5 Creo 自带的 Manikin 模块

适度,也称为 RULA (Rapid Upper Limb Assessment) 分析,通过系统的得分计算判定,分析结果为 1~7 分,其中分数越小,舒适性越佳,1~2 分为较理想的分析结果。在本例中,操作人员右手操作面板的舒适度分析得分为 1 分,舒适性非常好,符合人机工程学要求。

(4) 视野与视觉窗口分析

车铣复合加工中心特殊的操作环境决定了良好的视野对于操作员观察面板、观察工件的重要性。Manikin 的视野分析功能是以人体模型的眼椭圆为基础,分别基于静态眼椭圆的视野范围和眼睛最大转动范围内的视野范围进行分析。本例中,操作员视野能有效覆盖面板主要控制范围,眼椭圆左右旋转能便捷切换到观察窗口,符合操作要求,操作员当前角度视觉窗口如图 7 所示。



图 7 视野分析

五、结论

本文分析了数控机床控制面板的设计思路,通过实例设计了一款车铣复合加工中心的控制面板并进行了虚拟安装,同时,也通过 CAD/CAM 软件的人机分析模块进行了校验,对面板的操作舒适性及人体视野范围进行了分析,得到了较理想的结果。

案例基于数字化样机设计分析的理念展开研究实践,对于其他数字化产品的人性化设计具有一定的参考意义。IM

《智能制造》杂志征稿通知

一、征文范围

1. 数字化设计与制造
2. 智能设计理论、方法及系统
3. 自动化与现代制造系统
4. 机器人技术及应用
5. 虚拟设计与虚拟样机
6. 网络化控制与制造技术
7. 绿色设计与绿色制造中的智能技术
8. 智能加工、智能检测与控制
9. 数字企业与数字化工厂
10. 制造系统建模、运行、控制、优化与调度
11. 先进制造模式与战略
12. 制造信息与知识处理
13. 数控技术与数字化装备
14. 现场总线与无线传感网技术

注:以上内容范畴供参考,围绕智能制造全领域,具体题目请自拟。

二、论文遴选、刊录出版和基本要求

1. 《智能制造》编辑部组织编委会有关专家,对投稿进行审查、遴选,择优刊登。审查遴选期限为自编辑部收到稿件后的三个月。对于刊登的论文,编辑部提供正式录用通知。

2. 论文内容必须是作者未正式发表过的研究成果,论文主题与智能制造相关,投稿作者须恪守学术道德规范,文责自负,严禁一稿多投及中途撤稿。论文字数 4000~7000 字。

3. 论文应包括以下项目:论文题目;作者简介(200 字以内,包括姓名、工作单位、通信地址、电话、手机、电子信箱等);中文摘要、关键词、标题和正文、参考文献。

编辑部投稿联系方式

联系人:张友苹

联系电话:010-68993880-293

邮箱:imchina@idnovo.com.cn