

renjigongchengxue

高等学校统编教材

李建中 任卫红 何定东 编著

人机工程学

中国矿业大学出版社

前 言

人机工程学是近几十年发展起来的一门边缘学科。它综合应用人体科学、安全科学、环境科学、工程技术科学、社会科学及技术美学等多方面的有关理论、研究方法和手段,运用系统工程的观点,以人的生理、心理特征为依据,分析研究人与机电设备、人与环境以及机电设备与环境之间的相互关系,为设计操作简便、安全舒适、人一机—环境的配合达到最佳状态的工程系统提供理论和方法。其目的在于提高人的工作效率,改善人的工作条件,增加机器工作的可靠性,使工作更为安全和舒适。

我国于20世纪60年代开始人机工程学在军事领域中的应用研究,并取得一些成果。但是,作为现代意义上的人机工程学的研究,是从20世纪80年代初开始的。1989年中国人类工效学学会正式成立,开创了人机工程学研究的新局面。

众所周知,在煤矿生产中,人和机电设备的工作条件是十分特殊的,特别是井下的环境更加恶劣:狭窄的工作空间;地下水的渗淋;暗淡的光线;超过正常标准的粉尘;工人经常在移动状态下进行重体力劳动等。在薄煤层采煤工作面,工人劳动时常处于蹲姿、跪姿甚至卧姿(俯卧、仰卧或侧卧)且移动的工作状态。恶劣的工作环境导致工作效率低下,人身事故较多。尤其是近年来随着采掘机械化程度的不断提高,煤矿机电设备功率不断增大,结构更趋复杂,加上在研制这些设备时没有充分考虑矿工的的实际工作环境,使得操作时人为失误的概率增大。这就迫切需要在煤炭行业中开展人机工程学研究,从人机工程学角度出发,对煤矿机电设备进行合理的人机工程设计,使设备、工具宜人化,同时改善煤矿井下工作环境,使人处于最佳的工作状态,大大减少煤矿生产事故。

在多年的教学、科研工作中,焦作工学院先后编写了《机械系统设计》、《机械设计方法学》、《液压支架设计》、《现代设计理论与方法》等多种教材和讲义,供本科生和研究生使用。本书就是在这些教材和讲义的基础上,广泛收集和分析国内外文献资料而写成的,部分内容是作者近年来科研工作的总结,这些科研工作得到原煤炭部留学回国人员科技基金和煤炭科学基金资助。

本书由焦作工学院李建中、任卫红、何定东编著。李建中编写第一章、第三章、第四章、第六章第二节和第三节、第七章和第八章,任卫红编写第五章和第九章第一节、第二节、第四节,何定东编写第二章、第六章第一节和第九章第三节、第五节,全书由李建中统稿。

本书撰写过程中得到了焦作工学院各级领导的大力支持。全书由焦作工学院武良臣教授、李锡峰教授、林经德教授主审,研究生李银霞、张学胜也给予了帮助,在此表示衷心感谢。

由于作者水平所限,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

1999年12月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 人机工程学的定义及其发展过程.....	1
第二节 人机工程学的研究内容与研究方法.....	2
第三节 人机系统.....	5
第四节 煤矿中的人机工程学问题.....	8
第二章 人机工程学基础知识	10
第一节 人的生理特征和心理特征	10
第二节 人体测量和人体参数	12
第三节 人体生物力学特性	15
第四节 人体感觉器官的功能和特性	18
第五节 人对信息的传递和处理	26
第三章 机电设备人机工程设计	28
第一节 机电设备显示装置设计	28
第二节 机电设备操纵装置设计	40
第三节 机电设备操纵和显示装置组合设计	46
第四节 机电设备安全设计	48
第五节 机电设备人机工程设计实例	50
第四章 作业空间与用具设计	53
第一节 作业空间及其设计原则	53
第二节 活动空间与作业范围	54
第三节 作业范围设计	57
第四节 工作性质对作业空间的要求	60
第五节 安全防护距离	63
第六节 控制台设计	65
第七节 座椅设计	65
第八节 手握式工具设计	69
第五章 作业环境	71
第一节 作业环境类型	71
第二节 噪声环境	72
第三节 照明环境	80
第四节 颜色环境	85

第五节 微气候	91
第六章 人的可靠性分析	96
第一节 人的可靠性	96
第二节 人为失误及其控制	100
第三节 人体生物节律在预防人为失误中的应用	105
第七章 人机系统设计与分析	108
第一节 人机系统设计	108
第二节 人机系统分析与评价	113
第三节 人机系统可靠性分析	116
第四节 人机系统失效树分析法	121
第八章 人机工程学中的计算机技术	126
第一节 计算机辅助人机工程设计	126
第二节 人机工程设计专家系统	129
第三节 计算机模拟技术	136
第四节 人机工程学中的虚拟现实技术	139
第五节 计算机辅助人机工程学评价	144
第九章 人机工程学的应用	147
第一节 人机工程学在拖拉机造型上的应用	147
第二节 机床操纵装置的布局与人机工程学分析	150
第三节 人机工程学在汽车设计中的应用	153
第四节 人机工程学在电冰箱设计中的应用	158
第五节 人机工程学在教室中的应用	160
附录 I 中国成年人人体尺寸(GB 10000—88)	162
参考文献	174

第一章 概述

第一节 人机工程学的定义及其发展过程

一、人机工程学的定义

人机工程学(man-machine engineering),又称为人类工效学(ergonomics)、人类工程学(human engineering)等。人机工程学所研究的内容十分丰富,应用的范围极其广泛,又因为它是一门新兴学科,因而对本学科所下的定义有多种,而且随着该学科的发展,其定义也在不断变化。目前,比较全面、明确的定义有下面两个。

国际人机工程学学会的定义是: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因素,研究人和机器及环境之间的相互作用,研究在工作中、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。

我国对人机工程学下的定义是:人机工程学是一门新兴的边缘学科。它以人体测量学、生理学、心理学和生物力学以及工程学等学科作为研究方法和手段,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。用以设计使操纵者能发挥最大效能的机器、仪器和控制装置,并研究控制台上各个仪表的最适位置。

二、人机工程学的发展过程

人类漫长的发展历史表明,增强自己的劳动能力和提高自己的生活质量是人类的本能欲望。因此,人类不断研制出方便自己的各种机器、设备和生产系统。石器时代,人类用石头制作劳动工具和生活用品;爱迪生时代,人类发明了电话和留声机;今天,由于自动化技术和计算机技术的发展,自动化生产线、自动化工厂、自动售货机以及全自动洗衣机等产品应运而生。

人类发展史是一部不断追求一切可能的历史,昨天的幻想,在今天就有可能变为现实,从而将人的工作能力和生活水平提高一步。但是人类并不满足于此,总是不断产生新的欲望,并且坚持不懈地追求下去。正是由于人类这种忘我的追求,使得他们不知不觉地进入了从未经历的境界,致使他们在进行机器设计时,侧重于强调技术性能的设计,而忽视了人这个主要因素,使人——机器的设计者和使用者,与机器之间的关系不协调,从而造成效率低下、可靠性和安全性差、环境污染严重等后果。

人机工程学的萌芽就是在这种背景下产生的。人类希望通过对这门学科的研究,提高机器、工具及其生产系统的质量,提高工作效率,享受更为舒适的生活。这里所说的质量,不但包括性能(精度、效率、可靠性等)和经济性,而且还包括产品的操作使用是否简便、维护和修理是否方便、加工制造是否容易、外形是否令人喜爱、工作是否安全可靠、社会效益如何等因素。要使产品达到这么高的质量要求,就必须对人机工程学进行研究。

英国是世界上开展人机工程学研究最早的国家,但其奠基性工作是在美国完成的。从总体上看,人机工程学的研究和发展大致可划分为三个阶段。

第一阶段为经验人机工程学的发展阶段,研究特点是“人如何适应机器”。其中比较典型的是“铁锹作业试验研究”。1898年美国学者F. W. Taylor曾对铁锹的使用效率进行研究,他用

形状相同而铲量不同的四种铁锹(每次可铲物体质量分别为 5 kg、10 kg、17 kg 和 30 kg),分别去铲同样一堆煤。试验结果,用 10 kg 铲量的铁锹铲煤效率最高。然后他又进一步研究了怎样操作、怎样组织操作才能省力高效,并于 1903 年发表了论文“论工厂管理”,开创了人机工程研究的先河。不久,F. B. Gilbreth 将建筑工人砌砖动作的全过程用高速摄影机拍摄下来,然后对其中的有效动作和无效动作进行分析研究,提出砌砖动作的合理方案,从而使工人的砌砖速度提高近 3 倍。两位学者的试验研究成果为人机工程学学科的创立奠定了基础。

第二阶段为科学人机工程学的发展阶段,研究特点是“机器如何适应人”。科学技术的发展,使机器的工作能力越来越大,结构越来越复杂,人与机器的信息交换量也越来越多。尤其是第二次世界大战期间,由于战争的需要,武器装备日趋复杂(如美国制造的轰炸机上各种仪表和操纵装置多达一百多个),单靠人去适应机器已很难达到目的,不但影响武器效能的发挥,而且还经常发生事故。据统计,在第二次世界大战中美国飞机事故的 90% 是由于人机工程学方面的原因造成的。因此,美国空军在一面加强操作技能适应性训练的同时,又让生理学家、心理学家和人体解剖学家为机器设计提供适合操作人员生理、心理特征的设计参数。这样就相继出现了“实验心理学”、“人体测量学”等学科。1957 年,美国的 E. J. McCormick 出版了第一部人机工程学专著《Ergonomics》,标志着这一学科已进入较为成熟的阶段。

第三阶段为现代人机工程学的发展阶段,即现在人们所说的人机工程学,研究特点是把人一机—环境系统作为一个统一的整体来研究。从 20 世纪 60 年代至今,科学技术的飞速发展,电子计算机应用的普及,工程系统的进一步复杂及其自动化程度的不断提高,宇航事业的空前进步,一系列新学科的迅速兴起,不仅为人机工程学研究注入了新的理论、方法和手段,而且也为人机工程学提出了一系列新的研究课题,如核电站等重要系统的可靠性问题、计算机的人机界面设计问题、宇航系统的设计和试验问题等等,从而拓宽了人机工程学的研究范围和应用范围,促使人机工程学进入了系统的研究阶段,促进了人机工程学的发展和进步。

我国的人机工程学研究起步较晚,大约于 20 世纪 60 年代开始首先在军事领域中进行人机工程学的研究,并侧重于生活保障系统。而普及于一般工业部门和民用领域的研究应用则始于 20 世纪 80 年代,但发展速度非常快。近年来,有许多院校开办专业和设置课程,一些科研机构和企业也建立了人机工程学实验室或研究所,人机工程学硕士、博士也相继走上了工作岗位。目前,人机工程学已应用于许多部门,如铁路、汽车运输、工程机械、机床设计、航天航空等,并已取得了不少成果。本书作者自 20 世纪 90 年代初开始人机工程学在煤炭行业中的应用研究,曾在俄罗斯国立莫斯科矿业大学研修煤矿机械人机工程设计课题,近几年来先后完成了“人机工程设计在煤矿机械中的应用”和“综采工作面人一设备—环境系统计算机模拟研究”等科研项目,对人机工程学在煤矿生产中的应用进行了有意义的探讨。

第二节 人机工程学的研究内容与研究方法

一、人机工程学的研究内容

人机工程学的研究内容和应用范围极其广泛,不同的行业部门所研究的侧重点不尽相同,但它始终是以人一机—环境系统作为研究的对象,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—环境系统总体性能的最优化。对于工程设计人员来讲,从事人机工程学研究的主要内容可概括为以下几个方面:

1. 人的特性研究

主要研究人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性、人在劳动中的心理特征以及人的能力限度等,以解决如何使机电设备、工具、各种用具和用品以及工作环境设计与人的生理、心理特点相适应问题,为劳动者创造安全、舒适、高效的工作条件。

2. 人机系统研究

人与机是人机系统的两大组成要素,都有各自的能力和限度。人机工程学研究的是如何根据人、机各自的功能特征和限度,合理地分配人、机功能,使其发挥各自的特长,注重在整体上使机与人相互适应,相互补充,有机配合,以保证系统功能的最佳发挥。

3. 作业场所和人机界面研究

作业场所设计的合理与否,将对人的工作效率产生直接的影响。作业场所设计包括:工作空间设计、座位设计、工作台或操纵台设计以及作业场所的总体布置等。这些设计都需要应用人体测量学和生物力学等方面的知识。研究工作场所设计的目的是保证物质环境适合于人体的特性,使人以对健康无害的姿势进行劳动,既能高效地完成工作,又感到舒适,不致过早出现疲劳。

人机界面指的是人机之间进行信息交流的作用界面。界面上的显示装置向人传递机器工作的信息,控制装置则接受人发出的作用于机器的信息。由于传递信息的形式和操纵要求不一样,因而出现了各种各样的显示装置和控制装置。人机工程学就是研究如何合理地设计各种显示装置和控制装置以及它们的配置,以适合人的感知特征和操作要求。

4. 作业环境及其改善研究

人机工程学研究环境因素(如温度、湿度、照明、噪声、振动、粉尘、有害气体等)及环境条件(如高空、地下、深水下等)对人的劳动活动和健康的影响,并探索控制、改善不良环境的措施和手段,以便为劳动者提供舒适、安全的作业环境。

5. 作业组织研究

人机工程学研究人从事重体力劳动、技能劳动和脑力劳动时的生理、心理变化,确定劳动时的合理负荷及耗能量、合理的工作和休息制度、合理的操纵方法,以减轻疲劳,保障健康,提高劳动效率。

人机工程学还研究劳动过程分析和动作经济原则,寻找最经济、最省力、最有效的标准工作方法和标准作业时间,以避免无效的劳动,合理利用人力和设备。

6. 人的可靠性与安全研究

随着生产系统的日益复杂和精密,操纵人员面对大量的显示装置和控制装置,容易出现人为失误而导致事故发生。人机工程学研究影响人的可靠性的因素,寻求减少人为失误、防止事故发生的途径和方法,提高整个人机系统的可靠性。

二、人机工程学的研究方法

在人机工程学研究,广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法和手段,也采取了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的一些研究方法,而且本学科也创立了一些独特的研究方法,以探讨人、机、环境各要素之间复杂的关系。这些方法主要有:测量人体各部分的静态和动态数据;调查、询问或直接观察人在作业时的行为和反应特征;对作业时间和作业动作的分析研究;测量人在作业前后以及作业过程中的心理状态和各种生理特征的动态变化;观察和分析作业过程中存在的问题,分析产生人为失误和意外事故的原因;进行模型试验或采用计算机进行模拟试验和分析;运用数学和统计学的方法找出各变化参数之间的相互关系,以便从中得出正确的结论或形成有关理论等等。

目前常用的人机工程学研究方法有:

1. 观察法

为了研究人和机的工作状态,常采用各种各样的观察方法,如工人操作动作的分析、功能分析和工艺流程分析等大都采用观察法。

2. 实测法

是一种借助于仪器或设备进行实际测量的方法。例如,对人体静态和动态数据的测量,对人体生理特征参数的测量或者对人机系统参数、作业环境参数的测量等。实测所得数据为显示装置、控制装置和作业空间的设计提供了依据。

3. 实验法

这是当实测法受到限制时采用的一种研究方法,一般是在实验室进行,有时也可以在作业现场进行。例如,人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率等数据的获得一般在实验室进行;但要了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响时,只有进行长时间和多人次的观测,才能获得比较真实的数据,因此,这类实验通常是在作业现场进行。

4. 模拟和模型试验法

由于机械设备及其组成的系统一般比较复杂,且要考虑经济性和安全性等因素,因而在进行人机系统研究时常常采用模拟的方法。以前采用模型模拟方法较多,如操作训练模拟器、机械模型以及各种人体模型等。通过这类模拟方法可以对某些操作系统进行逼真的试验,从而得到更符合实际的数据。图 1-1 所示为应用模型试验法研究人机系统特性的典型实例。

随着计算机图形学、计算机仿真技术、人一机接口技术、多媒体技术以及传感技术的发展,人机系统计算机模拟研究方法迅速兴起和展开。特别是虚拟现实技术的应用,无论是从研究范围、研究方法方面,还是从研究质量方面,都把人机工程学研究推向了一个新的阶段。

5. 分析法

分析法是在利用上述各种方法获得了一定的资料和数据后采用的一种研究方法。目前,人机工程研究中常采用以下几种分析法:

(1) 离散分析法 生产过程一般是连续的,人和机电设备之间的信息传递也是连续的。但要分析这种连续传递的信息有时十分困难,因而只能用离散性的分析测定法,即采用统计学中的随机取样法,每隔一定时间对操作者和设备之间的信息进行测定,然后用统计学的方法进行处理,从而获得研究人一机—环境系统的有用资料。离散分析法主要是对作业方式、体位、行走路线、工具摆放等进行分析,以消除不必要的作业动作,减少不必要的体力消耗,从而提高工作效率。

(2) 信息分析法 外界给人的信息首先由感知器官传到神经中枢,经大脑处理后,产生反应信号再传递给肢体以对设备进行操作,被操作的机电设备又将信息反馈给操作者,从而形成一个反馈系统。信息分析法就是先对此反馈系统进行测定分析,然后用信息传递理论来阐述人

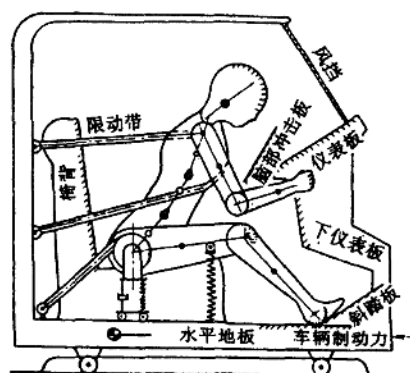


图 1-1 研究车辆碰撞的人机系统的模拟与模型

一机之间信息传递的数量关系。这种方法主要用于分析如何设计显示装置和控制装置,使操纵者能够迅速而准确地获取信息并进行控制操作。

(3) 动作负荷分析法 在规定了操作所必需的最小间隔时间的条件下,采用计算机技术分析操作者连续操作过程,可推算出操作者工作的负荷程度,以分析作业的强度是否适合人的生理特征。另外,对操作者在单位时间内的工作负荷进行分析,也可获得单位时间的作业负荷率,并用来表示操作者的全工作负荷。

(4) 频率分析法 对人机系统中的机械设备的使用频率和操作者的操作动作频率进行测定分析,可以获得作为调整操作人员作业负荷的依据,以避免作业人员长时间紧张作业,减缓疲劳的产生。

(5) 危象分析法 对事故或近似事故的危象进行分析,特别有助于识别容易诱发错误的情况,同时,也能方便地查出系统中存在而在一般情况下需要用较复杂的研究方法才能发现的问题。

(6) 相关分析法 在各种分析法中,常常要研究两种变量,即自变量和因变量。用相关分析法能够确定两个以上的变量之间是否存在统计关系。利用变量之间的统计关系,可以对变量进行描述和预测,或者从中找出某种规律。例如,对人的身高和体重进行相关分析,便可以用身高参数来描述人的体重。随着统计学的发展和计算机的广泛应用,相关分析法已成为人机工程学研究的一种常用方法。

6. 调查研究法

目前,人机工程学研究人员还采用各种调查研究方法,来抽样分析操作者或使用者的意见和建议。这种方法包括简单的访问、专门调查,直至非常详细的评分、心理和生理学分析判断以及间接意见与建议分析等。

第三节 人机系统

一、人机关系

人在劳动中要与劳动工具和劳动对象(各种机电设备)发生联系,可以把这种联系广义地称为人机关系。影响人机关系的因素是多方面的,所以人机关系也处于不断变化之中。原因是随着科学技术的进步,劳动条件、劳动形式和内容等发生了很大变化,这深深地影响着人机关系。如以手工为主的劳动形式,这种人机关系要求工具得心应手,且要求操作者有一定的体力和较高的技能,以达到机宜人和人适机;而机械化形式的劳动,则要求人机共动,密切协调,共同完成劳动任务,因此对机宜人和人适机的要求更加苛刻。对各种人机关系进行分析,可得到表 1-1 所列的一些特点。根据这些特点可以把从手工劳动到自动化生产过程中人机关系的巨大变化概括为:

表 1-1

各种人机关系的特点

形式	人机关系	人的作用	能 源	形式	人机关系	人的作用	能 源
手工为主	人为主体	发挥技能	人的体力	半自动化	机为主体	强制性作业	外部动力
机械化	人机共动	控制和监督	人与外部动力	自动化	机为主体	监控管理为主	外部动力

① 体力消耗减轻,心理负担加重;

- ② 人越来越远离机器,管理方式大多是间接的;
- ③ 要求人的作业速度越来越快,作业准确性越来越高;
- ④ 系统越来越复杂,对人的要求越来越高,微小的人为失误可能造成严重的后果。

二、人机关系中人的主体地位

人类在生产劳动中,始终追求高的生产率和自身的安全。为此,人类不断创造出各种各样的机电设备来替代人的劳动。然而,任何机器、生产系统的设计、制造、测试、控制和维修都是由人来完成的。因此,要求人与机器适当配合,以提高工效,减少事故。即使在高度自动化的将来,人机关系中人的作用也还是重要的。由于自动化程度的提高,人的手和眼的直接配合关系逐渐减少甚至完全消失,操作者所做的仅是操纵控制装置,他们所控制的对象是在目不能及的远处,其行为效果仅能间接地从显示装置上看出,缺乏直接的信息反馈,容易产生单调、无聊和厌烦情绪。而且一旦系统出现故障,必须由操作者去应急处理,这就要求操作者从有限的、间接的、抽象的信息中,迅速判断和决策,由此而产生的心理压力非常大。而减轻这种心理压力则需要对操作人员进行职业培训,使其具有一定的技术水平和稳定的心理素质,充分发挥人的主导作用。以人为主体的、以机电设备为劳动工具的人机关系,其特征主要体现在“机宜人”和“人适机”的关系上。

1. 机宜人

供人使用的机电设备应尽量满足人的生理、心理特征要求,符合人的审美观和价值观,尤其要满足人的安全需要,让人能最大限度地发挥其功能。

机器的发展日新月异,而人的生理特征却变化不大,如人的体型尺寸、姿势、动作、作业范围、施力大小以及信息处理能力等,有些甚至出现退化现象。而现代化的机器趋向于高速化、精密化和复杂化,由此对人的注意力、判断力和技术水平的要求也相应提高。这就是人机关系矛盾的焦点。因此,在设计机器时,必须明确操纵机器的人是人机关系中的主体,而不是机器的奴隶。总之,机电设备的设计,必须考虑人的身体特征,并尽量使作业条件和作业环境对人无害且安全舒适。

2. 人适机

机器的功能、结构和对作业环境的影响等受到众多因素的制约,如经济条件、技术水平以及国家的有关法规等,不可能也不应该要求机电设备完全适宜人的所有特征,如某些飞机的驾驶舱的空间设计就不适宜高大体型的人;单调作业操作就不适宜性格外向的人;复杂机电设备的操纵就不适宜文化水平低的人。为了安全和高效地作业,就必须对操作者进行人适机的选拔和培训。

3. 机宜人和人适机的关系

机宜人是有限条件的,不能盲目、不顾条件、不切实际地去追求。因为人的要求多种多样且变化很大,机器只能满足人的某些主要特征要求。如果一味追求机宜人,可能带来巨大的经济损失,这样就有些舍本逐末了。人适机也是有条件的,因为人的能力、精力等都有一定的限度,而且人在作业中还要留有余地,不能过度疲劳,否则会发生事故。机宜人和人适机的关系是相互影响、相互促进、相互制约的,只有在科学技术不断进步的情况下,才能使人机关系逐步达到协调和完善,即人机关系达到最佳匹配,这也是人机工程学的宗旨。

三、人机系统

1. 人机系统的定义

人机系统是由人和机两部分相结合所形成的集合体。在人机系统中,人与机相互作用,相

互联系。但是,人机系统所处的环境对系统的总体功能也会产生作用和影响。所以,在研究人机系统时应当把环境当做一个重要的因素考虑,即人机系统实际上是人—机—环境系统的简称。这里所说的环境是一个广义的概念,不仅仅指纯粹的自然环境,还指人类在自然环境中,通过技术手段创造出来的作业(生活)环境。例如,在茫茫宇宙中飞行的载人飞行器内;在数百米地下开采岩石、煤炭的采掘工作面等等。人、机、环境三者之间的关系如图1-2所示。现代交通工具的运行,就是典型的人机系统,司机是这个系统的主体,通过各种控制装置,依据各种环境条件,正确灵活地控制交通工具完成预定的运输任务。这一系统中的人、车辆、环境(路况、天气等)构成不可分割的有机整体,相互影响,相互作用。

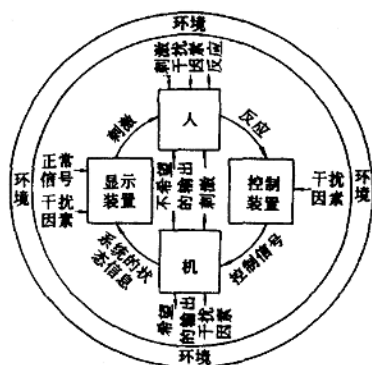


图 1-2 人—机—环境系统图

2. 人机系统的功能

人机系统功能的实施是由四个基本部分组成的,这就是:信息接受、信息储存、信息处理和决策、执行功能,如图 1-3 所示。

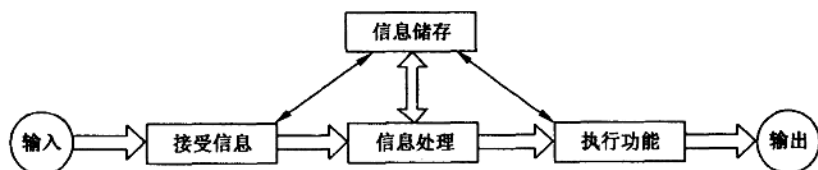


图 1-3 人机系统功能图

(1) 信息接受 对人机系统而言,信息接受是通过人的感觉器官和机电设备的感装置完成的。信息可能来自系统外部,也可能是系统内部的反馈信息,还可能是储存在系统中的信息。

(2) 信息储存 人机系统的信息储存是靠人的记忆、文字记录、磁带、录音、光盘等实现的。

(3) 信息处理和决策 它是通过大量已接受的信息和储存的信息进行综合分析、比较、推理和运算来完成的。在人机系统中,人具有处理已知或未知信息的能力,而机器不能处理事先未预见到的信息。

(4) 执行功能 它实际上是一些动作过程。人机系统的执行功能有两种:一种是由体力直接控制的动作或过程,如操纵控制装置、移动或改变物体的位置或形状;另一种是借助语言信号方式传送指令。

3. 人机系统的类型

(1) 人工操作系统 也就是纯手工劳动系统,在此系统中人扮演着动力源和操作者的角色。例如工人用锉刀锉一个零件,首先接受任务(尺寸、时间要求等),然后选择锉刀,用夹具把工件夹紧,并在工作过程中不断调整零件的位置、施力大小和工作速度。最后按规定的时间、规定的尺寸完成任务。

(2) 半自动化系统 在此系统中,人主要是充当生产过程的控制者和动力设备的操纵者。

人根据感知得到的信息通过操纵装置来调整生产过程。如车工操纵半自动车床、司机操纵采煤机即属于这类系统。

(3) 自动化系统 在自动化的人机系统中,生产过程中的信息接受、储存、处理和执行等工作全部由机器完成,人只是通过显示装置对生产过程进行监督。如无人化采煤工作面,工人在中心控制室监视仪表,保证采煤作业顺利进行。

在以上三种人机系统中,人工操作系统侧重于解决工人的操作问题,而在半自动化和自动化系统中人的作用主要是监督机器运行。

4. 人与机的联系方式

(1) 人与机直接联系 即“人→机器→人”形式的人机系统,大约有三种形式:

- ① 单人单机 一个操作者直接操纵一台机器,如用煤电钻钻孔等。
- ② 单人多机 一个操作者可以控制多台机器,如一个水泵工监控多台水泵等。
- ③ 单机多人 一台机器由多人操纵。如二人操纵一台采煤机等。

(2) 人与机间接联系

- ① 人通过控制台与机器联系。
- ② 人通过显示装置与机器联系。
- ③ 人通过控制台、显示装置与机器联系。

(3) 人机系统组合 一个生产过程一般都由几个或几十个相对独立的人机系统组合而成。如在煤矿生产过程中,煤炭从工作面采出,经运输平巷、上山、运输大巷、主井到地面选煤厂或铁路装车煤仓,每一个环节都有许多操作者操纵各种类型的机具,按一定的操作规程进行作业,完成各自的工作任务。各个相对独立又相对关联的人机系统的效能的好坏,将直接影响整个生产过程,而其效能又取决于人机系统的整体设计。

5. 人机系统的总体性能

人机系统由人、机、环境三大要素组成,其总体性能不仅取决于人、机、环境各要素本身的性能,还取决于人、机、环境三要素之间的相互关系。要提高人机系统的总体性能,必须提高人、机、环境各自的性能,并使三者达到协调统一。

第四节 煤矿中的人机工程学问题

煤矿是一个复杂的系统,它由采煤、掘进、运输、提升、通风、供电、排水、地面生产、矿井管理等环节构成。在煤矿生产过程中,必须综合应用地质、测量、井巷掘进与支护、运输、提升、通风、供电、排水、安全、机械化、自动化、计算机等方面的理论和技术。煤矿生产中人和机电设备的工作环境是十分特殊的,特别是煤矿井下的环境更加恶劣,狭窄的工作空间、地下水的渗淋、暗淡的光线、超过正常标准的粉尘、工人经常在移动状态下进行重体力劳动。特别是在薄煤层采煤工作面,工人劳动时常处于蹲姿、跪姿、甚至卧姿(俯卧、仰卧或侧卧)且移动的工作状态,恶劣的工作环境导致事故频繁发生。尤其是近年来随着采掘机械化程度的不断提高,煤矿机电设备功率不断增大,结构更趋复杂,对操纵控制者的要求越来越高,再加上在研制这些设备时没有充分考虑矿工的劳动环境,使得操作机器时人为失误的概率增大。

煤矿机电设备包括采煤设备、掘进设备、提升运输设备、通风设备、排水设备、选煤设备、供电设备以及机修设备等等,种类繁多,数量较大,有一般工业部门使用的通用设备,如空气压缩机、通风机;也有只在煤矿中使用的专用设备,如采煤机、液压支架等。

煤矿机电设备的工作条件是非常恶劣的。煤矿机械的工作对象为各种岩石、煤炭等,在采掘、截割、装载运输、破碎、分选、提升过程中,煤矿机械会受到严重磨损,经常发生机件和工作机构失效。如果同时又受到含有酸、碱及其他化学腐蚀性物质的井下水和气体的多重腐蚀,就更加剧了机器的损坏。

煤矿机电设备一般没有备用设备(如矿井提升设备),一旦发生故障,轻者影响生产,重者危及安全。所以要求煤矿机电设备必须具有性能良好的控制系统和完善可靠的保护系统,以实现准确、安全运行。

煤矿机电设备有以下几个特点:

- (1) 由于煤矿井下空间有限,要求煤矿机电设备的结构紧凑,体积小;
- (2) 大多数煤矿机电设备工作时处于经常移动状态;
- (3) 煤矿机电设备多属于重负荷、中速或低速转动,大都要求频繁启动,并经常承受冲击负荷;
- (4) 煤矿环境恶劣,潮湿,有岩尘、煤尘及瓦斯,有的煤矿还有含硫的有害气体(二氧化硫、硫化氢),因此许多煤矿机电设备都存在防火、防爆、防腐蚀等问题;
- (5) 露天煤矿机电设备要能经受风吹、日晒、雨淋以及夏热冬冷等气候变化;
- (6) 由于矿井空间狭小,设备的维修较地面困难,因此要求煤矿机电设备要耐用,要便于维修。

由此可见,需要开展人机工程学在煤矿生产中的应用研究,对煤矿机电设备进行合理的人机工程设计,使设备、工具宜人化,同时从人机工程学角度出发,制订出与煤矿生产条件相符合的生产组织规则和操作规程,以及改善煤矿井下工作环境,使人处于最佳的工作状态,从而大大提高工作效率,减少煤矿生产事故。

第二章 人机工程学基础知识

在人机工程学中,有关人体的研究占有相当重要的位置。研究人体的目的,在于说明如何建立人与机、人与环境之间的最相适应关系,为人机工程学提供人体生理学和心理学依据。

第一节 人的生理特征和心理特征

一、人的生理特征

生理特征是人的最基本的特征。在人机工程学研究必须考虑人的生理特征,以达到在机电设备和环境等因素的影响和作用下,人的生理特征参数仍能处于合适范围的目的。如军用飞机驾驶舱设计中的急性高空缺氧问题,人在缺氧时,轻则困倦、疲劳,影响工作效率,重则恶心呕吐,甚至意识模糊、意识丧失,严重威胁人机安全。因此,研究军用飞机驾驶舱这种典型的人机系统时,人的生理模型中必须考虑急性高空缺氧对人的影响,其中最基本的是给出急性高空缺氧的一些生理极限值,如缺氧耐受值和缺氧极限值等。

环境因素对人的生理特征是有影响的,如温度、照明、噪声、振动和粉尘等。

对于不同的人机系统,由于其工作性质和工作条件不同,要求考虑的人的生理特征也不同。工作在地面上的人机系统,如汽车驾驶室,缺氧问题就不用或很少被考虑,而乘坐舒适性问题的有可能被放在首要位置。因此,针对不同的人机系统设计,考虑人的生理特征的侧重点也不同,要根据人机系统的具体情况,具体问题具体分析,选取合适的人体生理参数。

人的生理特征研究起源于医学和生理学研究,有着坚实的基础,已经发展得较为成熟。作为人机工程学研究人员,应将医学和生理学的研究成果与人机工程学原理相结合,建立适合于人机工程学研究的人的生理模型。

二、人的心理特征

由于人的心理特征在人机系统中的表现是隐性的,所以长期以来在人机工程学研究对人的心理特征的研究不够重视。随着机电设备自动化程度的不断提高,对人各方面素质的要求也越来越高,人的心理问题在人机工程学研究中也日益变得重要起来。人的心理特征对人机工程设计影响的一个典型例子是色彩问题。通常在人机工程设计中,用红色表示警告信息,这不仅是因为红色具有波长长、穿透力强等物理特性,更重要的是在人们的心理中,红色与警告意义有某种特殊的联系,这不是某个人的反应,大多数人都有这样的心理反应。

心理学是一门复杂的学科,其研究的内容包括许多方面。在人机工程学中,通常只研究那些对人机系统影响较大的心理特征。

1. 能力

能力是指一个人顺利完成一定活动所表现出的稳定的心理特征,它直接影响完成活动的效率。能力总是与活动联系在一起并在完成活动的过程中表现出来。完成某一项活动通常需要多种能力。能力可分为一般能力与特殊能力。一般能力主要是智力,它包括观察力、记忆力、注意力、思维能力、想像力等,是人们从事各种活动都需要的能力。特殊能力是从事某种专业活动所需要的能力,如写作能力、管理能力、机械操作能力等。一般能力是特殊能力的基础,而特

殊能力的发展又会促进一般能力的提高。通常人在进行某种活动时,一般能力与特殊能力是相结合、相互渗透、相互促进的。

2. 气质

气质是指主要由生物遗传因素决定的、相当稳定的心理活动的动力特征。这些动力特征主要表现在心理活动过程的强度、速度、稳定性、灵活性以及指向性上。如两个具有不同气质的人,一个表现为情绪稳定,反应迟缓,动作、言语少而缓慢;而另一个则表现为情绪强烈易变,反应敏捷,动作、言语多而快。由此可见,气质使每个人的整个心理活动过程都带有个人独特的色彩。通常把气质分为四种基本类型,即胆汁质、多血质、粘液质和抑郁质。各个类型的气质都有自己的特点,如表 2-1 所示。这些特点并不随活动的内容、个人的动机和目的而转移。

表 2-1 人的气质类型及其主要特征

气质类型	主要特征	工作的适应性
胆汁质	属于神经活动强而不平衡型。其典型特点为兴奋性高,动作和情绪反应迅速而强烈,行为外向,但行为缺少均衡性,自制力差,不稳定	适合做要求反应迅速、应急性强、危险性强、难度大且费气力的工作,不适合于从事稳重性、细致性的工作
多血质	属于神经活动强、平衡而灵活型。典型特点为兴奋性高,情绪、动作和言语反应迅速,行为均衡,外向且有很高的灵活性,容易适应条件的变化,机智敏锐,能迅速把握新事物,但注意力易转移	适合于从事多样多变,要求反应敏捷且均衡的工作,而不太适合做需要细心钻研的工作
粘液质	属神经活动性强、平稳而不灵活型。典型特点为平稳,能在各种条件下保持平衡,冷静有条理,坚持不懈,注意力稳定,但不够灵活,循规蹈矩	较适合从事有条不紊、按部就班、刻板性强、平静且忍耐性较高的工作,而不太适应从事激烈多变的工作
抑郁质	属于神经活动弱型。典型特点为情绪感受性高,有强烈的内心体验,孤僻、胆怯,极为内向	能够兢兢业业干工作,适合从事持久、细致的工作,而不适宜做要求反应灵敏、处理果断的工作

气质类型并无优劣之分,但每种气质类型都有自己的优势,而不同的职业又要求操作者具有不同的心理品质,因此,在选择和分配职业时,要考虑人的气质,尽可能地使操作者的气质与其所从事的工作相适应,以便扬长避短,有利于提高工作效率。尤其是选拔从事特殊职业的人员,如宇航员、飞行员、大型动力系统调度员等,更需要测定其气质类型。

3. 性格

性格一般是指个体对现实的稳固的态度以及与之相适应的习惯化的行为方式。它是一个人有别于他人的最重要、最鲜明的个体心理特征。性格具有鲜明的社会性,是人们在长期的社会生活实践过程中逐渐形成的。已形成的性格,通常是比较稳固的,贯穿于并指导着人们的一切行为举止。但随着年龄的增长和经验的积累,人的性格也会发生变化。

性格与气质既有区别但又是紧密联系和相互制约的。气质影响着性格的形成和发展,性格对气质又有一定程度的改造作用,两者相互渗透。

4. 动机

动机是驱使个体去进行活动的心理动力。它是在个体的物质需要和精神需要的基础上产生,而又不为他人所能直接观察到的内在心理倾向,是目的的出发点。

动机作为个体活动的一种动力,在人的活动中具有三种作用:一是引起和发动个体活动,

即动机的引发作用；二是维持、增强或制止、减弱个体活动的力量，即动机的决策作用；三是引导个体活动朝向一定的目标进行，即动机的选择作用。一个有着正确动机的人，就能积极、持久地去从事某种有意义的活动，以求达到目的。

第二节 人体测量和人体参数

人体测量是对不同类属、年龄、性别的人的各部分结构尺寸、重量、体积进行静态、动态测量，并对获得的数据和资料进行统计分析，来研究人的体质特征。人机工程学研究的内容之一是：研究各类机器和用具的大小、高低、宽窄是否符合人的体质特征；各类操纵装置和显示装置的布置、尺寸大小、操作方向是否符合人的习惯和适合人体的尺寸，是否有效、舒适和安全；工程设计的布局、空间尺寸、设施布置是否合理等，这些都需要掌握和使用人体测量数据和资料。

一、人体结构尺寸

对处于静止状态和标准姿势下的人进行测量，可以得到人体的结构尺寸。由于人居住的国家、地区不同，民族发展历史不同，以及人受环境、气候和生活状况的影响不同，使人的体型及身体结构各部分的尺寸和比例存在着较大的差别。在我国国家标准(GB 10000—88)《中国成年人人体尺寸》(见附录1)中，提供了7个类别共47项人体尺寸数据，包括人体主要尺寸、立姿人体尺寸、坐姿人体尺寸、人体水平尺寸、人体手部和足部尺寸，并按性别分开。它适用于工业产品、建筑设计、军事以及工业生产的技术改造、设备更新、劳动安全保护等方面，为人机工程学研究提供了基础数据。

二、人体动态尺寸

上面谈到的人体结构尺寸是人体的静态尺寸，使用它们可解决不少实际中有关人体尺寸的问题。但是，人在操纵设备或从事某种作业时并不总是静止不动的，而是大部分时间都处于活动状态，因此，还需要掌握人以不同姿势工作时手、脚能活动的范围等参数，也就是人体的动态尺寸。人体动态尺寸可分为两类：一类是肢体活动的角度范围；另一类是肢体活动所能达到的距离范围。

1. 肢体活动的角度范围

人体的活动部位有头、肩胛骨、臂、手、大腿、小腿和足等，其活动方向和角度如图2-1和表2-2所示。

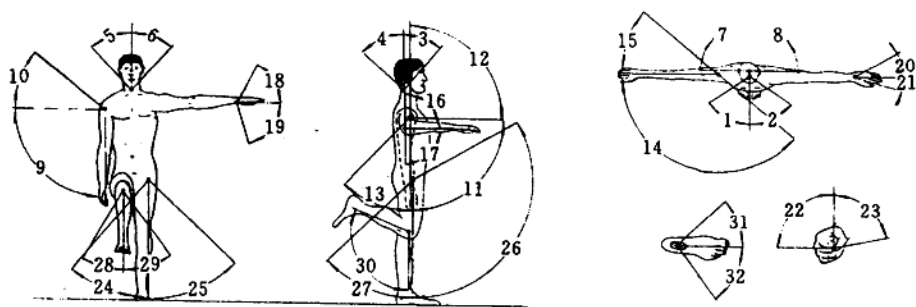


图 2-1 身体各个部位活动的角度范围图示

表 2-2

身体各个部位活动的角度范围数值

身体部位	移动关节	动作方向	图中编号	动作角度/°	身体部位	移动关节	动作方向	图中编号	动作角度/°
头	脊柱	向右转	1	55	手	腕 (桡轴 关节)	背屈曲	18	65
		向左转	2	55			掌屈曲	19	75
		屈曲	3	40			内收	20	30
		极度伸展	4	45			外展	21	15
		向一侧弯曲	5	40			掌心向上	22	90
		向另一侧弯曲	6	40			掌心向下	23	80
肩胛骨	脊柱	向右转	7	40	腿	髋关节	内收	24	40
		向左转	8	40			外展	25	45
臂	肩关节	外展	9	90			屈曲	26	120
		抬高	10	40			极度伸展	27	45
		屈曲	11	90			屈曲时回转(外观)	28	30
		向前抬高	12	90			屈曲时回转(内观)	29	35
		极度伸展	13	45	小腿	膝关节	屈曲	30	135
		内收	14	140	足	踝关节	内收	31	45
		极度伸展	15	40			外展	32	50
		外展旋转(外观)	16	90					
		外展旋转(内观)	17	90					

2. 肢体活动能到达的距离范围

在工作中常见的作业姿势有立、坐、跪和卧(如在薄煤层工作面作业中的卧姿)等。图 2-2 所示为不同姿势条件下手能到达的最大范围。图中:虚线表示最佳范围;点划线表示人躯干不活动时手能到达的最大范围;细实线表示人躯干活动时手能到达的最大范围。为了避免疲劳和保证较高的工作效率,一般要求各种操纵装置应当位于人躯干不活动时手能到达的范围之内。

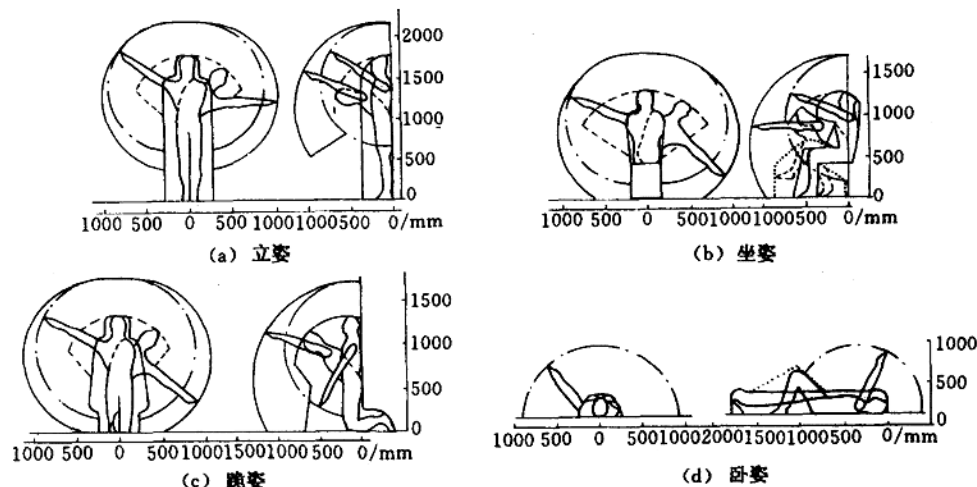


图 2-2 不同姿势下手能达到的最大范围

三、人体尺寸数据的应用

机械设备和用具的功能是在人的操作和使用过程中实现的,因此,机械设备和用具必须适应于人,这是人机工程学的原则。人体尺寸主要影响到机器和用具的操作是否高效、安全和舒