



中华人民共和国国家标准

GB/T 16251—2008/ISO 6385:2004
代替 GB/T 16251—1996

工作系统设计的人类工效学原则

Ergonomic principles in the design of work systems

(ISO 6385:2004, IDT)

2008-07-16 发布

2009-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 工作系统设计	3
4 评价	7
参考文献	9

前 言

本标准等同采用 ISO 6385:2004《工作系统设计的人类工效学原则》(英文版)。

本标准代替 GB/T 16251—1996《工作系统设计的人类工效学原则》。

本标准与 GB/T 16251—1996 相比,主要变化如下:

- 本标准强调基于人类工效学的系统化设计方法而不只是设计原则本身;
- 原标准的内容结构根据设计对象展开(如工作空间设计、工作环境设计、工作过程设计等),本标准的内容结构则是根据系统设计的步骤展开;
- 在适用范围一章中增加了对工作系统的详细描述;
- 增加了功能分配、设计目标人群、人类工效学(人因学)、工作、系统功能、工作者、工作站和工作组织 8 个新的术语和定义;
- 增加了第 3 章;
- 将工作系统设计计划分为目标界定、功能分析和分配、概念设计、详细设计、系统实现和实施验证、评价 6 个阶段,对每个阶段进行了描述和规定,并提出了相应的技术和方法。

本标准由全国人类工效学标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:清华大学、中国标准化研究院、中国科学院心理研究所。

本标准主要起草人:皋琴、冉令华、张欣、张伟、肖惠、李志忠、傅小兰、戴雨森。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 16251—1996。

引 言

工作系统中的技术、经济、组织以及人的因素会影响人的工作行为和身心健康。在工作系统设计中应根据实际经验应用人类工效学知识来满足人的需求。

本标准从事与人类工效学、工作系统和工作环境相关工作的专业人士和其他人员提供了一个基本的人类工效学框架,其规定同样适用于产品设计(如消费类产品)。

依据本标准,工作系统设计过程应考虑到人类工效学的知识体系。对已有的或新建的工作系统的人类工效学评估,需有系统中的工作者参与。这种评估也会增强对这些系统中的工作者角色的关注。

工作系统设计的人类工效学原则

1 范围

本标准规定了工作系统设计中的人类工效学基本原则,定义了相关的基本术语,描述了工作系统设计的整体方法。该方法需要工效学家同其他参与系统设计的人员协同合作,在设计过程中注重人的需求、社会需求和技术要求之间的平衡。

本标准的使用者包括管理人员、工作者(或其代表),以及参与工作系统设计或再设计的相应专业人士,如工效学家、项目经理、设计师等。了解人类工效学(人因学)、工程学、设计、质量以及项目管理方面的一般知识,有助于更好地使用本标准。

本标准中的“工作系统”泛指各种不同的工作环境。本标准旨在为工作系统的改善、设计(或再设计)或改造提供指导。工作系统牵涉到在给定的空间和环境中和设备的组合以及工作组织之间各个组成部分的相互作用。不同工作系统的复杂程度和特性各不相同。以下是一些工作系统的例子:一台机器和一个操作员;一座加工厂及其操作和维护人员;一座机场及其用户和职员;一间办公室及其内部的工作者;基于计算机的交互系统。人类工效学的原理同样可以应用于工作系统的安装、调试、维护、清理、维修、移除和运输。

本标准中的系统化方法能够为现有环境和新环境下的使用者提供指导。

本标准中规定的定义和人类工效学的指导准则适用于最优工作环境的设计,该类设计关注人类生活质量、安全和健康(包括对已有技能的发展以及新技能的获取),同时也考虑技术和经济上的效果和效率。

本标准中的准则不仅适用于工作系统的设计,也适用于其他任何与人类活动相关的设计(例如,用于家用和休闲活动的产品的设计)。

注:本标准是人类工效学的核心标准,很多其他针对特定问题的标准均来自本标准。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1

功能分配 allocation of functions

决定系统的功能应如何通过人、设备硬件和(或)软件实施的过程。

2.2

设计目标人群 design population

根据性别、年龄、技能等相关特点定义的处于全体人群一定百分位数范围的指定工作群体。

2.3

人类工效学 ergonomics

人因学 study of human factors

研究人和系统中其他要素之间相互作用的学科;将理论、原则、数据和方法应用于设计来优化人类生活质量以及整体系统绩效的专业。

2.4

作业 job

个人的任务在时间和空间上的组织和顺序,或者在一个工作系统中单个工作者所有任务的组合。

2.5

系统功能 system function

一个系统能够进行的活动的总称。

2.6

工作环境 work environment

工作者周围的物理的、化学的、生物的、组织的、社会的和文化的因素。

2.7

工作设备 work equipment

在工作系统中所使用的工具、软件、硬件、机器、运载工具、器件、设施、装置和其他元素。

2.8

工作者 worker

操作者 operator

在工作系统中执行一个或者多个任务的人员。

2.9

工作疲劳 work fatigue

由于工作过度紧张引起的心理上或者生理上、局部性或者全身性的各种非病理表现,可通过休息完全恢复。

2.10

工作组织 work organization

为了产生某个特定结果而组合起来的工作系统之间的顺序和相互作用。

2.11

工作过程 work process

在工作系统中,人员、设备、材料、能量以及信息在时间和空间上相互作用的顺序。

2.12

工作站 workstation

被工作环境包围,受到工作任务所要求的条件限制的工作设备的组合和空间上的布局。

2.13

工作紧张 work strain

个体对工作压力的内部反应,受个体特性(例如体格、年龄、素质、能力、技能等)的影响。

2.14

工作压力 work stress

外部负荷 external load

在工作系统中干扰人的生理和(或)心理状态的外部条件和要求的总和。

2.15

工作空间 workspace

为了完成工作任务,在工作系统中分配给一个或多个人的空间范围。

2.16

工作系统 work system

为了完成工作任务,在所设定的条件下,由工作环境、工作空间和工作过程中共同起作用的一个或多个人和工作设备组合而成的系统。

2.17

工作任务 work task

工作者为了取得某个预期的结果所需进行的一项或一系列活动。

3 工作系统设计

3.1 一般原则

在设计过程中,应考虑单个或多个工作者和工作系统的其他要素(例如任务、装备、工作空间和环境等)之间的主要交互作用。

这些交互作用对工作者提出了各种要求,这些要求组合在一起便形成了工作压力。工作压力会使其产生相应的工作紧张,工作紧张的程度取决于工作者的个人特性(例如体格、年龄、素质、能力、技能等)。工作紧张会导致弱化效应(例如工作疲劳)或易化效应(例如技能的提升),并以闭环反馈的方式来影响工作者的个人特性。

注:工作压力和工作紧张在人类工效学中是中性的描述,不具有负面性。

工作系统的工效学设计旨在降低工作紧张,避免弱化效应,促进易化效应。同时,未被弱化的人员绩效会提高系统的效果和效率,这是人类工效学工作系统设计的另一个目标。

工作系统设计应将工作者作为主要考虑因素点,并将工作者看作待设计的系统(包括工作过程和工作环境)中一个不可分离的部分。

应在工作系统设计的初期就应用人类工效学作为预防性措施,而不是在设计完成之后再来解决出现的问题。不过,对存在不足的现有工作系统,也可运用人类工效学原则对其进行再设计。

在工作系统设计中,对整个设计最重要的决定往往是在设计过程初期做出的。因此在设计过程初期,对人类工效学方面的投入宜最大。人类工效学对于系统设计的贡献贯穿整个设计过程,其输入的层面将随着设计过程的进行而变化,从系统需求分析阶段(目标界定)的基础性和一般性输入,过渡到完整的系统实施(系统实现、系统实施和系统验证)之后的细微调节。在设计过程中,对人类工效学的原则应始终给予足够的重视,直到设计过程的后期,以避免弱化效应,例如项目延迟、用于改进的额外成本、较低的设计质量以及较差的可用性等。

应让工作者有效地参与工作系统的设计。因为工作者的经验能够为系统设计提供一个不可或缺的知识基础,所以在工作系统设计中,要排除次优方案选择最优方案,工作者的参与是必不可少的。在设计过程中应在任何可能的时间及阶段都应让工作者参与。

设计工作系统时,宜以一个尽可能广泛的群体作为设计目标人群,从而尽可能地满足具备不同特点的工作者的需求,包括那些有着特殊需求的人群。这样可以最小化为个人设计特定系统的可能性。

工作系统设计过程(3.2)可分为以下的阶段:

- 目标界定(需求分析)(3.3);
- 功能分析和分配(3.4);
- 概念设计(3.5);
- 详细设计(3.6);
- 实现、实施和验证(3.7);
- 评价(第4章)。

这些步骤将会在相关的条目或者子条目中加以解释。

3.2 工作系统设计过程

“设计”是为了提出新的设计方案或现有系统的再设计方案,而进行的由一系列设计阶段组成的、迭代的结构化过程。跨学科的设计团队能够最好地完成这一过程。跨学科的设计团队对于设计过程的每一个阶段都很重要。在设计各个阶段中涉及到的活动包括分析、综合、仿真和评价。

设计过程中的每个因素很有可能会对其他因素产生影响。例如针对人机之间的任务分配、界面的设计以及训练的需求等方面的决策会相互影响,因此系统设计者必须在做出最后决定之前对多个备选方案进行评价。

对合适的备选方案的评价过程很可能需要反复进行,直到在每一个方面都获取了足够多的信息。

在设计过程的以下阶段中,将编集信息并对信息进行最后考察。在设计一个新工作系统时,应确保采用了适当的方法和技术。

注:参见 GB/T 21051—2007。

3.3 目标界定(需求分析)

在新系统的设计中,进行系统需求分析需要了解工作过程中生产或绩效的需求,以及新系统中工作者的特点和局限。如果存在相同或相似的系统,还需要了解已有的工作系统中存在的人类工效学问题。这些信息可能来自于已有的来源,也可能来自于为这一目的而进行的研究。针对这一目的适用的人类工效学方法和技术包括:使用工作环境评价工具、进行实地观察和访谈等。

在搜集和分析这些信息之后,应创建一个包括系统需求、具体要求和详细规格的纲要。这份纲要既包含与工作者的绩效、安全、健康和生活质量相关的工作系统详细规格,也包含和系统技术绩效需求相关的工作系统详细规格。

工作系统中任何一个可能影响到人或者系统绩效的组成部分(参见 3.6),在其运行时,都应从操作和维护这两个方面对其加以描述。

3.4 功能分析和分配

确定了系统需求之后,功能分析和分配阶段的第一步是确定为了满足这些需求,该工作系统应实现的功能。功能确定后,还需要决定这些功能如何在人和机器之间分配。功能分配旨在保证每一个功能都能有效的执行,同时兼顾之前提出的工作系统设计的注意事项(参见 3.3)。

要进行人机功能的合理分配,需要分析所设计的系统中的人和技术元素在满足功能需求方面的能力和局限性。此分析以及之后的人机功能分配旨在设计适当的任务和工作,促进工作者的健康、生活质量和安全,且有利于达到预期工作绩效。

适用于这一目的的人类工效学方法和技术包括方案规划、评估工具、人因(计算机)模型以及实验室试验。通过功能分配所产生的任务和工作应符合本标准中提出的人类工效学原则。

3.5 概念设计

确定功能分配方案后,下一步是将分配给人或者技术系统的功能转化为概念设计。概念设计的作用是展示工作系统的结构以及其内部成分之间的相互作用。在进行概念设计的过程中,应始终遵循以人为中心的方法和原则。

分配给工作者的功能需转化为对任务、工作以及工作组织的需求列表。这些要素的设计将以这份需求列表为基础。

分配给设备的功能需转化为对工作设备设计、工具(包括软件)、工作站和工作环境的需求列表。这些部分的设计和选择要以这份需求列表为基础。

适用于这一目的的人类工效学方法和技术包括仿真和任务分析技术、比例模型或原型以及小组讨论等。

注:关于以人为中心方法的细节信息可参见 GB/T 18976—2003。

3.6 详细设计

这一部分将考察用以组成所需工作系统的各个要素的设计,以便更好地理解人类工效学工作系统设计的范畴和需求。

工作系统的设计包括下列要素的设计:

- 工作组织的设计(3.6.1);
- 工作任务的设计(3.6.2);
- 作业的设计(3.6.3);
- 工作环境的设计(3.6.4);
- 工作设备、硬件和软件的设计(3.6.5);
- 工作空间和工作站的设计(3.6.6)。

设计上述各要素时,应充分考虑到它们之间的相互依赖关系。在设计过程中不必严格遵循上述顺序。为了得到最优方案,通常需要进行迭代设计。

3.6.1 工作组织的设计

个体的工作和工作系统之间会相互影响。应分析不同工作系统(例如公司内部各个部门之间)对其他工作系统造成的约束和压力。应重视这种约束和压力对工作组织、所有工作系统以及工作者绩效的影响。

同时还应考虑工作系统中不同成分之间的关系对个人的工作压力的影响程度。在3.6.6(工作空间和工作站的设计)中描述的许多因素,如果被看作是统筹不同工作环节之间组合的方法的一部分,也可能对个人工作压力产生显著的影响。

如果经由以上考虑产生的结果不符合系统需求,应考虑其他的设计方案。

3.6.2 工作任务设计

将分配给人的功能转化为工作任务时,应实现以下目标:

- 理解工作群体的经验和能力;
- 工作者可以运用不同类型的技能和能力,进行不同类型的活动;
- 确保所执行的工作任务可被视为一个整体,而不只是零碎的任务;
- 确保所执行的工作任务对整个工作系统有显著的贡献,且工作者能够理解这一点;
- 允许工作者在决定优先顺序、节拍和过程的时候有适当的自主权;
- 为执行工作任务的人员提供足够的有意义的反馈;
- 为工作者提供机会,使他们能够提升与工作任务相关的现有技能和获取相关的新技能;
- 避免分配对工作者来说过重或过轻的任务。过轻或过重的任务可能带来不必要的甚至过度的紧张、疲劳或失误;
- 避免重复。重复可能引起不平衡的工作紧张,并进一步导致生理上的不适和心理上的单调感、厌烦感、乏味感或不满;
- 避免让工作者单独工作,应为工作者提供社交性交流和功能性交流的机会。

注:参见 GB/T 18978.2—2004 和 GB/T 15241.2—1999。

3.6.3 作业设计

作业设计一方面应促进工作系统实现绩效目标,另一方面应使设计目标人群的总体工作压力水平处于最优水平。如果由于设计上的限制,工作任务不能够根据3.6.2中的要求进行设计,应通过适当的作业设计来补偿,从而使工作者处于最佳压力水平。

工作压力与设计目标人群能力的不匹配将会造成过度负荷或者负荷不足,导致工作者的弱化效应。应通过适当的作业设计来避免这些问题。

注:参见 GB/T 18978.2—2004 和 GB/T 15241.2—1999。

生理和心理工作压力的整体水平不仅取决于已在本标准其他部分中考虑到的因素(例如3.6.2),同时还取决于一项工作中各个任务的组合方式、操作的内容和重复程度以及工作者对于工作过程的控制水平。

在作业设计中同样应力求实现在3.6.2中提出的目标。如果所设计的作业不能充分满足这些目标,应运用下列方法来提高工作的质量:

- 有组织的或无组织的工间休息;
- 变换工作,例如在装配线上或者在工作班组内组织工作者自愿变换工种;
- 由一名(而非多名操作者)来完成属于同一系统功能的几项连续操作(作业扩展),如让一名操作员完成装配操作中的一系列连续操作;
- 由一名(而非多名操作者)来完成属于不同系统功能的连续操作(作业充实),如质量检验前的装配操作可由次品检出人员来完成。

3.6.4 工作环境设计

工作环境的设计和维护应保证环境中物理的、化学的、生物的和社会的因素对人无负面影响,且这些因素有助于保证工作者的健康、确保他们的工作能力和维持他们执行特定任务的意愿。

在任何可能的情况下,应同时使用客观和主观的评价手段来确定工作条件。在保证环境条件达到了经认可的可维持健康和生活质量的标准的同时,还应注意工作环境对安全和任务执行效率可能造成的影响。例如,不适当的背景声音可能会掩盖有用的声音信号,而恰当的光照将提高视觉检查任务的绩效。在任何可能的情况下,应允许工作者调整或改变自己所处工作环境中的各种条件(例如照明、温度、通风等)。

社会的、风俗的和种族方面的因素可能影响某项工作和工作组织的可接受程度。这类影响会广泛存在,例如着装要求、工作过程中使用的物质(例如来自动物的材料)以及工作的小时和天数。在任何可能的情况下,应在工作系统设计中考虑这些因素。来自社会和家庭的压力还有可能影响工作安全和绩效。例如,工作者对于家庭问题的忧虑可能导致注意力不集中,容易出现失误。可能的解决方法包括有:设计工作空间来最大程度降低人为失误的概率,或者在特别需要注意力集中的情况下,向工作者提供额外的社会性支持。

3.6.5 工作装备、硬件和软件的设计

鉴于现今的工作任务对于工作者心智方面的要求越来越高,在设计工作系统的时候,不仅要考虑设备的物理(机械)特性,也要考虑设备的认知特性。

一般来说,界面是人和设备之间制定决策、传递信息或进行沟通的部件。显示器和控制器是界面主要的组成部分。显示器和控制器可能是传统的设备,也可能是视觉显示终端的组成部分。界面设计应适合人的特点:

- 界面应当提供足够的信息让工作者既可以快速了解系统全局状况,同时也能获取具体参数的详细信息;
- 原则上来说,最需要触及的系统部件应被放置在最容易触及和操作的位置,最需要看到的系统部件应被放置在最容易看到的位置;
- 信号、显示器和控制器应以最大程度降低人为错误概率的方式工作;
- 信号和显示器的选择、设计和布置应与人类认知特性和所要执行的任务相符;
- 控制器的选择、设计和布置应与人体操作部分的特性和所要执行的任务相符。应考虑对技巧、准确度、速度和力的要求;
- 控制器的选择和布置应与设计目标人群的典型特点、控制过程的动态特性和作业空间要求相符;
- 需要同时操作或者快速地依次操作多个控制器时,控制器的位置应当相互足够接近以利于正确的操作;但不能过于接近,避免无意产生的操作。

3.6.6 工作空间和工作站的设计

3.6.6.1 一般原则

工作空间和工作站的设计应同时考虑人员姿态的稳定性和灵活性。

应给人员提供一个尽量安全、稳固和稳定的基础借以施力。

工作站的设计应考虑人体尺寸、姿势、肌肉力量和动作的因素。例如,应提供充分的作业空间,使工作者可以使用良好的工作姿态和动作的完成任务;允许工作者调整身体姿势,灵活进出工作空间。

避免可能造成长时间静态肌肉紧张并导致工作疲劳的身体姿态。应允许工作者变换身体姿态。

3.6.6.2 人体尺寸和姿态

主要应注意以下几点:

- 工作站的设计应考虑人体尺寸带来的限制,同时还要考虑到着装和其他随身携带物品的影响;

- 对于持续性的任务,操作者应能交替采用坐姿和站姿。如果只能选择一种姿态,通常坐姿优于站姿,除非工作过程要求站姿。对于持续性任务,应避免蹲姿或跪姿;
- 如果必须施用较大的肌力,则应通过采取合适的身体姿势和提供适当的身体支撑,使通过身体的力链或力矩矢量最短或最简单。在执行需要精细动作的任务时尤其如此。

3.6.6.3 肌力

主要应注意下列各点:

- 力的要求应与操作者的肌力相适合,而且必须考虑力、施力频率、姿态和疲劳之间的关系;
- 作业设计应避免肌肉、关节、韧带以及呼吸和循环系统不必要的或者过度的紧张;
- 所涉及的肌肉群必须在肌力上能够满足力的要求。如果力的要求过大,则应在工作系统中引入助力系统,或者重新设计任务以使用更加有力的肌肉。

3.6.6.4 身体动作

主要应注意下列各点:

- 身体各动作之间应保持良好的平衡;应允许工作者变换姿态,而不是长期保持静止的姿态;
- 身体或者肢体的运动的频率、速度、方向、范围不应超出解剖学和生理学的限制范围;
- 对需要高精度的运动,不应要求使用很大的肌力;
- 需要时,宜使用引导设备,以便于实施动作和明确先后排序。

3.7 系统实现、实施和验证

系统实现包括对工作系统中新的技术设计的研发、生产或采购,在实地安装,同时还包括为了符合当地环境和用户的要求和特点而进行的细微调整。

在实施阶段,应把新工作系统介绍给所有相关人员,特别是(可能的)工作者,包括在适宜条件下提供必要的信息和培训。此外,还应提供一份从旧系统向新系统转换的详细步骤说明。如果可能的话,还应提供一个备份系统。

应为目标用户人群提供说明文档。对工作者进行指导和培训,以帮助他们迅速和可靠地适应新环境。

在设计过程中应将人类工效学的原理作为一种预防性的手段,尽量减少培训的需要。在必须要通过培训才能让工作系统发挥全部潜力的时候,应针对新工作系统的运作进行充分和适当的培训。

系统验证的目的是确认新系统的运行是否符合预期。如果新设计实现了系统目标和工作绩效,但有害于工作者的健康、生活质量和安全,则应以本标准中描述的方法重新设计。在系统验证的过程中应邀请工作者来参与。一个验证合格的工作系统,应从设计初期就将人类工效学的原则和方法整合到系统设计过程中。如果在验证过程中发现某工作系统虽然达到性能要求,但危害用户的身体健康、生活质量或者人身安全,则其不符合本标准的要求。

4 评价

适当地运用人类工效学,能够优化工作系统和工作者的绩效和效能,且不会损害工作者的身心健康、生活质量和人身安全。

除了设计过程中的验证(参见 3.7)外,对工作系统设计的整体评价有助于对项目的结果形成完整的了解,将项目初期规划输出和最终结果进行对比,还可以积累经验。应持续监控系统的影响,以避免其对用户的工作绩效或者身心健康产生长时间损害。整体评价应在系统进入稳定工作状态之后进行。

在评价中应考虑工作的质量,以便于在工作环境中建立一个能保证工作者的长期有效绩效的良好基础。

各种关于绩效、健康、生活质量和安全的参数为评价和验证工作系统设计的有效性提供了度量方法和标准。用于评价的方法可分为三类,每一类各包括一些具体指标,如下所示:

分类：	健康和生活质量	安全	绩效
	↓	↓	↓
方法：	医学的/生理的 主观的 心理学的	可靠性 失误 不安全的行为 未遂事故 事故	质量 数量

可用性方法涵盖了上述三类评估方法,因此可用性的概念可为评估工作系统中技术成分的设计质量提供一个适当的框架。

可使用成本效益模型对新设计的效果进行准定量评价。例如,通过减少病假、生产损失和系统维护可降低成本。良好的工作环境能够产生显著的正面效应,并而优化成本-效益比。

注:参见 GB/T 18978.11—2004。

参 考 文 献

- [1] EN 614-1:1995 机械安全 人类工效学设计原则 第1部分:术语和一般原则
- [2] EN 614-2:2000 机械安全 人类工效学设计原则 第2部分:机械设计和工作任务间的交互
- [3] GB/T 15241—1994 人类工效学 与心理负荷相关的术语(eqv ISO 10075:1991)
- [4] GB/T 15241.2—1999 与心理负荷相关的工效学原则 第2部分:设计原则(idt ISO 10075-2:1996)
- [5] GB/T 18976—2003 以人为中心的交互系统设计过程(ISO 13407:1999, IDT)
- [6] GB/T 18978.2—2004 使用视觉显示终端(VDTs)办公的人类工效学要求 第2部分:任务要求指南(ISO 9241-2:1992, IDT)
- [7] GB/T 18978.11—2004 使用视觉显示终端(VDTs)办公的人类工效学要求 第11部分:可用性指南(ISO 9241-11:1998, IDT)
- [8] GB/T 21051—2007 人-系统交互工效学 支持以人为中心设计的可用性方法(ISO/TR 16982:2002, IDT)
-