

# 工效学在电子衡器设计过程中的应用

□山东金钟科技集团股份有限公司 刘允波

**【摘要】**工效学包括人体科学、劳动科学和技术科学，工效学是关于人的、多学科的、实践性很强的科学。文章从电子衡器的承载器、称重指示器、控制柜、操作台等方面简单介绍了工效学的相关知识，以及操作环境与操作人员在工效学理论设计过程中的应用。

**【关键词】**工效学；电子衡器；设计；应用

## 引言

工效学是将人、研究对象和环境之间的相互关系、协调性和人性化联系起来，以期达到安全、健康、舒适和工作效率的最优化。其主要目的有三个：第一，使人工作的更有效；第二，使人工作的更安全；第三，使人工作的更舒适。

工效学起源于欧洲，形成于美国，也称人类工效学或人机工程学，是指综合运用生理学、心理学、卫生学、人体测量等相关知识，研究生产系统中人、机器和环境之间相互作用的一门边缘科学。其通过对作业中人体机能、能量消耗、疲劳程度、环境与效率关系的研究，科学地进行作业环境、设施与工具的设计，确定合理的操作方法，从而提高工作效率。

工作效能的研究虽然是管理工程学的范畴，但在机械工程和电气工程设计过程中也应引起足够的重视。良好的人-机-环境系统有助于减少操作人员失误的客观因素，并有利于预防和减少由于主观因素或社会性因素造成的失误。

## 1 工效学在电子衡器设计过程中的应用

在电子衡器产品的实际设计过程中，由于多数设计人员把产品的功能性及工艺性作为设计重点，而对后期产品的可操作性和可维护性考虑较少，造

成在使用过程中需要操作维护人员去适应产品的某些不合理设计，大大影响了用户的使用体验度，甚至影响了产品的实际使用效果。

因此，在电子衡器的设计过程中，若能够充分考虑工效学相关知识，把人、工作现场环境、硬件（工具、设备及工作场所）的设计与人的体力、体形和操作习惯联系起来，就可以使电子衡器更适合于操作人员，更易于生产制造、操作和维护，减少操作失误和对健康的损害，提高安全性、可靠性和工作效率，延长设备的使用寿命。

以下从三个方面阐述工效学理论在产品设计过程中的具体应用。

### 1.1 承载器设计

#### 1.1.1 称重传感器及限位装置等的安装位置

在承载器设计生产过程中，承载器的结构除了考虑强度及生产加工的工艺性以外，从工效学角度来讲，称重传感器、限位装置及连接装置的安装位置应易于安装、观察、检修、调整及配件更换。

例如早期的汽车衡设计，其称重传感器和限位装置的安装位置在承载器内部，需打开承载器面板上的盖板才能够进行相关作业，这就非常不利于汽车衡的使用及维护。近年来，称重传感器和限位装置的安装位置大部分已改为外置设计，承载器面板无需开孔，且便于观察和维护。

#### 1.1.2 防止产生空气污染物

在衡器（尤其是部分专用衡器，例如定量包装秤、非连续累计秤等）运行过程中，应防止产生粉尘、危险气体等空气污染物，因此承载器的除尘及密封（特别是各部件的连接部分）尤为重要。其主要预防手段如下：

➤ 实现设备、计量环节的密闭化设计，防止粉

尘、危险气体逸散到周围环境中。

➤ 合理配置除尘设备，维持负压操作，既不能影响计量准确度，又要达到较好的除尘效果。

➤ 设备周围要合理布局，加强通风。

## 1.2 称重指示器设计

称重指示器整体设计的工效学基本原则应遵循以下几个方面：

➤ 准确性原则。即要求显示装置的读数准确。

➤ 简单性原则。显示装置应尽量用简单明了的方式显示所传达的信息，不使用不利于识读的装饰，越简单、越清晰越好。

➤ 排列性原则。对于有多个窗口或有多行显示的窗口，最常用的和最主要的信息应最能引起人的注意，其排列应当适合人的视觉特征。

➤ 方便性原则。台式设计时，显示窗口应有一定的倾斜角度，以便于观察与操作；壁挂安装时，应易于安装、观察及操作，安装高度应考虑操作人员的身高。

➤ 色彩选择原则。选择称重指示器色调时，尽量避免大面积的选择紫色、红色、橙色等，因为它们容易引起视觉疲劳，而黄绿色、绿色、蓝绿色等色调不容易引起视觉疲劳，而且认读速度快，准确性高。因此主要视力范围内的基本色调宜采用黄绿色、绿色、蓝绿色等护眼色。

## 1.3 控制柜、操作台设计

### 1.3.1 操作面板设计

操作面板作为人机界面，只有正确合理的进行设计，才能使人与机器设备相互配合、相互补充，构成一个和谐的综合系统。

操作面板设计的一般要求如下：

➤ 操作面板设计要适应人体运动的特征。

➤ 操作面板上操作器件的操作方向应与预期的功能方向和机器设备的被控方向一致。

➤ 操作面板设计要便于辨认和记忆。

➤ 尽量利用操作器件的结构特点进行控制（如弹簧等）或借助操作者体位的重力（如脚踏开关）进行控制。

➤ 尽量采用多功能操作器件，例如带指示灯的按钮等。

➤ 功能相反的操作器件应用明显的颜色或形状加以区分，以防造成误操作问题。

➤ 可能带电的部件应避免直接裸露，防止误触。

操作面板空间布置设计的一般要求如下：

➤ 操作面板应按操作程序及其功能逻辑关系进行合理安排。

➤ 显示器件和操作器件的布置应遵循“重要就近”原则。把经常反复使用的和重要程度高的器件布置在最宜观察、最宜操作的位置，即在手和脚最灵敏、识别程度最高、反应速度最快、用力最适当的区域和方位上。例如应急按钮应醒目，便于应急操作。

➤ 把功能相互联系的操作器件进行功能分区集合，对各功能区按联系程度依次就近定位。

➤ 如果操作器件和显示器件并用，应使它们的空间位置相互对应，以减少错误操作。例如将操作按钮/旋钮与相应的结果指示灯尽量放置在一起。

➤ 对会引起工作状态反转或复位的操作器件，不宜布置在操作重复程度高的动作轨迹上，以免产生严重的无意误操作。

### 1.3.2 作业空间设计

#### 1.3.2.1 操作台作业空间设计

操作台一般是适于操作人员坐姿作业，高度应按操作人员的坐姿高度进行设计。为了体现坐姿作业的优越性，必须为作业者提供合适的座椅、工作台、容膝空间、搁脚板、搁肘板等装置。其主要设计原则如下：

➤ 操作台操作面高度应便于操作人员方便地进行操作。

➤ 操作台操作面宽度应考虑操作人员手臂的活动区域。

➤ 操作台下方空间高度应考虑操作人员坐下时膝盖的高度。

➤ 固定高度的椅子应保证操作人员坐下时整个脚掌可以着地；高度可调节的椅子的调节范围应能适应大多数人的身高需求。

坐姿作业时一般操作台设计尺寸参考值如表1所示。

表1 一般操作台设计尺寸参考值

序号	范围	尺寸 (mm)
1	操作台台面下的空间高度	600 ~ 650
2	操作台面至地面的高度	700 ~ 900
3	操作台台面至顶部的距离	700 ~ 800
4	伸脚掌的高度	90 ~ 110
5	伸脚掌的深度	100 ~ 120
6	座椅高度	400 ~ 450
7	操作台正面的水平视距	650 ~ 750
8	台面倾斜角	15° ~ 30°
9	布置主要操作器件台面的倾斜角	30° ~ 50°
10	布置主要显示器台面的倾斜角	0° ~ 20°

### 1.3.2.2 控制柜作业空间设计

控制柜一般是由操作人员站立操作，因此其高度应考虑操作人员的身高进行设计。

控制柜操作面高度应便于操作人员方便地进行操作；立姿作业空间设计除受作业范围的影响外，还受头部姿势与视线的影响，设计时应考虑一般人最舒适的姿势。

立姿作业空间垂直方向可划分为5段，每段设计的内容不同：

(1) 在0~500mm 高度之间适宜于用脚控制。在此区域只设计脚踏板、脚踏钮或其它不常用的手动操作器件。有时会看到作业者用脚去踏手动操作器件，其原因就是操作器件设计的太低。

(2) 在500~700mm 高度之间，手与脚的操作不方便，所以不宜在此区域设计操作器件。

(3) 在700~1600mm 高度之间，最适宜于手的操作和观察。各种重要的常用手动操作器件、显示器、工作台面都设计在此区域，特别是900~1400mm 高度之间是人最舒适的作业范围。

(4) 在1600~1800mm 高度之间，布置极少操控的手动操作器件。此区域内手的操作很不方便，视觉条件也略有下降，一般只布置不太重要的显示器和一些极不常用的手动操作器件。

(5) 在1800mm 以上的高度，布置报警装置。此区域内手的操作极不方便，操作时需仰头踮脚，观察显示器时容易误读，所以在这个高度上，只设计报警信号装置，并配有声音信号，需观察的显示板要前倾15° ~30° 。

立姿工作岗位工效学形态设计参考尺寸如图1所示。

### 1.3.3 安全标志和技术标志的色彩应用

用色彩标志传递安全和技术信息，目的是使人们能够迅速发现或分辨安全标志和提醒人们注意，以防发生事故。安全色是指表达安全信息含义的颜色。在电气设计过程中，必须正确应用安全标志和技术标志的色彩。

根据GB2893《安全色》规定，红色是传递紧急、禁止、停止、危险或操作错误等信息；蓝色是传递必须遵守规定的指令性信息；黄色是传递注意、警告等信息；绿色是传递安全的提示性信息等。

操作界面的配色一般遵循以下原则：

- 色彩与设备的功能相适应。
- 设备配色与环境色彩相协调。
- 危险与示警部位的配色要醒目。

操作装置的配色要重点突出，避免误操作；显示装置要与背景有一定的对比，以引人注意，同时也有利于视觉识读。

➤ 关于工作面的涂色，明度不宜过大，反射率不宜过高，避免造成视觉疲劳。

## 2 结束语

文章为从工效学角度出发，结合衡器产品设计工作及现场使用中遇到的问题而总结的一些点滴经验，并用较通俗的语言进行分析描述，目的是能够给广大技术人员在产品设计时提供参考，以期设计的产品更便于操作人员的使用及维护。

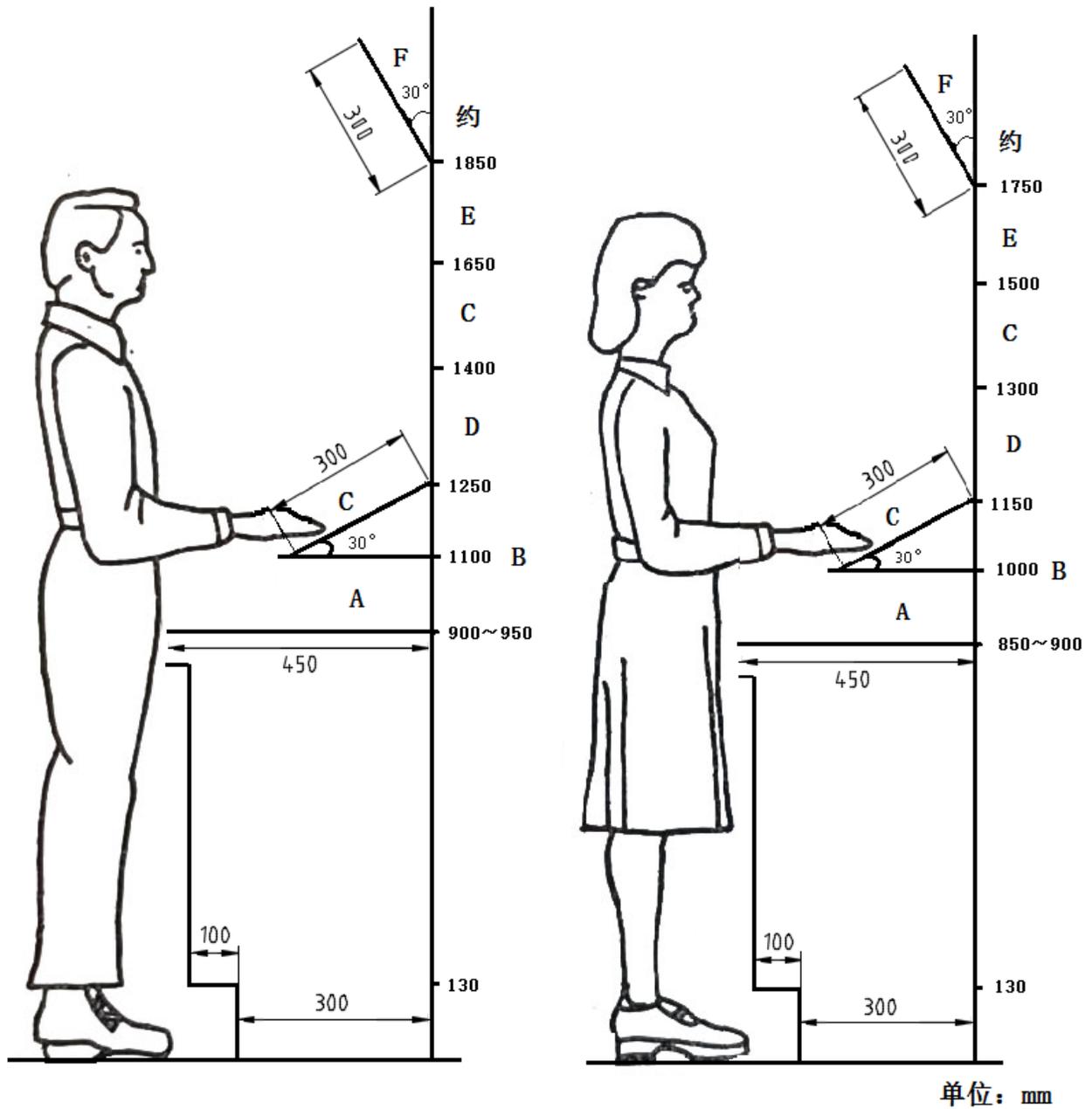


图1 立姿工作岗位工效学形态设计参考尺寸

A- 工作台 B- 书写位置 C- 调节与显示最佳区域 D- 次要的调节与显示区域  
E- 重要的显示区域和不太重要的调节区域 F- 次要显示的辅助区域

参考文献:

[1] 王恒毅.《工效学》[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.

作者简介: 刘允波, 男, 高级工程师, 现供职于山东金钟科技集团股份有限公司。目前主要从事衡器无人值守计量系统及防爆电子衡器系统等方面的应用研究。