

核电厂数字化人—机界面中信息显示的人因化设计

李鹏程, 赵 帅¹

(南华大学 人因研究所, 湖南 衡阳 421001)

[摘要] 为了提高核电厂数字化人—机界面中的信息显示设计水平和人员绩效,文章首先介绍了人因化设计的过程。然后从数字化主控室操纵员的认知和操作特性中找到了人因化设计的一般原理,包括:满足认知和操作需求的信息显示设计;满足任务绩效的信息显示设计;满足班组合作与交流的信息显示设计;综合考虑,防止信息过负荷、工作过负荷和情境意识丧失。最后提出依据一般的人因化设计原理建立具体的信息显示设计细则,来指导信息显示的人因化设计,为提升设计水平和质量提供支持。

[关键词] 信息显示; 人因化设计; 数字化人—机界面

[中图分类号] X946; TL364.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2024)01-0007-07

DOI:10.13967/j.cnki.nhxb.2024.0002

核电厂(NPP)操作环境复杂,人机交互模式为核电厂操纵员处理的主要操作场景,出现事故时处理不当会造成严重后果,如三哩岛核事故和切尔诺贝利事故。由于信息技术的发展,核电厂由传统控制室转向数字化控制室,人机界面设计不当导致人因失误成为一种突出问题,因此设计时考虑界面交互的人因特点十分必要。核电厂操作员通过人机界面(Human-Machine Interface, HMI)来获取信息, HMI被视为人机交互的关键媒介,其质量对核安全至关重要,它可以降低人为失误的风险,提高操作员的绩效。高风险系统如核电厂主控室的人机界面已经从传统的模拟式人机界面过渡到数字化人机界面(Human-System Interface),这个过渡改变了信息呈现方式:传统的信息显示主要依赖控制面板上的模拟显示器,更多地呈现底层具体参数(组件级别的数据);而数字化人机界面则采用计算机技术,信息通过数字显示屏呈现,使得整个系统的状态和概览更加清晰可见。通过数字化界面,操作员能够更容易地获得全面的系统状态信息。详细的信息显示更多的是通过综合集成形成抽象信息,计算机的信息

显示相对模拟显示具有很多优点,如显示更多的电厂信息、显示的信息更加精确、没有定值漂移、信息更加可靠等^[1],但新的信息显示形式会带来新的人因失误模式,如信息过负荷、复杂的界面管理任务、小孔影响等^[2-3]。在对核电人机界面的人因化设计探索方面,宿俊海等以 NicSys 平台进行人机界面开发,兼顾图形设计人因特点和功能的实现,实现的模块合理地显示操作员所需的设备信息^[4]。徐一茹等依据 Rasmussen 决策的原理,以人机接口设计规范为原则,对人机接口画面中的模拟量显示进行优化^[5]。李菁等利用 FMEA 方法研究交互界面对质量管理的影响,运用六西格玛方法分析设计过程,针对由人机交互引发的问题,提出改善性措施优化质量管理流程^[6]。然而,研究核电厂系统化的人机界面信息显示缺乏一般原理和设计准则。

本文针对数字化人—机界面设计中信息显示的设计,从人因的角度来考虑减少操纵员的认知负荷和工作负荷,减少因设计不合理导致的不利影响,提出信息显示人因设计过程一般原则,提出具体实施考虑的细则和人因可靠性评价方法对人机界面设计

[收稿日期] 2023-11-06

[基金项目] 国家自然科学基金项目“核电厂数字化主控室运行班组的情景意识可靠性研究”资助(编号:51674145);湖南省自然科学基金项目“核电厂数字化主控室运行班组决策可靠性研究”资助(编号:2021JJ30583);湖南省科学技术厅科普专项项目“核安全与核应急重大科技成果科普行动研究”资助(编号:2020ZK4031);湖南省哲学社会科学一般项目“核电厂人因失误预测与精准防控研究”资助(编号:21YBA104);湖南省社会科学评审成果委员会一般项目“核电厂组织脆弱性的形成机理和评价研究”资助(编号:XSP20YBC144);湖南省研究生科研创新项目“核电厂数字化班组失误机理与精准防控研究”资助(编号:QL20220208)

[作者简介] 李鹏程(1978—),男,湖南邵阳人,南华大学人因研究所教授,博士。

¹ 南华大学经济管理与法学院硕士研究生。

的应用评价,意在提高人员绩效和操作可靠性。

一 信息显示的人因化设计过程

人因化设计是以人为中心的设计(Human-centred design, HCD),是一种系统设计和开发方法,在系统开发设计中考虑人的因素或人机工程学相关的知识和技术,使得交互式系统更具可用性^[7]。为

了完成一个可用系统的设计,人因设计过程中将用户的需求和看法整合到设计过程中,是一个充分考虑了人的认知因素(cognitive factors)的设计过程。认知因素可能包括感觉(perception)、记忆(memory)、学习(learning)、问题求解(problem-solving)等。人因化设计一般包括5个基本的设计过程^[7-8],见图1。

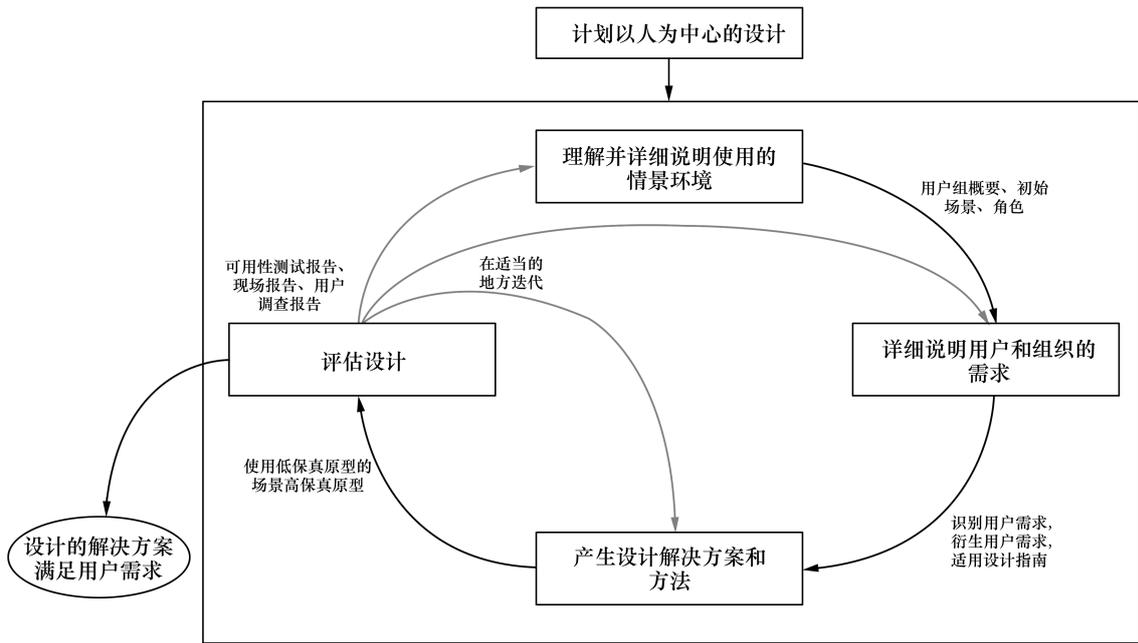


图1 以人为中心的设计活动

(一) 计划以人为本的设计

采用以人为中心的设计方法,必须对整个系统的发展过程进行详细的计划和组织,融入产品生命周期的所有阶段,即概念确定、需求分析、设计、实施、测试和维护。分析内容包括可用性规划,评估可用性的风险水平和开发环境限制。产品的功能、系统及服务的需求是保证设计可用的前提(如系统规模需与用户数量相匹配)。系统开发时应充分考虑所应用的环境,考虑用户交互,不以人为中心进行设计通常表现为交互程度不充分,例如,一个希望实现自动化的系统设计因为用户交互不足而未能充分解决缺陷问题。总之,计划的目标在于一开始即考虑系统可能存在的人机交互风险,并在设计过程中选择符合设计需求的技术和程序。

(二) 理解和说明用户使用的情境环境

对一个系统或产品进行开发,系统需要在某种情境环境下使用,用户将通过系统来执行某种任务以达到某种目标,而情境环境(如组织、技术、物理等环境)会影响用户对任务的执行。用户对系统使

用除受系统的可用性、用户的素质等影响之外,还取决于系统使用的情境环境。因此,需要充分理解系统使用的情境环境,描述的内容包括用户和其他利益相关者(确定需求,描述内在关系)、用户或用户组特征、用户的目标和任务(用户目标和系统总目标)和系统环境(技术环节,软件、硬件及材料)。系统通过识别利益相关者、使用的情境环境分析、当前用户的调查、现场观察或调查、记录日志、任务分析等来识别和理解系统的情境环境。分析结果应在用户需求规范中说明,以清楚地确定需求适用的条件。

(三) 说明用户和组织的需求

需求分析需要识别用户需求,描述产品或系统的功能,它是系统设计过程中重要的组成部分之一。根据系统定义的范围,针对用户需求进行组织变更和制定工作模式,也可以明确产品组合和服务。美国史丹狄希研究组(Standish Group)调查表明,系统失效的两个主要原因就是没有充分进行用户需求分析和没有用户参与设计过程。如果预期的交互系统

对组织活动存在影响,则开发过程中应考虑利益相关者的需求,使得组织活动与技术系统相匹配。需求分析主要是识别需求和用户操作环境的限制,主要包括利益相关者分析、用户的成本—效益分析、用户需求的访谈、使用的场景分析、现存的系统分析、任务/功能映射、功能分配、用户、可用性、组织需求分析等。分析需求时还应协调用户的不同需求,例如兼顾准确率和效率。记录用户和组织需求的同时,还应记录人机系统面临的问题及原因、涉及的因素和应赋予的权重,方便后来者能够理解和更新需求。

(四) 产生设计方案并形成设计原型 (prototypes)

一个可能实现的设计方案,一定充分考虑了环境特点,依据科学的设计指南和标准设计进行基本的评估,且集合了实现任务所需的技术,同时也集成了多学科系统的设计团队的经验和知识。设计方案的形成是一个不断迭代的过程,随着设计的细化和深入,会出现非预期的系统层面需求和用户需求,需要进一步更新设计。人机交互方案的实现依靠具体情景,没有对情景中用户的角色任务深入理解,就无法进行有效地设计,功能需要根据角色任务进行划分,情景中人和机器扮演不同的角色,需要进行合理的分配。比如有些重复且单调的简单工作需要机器进行执行,而人需要处理的是较为思维化和新的任务情景。当系统开发用于特定组织时,例如核电操作交互平台,方案设计还需要适应核电厂工作环境和班组运行的组织结构。以人为中心的设计方案是以用户如何高效完成系统任务为目标导向的,首先要进行功能的实现,其次才是考虑人因外观的描述。例如,感官的模态选择和操作控制的媒体对象需要以更好地实现功能为前提,在实现既定需求下,对用户界面依照人体工程学原理进行再设计。不断的交互设计产生设计方案,并对不同的功能模块进行优化。新的设计思想和方案的产生一般包括以下设计过程或方法:头脑风暴法、参考设计指南或标准、组织系统结构的“亲和图”(affinity diagram)、卡片分类(card sorting)、图上原型、软件或系统原型等。

(五) 执行基于用户的评价

从用户视角对设计进行评价是服务于设计全生命周期的过程,包括但不限于在项目的初期对设计概念和使用情景的描述和评估,项目中期用户需求全面性和准确性的评估,项目末期设计方案产生时的评价需求实现和合理性。产品及服务实际使用场景的复杂性,即使符合了人因学设计,仍可能在系统

生命周期的某个阶段被评估为不实用或成本效益不合理,因此在进行设计方案评估时,应从全局视角考虑,采用多种方式综合评估,如采用任务建模,模拟生成环境,在满足用户需求的基础上,减少实际生成系统的非必要开发成本,兼顾效率和功能的实现。以人为中心的设计循环中,需要对设计好的系统或产品进行评价,评价方法一般包括基于人因工程检查表的评价、实验评价进行 V&V 验证、人因失误分析、基于人因可靠性的评价等。

二 核电厂信息显示人因化设计的一般原理

核电人机交互的人因化设计需要考虑人员操作行为的特定场景,由于技术的更迭和自动化技术引入核电系统,操纵员的人机交互情景也随之发生改变。图 2 为核电厂操作员的操作过程^[9],在核电厂的界面交互情境下,核电厂操纵员通过从操作台及大屏幕获取信息,进而执行操作,任务表现为认知层面。认知行为共有 4 种,即监视和发觉、状态评价、响应计划、响应执行^[10]。要提升信息显示水平,减少操纵员的认知和操作负荷,信息显示的人因化设计应该考虑从以下原理来指导设计:

(一) 满足认知和操作需求的信息显示设计

信息显示的设计要满足核电厂人员的任务需求,通过认知手段获取任务所需信息,识别监控、发觉、状态评估、响应计划和响应执行的要求^[11]:

1. 操作员对信息的需求非常广泛,不仅需要监视电厂的状态(高层功能),而且需要监视组件的状态(低层设备条件),并且需要辨识问题的本质。因此,信息显示应该提供各层面的信息。

2. 信息的表达方式应该考虑操纵员的目标和信息需求以满足目标导向的决策,应该依据操纵员尽力完成的目标来组织信息。

3. 信息应该以某种方式反映组件或功能的在线状态,以利于操纵员更易理解和接受。操纵员应该不需要进行心智处理就能获得所需要的数据,相关数据应该经过整合和处理后直接呈现给操纵员。

4. 有关电厂功能的信息和操纵员的心智模型(理解电厂是如何运行的)应该是高度相关的。这有利于确保信息显示触发操纵员对电厂状态理解的合适的心智表达。因为状态评估依赖于操纵员的心智模型,所以信息呈现的关键线索应该显示得更为突出。

5. 由于人员操作具有时间限制,往往需要对未来状态进行预计,信息显示也应该支持操纵员对电厂未来状态变化和预警的预计。

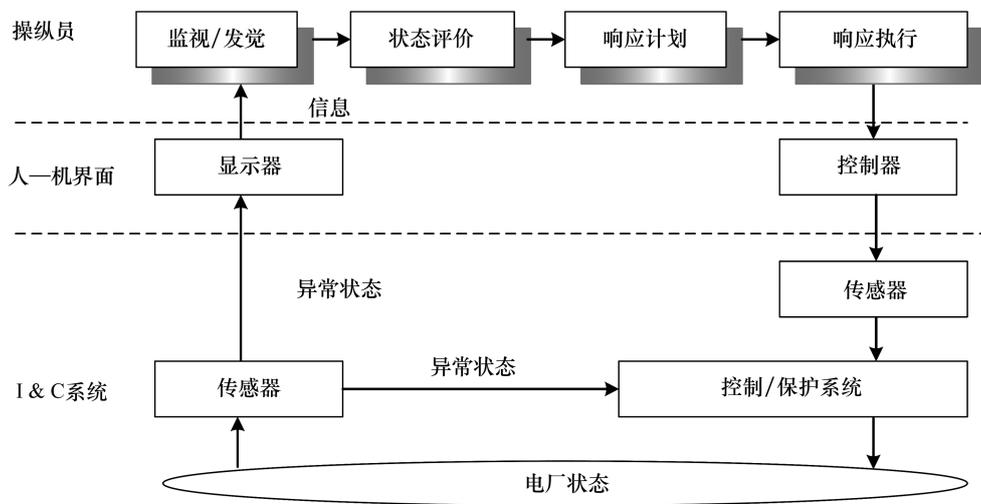


图2 核电厂操纵员的操作过程^[9]

与旧的核电厂系统相比,新型核电厂数字化仪表与控制系统增加了大量的报警。通常,数字化操作站有五个屏幕,其中一个用于显示报警。如果告警列表太长,超过一个屏幕的容量,则会覆盖一些报警,从而对操作员处理报警产生不利影响。为避免因数字报警列表过长,操作员不能有效应对关键的报警信息,应适当减少部分可忽略的报警,报警列表应突出重要的且与当前任务相关的报警信息,避免增加操作员的工作量并占用其注意力资源,这有助于减少因人的注意力丧失导致的事故,提高机组的运行安全状态。

(二) 满足任务绩效的信息显示设计

在核电厂主控室中,操纵员监视和处理扰动是一个非常重要的行为,需要花费大量的时间从事例行任务,如电厂的启动、进行监视、执行维护等。这些任务通常包括大量的单个系统导向画面,从而会产生界面管理问题,而设计成基于任务的画面可以解决上述问题。对于那些对核安全和人员安全非常重要的任务、保持功率产生的重要任务、重要设备(如汽轮机、发电机)保护的任務、时间紧急的任务(如误安注)以及复杂的任务等都可设计成任务型画面。

(三) 满足班组合作与交流的信息显示设计

核电厂操纵员以班组和团队开展工作,他们共享电厂信息并且以协调一致的方式来执行任务以完成电厂安全运行的目标。因为操纵员是基于计算机的信息系统进行监控和操作,所以相对传统的模拟系统界面来说,操纵员之间的交流与合作相对更加困难,对于观察到的情况不能有效共享,尽管传统主控室操纵员的行为可被观察但效率较低,而数字化

主控室操纵员难以知道另外的操纵员在干什么,难以监督。因此,基于计算机信息显示的设计应考虑班组的合作与交流的障碍,共享观察的信息和操作。我们建议采用计算机支持的合作工作(Computer-supported cooperative work, CSCW)显示,主要包括以下关键要素:(1)对整个班组提供一个共同的参考框架(如大屏幕显示的高层的总体画面以及画面结构);(2)支持对其他操纵员行动的了解(提供操纵员操作的信息画面的位置、定位正在进行的规程和操作任务等);(3)提供有效的合作工作区和工具以满足班组与CSCW显示的交互(合作工作区就是共同的信息画面)。

(四) 综合考虑,防止信息过负荷、工作过负荷和情境意识丧失

第一,数字化核电厂的认知特性主要体现在监视和发觉方面,操作员的主要认知行为体现在从环境中获取信息。因此,信息显示的设计应根据当前处理一般任务或紧急操作的任务目标来获取所需的信息。注意力是影响操纵员监视有效性的最主要的因素,实际电厂运行情况并不完全符合规程变化,需要在关注必要信息的同时进行非结构化的信息处理,而操纵员的注意力资源有限,信息过负荷会引起操纵员难以关注到所有的信息,因此获取适当的且以目标为导向的信息尤为重要。第二,情景意识(Situation Awareness)^[12]是对当前事件的感知和理解,以及根据信息预测未来。工业系统事故中,情景意识丧失会失去对当前情况的理解,产生错误的判断,失去对未来状态的感知能力。如,三哩岛核事故中人员丧失对运行真实状态的感知,进而造成事故的扩大。缺乏对人机需求的清晰设计、不良的心智

模型等都会引起操纵员失去对系统状态的控制,造成操作员核电运行情景意识的丧失。第三,数字化控制系统操纵员通过计算机工作站操作获取信息,工作站界面任务主要为界面管理任务,在数字化控制系统中,操纵员需执行界面管理任务执行操作规程中的次要任务流程,即二类任务,界面管理操作会产生两类人因型问题^[13]:一方面,界面管理操作需要占用操作员的注意力和手部动作,当操作时进行思考和寻找,使得操纵员对第一类任务或主任务的感知和理解能力变弱,更容易丢失关键信息;另一方面,当存在操作时限或应对复杂任务时,操纵员需要减少二类任务来释放部分脑力及注意力资源,尽管放弃的信息可能对任务分析很重要,但当注意力资源不足时,大脑会自动忽略。因此在设计的时候要综合考虑一些策略来防止信息过负荷、情境意识的丧失和工作过负荷。

(五)考虑规程的信息显示的设计

核电操作员需根据特定培训的任务规程进行操作以应对不同的情况,信息的显示需要依照服务于规程的偏好进行设计。具体体现在以下八项原则:第一,重点突出。强调规程中的关键步骤、重要信息和注意事项,为吸引操控员的注意力使用色彩、加粗、下划线等方式突出显示关键内容。第二,逐步引导。针对规程中的复杂操作,采用逐步引导的方式呈现信息,确保操控员能够按照正确的步骤执行操作,避免出现误判。第三,图形化表示。利用图形、流程图、示意图等可视化手段,将规程信息以直观的方式展示,有助于操控员更快地理解和记忆规程步骤。第四,符合认知心理学原理。考虑认知心理学原理,包括注意力、记忆、学习和问题解决等方面,来设计规程信息的呈现方式,使之更符合操作员的认知和感知习惯。第五,可搜索性。提供规程信息的搜索功能,使操控员能够迅速定位需要的信息,特别是在紧急情况下能够快速响应。第六,反馈机制。在规程执行过程中,能够及时提供反馈信息,告知操控员当前操作的状态和结果,以减少不确定性和错误发生的可能性。第七,培训和仿真支持。在规程信息显示界面集成培训模块和仿真工具,以帮助新员工学习规程操作,并提供实际操作前的模拟训练。第八,紧急情况下的应急信息。设计规程信息显示界面,确保在紧急情况下能够迅速呈现应急操作规程,支持操控员迅速做出正确决策。

综合考虑以上设计要求,可以使规程信息在核电厂人机界面上更好地符合人因化设计原则,提高操作员对规程的理解和执行效率,降低错误发生的

概率。

三 核电厂信息显示的设计要素与具体的设计细则

核电厂信息显示原则下的设计细则需要建立在信息需求基础上,例如,影响操纵员关注的信息显示的内容包括显示的格式(formats)、显示的元素(elements)、显示页面(page)、显示网络(networks)、显示的数据质量与更新速率(data quality and update rates)以及显示设施(display devices)^[9]。操作界面的信息显示形式也决定了人因设计应考虑的因素。

(一)核电厂数字化人机界面显示形式的总体设计

核电厂系统人机界面显示的形式有:模拟图显示、参数显示、专用功能、时间序列和设备状态。主要分为两种,一种为静态的背景,主要反映系统流程模拟;一种为动态背景,反映系统运行时的设备参数和状态。不同的显示形式应对应不同的人因设计准则。

1. 静态设计主要需要考虑操作界面的布局、色调和基本信息。在需求分析的基础上,结合人因化设计原则,确定显示的内容和形式,以求简洁明了,并准确、完整地呈现工艺系统流程。

2. 动态设计方面关注人对变化的敏感程度。结合界面设计的模拟实验,可以研究对变化的感知差异,如,棒形图、趋势图、开关的不同颜色的状态、不同的故障状态变化。人机操作界面应做到良好的交互能力,如:操作目标设备显示其状态和相关操作。

(二)针对信息显示的设计

根据核电厂人机界面设计的一般原理而设计的内容,可指导更为详细的设计细则,如针对信息显示格式中的“连续的文本显示画面”“数据格式和数据域”和“棒状图和直方图”,可制定的具体设计细则分别为:

1. 连续的文本显示画面:应该使用标准的文本显示格式;遵循阅读习惯;用词简单明了;句子的主题在开头就突出;使用肯定句而不是否定句;使用主动语态而不是被动语态;顺叙比倒叙好;阅读连续文本,至少显示4行;两行的间距至少要有字符高度的15%,段落之间至少有一个空行的间距;在文本或表格中使用不同字体突出信息要好于使用不同大小的字体来突出信息等。

2. 数据格式和数据域:以字符为依据进行比较的数据域应一个一个按行排列;多个画面中相同的数据域的顺序和布局应该保持一致;视频显示单元(VDU)数据表格的形式应该与印刷体形式一致;数

据域与标签应该明显区分;当前输入的数据域应作区别标识,使得能够以不同的特点区分数据;如果合适,应该通过标签来提示用户输入什么样的数据;如果输入的数据不符合预先定义好的格式,应该突出显示并通过声音(如蜂鸣声)告知用户;数据域的标题应该处于该数据域标签的正上方;数据域分组之间至少要有5个空格;当标题在相关界面的上方时,标签应该从标题开始缩进五个空格;标题要靠近次级标签;数据项表格应该有逻辑结构,如输入习惯、使用顺序、频繁性、重要性、功能组合等;数据表单的页数应尽可能少,尽可能将所需要的数据域集成在更少的画面中,以减少导航的数量;光标应该定位在当前输入域的字符位置;输入域之间可以实现快速的切换,如使用 Tab 键等。

3. 棒状图和直方图:标识每个棒条,画面中的每个棒条应该都有唯一的标识标签(棒条代表的参数标识,用户不应该记忆画面上每个参数的位置);如果棒条成对显示,对棒条作为一个整体进行标记,然后再单独对每个棒条进行标记,这能更好地理解棒条;如果棒条代表重要的数据,应突出显示;在偏差棒图中,正常量程的正向偏差和负向偏差应该不大于总量程的10%;偏差图作为安全功能参数主要显示形式时,需要显示每个棒条代表的参数的实际值等。

(三)信息操作的便捷性设计

界面操作信息繁杂,应以简洁性为准则,需要优先显示关键信息,减少操作员信息处理负荷。要以便捷性设计为导向构建更为详细的设计准则。

1. 信息布局和组织。确保界面上的信息布局合理有序,按照操作的流程和优先级进行组织。将相关信息分组放置,避免混乱,使操作员可以一目了然地找到需要的信息。保持界面元素和布局的一致性,使得不同部分的信息呈现方式相似。这有助于操作员形成稳定的认知模式,减少学习和适应成本。

2. 关键信息突出显示。将关键的操作信息以醒目的方式突出显示,使用颜色、字体、图标等元素进行强调,帮助操控员快速发现和识别重要的信息。利用智能算法,根据当前操作的上下文,自动过滤和排序信息。这可以帮助操控员更快速地获取与当前任务相关的信息,减少信息检索的时间。

3. 上下文导航与多屏协同。提供便捷的上下文导航功能,允许操控员在不同层次和视图之间切换,以获取更详细或更综合的信息。设计时考虑多个信息源的协调显示,使操控员可以同时处理多个信息源,提高信息获取的效率。这有助于适应不同工作

阶段的信息需求。

4. 交互式帮助系统与及时反馈。应用集成交互式的系统,当操控员需要解决问题或获取额外信息时,可以快速访问上下文相关的帮助内容,提高问题解决的效率。在操作时提供实时的反馈,确保操控员能够立即了解其操作的结果,减少不必要的检索和等待时间。

四 结论与讨论

信息是操纵员与系统进行交互的关键要素,信息显示的水平和质量决定人机交互的水平和质量,因此,为提高核电厂数字化人一机交互界面中信息显示的设计水平,本文首先分析信息显示设计应遵循的人因化设计程序,然后考虑操纵员的认知和操作特性,结合当前核电厂数字化人一机界面存在的问题,提出4个一般的人因化设计原理,进而由一般原理导出人因化设计细则,来指导信息显示的人因化设计和信息获取便捷性,为数字化人一机界面中信息显示的设计提供参考和支持。

[参考文献]

- [1] 李鹏程. 核电厂数字化控制系统中人因失误与可靠性研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
- [2] 张力, 杨大新, 王以群. 数字化控制室信息显示对人因可靠性的影响[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(9): 81-85.
- [3] POONG HYUN SEONG. Reliability and Risk Issues in Large Scale Safety-critical Digital Control Systems [M]. London: Springer London Ltd, 2009.
- [4] 宿俊海, 李立, 陈山武. 基于 NicSys 的人机界面图符模板设计[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(7): 203-204.
- [5] 徐一茹, 邓士光. 基于人因工程的核电厂主控室人机接口画面元素优化[J]. 核科学与工程, 2022, 42(5): 1065-1076.
- [6] 李菁, 刘松林. 核电站 DCS 人机交互界面质量问题研究[J]. 仪器仪表用户, 2023, 30(8): 80-83;112.
- [7] Human-centred Design for Interactive Systems: ISO 9241-210 [S]. Switzerland, 2019.
- [8] MAGUIRE M. Methods to Support Human-centred Design [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2001, 55(4): 587-634.
- [9] 李鹏程, 张力, 戴立操, 等. 核电厂操纵员的情景意识失误与预防控制研究[J]. 原子能科学技术, 2016, 50(2): 323-331.
- [10] LEE S J, KIM M C, SEONG P H. An Analytical Approach to Quantitative Effect Estimation of Operation Advisory System Based on Human Cognitive Process Using

- the Bayesian Belief Network[J]. *Reliability Engineering & System Safety*, 2008, 93(4): 567-577.
- [11] O'HARA J M, PIRUS D, BELTRATCCHI L. Information Display: Considerations for designing computer-based display systems [C]//The 4th International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation Control and Human Machine Interface Technologies. Columbus, Ohio, 2004.
- [12] ENDSLEY M R. Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems [J]. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1995, 37 (1): 65-84.
- [13] O'HARA J M, BROWN W S, LEWIS P M. The Effects of Interface Management Tasks on Crew Performance and Safety in Complex, Computer-based Systems: Detailed analysis [R]. Washington D. C: U. S. NRC, 2002.

Human Factor Design of Information Display in Digital Human-machine Interface of Nuclear Power Plant

LI Pengcheng, ZHAO Shuai

(*University of South China, Hengyang 421001, China*)

Abstract: In order to improve the information display design level and personnel performance in the digital human-machine interface of nuclear power plant, this paper first introduces the process of human-oriented design. Then, the general principle of human-oriented design is established from the cognitive and operational characteristics of the operator in the digital master control room, including: information display design to meet the cognitive and operational requirements; Information display design that meets task performance; Information display design to meet team cooperation and communication; Comprehensive consideration to prevent information overload, work overload and loss of situational awareness. Finally it proposes to establish specific information display design rules based on the general human factor design principle to guide the human factor design of information display and provide support for improving the design level and quality.

Key words: information display; humanization design; digital human-machine interface

(本文编辑:魏玮)