

劳动保护技术参考资料

4

北京经济学院

劳动保护系资料室

一九八〇年四月

关于人类工程学

《人类工程学》是从 Ergonomics 翻译过来的。它是由希腊字根 ergon (工作) 和 nomos (规律、法则) 组合而成。从字面上只能译成“工作规律”或“工作法则”，译成“人类工程学”是有些勉强，非把原来的意思加以引伸不可。所以往往引起人们对它的误解或神秘的感觉。有一位日本学者就对这个名称有意见。他说：“只把它当成一个符号看待。”在我国也有译作“工效学”，比较容易使人理解些。使用这个名词的是英国，各地的叫法不同，德语叫“劳动学”、斯堪的纳维亚半岛各国叫“生物技术学”、北美叫“人的因素工程学”、“人类工程学”（另外一个词 Human Engineering）日本叫“人间工学”、苏联叫“工程心理学”。

人类工程学的定义有以下几种：

第一种说法：“简单的讲，人类工程学就是对人有用的设计；更确切的讲，为了使人们的工作和生活的效速、安全和舒适，把有关人的特性及限制因素知识应用在机器、机组和环境的设计之中。”

第二种说法：“人类工程学有两层意思，一是有关人及其工作的科学技术知识的总和；二是为了达到人道主义和经济利益的目的应用上述知识使人与其工作之间高度协调的各种措施。”

第三种说法，人类工程学国际联合会的定义，“人类工程学是研究人在工作环境中的解剖学、生理学、心理学等方面的作用因素；并研究由互有影响的部分所组成的人—机—环境系统，如何使它的工作最优化——高效、健康、安全和舒适。”

这三种说法各有不同，有的说是设计，有的说是措施，有的说是研究，但是内容却极相近，那就是都是要得到人—机—环境系统最优

化的工作条件，保证工作_同效，人身安全、健康和舒适。

此外，也有人不承认人类工程学是一门科学，只不过是解决问题的办法而已。（以 F. Memory（美）为代表）他们不承认的主要理由之一就是它的内容庞杂，涉及的学科太多，正如第二种说法中指出的“……有关人及其工作的科学技术知识的总和……”既有自然科学又有社会科学。如果说它是一门边缘科学的话，堪称规模宏大的边缘科学了。我们认为这种不承认的看法也不奇怪，因为从事工人工作效率、工作条件、工作环境的研究均在本世纪初期才开始，广泛用在一般工业上还是第二次世界大战以后的事，最近又从一般工业扩展到商业、行政等部门。正处于发展阶段尚未完全确立的缘故。这一点，和劳动保护_{有些}相似；要说劳动保护工作重要除了极个别的以外，恐怕很少有反对的，简要说劳动保护是一门科学，持否定态度的可能不少。

人类工程学给我们的印象是，为了充分发挥机器设备的效能，必须慎重考虑使用机器设备的人，使他安全、健康和舒适，这样就要求把涉及到的专业学科的原理、方法以及数据等应用在新系统的设计或现有系统的评价上的一门学问。

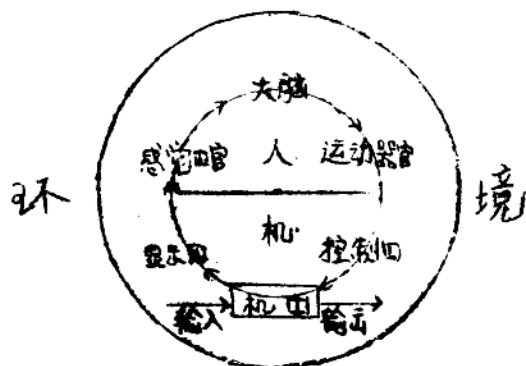
比如“人体测量学”中有些关于人体各部的尺寸，这些数据原是人类学在研究分辨各民族在不同发展时期人体的特征的。而人类工程学就应用了其中的一些，根据它确定工具形状、长短或者确定工作台的布置、座位的高低，就能减少生理应力造成的疲劳，作到操作条件最优化。

又如“生物力学”中研究生物解剖功能与工作应力的生理反应部分。人类工程学者把这方面的原理、方法应用在机器、工具的设计上大大减少发生外伤的机会。这里说的外伤并非一般立即显现的，而是指需要经过几个月或几年之后才出现的。工人工作时，不论使用简单的工具还是复杂的机器，都是处在外部机械环境与内部生物力学环境

的互相影响之中。如果过度的生物力学工作应力作用对身体某个部位受压着力，时间一长就使某个部分受伤，常见的有腕关节的疾病、肌肉局部麻痹以及其他外伤性的关节炎等。

由此可见，人类工程学的成就在一定程度上依赖于其他有关学科成就的基础之上。今后，科学技术愈发展，多种学科协作形成的综合性学科将是极其正常的事。

人类工程学的显著的特点是着眼于人一机—环境这个系统的全局，着重人的因素，兼顾人与机两个方面，只有这样才能充分发挥人一机系统的作用。所谓系统一般是指在给定环境中，多种组成部分有秩序地结合一起进行一项工作的设施。系统有大有小有复杂有简单之分，日常说的人的消化系统，教育系统。前者小，指人的食道、胃、肠所组成；后者大，从幼儿园到研究生各级学校以及行政部门、辅助事业单位所组成。系统有单独由机构组成的，有单独由人组成的。前者如汽车的汽化系统，后者如上班前，班组长向组员的五分钟安全讲话。常见的、大量的还是由人、机共同组成的人—机系统。人—机系统又细分为开放型、封闭型两类。开放型的特点，不容许操作者改正系统正进行的工作；象射击手与普通枪炮组成的系统。当射击手扳动扳机之后，子弹飞出枪膛，射击手即无法改变子弹的途径。封闭型则容许操作者改正系统正进行的工作，象司机与汽车所组成的系统。当司机向汽车通过控制器输入信息，开动之后，车内的各种仪表显示汽车工作的状况以及车外路面等情况经眼睛、耳朵等感觉器官察觉，经大脑判断决定，需要改正时，即由手、脚运动器官操纵汽车的控制器加以调整，这个调整就是一个新的输入信息，汽车根据新的信息进行工作，工作情况再由仪表显示，形成循环即所谓封闭型，正象下面示意图所表示的。



这个封闭型的例子（司机与汽车）可以代表一般的人机系统。从图上可以清楚的看出人的感觉器官、大脑、运动器官组成上面半环，称为人的亚系统；机的控制器、机器、显示器组成下面半环，称为机的亚系统。上下两个亚系统合成为一个完整的人—机系统。

人类工程学在人—机系统的作用，首先是任务的分配，亦即人和机的分工。总的说，机宜于承担那些程序固定刻板的、快速的工作、精确度高的计算，大量信息处理之类的工作；笨重的、接近或超越人的限制因素的工作一定分配给机。人宜于担任那些察觉和反应不那么紧迫的工作，责任性的、灵活性的以及难以预料的工作。人负有对系统失灵、部件损坏或某些故障提供对策的责任。

其次是任务分析，即对人承担的任务进行分析。人的任务确定之后，对于人在执行此项任务生理、心理负担情况予以分析。过重（多指难度大）易于形成疲劳直接影响效率；过轻，指动作刻板、单调、重复易引起麻痹大意和厌倦而发生差错造成事故。应该在试验得出的“轻”与“重”交叉最优点附近的范围以内。

任务分析包括对人在系统中执行任务的各种功能如运动器官、感觉器官及神经进行鉴定；选择所需要的显示器、控制器以及其特性。

在资本主义社会里，生产管理部最关心的是成本、计时工资率以

• 4 •

及系统的工作情况；工程技术人员也只关心系统的质量方面的可靠性和耐久性。他们的要求比人类工程师的要求要优先得多。

人在系统中第一个功能是用感觉器官接受机器和环境发出的信息。所以，把它看成是个有机的传感器。传统的说法，人只有五种感觉即视觉、听觉、味觉、嗅觉及触觉。其实这只是粗略的，详细的可以有十二种以上，除上述五种以外还有压力、温度、震动、转动、堕落、皮下、神经末梢等。这些都是人与机和环境联系的渠道。最常用的是视觉和听觉两种。

人的这种功能——传感器与机的显示器直接对应。机的显示器有图象与符号两类，图象有几何图形、画面、电视显象；符号由标尺、指针、数字或文字等组成。除了视觉的符号外还有听觉的信号，显示器设计质量的高低直接影响传感器接收的效果。诸如图象显示器的图象辨认的难易，符号显示器中标尺与指针的动向、数字范围、标准点的位置，以及听觉信号的形式、声音的频率等，在设计时须遵循一定的规则。如：

单一原则——显示的信息越单纯越好；

一致原则——视觉显示器的运动方向应与机器的运动方向一致；

听觉显示器应与自然习惯一致；（如高频声表示某种物理量增高，尖锐叫啸表示情况紧急等。）

不变原则——不随意变动，相同信号总是表示相同信息；

可分辨原则——各种信号应有明显区别，以免互相混淆。

还要考虑显示器的亮度（听觉显示器的响度）是否达到感觉器官的阈值；感觉器官的负担是否过重；环境中有无危害因素（如震动、加速度等）。

人在系统中第二个功能是用大脑分析、判断、处理来自传感器接收的信息，大脑看成是个有机的信息处理器。处理是否得当，来源于

判断是否准确。人的判断可以分为相对判断与绝对判断两种，绝对判断是在没有任何标准或比较对象的情况下作出的，因而粗糙、误差大；相对判断则比较细致、误差较小。据试验，人对颜色的分辨，绝对判断只能分辨出十来种，而在相对的基础上就能分辨出上千种。

系统中要求的是相对判断，这方面正进行大量的研究。

人在系统中第三个功能是用运动器官根据大脑的指令通过机器的控制器进行操纵，所以把它看作有机的操纵器，它与机器的控制器直接对应。正如前面所说的要充分发挥人的有机传感器的作用，必须在设计机器的显示器时要考虑人的因素完全一样，要准确有效地发挥人的有机操纵器的作用，也必须在设计机器的控制器时考虑人的因素。控制器的作用可以认为是对刺激的一种反应。在设计控制器时应充分利用“常规”反应。所谓“常规”(Population stereotypes)反应就是大多数人都已习惯的事物。比如电灯开关的旋钮上旋是开，下旋是关，又如调节器顺时针方向增加，逆时针方向减少等。对于机器的控制器如手柄、踏板、拉杆、轮盘、钮键等都要根据人的因素要求充分予以满足。

一个复杂的系统，组成它的机件多，对于各机件的控制器的排列应遵守下列原则：

功能原则——有关功能的集在一起；

重要性原则——重要的排在最方便的位置；

使用顺序原则——顺序与操作方式有关，排列应按顺序与动作结合；

使用频率原则——次数多的排列近处，少的排列远些；

位置最优化原则——使操作时方便、迅速精确。

当上述原则出现矛盾时，应以使用顺序原则及使用频率原则为主。

以上是从充分发挥人的三种功能的作用，在设计时应满足人类工

程学的要求。此外，对于工作地点、系统维修及工作环境均应注意并有相应的措施。

以上种种都是要求在设计机器时考虑人的因素达到“工作适应人”的目的，但这只是人机协调的一方面，另一方面就是“人适应工作”——人的挑选与训练。

关于人的挑选标准，与设计的机器复杂程度有关。越复杂，标准越高。标准中列有心理学方面的要求。

训练是使人适应工作的重要手段，不过它是以合理的良好设计为前提。对于训练的方法、步骤以及训练过程中需要的设备都需要人类工程师经过周密考虑和细致研究提供材料。挑选和训练也是人类工程学研究项目之一，因为它是达到人机协调不可缺少的部分。

仅从改善劳动条件保护工人安全健康来看，人类工程学与劳动保护的要求几乎是完全一致的。而且它所研究的内容不论是深度和广度比我们现阶段的劳动保护都深入和广泛，有些具体作法值得我们学习，吸收先进经验迅速改变落后状况。在资本主义社会里，资本家的目的在于最大利润，人类工程学的发展不可避免的要受到限制，不少材料都说明优良的人类工程设计由于不符资本家的利益而遭废弃。在优越社会主义制度下，目前暂时处于落后状态肯定会很快改变过来，为社会主义生产建设大发展创造良好的劳动环境，为将来实现“劳动成为生活第一需要”打好基础。

一九七四年第一届国际自动化及检测仪表大会上，英国 B. Shackel 教授发表了一篇论文，谈到人类工程学的一些情况，兹将其有关部分摘译如下，仅供参考。

何泽恩氏

人类工程学：心理学与感觉意识方面

第一部分 人类工程学

引 言

自动化及检测仪表的设计师把注意力全部集中在机械、电气及其他工程方面，但是他们却忘记了整个系统怎样才能最有效最出色。机器只是决定因素的一部分；在人—机系统中，机器只是组成中的元素之一，要使机器充分发挥其效能，更重要的还是和整天使用机器的人有密切关系。

其实，这并没有什么特殊新鲜的东西，就是要在人和机之间有个良好的相互适应。人类工程学也不算什么新的学问。机械设计师在设计机器时也常常考虑使用机器的人，象在他的工作限度内所能做到的那些就是人类工程学，不过，人类工程学具有系统地、科学地解决问题的知识和方法就是了。

工程师、经理、行政人员对设计、安装和验收设备或工厂作最后裁决时，其中肯定会有影响效率和人员福利的差错。不要说这两方面的差错都有，就是有一个方面的差错即会在人和经济上造成很大的损失。对于避免在最后裁决中存在差错，虽说已经研究出不少好的办法，可是他们仍然凭老经验办。人类工程学唯一的目的是用一套科学的

系统的方法代替那种代价昂贵的老经验。工程师或经理自己能够应用也应该应用已经研究出的成果使自己正确地了解它；为了采用现代技术的人类工程学方面的科学方法，就是求助于人类工程学专家的意见，也没有什么要紧。

为什么需要人类工程学？

倘若人类工程学的主题不在人，那么这个问题就不必问了。可是，正因为每一个人都自然而然地希望知道与自己工作的时候需要知道的一切事情，而事实上这方面的专门知识是大量的，没有一个人，即便他是一位专家也不能够全都知道。

经理或者设计人员过见象化学上或质量管理上的问题，这些问题他自己又不大懂，他会很快到化学师、质量管理专家那里请求帮助解决。可是，当他迁到复杂的人的问题，却不去请教人的因素专家（人类工程学又称为人的因素工程学——译者注），只是凭自己主观意见或和别人商量一下自己的意见就决定了；这或许是因为人的因素专家的存在知道的人还不多的缘故。

工业上，经常出现事故、差错、质量差、产量低、这些都是人类工程注意解决的问题。这些现象是由于人机配合不当所造成的，现在，不改变这种现象虽已耗费可观，但尚未达到迫使他们采取行动的程度。将来，技术进步到通过程序信息作决定，人只用较小的气力就能发挥更大的作用，控制更多的财物和生产，那时候人机配合不当所造成的耗费也按比例增长就更大了。不论是过去军事器械，还是如今现代工业设备、对操作人员的要求随着复杂程度越来越高。操作人员的工作越是紧张，越是需要人机配合得更谐调，只有这样才能使差错降至最低，使精确程度和生产提到最高。这就是现代工业，特别在设计过程中为什么需要人类工程学专门知识的道理。

工业上的一个例子

为了说明为什么需要人类工程学这个问题，可以举个简单的例子。车床，这种机床经过多年的演进已被认为是良好的定型设计。可是，就在这种以及类似这种机床上，Gibbs了解到操作的人由于老式带有鼓沿标尺交叉滑动和螺杆指示器而发生的短暂记忆和信息处理方面的生理上的和感觉意识上的问题，他设计出一种新型数字指示器。后来，这项新设计由英国号码机公司制成商品。Murrell曾在四个人（两个年轻、两个年长）用新旧两种指示器进行为期八周的实验，结果表明新数字指示器机床的利用率增加11%，以每小时操作分钟数计。

Slade在另一家公司用两种指示器在实际日常生产中对比。同样工作量，用新指示器的机床大大地减少总操作时数33%，为公司蓄积了大量资金，1970年除发给操作人员奖金之外，每台机床纯节余约为1000镑。

什么是人类工程学？

在英国人类工程学研究章程中，人类工程学的定义是这样写的：它是研究人和职业、设备、环境之间互相关系的；并应用解剖学、生理学、心理学知识解决从上述关系中引起的各种问题。定义中包含科学研究和技术应用两大部分。所谓科学研究就是指那些尚未被认识的领域必需进一步的探讨的，近来日益成为人类工程学主要目标的趋势；而技术则是把已有各学科的知识有效地加以利用。

在应用方面，提高系统效率和增进人员健康是人类工程学同样重视的两个方面。改动物器和环境的设计以达到人一机、人—环境谐调最优化的目的，这叫做“工作适应人”。同样重要的是人为了适应环

• 10 •

境及工作的要求，必须经过挑选和训练，训练可以使人在允许限度内有所改变以促进人机合作关系，这叫做“人适应工作”。

这就是说，对于机器和环境人类工程学者须用设计的方法，即设计时要为使用它的人着想，使人有个最优化的工作环境；对于人，人类工程学者须用挑选和训练的方法使人适应机器，应付困难的环境条件。在规模较大的系统，人类工程学者还要关心复杂的人与人之间相互关系和系统组织的问题，特别在其信息和交换方面。

所以，人类工程学的实际目的是人—机与人—环境整体的效能和安全以及人们必要的福利。显然，这些也都是工程师、设计师、经理及其他人员的主要目标，不过人类工程学者能够作出实际贡献，因为他掌握有人的特性和行动专门化的知识。

人类工程学怎样发展的？

现在所谓的人类工程学在十八、十九世纪解剖学、生理学和心理学发展为正式学科的时候就开始萌芽了，实际应用起始于动作研究。（动作研究系指资本主义国家为加强剥削对工人的工作进行的研究。——译者注）在英国，特别是第一次世界大战时对工厂事故和飞行人员挑选的科学研究。

这项工作在大第二次世界大战以前，一直由工业卫生研究委员会领导。战争使这项工作从人的训练——使人适应机器设备要求，扩展到机器设备适应人的要求，即在设计机器设备时，尤其是较为复杂的机器设备注意到人，使大多数正常的人都有能力操作所设计的机器设备。机器设备适应人这种要求大大增进了工程设计人员与人类工程学者合作的机会。开始时，这种合作主要在军事方面，原因是操作人员的要求特殊，一直到1949年人类工程学研究学会成立，才由军事部门转向工业。自从转到工业以后，根据不同情况，由设计工程、

生产工程、工作效率研究、工业卫生、运筹学以及人事管理等不同科目分别与人类工程学结成不同专题组织日益显示它的威力来。

在美国也发展的很快，1954年成立了人类因素协会，现已拥有会员1600名。早期在军事费用的刺激下比英国要快。到现在，至少有一百三十家工业公司编制了人的因素规划，平均每组有十个成员，军事主办单位中和学术研究的小组都比较多。

在欧洲，发展速度大致和英国不相上下，但较为分散，不先进。而欧洲的汽车制造厂首先成立人类工程学小组的并不在英国，而是法国的Renaul工厂，这个厂早由它出产汽车的座位舒适而著称，也受到汽车界报刊及各顾客检验协会的赞扬。

苏联的情况知道的不多，不过从书刊和一些会议上知道他们在这方面的发展是积极的坚实的。

最后，国际人类工程学协会建立于1961年，有十几个会员国，欧洲的九国以及澳大利亚、新西兰加上美国和日本。第五届会议在1973年于阿姆斯特丹举行，第六届将在1976年于美国举行。

与人类科学有密切关系的学科有哪些？

用到人类科学的专业知识有功能解剖学、人体测量学、劳动生理学、应用（或实验）心理学。

功能解剖学是讲身体结构、姿势、肌的用途，所以具备如何用力或举起物体最合适的方式以及有关关节运动的限度之类的知识。这些知识对于杠杆、踏板等控制装置的设计是极为重要的。

人体测量学中有男女身材大小尺寸的数据，所以对于工作地点的高度、大小、手动、脚动控制器的位置，座位的形状、高度等设计最优化是大有帮助的。设计女用设备时千万不要忘记用女的尺寸。象十八吋高的直背椅有60%的男的女的都显高。

劳动生理学包括人身各部分的活动，特别和所处的不同环境有关的知识。例如用卡路里合理地计量体力劳动的消耗，把实际工作与休息按计算的消耗量组织以减少疲劳。Lehman 对于重体力劳动时“潜自”间歇的效果怎样，正式明白规定门数效果又怎样已有论证。

心理学研究人的行为及表现的各方面，特别是心理和情绪。心理学有两部分即人事心理学及工程心理学。前者与人的挑选训练、动机因素、工作满足有关；而后者与知觉感受、果断等有关，如操作者的接受和处理‘信息’的情况如何。从这里人们可以估计出一个系统给操作者信息的速率、执行中可能发生延误差错，以及输出输入设备设计怎样最好。Conrad在也叙述关于邮局的电话和分信的研究中详细说明应用心理学的情况。

人类工程学工作者们认识到将来技术前进出现的问题也应当重视。早在1955年Mackworth在当时就预料过自动化到来前后的各种问题；Welford (1960)也概括地指出人类工程学的各个方面，或是关于自动化设备设计上的或是关于自动化所带给人们的各种问题。

人类工程学解决实际问题的方法

要完成这个总任务——得到十分完整的人—机、人—环境谐调一致，人类工程学方法有三个明确的阶段；是用其中某一段或是全部都，要根据任务的类型及复杂程度，机器或系统考虑而定。这种方法不论是创制新的设计，也不论是研究现有的局势中鉴定某一个人类工程学的问题采取措施都是同样有效的。

1、系统分析：

第一个程序就是确定系统的目的和为达到目的所需要的各种功能，大系统要比单机更重要；然后考虑决定整个系统中哪些功能由人承担哪些由机承担、对于次级单元因素的成本、重量、大小、安全、可靠

及效率等应反复考虑。分别就每项功能进行评价和对比。然后再把最优配合的各种次级单元组成一个完全的系统。

2、工作地点分析:

供人使用的每台机器或系统中每个部分,人与机器设备间的互相作用必须最优化。这部分工作工程人员所考虑的只是机器而人类工程学着眼人—机整个系统的任务及操作程序,这个顺序是由人到工作,首先是人和他使用的机器,其次是他身旁周围空间,最后是人和机器所在的整个工作环境。

3、评价:

纵然是对原有工作系统重新设计也需要进行评价,对新设计的系统就更要评价了。所谓评价即将最后决定的设计进行模拟和模型试验,就象对系统中某些重要工程环节进行试验一样对人的因素效应作些试验。

如果上述设计过程中三阶段都能坚持的较好,就会有助于防止单个设计中容易出现的毛病。几乎这种单个设计的分法、或几个设计人员共同分得一项设计任务,或是一个设计人员同时搞几个小型设计,完全可能导致对人—机组成的整个工作局势研究的不够充分,或者甚至根本就没有注意到。把重点放在人—机—环境这个整体进行研究虽是人类工程学方法的辅助部分,但却极其重要。经验已经证明一时疏忽的一件很小的事情,往往到后来倒成为重大的问题。

上述各点的重要性可总结为以下三点:一、强调了确定设计程序目的的重要意义,从开始就集中注意系统分析这个主要问题上。二、为解决特殊性问题供有综合全面的数据资料,并避免了由于过早认为不是本质问题的表面现象所提出不完善解决办法而浪费时间。三、这种方法强调了工作的能动性;要解决全面性问题,方法本身必定是能动的才能获得成功,研究人—机工作一系列作用和互相作用须使它具

体化就象电影那样三维形式而不能是平面上静止的兰图。

第二部分 人类工程学与自动化（略）