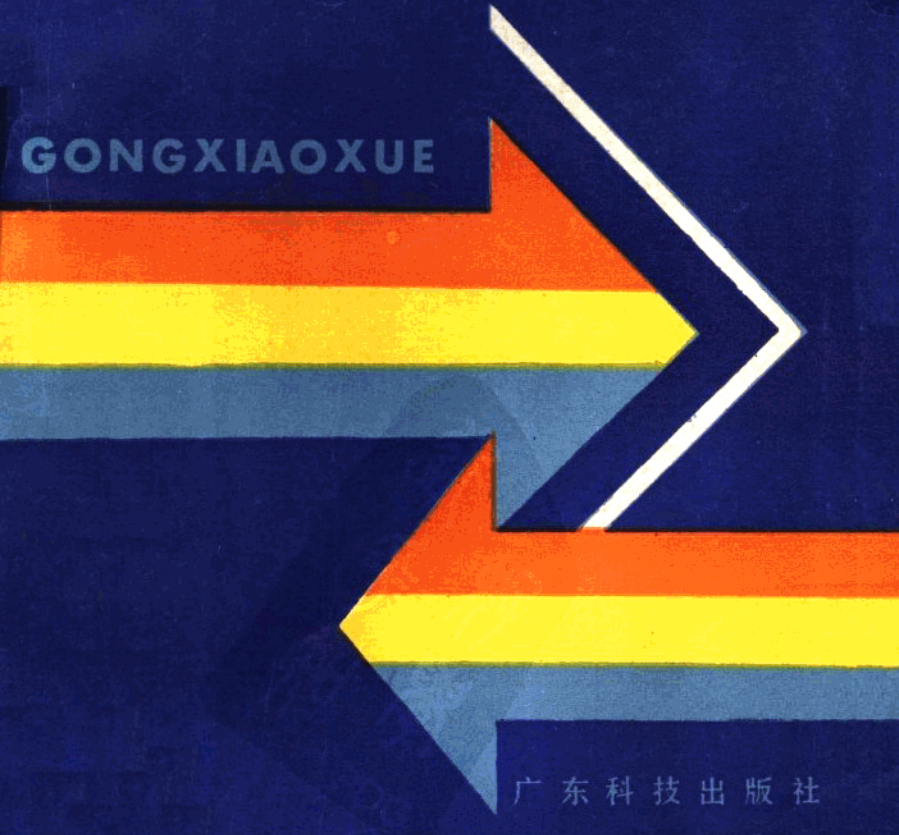


工效学

范中志 编 曾文中 校

GONGXIAOXUE



广东科技出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍工效学的基本知识及应用。全书共分五部分。第一部分介绍人-机系统总体设计；第二部分介绍环境与效率；第三部分介绍机器怎样适合于人的使用；第四部分介绍动作与时间的研究；第五部分介绍工效学的研究与展望。书末附有思考题。本书内容结合工程设计的实际，从技术革新，发展生产和劳动保护方面来说，都具有指导意义。

本书可供各级管理人员、工程技术人员以及中等工业专科学校和高等院校工科专业的学生学习参考使用。

前 言

工教学是第二次世界大战后发展起来的一门新兴的边缘科学。其应用范围极广，包括工农业生产、工业卫生、安全防护、宇航、现代管理、职业病学、生物医学工程、运动医学，甚至教育、家庭生活、娱乐活动等方面。它深受人们欢迎，是因为应用它可以提高和保证工作效率。

本书结合工程实际的设计，介绍怎样通过改善机器及环境系统，以及改善人和机器系统来提高工作效率。从技术革新、发展生产和劳动保护方面说来，都具有实际意义。可以预期，它将在工业现代化中发挥积极作用。

目 录

I 人-机系统总体设计

一、什么是工效学.....	1
1. 发展简史.....	3
2. 工效学的研究内容.....	4
3. 工效学的研究方法.....	8
4. 工效学的设计原则.....	9
二、人-机系统总体设计.....	10
1. 人-机系统的功能.....	10
2. 人和机器特征的比较.....	13
3. 人-机系统的分工原则.....	13
4. 人-机系统设计的内容及设计程序.....	15
三、人体的工效学因素.....	18
1. 视觉特征.....	18
2. 听觉特征.....	23
3. 人体尺度.....	26
4. 人的反应时间.....	47
5. 操纵力.....	51
6. 脚力.....	56

II 环境与效率

一、光环境.....	61
1. 光环境及其对工作的影响.....	61
2. 光环境设计的原则.....	64
二、噪音环境.....	69

1. 噪声对人的影响	69
2. 噪声标准	73
3. 控制噪声方法	74
三、微气候	76
1. 微气候对人的影响	76
2. 微气候标准	77
四、放射性污染的防护	80
1. 把辐射源与外界隔离	80
2. 努力减少辐射污染	80
五、振动	82
1. 振动对人的危害	82
2. 振动的防护	84
六、气体环境	85
1. 有害气体与人体	85
2. 大气卫生标准	88
3. 大气污染浓度计算法	91
七、色彩	93
1. 色彩对人的心理、生理的作用	93
2. 设备与配色	95
3. 建筑物的配色	98
4. 色标志	99
5. 各国喜爱与禁忌的色彩	100

Ⅲ 机器怎样适合于人使用

一、显示装置设计	104
1. 分类	104
2. 显示器的功用与选择	106
3. 指针式仪表的设计	107
4. 仪表盘的总体布置	118
5. 仪表盘面上的仪表布置	119

6. 仪表盘的照明	121
7. 信号灯的设计	121
二、操纵装置的设计	124
1. 操纵装置的类型与选择	124
2. 控制器设计的工效学原则	128
3. 控制器的编码	132
4. 控制器的布置原则	134
5. 手动控制器的设计	136
6. 脚动控制器的设计	145
三、作业空间的布置	148
1. 垂直作业面的布置	148
2. 机器设备的布置	150
四、控制室的设计与布置	155
1. 控制室的平面布置	155
2. 控制中心室的设计	156
五、控制台的设计	159
1. 控制台的型式	159
2. 控制台的尺寸	160
六、座椅的设计	164

IV 动作与时间的研究

一、工序分析	170
1. 产品型分析	172
2. 作业者型分析	178
二、动作研究	182
1. 如何通过动作研究拟制更好的工作方法	185
2. 节约动作的原则	189
三、时间研究	207
1. 时间研究的定义与目的	207

2. 时间研究的用具及观测方法.....	209
3. 观测的准备与观测步骤.....	211
4. 工作衡量.....	213
5. 宽裕时间.....	215
6. 预定时间标准法与工时定额测定法.....	216
7. 工作抽样.....	218

V 工效学的研究与展望

.....	232
思考题.....	235
【附录】 随机数表.....	238
参考文献.....	240

I 人-机系统 总体设计

一、什么是工效学

当你踏进一座自动控制的现代化工厂，来到了中央控制室，这时你面对着成百上千的仪表、信号和操纵器，可能会感到眼花缭乱；当你弓腰在驾驶室座位上驾驶着汽车的时候，你可能会埋怨设计者没有为司机着想，把座位设计得太不舒适；如果你在一座灯光暗淡、床身很低的车床旁弯腰操作，很快就感到疲劳和腰痠，那时，就会很自然地产生改善照明和抬高车床高度的愿望。显然，在上述劳动条件下，劳动者要提高工作效率是很困难的。因为，要提高工作效率，首先必须使人得心应手地操作机器、仪表等；其次，必须创造一个良好的工作环境，使操作者感到舒适和安全。为了解决这些问题，一门新兴的学科产生了，它就叫做工效学。

工效学是一门深受欢迎的学问，对提高和保证工作效率来说具有重要意义。对技术革新、发展生产和劳动保护等方面，都具有很重要的作用。它是建立在数学、物理学、力学、生理学、解剖学、卫生学、心理学、技术科学、人类逻辑学、生物物理学、生物力学、人类学、自动控制、信息论、社会学等一系列科学基础上的一门新兴学科。工效学的

实质，就是在任务一定的情况下，研究、分析和计算机器（或设备）和操作者在一个系统之内如何提高工作效率的问题。包括解决人在操纵机器时感到舒适，从而改善劳动条件的问题。换句话说，工效学就是创造一个良好的工作条件，分析影响人的工作能力和功能状态的各种因素，以保证操作者能在最佳环境内高效、可靠地运用复杂的工艺设备或仪器。

工效学涉及许多相关科学的研究，所以它的名称也不统一。在美国，有人称之为人体工学或人类工程学（Human Engineering），近来又有人称之为人类因素工程学（Human Factors Engineering）；在英国，则用“Ergonomics”来表示。“Ergonomics”一字由希腊拉丁文拼成。“Ergo”表示力量、功能单位，中文译为尔格；“nomics”表示正常化。苏联和日本都用这个词的音译。在我国，有人称之为“人机工程学”、“人机学”、“工程心理学”、“人类工程学”或工效学。

由于这个学科在各国的发展经过不同，以及实际应用的侧重点不一，因此各国学者为工效学下的定义也不一样。

美国的Charles C. Wood所下的定义为：“设备设计必须适合人的各方面因素，以便在操作上付出最小代价而求得最高效率。”

苏联采用的定义为：“研究人在生产过程中的可能性，劳动活动方式，劳动的组织安排，从而提高人的工作效率；同时创造舒适和安全的劳动环境，保障劳动人民的健康，使人从生理上和心理上得到全面发展。”

国际工效学学会的定义为：“工效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；研究在工作中、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人体健康、安全和舒适等

问题。”

在我国，人们将工效学定义为：“运用生理学、心理学和其它有关学科知识，使机器和人相互适应，创造舒适和安全的环境条件，从而提高工效的一门学科”。对于工业部门来说，这样的定义是比较适当的。

由此可见，各国的学者们对工效学的研究内容和范围尚无统一的认识。但也可以看出，工效学是一门应用科学，它直接指导机器系统的设计者、改革者和使用者改善机器系统，使它们适于人体的特点，适合于人的使用，从而达到提高工效的目的。

1. 发展简史

早在1898年，科学管理的创始人泰勒，就设计了一套研究工人怎样操作才能省力高效的方法，并由此订出了相应的操作制度。它对资本主义社会的工业生产起了积极作用，人们称之为泰勒制。

1911年吉尔伯勒夫妇(Gilbreth F.B和L.M)用摄影机分解工人操作动作，分析其中哪些动作是必需的，哪些是多余的。这些研究，后来成为工效学的重要分支，而被称为“时间与动作的研究”(Time and Motion Study)。这种研究工人在劳动中的动作及其时间分配，进而研究人和机器设备的利用率，从而提高劳动生产率的方法，就是现代管理科学的基础。

在社会实践中，工效学研究不断得到发展。第一次世界大战时期，生产任务紧张，为此英国成立了工业疲劳研究所，研究如何安排工作和休息以便既能延长工作时间，又能

使工人的疲劳减轻到最低程度。第二次世界大战期间,各种新式武器的威力不断增大,性能也日愈复杂,为了使所设计的武器(飞机、坦克等)能符合战士的生理解剖特点,美国国防军事部招聘了解剖学家、生理学家和心理学家,为设计武器出谋献策,并收到了良好的效果。

第二次世界大战后,英国在1949年首先成立了“工效学研究学会”。在40、50年代里,由于大战后各国主要忙于恢复经济,工效学的发展稍为放慢一些。到了60年代,随着科学技术的迅速发展,工效学又得到充分发挥作用的机会。1957年美国成立了工效学协会,并在1961年在斯德哥尔摩举行了第一次国际会议,成立了国际工效学会。1975年经互会成员国在保加利亚举行了第二次工效学国际会议,并制订了五年(1976~1980年)内的研究内容为:①劳动条件舒适化;②人-机环境系统最佳化;③自动控制系统的设计、制造和维修的工效学;④信息显示手段的工效学要求;⑤产品的工效学标准;⑥为低能者设计工作场所和劳动条件等。

苏联的工效学标准化工作发展最快,工效学标准已列入“技术水平与产品质量卡”(ГОСТ, 116-7)内。

日本是最广泛把工效学应用于工业、交通运输和国防方面的国家。60年代前后,日本大力引进欧美各国,特别是美国在工效学方面的理论和实践。大学也开设了这门课程。

我国于1980年在机械工业系统成立了工效学学会。工效学在我国正处于初始的发展阶段。一些高等院校也筹建了工效学实验室,并开展学术研究。

2. 工效学的研究内容

工效学的研究内容主要包括人-机系统总体设计、环境

与效率、机器怎样适合于人使用和动作与时间研究四个方面。

(1) 人-机系统总体设计

什么是人机系统呢？

随着生产的进步，机器的数量和种类不断地增加，结构也愈来愈复杂，特别是能够代替人去完成一系列复杂工作（如计算、逻辑运算、故障诊断等）的电子计算机问世，向人们提出了怎样正确地使用这些复杂的机器设备，才取得更大经济效果的问题。

图1为人与机器之间的关系图例。在现代化的生产过程

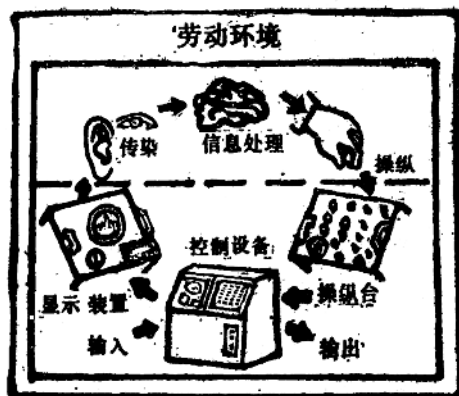


图1 人-机系统图

中，总是以生产设备的原始数据为信息输入到控制设备中去的。而且显示装置将这些信息反映出来，通过人的感觉（视觉、听觉）传到大脑，经过大脑分析决定操作动作，通过控制设备产生控制信息，输出到生产设备中去，使生产设备按人的要求进行工作。这种用来表示人机关系的图称为人机系统图。

由此可见，任何人机系统都具有以下三种功能。

输入功能：机器通过显示部件将信息输送给人；

加工功能：在人的中枢神经系统高级部分对所输入的信息进行加工处理，将新信息和原来贮存的信息结合起来，并据此作出决定；

输出功能：人通过机器的控制部件将信息传达给机器，这通常是由人的运动系统和肌肉做功来实现的。

人-机系统可以由一台机器和几个人组成，也可以由一个人和几台机器组成。关键的问题是必须将人和机器当做一个整体来考虑。工效学的研究内容之一，就是设计合理的人机系统。在这里，人是主导因素；国外有这样的统计资料，约有70%左右的生产事故都是由于没有考虑人的因素而引起的。数年前，日本某石油联合企业发生了一起爆炸事故。其原因，经调查后证实是因为在设计阀门时没有充分考虑人的“操纵力”，以致操作人员手动用力过猛而使阀门损坏，于是引起爆炸。又如在现代化的飞机座舱内，仪表、信号、操纵器、开关等多到几百个。而在飞机着陆过程中，一个飞行员在大约5分钟左右的时间内，竟需要作出100多个操作动作，飞行员平均需要注视仪表100多次，每次注视时间只有0.4~0.6秒！而且对这些操作的准确度要求很高，如着陆时的俯仰角误差几度，就有可能造成严重事故。因此机器系统就必须充分适合于人的操纵，才能保证人的工作效率。现代的工程技术解决人-机之间的协调问题，其实质就是解决人对各种信息的辨认能力和提高人的操纵活动能力，以便在工作时达到高速、高效和高准确度的要求。

随着机械化、自动化和电子化的高度发展，人的因素在生产中的影响也越来越大，人机系统协调问题也就越来越显

得重要。

什么是人-机系统总体设计的内容呢?

一个人-机系统,它的工作效率的高低,首先取决于它的总体设计,即首先必须使整个机器系统在总体上与人体相适应,这里需要解决两个问题:

其一,在整体人机系统中,人和机器的职能如何合理分工和相互配合。如哪些工作适合于机器,哪些工作适合于人担任,两者如何配合,人和机器如何交换信息?

其二,分析人的工效学因素,其目的是使设计出的机器,在总体上适合于人的操作和控制。

(2) 环境与效率

这方面的研究内容,是为环境控制系统和生命保证系统(包括劳动保护)提供各种设计的数据和要求,目的是使操纵者具有良好的工作环境及合适的装置。

随着生产技术的不断发展,人们将愈来愈多地接触到各种各样的特殊环境,包括高温、低温、高压、低压、缺氧、辐射、超重、失重、噪声、振动以及密闭环境等。这些特殊环境,轻则影响到人的工作效率,重则造成人体伤亡。为了保证人体安全、健康和工作效率,需要采用一系列的措施来对抗和改善这些特殊的环境条件。

(3) 机器怎样适合于人的使用

这里研究的主要是机器系统中,直接由人操作和使用的部件如何适合于人的使用,机器系统的操作特性如何与人的操作特性相互协调的问题。机器系统中由人使用操作的部件包括:

显示器,指各种仪表、信号、示波屏等;

操纵器,指操纵机器系统的各种装置如驾驶盘、按钮、

旋钮、开关等；

机具，指工作台、各种设备，包括桌、椅等；
建筑和照明，指各种照明设备、厂房空间等。

(4) 动作与时间研究

它包括两方面内容，一是方法研究，二是工作衡量。

方法研究是为了改进工作方法。人们多从两个方面着手，一方面以整个生产过程为着眼点，根据人们在生产活动中遵循的某种工作程序去完成的一个过程及其条件进行调查，以至改进，这就叫工序分析。工序分析又分产品型和作业者型两种，前者以物为中心，后者以人中心。另一方面以人的细微动作为着眼点，进行分析研究，寻求最省力、省时、安全的操作方法，这种研究称为“动作研究”。

工作衡量是研究制定工作的时间值作为标准值，为合理制订定额标准提供依据。它大致可分为直接法和间接法。直接法是指直接观测生产活动的时间过程的方法，它可分为时间研究法与工作抽样法等。间接法是指把不同的基本时间资料或过去的经验数据等加以综合来给定时间值的方法，有预定时间标准法等。

3. 工效学的研究方法

工效学的研究方法很多，这里介绍一般常用的方法。

实测法：如通过实际测量人体各部分静态和动态数据，测量各种机器设备的参数，测量工人在劳动前后、劳动过程中各种生理指标的动态变化，来分析工人在劳动中的心理状态。

实验法：通过模型进行实验，或利用电子计算机进行模拟，以取得提高工效的数据。

分析法：通过观察并分析生产过程和工艺流程各阶段的经过，或用录像方法将人在操作过程中所完成的每个连续动作逐一记录，然后进行分析研究，以排除无效动作，纠正不良姿势，提高工作效率。

4. 工效学的设计原则

从工效学的观点看，一部好的机器和设备，其结构应该是具有安全、维护方便和操作舒适的特点，为此提出以下的设计原则：

设计者必须以操作者的身份来分析工程设计的全部重要问题，主要是分析人如何与系统的重要环节协调，以保证操作者的生理状态和各种周围环境的相互关系处于最佳状态。这就要求在设计时运用生理学、心理学方法来估算操作者的正常操纵能力和最大作用极限；估算操作者所处环境的自然参数（温度、湿度、空气成分等）和设备参数（振动、照明、速度、功率等）。

按人体测量学和生理学特性，设计合理的工作范围、操纵机构、操纵力、操纵速度、操纵台面板、信息显示板、座椅等所组成的最有利空间。考虑怎样最充分地发挥操作者的主观能动性。

在信息方面，应保证操作者用最短的时间对信息作出正确的反应。

总的说来，作为现代的设计工作应该使设计方案与工效学的内容结合起来，使操作者有一个良好的工作环境，与设备一起处于最佳状态。

二、人-机系统总体设计

1. 人-机系统的功能

在人-机系统中,主要因素是人,即人始终是有意识,有目的地操纵或控制机器的,而机器是人的工具,服从于人,执行人的意志。人与机械的关系是否协调,要看机器本身是否适应人的特性而定。而人和机器在人机系统中所表现出来的功能是类似的,即他们都有信息接受、信息贮存、信息处理和执行功能。这些功能是人与机械共同作用而实现的。下面较详细的讨论这些功能。

(1) 信息接受

信息是由人或机器的感觉功能接受的,对于人,信息的接受是通过人的感觉器官,即视觉、听觉和触觉等。对于机械,信息的接受则是通过机器的感觉装置,如电子、光学或机械的传感装置来完成。

(2) 信息贮存

当某种信息由外界输入系统时,系统内部对信息进行加工处理,这些被加工处理的信息,可能被贮存或被输出,也可能反馈回到输入端而被重新输入,使人或机器接受新的反馈信息。由外界输入的信息也可不经处理,而直接贮存起来。就人来说,信息贮存是靠人的记忆能力或借助于照相、录像、文字记录等方式来完成。而机器则是靠磁带、磁鼓、打孔卡、凸轮、模板等贮存系统来贮存信息。