

文章编号: 1003-2843(2007)05-1136-05

# 基于人因工程的纳米铁粉生产线人机界面设计

黄梅萍<sup>1</sup>, 汪贤裕<sup>1</sup>, 孙惠玲<sup>1</sup>, 张静<sup>2</sup>

(1. 四川大学工商管理学院, 成都 610064; 2. 西南财经大学工商管理学院, 成都 610074)

**摘要:** 综合运用人因工程的理论和技术, 对纳米铁粉生产线的操作流程进行研究, 建立了标准的人机操作界面, 实现了降低成本、提高效率、以及安全、健康、舒适的目标。

**关键词:** 工作设计; 人机界面设计

**中图分类号:** TB18

**文献标识码:** A

## 1 引言

人因工程学<sup>[1]</sup>(Ergonomics)是研究人、机器及环境三者之间相互联系、相互作用的学科, 设计覆盖很广的领域, 从人工智能、语言学, 到心理学、社会学等, 是一门交叉性、边缘性、综合性的学科. 其设计对象是人机界面, 人机界面的设计直接关系到操作人员的操作效率和准确性. 好的人机界面美观易懂, 操作简单且具有引导功能, 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.

人机界面<sup>[2]</sup>HCI(或称人机交互 Human-Computer Interaction)是人与硬件、软件的交叉部分, 是用户与机器互相传递信息的媒介, 其中包括信息的输入和输出, 又称控制面板. 它通过显示器向操作者传递机器的信息, 再通过控制器向机器发布信息指令. 因此控制面板的设计主要包括了显示器和操纵器的选择、布局及控制面板的整体布局设计. 在流程工业<sup>[3]</sup>中, 显示器和控制器的选择和设计由生产工艺流程本身所确定, 因此, 本文暂不讨论显示器和控制器的具体选择设计过程, 而只着重研究控制面板整体的布局设计问题.

## 2 人机界面设计

该纳米铁粉生产的工艺流程划分为工艺气体工段、工艺水工段、原料精制工段、反应工段、过滤洗涤工段、干燥热解工段和表面处理及产品包装工段. 由于流程工业的特点, 该纳米生产线自动化程度较高, 只有原料精制工段、反应工段、过滤洗涤工段需要工人进行辅助操作. 同时, 对于连续型生产企业, 其具体的操作方法必须是规范并且是固定的. 也就是说, 对于这些需要工人进行辅助操作的工段, 工人的操作只要按照操作说明书上进行开关的开和关就可以了.

而在具体的工作方法中, 各阀门的开关均是通过控制面板的操作来完成的. 因此, 需要对原料精制工段、反应工段、过滤洗涤工段这三个工段的控制面板进行设计, 以利于工人有效率的操作, 提高操作的准确性和规范性, 避免人为失误, 降低生产过程中的危险性.

### 2.1 按钮选择及设计

在本系统中, 我们将控制面板设计为按钮形式.

按钮是在一个方向操作的控制器. 按钮有三种类型: 闭锁式(按一开, 断一开); 瞬时式(按一开, 断一关); 间歇式(按一开, 按一关). 我们用到的是间歇式按钮(按一开, 按一关).

按钮尺寸的大小, 主要限制因素是手指的大小, 一般食指按钮直径为 10—20mm; 拇指按钮为 30mm; 手掌按钮为 50mm. 因手指较敏感, 因此按钮的阻尼力应较小, 而不要经过抛光处理, 这样可以减少光反射, 能和手指有良好的接触. 一般食指按钮阻力不小于 2N; 手掌按钮则不大于 50N. 因此, 我们设计按钮尺寸为 20mm, 突出键盘

收稿日期: 2007-04-21

**作者简介:** 黄梅萍(1982-), 女, 福建福州人, 四川大学工商管理学院管理科学与工程硕士研究生; 汪贤裕(1947-), 男, 江苏苏州人, 四川大学工商管理学院教授, 博士生导师, 主要研究方向为管理科学.

面高度为 5mm, 升降行程为 4mm, 不经过抛光处理, 按钮面略带凹形键标字符的设计应易识别, 并规定操作者用食指按压, 按压后并伴随轻微的咔嚓声来揭示, 既能帮助操作者感到输入是否成功, 又能避免用户用力过大形成震动, 避免损伤. 此外, 键盘还应具有防水、防尘等性能.

在按钮编码方面, 我们以 F 开头的按钮表示阀门开关, 以 1、2、3 开头的按钮分别表示原料精制工段、反应工段、过滤洗涤工段涉及到的阀门; 以 N 开头的按钮表示用于控制温度的控制开关; 同时, 我们规定以 F 开头的按钮用白色方形键, 而以 N 开头的按钮用黑色圆形键加以区分.

在一个人机系统中, 往往有多个控制器, 因此, 就存在着控制器合理布置的问题, 而控制器的布局遵循以下原则: 功能性原则、重要性原则、使用逻辑性原则、频度原则、路线最短原则、安全性原则. 本文着重对工人的操作控制面板进行研究, 按照上述原则布置控制器, 尽可能形成一定的“功能组”, 提高操作者操作的准确、迅速、安全性, 减少紧张和疲劳. 同时也应该考虑到操作者的生理、心理、人体解剖和用力等特性.

## 2.2 控制面板布局设计

因在化工企业中, 浸泡池、储液罐、反应塔等多为圆柱体, 因此为了便于工人识别操作, 将控制界面设计为矩形. 另外, 为了与厂房整体布局相协调, 给人以安静、稳定、祥和、舒适的感觉, 将界面设计为灰白色. 同时, 按钮与背景色均为非彩色系色彩<sup>[4]</sup>, 从视觉上更为和谐. 另外, 由于流程工业的操作的规范性, 我们只对生产线在一个连续生产周期(即 8 个小时)内对各按钮使用率方面进行统计. 下面, 将分工段对其控制界面进行讨论.

### 2.2.1 原料精制工段控制界面设计

首先: 该工段涉及到 F101、F102、F104、F105、F106、F107、F108、F109、F110、F111、F112、F113、F114、F115、F116、F117 十六个按钮, 因此将控制面板划分为四排, 每排有四个按钮, 以保持其美观.

其次: 通过对生产线在一个连续生产周期(8 个小时)的统计, 得各阀门的使用频数及频率, 进而得到相应按钮的频数及频率见表 2.

表 2 原料精制工段各个按钮的频数及频率统计

阀门名称	频数	频率
F101	6	5%
F102	6	5%
F104	10	8.333%
F105	10	8.333%
F106	10	8.333%
F107	6	5%
F108	6	5%
F109	10	8.333%
F110	10	8.333%
F111	10	8.333%
F112	6	5%
F113	6	5%
F114	6	5%
F115	6	5%
F116	6	5%
F117	6	5%
合计	120	100%

由于 F104、F105、F106、F109、F110、F111 使用的频率是最高为 8.333%, F101、F102、F107、F108、F112、F113、F114、F115、F116、F117 使用频率为 5%, 频率稍低. 因此, 根据频度原则, 将频率高的按钮安排在控制面板的前两层, 而频率低的按钮安排在控制面板的后两层.

再次: 从操作方法中得出, F104 与 F08、F105 与 F109、F106 与 F110、F107 与 F111、F112 与 F113、F114 与 F115、F116 与 F117、F101 与 F102 经常成对出现, 关系密切. 因此, 根据路线最短原则, 将它们成对布置, 并用黑色线连接表示其密切关系.

最后：根据使用逻辑性原则，即按工作程序先后，依次排列。将 F104、F105、F106、F107 布置在控制面板的第一排，F108、F109、F110、F111 布置在控制面板的第二排，这样的布置也与设备图中的布置相一致，方便工人理解和记忆。将 F112、F113、F114、F115 布置在控制面板的第三排，F116、F117、F101、F102 布置在控制面板的第四排。具体布置图如图 5。

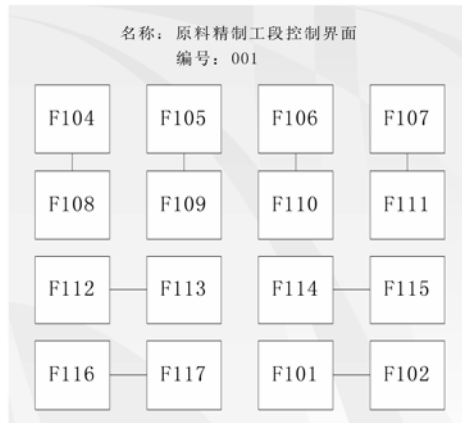


图 1

### 2.2.2 反应工段控制界面设计

第一步：该工段涉及 F118、F201、F202、F203、F204、F205、F206、F207、F208、N1、N2 十一个按钮，为了使界面更加美观，将控制面板划分为四排，其中两排各有四个按钮，还有一排有三个按钮。

第二步：由于化工企业的特性，对温度的控制要求严格，因此，N1、N2 对于实现系统的目标来讲，是非常重要的。根据重要性原则，将其布置在面板的左上角，以便引起工人的重视。

第三步：由于 N 开头的按钮与 F 开头的按钮功能不一。因此，根据功能性原则，将 N1、N2 集中排列，而将 F118、F201、F202、F203、F204、F205、F206、F207、F208 集中排列。

第四步：通过对生产线在一个连续生产周期(8 个小时)的统计，我们得出各按钮的使用频数及频率如表 3 所示。

表 3 反应工段各个按钮的频数及频率统计

阀门名称	频数	频率
F201	1	5%
F202	2	10%
F203	2	10%
F204	2	10%
F205	2	10%
F118	2	10%
F206	2	10%
F207	2	10%
F208	1	5%
N1	2	10%
N2	2	10%
合计	20	100%

从表 3 可知，除了 F201 与 F208 之外，其他按钮的使用频率都一样，为 10%，即按钮在使用频率方面差异并不大。因此，该控制界面大体上按照使用逻辑性原则来布置，即按按钮的使用先后顺序排列。

第五步：由操作方法可知，F202、F203、F204 的操作联系紧密，F206、F207 的联系比较大。因此，根据路线最短原则，将其安放在一起。同时，为了使控制界面更为直观地反映出各个按钮的紧密性，可用黑色线将这些键连接起来。布置图如图 2。

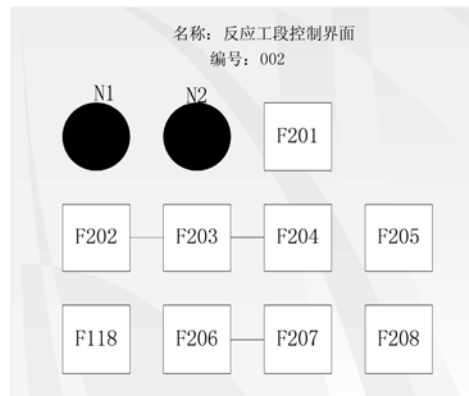


图 2

### 2.2.3 过滤洗涤工段控制界面设计

首先：该工段涉及 F207、F208、F301、F302、F303、F304、F305、F306、F307、F308、F309 十一个按钮，也将控制面板划分为三排。

其次：通过对生产线在一个连续生产周期(8 个小时)的统计，可得每个按钮使用频数及频率。见表 4。

表 4 过滤洗涤工段各个按钮的频数及频率统计

阀门名称	频数	频率
F207	1	3.333%
F208	1	3.333%
F301	4	13.333%
F302	4	13.333%
F303	2	6.667%
F304	4	13.333%
F305	2	6.667%
F306	2	6.667%
F307	4	13.333%
F308	4	13.333%
F309	2	6.667%
合计	30	100%

由上表可知，F301、F302、F304、F307、F308 的使用频率为 13.333%，而 F303、F305、F306、F309 的频率为 6.667%，F207、F208 的频率为 3.333%。因此根据频度原则，将 F301、F302、F304、F307、F308 安放在控制面板的第一排，F303、F305、F306、F309 安放在控制面板的中间排，将 F207、F208 安放在控制面板的最后一排，布置图见图 3。

再次：按照使用逻辑性原则，F303 的使用先于 F304，因此 F305、F306 的使用先于 F307、F308。因此，可将 F303 放到第一排，而将 F307、F308 置于 F305、F306 之后，放于第二排。同时，为了保持整个界面的美观，将 F309 放置于第三层，并用黑色线条将 F302 与 F303、F306 与 F307 与 F308、F207 与 F208 连接起来，得最终控制界面如图 4。

### 2.3 控制面板空间位置设计

控制面板的设计既要使操作者能方便、迅速、准确地观察到各种信息，又要符合人的人体测量尺寸及生理、心理特性，使操作者在工作时处于舒适的操作状态。为尽量减少操作者的疲劳度，在躯干处于不动的前提下，考虑手的活动范围。图 5 所示为人在站立时，躯干不动，手臂在正前方向的活动范围，大圆弧为手臂的最大作业范围，在这个范围内操作时，静力负荷较大，长时间在这种状态下操作很容易产生疲劳。在小圆弧表示前臂的正常作业范围，而阴影区表示最有利的作业范围，操作者在这个范围内工作时，不容易产生疲劳，同时也有利于提高工作效率。



图 3

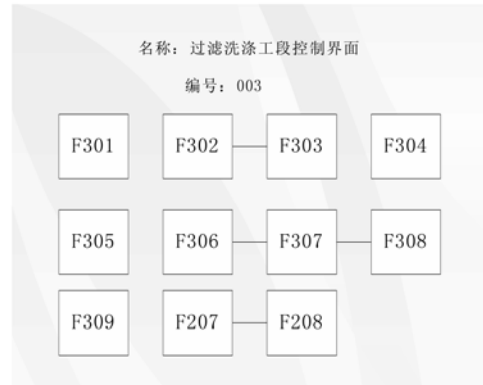


图 4

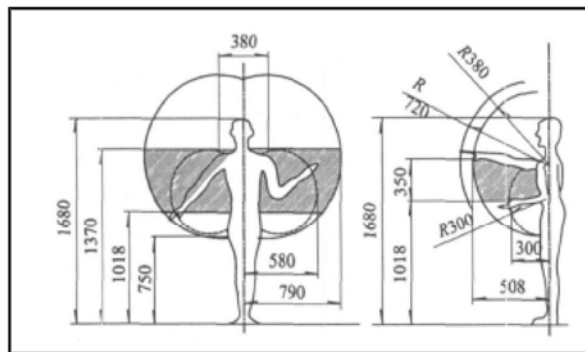


图 5

### 3 结论

人机工程作为一门交叉学科愈来愈切实地影响到设计、生产、研发等部门,它倡导健康、安全、舒适的工作和生活方式,为各种现代制造提供理论依据. 本文综合运用人因工程的理论与方法,对纳米铁粉生产线的操作流程进行了研究. 通过实地观察工人的操作流程情况,为操作人员设计了操作简单、易学、易掌握且界面美观的控制界面如图 1、图 2、图 3、图 4,使工人的操作更有效率,降低了工人现场操作的危险性和错误率,也有利于实现人机系统的优化,以提高操作者的工作满意度,提高操作者对工作的热情,进而达到提高生产率、降低成本的目的. 但系统在设计完之后,应该结合显示器和控制的选择设计,对其进行试运行和评价,在达到最优后,方能投入生产使用.

#### 参考文献:

- [1] [美]尼贝尔,弗赖瓦尔兹.方法、标准与作业设计[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [2] 王冬,王继成.人机工程学在印刷机械中的应用[J].工业设计,2006,12(33):54-57.
- [3] 胡春,李平.连续工业生产与离散工业生产MES的比较[J].化工自动化及仪表,2003,30(5):1-4.
- [4] 李亮之.色彩工效学与人机界面色彩设计[J].人类工效学,2004,10(3):54-57.

## The human-machine interface design of the iron ultra-fine powder production line

HUANG Mei-ping<sup>1</sup>, WANG Xian-yu<sup>1</sup>, SUN Hui-ling<sup>1</sup>, ZHANG Jing<sup>2</sup>

(1.School of Business Administration, Sichuan University, Chengdu 610064, P. R. C.;

2. Southwest University of Finance and Economics, Chengdu 610074, P. R. C.)

**Abstract:** This paper applies the theories and techniques of human factor engineering and builds up the standard work methods and human-machine interface of the iron ultra-fine powder production line. In this way, the target of low cost, high efficiency, safety, health and comfort will be carried out.

**Key words:** work design; human-machine interface design