[电气控制]

人机工程学在电气控制设备中的应用探讨

文/西安理工大学　李子硕　薛艳敏

对电气控制设备的人机界面的优化设计进行探讨，分析了目前电气控制设备在工业设计方面存在的不足以及人机工程学在电气控制设备设计中发挥的作用，阐述人体测量学在设备研发中的应用，从人机信息界面的设计和安全设计角度对设备研发进行分析讨论，提出适用的设计方法。

随着经济的快速发展和科学技术的不断突破，电气控制在我国各类生产机械中起到的作用越来越关键，就性能而言，我国电气控制设备从功能性及科技含量上接近国际水准，但在工业设计方面存在较大差距。目前国内电气控制行业的研发重点多在满足内部功能要求和成本控制方面，而对人机关系及造型的关注不足。想要在国际化、智能化的环境中占有一席之地，必须在产品开发时把人机工程学系统的思想和方法纳入其中，这既能整体提升设备的功效性，又能为操作人员的安全带来保障，生产效率和安全是生产企业能够稳固发展最根本的保障。

人机工程学对电气控制设备设计的重要作用

电气控制设备应用范围非常广泛，有些是专业型的，例如应用于各种电子通信行业的信息传输或网络连接设备、应用于高低压电力控制的安全设备等；有些是综合型的，例如铁路、船舶上安装的控制设备等。因为行业特殊性，一些操作界面的操纵装置排布密集并且相似，这类的界面常让操作人员产生疑惑或误操作；又如生产设备的操作台高度设计过高或过低对操作人员体力消耗增大，长期劳作导致人体疲劳，对操作舒适性影响很大，这类设计均未充分考虑人机关系。要合理处理人际关系，须在设计过程中运用人机工程理论，充分发挥人与机器之间各自的优势，其中包括合理布置操纵系统位置、高度和编码排布，合理搭配色彩等。

人机工程学是近几十年新兴的交叉学科，覆盖范围广，涉及人体测量学、劳动生理学、人体力学及劳动心理学等多种学科的综合研究方法。通过对人体结构特征和生理机能特征进行研究，提供人在工作时各身体部位的出力范围、重心、应力方向以及各部位在活动时的相互关系和动作时的习惯等结构特征参数；分析人的触觉、视觉、听觉及肤觉等感觉器官的机能特征；同时，分析人在不同劳动时的生理变化、能量消耗和疲劳对人的影响以及人对各种劳动负荷的适应能力；探讨人在工作中影响心理状态的因素以及心理因素对工作效率的影响等。

目前电气控制设备存在的设计不足

目前国内已经开始注重人机工程学在各领域的实际应用，在知网搜索人机工程学关键词可以找到其在汽车设计、驾驶室设计、室内设计和数控机床等多个主要领域均有研究进展。但在电气控制设备的开发中，仍存在许多矛盾和不足，具

体表现在：

1）设计理念落后：由于我国工业设计起步较晚，早期的设备大多只注重机器的功效及生产成本，对操作人员的感知和行为习惯并未进行深入研究，且许多设备的尺寸及操作范围并不符合中国人的人体尺寸，导致很多重要领域的设备虽然拥有强悍的功能却没有与之匹配的外形及安全便捷的面板。

2）研发关注点不平衡：许多设备由于过快地在科技上追求创新却没有及时对操作面板进行相匹配的更新，导致操作不便及设计误导性。

3）操作键位的取舍：随着硬件的换代，许多设备的操作组件被智能化操作系统取代，如触摸屏幕的出现取代了许多按键的功能，有些设备甚至只用通过触摸屏就完成所有操作，而在这一过程中，并不是所有的键位都应该被触摸屏代替，其中的取舍需要通过人机工程学的相关验证来判断出最佳方案。

电气控制设备研发中人机工程学的具体应用分析

1．人体测量学的应用

人体尺度是人体测量学非常重要的一个环节，包括造型尺度和人体适配尺度两方面。造型尺度是指设备的整体尺寸应该与设备内部的内容相适应。人体适配尺寸是指设备界面外观要适应使用者的操作要求。在造型设计中，要充分考虑人体的静态尺寸和动态尺寸，考虑人体在各种环境中应对的操作流程，人体在发力时身体的应力方向、范围以及人眼在不同距离处对设备监控视野、对不同颜色的视野以及视距范围等。在设计过程中，考虑到电气控制设备体量大的特征，这影响操作区域高度及范围的确定。设计要和整个机器面板相协调，而且要与操作人员具体作业内容相适宜。这就要求研发过程中设计人员需结合不同行业要求及规格对设备的实际用途、人体尺寸相关数据进行充分研究。关于人体尺寸的测量，设计人员应注重对不同操作人群、作业空间及作业环境进行分析，避免完全照搬国外现有的数据，使设备最终符合目标人群人体尺寸数据，确保实现人、机、环境协调的目的。

在最新的研究进展中，杨丽晓结合人因工程学（HFE）的相关理论对某医用电气控制设备进行合理的安装与检验，其中人体测量数据起到巨大作用，图1为杨丽晓绘制的人体测量图。

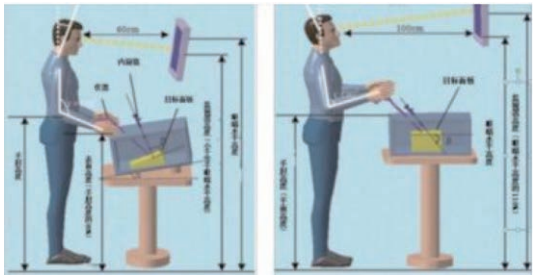

图1　人体测量图

2．操作面板设计的应用

操作面板的设计主要分为显示器的布置和控制面板的设计，显示器设计涉及其在设备上的位置排布、大小占比以及与控制器的相合性等因素，设计控制面板时主要考虑因素包括疏密、颜色编码、与手眼的配合度以及其与显示器的相合性等。在设计布局中，应紧密结合操作者的人体测量尺寸，同时把握好操作环境因素对人生理、心理的局限，从而保证人与机器、环境三者之间的协调关系，对于大多数生产类设备尤为重要。设计合理的操作面板从人、机、环境三个方面都能够找出优点，三者相得益彰。具体来说，首先界面的布局应通俗易懂，尽量保证其易被操作、易被学习；其次，机器对操作人员应是友好的、具有保护性的，犯错、误操作以及认知上限是人的本性，面板在设计时应考虑到这些因素，尽量通过设计提醒用户少犯错误；最后，从环境角度分析，在满足操作性的前提下，界面的外观配色也应考虑操作环境，比如在操作车间昏暗的光线和嘈杂的噪声中，提示灯和提示声音应根据具体情况进行改变。操作面板可以显示部件运行以及电参数的信息，所以面板上按钮位置和形式设计应结合设备内部结构和整体风格进行设计。操作面板位置的确定可以结合操作人员的具体操作流程和视觉习惯设计。这一设计过程可选用眼动仪和穿戴型动作捕捉设备等，建立用户操作模型，模拟操作过程，依据实验数据选择最合理的设计方案。

（1）操作区域划分

对于操作界面上的操作区域划分，首先应符合操作人员的操作习惯及思维模式。前面板对于控制设备来说，是主要的显示及操作界面，包括电子触摸屏、电源开关、电参数控制旋钮和各类控制按钮等。后面板可以设计为一些使用不频繁

（下转第67页）

和极少操作的器件和接插件。设计时应根据各操作按钮对设备的重要性，按照设备的使用功能、操作顺序、相合性和使用频率等的设计原则，对显示及控制器件的功能区域进行合理划分。同样重要的是，显示和控制器件的区域划分也表现在能否清晰、准确地表达出产品的语义。操作面板区域的布局根据不同用途及行业有很多种，比较常用的有分离法、括线法、线框法、色块法和分面法等。图2为李余峰利用以上方法为电子设备绘制的操作面板图，清晰地区分开各操作功能区域。

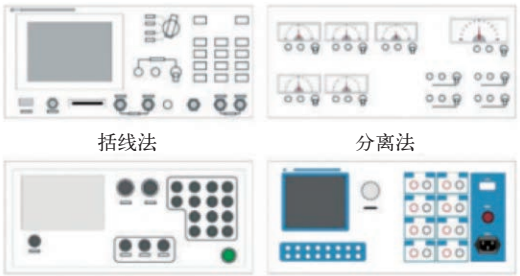

图2　操作面板图

（2）安全性设计

作为电气领域的设备，操作过程中保障操作人员的人身安全是尤为重要的。部分设备在投入使用后容易发生一定的安全事故，对操作人员或生产流水线带来安全威胁，特别在复杂的作业环境中安全事故发生的频率将更高。好的设计应考虑意外情况发生时对操作人员或设备进行的紧急补救操作（如设置紧急断电装置）。因此，在追寻操作装置排布美观、简洁的基础上，设计应防止出现操作困难或影响效率的情况，装置的操纵力度、按键排布以及各键位的相合性等方面都应符合人体力学。在实际过程中应遵循安全设计的基本原则，可设计相关保护机制如防落物、防翻滚以及防止误触等，或通过设计安全警示标志提醒人们提高安全意识。

结束语

电气控制设备之间存在的差距很多体现在产品的性价比上，而目前市场上越来越将宜人的操作性及美观大方的外形作为高性价比的一个衡量标准。因此需要更加重视人机工程在科研、生产中的地位和作用，使工业设计发挥最佳的作用，没有科学合理的设计技术，很多强大的性能就发挥不出应有的效果。EA

（收稿日期：2020.05.23）

（上接第25页）

4．超高层变配电室选址推论

通过线路电压损失校验分析，本项目建筑高度为162 m的办公楼变配电室的设置在地下一层，223 m的公寓楼在地下一层、27层避难层各设变配电室。超高层建筑避难层分变配电室的设置需要考虑土建成本，设备减振、降噪等措施，运输方式可能导致货梯载重量及其井道须加大，日后的维护及保养费用较大，在分低压配电干线电压损失及末端设备电压偏差满足规范要求的情况下，超高层建筑只需在地下层的负荷中心设置变配电室。参考同类项目变配电室设置，可以得出结论：200 m以上的超高层建筑供配电系统普遍选择设置避难层分变电室进行设计，而150 m左右的超高层建筑普遍选择避难层不设变电室进行设计。超高层建筑项目变配电室设置见表2。

表2　超高层建筑项目变配电室设置

建筑名称	建设城市	建筑规模/万m^2	建筑高度/m	所采用变配电形式
海阔天空国瑞城S6地块办公楼	海南省海口	10	159.2	地下层设置
青岛国际贸易中心A座办公楼	山东省青岛市	11	237.9	地下层、避难层设置
于家堡金融区启动区03-21地块	天津海滨新区	12	156.75	地下层设置
北京国际贸易中心三期	北京朝阳区	28	330	地下层、避难层设置
绿地625地块办公楼C座	北京 朝阳区	10	156.99	地下层设置

结束语

超高层变配电室设置需考虑电气安全性、成本、施工及运维多方面影响，其中低压侧的三相平衡负载线路电压损失计算对选址方案有直接影响。结合工程实例分析，参考同类项目变配电室设置，推论得出超高层建筑变配电选址解决方案，希望本文观点为相似项目提供参考帮助。EA

（收稿日期：2020.05.12）