

工业设计丛书

人机工程设计

郭青山 汪元辉 编

天津大学出版社

天津大学

919
04

TB18
G94

381132

工业设计丛书

人机工程设计

郭青山 汪元辉 主编



天津大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了人机工程设计理论与方法,强调在人—机—环境系统中人的主导作用和机器、环境以适应人为基本准则,并研究了人与机器、人与环境、机器与环境之间的相互关系和合理匹配,达到操作简便、省力、安全、可靠、高效、舒适的要求。

全书分八章,主要内容有概论、人—机系统中人的因素、显示与操纵及其组合装置的设计、作业空间及用具设计、作业环境、事故分析与安全设计、系统质量综合评价等。

本书可供工业造型、机械、电气电子仪表、安全、管理、轻工等有关工程技术人员参考,也可作为大专院校有关专业师生教学参考书。

(津)新登字 012 号

工业设计丛书

人机工程设计

郭青山 汪元辉 主编

天津大学出版社

(天津大学内)

邮编:300072

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本 787×1092 毫米 1/16 印张:11 $\frac{3}{4}$ 字数:293 千

1994 年 12 月第一版 1994 年 12 月第一次印刷

印数:1—5000

ISBN 7-5618-0678-7

TB·15

定价:12.00 元

序

在 21 世纪即将来临的时候,面对社会发展与科学技术进步的生动现实,越来越多的人们日益强烈感受到,除了自然资源,人的智力已经成为人类赖以生存的更为重要的宝贵财富。这种智力资源可以无限开发,却不能取代。人类依靠自己的智力加速了向自由王国进军的步伐。在当代,从用于征服宇宙的各种航天器,到生活中的日用工业品,无不是人类智慧的结晶。世界从来没有像今天这样需要人们自觉地把开发智力与合理利用自然资源更有效地结合起来,为最大限度地满足人类追求今天和明天更美好的生活目标服务。正是这种需要使工业设计这门集理论与实践于一身的学科,产生并得到了迅速的发展。

工业设计是伴随现代科学技术进步和社会经济发展需要而形成的一种具有全新设计观念的现代设计体系。它是将科学技术、文化艺术及社会经济综合为一体,并以人的生理和心理需求为出发点,合理而有效地进行具有全新质量和市场竞争能力的现代工业产品的设计,从而不断为人类创造更舒适、更合理的生产和生活条件。

作为一种现代设计方法,工业设计不仅涉及到产品本身的功能、结构、材料、工艺、形态、色彩、表面处理与装饰以及与人相关、与生态环境相关的各个方面,同时,还涉及到为推销产品和宣传企业所做的产品包装设计、广告设计以及企业形象设计和市场营销策略等方面的设计。所以,工业设计既关系到人们生活、生产、工作和劳动方式,又关系到生产企业的兴旺与发展。

作为增强产品竞争能力和加快产品开发速度、优化产品结构及提高企业经济效益的重要手段,工业设计已被世界许多工业发达国家所公认。然而,我们有些工业企业对工业设计还很陌生,以至在很长的一段时间内,忽略了正在国外迅速发展着的这一门科学。目前,正当我国加大改革力度、加速向社会主义市场经济转轨之际,工业企业面临的一项重要任务是尽快转换经营机制、调整产品结构、提高产品更新的速度,以优异的设计质量适应市场、占有市场。因此,广泛普及工业设计知识,使企业领导者和设计人员不断更新观念,掌握工业设计的基本理论和设计方法,已势在必行。许多先进国家的实践表明,只有提高产品的设计水平和设计质量,才能在市场竞争中求得生存,取得相应的经济效益和社会效益,才能促进企业跟上当代社会迅速发展的形势。

工业设计丛书以产品设计为重点,共分编 6 册,即《产品造型设计原理与方法》《造型基础与传达设计》《产品造型设计表现方法》《人机工程设计》《产品造型设计材料与工艺》《产品造型设计实例图案》。这套丛书比较全面和系统地介绍了工业设计的基本体系和内容。它的正式出版,对天津市工业设计教育、普及和发展

等将产生积极作用。

工业设计既是人类进入现代文明的一种设计方法论,也是现代工业生产的一种实践技术。真正使工业设计在物质文明和精神文明的建设中发挥作用,还需要社会各界,包括政府与民间、教育与舆论界的大力推动。衷心地希望读者通过学习,掌握工业设计的科学理论与方法,能在实践中加以创造性的应用,并不断吸取新知识,开拓新思想,积累新经验,在迎接未来的挑战中,使工业设计结出累累硕果,为使我国工业产品设计进入世界先进行列而进行不懈的努力。

天津大学是在国内较早地开展工业设计研究与教学的高等学府之一。他们与国内外许多学术单位和工业企业有着广泛的联系,在和天津市科委共同组织有关专家、教授编写这套丛书的过程中,注意了理论与实际的结合,得到了天津市各级领导和机关的关注与支持,特别是被出版部门列为重点书目使丛书能够以较快的速度顺利出版,从而也可以成为迎接建校一百周年的献礼。对此,确实令人感到欣慰!



1994. 12

* 王成怀同志原任天津市委常委、市科委主任,现任天津市人大常委会副主任。

工业设计丛书编辑委员会

主 编：王玉林

副主编：谢庆森 郭青山 崔发文

编 委：王玉林 谢庆森 郭青山

崔发文 苏全忠 陈士俊

闫祥安 金家琦 汪元辉

曲远方 徐友浩 陈东祥

前 言

随着科学技术的高速发展,各种生产活动及人们日常生活越来越多地采用多种多样的现代工业产品,它涉及到工业生产及人们的衣、食、住、行等方面。人的生产、生存与活动都存在于一定的空间环境,工业产品也存在于不同的使用环境之中。很自然,“人—产品—环境”三者必然形成一个有机的整体。这个综合体的系统效益如何,则是衡量产品好坏的重要指标。由此可见,工业产品造型设计要使造型新颖美观,要使色彩符合时代的审美情趣,要采用新材料、新工艺、新结构等造型因素表现产品的现代感,同时,还应满足人对产品的各种要求和环境条件,达到人们使用这些产品时既舒适、高效、安全,又有合理的界面关系。所以在产品造型设计中,必须考虑人机工程这个重要的造型设计要素。

人机工程设计(学)就是人体科学、工程技术、环境科学、安全科学和社会科学等交叉形成的一门重要学科。它以人的生理、心理特征为依据,以提高人的工作、生活质量为目的,运用系统工程、信息理论和工程技术的观点和方法,研究人与机器、人与环境和机器与环境之间的相互关系,把人的因素作为系统设计的重要条件和原则,为机器(工具、用具等)设计成操作简便、省力、安全、可靠、高效、舒适的人—机—环境系统提供一种新的理论依据和方法。

随着科学技术的发展和生产力的提高,人们对工作、生活和休息质量的要求不断提高,人机工程设计(学)的研究和应用范围不断扩大,如航天航空、国防、工业、交通运输、建筑、轻工、办公和日常生活等领域,都需要解决人机工程问题。人机工程设计(学)已成为推动工业发展的新的技术动力,在先进工业国家受到普遍重视。目前我国正在积极广泛地开展工业产品造型设计工作,大力培养工业造型设计人才。希望本书的出版有助于推动我国工业产品造型设计,为改变产品落后面貌起到一定作用。

本书有如下特点:

1. 本着少而精的原则,既提供了较完整的基础理论知识,又具有足够的深度和广度。
2. 强调人的主导地位 and 机器适应人的设计准则。为使设计进入人—机—环境相统一的新阶段,提供了系统的人机工程设计原理和方法。

3. 从人机工程设计角度,对安全、可靠性问题和设计质量的综合评价进行了介绍。

本书从人的因素、信息显示、操纵装置、作业空间、座椅设计、作业环境等方面,进行了较系统的论述,给出了较为丰富实用的设计方法和数据。

本书共八章。第一、二章由郭青山编写;第三章、第六章二、三节由汪文颖编写;第四、五章由滕献银编写;第六章一、四、五节,第七、八章由汪元辉编写。全书由郭青山、汪元辉主编。

在编写过程中,得到了张宝利,谢庆森等同志的帮助,同时引用了许多中外学者的论文和著作,谨在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误之处在所难免,谨请有关专家和读者批评指正。

编 者

1994年8月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 人机工程设计概述	(1)
第二节 人一机系统的设计与评价	(7)
第二章 人一机系统中人的因素	(12)
第一节 人体静态测量参数	(12)
第二节 人体动态测量参数	(19)
第三节 人的感知特征	(26)
第四节 人的信息传递与处理	(36)
第五节 疲劳	(39)
第六节 人为差错	(44)
第三章 显示装置设计	(50)
第一节 仪表显示设计	(50)
第二节 荧屏显示设计	(64)
第三节 信号灯和听觉报警装置设计	(69)
第四节 图形符号指示	(73)
第四章 操纵装置设计	(77)
第一节 操纵装置的类型与特征分析	(77)
第二节 手动操纵装置设计	(85)
第三节 脚动操纵装置设计	(94)
第四节 操纵装置设计与选择的人机工程学原则	(97)
第五章 作业空间与用具设计	(100)
第一节 作业空间设计的原则	(100)
第二节 作业空间设计	(103)
第三节 工作台设计	(105)
第四节 座椅设计	(105)
第五节 手握式工具设计	(110)
第六章 作业环境	(112)
第一节 概述	(112)
第二节 微气候	(114)
第三节 照明环境	(120)
第四节 噪声环境	(127)
第五节 振动环境	(138)
第七章 生产设备的安全设计	(144)
第一节 事故理论	(144)

第二节 生产设备安全运行特点与安全本质.....	(150)
第三节 生产设备的安全设计.....	(154)
第八章 人机工程设计质量的综合评价.....	(161)
第一节 概述.....	(161)
第二节 评价目标体系.....	(162)
第三节 评价方法.....	(165)
附录 工作系统设计的人机工程学原则[ISO6385—1981(E)]	(172)
主要参考文献.....	(176)

第一章 概 论

第一节 人机工程设计概述

一、人机工程设计的含意

现代的工业产品造型设计,不仅要求造型新颖、美观、大方,色彩符合现代人的欣赏习惯,以及使用新材料、新工艺、新结构,还应包括产品的造型设计必须符合人机工程学的要求。人机工程学是本世纪 50 年代发展起来的一门学科,是研究产品设计中如何正确处理人、机器及其工作环境之间相互作用的学科。

该学科在美国称为人类工程学(Human Engineering)或人的因素工程学(Human Factors Engineering),西欧多称为工效学(Ergonomics),日本称为人间工学。在我国名称尚未统一,除常用的人机工程学和人机工程设计外,还有人体工程学、人类工程学、人类工效学、工效学、工程心理学等。

该学科的定义与其命名一样也不统一。美国人机工程学专家 C·C 伍德(Charles C·wood)对人机工程学的定义为:设备设计必须符合人的各方面因素,以便在操作上付出最小的代价而求得最高效率。W·B·伍德森(W. B. Woodson)则认为:人机工程学研究的是人与机器相互关系的合理方案,亦即对人的知觉显示、操作控制、人机系统的设计及其布置、作业系统的组合等进行有效的研究,其目的在于获得最高效率及作业时感到安全和舒适。国际人类工效学学会(International Ergonomics Association)的定义为:人机工程学是研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素,研究人和机器及环境的相互作用,研究在工作、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。

我国 1979 年出版的《辞海》中对人机工程学的定义为:人机工程学是一门新兴的边缘学科。它是运用人体测量学、生理学、心理学和生物力学以及工程学等学科的研究方法和手段,综合地进行人体结构、功能、心理以及力学等问题研究的学科。用以设计使操作者能发挥最大效能的机械、仪器和控制装置,并研究控制台上各个仪表的最适位置。

从上述命名和定义看出,尽管名称不统一,定义表达方式不同,但本学科研究对象、方法、理论体系等方面是一致的。本书采用人机工程设计命名,主要是从设计角度出发来讨论人、机、环境之间相互作用的问题。

二、人机工程设计研究的内容与方法

(一)人机工程设计研究的内容

人机工程设计是一门涉及诸多方面的边缘学科。因此,它的研究内容相当广泛,不同的系统和业务部门所研究的侧重点也不尽相同,但它始终是以人一机一环境作为研究的基本对象,通过揭示人、机、环境之间相互关系的规律,以达到确保人一机一环境系统总体性能的最优化。

这里的“人”是指作为主体工作的人;“机”是指人所控制的一切对象的总称;“环境”是指人、机

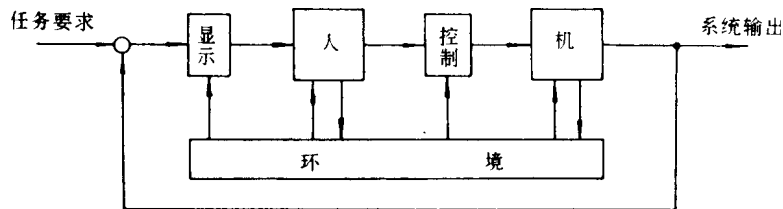


图 1-1 人—机—环境系统示意图

器共处的特殊条件,它既包括物理、化学因素的效应,也包括社会因素的影响。“人”、“机”、“环境”是人—机—环境系统的三大要素。通过这三大要素之间的

物质、能量和信息传递、加工与控制等作用,组成一个复杂的系统,如图 1-1 所示。很显然,对任何一个系统来讲,系统的总体性能不仅取决于各组成要素的单独性能,更重要的是取决于系统中各要素的关联形式,即物质、能量、信息的传递,加工和控制的方式。人机工程设计就是从“系统”的总体出发,一方面既要研究人、机、环境各要素本身的性能,另一方面又要研究这三大要素之间的相互关系、相互作用、相互影响以及它们之间的协调方式,运用系统工程的方法找出最优组合方案,使人—机—环境系统的总体性能达到最佳状态,即满足舒适、宜人、安全、高效、经济等指标。就工程设计来讲,也是围绕人机工程的根本研究方向确定其具体研究内容。对工业设计人员来讲,从事本学科研究的主要内容,归纳起来有以下几个方面。

1. 人体特性的研究

在人—机系统中,人是最活跃、最重要、同时也是最难控制和最脆弱的环节。任何机器设备都必须有人参与,因为机器是人设计、制造、安装、调试和使用的,即使在高度自动化生产过程中,以致使用的是“机器人”,也都是人在操纵、监督和进行维修的。由此可见,在人—机系统中,人同机器总是相互作用、相互配合和相互制约的,而人始终起着主导作用。据国外统计资料表明,生产中 58%~70% 的事故是与轻视“人的因素”有关,这一数字必须引起我们重视。

人体特性研究的主要内容是:在工业产品造型设计中与人体有关的问题。例如,人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性以及人在劳动中的心理特征和人为差错等。研究的目的是解决机器设备、工具、作业场所以及各种用具的设计如何适应人的生理和心理特点,为操作者(或使用者)创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

2. 人机系统的整体设计

人们设计人—机系统的目的,就是为了使整个系统工作性能最优化,即系统的工作效果要佳。这是指系统运行时实际达到的工作要求,如功率大、速度快、精度高、运行可靠,以及人的工作负荷要小,即指人完成任务所承受的工作负担或工作压力要小和不易疲劳等。

人与机器各有特点,在生产中应充分发挥各自的特长,合理地分配人机功能。这对系统效率的提高影响很大。显然,为了提高整个系统的效能,除了必须使机器的各部分(包括环境系统)都适合人的要求外,还必须解决机器与人体相适应问题,即如何合理地分配人机功能,二者如何相互配合,以及人与机器之间又如何有效地交流信息等。

值得指出的是,随着自动化的发展,人们必须解决更复杂的测量精度、快反应速度及信息量增大等有关问题,又必须控制生产过程和规定有限的时间间隔。自动化不是从多而复杂的系统所控制的过程中把人排挤出去,而是把人摆到新的条件上去。因此,在设计新的自动化系统时,就必须充分注意人的特性,使自动化条件能对人更有利。

3. 研究人与机器间信息传递装置和工作场所的设计

要研究人与机器及环境之间信息交换过程,并探求人在各种操作环境中的工作成效问题。信息交换包括机器(显示装置)向人传递信息和机器(操纵装置)接受人发出的信息,而且都必须适合人的使用。值得注意的是,人机工程所要解决的重点不是这些装置的工程技术的具体设计问题,而是从适合于人使用的角度出发,向设计人员提出具体要求,怎样使仪表能保证操作者看得清楚,读数迅速准确;怎样设计操纵装置才能使人操作起来得心应手,方便快捷、安全可靠等。

工作场所设计的合理性,对人的工作效率有直接影响。工作场所设计一般包括工作空间设计、作业场所的总体布置、工作台或操纵台设计以及座位设计等。研究工作场所的目的在于保证物质环境符合人体的特点,既能使人高效地完成工作,又要感到舒适和不易产生疲劳。

4. 环境控制和人身安全装置的设计

生产现场有各种各样的环境条件,如高温、潮湿、振动、噪声、粉尘、光照、辐射、有毒等。为了克服这些不利的环境因素,保证生产的顺利进行,就需要设计一系列的环境控制装置,以适合操作人员的要求和保障人身安全。

“安全”在生产中是放在第一位的,这也是人一机一环境系统的特点。为了确保安全,不仅要研究产生不安全的因素,并采取预防措施,而且要探索不安全的潜在危险,力争把事故消灭在设计阶段。安全保障技术包括机器的安全本质化、防护装置、保险装置、冗余性设计、防止人为失误装置、事故控制方法、救援方法、安全保护措施等。

(二)人机工程设计的研究方法

由于人机工程设计是一种跨学科性的学科,因此,其研究方法和使用的手段很多。这里只介绍一般常用的研究方法。

1. 实测法

实测法一般是指在生产现场对现有人机系统的功能或作业方法进行实地测试的方法。这种方法主要是以现有系统或设备为基础,设计新的系统或改进现有设备;改善现有作业方法和作业环境;或对新产品及作业方法进行人机质量评价等研究工作。实测法当然也包括对人体静态与动态参数的测量和对人体生理参数的测量。实测所得的数据,为系统、装置的设计以及作业空间的布置提供依据。

2. 实验法

此法一般在实验室进行,也可在作业现场进行。其方法的优点是可以排除现场干扰,在人为的条件下对系统的主要性能进行实验和测定,既可做综合性实验,也可做单项测定。因此,容易获得较系统的参数变化值。例如,为了获得人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率的数据,一般在实验室内进行。而需要了解色彩、光环境对人的心理、生理和工作效率的影响时,由于需要进行长时间和多人次的观测,通常在作业现场进行实验。

3. 模拟和模型试验法

可以用模型模拟人一机系统的特性来研究系统。模拟方法包括技术和装置的模拟,如操作训练模拟器、机器的模型以及人体模型等。通过这类模拟方法可以对某些操作系统进行逼真的试验,所得数据较符合实际。图1-2为应用模拟和模型试验法,研究人一机系统特性的典型实例。

4. 系统分析评价法

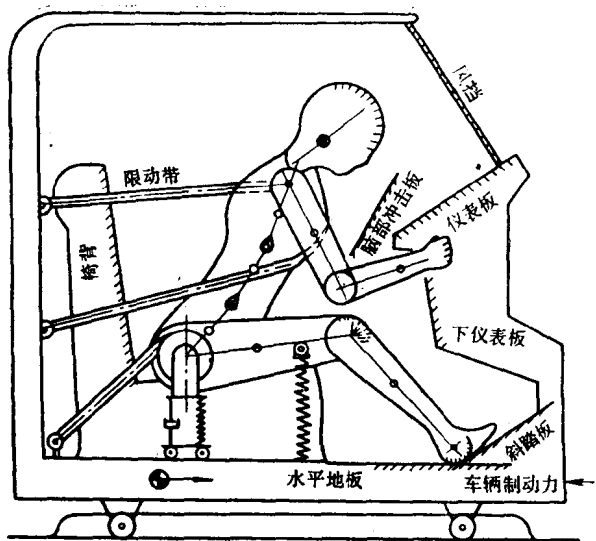


图 1-2 研究车辆碰撞的人—机系统的模拟与模型

系统分析评价法是将人—机—环境系统作为一个综合系统来分析。在明确系统总体要求的前提下,通过确立若干候选方案,相应建立有关模型和模拟试验,着重分析研究三大要素对系统总体性能的影响和所应具备的各自功能及相互关系,并用系统工程的方法,不断修正和完善系统的结构形式,以期达到最优组合。例如,考虑某一系统的可靠性,不仅考虑一定环境和时间条件下的机械设备的可靠性,还应考虑操作者的可靠性。目前,人机工程学研究常用包括操作者的能力、心理、方法及作业环境等方面因素的分析。

(1)作业方法分析法 生产过程一般是连续的,人和机器之间的信息传递也是连续的。但有少数机器设备运转是循环式的,因而人与机器间的信息传递也是循环

式的。为了便于分析,采用间歇性或单个循环分析测定,或采用录像剪接技术。根据作业的特点,对作业方式、使用工具、作业姿势、体位、行走等动作进行分析,消除不必要的动作,采用正确的作业姿势、体位、用力方向、作业顺序、合理的摆放工位器具和工卡量具等,以减少或防止不必要的劳动消耗。一般应用数理统计的随机采样法,对操作者和机器之间在每一间隔时刻或一个循环中的信息进行测定或录像,再用统计推理的方法整理,从而获得有益的资料。

(2)信息输入和输出分析法 人体接受信息和处理信息过程是:首先由感觉器官传至神经中枢,经大脑处理后,产生反应信号再传递给肢体以对机器进行操作,被操作的机器状态又将信息反馈给操作者,形成一个反馈系统。这种方法是分析系统的信息显示、传递是否便于操作者观察和接受,操纵装置是否便于区别和操作。

(3)作业负荷分析 在规定操作所必须的最少时间间隔的条件下,对作业的总负荷进行分析,考察作业的强度、感觉觉系统的信息接受通道与容量的分配是否合理,操纵装置的阻力是否满足人的生理特性,作业内容有无伤害操作者的健康和安全的因素。

(4)频率分析法 对人—机系统中的机械系统有关部分动作频率和操作者的操作动作频率(操作速率、持续时间)进行测定分析,所获得的数据可作为调整操作者负荷的依据,使操作者不长时间持续紧张地作业,防止操作者过度疲劳或误操作。

(5)界面(交换面)分析法 分析事故或隐患的危险性有助于识别和预防事故的发生。在一个系统中,找出各个单元、元件之间的界面和交叉部位配合不当或不相容的情况,分析它们在各种操作条件下会产生的危险性、事故模式、起因物、致害物、伤害方式,为系统安全运行提供资料。界面不限于人机或机器之间,也可以是机器内部。

5. 调查研究法

调查研究法是人机工程设计研究中常用的方法之一,应用非常广泛,既可用于带有经验性的问题,也可用于各种心理量的统计。这种方法包括简单的口头访问、问卷调查,直至精细的评

分以及心理和生理学分析判断和间接意见、档案与建议分析等。

三、人机工程设计的相关学科

近代科学技术发展的特点是：一方面各学科自身纵向高度分化，另一方面各学科之间又不断形成横向高度综合，有力地加速人类认识客观世界和改造客观世界的进程。人机工程设计(学)就是在科学技术发展过程中，由多门科学相互交叉、综合、渗透、重构而形成的，是交叉科学领域的一门重要学科。其根本目的是通过揭示人、机、环境三大要素之间相互关系的规律，从而确保人一机—环境系统总体性能最优化。与人机工程学相关的学科较多，主要有人体科学方面的生理学、心理学、人体解剖学、人体测量学、运动生物力学；安全科学方面的劳动卫生学、劳动保护学、安全心理学等；环境科学方面的环境保护学、环境监测学、环境卫生学、环境医学、环境心理学等；技术科学方面的工业设计、工程设计、机械工程、电气电子工程、安全工程、系统工程、管理工程、信息论、控制论、计算机等；其它还有社会科学和美学等等。这些学科都是人机工程学的基础，并为人机工程学的研究提供了先进的研究理论、方法和手段。人机工程学已形成一门具有自己的理论体系和研究方法的独立学科。

四、人机工程设计与工业设计

人机工程设计具有横向学科性质，与国民经济的各个部门都有密切关系。因此，其应用范围十分广泛。从工业设计这一范畴来看，从巨大的工业系统(如航天航空系统、核电站、自动化工厂、联合生产装置等)到家庭活动(如居室布置、家具、卫生设备等)，从一般机具(金属切削机床、汽车、拖拉机、起重设备以及手动工具等)到高科技产品(如电子计算机、机器人、传真机等)，从日常用品(如自行车、摩托车、照像机、电视机、服装、文具、锅、碗、盆、盥等)到工程建筑(如城市规划、建筑设施、道路、桥梁、工业与民用建筑等)，总之，为人类各种生产和生活所创造的一切“物”，在设计与制造时，都必须运用人机工程设计的原理和方法，以解决人机之间的关系，使其更好地适应人的要求。

为了进一步明确工业设计的含义，下面引用国际工业设计学会联合会(International Council of Societies of Industrial Design)对工业设计的定义：“工业设计是一种创造性的活动，旨在确定工业产品的外观质量。虽然，外观质量包括外形及表面特征，但重要的还在于决定功能与结构的关系，从而获得一种使生产者与使用者都能满意的外观造型。”由此定义，可以知道工业设计的含义必须包括：

- ①是一种创造性活动；
- ②不只注意产品外形及表面质量的美观，还需注意与产品的结构和功能的关系；
- ③满足生产者和使用者的要求，即达到方便宜人与环境协调的人机关系。

由此可知，人机工程设计与工业设计有着密切的关系，其研究的内容及对工业设计的作用可概括为以下几个方面。

(一)为工业设计中考虑“人的因素”提供人体静、动态尺度参数

一切“物”都是为人使用和操纵的，人是主体。在人—机系统中如何充分发挥其能力，保护其功能，并进一步发挥其潜在的功能问题，是人—机系统研究中的重要环节之一。为此，必须应用人体科学的研究方法，对人体结构特征和机能特征进行研究，提供人体各部分的尺寸、体重、体表面积、比重、重心以及人体各部分在活动时的相互关系和可及范围等人的结构特征参数；

提供人的感知能力、运动(操作)能力和人脑功能的机能特性;分析人在各种劳动时的生理变化、能量机理、疲劳机理以及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和心理因素对工作效率的影响;另外提出对合乎特殊环境下的操作者智力素质的选拔和培训条件与标准。

(二)为工业设计中“物”的功能合理性提供科学依据

产品的功能特点是通过人的使用体现出来的,而产品的结构形式是体现其功能的具体手段。工业设计能否充分体现产品功能的科学性、使用合理性、舒适、安全、省力和高效等都反映出产品结构是否合理,与造型是否适宜。所以,产品功能的发挥不仅取决于它的性能,还和人机工程设计与工程心理学等知识有直接关系。因此,在工业设计时,既要能充分体现功能特点,又要有有关信息显示装置、操纵控制装置、工作台和控制台等部件的形状、大小、色彩及其布置等方面的设计数据与基准。

(三)为工业设计中考考虑“环境因素”提供设计准则

众所周知,任何人都不能离开一定的环境生存和工作,任何机器也不可能脱离一定的环境而运转。环境影响人的生活、健康,特别是影响工作能力的发挥,影响机器正常运行和性能。从性质上看,环境因素可分为物理因素(如声、光、热等)、化学因素(如有害有毒物质等)、生理因素(如疾病、药物、营养、睡眠等)、生物因素(如病毒和其它微生物等)、心理因素(如动机、恐惧感、工作负荷等)。环境可分为直观环境和一般环境。前者包括显示和控制装置的布局、人体姿态和照明等,主要指表现在人一机界面上的一些情况;后者则主要指物理因素和化学因素。从保证人体的健康、安全、舒适和高效出发,必须研究和确定人在生活和工作中所处的各种环境的舒适范围和安全限度,为工业设计中考考虑“环境因素”提供分析评价方法和设计准则。

(四)为进行人一机—环境系统设计提供理论依据

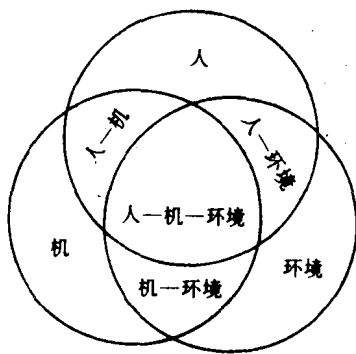


图 1-3 人一机—环境系统中三大要素相互关联示意图

人机工程设计是将人、机、环境看成是系统的三大要素,通过它们之间的信息传递、加工和控制,组成一个复杂的系统。人机工程设计的显著特点,不是孤立地研究人、机、环境三大要素本身特性,而是从系统的总体高度,将人一机关系、人—环关系、机—环关系看成是相互作用、相互依存并决定系统的总体性能,运用工程技术和系统工程等方法,利用三大要素之间的相关联系来寻求系统的最佳设计参数。图 1-3 是人—机—环境系统中三大要素相互关联的示意图。

系统设计就是在明确系统总体要求的前提下,着重分析和研究人、机、环境三大要素对系统总体性能影响和所应具备的各自功能及相互关系,如系统中人和机的职能如何分工,如何配合;机器和环境如何适应人;机和人对环境又有何影响等问题。经过不断修改和完善人一机—环境系统的结构方式,最终确保系统最优组合方案的实现。人机工程设计为工业设计开拓了新的设计思路,并提供了有关理论依据。

第二节 人一机系统的设计与评价

一、人一机系统的组成

在现代生产和生活中,所有的机器设备(这里是泛指,包括各种工具和用具)都是由人进行操纵或使用的。因此,在生产和生活中人和机器联系在一起,形成一个不可分割的整体,脱离了人或机器任一要素,就无法实现生产的目的或使用价值。这个系统就称为人一机系统。如前节所述,任何一个系统都离不开所在的工作环境。作为一个完整的概念,人一机系统就是指人一机—环境组成的系统。

人机工程设计研究的中心问题是人与机器的相互关系,即二者相互作用、相互配合、相互制约的关系,但起主导作用的始终是人。人一机系统的组成、性质和特征可用图 1-4 的模式表示。图中“环境”作为人一机系统的干扰因素处理。

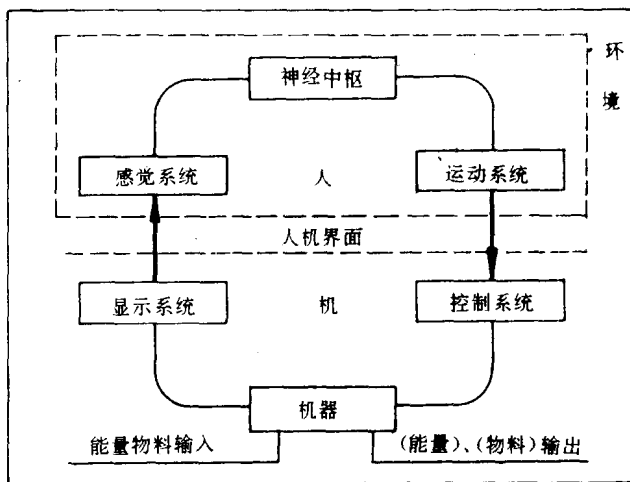


图 1-4 人一机系统模式图

二、人一机系统的设计

(一)人一机系统设计的基本思想

设计是革新和创造。人们从需要到产生思想,再把这种思想变成现实的过程,一般称为设计。

人一机系统设计是人机工程设计的一个重要组成部分,具有很强的综合性和实用性。它是把解决系统的安全、高效、经济问题,特别是有关人的效能、安全和身心健康问题等作为设计目标,从功能分析入手,合理地将系统的各项功能分配给人和机器,从而达到系统的最佳匹配。

人一机系统设计不是单一专业领域工作者所能胜任的,它应由工程技术人员、人类学家、心理学家、人机工程学家等共同协作完成,或者用上述知识共同完成。重要的是必须在系统设计初期参与设计,充分考虑人的因素,反映人的需要。

系统设计思想和过程可归纳为图 1-5 所示模型。

(二)条件分析

人一机系统设计也是从已获得所设计的系统的信息开始的。这种信息由市场分析、趋势研究或由准备好的具体的任务说明书给出。条件分析的目的是从众多的信息中获得对求解的问题或分任务的一个较清楚的阐述。为此,需要对存在的条件进行初步分析,最重要的分析有以下几点。

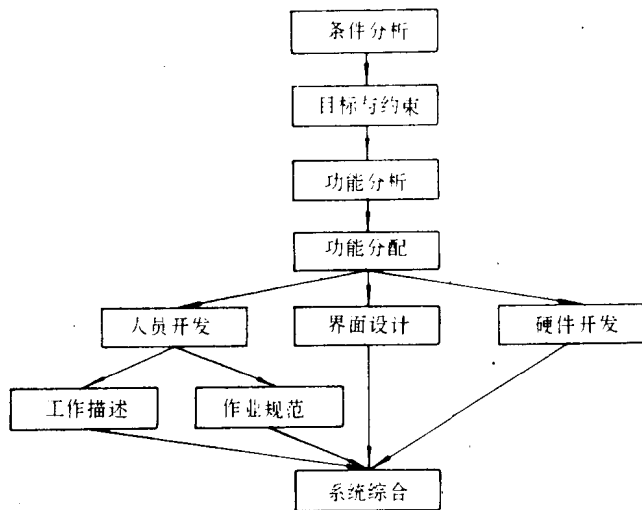


图 1-5 人一机系统设计程序图

(1)过程分析 所谓过程分析是指对系统的能量、物质和信息的输入、传递(或加工)和输出的分析,这是系统设计的开端。

(2)人机关系分析 通过人机工程的检查表对人机关系的分析,当然也涉及环境问题。

(3)任务分析 任务分析是通过选择一个合适的任务分析方法,对所涉及的人员进行分析。

(4)评价分析 这里是指对任何主观的感觉看法和涉及人员的作业的评述。

(三)人一机系统目标的建立

每一个系统都有其客观目标。目标的确定对以后各阶段的设计至关重要。用户对设计者提出的要求和市场信息有时是不充分的,笼统的,甚至可能是不现实的或有矛盾的。设计者必须分析清楚该系统(任务)的性质、使用范围;分析当前技术发展水平和趋势;分析要完成该系统应提出哪些设计要求及实现的可能性;分析制造成本及周期等。此外,还需与用户要求的各方面进行比较,然后详细讨论要达到该系统的目标,系统应具备什么功能。为了便于分析,总目标应进行分解成为分目标;同样,功能也应分解。应注意的是目标中包括约束。最后列出全部的设计目标和约束。

(四)人机特性比较与功能分配

在人—机系统中,人和机器各有自己的特点。要使人 and 机器的要素取长补短,使整个系统达到最佳效率和最佳的总体功能,就需要掌握人和机器有哪些特性,在哪些方面人优于机器,在哪些方面机器优于人。人机功能的合理分配必须建立在对人和机器的要素特性进行分析与比较的基础上。表 1-1 是人和机器特性的比较。

表 1-1 人和机器要素的特性比较表

比较项目	人的特性	机器的特性
检测能力	1. 灵敏度随时间变化,易受环境和感情的影响 2. 有主观倾向性 3. 虽然味觉和嗅觉无法定量表示,但比机器灵敏度高 4. 难以监测偶然发生的事件 5. 只能单通道 6. 能在高噪声环境下检出需要的信号	1. 固定性良好,稳定 2. 灵敏度、准确度、检测范围良好 3. 重复性好 4. 线性良好者多 5. 监控能力很强 6. 专用,缺乏通用性 7. 能够进行多通道的复杂动作 8. 无错觉 9. 在高噪声环境下很难正确无误地接受信号