



封根泉 著



浅谈工效学

工人出版社

浅 谈 工 效 学

封 根 泉 著

工 人 出 版 社

浅谈工效学

封根泉 编

*

工人出版社出版 新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/32 印张: 5.5 字数: 110,000

1981 年 5 月第 1 版 1981 年 5 月北京第 1 次印刷

统一书号: 4007·3 定价: 0.55 元

序

工效学又名人体工程学，这是一门五十年代以来的新兴科学，其目的和任务是通过改善机器和环境系统以及改善人和机器的整个系统(人一机系统)来提高工作效率。因此，它是一门很有实践意义的，可以在工业现代化中发挥积极作用的一门应用科学。

本书就是介绍这一方面基础知识的普及读物。希望能把这门新兴科学介绍给广大工农群众和干部，使它在技术革新、改进机器设计和提高生产效率中发挥积极作用。

由于作者所见有限，不妥之处尚请读者多加指正。

封根泉

1980.9.

目 录

序

第一章 什么叫工效学.....	(1)
第二章 人和机器.....	(10)
第一节 长脑袋的机器——机器人.....	(11)
第二节 机器人智能的由来和发展.....	(18)
第三节 人和机器比一比.....	(29)
第四节 这种飞机操纵性能为什么好?	(34)
小 结.....	(39)
第三章 仿生学与工效学.....	(41)
第一节 生物世界的绝技——浅谈仿生学.....	(42)
第二节 人体里面的电.....	(46)
小 结.....	(51)
第四章 环境与效率.....	(52)
第一节 比盛夏还热的车间.....	(53)
第二节 从“冰冻三尺不算冷”说起.....	(58)
第三节 从“比水银还重”到“比鸿毛还轻”	(62)
第四节 在高空的气体环境里.....	(67)
第五节 看不见的公害——噪声污染.....	(72)
第六节 振动的为害.....	(79)

第七节	放射性污染·····	(84)
第八节	水底下的医学问题 (一) ·····	(89)
第九节	水底下的医学问题 (二) ·····	(93)
第十节	潜艇和海上救生·····	(98)
第十一节	在密闭舱里生活·····	(102)
第十二节	人体里面的钟·····	(106)
小 结	·····	(111)
第五章	让机器适合于人使用·····	(112)
第一节	向仪表要效率·····	(113)
第二节	仪表的形形色色·····	(118)
第三节	仪表的排列和照明·····	(123)
第四节	信号灯的妙用·····	(127)
第五节	用耳朵和皮肤来替代眼睛·····	(131)
第六节	标记、符号和数字的“学问” ·····	(133)
第七节	在荧光屏上·····	(138)
第八节	操纵器上找窍门·····	(141)
第九节	怎样设计舒适的桌子和椅子·····	(147)
第十节	什么样的照明最合适? ·····	(152)
小 结	·····	(156)
第六章	结语和附录·····	(158)
结 语	·····	(158)
附录一	照明单位·····	(161)
附录二	各种客体的辐照·····	(165)
附录三	建议的照明数值·····	(166)

第一章 什么叫工效学

假如你走进这样一个工厂里，看到工人们是在灰暗的灯光下，猫着腰在车床前面辛勤地劳动着的时候，你一定会由衷地同情他们，埋怨那些设计师们，干嘛不把灯光设计得合理些，不把机床的高度设计得合适些；要是来到一个轧钢车间，看到工人们汗如雨淋地在很高的温度下，陪伴着火红的钢坯，从事很强的体力劳动时，你更会觉得设计师们有责任改善这种工作条件；要是你来到这样的烧窑场地，看到工人们披着厚厚的打湿了的棉防护衣，冲进几十度甚至上百度高温的窑里去工作，而后又匆匆地冲了出来，那你一定会感到在这种条件下劳动，真是太艰苦了。同时，你还会立刻感到必须改善这些劳动条件才能保障和进一步提高劳动效率。也就是说，要提高工作效率，就必须保障工人的生产安全和身体健康，改善和创造良好的工作条件和环境，改善机器，使它更合于人的使用。

一说到提高工作效率，有人也许会想到改善劳动组织，发挥工人的积极性等问题。当然，这些对于提高工作效率来说都是很重要的，而且也已有了一些社会科学如“经济管理”等来研究它们。至于工效学则是一门自然科学，它的研究对象是工程技术设计中与人体有关的问题。目的是解决工程技

术设计（包括机器系统和环境系统）如何与人体的各种要求相适应，从而使得整个人机系统（包括操纵机器的人和他所操纵的机器的整个系统）的工作效率达到最优。

这里所称的人，主要是指操纵机器的人，也就是操纵者，所说的机器则是指广泛意义的“机器系统”，亦即包括所有生产工具和环境系统在内。例如对于工厂生产而言，指的是整个工厂，包括厂房、机器和机具设备等全部装备在内；对于驾驶飞机而言，则机器即是指的整架飞机的全部系统在内。

机器必须适合于人的使用，工作环境必须适合于人体的要求，这是不言而喻的事。然而，这一点在生产实践中并不是始终受到重视的。在机器发展的早期，由于机器的操作简单，环境条件也不复杂，这个问题表现得并不十分突出，因而并没有引起实践上的重视。当机器系统迅速发展之后，机器愈益复杂，操作活动的复杂性，速度和精确度的要求愈来愈高，这个问题在实践上的重要性也就愈来愈突出起来。就拿现代化工厂的中央控制室来说，有时仪表、信号和操纵器多至成百上千个，使得操纵者眼花缭乱，很难全面照顾，然而稍一疏忽则会造成重大事故。比如，发电站的发电频率只要相差百分之几赫（频率的单位，每秒一周的频率叫做1赫），就有可能造成使用电力的纺织工厂出现废品和次品，有时几秒钟内损失可达成万元。有时工人们为了提高工作效率就不能不对设计不合理的机件进行加工改造，我们经常可以看到公共汽车司机将操纵杆接长，用胶皮包裹上起动把手，有的为了避免舵轮滑手，而在舵轮上绕上布条子。在工厂里，工人改进了刀具的夹子，用砖和水泥把车床垫高，用绳子

把排得过远的灯拉到工作台近处来,……如此等等。“改善机器的设计”已经成为工人们内心的呼声,而且他们有的已在行动上改进了它!让工程师和设计师们到使用机器的工厂里去看一看,了解一下工人们呼声,他们也就明白这个问题的重要性和迫切性了。切莫小看了某些机具设计上的问题,有时它的后果是严重的。就拿本节开头处所举的那个例子来说。灯光太暗和车床太低,不仅使操纵者易于疲劳和腰酸,而且日久还会造成工人的视力减退,甚至形成驼背,影响工人的身体健康。而且因为看起来费事,干起来不方便,无形中也会影响工人的生产效率。

工厂里所发生的这些情况还不是最突出的例子,在军事上和航空上这类问题的重要意义也就更为突出了。比如现代有的飞机座舱仪表、信号、操纵器、开关等多到几百个,而操纵者却只有飞行员1人。在飞机着陆过程中,只有大约5分钟的时间,而需要作出的操纵动作竟达100多个,飞行员平均需要注视仪表100多次,每次的注视时间只有0.4~0.6秒!在这些操作中准确度的要求却很高,比如飞机着陆过程中,俯仰角相差几度,就有可能造成严重事故。如在作战过程中情况就更为严重,一架超音速战斗机速度有时可达每秒1公里以上;只要零点几秒的延误就足以使得1次“战机”丧失掉;而几秒钟的延误,也许就会使自己由主动追击而陷入被动挨打的局面。这些情况下,机器系统必须充分适合于人的操纵,才能保证人的工作效率,较好地完成任务。所以从历史上说,工效学研究的最初发展是从飞机系统的研究开始的,以后才逐步扩展到其他系统以及民用系统中去。当它扩展到许多工业和机器系统中去,从而具有比较广泛的实践基

础之后，便逐步形成了一门独立的科学，时间是在本世纪五十年代前后。而当工效学真正成为一门独立的科学之后，它的发展便大大加速起来，到七十年代，已经成为一门具有丰富的科学资料，独立的科学体系和明显的实践成果的新兴科学了。不过尽管如此，它毕竟还仅仅建立了三十年，它的体系和内容目前尚在进一步发展和不断充实之中。

说到这里也许有人会说，嗨！工效学即是研究机器和环境系统如何适合于人体要求的问题，那还不是工程师和医生们的事，干我们工人啥事！其实并不如此。机器和环境系统是否完善，这是关系到工人每天的生产操作和工作效率的切身攸关的事。机器系统和环境系统不合适，工人有责任 and 权利提出意见，要求改进，而且这也正是工人们进行技术革新和提高工作效率的重要方面之一。工人们不仅应当关心它，而且应当了解这门科学，掌握这门科学，使它更好地为我国实现四个现代化，为工人的健康服务。

工效学是一门深受工人和产业部门欢迎的，对提高和保证工作效率来说具有重要意义的一门技术科学。从技术革新、发展生产以及劳动保护等方面来说，都很需要发展这一门科学。然而工效学究竟是一门什么样的科学，它的具体研究内容又是什么呢？

可以概括地说：工效学的目的是解决工程技术设计（亦即各种机器系统）如何与人体的各种要求相适应，从而使得人机系统（包括操纵机器的人和他所操纵的机器在内的整个系统）工作效能达到最高。

从以上这个定义可以清楚地看出：工效学是一门“技术科学”，或者说是“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，使它们适应于人体的特点，适合于人的使用，从而达到提高工作效率的目的。

工效学的研究内容主要包括下列三个方面：

1. 人机系统的总体设计

一个“人机系统”，工作效率的高低首先决定于它的总体设计。也就是说，首先要使整个机器系统在总体上与人体相适应。具体地说，应当合理地解决下列各方面的问题：

(1) 在整个人机系统中，人和机器的职能如何合理分工和相互配合。例如，哪些工作适合于机器担任，哪些工作适合于人担任，两者如何合理配合，人和机器之间如何交换信息等等。

(2) 模仿人的智能来提高人机系统的工作效能。这也就是使用机器人的问题，科学上叫做“人工智能”，近年发展极快，已经逐步形成了一门独立的科学。

(3) 分析人的操作特性，使机器系统在总体上适合于人的操作。目前研究较多的是“机器系统”如何与“人的信息传递特性”相配合，“机器系统的特性”如何与“人在操纵活动中的传递函数”相配合等等。在科学上叫做人机系统设计中的“控制论”问题。这是工效学发展中的一个新的领域，被认为是提高人机系统效率的一个新方向。

(4) 模仿生物的功能和结构来改善人机系统的效能。“仿生学”也已形成了一门独立的科学，本书只能就它与工效学直接有关的方面作一些通俗的概括的介绍。

为了叙述的方便，本书把人机系统总体设计方面的问题分成二、三两章来进行介绍，其中第二章着重介绍人和机器的关系问题和机器人的问题；第三章着重介绍仿生学在工效学

中的应用问题。

2. 环境与效率——环境控制系统和生命保证系统的设计要求

工作环境对于工作效率具有极其重要的影响。在舒适的环境里，工作效率较高；在高温、缺氧、高压、噪声、振动以及严重污染等等恶劣环境中，不仅工作效率很难保持，甚至生命安全也难保证。所以，为了提高工作效率，必须使得劳动环境适合于人体的要求。

具体地说，劳动环境的设计首先应当考虑人体舒适，因为在舒适环境中工作效率较高。工效学的一个研究内容就是提供具体的数据，说明什么样的环境人体感到舒适，而且工作效率最高。这一方面的研究带有基础性意义，在工业中，这些数据极为常用。比如，你要设计一个“空调系统”，那末你首先应当知道对人来说最舒适的温度和最舒适的湿度究竟是多少？否则，你的设计就失去了基准。各种环境条件的国家标准主要是参照这方面的数据来制订的。

但是，在许多生产场合，尤其是战时，通常很难充分保证环境条件的舒适。此时只能努力保证环境条件的变化不超出影响人的工作效率和作战能力的限度。工效学也为这一方面提供必要的的数据，这些数据乃是制订各种环境条件的安全标准的主要依据，也是劳动保护方面的重要参数。

除了正常情况外，还必须考虑到：万一机器发生故障而难于保证正常环境条件时，为了避免人员伤亡所必要的最低限度的环境要求，提供作为事故发生措施的设计依据。这类设计数据在实践上往往十分重要。比如，巡航高度15~20公里的超音速客机，万一发生座舱漏气事故，舱内气压迅速降

低,小部分旅客可能在10秒钟内失去意识,几分钟内就有生命危险。这种飞机的设计不仅要求供氧装备在10秒时间内生效,而且必须保证在旅客发生严重伤亡之前,下降到安全高度。

不能认为:工效学在环境与效率方面所提供的数据,对于工业方面只起消极限制作用;相反地应当认为,它对工业技术的发展具有积极的促进作用。例如,工业中的粉尘对人体很有害处,工效学的研究不仅提出了粉尘的安全标准,而且还指出:对人体为害最大的乃是直径 $5\sim10$ 微米以下的微小尘粒。因为人的肺泡的直径只有几至十几微米,只有直径小于 $5\sim10$ 微米的灰尘才有可能进入肺泡,并且造成“尘肺病”。这一材料就可以促使工业生产和劳动保护技术着重于减少和防止微小尘粒的方向,进行努力。再举一个例子,比如汽车的噪声和振动使人很不舒服,但是要消除它们却有许多技术上的困难。工效学的研究发现:人对500赫(“赫”为声音和振动频率的单位,每秒1周的振动称作“1赫”)以下的低频声音,听觉很不灵敏,因此就启发了工程技术人员设计出了一种使气流声音频率降低的“消声器”,把它装在汽车排气部分,可使气流噪声的频率大大降低,以致使得很强的汽流声,人听起来觉得不太响了。同样,工效学的研究还发现:对人体来说,影响最大的是 $4\sim12$ 赫的低频振动,于是促使汽车、火车、飞机等设计人员,致力于减小这一频率范围的振动;同时也使他们考虑:用弹簧和弹垫等措施,来致力于减小这一频率范围的振动,以收到“事半功倍”之效。

环境与效率,这是工效学研究中的重要意义的一个方面。本书在第四章中将分节介绍各种环境条件对人体的影

响、安全范围和防护措施，供生产部门、设计部门、劳动保护和技术革新家们参考。

3. 怎样使机器适合于人的使用

这里主要指的是机器系统中直接由人操作或使用的部件如何适合于人的使用。所谓直接由人操作或使用的部件，主要包括下列四类装备：

（1）显示器 指各种显示信息的装备，包括仪表、信号（信号灯、信号板、信号牌、信号画，以及各种标记、符号、警戒铃、信号声、警报声等等），示波屏（雷达显示屏幕、电视屏幕、示波器屏幕等等），以及其他显示信息的装置，如地图、号牌、检查表等等。

（2）操纵器 指操纵机器系统的各种装备，包括驾驶杆、把手、操纵杆、操纵轮（手轮）、驾驶盘、开关、足蹬、按钮、旋钮、扳钮、推钮、摇把以及各种工具等等。

（3）机具 指各种家具、设备。包括桌、椅、沙发、床榻、工作台、橱、柜等等。

（4）建筑和照明 指各种照明装置、房屋空间，以及房屋的附属装备如楼梯、门、窗、走廊等等。

这些装备都必须适合于人的使用，才能保证工作效率达到最优。人体工程学所要解决的不是这些装备的工程技术设计问题，而是从适合于人的使用和提高工作效率的角度，向设计人员和技术革新家们提供必要的参数和要求。比如，怎样设计仪表才能保证人看得清晰，而且辨读迅速；怎样设计工具才能使人使用时“得心应手”，既方便而又工作效率高；怎样的照明条件使人视觉效率达到最优；怎样设计一个舒适的座椅和桌子等等。

本书将在第五章中分节介绍这一方面的种种问题。

最后，在第六章中，我们拟对全书作一个概括的小结，并且对一些常用的照明单位和数值作一附录介绍，供读者参考。

本书是一本通俗书，而且篇幅有限，关于工效学中的许多具体数据及原理，无法一一详细介绍，对这门科学有进一步兴趣的同志，以及为了设计工作和技术革新而需要查阅有关的数据的同志，请参看本人所著《人体工程学》(工效学)（甘肃人民出版社出版）等书。

第二章 人 和 机 器

怎样提高人和机器的工作效率呢？首先应当考虑的是在整个人机系统中人和机器之间的配合关系。其中包括人和机器的合理分工，机器人的使用以及人机系统的操作特性分析等方面。

为了解决人和机器的合理分工，应当先分析和对比一下人和机器各自的特点，各取其长，各避其短，分工配合，便可达到最优的效率，在本章第三节中我们将从事于这一方面的分析。

机器人的使用对提高工作效率来说作用很大，可是人们往往认为机器人只是一种幻想，距离现实太远。其实，机器人在当代已经不是什么幻想，而是一种科学的现实，当前世界上已经有了几万台机器人正在各种岗位上为人们服务着。介绍一下这一方面的情况，供技术革新的参考，看来会使大家感觉兴趣。在本章的第一、二节中，我们将介绍这一方面的情况，以及机器人设计的基本原理。

人和机器操作特性的分析是一项复杂的问题，要牵涉到很多大家比较陌生的公式和术语，不过我们希望用十分通俗的例子来深入浅出地介绍一下这一方面的一些重要的发现，启发大家作进一步的思考。本章第四节就企图从事这一努

力。我们相信，只要读者仔细琢磨，是可以从这一节里得到新的启发。希望不要因为这一节的内容比较陌生——新颖而放弃它，因为它代表着工效学发展的一个新方向。

第一节 长脑袋的机器——机器人

有那么一天，当你听到一支媚人的乐曲时，却没法说出它的作者来；当你在舞台上见到一位演员正在演唱这支乐曲时，你竟也说不出她究竟是谁；在俱乐部里，当你高兴地与一位棋手下棋，衷心地钦佩他高超的棋艺，而想向他“取点经”时，竟无法叫出他的名字；在工厂里，有那么多工人，他们那样地听从指挥，辛勤劳动，出色地完成你所指定的生产任务，可是他们却从来不领取工资；在街头，你会碰上一些俭朴而又认真的警察，冬天只穿单衣，在风雪交加的夜晚，恪守岗位，认真地指挥交通；在烈火熊熊的火灾场里，一些英勇的消防队员，踏上烈火燃烧着的地板，冲向火焰的中心，他们却丝毫不怕火。他们都是谁呢？这就是电子世界的杰出产物，人类智慧卓越的制品——机器人。

人们很早就向往着能有这样一种机器，它们不仅能够完成体力劳动，而且能够完成智力劳动，从而更好地替代人的劳动，在各种生产岗位上为人们服务。机器人就是这样一种机器，不用说，这样一种机器当然可使自动化技术达到一个新的水平，从而大大提高生产效率。工效学对这个问题感兴趣，也正就在于这一点上。机器人发展的最初，只能完成十分简单的智能活动，以后才逐步发展到具有比较高级的智能，这一发展过程本身，也就展示了机器人的智能水平与工作效