

什么是工业工程？

摘自台湾 1977 年 9 月 93 期《科学月刊》

【摘要】<这次的封面故事要向读者介绍的是「工业工程」这一行业。虽然它兴起的时间已有几十年，但由于它包罗的范围广泛，跨越的学门（field）很多，因此不易顾名思义，相信许多人还是不了解何谓「工业工程」。然而，随着时势所趋，潮流所至，它的应用范围已愈来愈广，今天的「工业工程」已被美国列为五大工程之一，与化学工程、土木工程、电机工程及机械工程齐名。>

一、工业工程是什么？

什么是工业工程？这儿有幅连环漫画，图中有两只背对背被绑在一块儿的小狗，它俩的前方各有一根骨头，两只狗都急着向前去啃骨头，却因背道而驰的拉力，寸步难移，谁也吃不着骨头。几番挣扎，两只狗终于想出了一个妙法；两只狗先一齐转向一方，把一边的骨头咬住，然后再转向另一方啃另一边的骨头，这样一来，两只狗各有骨头可啃了。漫画的下方写着：“There is always a better way”。

这幅漫画虽然不能完全代表工业工程，但是那一行文字却是工业工程师的座右铭——它意味着「永远有个更好的方法！」在工作当中，不断寻求更容易、更有效率、更经济而且能令心情更愉快的工作方法，就是工业工程的精神所在。

当然，工业工程绝非三言两语可以说得清楚。现在且听我娓娓道来「工业工程是怎么回事？」

任何一种学问的起源必然有其推动的力量，工业工程亦不例外，它的推动力就是人类不屈于现状的意愿和求尽善尽美的成就欲（achievement demand）。

人类不屈于现状的意愿，使他想要把事情做得更好。在不断改善工作的过程中，人类终于了解到用科学方法来改善，可以把事情做得更好。原来，改善的过程也不一定要接受什么特殊训练，每个人天生就可以运用自己的经验与本能来达到改善的目的。等到泰勒把科学的方法带到管理的领域后，这种管理的科学，加上科技的知识才慢慢演变成日后的工业工程。

（一）工业工程的基本观念

工业工程（Industrial Engineering，简称 I.E.）是一门新兴的工程科学。早在 1881 年左右，泰勒（Frederick W. Taylor）就已具有工业工程的观念，但实际上工业工程这门学问却在 1920 年代才开始，到二次大战后才略具雏型。在国外，泰勒首先提倡「时学研究」，而纪尔布雷斯夫妇（F.B & Gilbreths）则为「工学研究」的创始人。（编注：有关时学工学的起源，可看另页「工业工程的两个小故事」一文。）直到 1930 年代他们的研究才受到大众的重视，而正式成为工时学（motion and time study），如今工时学可说是工业工程的领域中最基本的一部分，也是传统工业工程的基本观念。

当初，工时学的定义是指对于完成一项工作的操作方法、材料、工具与设备，及其所需的时间，加以研究。而其目的在 1. 寻求最经济有效的工作方法；2. 进一步确认并规定因此所选定的工作方法、材料标准、工具规格及设备要求的理想标准；3. 研究并制定工人完工所需的标准时间；4. 训练并切实实行新方法。

（二）工业工程的定义

美国工业工程师学会（AIIE）对工业工程的定义是：「工业工程是对人员、物料及设备，从事整个系统之设计改进及运用的一门科学。它利用数学、自然科学与社会科学的专门知识及技巧，并利用工程分析与设计的原理和方法，来规划、预测，并评估由此及其有关系统中所获得的效果。」

从上述的定义，读者或许可获知一个大概。概括而言，所有人类及非人类参与的活动，只要有动作出现的，都可应用工业工程的原理原则，以及工业工程的一套系统化的技术，经由最佳途径达到目的。譬如工业工程中的动作连贯性分析（operation sequence），由于人类的任何一种动作都有连贯性，因此把各动作经仔细分析，分成一个个微细单元，删掉不必要的动作，合并可连接的动作，以达到工作简化、动作经济、省时省工之目的。

（三）工程学与管理科学的桥梁

换句话说，工业工程就是衔接工程学与管理科学之间的一门新兴科学。有人称工业工程 =（机械工程 + 电机工程 + 化学工程 + 土木工程 + …）× 管理。

实际上，最简单的解释就是：工业工程是用工程师的手法去解决与工程和管理有关的问题。在工厂里，一个纯粹研究制造的人和一个人精于管理的人常无法沟通，此时就有赖工业工程师作桥梁了。

（四）与其它工程学有何不同？

那么，工业工程学与机械、电机、化学、土木等工程学有何不同呢？传统的工程学，以「设计更经济的系统」为目的。如：机械工程设计高效率之「经济的机器系统」，电机工程设计「经济的电路系统」，它们设计的对象仅以机器、设备为着眼点。而工业工程除了考虑机器设备之设计外，还包含了人的因素（human factor），而以结合「人、材料、设备等之综合系统」为对象。

（五）与其它管理科学的区别何在？

读者或许又要问道：工业工程与企业管理（business management），行政管理（administration management）同样都与管理有关，彼此之间又有何不同呢？工业工程与企业管理之区别，乃在于工业工程是透过工程途径（engineering approach），应用科学上及工程上之方法与技术，考虑人员、机器、设备、制程、方法、时间等因素来解决管理上遭遇的问题，而企业管理、行政管理，便无法采取工程途径去解决管理上的问题。

二、台湾引进工业工程的情形

（一）军方与工业界

台湾工业工程技术的引进要追溯到民国三十五年，当时贵州大定航空发动机制造厂，开始建立零件制造及装配之标准工时制度，利用马表测时，对于生产计画与管制裨益甚大。民国三十九年兵工署在其所属兵工厂推行工时制度，颇具成效。民国四十二年，军方把工作研究理论引介，后由于中国生产力中心、金属工业发展中心等机构相继成立，并公开介绍推广，台湾渐渐应用工业工程于各工厂。兵工厂、裕隆汽车、大同公司、台铝、松山烟厂等，先后推行，惟均局限于狭义的工作简化及传统之工时学范围，及至外资工厂纷纷成立之后，由美资外商大力推行，才慢慢将台湾工业工程的领域扩大，目前台湾略具规模的企业，皆有工业工程部（课或组）等单位之设立。对促进经济繁荣及国家生产力之提高，贡献颇大。

（二）学校教育方面

至于学校教育方面，一直到工业界有迫切需要时，才在学校里设立工业工程系。民国 52 年东海大学及台北工专同时成立工业工程系科，中原理工学院于民国 53 年成立工业工程学系，而后中正、逢甲、清大、新埔等校亦相继成立。也有些学校用的不是工业工程的系名，但实质上其教学内容与工业工程极为相近，如技术学院的工业管理技术学系，及中央大学的生产工程学系，均是。第一批正式接受专业教育的工业工程师，于民国五十六年进入工业界服务。

一位工业工程师的养成训练，其内容包括很广，大致可分为四部分说明：

(1)科技与数理基础：包括物理、化学、数学、统计、电子计算器程序设计等。

(2)一般工程训练：包括工程力学、图学、制造工程、工程材料、电工原理、化工概论等。

(3)工业工程专业训练：包括动作与时间研究、工厂布置、工程经济、作业研究、生产管制、品质管制等。

(4)管理科学训练：包括工业组织与管理、会计与成本分析、工业心理学、行为科学等。

三、工业工程师扮演的角色

既然工业工程科系培养的学生具备上述的知识，那么一个工业工程师在工厂中扮演个什么角色呢？要了解这一问题，首先让我们来看看工厂中所存在的几个普遍问题：

(1)工厂中，每位专业工程师专司其职，谁来沟通不同的专业工程师呢？

(2)工厂里，老板关心一件事（赚钱与产量），员工关心另件事（薪水与劳力的付出），那么谁来做老板和员工的桥梁？

(3)工厂里，人人关心赶货及品质，是否有人关心今天比昨天做得更好，明天比今天做得又更好？如果有，那么这种改善的工作谁来做？

(4)人人关心机器、物料、……，谁来关心最重要的「人」？如何使这些人做得更舒服、做得更多、赚得更多，而且受到尊重？

(5)大家关心产量，谁关心总成本？

(6)各个小单位往往都有本位主义，由谁来考虑整个工厂的最适点（optimization）？

解决这些问题的最适当人选就是工业工程师。

更详细地说，工业工程师在工厂里做的事有：工作方法的设计和改善、操作标准时间及物料标准用量的设计、制程、夹具与工具的设计、成本的计算与分析、生产计画与管制、产能计画与分析、物料管理、品质分析与管制、工厂布置、工

业安全作业、工作评价与奖工制度的设立、事务流程的改善、系统或制度的设计等等。

（一）工业界的医生？

有人说企管顾问是企业界的医生，则工业工程师亦如工业界的医生一样，他可帮忙工厂界定问题，协调整个工厂的运转，就如一位全科医生，负责诊治病人何处有病，然后再由某部的专家来检验、治疗。工业工程师也是如此，他点出工厂毛病的所在，然后协调各部门的专家去解决。

事实上，目前的工业型态是团队工作（team work），要解决任何问题，决非一人一手能包办的，工业工程师扮演的角色往往是团队领导人（team leader），需具有较强的组合（combination）、协调（coordination）及沟通（communication）的能力，广博的知识，即能用适当的语言（right language）与人沟通。在这种倾向之下，工业工程师需同时具有工程和管理方面的知识及训练，因此在工厂中能使别人容易乐意合作，一同去解决问题。

（二）效率专家？管理当局的眼线？

工业工程师着实扮演了一个复杂的角色，有些人批评他们是：

「工业工程师是使人们做得快一点，赚得少一点！」

「工业工程师是效率专家，也是管理当局的眼线！」

「工业工程师专门到处找错，喜欢跟别人过不去。」

（三）多样性的角色？

有人认为工业工程师是操作者的安全保姆，使他们免受刀具伤害及过份工作量之压迫；由于他接受的训练包括管理和工程知识，因此他是工厂的计画者和协调者；也由于他受过统计、机率和可靠度的训练，因此他可成为品质管制人员；他常想「这是最好的方法吗？」，因此他是较佳途径的寻求者；由上种种来看，工业工程师转换职业的能力强，生存力强；而且他的晋升能力也高，较易擢升至高级管理阶层。

四、推广工业工程观念的阻力

一般来说，工业工程的观念与作法在工厂里推广起来，并不是一帆风顺毫无阻力的，这可分三点来说：

(1) 在一些闭塞的家族式企业中，企业主的观念不够开放，不愿公办厂各方面的问题，也不愿提供周全的资料，没有资料工业工程师就无从下手解决问题。

(2) 人类守旧的观念，拒绝改变，因此工业工程师即无从施展所长。

(3) 一件新事物要经过学习的过程，人们才能驾轻就熟地应用，而学习的起步总是比较困难且成效不显著，因此人们即使费力些，也宁可继续使用习惯了了的旧方法、旧东西。

这种种的阻力多少削弱了工业工程观念的推广，这也是为什么台湾企业界未能与已开发国家的企业并驾齐驱的原因之一。虽然工业工程观念早在民国四十二年左右就被介绍到台湾了，迄今，知道工业工程是什么的人并不多的原因也多少受了这些阻力的影响。

如引言中提及，时势潮流使得企业型态变大了，传统的用本能管理的方法势必遭到淘汰，虽说每个人都有管理的本能，但是管理的好或坏、管理人数的多或寡、管理幅度的宽或窄，都会受个人能力的限制，因此如何能用有系统的方法把大规模的工作作得更好、更快，就必须用科学方法来管理，也就必须借重工业工程了。

当然，工业工程师的能力决非万能的，但只要是学有专精的工业工程知识，则其失误的可能性较小，因为工业工程的做法不是凭直觉，而是依数据来做决定的。同理，如有了工业工程，做错误决策的机会也可减少很多。

五、工业工程师解决问题的途径

工业工程是经由下列两种途径来解决问题：

(一) 问题的解决与决策 (problem solving & decision making)

(1) 确定问题：先了解问题性质及症结所在。

(2) 分析问题：从找资料、记录现况、了解限制条件、探讨问题，以深入问题。

(3) 寻求可能解决问题的方案。

(4) 评估诸项方案，决定最佳决策。

(5) 采取行动。

(6)考核行动结果，再提更佳解决途径。

(二)系统与方法工程 (system & method engineering)

从资料收集、组织、分析以及如何安排等数理计算及专门技术的方法来解决难题。

六、工业工程的未来

从上面种种的说明，工业工程师只能在工厂中工作吗？实际上，在已开发国家中，工业工程早已应用于工厂以外的地方了。像医院、农场、餐厅、旅社、邮局、银行、交通事业、建设业、军事机构以及各政府部门，都有用到工业工程之处。

在台湾，一些医院也已聘用学工业工程的人员，负责设备配置、人员运用、药品存量管制、数据流等工作（像马偕医院即属此例）。这种应用可说是工业工程的延伸。目前工业工程的领域已不限于工业界，为此，工业工程的名称已不能涵盖它的范围了。

在台湾，工业工程虽有军方事业和国民事业率先实施，但是真正使它开花的，还是那些外资工厂。由于他们令人艳羡的成效，也说服了许多国资工厂开始注意这个新的玩意儿，多年来工业工程师的求才广告增多了，这正是工业工程开始在台湾普遍被接受的一个明确证明。

最近几年来，由于能源缺乏、原料上涨、工人短缺，国际市场竞争日趋剧烈，公害问题普遍受到注意，工业工程师在台湾必然将成时代的宠儿，殆无疑问。

在另外一方面，电子计算器的发展，工业工程这个学门也正在迅速的扩张它的领域，在国外，系统工程 (System Engineering)、作业研究 (Operations Research) 已经成为工业工程的延伸。利用它们来解决那些存在于企业经营的大而复杂的问题。这个趋势无疑的将是台湾的工业工程发展的方向。

工业工程的两个小故事

在工业工程的领域当中，「动作与时间研究」 (motion and time study) 占有很重要的地位。1881年，被后人尊崇为「工业工程之父」的泰勒氏 (Frederick W. Taylor) 首创「时间研究」 (或称「时学」) (Time study)，后数年纪尔布雷斯氏 (Frank B. Gilbrtth) 复倡「动作研究」或称「工学」 (motion study)。后因此二学关系密切，无法分割，遂合并称为「动作与时间研究」 (或称「工时学」)。这儿叙述两个故事，来追溯「动作时间研究」的起源。

1898年，泰勒氏工作于伯斯利恒（Bethlehem）钢铁厂，当时该厂雇有铲手工人400~600名，每日于一长约2哩，宽约1/4哩之广场上，铲动各种不同之物料。这些铲手，不用工场所准备的铲子，很多人自己从家中带来铲子，铲煤时，每铲重仅3.5磅，而铲矿砂时每铲竟重达38磅。此种自备铲子的情形与每铲重量之差，颇引起泰氏之好奇。他想：「铲子的形状、大小和铲物工作量有没有关系？」「究以何种铲重为最经济最有效？」「什么样子的铲子，工人拿了既舒服又铲得多，铲得快？」这些问题实应加以研讨。泰氏乃选优良铲手两名，分在场内不同地点作试验工作，同时用马表（Stop watch）记录其时间，并分别用大小不同的铲子去铲比重不同之物料，并分别记录所用铲子之大小及式样和每铲重量，经多次试验后，发现每铲重量约为21.5磅时，可得最经济，最有效之结果，也就是工作者每日每人可铲最多物料。铲重物时用小铲，铲轻物时用大铲，但每铲重量均约为21.5磅左右。泰氏得此结果后，于是设计各种尺寸大小不同的铲具，训练工人，并拟定奖工办法，凡工人能完成规定之工作时，可得日薪60%之奖金，否则派员授以正确工作方法，务使其亦可得同样奖金。经此改善后，原需400~600名工人才能完成之工作，采用新方法后，140名工人即可完成。因之每吨所需铲费减少达50%，而工人工资则增加60%，除去因研究所需各项开支外，每年尚可节省78,000美元。如此不但使工厂的生产量大增，也使铲手工作效率提高，待遇增加，工作情绪也愉快多了。

1885年，纪尔布雷斯氏年17，受雇于一营造商，发现工人造屋砌砖时，所用的工作及工作之快与慢，互不相同。究以何种方法为最经济及最有效，实应加以研讨。纪氏于是分析工人砌砖之动作。发现工人每砌一砖，率先以左手俯身拾取，同时翻动砖块，选择其最佳一面，俾于堆砌时，放置外向。此动作完毕后，右手开始铲起泥灰，敷于堆砌处，左手置放砖块后，右手复以铲泥灰工具敲击数下，以固定之。此一周期性动作，经纪氏细心研讨，并拍制成影片，详加分析，知工人俯身拾砖，易增疲劳，左手取砖时，右手闲散，亦非有效方法，再敲砖动作，亦属多余。于是经多次试验，得一砌砖新法。其法于砖块运至工作场时，先令价廉工人，加以挑选，置于一木框内，每框盛砖90块，其最好之一面或一端，置于一定之方向，此木框悬挂于工人左方身边，俾左手取砖时，右手同时取泥灰，同时改善泥灰之浓度，使砖置放其上时，无须敲击，即可到达定位，经此改善后，工人之工作量大增，其砌每一砖之动作由18次减至5次，工人经训练后，老法每小时原只能砌120块，用新法则可砌350块，工作效率增加近200%。经过纪氏的动作分析，确定了最好的砌砖方法。由此发展成日后的动作研究（motion study）。

上述二例，显示工时学首创者泰、纪二氏遇事分析研究探究真理之态度，此种精神亦即日后工业工程学之凭借。

（承蒙中原理工学院工业工程系的王晃三教授、裕隆汽车制造公司的黄明沂先生、台湾通用器材公司的王裕惠先生、福特六和汽车公司的杨政辉先生、台湾国际标准电子公司的张世俊先生以及中正理工学院的陈宽仁教授接受访问、提供资料、修改内容，始得完成这次封面故事的专访，笔者不胜感激，谨此致谢。也谢谢本期总编辑清大化学系赖昭正教授的协助、改稿。）