

工效学概论

李清璧 徐 斌 编

人 民 卫 生 出 版 社

责任编辑： 范君媿

工 效 学 概 论

李清璧 徐 斌 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版

(北京市崇文区天坛西里 10 号)

北 京 顺 义 寺 上 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 5¼印张 114千字

1983年12月第1版 1983年12月第1版第1次印刷

印数：00,001—9,600

统一书号：14048·4500 定价：0.71元

〔科技新书目 57 — 89 〕

前 言

“工效学”是一门应用范围极广的综合性边缘科学，在国外已有近 30 年的历史，六、七十年代中随着各国经济建设和科学技术的发展更得到迅速的发展。在我国，工效学的原则和经验也不是什么新鲜的东西，广大劳动人民和科技工作者通过劳动实践自觉或不自觉地也在运用着工效学的各项原则。但是作为一门独立的学科，工效学在我国的历史还很短。我国的心理学家、人类学家和劳动保护工作者在这方面做过不少工作；但是在医学卫生部门，从事这方面工作的人很少，有些人甚至对“工效学”这一名词都很陌生。

当前我国经济建设正在稳步前进；企业的整顿改革、产品的更新换代、先进技术的引进消化、工艺过程的革新以及国际市场的竞争，所有这一切都要求我们自觉而系统地学习、掌握并运用工效学原则来直接为祖国的四化建设服务。

本书系根据英、美、苏、捷等国的有关专著和刊物结合我国的某些情况编写而成。书中第一章介绍工效学的由来及其发展经过、应用范围和研究原则。第二章介绍同工效学有关的生理解剖学基础，包括人体测量的原则和主要数据、劳动时的能量供给和力的利用，以及人体感觉器官的特点等。第三章介绍劳动时常见的物理环境因素及其对人的影响。第四章介绍显示器和控制器的设计原则以及人和机器的关系和分工、人-机信息交换面的设计等问题。第五章介绍影响工效的各种因素，如年龄、工作日长短、轮班工作制、社会因素等。第六章介绍与工效有关的疲劳、警觉性、安全生产等心

理学问题。第七章介绍生产任务的设计，包括岗位设计、征招和培训工人的方法等。第八章介绍收集工效学资料的方法以及评价和实际应用这些资料时的注意事项。最后一章介绍某些行业的部份工效学问题。

衷心感谢北京医学院劳动卫生教研室刘世杰、张书珍两教授，没有他们两位的启发和热情支持，本书的出版是不可想象的。

我们只是刚刚开始学习工效学，掌握的资料既不多，实际工作经验很少，因此，书中内容挂一漏万、牵强附会的地方一定很多，所列举的数据大半来自国外资料，不能直接引用到我国的实际工作中去，真诚希望得到各方面专家的批评指教。我们之所以胆敢冒昧编写这本书，只是想引起更多医务卫生工作者对工效学的兴趣和重视，起个小小的抛砖引玉的作用。但愿随着我国四个现代化建设的蓬勃发展，愈来愈多的科学和实际工作者能积极参加工效学的研究和推广工作，让工效学在我国生根开花，茁壮成长。

编者

于苏州医学院

1983.3.

目 录

第一章 概述	1
第一节 工效学的命名和定义	1
第二节 工效学的发展过程	3
第三节 工效学和其他学科的关系及其应用范围	6
第四节 工效学的研究方法	11
第二章 工效学的解剖生理学基础	14
第一节 人体大小与劳动姿势	14
第二节 能量供给与力的应用	30
第三节 人体感觉系统	42
第三章 工效学中的物理环境因素	50
第一节 微小气候	51
第二节 噪声	57
第三节 振动	64
第四节 照明	70
第五节 色彩与工效学	76
第四章 显示器、控制器以及人-机信息交换面的设计	79
第一节 显示器的设计	79
第二节 控制器的设计	87
第三节 人-机系统信息交换面的设计	100
第五章 年龄、时间和社会因素	106
第一节 老年人的工效学	106
第二节 时间因素对工效的影响	109
第三节 轮班工作制	111

第四节	社会因素对工效的影响·····	116
第六章	疲劳、警觉性和安全问题·····	121
第一节	疲劳问题·····	121
第二节	警觉性问题·····	123
第三节	工效学和安全事故·····	124
第七章	生产任务的设计·····	128
第一节	岗位设计·····	128
第二节	工作场所设计·····	131
第三节	环境设计·····	133
第八章	工效学资料的收集、评价和表达·····	135
第一节	工效学资料的收集·····	135
第二节	工效学资料的评价和表达·····	142
第九章	一些行业的工效学·····	146
第一节	轧钢车间控制室和桥式吊车的工效学·····	146
第二节	键盘式电子计算器的工效学·····	149
第三节	缝纫工业的工效学·····	151
第四节	纺织工业的工效学·····	153
第五节	手持工具和工具把手的工效学·····	156
第六节	显微手术器械设计中的工效学·····	157

第一章 概 述

第一节 工效学的命名和定义

一、工效学的命名

关于工效学的名称各国的提法不同。有的把它叫做“Human Factors”（人类因素），有的把它叫做“Human Engineering”（人类工程学），也有叫做“Biotechnology”（生物工艺学）、或“Engineering Psychology”（工程心理学）、或“Applied Experimental Psychology”（应用实验心理学）等等。目前比较普遍采用的名称是“Ergonomics”。该名词来自希腊文，其中 Ergos 意即工作，oomikos 意指规律，是 1957 年波兰雅斯特莱鲍夫斯基教授首先提出来的。采用该词的理由是，该词源自希腊文，便于各国语言翻译上的统一；此外该词保持中立性，不显露对各组成学科的亲密疏间。我国当前对该名词的译名有：“工效学”、“人机工程学”、“人机学”等。“人机学”或“人机工程学”名称的优点是，它们明确指出了该门学科的任务是研究人和机器之间的关系；但是该门学科的研究内容和目的不仅于此，因此这些名称看来不够全面。“工程心理学”强调了心理学在工程设计和生产劳动中愈来愈重要的作用，但也有过于侧重一门组成学科以致不够全面之嫌。我们认为，“工效学”比较符合“Ergonomics”这一词的词义，所反映的内容也比较全面，可能是比较理想的译名。

二、工效学的定义

和工效学的命名一样，由于该学科在各国的发展经过不同以及实际应用的侧重点不一，各国学者为工效学所下的定义也不一样，如：

“研究人和环境之间相互关系的学科(此处的环境包括机器、工具、劳动组织等在内)”

“研究人和机器之间相互关系的边缘性科学”

“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”

“利用关于人的行为的知识提高生产过程和机械的合理性和有效性”

“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”

“利用生物学、生理解剖学、心理学和技术科学的最新成就，制定最佳人-机系统”

“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”

“力求达到人的可能性和劳动活动的要求之间的平衡”

苏联采用的定义是：“研究人在生产过程中的可能性、劳动活动的方式、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”。

国际工效学会下的定义大意是：“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、人的健康、安全和舒适等问题”。

从上面列举的各种定义中可以看出，各国学者对工效学的研究内容和范围尚无统一的认识。有的认为，工效学主要是一门工艺设计的学科；有的则认为它是生物科学、社会科学和工艺技术科学相结合的综合性、边缘性应用科学。我们认为，后一类定义更符合当前工效学发展的现况和趋势。

第二节 工效学的发展过程

就其研究内容而言，工效学并不是什么新的东西。它的新只是在于打破了各学科之间的界限，其中不少往往是人为的障碍；它不仅把生物科学和工艺设计学联系起来，甚至把生物科学及工艺设计学和社会科学、管理科学联系起来。也就是说，新在它的综合性和边缘性。

远在 20 世纪初英国的泰罗设计了一套研究工人操作的方法，即研究怎样操作、怎样组织操作才能省力高效，并据以订出了相应的操作制度。人们把这种操作制度叫做泰罗制，它对资本主义社会的工业生产起了积极的作用。过去批判泰罗制，说它是剥削工人的资本主义管理方法；但是列宁曾对泰罗制作出全面的评价，并认为应在俄国研究推广。以后美国的基尔贝斯用拍电影的方法分解工人的操作动作，分析其中哪些动作是必需的、哪些是多余的。这些研究叫做时间和动作研究 (Time and Motion Study)，后来成为制订生产定额的依据。可以认为，泰罗制是工效学的始祖。

随着机械化生产的发展，人们从主要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，从而提高了劳动生产率。这就是现代管理科学的基础。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，研究如何减轻疲劳，提高工效，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。战争为工效学的发展提供了很大的推动力。第二次世界大战期间，各种新式武器的威力不断增大，性能也愈益复杂。于是，在人和武器的关系中，主要的限制因素是人而不是武器了。为了使所设计的武器（如坦克、飞机、自动火炮、雷达等）能够符合战士的生理解剖特点，武器设计工程师不得不把解剖学家、生理学家和心理学家们从学院和研究室的高楼深院中请出来为设计武器出谋献策，并且果然收到了良好的效果。这样就开辟了生物科学和工艺设计科学相结合的先例。

第二次世界大战以后，人们提出了在设计工业机械设备时也应集中运用工程技术人员和卫生医学人员的共同智慧。英国于1949年首先成立了“工效学研究学会”，把解剖学家、生理学家、心理学家、工业卫生专家、设计工程师、工作研究设计师、建筑师、照明工程师等一切和劳动者行为有关的科技人员都集中起来，分工合作，集思广益。他们的研究成果就是工效学。

在四、五十年代里，工效学的发展并不快；这是因为大战后各国主要忙于恢复经济，不可能对机械设备进行根本的更新换代。当时工效学的任务是对旧有机械设备进行小改小革，即所谓的治疗性工效学；这种工作显然收不到理想的效果，而且耗资很大。到了六十年代，欧美各国进入了大规模的经济快速发展时期，科学迅速发展，新技术日新月异；此时，工效学才得到充分发挥作用的机会。例如，宇宙航行的出现，提出了失重情况下如何操作、超重情况下感觉如何等新问

题。电脑的广泛应用，使人-机关系更趋复杂。过去机器代替人的体力操作(手足的延长)；现在电脑则代替人脑的智力活动。如何决策、如何校正，过去由人承担，现在都可以由电脑代替了。所有这一切也向工效学提出了新的要求。

1961年在斯德哥尔摩举行了第一次国际工效学会议并成立了国际工效学学会。以后，在美国、保加利亚等国都先后举行过各种国际性的工效学会议。在美国召开的国际会议上着重讨论了：①能源问题 ②原材料节约 ③生活和工作质量问题（包括工厂如何防止事故、防止污染、消除噪声等）④制订工效学标准（产品出厂前应先经过工效学的鉴定）⑤发展中国家利用发达国家先进技术时的工效学问题。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。会上制订了1976~1980年研究工作的合作计划。其研究内容包括：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。

目前美国的一些医学院校的公共卫生系的教师编制中有专门的工效学教授，欧美各国的一些大工业公司还设有专门的工效学研究机构，各种工效学的专门期刊也先后问世。1967年联合国的世界卫生组织曾派遣有关的专家小组去印度孟买举办过工效学训练班，以推动发展中国家这方面的工作。全苏医学科学院劳动卫生及职业病研究所也设有专门的工效学研究室。

由于各国工效学发展的基础不同，所以各国工效学的重点基础学科及其实际应用也不尽相同。如法国侧重劳动生理学，捷克侧重劳动卫生学，保加利亚侧重人体测量学，苏联

则以心理学研究占优势。美国比较注重工程学的研究，这也是为什么他们把这门学科命名为 Human Engineering（人类工程学）的缘故。在实际应用方面，美国主要用于军事工业、大的电子计算机体系、自动化系统等；欧洲则主要用于采矿、森林、农业、铁路运输以及一些需要人力操作的行业。

近年来，工效学又有了新发展。它不仅研究人-机关系和人-环境关系，而且还研究人-人关系。它用数学分析的方法来研究怎样调整人-人关系，以适应生产和生活的需要；因为调整人-人关系，包括领导和被领导的关系，是保证生产系统协调一致、提高工效的重要因素。这样一来，人在生产中的心理状态、责任心、组织纪律性、团结协作精神、工作动力等因素也都成了工效学的研究课题；从而在一定程度上把自然科学和社会科学结合起来。我国有些代表团去国外参观，发现有些地方我国的机器设备条件并不比国外差多少，生产情况之所以不如他们是由于对人的组织工作和思想工作有差距。

第三节 工效学和其他学科的关系 及其应用范围

工效学具有两个明显的特征。一个是它的综合性和边缘性；另一个是它的广泛应用性。现分别叙述如下：

一、工效学和其他学科的关系

和工效学直接有关的学科有六门，它们是：（一）人体测量学（二）生物力学（三）劳动生理学（四）环境生理学（五）工程心理学（六）时间和工作研究。

（一）人体测量学

人体测量学包括静态人体测量学和动态人体测量学两部分。前者测量人在静止正常体位时人体各部分的大小；后者则研究人体各部分在活动时的相互关系，以及人体四肢向不同方向伸展时所能达到的距离。它为设计机械设备、工作场所和动作类型等提出原则和标准，使之与身体的大小、形状、活动和结构相协调，从而保证人能用最小的力做出最大的功，并且具有最高的精确性、速度和安全。它还使设计能收到最大的经济效益；例如，设计供人使用的电梯时，除了考虑安全问题外，还要根据人体测量学对人体身高、肩宽、体重等的研究数据决定电梯的体积和载重能力，以保证电梯的最大利用率。在设计各种机械设备、公共汽车、过道、手持工具、工作服乃至家具等生活用品时无不需要参考人体测量学的研究资料。在设计工作场所时正确利用人体测量学资料可以达到最大限度地利用车间空间而又避免意外事故的目的。这对于配置有各种传送装置、供电供水设备和空调装置的现代化大型车间说来，显然是非常重要的。

(二) 生物力学

研究人体的力学特点，即研究人体各部分的力量、活动范围和速度、人体组织对不同力量的阻力、人体各部分的重量、重心变化以及做动作时的惯性等问题。其目的同样是使人能最有效地做功。例如，骑自行车比走路省力，其原因除自行车本身的机械原理以外，还存在着生物力学问题。将立姿改成坐姿能减少人体为支持本身体重所消耗的功。走路时两手前后摆动只是为了保持身体平衡，对身体的向前移动作用并不大；骑自行车时两手自然地放在车把上，从而免去了这方面的无效功。走路时两腿呈直线移动，这种动作类型对人体是不理想的；人腿适于做弧形动作，骑自行车的脚踏动

作就符合人体力学的这一原则。因此骑自行车远比走路省力，其工效也大大提高。在设计各种工具和控制装置时都需要考虑生物力学原则。

人体测量学和生物力学本身又需要人体解剖学、生理学以及把解剖学和生理学结合起来的功能解剖学的知识。

(三) 劳动生理学

劳动生理学的任务是分析人体对体力劳动以及工作中其他负荷的反应，研究怎样工作才能减少疲劳和能量消耗，此外还研究人体在训练和适应过程中的生理变化从而确定人体对各种负担的适应能力。劳动生理学的基础是一般生理学、生化学和生物物理学。

(四) 环境生理学

研究人体对周围环境中各种物理因素的反应（如微小气候、光线、振动、电磁场、电离辐射、宇宙线、重力、加速和失重等）。随着超音速飞机、深水潜艇、航天飞机等新科学技术的出现，人不得不在许多特殊的环境中生活，这样就带来了许多新的环境生理学问题。环境生理学对国防建设的意义特别重大。

(五) 工程心理学

研究人在使用机器操作时的感觉和心理状态，研究人-机系统的最佳心理条件；还研究人体的行为表现，如工作动力、疲劳、警觉性、信息加工、做出决定和学习等问题。随着人类体力劳动的减轻，人-机信息的日趋抽象，工程心理学的重要性也日益突出。工程心理学研究劳动、特别是脑力劳动时环境因素对工人工作效率的影响，此处环境因素主要指的是心理社会环境。

(六) 时间和工作研究

泰罗和基尔贝斯所研究的原则迄今仍有实用价值，目前又增加了对工人劳动习惯性的研究。英国现在把这一门学问叫做工作研究，包括方法研究和时间研究。

工效学的研究内容牵涉到上面所有各学科，不同学者具有各自的侧重点，但最终都统一到提高工效、创造舒适劳动条件和保障健康这一目的上来。

二、工效学的应用范围

工效学的应用范围极广，几乎是无所不包，现择其要者列举如下：

(一) 工农业生产

即所谓的产品工效学，包括生产工效学和消费工效学。前者指生产产品时应遵循的工效学原则；后者指所生产的产品应符合消费者使用时的工效学原则。这是工效学发挥作用的重要舞台，主要研究设计各种产品（包括工具、机器、家具等）时所应遵守的工效学标准。以简单的椅子为例，椅面的高度、宽度和倾斜度、椅背的式样、扶手的形状、两扶手间的距离等都应符合一定的工效学标准；在设计体育用品如单杠、吊环等时也要有一定的标准以保证运动员的安全。我国产品要想在国际市场上打开局面，不仅要考虑产品的工艺性能、成本和外形美观，还必须考虑到工效学的要求。

(二) 生态学

人类生态学研究人和周围的物理、生物和社会环境的相互作用；工效学可为之提供有关人对周围环境适应机制的资料。

(三) 工业卫生

工业卫生的任务是保护工人不受急性或慢性接触生产性

有害因素的伤害，为此必须了解人的体力和智力行为对于这些因素的耐受能力；工效学可为工业卫生医师提供这方面的资料。工业卫生工作者了解了工效学，就可以更好地与设计工程师合作，设计出最理想的机械设备。贯彻工效学原则的预防是最根本的预防，叫做积极性预防。

（四）职业病学

职业病医师有了工效学知识，可以更好地判断疾病是否系由职业性因素引起。

（五）系统工程

系统工程的任务在于保证人-机系统顺利而平衡地工作，即研究如何协调系统中各功能单位之间的工作，使之工效更高。其主要手段是系统分析和计算机模拟；而工效学则是它的基础。

（六）安全防护

安全防护和工效学的关系非常密切；因为所有改进人-机系统的措施同时也都提高了该系统的安全性。工效学在考虑安全防护问题时，不是从机器设备本身的危险区出发，而是从操作人员的活动范围来考虑。1977年资本主义国家共有270所劳动保护科研机构，按专业分类分别为：工程技术77个，医药卫生毒理100个，工效学44个，综合性11个，社会科学6个，其他32个。工效学约占20%。日本为避免化工企业的爆炸事故，对操作差错进行了原因分析，认识到工效学和安全防护的密切关系；为此于1974年4月在工效学学会中专门设立安全工效学分会。

（七）生物医学工程

其任务是运用物理学和工程技术来改进诊断或治疗用的医疗器械的设计，这方面需要有工效学的知识。在设计假肢

或其他人造器官时也是如此。

(八) 运动医学

利用工效学知识测定运动员的生理可能性，为判定最佳训练计划，研究各种运动项目的最佳动作类型提供依据。

(九) 宇航医学

宇宙飞船和航天飞机的狭小座舱内配置有极为复杂的庞大的显示-控制装置，而且处于特别恶劣的物理环境中，一旦发生差错，就会造成无法挽回的损失。因此，在设计宇宙飞船和航天飞机的座舱时，特别感到工效学的重要。

(十) 现代化企业管理

怎样组织生产任务，怎样布置工作场所，怎样挑选和培训工人，怎样制定岗位工作指南等等，所有这一切无不都需要运用工效学的知识。

甚至人的教育、家庭生活、娱乐活动等都有值得研究的工效学问题；人们把这些分别叫做教育工效学、家庭工效学和娱乐工效学。

第四节 工效学的研究方法

工效学有经典工效学和系统工效学之分。经典工效学是解决环境设计（广义的环境）中的一些具体问题，如研究怎样使一台机器或一种生产方式对工人更加合适。系统工效学则要求在一项整体设计工作开始前就预见到所有可能出现的工效学问题并作出通盘考虑，包括如何在人和机器之间进行分工，才能最大限度地发挥人和机器各自的作用。显然，系统工效学要比经典工效学复杂而困难得多，但是也只有符合系统工效学原则的前提下，经典工效学才能发挥它的作用。无论是规模巨大、设备繁多的现代化大企业还是小规模