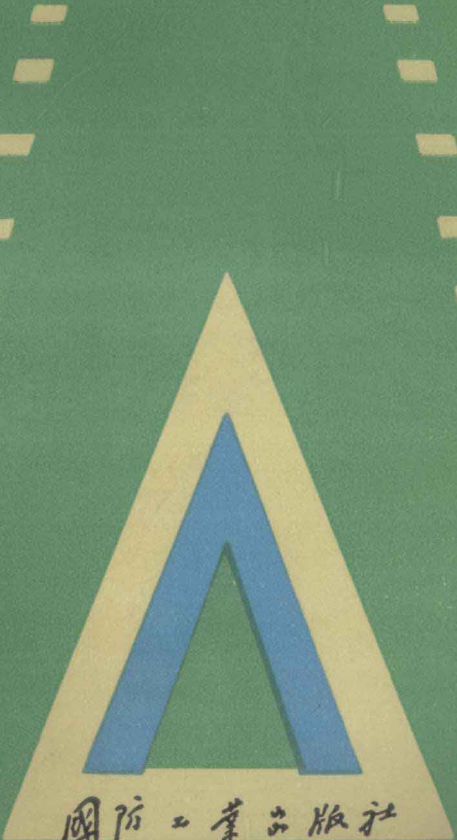


人的因素工程设计

〔美〕 E. J. 麦考密克 M. S. 桑德斯 著

毛炳祥 王一中 甘正华 等译

陈一如 刘文化 赖维铁 审校



国防工业出版社

人的因素工程设计

[美] E. J. 麦考密克 著
M. S. 桑德斯

毛炳祥 王一中 甘正华 等译
陈一如 刘文化 赖维铁 审校

国防工业出版社

(京) 新登字106号

内 容 简 介

本书介绍在设计机械设备、工具、武器以及工作和生活环境时,如何考虑人的特点、人的期望和人的行为,以使之更适合人的使用。

本书共6篇20章,分别介绍了人的因素基本数据、人类活动的特征与后果、人对系统的控制、人体测量学与作业空间、人的因素数据的应用、与工作有关的人的差错等内容。此外,还介绍了大气、照明、建筑等环境的影响。

书后有一附录,介绍常用控制装置的特性和有关设计数据。

本书对所有从事军工和民用设备的设计人员均是一本有用的参考书。

HUMAN FACTORS IN ENGINEERING AND DESIGN
ERNEST J. McCORMICK-MARK S. SANDERS
TATA McGRAW-HILL PUBLISHING COMPANY LTD.

*

人的因素工程设计

[美] E.J. 麦考密克 著
M.S. 桑德斯

毛炳祥 王一中 甘正华 等译
陈一如 刘文化 赖维铁 审校
责任编辑 张戴山

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京市飞龙印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 印张20¹/₈ 534千字

1992年2月第一版 1992年2月第一次印刷 印数: 001—500 册

ISBN 7-118-01067-7/TB·43 定价: 19.90 元

译 序

人的因素（亦称人因学、工效学、人机工程、人类工程学）是关于设计各种物品、装备以及生活与工作环境使之更适于人们使用的学科，包含内容极为广泛，几乎涉及到人类生活和工作的所有方面。近几十年来，世界各国越来越重视这门学科，在工业、国防和科学技术等领域进行了大量的研究，发表了大量资料文献。美国普渡大学心理学名誉教授 E. J. 麦考密克博士和加利福尼亚州立大学 M. S. 桑德斯博士合著的“Human Factors in Engineering and Design”一书，是人的因素领域中比较系统全面的著作。书中介绍了大量的研究实验，引用了大量的成果例证，对人的因素这一学科进行了综合论述。可供工程设计、企业管理、科研以及教学工作人员参考，为他们进一步研究提供借鉴，也可作为初学者了解人的因素的读物。在国内这类读物尚不多见，故根据原书 1982 年第 5 版，译出本书，以期对人的因素在我国的应用推广，提高工程和装备的设计质量，改善人民生活工作条件，略尽微力。

本书由海军装备技术部兵器部陈一如、刘文化负责技术审查。全书分 6 部分，共 20 章。其中，前言和第一、二章由周岳翻译；第三、四章由谢军飞翻译；第五、六章由黄哲孙翻译；第七、八、九、十章由周慈敖、毛炳祥翻译；第十一、十二章由魏克平翻译；第十三、十四、十五、十六章由王一中翻译；第十七、十八、十九、二十章由甘正华翻译。全部译文由赖维铁校对、赵江洪协助校对了第八、十一、十四、十五、十六、十九、二十章。

由于本书内容极广，涉及甚多专业领域，限于时间和水平，错误和不妥之处难免，望读者指正。

前 言

人的因素亦称人因学，在欧洲及其他地方称为人类工程学或工效学。它研究在人们生活和工作中所用物品及环境的设计中人的特征、期望和行为。简单说来，人的因素指的是“为人类使用而设计”。

人类历史当然总是包含着对工具和其他装置设计的努力，以求更好地满足人类需求并且提供对恶劣环境的防护。但是，只有在工业革命之中，特别是在本世纪，这种努力才具有系统的模式。

在本世纪头三四十年，早期的工业管理工程师（有时称为效率专家），进行了一些研究，并且发展了某些旨在改进工作效率的原则。在第一次世界大战中，少数研究者，特别是一些英国的，现在称为医学研究委员会中的心理学家，进行了一些涉及人的工作的探索研究，这一类工作一直延续到现在。

在第二次世界大战中，我们现在称之为“人的因素”或“人类工程学”的研究和理论，开始形成一门多少有些特殊的学科。由于新的复杂的军事装备不能被许多受过良好训练的人员安全有效地使用或满意地维护保养，促进了人的因素这项工作。问题明确地集中于装备的设计，同时导致一些目的在于设计更适合人类使用的装备的努力。因而这一学科得到了它的第一个名称：“人类工程（human engineering）”。“人的因素”这一词则是出现在以后。

本学科开始时集中在适合于人使用的军事装置设计上，以后慢慢渗入某些非军用领域，例如某些交通设备、通讯设备、计算机的设计以及其他一些领域。但是，进入这些领域是经过许多年的努力，逐步地进行的。近年来，主要是本世纪70年代，在

实际上所有人造物品和人所使用的环境的设计中考虑人的因素的重要性，已受到相当普遍的重视。这包括建筑物和社会的环境、消费产品、卫生服务、娱乐设施、生产工艺、运输和通讯系统等。

本书是想对人的因素领域作一综述，其主题是前面已提到的：代表我们文明的人造物品、装置，应该按考虑人的使用来设计。在涉及范围上，本书主要包含信息输入、人的效率和控制、工作空间和布置、环境、以及其他一些人的因素的内容。在内容素材上，本书包含一些基本的人的能力和特性的讨论（如视、听以及人体测量特征等）以及说明在人的效能和人的福利（安全、健康学）上设计特性的影响的许多研究例证。

本书中包含的专门研究资料，仅仅是在各种专门领域中进行的极大量研究中的很小一部分，我们的意图是用较重要的和足以说明问题根本点的研究实例作为论证的材料。虽然大量的具体内容不可能被读者永远记住，但我们希望读者至少对在人工物品的设计中，考虑人的因素的重要性有深刻的了解。

谨向许多研究成果被引用的研究者表示感谢。有关他们的工作的参考文献，列于每一章之后。

E. J. 麦考密克

M. S. 桑德斯

目 录

第一篇 概 述

第一章	引言	1
第二章	人的因素基本数据	18

第二篇 信 息 输 入

第三章	信息输入和处理	35
第四章	视觉显示	65
第五章	听觉、触觉和嗅觉传示	132
第六章	语言通信	165

第三篇 人的输出与控制

第七章	人类活动的特征与后果	185
第八章	人对系统的控制	234
第九章	控制器	266
第十章	手工工具及器械	308

第四篇 作业空间和范围

第十一章	实用人体测量学和作业空间	339
第十二章	物体空间和布置	369

第五篇 环 境

第十三章	照明	395
第十四章	大气环境	422
第十五章	噪声	454
第十六章	运动	484

第六篇 人的因素：专题

第十七章	人的因素数据的应用	517
第十八章	建筑环境	547
第十九章	运输及其有关设施	576
第二十章	与工作有关的人的差错	607
附录	控制装置	633

第一篇 概 述

第一章 引 言

在过去千百万年间，我们的祖先生活在天然环境之中，用手来取得食物，用脚来追赶野兽、寻找食源，遇到猛兽或危险时也要用脚来逃生，他们是依赖于用脚和手所能直接从事的活动而生存。经过了很长的时间，人们逐渐发展了简单的工具和用具，构筑了供居住的掩蔽物，改进了生存条件，也使生活稍有改善。这些发展，就是我们现在称之为“人的因素（人因学，human factors）”的起源，也就是把用品和设备设计得更合理地为人需求服务。在欧洲及其他大多数国家则称之为 ergonomics（人类工程学）。

人类从原始生活发展到现代文明生活，经历了漫长的岁月。现代技术使我们今天有可能拥有我们的祖先梦想不到的大量人造用品和设备。在现今世界上，至少在许多文明国家中，人们使用的物品大多数是人造的。也就是说，大多数人几乎是生活在一个“人工”的世界之中。即使在捕鱼、耕作等这样一些接近自然的活动中，也都使用了人造器具。人造设备可以列举很多，如手工工具、厨房用具、交通工具、道路、机器、房屋及其他建筑、计算机、电视机、电话以及太空舱等等。

现时对“人的因素”的兴趣，是由于技术开发重视了对人的考虑。穆尼普夫（Munipov）对这一点阐述如下：“在科学技术大变革的情况下，人类工程学（即人的因素）对人和社会具有重要意义，从中得到的社会和经济效益越来越显著。人类工程学不仅是为工作和休息创造最优条件，而且还对人类新的文化和社会环境的普遍发展作出贡献。”

技术包含的内容很广，它既可造福人类，也可能形成祸害。人的因素的目的，在某种意义上来说，是把技术的应用引向有利于人类，或者说是促进技术与人类之间协同关系的发展。本书试图对人的因素领域作一综述，书中各章节介绍了应用在各该领域中一些最重要的方面。

1.1 人的因素的定义

对一些事物的定义，有时在文字上并不能表达得十分确切，但是有时却又似乎非下定义不可。现在我们试从以下三个方面来探讨人的因素的定义：

(1) 人的因素的着重点，是在实现各种任务时考虑到人的作用、特点，这些任务如①人所使用的物品、设备、装置及环境等的设计和创造；②人类工作方法和其他活动的改进、开发；③为人们服务的措施；④从对人的适应性来鉴定人们使用的物品。

(2) 人的因素的目标有以下两个：①提高工作或其他人类活动的有效性和效率；②保持和提高人们所冀术的某些指标（如健康、安全、舒适等）。第二个目标基本上是人类幸福的内容之一。

(3) 人的因素的主要手段，是在完成这些任务中系统运用关于人的能力、特征、行为和机能的有关知识。

虽然还不能以简明扼要的语句来充分表达人的因素这一正在发展的领域的含义，但是诸如“为人类使用而设计”以及“最佳工作和生活条件”这类说法，多少也可给人以人的因素是与什么有关的一些印象。

除了以上所述作用之外，人的因素还有一些其他的作用。例如根据人的因素观点测试和鉴定设备、装置、方法等；发展专用工具和训练器材；对设备、产品、装置等的使用人员的挑选和训练等等。另外，人的因素学科常常被认为是带有保障性质的研究，通过这些研究可以得出在完成有关任务中应用的相应数据和标准。

1.2 人的因素：过去、现在和将来

人的因素领域的发展，不可避免地与技术发展联系在一起。

1.2.1 人的因素在过去年代

如前所述，人的因素是从早期人类发展简单工具、用具、遮蔽物等的过程中开始的。经过千百万年，人类使用的物品的设计自然而然地不断改进，这是进化过程的结果。如果一种专用工具或器械不能达到满意的效果，后一代人就要试图改进其设计。在由于机器发展引起产业革命之前，人类的劳动都是使用手和手工工具来完成。克里斯蒂森（Christensen）按三个阶段来说明机器时代。

第一阶段：机器时期（1750—1890）这一时期是从所谓的“工具的时代”到“机器的时代”的转移。其标志是纺织工业中卓越的发明和蒸汽动力的广泛应用。在法国，雅卡尔（Jacquard）根据前人的发明，发展了用穿孔卡来控制织机。在英国，瓦特为蒸汽机设计了调速器，这种控制被看作是自动化的开端。

第二阶段：动力革命时期（1870—1945）这一时期的基本特征是动力的使用大大发展，如制造业、运输业、农业，还包括了在这些行业中使用电力。

在这一阶段的后期，建立了行为科学。例如在第一次世界大战中，美国和英国都极为重视挑选和训练军事人员，其目标为“使人适应其工作”。随着战争的进行，英、美及其他国家对人员的挑选和训练就更为注意。本世纪的头二三十年，已有一些用现代眼光看来是与人的因素有关的发展，例如企业管理工程师所作的方法分析和科学管理时间的研究，以及曾由英国工业卫生研究会进行的有关人类劳动的一些研究。

在第二次世界大战中，人的因素开始成形。特别是当时许多人不能有效地和安全地使用一些新发展的军事装备，这一事实促使人们根据人的条件来设计这类装备。这一目标体现在由“使人

适应其工作”转变为“使工作适应于人”。

第三阶段：机器用于思维时期（1945~？） 克里斯蒂森指出，产业革命的前两阶段的结果是减轻了人的体力劳动，扩大了人的体力。而第三阶段则是努力减轻人的脑力劳动，帮助并发展人的思维能力。这两种目标之间并没有明显的时间界限，不过一般来说，前两个阶段着重于动力的控制，譬如在制造过程和交通运输中；在第三阶段除了继续努力加强动力的控制之外，还集中注意于发展能执行可称之为“思维”作用的机器的使用上，这主要是电子计算机的使用。

就是在这一阶段，人的因素领域成为一门公认的学科。自第二次世界大战以来，这一领域起了很大的变化。在第二次世界大战中和战争刚结束后的时期，曾被称为“旋钮和度盘”的时代。因为在那时，对于控制装置和目视仪表的设计来说，使用旋钮和度盘已经是最为快速和最准确的了。当时许多军用和民用的人的因素问题都出自这些装置。从那时以来，虽然我们仍从事“旋钮和度盘”问题，但人的因素领域已大大扩展了。战后，人的因素以简化人们在工作、活动所用的“硬件”的操作和维护这一方向为推动力，开始渗入某些民用领域（如制造业、通讯和交通运输的某些方面）。近年来，关于人的因素的讨论有两大主题。其一是关于人和实际设备的最优结合的概念。中心问题是在系统设计中，必须充分发挥人的长处（如推理、决策以及某些感觉本能）和机器的长处（如执行高度重复动作的功能）。在这方面，应该指出，在设计一个系统时，是使任何人只需经过极少训练就能上机使用还是对部分操作人员要求经过相当的训练这一问题上，不断存在争论。这问题部分属于经济上的争论，因为对使用人员只要求较少训练的高度自动化的系统，本身的成本将增加；而依靠较多人力操作的系统，又要对其部分操作人员进行较多的训练，从而又增加了训练和人员的费用。

另外一个问题是如何通过适当的工作设计提高工作活力。虽然对工作活力的关心已不属于人的因素范畴，但在人的因素领域

中，还是有人关心这一问题，把对人的因素学科的注意集中于人的工作称心，以便工作设计可为部分工作人员提供更多的称心的机会。

应该说明，虽然这些目标是现时所关心的，但是，达到这些目标的途径，仍是人的因素学科有待完成的课题。

1.2.2 人的因素的现代应用

人的因素是受军事工作的促进而发展的，其最初的系统应用大概也是在军事部门。多少年来，对人的因素的研究在不同程度上扩展到了其他应用领域，如运输设备、机床和生产方法、通讯设备、农用机械、公路系统、生活设施、娱乐设备、为残疾人所用的装置和设备以及消费产品和服务等。应该着重指出，在这些领域中的大多数应用还是零散的和有限的，某些情况下是极有限的。

1.2.3 人的因素的未来

虽然我们不能十分可靠地来预言人的因素的发展，但是我们可以合理地推测其可能的方向。

首先，尽管说人们为自己使用而制造的许多东西都具有人的因素的实质，但是至今在设计中，对人的因素仅仅给以有限的注意（或不予注意）。

鉴于组成现代人工社会的物品的整个范围内还有大量待完成的工作领域，人的因素至今还只是少量的渗入其中，因而这就为人的因素提供了广泛应用的可能性。这包括在运输设备和系统，各种类型的建筑、许多消费产品以及卫生健康服务等等更好地为用户服务的设计。此外，人的因素可以对生活中各方面的安全作出贡献；而且在应用人的因素于工作设计方面，还有许多可做的工作，这将有助于满足日益提高了的工作称心的要求。这些改进可以通过工作中所用机器和设备的设计改进、调整工作方法和过程等来达到。同时，在工业企业中计算机使用的增多（如在

生产过程的控制以及信息处理工作中)，可能会在人和机器之间要求新的接口，这在计算机系统的设计方面，将有重要意义。

除了这些未来应用(已展开了的)的可能领域之外，对于有关社会整体以及对社会中产生的变化等方面的可能应用，似乎还存在着许多若隐若现不很清楚的领域。在这方面，夏平斯(Chapnis)提出，这些变化可以分为两类。第一类是有关世界本身的变化，对我们来说这是外界的变化。但是，这将迫使我们进行一些调整，以适应迅速改变的环境。这一类因素如能源危机、人口膨胀以及环境污染等。第二类包括那些归因于我们的习惯、社会价值和期望、生活方式等改变的变化。这一类包括对安全设计中生产者和消费者相对义务的看法，对所有人平等的就业机会以及对生活优劣的看法等。

为思考这些因素的可能影响，我们可以设想能源危机及其与人的因素的关系。能源危机很可能对运输业有深远的影响，例如：越来越依靠公共交通，发展小型的效率更高的汽车以及更强调改进所有类型交通的流程。可能更要依赖无线电通信手段以代替会议和与银行往来等。另外，可能考虑重新审查动力工具、机器、装置的使用增加的趋势，也可能出现恢复更多依赖人力的趋势。更进一步说，可能会改变我们生活设施的性质。

在人类生活变化过程的讨论中，夏平斯提出论点，认为我们仍然趋向于把“人-机系统”(如专门的机器或其组合)看作社会中孤立的和独立的单元。他预料在采用先进技术中，下一步是开始考虑对整体社会系统设计的效果。他说：“当我们这样做时，我们常常会逐渐意识到我们所做的对社会、对其生产率和经济有深远影响。并且，这时我们将会面临价值判断，这是难以定量和取得一致的。”

接着，他阐述了这样的看法：对于每一个变化，每一次革新，每一项发明，大体说来对社会都可能有利，但也可能要付出代价。除了可预计的经济代价之外，对社会还可能有其他代价，如污染、能源的浪费、对健康不利的后果以及意外危险等。意外

危险可出现在空气中（由于污染）、在运输系统中、在核电站中、在海上（如油船碰撞）以及在动力系统中（如停电）。

由于每一项革新都是既带来好处又要付出代价，因此要求社会作出对社会总的来说最优的得失比的判断。例如：仅就由于意外而付出代价的问题而言，因为不可能使某一系统或某一过程绝对安全，那么由这系统或过程的受益和可能付出的代价两者权衡，容许冒多大的风险，应该设法作出价值判断。在这方面，人的因素专家将来的主要任务或许是在设计中使危险减少至可以容许的程度；换句话说，就是保证由所设计的事物所得的利益超过其使用中存在的危险。

展望未来，人们可以预料一些事物发展的后果给人类生活所带来的可能变化。例如自动化程度提高，人口密度增加，对食物的需求增加，污染程度加剧，更多的能量消耗，物资的重复利用，随着发展中国家的发展引起的对世界资源的压力，以及空闲时间增多的可能性等等。生活方式改变会带来一些新的发展，这很可能会对人的因素提出我们现在还难以预料的挑战。

人的因素理论和数据的可能应用范围很广，包括了实际生活的每一个侧面。可以认为人的因素是对生活和工作质量的贡献，协调了现实中的许多矛盾，是人类生活中必不可少的方面。人的因素的希望成为现实的程度（在改善未来的工作和生活质量中），将会被将来的历史学家载入史册。

1.3 人与其所用物品的关系

人的因素专家所从事的通常是有关人们在工作 and 日常生活中所使用的装置和环境等具体项目的设计问题。但是，如前所述，人的因素理论和数据应用于具体问题应该从社会整体意义来看待。着眼于这一点，人的因素应用的具体领域一般可分以下三类：

1.3.1 人-机系统

我们可以把“人-机系统”看作是一个或更多的人与一个或更多的外界部件相互配合的组合,给以一定的输入,得出所要求的输出。在这样的系统中,“机器”的一般概念过于局限,我们应进一步来考虑一种“机器”的含义。这“机器”包括实际上任何类型的外界事物、装置、设备、器材,还应包括人们为进行某些活动以达到预期目的或完成某些功能所用的物品。人-机系统(有时就称为“系统”)的比较简单形式可以是一个人与一把锄头、一把锤子、一个灰浆桶或是一个卷发夹。复杂一些则可以把家用汽车、一台办公机器、一具割草机、滚花刀等与其操作者看成一个系统。更复杂的系统有飞机、灌瓶机、输送系统、电话系统以及自动化炼油厂等和其工作人员。也有些系统不那么具体,如加油站、医院和其他保健站的服务系统、游乐园或公路和运输系统的运行、在海上救生为失事坠落入海的飞机定位等。

人参加到一个系统中的基本类型是灵活多样的,是与系统相互配合以完成系统设计所要求达到的功能。

1.3.2 外界环境

人们“使用”的外界环境包括两大类。第一类包含人使用的外界空间和有关设置。其范围从直接的环境(如工作岗位、躺椅或是打字桌)、中间环境(如家、办公室、工厂、学校、足球场)到全面的环境(如周围街道、一个地区、一个城市或一个公路系统)。第二类包括周围环境的各个方面情况,如照明、大气状况(包含污染)以及噪声等等。应该指出,我们生活和工作的外界环境的某些方面,是自然环境的一部分,是不能改变的(虽然可以对某些不方便的环境条件采取防护措施,如对热或冷)。人与外界环境交往基本上是被动的,环境对人们的活动总要施加一些约束(如限制其行动距离或视野),或者预先对行动的某些方面加以规定(如要弯腰来看卡片箱;在超级市场中要曲折穿过迷宫

似的通道来寻找哪里有面包等)。

1.3.3 个人用品和保护用品

人们使用的第三类人造物品包括许多类型的个人用品(如服装、手提包及滑雪板等)和保护装备、用具(如安全鞋和安全帽、护目镜、宇航服、手套和耳塞等)。人类使用这些物品可以说是被动的,这些物品的设计也对人的行动带来一些约束或是预先规定了行动特点的某些方面。

1.3.4 评述

除了以上三类之外,还有一些不便分类的其他零星物品,如报纸、纸牌以及邮票等。在这里,我们要对已提到过的重点加以补充,就是,不论人如何介入到人造事物之中,具体的设计特性可以影响人的作用效能或某些相应的人的价值。

1.4 在人工世界中人的作用

在人的因素领域中,习惯认为在以人和机器设备相互配合方式工作的人-机系统中,人的活动能促进一些预定目标的完成。对这些相互作用的探讨,逻辑上必然引起在这些系统中人完成什么任务和起什么作用的问题。

1.4.1 人-机系统的类型

在讨论人的任务和作用之前,要先提一下人-机系统的各种类型。首先要弄清闭环和开环系统的区别。一个闭环系统是连续的,完成一些工序要求连续的控制(如车辆运行以及一些连续控制的化学过程),并且要求连续的反馈。反馈提供在连续控制过程中应予考虑的误差信息。开环系统在启动后不需要再进行控制或是不能再被控制,系统一旦投入运行,就已注定不能再作控制。例如发射一枚没有制导系统的火箭。在这类系统中,反馈显然不能起连续控制作用,但可以改善系统随后的运行。还应该指