

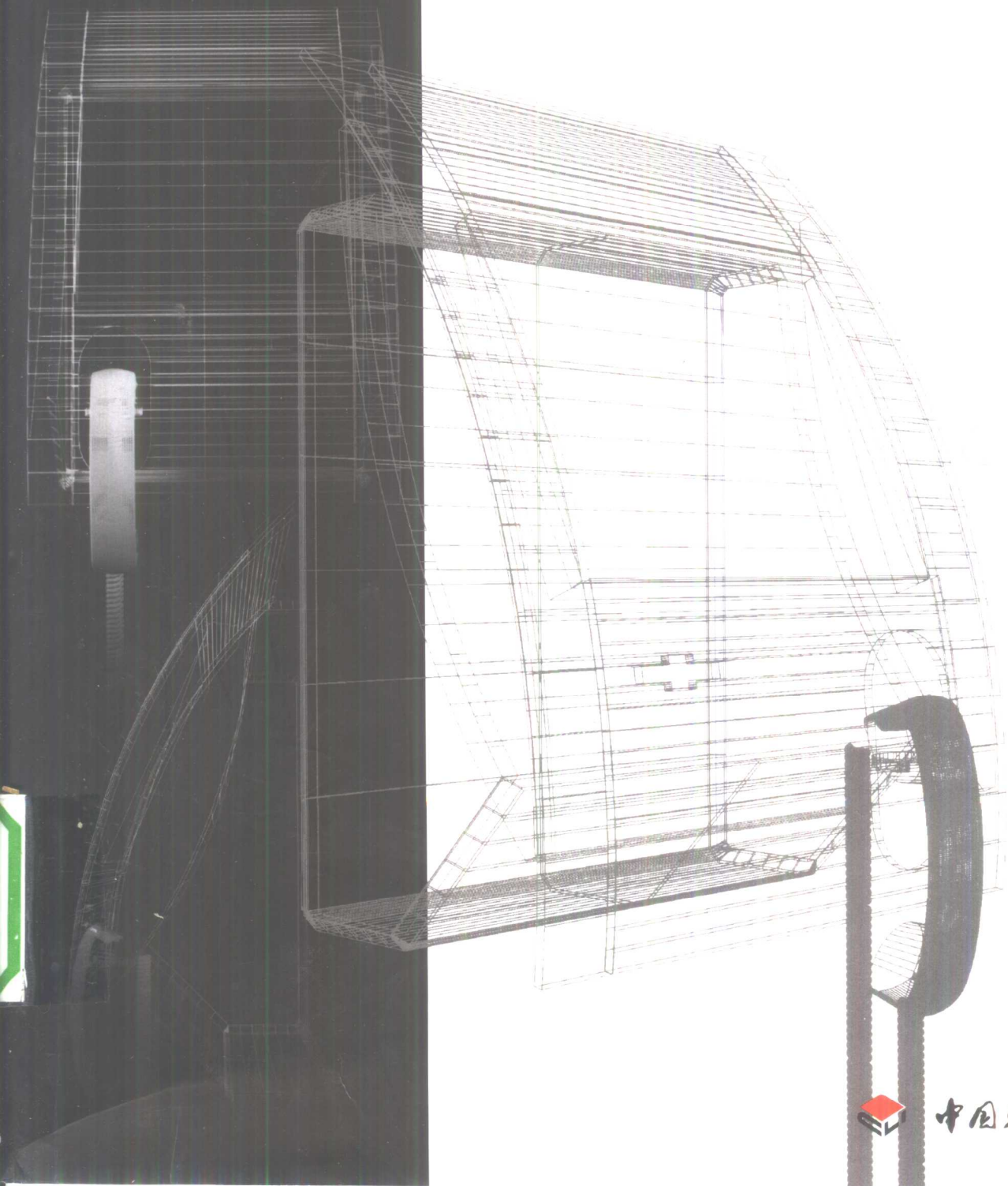


工 业 设 计 专 业 教 学 丛 书

工业设计应用人类工程学

APPLIED ENGONOMICS IN INDUSTRIAL DESIGN

周美玉 编著



中国轻工业出版社

TB18
12

工 业 设 计 专 业 教 学 丛 书

工业设计应用人类工程学

APPLIED ENGINEERING IN INDUSTRIAL DESIGN

周美玉 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工业设计应用人类工程学/周美玉编著. —北京:
中国轻工业出版社, 2001. 2
(工业设计专业教学丛书)
ISBN 7-5019-3075-9

I. 工… II. 周… III. 工业设计—应用—工效学
IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 04121 号

责任编辑:李宗良

策划编辑:李宗良 责任终审:孟寿萱 封面设计:吴翔 朱琪颖
责任监印:崔科 责任校对:方敏 版式设计:周美玉 吴翔

*

出版发行:中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编:100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话:010—65241695

印 刷:三河市宏达印刷厂

经 销:各地新华书店

版 次:2001年2月第1版 2001年2月第1次印刷

开 本:889×1194 1/16 印张:13.5

字 数:341千字 印数:1—4000

书 号:ISBN 7-5019-3075-9/TB·013

定 价:54.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

《工业设计专业教学丛书》

编委会

主 编：刘观庆 李宗良

副主编：吴 翔 江建民

编 委：(以姓氏笔画为序)

叶碧云 刘观庆 刘国余 江建民

许喜华 李宗良 李彬彬 吴 翔

沈大为 何晓佑 杨向东 林家阳

陆康源 周浩明 周美玉 曹 雪

彭 韧 蒋 娟 雷 达 潘祖平

序

中国的工业设计是从教育界发轫的。这是 20 年前的事了。当时国内刚刚开始经济改革,有几所美术设计院校的有识之士注意到设计教育改革的必然,设法寻求国际交流与合作,以期引进先进的设计教育思想,改变自身的封闭和落后。经邀请,世界各国设计专家前来讲学指导,我国分批派出中青年教师出国学习深造,近年来设计教育终于有了很大的改观。一些工程院校对开设工业设计专业的热情,更使工业设计教育达到了 200 所左右的规模。这是一个十分可喜的现象。随着专业的调整,还将有一些机械类学科已经或正在酝酿开设工业设计专业。迅速崛起的民办院校也正在制定或已经实施这种计划。在这种情况下,不仅有师资队伍不足的困难,而且缺少教材和参考书的矛盾也十分突出。

中国轻工业出版社深知这种需求。多年来积极促进《工业设计专业教学丛书》的编写出版工作。赵济清社长亲自带领编辑到无锡轻工大学组稿。

无锡轻工大学是全国最早设立产品设计专业的院校,理应承担这一重任。于是,联络了江、浙、沪几所兄弟院校:上海交通大学、南京艺术学院、浙江大学、中国美术学院等的同行一起编写这套丛书。这几所院校在教学上有某些类似之处,较易协调,形成完整性。丛书暂定 15 册,针对目前工业设计教学需要,以 3 册产品设计为核心,涉及设计理论、艺术和工学基础、设计表达和计算机辅助设计、相关知识和相关设计等内容。

在编写这套丛书过程中,发现比预想的难度更大。其一是这些编写者全是大忙人,教完书还得做设计、谈生意,坐在椅子上的时间有限,进度受阻严重;其二是编写内容的把握上存在困难。编写者大多数喝过洋墨水,回国时照搬的多。十多年来努力根据国情调整,希望编出既反映国际上前沿发展水平,又较为适合我国社会实际的内容来。但苦于社会上对工业设计的回响是雷声大、雨点小,企业在引进技术的同时,设计上摆脱不了模仿的短期行为,自主开发少,全社会工业设计实践的积累不足,写作时就有点勉为其难

了。随着向 21 世纪的跨越,时代发生了极大的变化,世界上新的设计观念、设计方法和手段对设计教育冲击很大,进一步变革已在所难免。

鉴于这种情况,要想等待完善了再编写是行不通的,远水解不了近渴,不如写了再说。不过,作者们还是怀着极大的责任心要努力把书写好。既总结自己和相关院校多年办学的经验教训的体会,又尽量吸收国际上的最新动态,并结合各种设计案例进行解说,以满足设计教学的实际需要。

我们不认为这套丛书提供了某种教学模式。急于肯定一种教学模式,或者说在中国寻求工科类和艺术类两种教学模式都是不可取的。

工业设计教育始终呈现动态的、多元的状态。当然,这并不是说工业设计无章可循。我们尽量寻找那些带根本性和共通的东西,或者说寻找规律性的内容,以期对工业设计教学提供较大的参考价值,给企业界和自学者带来帮助。同时,我们期望来自各方的批评意见,以便今后进一步修订。

刘观庆

2000 年 7 月于无锡

前言

科学技术的进步和人们生活水平的提高,多技术集成的工业产品出现在人们工作和生活空间,由于制造障碍的减少和世界经济的全球化发展,促成了“服务于人”的产品设计理念的出笼。因而,产品设计不仅仅是实体的设计,而是实体与服务的整合设计。

人类工程学是工业设计的基本理论,是一门人体科学、工程技术、环境科学以及社会科学等学科的交叉学科。它以人的生理、心理特征为依据,以创造宜人的人—产品—环境为目的,用系统理论、信息加工理论、科学的理论与方法,研究人与产品、人与环境、人与社会之间的相互关系,把人的因素作为设计的主要条件和原则,使工业产品设计成易操作、安全、舒适的人—产品—环境系统提供理论依据和方法。

随着我国工业设计学科的发展以及有关人与产品、人的因素的设计表达、本土化设计、个性化设计等方面研究的深入,相信人类工程学理论及其在产品设计中的应用等方面的研究会有长足的发展。

由于水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,谨请有关专家和读者批评指正。

周美玉

2000年11月于青苑

目 录

绪 论	1
0.1 人类工程学的命名及定义	1
学科的命名/学科的定义	
0.2 人类工程学的起源与发展	2
经验人类工程学/科学人类工程学/现代人类工程学	
0.3 人类工程学的研究内容与方法	5
学科的研究内容/人类工程学的研究方法	
0.4 人类工程学的相关学科	6
0.5 人类工程学在产品设计中的地位	7
 第一章 人体测量及数据的应用	8
1.1 人体测量的基本知识	8
概述/人体测量的基本知识/人体尺寸测量的分类	
1.2 常用人体尺寸数据	11
我国成年人的人体结构尺寸/其他国家人体尺寸	
1.3 人体测量数据的应用	17
人体测量数据的主要统计函数/影响人体测量数据差异的因素	
人体尺寸数据的应用/我国成年人的人体功能尺寸	
1.4 人体主要参数的计算	29
人体各部分尺寸与身高的相关计算/体重与身高的相关计算	
人体体积和表面积的计算/人体生物力学参数的计算	
男性与女性人体尺寸的换算	
1.5 设计用人体模板	31
人体模板的结构/人体尺寸等级/人体模板的应用	
 第二章 人体感知	35
2.1 感觉和知觉特征	35
感觉的基本特征/知觉及其基本特性	
2.2 视觉的功能及其特征	40
视觉过程/视觉功能	
2.3 听觉机能及其特征	45
听觉器官和听觉过程/人对声音的分辨能力	
方向敏感度/掩蔽效应	
2.4 其他感觉机能及其特征	47
肤觉/平衡觉/运动觉	
2.5 人的心理特征	49
能力/气质/性格/动机	
2.6 神经系统	51
神经系统的组成及其功能/神经组织	
中枢神经系统/周围神经系统	

2.7	运动系统的机能及其特征	55
	肌肉的工作机理/肌肉的力量/肢体的动作速度与频率	
2.8	人的反应特征	58
	人操作运动的类型/反应时/影响反应时的因素	
	人的主体因素/不同的动作部位/运动准确性	
第三章	信息显示器设计	64
3.1	仪表显示的一般概念	64
	仪表显示的种类/仪表显示设计的一般原则	
3.2	指针式显示器的设计	66
	刻度盘的设计/刻度设计	
3.3	数字显示设计	74
	机械式数字显示设计/电子数字显示设计	
3.4	信号显示设计	75
	信号显示特征/信号灯设计/信号灯的位置设计	
3.5	荧光屏显示设计	77
	荧光屏的显示特征/目标条件的影响因素/屏面设计	
3.6	听觉传示装置设计	79
	音响报警装置/听觉传示设计原则	
3.7	图形符号设计	83
	图形符号指示特征/图形符号指示的意义与作用	
	图形符号设计/实验方法举例/图形符号制作	
第四章	控制器的设计	91
4.1	控制器的类型及其适用范围	91
	控制器的类型/控制器的特征及适用范围	
4.2	控制器的设计要求	91
	控制器编码/控制器的外形结构/控制器的阻力	
	操作信息反馈/防止控制器的偶发启动	
4.3	控制器的设计	100
	控制器设计的基本要求/手动控制器的设计/脚动控制器的设计	
4.4	控制——显示的相合性	108
	控制与显示在空间位置上的相合性	
	控制器与显示器在运动方向上的相合性/控制——显示比	
4.5	控制器设计与选择的人机原则	112
第五章	工作空间设计	114
5.1	人的作业范围	114
	有关概念/坐姿活动空间/站姿活动空间/脚活动空间	
5.2	作业面设计	115
	水平作业面范围/作业面的高度/工作台的设计	
5.3	垂直作业面的布置	118

5.4	作业空间设计	121
	作业空间设计原则/作业空间设计的社会因素	
5.5	座椅设计	126
	坐姿分析/座椅设计	
第六章 工作环境		133
6.1	概述	133
	当前人类环境面临的主要问题/作业环境	
6.2	热环境	136
	影响热环境的因素/人体的热平衡/热环境的综合评价指标	
	热环境对人体的影响/热环境的主观评价标准/热环境的改善	
6.3	光环境	144
	采光与照明常用的度量单位/光的质量/光环境对工作的影响/	
	采光和照明要素与视觉功能的关系/光环境设计的人机工程学	
	原则/采光与照明效果的评价	
6.4	声音环境	164
	声音的物理量/噪声的主观量度/噪声对人的影响	
6.5	噪声的防治	172
	环境噪声的允许标准/噪声控制的途径	
第七章 人机系统的设计与评价		176
7.1	人机系统概述	176
7.2	人机特征机能比较	177
	人机功能分配/人机匹配	
7.3	人机系统设计	178
	定义系统目标和使用要求/系统规划/系统初步设计	
	人机界面设计/作业辅助设计/系统检验	
7.4	人机系统的分析评价	182
	人机系统连接分析评价法/失效树分析评价法	
7.5	人机系统的可靠性分析	186
	人机系统的可靠性/简单人机系统的可靠度计算	
	冗余人机系统的可靠度计算/单项作业可靠度的计算	
7.6	工作系统设计的人机要求	188
	目的/应用范围/定义/一般指导原则	
	参考文献	192
	后 记	193
	图 例	195

绪 论

- 人类工程学的命名及定义
- 人类工程学的起源与发展
- 人类工程学的研究内容与方法
- 人类工程学的相关学科
- 人类工程学在产品设计中的地位

0.1 人类工程学的命名及定义

人类工程学是研究人、产品(物)及其使用环境之间相互作用的学科。学科自 20 世纪 40 年代产生以来,逐步打破了各学科之间的界限,并有机地融合了各相关学科的理论,不断地完善自身的基本概念、理论体系、研究方法以及技术标准和规范,从而形成了这门研究和应用范围都极为广泛的综合性边缘学科。

0.1.1 学科的命名

由于该学科研究和应用的范围极其广泛,各个领域的研究人员都试图从自身的研究角度来给本学科命名和下定义。因而,世界各国对本学科的命名不尽相同,即使在同一个国家里,对本学科的命名也不统一。例如,在美国本学科称为“Human Engineering”(人类工程学)、“Human Factors Engineering”(人的因素工程学);也有称为“人体工程学”、“人机工程学”的。大多数西欧国家称为“Ergonomics”(人类工效学),其他国家大多引用西欧的名称。

“Ergonomics”一词是由希腊词根“ergon”(即工作、劳动)和“nomos”(即规律、规则)复合而成,其本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反映本学科的本质,词义能保持中立性,不显露它对各组成学科的亲密和间疏,又源自希腊文,便于各国语言翻译上的统一;因此,目前较多的国家采用“Ergonomics”一词作为该学科的命名。

人类工程学在 20 世纪 70 年代末才在我国兴起,为了同国际接轨,采用“人类工效学”这一名称进行对外交流为多。在本书中

由于该学科主要被用于协调产品与人之间的关系,因而,采用人类工程学这一名称。此外,常见的名称还有:人体工程学、人机工程学、工程心理学、宜人学、人的因素等。

0.1.2 学科的定义

与该学科的命名一样,对本学科所下的定义也不统一,而且随着学科的发展,其定义也在不断发生变化。

美国人类工程学专家 C.C. 伍德(Charles C. Wood)对人类工程学所下的定义为: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的代价而求得最高效率。W. B. 伍德森(W. B. Woodson)则认为:人类工程学研究的是人与机器相互关系的合理方案,即对人的知觉显示、操作控制、人机系统的设计及其布置和作业系统的组合等进行有效的研究,其目的在于:获得最高的效率及作业时作业者感到安全和舒适。著名的美国人类工程学及应用心理学家 A·查帕尼斯(A. Chapanis)说:“人类工程学是在机械设计中,考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科。”日本的人类工程学专家认为:人类工程学是根据人体解剖学、生理学和心理学等特性,了解并掌握人的作业能力与极限,及其工作、环境、起居条件等和人体相适应的科学。前苏联的人类工程学专家认为:人类工程学是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

发展的一门学科。

另外,在不同的研究和应用领域中,带有侧重点和倾向性的定义有以下几种:

a. 研究人和机器之间相互关系的边缘性学科。

b. 利用关于人的行为的知识,提高生产过程与机械的合理性和有效性。

c. 研究能提高劳动生产率、减少差错、减轻疲劳和创造舒适劳动条件的机械设计和制造问题。

d. 在综合各门有关人的科学成果的基础上,研究人的劳动活动规律的科学。

e. 研究人、机、环境系统,力求达到人的可能性和劳动活动的要求之间的平衡。

f. 综合研究人体在劳动过程中的可能性和特点,从而创造最佳的工具、劳动环境和劳动过程。

g. 利用生物力学、生理解剖学、心理学和技术科学的最新成就,设计最佳人机系统。

h. 利用生理解剖学和工艺学的知识,改造生产过程、劳动方法、机械设备、劳动条件,使之符合人体的生理活动和人类行为的基本规律。

i. 研究人和环境之间相互关系的科学。此处的环境是指机器、工具、劳动组织管理以及生产的客观环境。

j. 运用生理学、心理学、管理学和其他有关学科的知识,使人、机器、环境相互适应,创造舒适和安全的工作条件以及休息环境,从而达到提高工效的一门学科。

国际人类工程学会(International Ergonomics Association 简称 IEA)为本学科所下的定义为:人类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,研究在工作中、家庭生活中和休闲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。

综上所述,可以认为:人类工程学是以人的生理的、感知的、社会的和环境的因素为依据,研究人与人机系统中其他元素之间的相互关系,创造健康、安全、舒适、协调的

人一机—环境系统提供理论和方法的学科。

上述定义中的人是指操作者或使用着;机泛指人操作与使用的物,可以是机器,也可以是用具或生活用品、设施、软件等;环境是人与机共处的环境,如作业场所和作业空间,自然环境和社会环境等;人一机—环境系统是指由共处于同一时间和空间的人与其所使用的机以及他们周围的环境所构成的系统,简称人一机系统,在人—机系统中,人、机、环境相互依存、相互作用、相互制约完成某一特定的生产或生活过程。

从上述本学科的命名和定义来看,尽管学科名称多样、定义歧异,但是,研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本上的区别。这正是人类工程学作为一门独立的学科存在的理由,同时也充分体现了学科边界模糊、学科内容综合性强、涉及面广等特点。

0.2 人类工程学的起源与发展

英国是世界上开展人类工程学研究最早的国家,但学科的奠基性工作实际上是在美国完成的。所以,人类工程学有“起源于欧洲,形成于美国”之说。虽然本学科的起源可以追溯到 20 世纪初期,但作为一门独立的学科只有 50 多年历史。学科在形成与发展的过程中,大致经历了以下三个阶段。

0.2.1 经验人类工程学

19 世纪后期,一系列的发明、发现为西方工业的迅速发展提供了新技术基础,机械化的生产方式和机器大工业日趋成熟,并转而追求效率。这时的机械设计多以功能的实现为目标,机械生产出来后,让人去适应机器。因此,这些不适合人的操作要求而制造出来的机器,以它们的运转来决定与调节着工人的生产活动。生产的效率与节奏完全由机器所决定,操作者只能被动地跟随机器的节奏工作,以便使机器充分发挥其效率。由于机器设计没有充分考虑人的因素,对操纵机器的工人必须加以选拔与训练,并要尽量

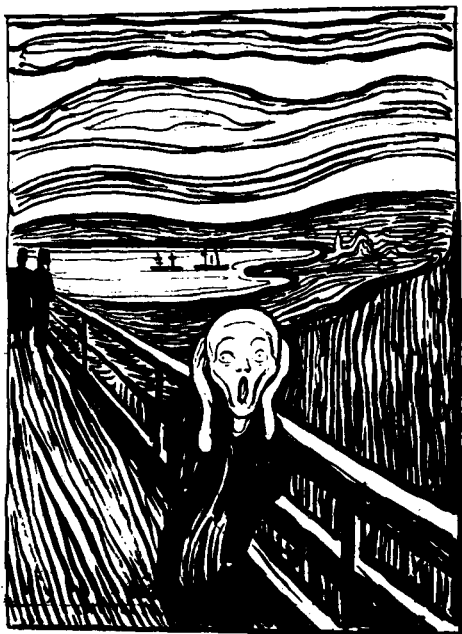


图 0-1 蒙克的作品

创造条件使他们能保证机器高效率工作。基于工业生产的实际要求促成了心理工艺学和泰罗制的产生与发展。

20 世纪初, 美国学者 F. W. 泰罗 (Frederick W. Taylor) 在传统的管理基础上, 首创了新的管理方法和理论, 并据此制定了一整套以提高工作效率为目的的操作方法, 并考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。例如, 他曾经研究过铲子的最佳形状、重量, 研究过如何减少由于动作不合理而引起的疲劳等。其后, 随着生产规模的扩大和科学技术的进步, 科学管理的内容不断充实丰富, 其中动作时间研究、工作流程与工作方法分析、工具设计、装备布置等, 都涉及人和机器、人和环境的关系问题, 而且都与如何提高人的工作效率有关, 其中有些原则至今对人类工程学研究仍有一定意义。因此, 人们认为他的科学管理方法和理论是后来人类工程学发展的奠基石。

从泰罗的科学管理方法和理论的形成到第二次世界大战之前, 称为经验人类工程学的发展阶段。这一阶段主要研究内容是: 研究每一职业的要求; 利用测试来选择工人和安排工作; 规划利用人力的最好方法; 制订培训方案, 使人力得到最有效的发挥; 研究最优良的工作条件; 研究最好的管理组织形式; 研究工作动

机, 促进工人和管理者之间的通力合作。

在经验人类工程学发展阶段, 研究者大都是心理学家, 其中突出的代表是美国哈佛大学的心理学教授 H. 闵斯特伯格 (H. Munsterberg), 在其代表作《心理学与工业效率》中, 他提出了心理学对人在工作中的适应与提高效率的重要性。闵氏的心理学研究工作与泰罗的科学管理方法联系起来, 解决了选择、培训人员与改善工作条件、减轻疲劳等实际问题。由于当时该学科的研究着眼于心理学方面, 因而在这一阶段大多称本学科为“应用实验心理学”。学科发展的主要特点是: 机器设计的主要着眼点在于力学、电学、热力学等工程技术方面的优选上, 在人机关系上是以选择和培训操作者为主, 使人适应于机器。

经验人类工程学一直延续到第二次世界大战之前, 当时, 人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大变化。因而改革工具、改善劳动条件和提高劳动效率成为最迫切的问题, 从而使研究者对经验人类工程学所提出的问题进行科学的研究, 并促使经验人类工程学发展为科学人类工程学。

0.2.2 科学人类工程学

本学科发展的第二阶段是第二次世界大战期间。在这个阶段中, 由于战争的需要, 许多国家大力发展效能高、威力大的新式武器和装备。但由于片面注重新式武器和装备的功能研究, 而忽视了其中“人的因素”, 因而由于操作失误而导致失败的教训屡见不鲜。例如, 由于战斗机中座舱及仪表位置设计不当, 造成飞行员误读仪表和误用操纵器而导致意外事故; 由于操作复杂、不灵活和不符合人的生理尺寸而造成武器命中率低等现象经常发生。据统计, 美国在第二次世界大战的飞机事故中, 80% 是由于人与机器之间关系的原因造成的。失败的教训引起决策者和设计者的高度重视。通过分析研究, 逐步认识到, 在人和武器的关系中, 主要的限制因素不是武器而是人, 并深深感到“人的因素”在设计中是不能忽视的一个重要条件; 同时还认识到, 要设

计好一个高效能的装备,只有工程技术知识是不够的,还必须有生理学、心理学、人体测量学、生物力学等学科方面的知识。因此,在第二次世界大战期间,首先在军事领域中开展了与设计相关学科的综合研究与应用。例如,为了使所设计的武器能够符合战士的心理和生理特点,武器设计工程师不得不把解剖学家、生理学家和心理学家请去为设计操纵合理的武器而出谋献策,收到了良好的效果。军事领域中对“人的因素”的研究和应用,使科学人类工程学应运而生。

科学人类工程学一直延续到20世纪50年代末。在其发展的后一阶段,由于战争的结束,学科的综合研究从军事领域向非军事领域发展,并逐步把应用在军事领域中的研究成果来解决工业与工程设计中的问题,如飞机、汽车、机械设备、建筑设施以及生活用品等。人们还提出在设计工业机械设备时也应集中运用工程技术人员、医学家、心理学家等相关学科专家的共同智慧。因此,在这一发展阶段中,学科的研究课题已超出了心理学的研究范畴,使许多生理学家、工程技术专家涉及到该学科中来共同进行研究,从而使本学科的名称也有所变化,大多称“工程心理学”。本学科在这一阶段的发展特点是:重视工业与工程设计中“人的因素”,力求使机器适应于人。

0.2.3 现代人类工程学

到了20世纪60年代,欧美各国进入了大规模的经济发 展时期,在这一时期,由于科学技术的进步,使人类工程学获得了更多的发展机会。例如,在宇航技术的研究中,提出了人在失重情况下如何操作,在超重情况下人的感觉如何等新问题。又如原子能的利用、电子计算机的应用以及各种自动装置的广泛使用,使得人一机关系更趋复杂。同时,在科学领域中,由于控制论、信息论、系统论和人体科学等学科中新理论的建立,在本学科中应用新理论和新技术来进行人机系统的研究应运而生。所有这一切,不仅给人类工程学提供了新的理论和新实验场所,同时

也给该学科的研究提出了新的要求和新的课题,从而促使人类工程学进入了系统的研究阶段。从60年代至今,可以称其为现代人类工程学发展阶段。

随着人类工程学所涉及的研究和应用领域的不断扩大,从事本学科研究的专家所涉及的专业和学科也就愈来愈多,主要有解剖学、生理学、心理学、人类学、工业卫生学、工业与工程设计、工作研究、建筑与照明工程、管理工程等专业领域。IEA在其会刊中指出,现代人类工程学发展有三个特点:

a. 不同于传统人类工程学研究 中着眼于选择和训练特定的人,使之适应工作要求。现代人类工程学着眼于工程设计及各类产品的设计。

b. 密切与实际应用相结合,通过严密计划规定的广泛的实验性研究,尽可能利用所掌握的基本原理,进行具体的产品设计。

c. 力求使实验心理学、生理学、功能解剖学、人类学等学科的专家与物理学、数学、工程技术等方面的研究人员共同努力,密切合作。

现代人类工程学研究的方向是:把人—机—环境系统作为一个统一的整体来研究,以创造最适合于人的各种产品和作业环境,使人—机—环境系统和谐统一,从而获得系统的最优综合效能。

本学科在我国国内起步虽晚,但发展迅速。解放前仅有少数人从事工程心理学的研究,到20世纪60年代初,也只有在中国科学院、中国军事科学院等少数单位从事本学科中个别问题研究,而且其研究范围仅局限于国防和军事领域。但是,这些研究却为我国人机工程学的发展奠定了基础。十年动乱期间,本学科的研究曾一度停滞,直至70年代末才进入较快的发展时期。

随着我国科学技术的发展和对外开放,人们逐渐认识到人机工程学研究对经济发展的重要性。目前,该学科的研究和应用已扩展到工农业、交通运输、医疗卫生以及教育系统等国民经济的各个部门,由此也促进了本学科与工程技术和相关学科的交

又渗透,使人类工程学成为既有深厚理论基础又有广泛应用领域的边缘学科。

0.3 人类工程学的研究内容与方法

0.3.1 学科的研究内容

在工作或生活场所,总是包含着人与机,以及围绕着他们的环境条件而构成的一个综合体。在这个综合体的相互关系当中,人始终是有意识、有目的地操纵机器和控制环境的主体,而机器始终是人的劳动工具,服从于人,执行人的意志,人与机的关系是否协调,要看机器本身是否具备适应人的特性而定。但人不可能完全控制环境,在一定的情况下,环境总是要约束和影响人。人类工程学研究对象是“人一机—环境系统”。人与机器的关系是系统的中心,人类工程学的主要任务是对这一系统建立合理而又可行的方案,以便有效地发挥人的作用,并为系统中的人提供舒适和安全的环境,从而达到提高工效的目的。从工业设计学角度来看,与本学科相关的研究内容主要有以下几个方面。

a. 人与产品关系的设计 在人与产品关系中,作为主体的人,既是自然的人,也是社会的人。在自然方面的研究有:人体形态特征参数,人的感知特性,人的反映特性,人在工作和生活中生理特征和心理特征等。在社会方面的研究有:人在工作和生活中的社会行为、价值观念、人文环境等,目的是解决机器设施、工具、作业、场所以及各种用具的设计如何适应人的各方面特征,为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

b. 人机系统的整体设计 人机系统设计的目的就是创造最优的人机关系、最佳的系统效益、最舒适的工作环境,充分发挥人、机各自的特点,取长补短、相互协调、相互配合。如何合理分配人与机在系统功能以及人机间有效传递信息是系统整体设计的基本问题。

随着信息技术的发展,人们面对的是大量快速传递的信息,要求操作时精度高、快速准确。同时,人机界面由硬件向软件转移,

这时人与机都进入了一个新的阶段。因此,新系统中人的特性如何体现,人与机的功能如何分配,机器系统如何更宜人等,成为人机系统设计的主要内容。

c. 工作场所和信息传递装置的设计 工作场所设计的是否宜人,将对人的舒适健康和工作效率产生直接的影响,工作场所设计一般包括:作业空间设计、作业场所的总体布置,工作台或操纵台设计、座椅设计、工具设计等,作业场所设计的研究目的是保证工作场所适合操作者的作业目的,工作环境符合人的特点,使人在工作过程中健康不会受到损害,高效而又舒适地完成工作。

人一机—环境系统的信息传递,主要是机器和环境向人传递信息,机器接受人的信息,即操纵与显示的设计两个方面。人类工程学对它们的研究不是重点解决工程技术上的具体设计问题,而是从人的特性出发,研究信息传递方式、准确性、可靠性以及人的认读速度与精度等;研究操作装置的形状、大小、位置和操纵方式与人的生理、心理、生活习惯等相适应等方面的问题。

d. 环境控制和安全保护设计 人类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、辐射等对作业过程和健康的影晌;研究控制、改良环境条件的措施和方法,为操作者创造安全、健康、舒适的工作空间。

人机系统设计的首要任务应该是保护操作者的人身安全,要求在产品的设计过程中,研究产生不安全的因素时,如何采取预防措施。这方面的内容包括: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、求援方法、安全保护措施等。

0.3.2 人类工程学的研究方法

人类工程学是一门边缘学科,相关学科的研究方法都可以应用本学科的研究,这里介绍一般常用的研究方法。

a. 自然观察法 自然观察法是研究者通过观察和记录自然情境下发生的现象来认识研究对象的一种方法。观察法是有目

的、有计划的科学观察,是在不影响事件的情况下进行的。观察者不参与研究对象的活动,这样可以避免对研究对象的影响,可以保证研究的自然性与真实性。自然观察法也可以借助特殊的仪器进行观察和记录,这样能更准确、更深刻地获得感性知识。如要获取人在厨房里的行为,可以用摄像机把对象在厨房里的一切活动记录下来,然后,逐步对其进行分析 and 整理。

b. 实测法 这是一种借实验仪器进行实际测量的方法,也是一种比较普遍使用的方法。如为了获得座椅设计所需要的人体尺度,我们必须对使用者群体进行实际测量,对所测数据进行统计处理,为座椅的具体设计提供人体尺度依据。

c. 实验法 实验法是当实测法受到限制时所选择的实验方法。实验可以在作业现场进行,也可以在实验室进行。如为了获取按计算机键盘的按压力、手指击键特征、手感和舒适感等数据,可以在作业现场进行实际操作实验,以取得第一手资料。

d. 分析法 分析法是对人机系统已取得“资料”和数据进行系统分析的一种方法。美国人类工程专家亨利威尔(Honeywell)对人机系统的分析和评价提出如下的方法。

(a) 瞬间操作分析 生产过程一般都是连续的,因此人和机械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是很困难的,因而只能使用间歇性的分析测定法,即用统计方法中的随机取样法,对操作者与机器之间在每一间隔时刻的信息进行测定后,再用统计推理的方法加以整理,从而得到对改善人机系统的有益资料。

(b) 知觉与运动信息分析 人经由感觉器获得的外界信息,传到神经中枢,经大脑处理后,产生反应信号再传递给肢体去对机械进行操作,被操作后的机械又送回信息给操作者,形成一个反馈系统。知觉与运动信息分析用信息理论去阐明信息传递的数量关系。

(c) 连续操作的负荷分析 这种方法是采用强制抽样电子计算机技术来分析操作人员连续操作的情况。用这种方法对一般要

规定操作所必须的最小的时间间隔,推算操作者的工作负荷程度。

(d) 全工作负荷分析 这是对操作者在单位时间内工作负荷的分析,一般用单位时间的作业负荷率(%)表示。

(e) 频率分析法 这是对人机系统中的装置、设备等机械系统被使用的频率进行测定和分析,其结果可作为调整操作者负荷的参考数据。

(f) 设备互相关连性分析 这是对设备的使用方法以及人与机械状态的变化等进行观测和分析的方法。如纺织工人同时操作多台织布机,他从一台织机转到另一台织机时,记下其眼的移动次数与操作频率的情况,再通过分析,从而获得机械和控制装置的适当比例关系。

e. 计算机辅助研究 随计算机技术和数字技术的发展,在数字环境中建立人体模型成为可能,可利用人体模型模仿人的特征和行为,描述人体尺度、形态和人的心理(如疲劳等)。数字人体模型可以使产品设计与产品的人机分析过程可视化,对于产品设计师和人类工程学专家来说,数字人体模型具有以下优点:其一,它能使产品的变数在设计早期得到了解,且易获取这些变化的发展趋势;其二,它可以控制产品的特性,即依人的特性决定产品的功能参数,其三,可以用人的数字模型进行产品的安全测试。



图 0-2 数字化的坐位舒适性分析

0.4 人类工程学的相关学科

人类工程学是一门综合性的边缘学科,它除了同有关工程技术学科关系密切外,还与生理学、心理学、人体解剖学,人体测量

学、人类学、运动生物力学、环境保护学、环境医学、环境卫生学、管理科学等学科有密切联系。此外,还和社会学、技术美学、语言学等学科关系紧密。从人一机—环境系统来看,学科几乎与人—机—环境相关的学科领域都有联系。尽管人类工程学有其自身的理论体系,但人类工程学综合了上述相关学科的原理、成果、方法、数据,将人、机、环境构成有机联系的完整系统:以人为主体的,研究该系统中人一机—环境之间相互协调、相互配合的规律,求得人一机—环境整体系统的最优化。

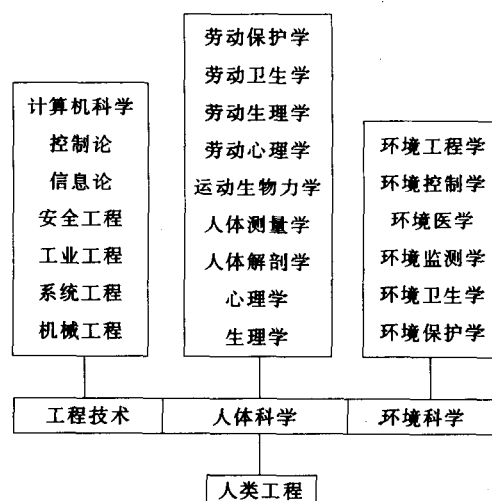


图0-3 人类工程学的相关学科

0.5 人类工程学在产品中的地位

人类工程学是一个多学科综合的学科,在许多领域具有广泛的应用。从产品设计角度来看,从大型的机器设备到人的日常生活用品,在人类的生产和生活的各个方面都有“产品”,因此这些产品的设计必须符合人的使用,表0-1列出了在产品设计的各阶段中需要进行的人类工程设计内容。

由“以人为本”的设计观念看,人类工程

学是产品由设计概念的建立到生产、销售的理论基础和主导思想,尤其是产品设计与生产朝个性化、小批量、网络化方向发展时,这种倾向更为突出。人的因素已成为工业设计的主要因素甚至决定因素,设计面向的对象是消费个体而非群体,大市场的设计观念,随着多元化和多样化的发展,将转变为个体设计观念,产品相对于使用者个体来说,会更舒适、更协调统一。

表0-1 产品设计五个阶段需要进行的人类工程设计内容

设计阶段	人类工程设计内容
概念设计	1. 考虑产品与人及环境的全部联系,全面分析人在系统中的具体作用 2. 明确人与产品的关系,确定人与产品关系中各部分的特性及人类工程学要求设计的内容 3. 根据人与产品的功能特性,完善产品概念
初步设计	1. 从人与产品、人与环境方面进行分析,在提出的众多方案中按人类工程学原理进行分析比较 2. 比较人与产品的功能特性、设计限度、人的能力限度、操作条件的可靠性以及效率预测,选出最佳方案 3. 按最佳方案制作简易模型,进行模拟试验,将试验结果与人类工程学要求进行比较,并提出改进意见 4. 对最佳方案写出详细说明:方案获得的结果、操作条件、操作内容、效率、维修的难易程度、经济效益,提出改进意见
详细设计	1. 从人的生理、心理特性考虑产品的构形 2. 从人体尺寸、人的能力限度考虑,确定产品的零部件尺寸 3. 从人的信息传递能力考虑信息显示与信息处理 4. 根据技术设计确定的构形的零部件尺寸选定最佳方案,再次制作模型,进行试验 5. 从操作者的身高、人体活动范围、操作方便程度等方面进行评价,并预测还可能出现的问题,进一步确定人机关系可行程度,提出改进意见
总体设计	对总体设计用人类工程学原理进行全面分析,反复论证,确保产品使用与维修方便、安全与舒适,有利于创造良好的使用环境条件,满足人的心理生理需要,以达到最佳的经济效益与人、产品关系
生产设计	检查与人有关的零部件尺寸、信息传示装置和控制装置。对试制出的样机进行全面人类工程学评价,提出修改意见,最后完善设计,编写使用说明书