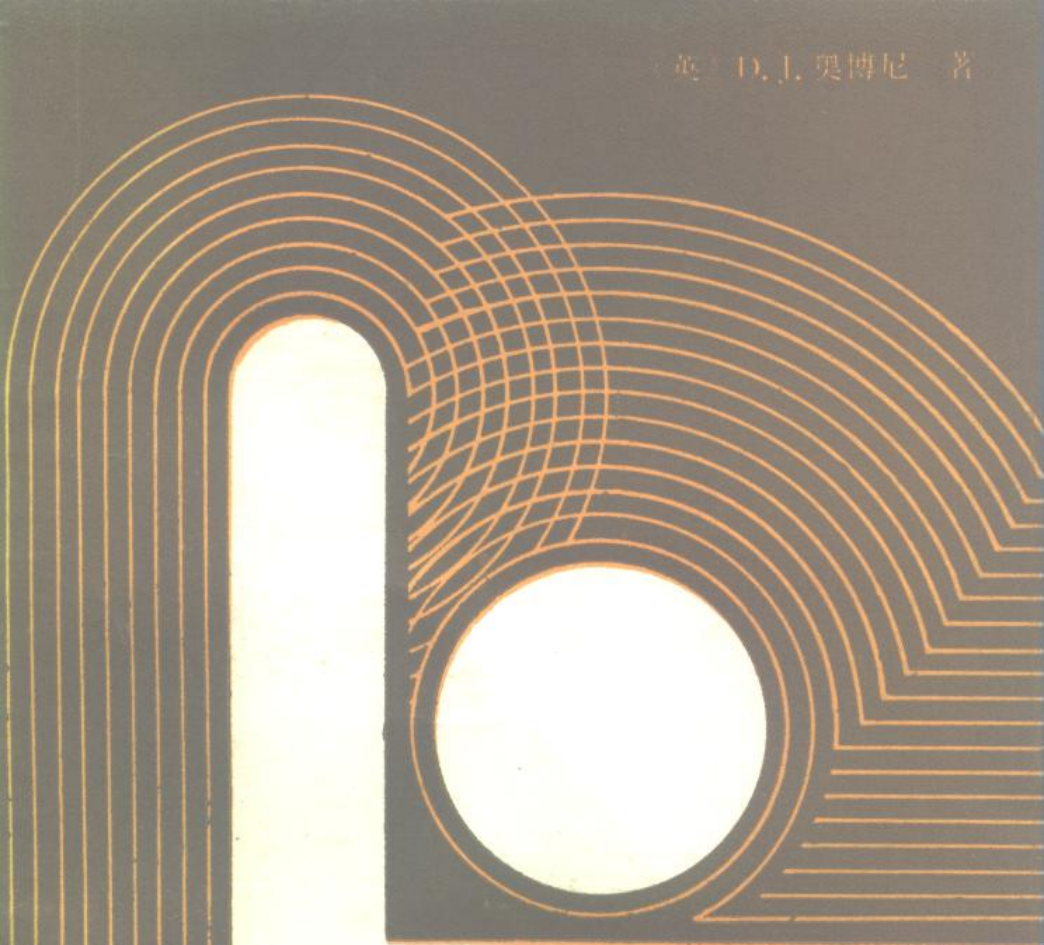


英 D.J. 奥博尼 著



人类工程学 及其应用

科学普及出版社

人类工程学及其应用

[英]D.J.奥博尼 著

岳从凤 孙仁佳 译

科学普及出版社

内 容 提 要

人类工程学是介乎生命科学、机械工程和企业管 理 科学之间的边缘科学。它以人的生理、心理特点为根据,分析研究了近代科研、生产领域内、人与机械、仪器仪表,以及人与环境之间的相互关系。例如,各种生产方式的生产效率的比较,以及影响工作效率的各种因素的分析与对比等。其研究成果可直接应用于工程技术设计。它可为设计出既能提高生产效率,又能确保劳动者健康与安全的最佳设计方案提供必要的依据。

随着工业技术的高度发展,劳动者的技能也愈益复杂,事故率也可能上升。为确保劳动者的安全与健康,必须加强研究人对工作环境的要求,以及工作环境对人能力的影响。因此,人类工程学必将日益受到人们的重视。

DAVID J. OBORNE

ERGONOMICS AT WORK

Copyright©1982 by John Wiley & Sons Ltd

* * *

人类工程学及其应用

[英] D.J. 奥博尼 著

岳从凤 孙仁佳 译

责任编辑: 赵兰慧

美术设计: 赵一东

技术设计: 孙 俐

*

科学普及出版社 出版 (北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京燕山印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 8.5 字数: 184千字

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数: 1—2600册 定价: 2.10元

统一书号: 17051·1131 本社书号: 1569

ISBN 7-110-00367-1/X·3

译者的话

人类工程学(Ergonomics)是最近几十年内才发展起来的一门边缘科学。它综合应用物理学、生理学、人体解剖学、医学、电子学以及工程学等多方面的有关理论来研究人和人所操纵的机器、人与环境之间的关系,以及如何改善和设计这些关系。其目的在于提高人的工作效率,改善人的工作条件,使工作更为安全和舒适。在我国,工人在劳动生产中的安全和健康,一直受到国家的重视。“人类工程学”也有译作“功效学”或“人机工程学”的。为了突出人与机器和环境关系中“人”的重要意义,还是译作“人类工程学”比较合适。

《人类工程学及其应用》的原著者是英国斯旺西大学学院心理系戴维·J·奥博尼。他在英国威尔士大学获博士学位,长期从事振动对人体的影响,乘客的舒适性,以及人类工程学与医学的关系等方面的研究,有不少的论文和著作。为适合我国读者阅读,在翻译过程中,译者对一些章节作了删节,对一些段落作了改写。

本书首先叙述了人类工程学的研究历史、基础理论及其与其它有关科学之间的关系,以及研究本身的经济价值。其余诸章则分别叙述人类工程学囊括的各个方面:工作中工作人员与机器和环境之间的联系,工作环境的设计,人类工程学在提高生产率和保证生产安全方面的指导作用。在过去,工程技术人员在设计机器和厂房时,也都在一定程度上考虑过使用人员的要求。人类工程学则为设计人员提供更为系统的

科学知识和依据，使设计的劳动环境（包括机器和厂房）更加符合使用人员的要求。因此本书不仅可作为大学企业管理专业或其它专业有关师生学习参考用书，对于一般工程设计人员，对于已经从事企业管理工作的人员考虑人类工程学方面的问题时都是一本有益的参考书。

中国科学院微电子中心凤平同志参加了书稿部分章节的翻译工作；沈阳工业大学王竹涛同志，卢福伟同志，对原译稿也都提出了一些宝贵的修改意见。译者在此表示衷心地感谢。

译者

1987年5月

原 序

人类工程学是在第二次世界大战中诞生的；当初大抵也与这个时期的情况相适应，当时不断听到这样的呼声：“给我们工具，我们将完成任务！”而当时的任务是特别直截了当的：战胜凶恶的侵略者。但是到了现代，“任务”是多样的：人们要求效率高，有兴趣，还要考虑舒适性、安全性。

丘吉尔在第二次世界大战的黑暗日子里的呼吁，今天仍然成立。在现代要是没有合适的工具，是不能完成工作的：拧紧螺丝要螺丝刀，钉钉子要锤子。显微镜使那些肉眼看不到的对象成为可见；而电脑提高了人的认识能力，使人们能去完成十来年连想也不敢想的工作。

然而，遗憾的是，机器至少有一个大的缺点，即它们必须要人来操作：螺丝刀要人来拧，锤子要人来敲，显微镜要人来调整，计算机要人来编写程序。没有能量和操作人的决策能力，工具就成为无用之物。即使在达到机器能进行智力思维的时代，但是做出决策和采取行动以及完成复杂的动作，仍然需要人的协助。另外，操作者和环境之间的关系必须保持协调。

本书的内容就是讨论把工作关系修订为最有效状态的途径。它将研究系统的操作者和系统本身怎样提高或降低系统的效率。总之，本书将考察系统中的两大成分：“人”与“环境”相互作用和相互联系的各种途径。

本书在某些意义上打算讲述方法，而不打算为读者提供可以直接用于设计一种环境的包罗万象的数据库。本书将表述人-机相互作用的一些基本方面，并且解释人类工程学（及其美国妹妹学科人的因素）和它在现代日常工作中的作用。本书将着重讨论，需要考虑的工作状况的几个方面，并说明提出各种方案的理由。然后，希望能对读者有所启发和指导，使读者能沿着正确的方向，在其自身的工作系统去发现更多关于人和环境之间的相互作用的各个侧面的问题。

“信息”和“联系”是这种相互作用过程的两个关键词；一个为另一个所携带。当阅读本书时，读者应当知道它们的重要性。没有它们，就不会发生互相作用。更重要地，如果它们品质低劣，那么只能发生十分低劣的相互作用。两者之一都会导致低效、不舒适或不安全的情况，它对操作者没有好处。

本书第1章，在最广的范围内讨论人类工程学的基础和历史，它在各学科中的地位，以及它的经济意义。接着的两章研究人体使联系过程可以发生的各种方式。其中第2章讨论从环境通过感觉器官到操作者的联系通道；而第3章则考察反向流，即从操作者通过四肢到环境的流程。

接着的3章中，讨论这些联系通道的作用诸方面。首先是操作者（初级感觉器官）之间的联系；其次是环境与操作者（仍为初级感觉器官）之间的联系；最后是操作者和环境（主要是利用四肢，也用感觉器官）之间的联系。

在详细讨论了这些联系要求之后，第7、8、9各章将讨论对操作者有利环境安排的方式——还是加强联系通道。在第7章中探讨操作者的直接工作场所——或许是机器、控制台，甚或是书写拍纸簿。然后第8章讨论建造工作场所——

它由许多机器和人组成——的最适宜途径，再度强调联系。最后，可能作为第8章的扩展，第9章讨论工作中的坐位和姿态的函数和数值。

在这里联系通道是开放和有效的。然而操作者不是在空中作业的，他们期望在其中工作的环境有时可以从根本上影响他们的效率。

第10、11章讨论工作环境的四个方面：振动，噪声，温度和照明。然而要强调指出，这四个方面决不是仅有的起作用的环境因素，可是它们却可能是对大多数操作者最有影响的。

第12和13章说明应用前面论述的人类工程学原理的重要性。其中第12章特别讨论了安全性，以及对不安全行为和环境，个人、组织以及国家要付出的代价。它表明，有效联系通道的断裂以及替代的和较不优化的通道的建立，怎样降低安全性和导致事故。

然而正如第13章讲解的，死伤和不合标准的工作，并不是缺乏人类工程学考虑仅有的结果。在许多情况下，它可以导致由对操作者的低劣的反馈造成的效率下降。在这方面系统效率的维持和检验过程可以受到损害。

在引起读者更充分地考虑他的系统之后，第14章讲解粗心大意的探索者容易出的许多毛病；他们理应将人类行为作为实验设计中的主要问题来对待。然而，用这些信息武装起来之后，还希望读者能够在实现人——环境相互作用问题的人类工程学解决方案上作出进一步发展。

在读完本书后，希望读者将丘吉尔当年的呼吁改成：“我们以人类工程学工具，设计出能使我们与它们有效地相互作用的工具，那么我们将更有效地完成工作任务。”

目 录

第 1 章 人类工程学的过去和现在	1
一、普洛克鲁斯蒂斯的符咒	1
二、人类工程学的兴起	4
三、人类工程学的范围	5
四、人-机系统	6
五、人类工程的成本及其效益	8
小结	10
第 2 章 人体构造：I 感觉神经系统	11
一、引言	11
二、感觉的机理及感觉器官	12
三、视觉系统	14
四、听觉系统	21
五、本体感觉	25
小结	28
第 3 章 人体构造：II 人体的大小和动作	29
一、引言	29
二、人体的动作：骨骼、关节和肌肉	30
三、肌肉力量、耐久性和疲劳	32
四、肌肉的锻炼	37
五、人体体形大小：人体测量学	39
六、人体的动作：生物力学	45
小结	52
第 4 章 人与人之间的联系方式——文字和符号	53
一、引言	53
二、意思、联系和信息	54

三、书写信息的印刷形式	56
四、给出信息和指令的方式	58
小结	72
第5章 机器与人之间的联系：显示	73
一、引言	73
二、视觉显示	75
三、视觉显示设计	84
四、阴极射线管和图象显示设备	95
五、听觉显示	100
小结	103
第6章 人-机联系：控制	104
一、引言	104
二、控制的类型	105
三、在控制设计中的重要因素	107
四、影响有效控制的因素	114
五、特殊工具和控制器设计	117
小结	122
第7章 作业空间的设计	123
一、作业空间设计的基本原则	124
二、控制之间的相对位置	127
三、视觉显示设备之间的位置关系	131
四、显示和控制的配合	135
五、作业空间的安排	141
小结	142
第8章 作业场所的设计	143
一、作业场所物理方面的要求	143
二、作业场所的社会要求	149
小结	156
第9章 坐位和姿势	157

一、坐姿时的骨骼结构	158
二、坐姿和肌肉活动的关系	161
三、坐姿的行为特征	162
四、座椅的设计	166
小结	172
第10章 振动和噪声对人的影响	174
一、引言	174
二、振动对人的影响	175
三、噪声对人的影响	194
小结	213
第11章 温度和照明	214
一、引言	214
二、温度对人的影响	214
三、照明对人的影响	230
小结	241
第12章 人类工程学与安全	243
一、事故及其发生的一般原因	243
二、预防事故投资的效益分析	245
三、事故发生原因的几种类型	247
小结	262

第 1 章 人类工程 学的过去和现在

一、普洛克鲁斯蒂斯的符咒

从前，在希腊神话中，有一个强盗，名叫普洛克鲁斯蒂斯，他想出一种奸诈的方式向不幸进入他家门的疲惫的旅客勒索钱财。他按一个苛刻的协议向他们提供简单的招待：他们要么睡在他的两张多余的床中的任一张上，要么按规定价格付食宿费。投宿的旅客往往在酒足饭饱之后，便被引到卧室。那里安放着两张床，其中一张很长，而另一张很短，对一般旅客来说都不合用。强盗提出，旅客必须完全合适地睡在任一张床上。要是睡在过短的床上，就要砍掉长出的两条腿；而睡在过长的床上，就要被拉伸得同床一样长。不用说投宿的旅客不得不选择付出昂贵费用的方式。

自从人类最初开始与他的环境以任何复杂的相互作用以来，这种普洛克鲁斯蒂斯式的方法便随处可见。特别是工业生产中的工人不断地被象裁缝裁剪布片那样被“裁剪”，以“适应”外界环境的要求；大多数的工人都在接受相当程度的不舒适，而不能充分发挥自己的能力。用隐喻的话说，胳膊被拉长，以便达到够不着的控制台，而感觉能力延伸到能听到或看见实际上听不到或看不到的信号。普洛克鲁斯蒂斯式办法的另一面是，腿被砍短以适应低矮的工作场所，认识

能力退缩以适应令人厌烦的任务。

自从工业革命以来，特别是随着工作和机器都变得越来越复杂，这个问题日益重要。由于操作者与他的环境间的可怜的“适应”而造成对生命的威胁，劳动生产率的降低和成千上万事故。直到近期，环境要求仍是重要的，而在环境中的人的需要和能力竟然是次要的。

然而，普洛克鲁斯蒂斯的幽灵正在逐渐被驱除。本书的目的之一，实际上就在于揭示人类及其工作环境间类似于普洛克鲁斯蒂斯式的条件，并找出解决的办法。但是，人与其工作环境之间协调的工作秩序并不是一朝一夕就能建立起来的，在新的工作秩序的价值被完全认识之前，较详细地研究普洛克鲁斯蒂斯的办法的某些局限性是有用的，人可按这种办法去适应他的工作环境的要求。（这种办法有时是体现于训练的概念中。）这种局限性可被归纳为三个方面：第一，使操作者适应于他们环境的代价；第二，这种办法的有效性；第三，当人处于紧张状态中时可以发生的人的功能瓦解的可能。训练日程不能完全取消，不过正如本书将要讲清楚的，如果机器被设计得反映操作者的能力，那么训练和生产时间可以显著缩短。尽管可能将操作者训练成具有高水平，可是对难以执行任务的人进行训练是有价值的方法。当然，人们普遍认为只靠训练还不能完全解决问题和增加产量。工厂和机器日益复杂，如果操作者的工作环境不同时作适当的设计，那么操作效率是不会高的。操作者需要适当地设计控制系统、信息显示，以及环境等其他方面的进一步的帮助，才能使训练的效果达到极大。在钱尼（Chaney）和蒂尔（Teel）1967年的一篇论文中有一个例子。他们比较受过4小时训练或得到一套特制的可视仪器和显示器之助的检验工的工作效

率。结果表明：受过训练的检验工比训练前提高32%；而为检验工提供适宜的可视仪器，效率则比原先提高42%。这说明训练是有用的，而适当设计的工作环境就更有用。

泰勒（Taylor）和加维（Garvey）1966年提出的普洛克鲁斯蒂斯式方法的最后一个局限，也许是最重要的局限之一。不管操作者被训练的怎样好，如果训练超出了人们生理上的能力或违背人们习惯的方式，迟早也会发生问题或者导致事故。例如，默雷尔（Murrell）在1971年举了一个操纵水压机的例子。在一次应急操作中，由于操作者情绪紧张，原应压下手柄，以便抬起水压机的压头，却按照习惯的方式，要升起某机件时，总是向上抬起手柄，造成压头下落，而损坏了水压机。而这个操作者是经过训练的，对此也很熟悉，只是在紧急情况发生时，忘记了他的训练。在大多数情况下，不论训练多长时间，当操作者处于紧张状态时，总是克服不了按照习惯的方式去操作。

这些事例清楚地说明，单靠训练不足以发挥操作者的全部潜力。只有当训练和执行的任務紧密结合时，操作者生理上、认识上以及感情上的能力协调一致。人类工程学的任务就在于力图强调人和工作环境的协调一致。那么，人类工程学就是这样一种学科，它力图把原先已经偏向普洛克鲁斯蒂斯式方法的天平扭转过来。它的基本目的是先测量人类的各種能力，然后去安排工作环境以适应这些能力。正象罗杰（Rodger）和卡瓦纳（Cavanagh）在1962年说的，人类工程学力图使工作任务适应人，而不是让人去适应工作任务。

二、人类工程学的兴起

人类工程学的诞生日期可以相当准确地指出在1949年7月12日。当时，在英国海军部召开一次会议，会上成立了一个交叉学科研究组，专门研究人的工作中的那些有意义的问题〔埃多尔姆（Edholm）和默雷尔，1973〕后来在1950年2月16日的一次会议上通过了“人类工程学”（Ergonomics）这一术语〔Ergonomics系由希腊文 ergon（工作）和 nomos（自然法则）合并而成。〕，人类工程学这一学科也就诞生了。

人类工程学在诞生之前，经历了一个漫长而曲折的酝酿阶段。人类与其工作环境间的关系，大约是在第一次世界大战期间，就已经引起人们的注意。兵工厂的工人是维持战争力量的一个重要因素。但是，由于在武器高产的推动下，产生了一系列未能预料的复杂问题。解决这类问题的努力导致英国于1915年成立了一个军火工人保健委员会，在其研究者中包括一些生理学家和心理学家。在战争末期改组为工业疲劳研究部，主要从事工业中的疲劳问题的研究。1929年更名为工业保健研究部。工作内容也相应地扩充为研究工业中的一般条件，特别是“工人保健和生产效率”的问题。研究人员中有专门的心理学家、生理学家、医生和工程师，他们有分有合地研究广泛领域的问题，包括姿势，负担，男女工人的体格，休息，检验，光照，温度，通风，工作中播放音乐，选择以及训练等。据默雷尔（1967）指出，两次大战之间进行的工作有两个特点是重要的。第一，研究有时是在交叉学科上进行的，第二，探索者在本质上是属于探索工业的

“自然史”一类。

第二次世界大战爆发后，军事装备变得非常复杂，要求的操作速度非常快，造成的额外紧张使得产业工人难以适应，不是生产不出优良产品，就是发生操作事故。于是，更多地了解人类的工作能力及其极限就成为十分迫切的课题。自然，这就产生了许多不同领域的扩大研究规划；英国海军部的那次会议就是应把新发现的知识综合起来的要求而召开的，而人类工程学这门学科也就最终诞生了。

三、人类工程学的范围

如前所述，人类工程学是通过许多不同专业工作者的共同研究而发展起来的，至今它仍保留着研究上多学科性的特点。它跨越了不同专业学科的领域，应用了各学科的数据、发现及原理。现代的人类工程学由三个分支所组成，第一个分支是生理学、解剖学、内科学的综合；其次是生理的和实验的心理学；第三是物理学和工程学。人物科学提供人体构造的资料：操作者的能力和限度，人体的大小；人体的力量和能耐受的压力等等。生理心理学研究脑及神经系统的功能，它们决定人的行为。实验心理学则企图了解人应用其躯体去动作、感觉、学习、记忆以及控制其活动过程的基本方式。最后，物理学和工程技术提供操作者必须对付的机器及环境的类似的信息。

人类工程学家由上述范围取得和积累数据，以最大限度地增加操作者的安全感、可靠性和效率，并使其任务易于学习和增加舒适感。

然而上述诸要求决不是相互独立的。例如操作者的效率

与其工作准确性紧密相关，而准确性也不是影响效率的唯一因素，其他因素尚有可靠性、速度、体力下降和疲劳。本书中不少事例还将进一步说明，一项操作的安全在很大程度上又是操作者的速度和可靠性的函数。

人类工程学进一步的目的是，力求减少对操作者工作结果的不可预见性，或者说，力求增加工作的可靠程度。操作者不仅要快速和高效，而且还应可靠。可靠性虽然与准确性有关，但它们可以是互相独立的。一个操作者可以在大部分时间内工作得很准确，而当他的工作情况发生某种周期变化时，就可能在准确性上不再可靠了。

关于“易于学习”的问题，也是人类工程学应该研究的内容。如果一个系统设计来执行的一系列工作任务都是容易学会的，那么就会减少训练的时间和费用，而且在紧张情况下可以少产生差错。

最后一个问题是舒适性。这个主观要求在现今情况下变得越来越重要了，并归结到一个系统所具有的状态良好和易于操作的意义上。舒适的概念及环绕其定义的内容，在以后诸章中都会讨论到，但现在足以指出：一个不舒适的操作环境，将使操作者易于发生事故，而且效率也不会高。

综上所述，人类工程工作者的任务，首先是确定操作者的能力，其次是根据这个能力来设计工作系统。在这个意义上，人类工程学被看作是“使环境适应人”的科学。只有这个概念完全被接受，普洛克鲁斯蒂斯的幽灵才能最终地被驱除。

四、人-机系统

人类工程学寻求通过“机器”(实际上是他必须使用的工