

印包机械人机交互关系设计原则探讨

周莹, 虞世鸣

上海大学机电工程及自动化学院, 上海 (200072)

摘要: 印包机械的人机交互关系设计是印包机械设计中的薄弱环节, 我国印包机械在国际市场上缺乏竞争力, 究其原因, 主要是产品设计过程中忽视了人和机器的协调关系。本文分析印包机械的特点及其人机交互关系, 将人机交互设计相关理论应用到印包机械的设计中, 探讨印包机械人机交互关系设计原则。

关键词: 印包机械, 人机交互, 工业设计, 切纸机

1. 引言

随着经济的快速发展, 作为与国民生活联系紧密的印刷包装行业也在不断发展, 迎来了前所未有的机遇。而我国印包机械在国际市场上缺乏竞争力, 究其原因, 主要是产品设计过程中过多注意了高技术的应用和产品的多功能性, 而忽视了人和机器的协调关系。人机交互设计的应用研究, 越来越受到各印包机械企业的重视, 其意义和作用不仅在于提升产品外在形象、完善产品使用性能, 而且可以显著提高操作人员的工作效率, 切实提高产品的核心竞争力。本文针对印包机械的功能和操作特点, 将人机交互设计理论应用到印包机械的设计中, 探讨印包机械人机交互关系设计原则。

2. 现代印包机械的概念与特点

2.1 现代印包机械的概念

印包机械是印刷机械与包装机械的统称, 印刷机械 (printing machinery) 是印刷文字和图像的机器; 包装机械 (packaging machinery) 是指能完成全部或部分产品和商品包装过程的机械。

其中印刷机械分为三种类型: 印前设备、印中设备、印后设备。印前设备用来完成设计、制作、排版、出片等前期工作, 常见的印前设备有制版机、晒版机、显影机、烤版机、打样机等; 印中设备指进行印刷成品的设备, 以平版印刷、凹版印刷、柔版印刷、凸版印刷、孔版印刷 5 大印刷方式为龙头, 常见的有柔印机、轮转印刷机、胶印机、丝印机、网印机、烫印机等; 印后设备进行印刷后期裁切、覆膜、模切、糊袋、装裱等工作, 常见有折页机、装订联动机、切书机、切纸机、烫印及模切机等。

2.2 现代印包机械的特点

在印包机械行业飞速发展的大背景下, 现代印包机械呈现以下几个特征:

(1) 机构复杂, 多为中型或大型设备。

印包机械结构复杂, 基本上覆盖机械领域各种机构, 包含回转、直线、曲线、间歇等多种运动形式。由于包装、广告等大幅面印刷品的需要, 印包设备尺度越来越大, 还包含输纸、递纸、收纸等多种辅助装置, 因此多为大中型系统。

(2) 自动化程度高, 控制系统多。

现代印包机械自动化程度高, 基本实现从纸张搬运到印刷结束整个印刷过程的自动化, 一台机器只需一两个操作人员进行操作已经成为现实。自动化程度的提高在减少操作人员的数量、降低成本的同时也为印包机械增加了很多控制系统, 操作人员与印包机械的人机交互主要集中在控制面板、控制装置。

(3) 定制设计、模块化的设计理念。

现代印包机械大多可以根据用户要求, 定制设计印刷方式, 针对不同印刷品的特殊要求可以选择不同印刷方式的组合, 以达到最佳的印刷效果。如多功能轮转印刷机可以选择胶印和柔印的组合, 其中胶印和柔印机组的位置, 也可以按需而定。另外, 早先轮转机的滚筒周长是不可改变的, 在印刷不规则尺寸的业务时, 难免造成材料的浪费, 现代多功能轮转机使用套筒技术或插件技术的模块化思想, 满足不同尺寸印件对印刷机的要求。

3. 印包机械人机交互关系探讨

3.1 印包机械的人机交互关系概述

一般而言, 人机交互分两种情况: 一种指 human-computer interaction, 指用户与计算机系统之间的通信关系, 另一种是 human-machine interaction, 指用户与机器之间的通信关系。从广义来说, 人机交互是指人与“含有计算机的机器”之间的交互, 以一定的符号和动作来实现。本文涉及的人机交互是广义上的交互, 包括整个机器的硬件设施。

人机交互设计是一门多学科交叉的工业设计学科, 它研究的核心问题是不同的作业中人、机器、环境三者间的协调, 研究方法和评价手段涉及心理学、医学、人体测量学、美学和工程技术的多个领域, 研究的目的是通过各学科知识的应用, 来指导工作器具、工作方式和工作环境的设计和改造, 使得作业在效率、安全、健康、舒适等几个方面的特性得以提高。

人机交互设计强调“以人为中心”的设计思想, 在设计的过程中会综合考虑人的各种因素, 包括生理和心理上的感受。进行印包机械人机交互设计时, 需深入分析研究人体尺寸、人体结构、肢体活动范围、视野范围、人审美需求等, 利用上述研究成果可以使印包机械在其外观造型、操纵装置、信息显示装置等方面得到合理布局, 为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

3.2 印包机械的人机交互的一般方式

印包机械的人机交互关系主要都是通过人的感觉器官来实现, 分为: 视觉交互、触觉交互、听觉交互、嗅觉交互; 两两一起作用的交互如视触觉交互、视听觉交互、触听觉交互; 以及三者共同作用的交互即视触听觉交互^[1]。各种交互方式及相关内容见表 1。

表 1 各种交互方式及相关内容

交互组合形式	细化	表现内容	实例	应用程度
	色彩	颜色、明暗等	信号灯	

单一感官	视觉	图形符号	文字、图形、符号等	各种警告标志	高
		运动状态	运动、停止、方向等	机器故障停止运转	
	触觉	直接接触	人与物体直接接触	手与操作杆之间交互	高
		间接触觉	人通过感知系统感知	人体感知室内温度	
	听觉	无	人通过耳朵交互	警报声	高
嗅觉	无	人通过鼻子交互	线路烧毁发出气味	低	
两类感官	视觉+触觉	无	视觉与触觉共同作用	电脑文字输入	一般
	视觉+听觉	无	视觉与听觉共同作用	带有声响的信号灯	一般
	触觉+听觉	无	触觉与听觉共同作用	带有声响的按键	一般
多类感官	视觉+触觉+听觉	无	视觉、触觉与听觉共同作用	带有声响的电脑输入按键	低

从表中可以看出,视觉、触觉、听觉单一感官交互的应用程度最高,视觉、听觉、触觉两两交互的两类感官交互的应用程度次之,因此印包机械的人机交互关系中印包机械的操作者与色彩的交互;操作者与控制面板的交互;操作者与操纵装置的交互;操作者与控制台、控制柜的交互等是进行印包机械的人机交互设计的研究重点。

4. 大型切纸机人机交互设计原则研究

4.1 切纸机的基本原理

切纸机,是裁切机械的一种,使用范围广泛,可以用于对纸张、皮革、塑料、纸板等材料的裁切是一种通用设备,几乎每个印刷企业都要配备,因此切纸机在印包机械产品中占有重要的地位。如图 1 所示,切纸机主要由主机(亦称龙门)、工作台、推纸机构、压纸机构、裁切机构等组成。切纸机的工作台要求平面精度高,刚性好,保证推纸运行平稳,受冲击不位移,确保裁切精度。推纸器既可推送纸张,又可用作定位的后挡规,后挡规的作用是在裁切之前调正纸的位置,将纸准确定位在切刀下方;压纸器将定位的纸张压紧,可避免刀片下切时出现移动而造成误差,保证在裁切过程中不破坏原定位精度;裁切机构用来裁切纸张,刀条常用硬木或塑料制成,可保护刀刃,并保证完全切透纸张。

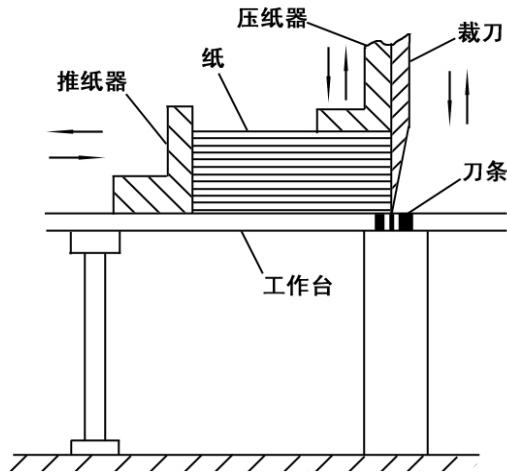


图1 切纸机主要结构图

4.2 切纸机人机交互设计原则研究

切纸机包括主机架、副机架、工作台、压纸器部件、裁切传动部件、送纸部件、气垫装置、安全保护装置、数字显示部件、液压系统和电器系统等部分。图2为FQZX系列切纸机外型图。

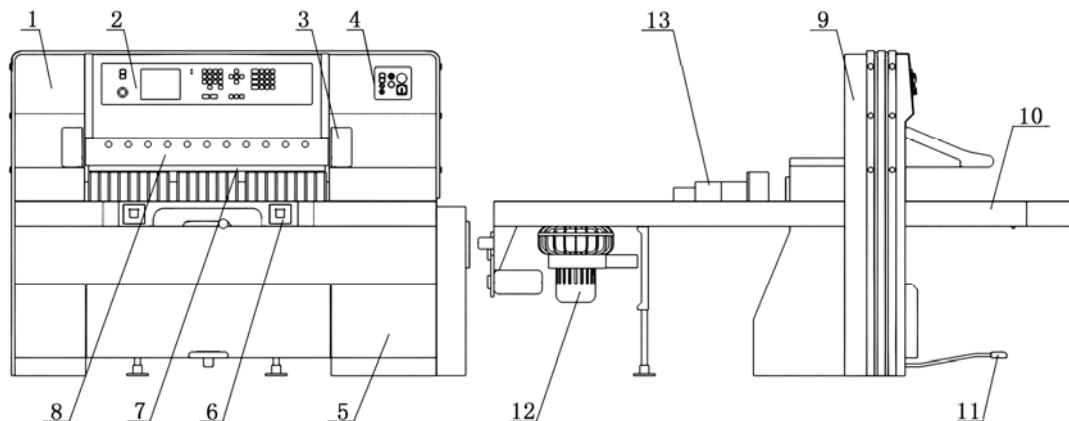


图2 FQZX系列切纸机外型图

1. 副机架 2. 电脑操作面板 3. 光电保护装置 4. 开关面板 5. 液压系统 6. 双手联动保护装置 7. 压纸器 8. 刀床 9. 主机架 10. 主工作台 11. 脚踏板 12. 气泵 13. 推纸器

经过上文分析，可以知道切纸机与操作人员之间的人机交互设计主要包括四方面：色彩设计、控制面板设计、工作台设计、操纵装置设计，这四个方面的切纸机人机交互设计的研究重点。

4.2.1 切纸机的色彩设计

印包机械色彩设计首先应适应人的各种活动和审美要求，提高工作效率，保障安全生产。印包机械的使用人员大多为高水平操作人员，同时需考虑到操作人员通常为长时间工作，色彩必须给操作人员以安全、稳定、舒适的感觉。因此，进行切纸机色彩设计时可以注意以下几点：

(1) 主体应采用纯度较低的冷色调，如浅灰色、淡蓝色、浅黄色等，给人以可靠、亲

近、稳定之感，也有助于放松眼睛、松弛神经，保障操作人员在长时间工作时不产生视觉疲劳感。

(2) 采用两色搭配或三色搭配处理，采用大面积冷色调与小面积明度较高的色彩组合设计，使切纸机整体更具现代感，使操作者的视觉更为舒适，心理上产生平静、安稳之感。

(3) 上部应施以明度高的轻感色，下部施以明度低的重感色，这种上轻下重、上明下暗的处理可以增强切纸机整体稳定感。

(4) 可以在细节处或重要功能部件处配以高明度、明快的色彩，但它的面积要小而清晰，以保持主色调的力度和整体统一的风格。

(5) 可以采用有效的肌理以及表面质感增添整体活力，危险处加以安全色彩标志以示警戒等。

4.2.2 切纸机的操作面板设计

控制面板是操作者用来控制切纸机运动状态的工具，是切纸机运行性能和状态反馈的主要途径。控制面板包含两部分：显示器和操作按键。操作者对显示器的观察十分频繁，观察的姿势受显示器的高度、角度等的影响，因此控制面板的设计是切纸机人机交互设计中需要把握的重点之一。

在设计切纸机的控制面板时，应当注意操作者为站姿作业，操作者视水平线以上 10° 至以下 30° 的范围为人体站姿最佳视野，一般在视水平线至以下 30° 的主要显示区域内设置控制面板。为了防止颈部疲劳，面板的倾斜角度一般在 0° 至 10° 范围内。操作者与控制面板人机交互具体尺寸如图 3 所示。

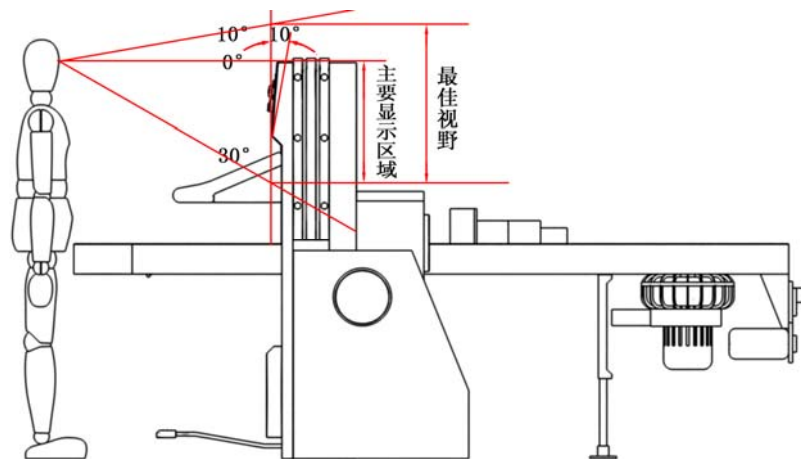


图 3 操作者与控制面板人机交互关系图

4.2.3 切纸机的工作台设计

站姿作业时，作业面高度是重要因素之一，作业面如果太低，则背部过分前屈；如果太高，则必须抬高肩部，超过其松弛位置，引起肩部和颈部的不适。作业面高度的确定应该遵从下列原则：

- 1) 任何场合都不应使小臂上举过久。
- 2) 不应使脊椎过度屈曲。
- 3) 不同性质的作业，作业面的高度不同。

图 4 为三种不同作业面的推荐高度。图中零位线为肘高，我国男性肘高均值为 1020mm，女性为 960mm。从图 4 可知，精密作业、一般作业、重荷作业三种情况下，男性、女性作业面高度范围。由于切纸机操作者需要经常移动、搬运纸张，属于重荷作业，因此一般将切纸机工作台距地面高度设计为介于 750-960mm 之间。

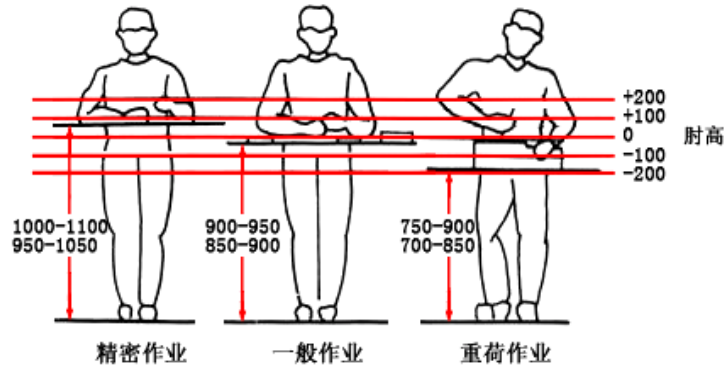


图 4 站姿作业面高度与作业性质关系图

同时，正常作业时作业者应该能在小臂正常放置而上臂处于自然悬垂状态下舒适的操作。如图 5 所示，作业者正常作业区域为：以左右肩为轴心，半径为 394mm 的区域；最大范围工作区域为：分别以左右肩为轴心，半径为 508mm 的区域，最大横向区域为 1500mm。由于切纸机进行裁切动作时，操作者手部不能处于刀床范围内，因此工作台前部伸出长度应超过最大范围工作区域^[2]。

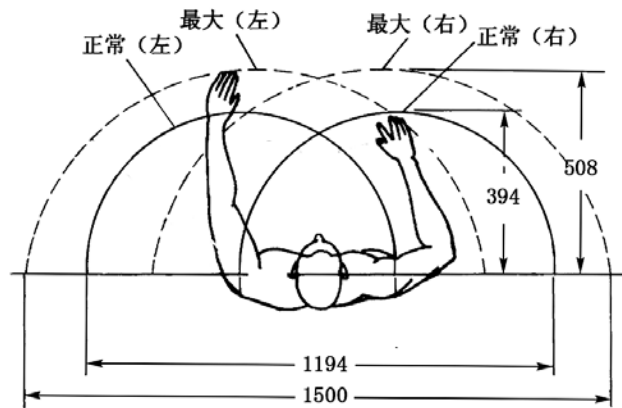


图 5 水平作业面的工作区域尺寸图

根据上面操作者与工作台人机交互关系的分析，可以得出切纸机适合的人机交互尺寸为：工作台距地面高度介于 750-960mm 之间；根据切纸机的型号不同，一般门幅宽度 < 1150mm 的型号的切纸机，工作台前部伸出长度 ≥ 500 mm；门幅宽度 ≥ 1150 mm 的型号的切纸机，工作台前部伸出长度 ≥ 600 mm，如图 6。

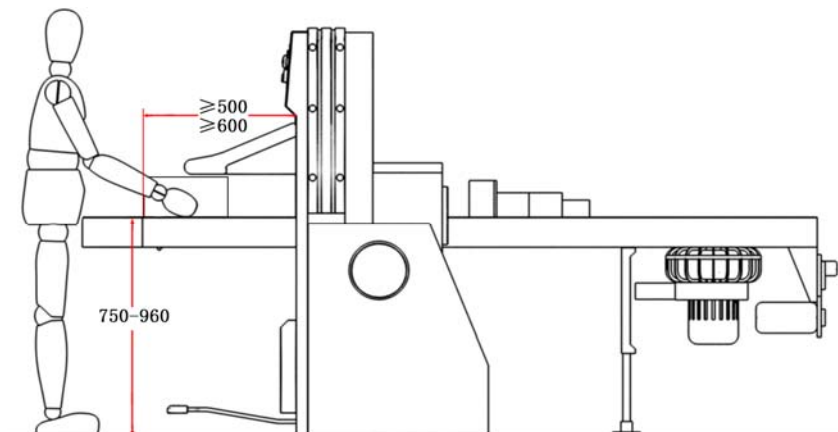


图6 操作者与工作台人机交互关系图

4.2.4 切纸机操纵装置设计

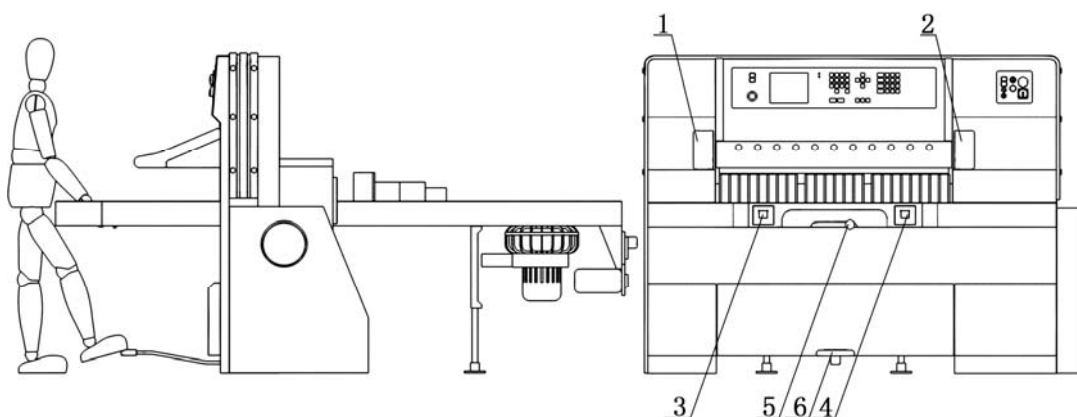


图7 操作者与操纵装置人机交互关系图

1. 左光电保护装置 2. 右光电保护装置 3. 左双手联动操作装置 4. 右双手联动操作装置
5. 手动调节装置 6. 脚踏板

如图7所示，切纸机的操纵装置主要包括双手联动操作装置、踏脚板和光电保护装置。双手联动操作装置要求两个按钮同时被按下，否则切刀电机不会动作，这可以保证操作人员在刀床进行裁切动作时双手都远离刀床；踏脚板主要用于脚踏压纸操作，踏下脚踏板使压纸千斤快速下移和增压；光电保护装置的光束受到人体遮挡时，裁切循环立即中断，只有重新启动，机器才能继续运行裁切循环。为了保障刀床在执行裁切动作时，人体特别是手部远离刀床，根据 GB/T20956-2007《切纸机设计及结构安全规则》中规定：光电保护装置的保护范围不应<610mm,即光电保护装置的最远光束距离刀床应 $\geq 610\text{mm}$ ，相关尺寸如图8所示。

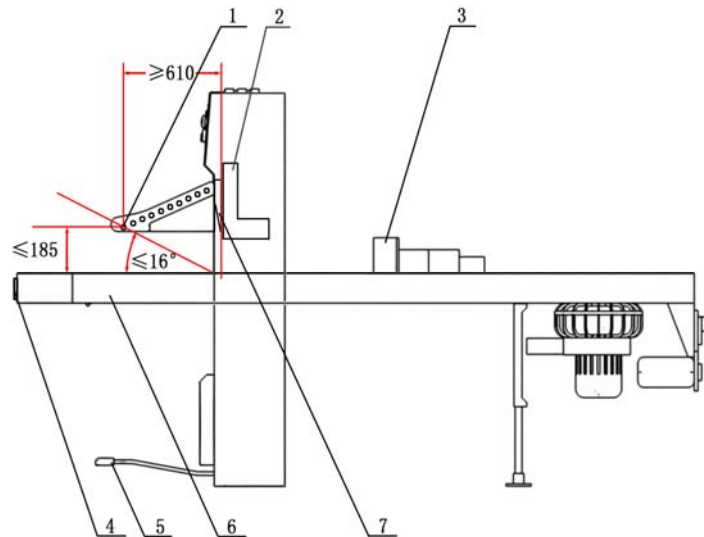


图8 光电保护装置相关尺寸

1. 光电保护装置光束 2. 压纸器 3. 推纸器 4. 双手联动操作装置 5. 踏板 6. 工作台 7. 刀床

5. 印包机械人机交互关系设计原则探讨

通过上述分析，印包机械人机交互关系设计原则如下：

(1) 印包机械的人机交互关系中印包机械的颜色；操作者与控制面板的交互；操作者与操纵装置的交互；操作者与控制台、控制柜的交互等是进行印包机械的人机交互设计的研究重点。

(2) 印包机械的色彩使用应综合考虑产品语义、使用场地、使用人群、人机交互、品牌等综合因素。通常采用两色搭配或三色搭配处理，采用大面积冷色调与小面积明度较高的色彩组合，冷色调稳定、可靠，有助于放松眼睛、松弛神经，在长时间工作的情况下也不会产生视觉疲劳。其次，可以通过“上轻下重、上明下暗”的处理增强整体稳定感，上部施以明度高的轻感色，下部施以明度低的重感色，体现印包机械高强度、高刚度的力量美感。另外，操作部件及重要区域可以采用明快的色彩，但它的面积不宜过大，保持主色调的力度和整体统一的风格。

(3) 印包机械的人机交互要达到使产品具有“舒适+有效+美”的理想目标，首先要考虑的，是操作的安全性问题。操作此类中型、大型设备，操作人员稍一疏忽，导致的后果有可能是致命的。其次，长时间的作业容易产生操作误差，有关的人机交互装置等必须位于使用者正常的作业空间范围内、符合人体适宜的工作尺寸，使操作者处于舒适、准确和高效的工作状态。另外，印包机械使用环境相对封闭和嘈杂，因此人机交互要使操作者在操作时心情舒畅，效率才能得到提高。

(4) 手操作部件既要考虑外观造型也要考虑其所处位置。如把手、按钮、操纵装置等，应处在手抓握和操作的最佳范围内，并尽量使手腕保持自然状态，手与小臂处于一条直线上，避免因手腕弯曲而引起肌肉静态过度疲劳；工作台、控制台等尺寸设计，应保证作业者能在小臂正常放置而上臂处于自然悬垂状态下舒适的操作，不会因为长时间作业产生疲劳感。

(5) 眼睛观察的部件如观察窗、控制面板等, 其高度和大小应处于人体最佳视野范围内, 保证操作者方便观察; 为了防止颈部疲劳, 控制面板可以有所倾斜, 倾斜角度一般在 0° 至 10° 范围内。

6. 总结

印包机械作为大型的机电产品, 与数控机床、工程机械等一样是构成制造业的重要组成部分, 我国要加强制造业的发展, 就要提高产品的国际竞争力, 不仅要从产品的技术、功能着手, 还要重视产品的工业设计, 重视产品使用中的人机交互关系的协调性。工业设计是印包机械企业创新与发展的新途径和方向, 是提高产品附加值的有效手段, 是继科技竞争之后的第二次竞争手段^[3]。

参考文献

- [1]高炼英, 虞世鸣. 制造业装备人机关系设计原则探讨 [EB/OL]. <http://www.paper.edu.cn>, 2008.4.
- [2]丁玉兰. 人机工程学 [M]. 北京理工大学出版社, 2005.7
- [3]周莹, 虞世鸣. 现代装备制造业产品特点及产品形态工业设计探讨 [EB/OL]. <http://www.paper.edu.cn>, 2007.7.

Research on the principles of painting and packaging machinery human-machine interaction design

Zhou Ying, Yu Shiming

Department of Mechanical Engineering and Automatism, Shanghai University, Shanghai, PRC
(200072)

Abstract

Human-machine interaction of painting and packaging machinery is the weakness of painting and packaging machinery design. The reason of the domestic products lack competitive power in international market is that the man-machine interaction design is neglected. This paper studies characteristics and human-machine interaction of painting and packaging machinery, applies the theory of human-machine interaction to painting and packaging machinery design, and explores the principles of painting and packaging machinery human-machine interaction design.

Keywords: *painting and packaging machinery, human-machine interaction, industrial design, paper cutter*

作者简介: 周莹, 女, 1984年生, 硕士研究生, 主要研究方向是装备制造业产品工业设计。