

► 高等学校“十三五”规划教材

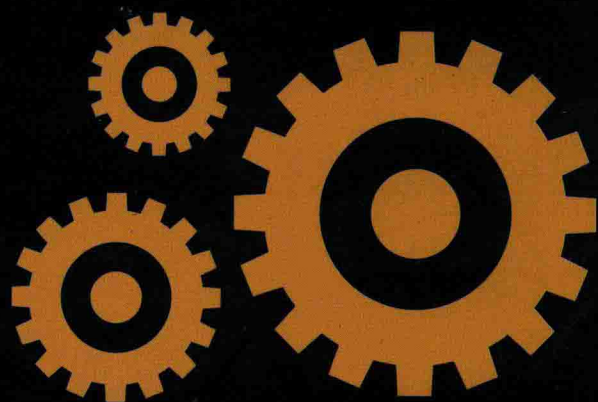
西安电子科技大学立项教材

工业工程导论

——方法与案例

INTRODUCTION
TO
INDUSTRIAL
ENGINEERING

张云涛 编著

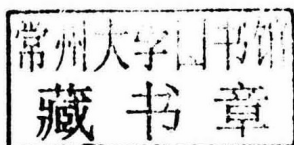


西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十三五”规划教材
西安电子科技大学立项教材

工业工程导论——方法与案例

张云涛 编著



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

工业工程是现代工程技术与管理协同发展、有机结合的产物,是一门致力于提高效率的系统化学科。本书结合实际案例,系统地介绍了工业工程的基本方法、技术及其应用。全书共分13章,包括工业工程概述、工作研究的方法与技术、程序分析、操作分析、动作分析、时间研究、预定时间标准法、工作抽样、学习曲线、现场管理、防错法、现代工业工程的发展和工业工程应用案例。

本书强调专业导入与学科认知的功能,具有系统性、基础性和实践性的特点,面向电子制造行业,适合作为高等学校工业工程类专业本科生和研究生的教材,也可以作为企业管理人员、相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工业工程导论:方法与案例/张云涛编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2019.5
ISBN 978-7-5606-5273-3

I. ①工… II. ①张… III. ①工业工程—高等学校—教材 IV. ①F402

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第055703号

策划编辑 戚文艳

责任编辑 师彬 阎彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 咸阳华盛印务有限责任公司

版 次 2019年5月第1版 2019年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.5

字 数 465千字

印 数 1~3000册

定 价 45.00元

ISBN 978-7-5606-5273-3 / F

XDUP 5575001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

2015年3月5日,李克强在全国两会上作政府工作报告时首次提出“中国制造2025”的宏大计划。“中国制造2025”是中国政府实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。计划提出,坚持“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针,坚持“市场主导、政府引导,立足当前、着眼长远,整体推进、重点突破,自主发展、开放合作”的基本原则,通过“三步走”实现制造强国的战略目标,全面提升中国制造业发展质量和水平,改变中国制造业“大而不强”的局面。

“中国制造2025”的具体目标包括:制造业信息化水平大幅提升,产品质量有较大提高,制造业数字化、网络化、智能化取得明显进展,全员劳动生产率明显提高,两化(工业化和信息化)融合迈上新台阶。这些具体目标的实施离不开工业工程的应用和发展,因为工业工程的作用就是提高产品质量,降低成本,提高效率。

工业工程是现代工程技术与管理协同发展、有机结合的产物,是一门致力于提高效率的系统化学科。企业中的工业工程师主要致力于减少对时间、金钱、材料、能源和其他不产生价值的资源的浪费情况,优化生产过程和系统。随着中国从制造业大国向制造业强国不断发展,大量的企业越来越认识到工业工程相关人才在生产管理中的重要性,社会对这方面人才的需求越来越旺盛,具体的需求包括工业工程师,工艺工程师,精益工程师,生产管理与生产调度、布局优化、质量管理工程师,物流工程师,能源优化利用、仓储布局布点人员,项目管理人员等。这些岗位的工作,均需要有工业工程的专业知识背景。

根据行业的实际需求和相关理论的发展,本书结合实际案例,系统地介绍了工业工程的基本方法、技术及其应用。全书共分13章:第一章是工业工程概述,介绍了工业工程的发展历程、定义等概念;第二章到第五章介绍了方法研究的基本技术,包括程序分析、操作分析和动作分析;第六章到第九章介绍了作业测定的基本方法,包括时间研究、预定时间标准法、工作抽样和学习曲线;第十章到第十二章介绍了现场管理、防错法和现代工业工程的发展;第十三章是工业工程应用案例。

通常,工业工程教材中所列举的案例主要涉及电子制造行业的应用情况。

作者所在的高校具有明显的电子与信息技术行业特点，从多年的教学和科研工作中发现，电子信息行业不仅在行业发展方面速度非常快，而且对工业工程人才的需求也非常强烈。为了贯彻“中国制造 2025”人才为本的基本方针，本书针对企业的实际需求，突出人才培养的特色，书中很多案例来自于电子信息行业，这也是本书内容编写过程中重点考虑的因素。

按照分工，张云涛编写了本书的主要内容，研究生杨璐、王琚泽、张颖、王若雨、李伟超、鲍凡、杨晓霞、刘瑞婷等参与了本书资料的整理。值得一提的是，许多参与本书编写的优秀研究生毕业后即在著名的 IT 公司从事管理工作，他们的成功经历也激励着许多同学开始认真、系统地学习工业工程。

衷心感谢在本书编写过程中提供帮助的同事和学生！衷心感谢西安电子科技大学出版社的编辑老师对本书出版的大力支持！

工业工程的理论与方法日新月异，同时因为作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2019 年 1 月

目 录

第一章 工业工程概述	1
第一节 工业工程的发展历程	1
第二节 工业工程的相关概念	7
第三节 工业工程的内容体系	12
第四节 工业工程在中国的应用	15
思考题	20
第二章 工作研究的方法与技术	21
第一节 工作研究概述	21
第二节 方法研究概述	23
第三节 作业测定概述	27
思考题	29
第三章 程序分析	30
第一节 程序分析概述	30
第二节 工艺程序分析	35
第三节 流程程序分析	42
第四节 布置与经路分析	55
第五节 管理事务分析	61
思考题	67
第四章 操作分析	69
第一节 操作分析概述	69
第二节 人机操作分析	70
第三节 联合操作分析	78
第四节 双手操作分析	83
思考题	88
第五章 动作分析	90
第一节 动作分析概述	90
第二节 动素分析	94
第三节 动作经济原则	105
思考题	132
第六章 时间研究	134
第一节 标准时间	134
第二节 时间研究概述	143
第三节 时间研究的步骤和方法	144

第四节	时间研究应用案例	155
思考题		157
第七章	预定时间标准法	158
第一节	预定时间标准法简介	158
第二节	MOD 法	160
第三节	MOD 法应用案例	175
思考题		183
第八章	工作抽样	184
第一节	工作抽样概述	184
第二节	工作抽样的方法和步骤	186
第三节	工作抽样应用案例	195
思考题		200
第九章	学习曲线	201
第一节	学习曲线概述	201
第二节	学习曲线的原理	203
第三节	学习曲线应用案例	206
思考题		208
第十章	现场管理	209
第一节	现场管理概述	209
第二节	5S 管理	213
第三节	定置管理	230
第四节	目视管理	240
思考题		251
第十一章	防错法	252
第一节	防错法概述	252
第二节	防错法的应用	255
第三节	防错法的应用步骤	260
第四节	防错法应用案例	264
思考题		269
第十二章	现代工业工程的发展	270
第一节	工业 4.0(第四次工业革命)对制造业的影响	270
第二节	中国制造业的方向——“中国制造 2025”	272
第三节	现代工业工程在智能制造中的应用	274
思考题		277
第十三章	工业工程应用案例	278
第一节	IE 在日本的应用和新发展	278
第二节	企业管理的价值	281
第三节	精益生产在中国企业的应用	283
第四节	NW 公司效率提升改善方案	285
参考文献		305

第一章 工业工程概述

第一节 工业工程的发展历程

任何一门科学能被人们所接受并成为人们改造自然和社会强有力的工具,必然存在其赖以生存和发展的基础、环境和动因。工业工程发展的动因在于三个方面,即社会生产力发展的需求、科学技术日新月异的成果的支持作用和社会环境(或说经济形态),确切地说是商品经济所提供的社会发展环境。

生产力的发展使生产与管理系统的规模越来越大和越来越多样化。这客观上要求必须存在分析、设计、改善这些系统和管理的的技术体系,因而在 20 世纪初,生产力开始快速发展时,产生了工业工程。各类科学技术成果如运筹学、统计学、系统工程、计算机工程及信息技术不断地被工业工程吸纳融通,为工业工程技术体系提供支持和手段。商品经济提供了企业竞争的社会环境,谁做得更好,谁就生存、成功,否则就会消亡。这种社会环境客观上需要企业拥有能够提高竞争力的方法或手段。因而无论是美国、日本这样的工业发达国家,还是像印度、泰国、马来西亚这样的发展中国家都不约而同地采用工业工程来提高企业竞争能力,并且获得了非常好的效果。

工业工程作为一门正式的学科是在 20 世纪初起源于有着强大工业和先进科学技术的美、英、法等国,这些先进的工业国家实现了人类工业史上的变革,使工业生产产生重大飞跃,即所谓初始的“工业 1.0”机器制造。如今“工业 4.0”的智能制造与智能工厂的现代管理模式,进一步提升了工业生产对经济效率的促进作用。工业工程应用的全过程始终是被工业生产发展的需求所推动着,不断地创造出新的应用方法与手段,适应和投入到企业实际的生产制造领域中,以真正达到提高生产效率、降低成本的目的。

纵观工业工程的发展历程,一般分为四个阶段。

一、萌芽期

工业工程概念萌芽期的代表性人物是英国的亚当·史密斯(Adam Smith)。他在 1776 年出版的《国富论》一书中,首次提出劳动分工的概念。他认为采用劳动分工的方式可以提高生产效果,其原因有三点:每个工人提高了熟练程度;节省了搬运时间;“发明了大量的机器,使一个人能做几个人的工作”。这些概念为后来的工作简化、流程分析和时间研究等打下了基础。

产业革命以后,社会生产力获得快速发展,在此背景下,美国的惠特尼(Eli Whitney)首先于 18 世纪末提出了“零件互换性”的概念,规定了各零件的公差,促进了零件可以互换的性质。这些概念奠定了合理化、专业化、机械化、简单化及标准化的基础,使工业生产能够向着大规模的生产方向发展。

对工业工程先驱者产生直接影响的是英国剑桥大学教授查理·巴贝奇(C. W. Babbage)于1832年发表的《论机器和制造业的经济》一书,该书论述了专业分工、工作方法、机器与工具的使用、成本管理等。他对工业工程的另一个重要贡献是试图制造出一种他称之为“分析计算的机器”——计算机,而一百年后这一理想才得以实现。

随后,美国的亨利·普尔为铁路公司等大企业提出了一些诸如组织化、通信联系和情报资料的管理原则。这些都为生产的标准化、专业化和管理的科学化奠定了基础,并孕育了工业工程的思想。

二、奠基期——科学管理阶段:从19世纪末至20世纪40年代中期

从19世纪末至20世纪40年代中期我们称为工业工程的奠基期。工业工程的产生是同工业革命的产生密切相关的,这个时期由于福特生产线的出现,生产系统从小规模的作坊式企业转换为较大规模生产的工厂制。由于电动机的产生与广泛应用,人们的生产能力大大提高。恰逢此时发生了两次世界大战,客观上要求工厂提高效率,因而工业工程应运而生并蓬勃发展起来。

美国经过南北战争(1861—1865),资本主义经济得到较快的发展。可是由于企业管理落后,美国经济的发展和企业中劳动生产率的提高远远落后于当时科学技术成就和国内外经济条件所提供的可能性。这种情况首先引起了同企业管理有关而又具有科学技术知识的一批工程技术人员和管理人员的注意。他们进行各种试验,努力把当时科学技术的最新成就应用于企业的生产和管理中,以便大幅度地提高劳动生产率,从而形成了一套科学管理的理论和方法,其中的突出代表人物就是弗雷德里克·W·泰勒。

弗雷德里克·W·泰勒(Frederick Winslow Taylor, 1856—1915)出生在宾夕法尼亚州的费城,生长于富裕的家庭,以优异的成绩进入哈佛大学,但因眼疾听从医生的劝告而退学。泰勒年轻时曾游学法国、德国及意大利,他在1883年拿到机械工程学士学位。1878年到1889年,他受雇于密德瓦钢铁公司(The Midvale Steel Company),他从基层的工人做起,升到职员、机械工、组长、绘图主任,获得学位后晋升到总工程师,那时他年仅37岁。1898年后,他当顾问工程师,最重要的工作是1898年至1901年服务于伯利恒钢铁公司(The Bethlehem Steel Company)的那段时间。除了顾问的工作外,泰勒还开发了各种新的制造程序,并且获得上百件专利。

从1895年起,泰勒先后发表了《计件工资制》(A Piece Rate System)、《车间管理》(Shop Management)和《科学管理原理》(The Principles of Scientific Management)等论著,系统地阐述了科学管理思想,主要是以时间研究和动作研究为主的工作研究理论。他提出的科学管理的四项原则是:

(1) 将每一个人的工作、每一单元均以科学方法加以分析,取代以往尝试错误所得的经验法则。

(2) 选择最适当的操作者,而且要训练操作者使用经过研究的方法来提高工作效率。

(3) 使管理者与操作者之间发展出合作的精神。

(4) 在管理者和操作者之间,将工作责任公平地划分出来,使各方均能尽其所长。

科学管理的核心是:管理要科学化、标准化,要倡导精神革命,劳资双方利益一致。

泰勒的一个著名的事例是“铁铲实验”。在伯利恒钢铁公司,泰勒采用调查和实验的科

学方法进行了方法研究。当时公司需要大约 500 名搬运工在堆料场进行搬运工作，搬运工人都拿着自己的铁铲上班，这些铁铲各式各样，大小不一。堆料场中有铁矿石、煤粉、焦炭等，每个工人的日工作量为 16 吨。泰勒经过观察发现，由于物料的密度不一样，每铁铲的重量也不一样。如果是铁矿石，一铲有 38 磅（约 17 千克）；如果是煤粉，一铲只有 3.5 磅（约 1.6 千克）。那么，一铲到底负载多少才合适呢？经过反复试验，最后确定一铲 21 磅（约 9.5 千克）是最适合的，能获得最大的日搬运量。根据实验的结果，泰勒针对不同的物料设计不同形状和规格的铁铲。以后，工人上班时都不用自带铁铲，而是根据物料情况从公司领取特制的标准铁铲，工作效率大大提高。这一研究的结果是非常杰出的，堆料场的劳动力从 500 人减少为 140 人，平均每人每天的搬运量从 16 吨提高到 59 吨，每个工人的日工资从 1.15 美元提高到 1.88 美元。

实施科学管理的结果是提高了生产效率，而高效率是雇员和雇主实现共同富裕的基础。因此，泰勒认为只有用科学化、标准化的管理替代传统的经验管理，才是实现最高工作效率的手段。泰勒积极倡导科学管理，因此被公认为是“科学管理之父”“工业工程之父”“时间研究之父”。

此时期另外两位对工业工程产生重要影响的人物是吉尔布雷斯夫妇。吉尔布雷斯夫妇最重要的成就是动作研究(Motion Study)。动作研究通过分解动作确定基本动作要素，经科学的分析建立起省时高效、最满意的操作顺序。吉尔布雷斯夫妇尤其重视研究生产中人的价值、作用及其对工作环境的反应等，他们利用影片对工作进行分析、研究并改良工作方法。

弗兰克·吉尔布雷斯(Frank Bunker Gilbreth, 1868—1924)是一位优秀的建筑师，而他在 1885 年进行的著名的“砌砖实验”，被认为是动作研究的开端。他通过不断地对工人砌砖的动作观察分析，发现他们所用的方法和效率均不相同，很多动作十分低效甚至没有必要。吉尔布雷斯先生经过仔细研究砌砖工在标准条件下砌砖的动作后，把砌一块砖的动作由 18 个压缩为 5 个。他是通过以下三种不同方法实现这一改进的：

第一，他完全消除了经仔细研究和实验证明没有什么用处的动作。之前，砌砖工则认为这些动作是必要的。

第二，他设计了一些简易工具，例如可调整高度的脚手架和放置砖块的框架。借助这些工具，只需一名廉价的辅助工做一些配合，就可省去砌砖工大量繁重而又费时的动作。而这些动作在没有配置脚手架和框架时都是必需的。

第三，他教会砌砖工在做简单动作时，要双手并用。而在以前，他们却总是用右手做完一个动作后，再用左手去做另一个动作。

弗兰克·吉尔布雷斯将在砌砖作业及其他许多建筑行业中发展出的工作改善方法及新观念用于工作规划与工人训练上，不仅增加了生产力，而且对工人健康与安全贡献良多。

莉莲·吉尔布雷斯(Lillian Moller Gilbreth, 1878—1972)是美国第一位获得心理学博士学位的女性，1921 年她成为美国机械工程师协会的第一位女性会员，1935 年她成为普度大学工程学院的第一位女性管理学教授。在 1924 年吉尔布雷斯先生过世后，吉尔布雷斯夫人更热衷于继续他们的工作。1966 年，为表彰她作为一名工程师在公共服务领域里的突出贡献，她被美国政府授予胡佛奖章，她是获此殊荣的第一位女性，因此，她被尊称为“管理第一夫人”。

泰勒和吉尔布雷斯夫妇分别通过自己的实践,通过研究劳动者的作业方式,以扎实的资料为依据进行分析,而不是依赖直觉,进而提高生产效率,改变了当时工厂放任管理,效率低,浪费大,工作方法缺乏科学性、系统性的状况,对制造工艺过程、劳动组织、专业化分工、标准化、耕作方法、工资激励制度、生产规划及控制等问题进行了深入研究,对现代管理发展做出了巨大贡献。

但是作为效率专家的泰勒却受到了工人们的憎恨,有人指责泰勒“把工资提高了60%,而工作量却提高了362%”。科学管理理论的特点是着重强调管理的科学性、合理性、纪律性,而未给管理中人的因素和作用以足够重视。他们的理论基于一种假设,即社会是由一群群无组织的个人组成的,他们在思想上、行动上力争获得个人利益,追求最大限度的经济收入,即“经济人”;管理部门面对的仅仅是单一的职工个体或个体的简单总和。基于这种认识,工人被安排去从事固定的、枯燥的和过分简单的工作,成了“活机器”。从20世纪20年代美国推行科学管理的实践来看,泰勒的科学管理在使生产率大幅度提高的同时,也使工人的劳动变得异常紧张、单调和劳累,因而引起了工人们的强烈不满,并导致工人的怠工、罢工以及劳资关系日益紧张等事件的出现。也就是从那个时候起,工业工程遭受沉重打击,名称就从原来的“科学管理”改为“工业工程(Industrial Engineering, IE)”,原因在于那些工程师绝大部分来源于工业界。

在工业工程奠基期,还有许多著名的人物为工业工程的产生和发展做出了重要的贡献。

甘特(Henry Laurence Gantt, 1861—1919)是泰勒创立和推广科学管理制度的亲密的合作者,也是科学管理运动的先驱者之一。甘特提出了任务和奖金制度,发明了甘特图(Gantt Chart),即生产计划进度图,用棒条图来控制工作流程及进度,对于进行中或已完成的工作一目了然。甘特用图表帮助管理人员进行计划与控制的做法是当时管理技术上的一次革命。有了它,管理部门就可以从一张事先准备好的图表上看到计划执行的进展情况,并可以采取一切必要行动使计划能按时完成,或使计划在预期的许可延误范围内得以完成。直到今天,这项技术仍然被广泛采用。

在科学管理运动中,甘特引人注目的另一点是他对工人的关注。甘特认为,员工的士气是管理部门和工人之间建立互信和合作气氛的基础。企业目标与员工心理上的需求是否一致,是关系到人的积极性和工作效率的一个重要方面。当企业目标与员工需求一致时,员工就会在工作中积极主动,富有创造性。甘特的思想在1924年进行的“霍桑实验”中得到了证实。

霍桑实验是1924年美国国家科学院的全国科学委员会在西方电气公司所属的霍桑工厂进行的一项实验。目的是为了弄清照明环境的质量对生产效率的影响。当时的观点认为也许影响工人生产效率的是疲劳和单调感等,于是当时的实验假设便是“提高照明度有助于减少疲劳,使生产效率提高”。可是经过两年多实验发现,照明度的改变对生产效率并无影响,反而是研究过程中进行的各种实验处理对生产效率有一定的促进作用。从1927年起,以梅奥教授(George Elton Mayo, 1880—1949)为首的一批哈佛大学心理学工作者将实验工作接管下来继续进行。后续的研究证实受试者对于新的实验处理会产生正向反应,即行为的改变是由于环境改变(实验者的出现),而非由于实验操作本身造成的。这种假设性效果目前我们常称之为“霍桑效应”。

梅奥于1933年发表《工业文明中的人》一书，总结了霍桑实验的结果。

(1) 人是“社会人”而不是“经济人”。以前的管理把人假设为“经济人”，认为金钱是刺激积极性的唯一动力；霍桑实验证明人是“社会人”，人们的行为并不单纯出自追求金钱的动机，还有社会方面、心理方面的需要，即追求人与人之间的友情、安全感、归属感和受人尊敬等，而后者更为重要。

(2) 企业中存在着非正式组织。以前的管理只注意组织机构、职权划分、规章制度等，霍桑实验发现除了正式组织外还存在着非正式团体，这种无形组织有它的特殊情感和倾向，左右着成员的行为，对生产效率的提高有举足轻重的作用。

(3) 新型的领导能力在于提高工人的满足度。以前的管理认为生产效率主要受工作方法和工作条件的制约，霍桑实验证实了工作效率主要取决于工人的满意度，取决于工人的家庭和社会生活及组织中人与人的关系。工人的满意度越高，其士气就越高，因而生产效率就越高。高的满意度来源于工人个人需求的有效满足，不仅包括物质需求，还包括精神需求。因此，新型的领导者应能提高工人的满足感，善于倾听工人的意见，设身处地地关心下属，通过积极的意见交流，达到感情的上下沟通，使正式团体的经济需要与非正式团体的社会需要取得平衡。

通过以上实验，梅奥等人认识到，人们的生产效率不仅要受到生理方面、物质方面等因素的影响，更要受到社会环境、心理等方面的影响。这个结论对“科学管理”只重视物质条件，忽视社会环境、心理因素对工人的影响来说，无疑是一个很大的进步。

早期工业工程的成果在现代得到比较广泛的认识。我们可以发现通过实施工业工程改善，不但可以使生产效率得到提升，而且可以降低员工劳动强度，并且为绩效管理提供了基准。对企业而言，这无疑是在求之不得的好事。特别是我国目前大多数企业属于劳动密集型企业，管理水平不适应企业发展的需要，如果全面推行工业工程一定可以收到巨大的成效。

三、发展期：20世纪40年代中期至70年代末

第二次世界大战结束以后，社会生产力得到前所未有的高速发展，特别是由于战后经济建设的恢复需求，生产系统规模越来越大，形成了大量流水生产、成批生产、单件小批生产三种典型的生产系统。1924—1931年，休哈特博士(W. A. Shewhart)首创了“统计质量管理”，用统计方法解决质量控制问题。他利用概率原理的排队论对发展生产计划、日程安排等新方法起了重大作用。20世纪40年代中期后，统计学的应用越来越广泛，而运筹学的产生为工业工程解决越来越大的管理与生产系统规划、设计、改造、创新提供了更加有效的手段。

运筹学是在二战时期因军事的需要而发展起来的一门数学，为战役的指挥官提供可行性方案。运筹学主要解决规划问题，包括线性规划、整数规划、排队论、存储论、对策论、资源分配、运输问题和网络理论等。由于运筹学有比较系统的学科体系，可以描述、分析和设计多种不同类型的运行系统，所以在20世纪40年代中期，关于运筹学成果的资料在英、美两国发表后，立刻受到工业工程工作者的注意，并将之运用于工业工程实践中。

运筹学作为工业工程的理论基础，改进了工业工程的传统方法，并且因为运筹学的系统性可以把工业工程的各种方法综合起来用于解决较大系统问题，所以从此工业工程从以经验和定性分析为主发展到以定量分析为主，管理开始真正有了数量化的依据。

1948年,美国工业工程师学会(American Institute of Industrial Engineers, AIIE)成立。1955年美国工业工程师学会制定了工业工程的正式定义,到了1975年,美国已有150所大学开设了工业工程专业。

在20世纪五六十年代,承袭了系统科学思想和包含自然科学、社会科学知识的、以OR(运筹学)为理论基础但很注重工程应用的技术——系统工程(System Engineering, SE)脱颖而出。系统工程重视系统哲学思想的培养和系统分析方法的训练,又包含有较丰富的自然科学和社会科学的知识,正是工业工程所需要的一门“统帅”学科。

这个时期市场竞争的焦点以资本、实力竞争为主,工业工程从早期的通过基层生产现场中的作业研究来降低劳动成本,转化为以研究企业整体的设计、改善(包括工厂设计、物料搬运、人因工程、生产计划、存储控制、质量控制等),以及降低各种资源消耗、提高整体系统的生产率为主。

20世纪60年代以后,质量管理成为工业工程的一个重要的研究目标。在此之前,提高生产率和降低成本被认为是工业工程最重要的工作,对于质量,人们往往理解为“相应的规格和标准”,只要对生产的产品进行事后检验,找出不合格品即可。到了五六十年代,质量管理的成功使得日本制造业异军突起,日本生产的产品开始称霸世界市场,而这一切都要归功于美国的质量管理先驱——爱德华·戴明博士(W. Edwards Deming, 1900—1993)。

戴明博士把一系列统计质量管理方法引入日本产业界,将质量管理放在了企业战略的高度,辅之以流程制度改进,系统地提出了著名的“14个管理原则(Deming's 14 Points)”以及著名的“戴明环”——PDCA循环,为现代全面质量管理(Total Quality Management, TQM)和六西格马管理法(Six Sigma, 6 Sigma)的发展奠定了基础。

同时,日本企业界在战后经济恢复期从美国的管理思维和技术手段中成功地将工业工程引入日本各行各业,并进行日本式消化和改造,成功地推出了丰田生产方式(Toyota Production System, TPS),开创了精益生产(Lean Production, LP)的先河。

四、创新期:20世纪70年代至今

1948年美国工业工程师学会正式成立后的10年即20世纪50年代是工业工程奠定较完善的科学基础、发展最快的10年,经过60年代和70年代,系统工程的原理和方法应用于工业工程,提供了更加完善的系统分析方法,从此开始进入现代工业工程的创新时期。

20世纪70年代以后,计算机逐渐开始普及,信息处理技术的巨大突破对工业工程的发展产生了非常重要的影响。信息处理技术为处理大量数据和对大系统进行数学仿真模拟提供了有力手段。比如,要解决一个资源规划问题,往往需要求解一个几十甚至上百个未知数的方程,用过去的手段根本不可能求出答案,而计算机的应用使得求解这样的方程变得轻松快速。因此,现在我们能够对航空公司、物流公司这样庞大、复杂的系统进行有效优化,提高企业效率。

工业工程是研究包含人的复杂系统,对于这样的系统进行改进,预先评估不同改进方案的效果以选择出最优方案尤为重要。计算机信息技术的发展,使我们可以利用仿真的办法来进行模拟,分析不同方案的效果,大大提高了改进的效率和效果。

同时,这段时间也是社会生产力最为活跃的时期,全球化市场逐渐形成,由于市场全面性供大于求,竞争成为价格、质量、品种、交货期、售后服务等全方位的竞争。这样的竞

争环境使企业的生存对管理的依赖性空前加强,企业不仅趋向大型化,而且更加注重多样化、柔性化。信息时代的到来,计算机、系统工程、通信技术、高新技术的发展,使工业工程所面临的问题既前所未有的复杂又提供了新的技术和手段。因而,当今是工业工程学科最富有创造力的时代,工业工程已经全面应用于生产、服务、行政、文体、卫生、教育的各种产业之中。

总之,工业工程不断吸收现代科技成就,尤其是运筹学、系统工程、计算机科学和相关学科知识,使工业工程从以经验为主发展到以定量分析为主,以研究生产局部的改善到研究大系统整体优化和生产率的提高,成为一门独立的学科。可以说,工业工程的研究与发展水平,在一定程度上标志着一个国家或地区的经济和管理发展水平。

第二节 工业工程的相关概念

一、工业工程的定义

工业工程影响相当广泛,是技术与管理相结合的交叉型学科,并且它的内涵与外延仍然在不断发展。目前,多数国家仍以美国工业工程学会(AIIE)于1955年正式提出、后经修订的工业工程定义为标准。

工业工程是对人、物料、设备、能源和信息等所组成的集成系统,进行设计、改善和实施的一门学科,它综合运用数学、物理和社会科学的专门知识及技术,结合工程分析和设计的原理及方法,对该系统所取得的成果进行确认、预测和评价。

随着科学技术的进步、工业技术的发展与生产力水平的提高,工业工程的定义也不断变化,但其本质内涵是一致的。这些定义都表明:

(1) 工业工程是一门工程类科学技术,是解决管理问题的工程技术,是技术与管理交叉的复合学科。

(2) 工业工程的研究对象是由人、物料、能源、资金和信息生产要素构成的各种生产及经营管理系统(不限于生产领域)。

(3) 工业工程采用和依托的理论与方法,来自数学、自然科学、社会科学中的专门知识和工程学中的分析、规划、设计等理论,特别是与系统工程的理论和方法、计算机技术关系密切。

二、工业工程的特点

(1) 工业工程的核心是降低成本、提高质量和生产率。

如《美国大百科全书》所述,“工业工程的目的是提高生产率、利润和效率”,工业工程是把降低成本、提高质量和生产率联系起来综合研究,追求生产系统的最佳整体效益。这一特点体现出工业工程的成本和效率意识,这是工业工程师的第一使命。

(2) 工业工程是综合性的应用知识、技术体系。

工业工程是一个包括多种学科知识和技术的庞大体系,它包括自然科学、工程技术、管理科学、社会科学及人文科学等各种知识。工业工程的本质在于综合地运用知识和技术,特别体现在应用的整体性上。提高经济效益应该运用工业工程全面研究、解决生产和

经营中的各种问题,包括技术、管理、人员、物料等。

(3) 注重人的因素。

生产系统的各组成要素之中,人是最活跃和不确定性最大的因素。工业工程为实现其目标,在进行系统设计、实施控制和改善的过程中,都必须充分考虑到人和任何其他要素之间的关系和相互作用,以人为中心进行设计。其包括人机关系,环境对人的影响,人工作的主动性、积极性、创造性、激励方法等,寻求合理配置人和其他因素,建立适合人的生理、心理特点的人机环境系统,使人能够充分发挥能动作用,在生产中既能提高效率,又能安全、健康、舒适地工作,并能更好地发挥各生产要素的作用。

(4) 重点是面向微观管理。

为了达到减少浪费,降低成本的目的,工业工程重点面向微观管理,从工作研究、作业分析、动作与微动作分析到研究制定作业标准、确定劳动定额。从各种现场管理优化到各职能部门之间的协调和管理改革等都需要工业工程发挥作用。

(5) 工业工程是系统优化技术。

工业工程强调系统优化技术,而不是某一生产要素或某个局部对象的优化,最终追求的是系统整体效益的最优化。所以,工业工程从提高系统的生产率这一总目标出发,对各种生产资源和环节做具体的研究、统筹分析、合理的配置,对种种方案做定量化的分析比较以寻求最佳的设计和改善方案,这样才能充分发挥各要素和系统的功能,使之协调有效地运行。

三、工业工程的职能

工业工程是探索最有效地利用人力、物料、设备、资金和信息的途径,来对整个系统进行设计、改善和设置。它的功能具体表现为:规划、设计、评价和创新。

1. 规划

规划是确定一个组织在未来一定时期内从事生产所应采取的特定行动的预备活动,一般包括宏观规划和微观规划两大部分。宏观规划包括产业政策、产业结构分析、产业政策、技术发展规划、工业教育及培训规划等;微观规划包括企业新产品开发规划、业务发展规划、企业经营战略、技术更新和改造、安全环境规划、质量成本规划、产品标准及系列化规划、职工教育及人力资源开发规划等。

系统规划可以确定组织的目标与企业的战略、实施战略与策略的计划及流程、配置战略与策略的全部实施方案及流程、测量参数与评价(估)系统和保证规划正确执行的有效管理及控制,是协调资源利用、获得最佳效益的重要工具。

在规划中,工业工程师的核心作用是有效地参与和辅助进行企业目标的定位、企业战略的制定和策略的展开。实践证明,工业工程师可以利用现代工业工程的方法与技术全面地参与和辅助定位、战略与策略的展开及有效地实施它们。

2. 设计

为实现既定目标,建立具体实施系统的活动,是工业工程最主要的功能之一,主要有:

(1) 系统设计与实施,包括制造过程系统、质量保证系统、组织结构系统、信息管理系统、物流系统(工程选址、工厂布置、工程项目总体设计、设施设计等)和支持系统(网络数据库)等。

(2) 工作研究与实施,包括生产流程设计、生产技术选择、作业程序方法设计、作业时间及动作标准制定、作业环境设计、人力资源开发与设计等。

(3) 制造过程控制,包括制造资源计划、质量控制与可靠性、生产计划与控制、过程成本控制。

(4) 标准制定与实施,主要有设计标准、质量标准、工作标准、规范与规程制定、工业安全、卫生、环保系统标准与规范等。

(5) 企业重组与再造,主要有虚拟企业设计与实施、各种现代制造方式的设计与实施、经营过程设计与再造、职工培训和教育的设计与安排,等等。

3. 评价

系统评价功能主要是借助各种分析评价工具对系统的效益或成果进行评价分析,以达到最优的结果,为管理者的决策提供科学依据,避免决策失误。系统评价主要包括技术经济发展预测评价、投资分析、产品设计评价、工程经济分析与评价、各种规划设计方案的评价、现存各子系统的评价、质量与可靠性评价、职工业绩与职务评价、评价指标及规程、技术评价、奖惩机制建立与评价、宣传教育系统结果评价等。

4. 创新

创新是企业发展的根本源泉,通过对系统的分析评价、完善改造以达到促进系统不断创新的目标,是工业工程的特色功能之一。创新主要包括产品改进,工艺改进,设施改进,系统组织改进,工作方式改进,技术创新的激励与组织,新产品、新技术的工作开发等。

图 1.1 是工业工程的基本职能及其典型内容。

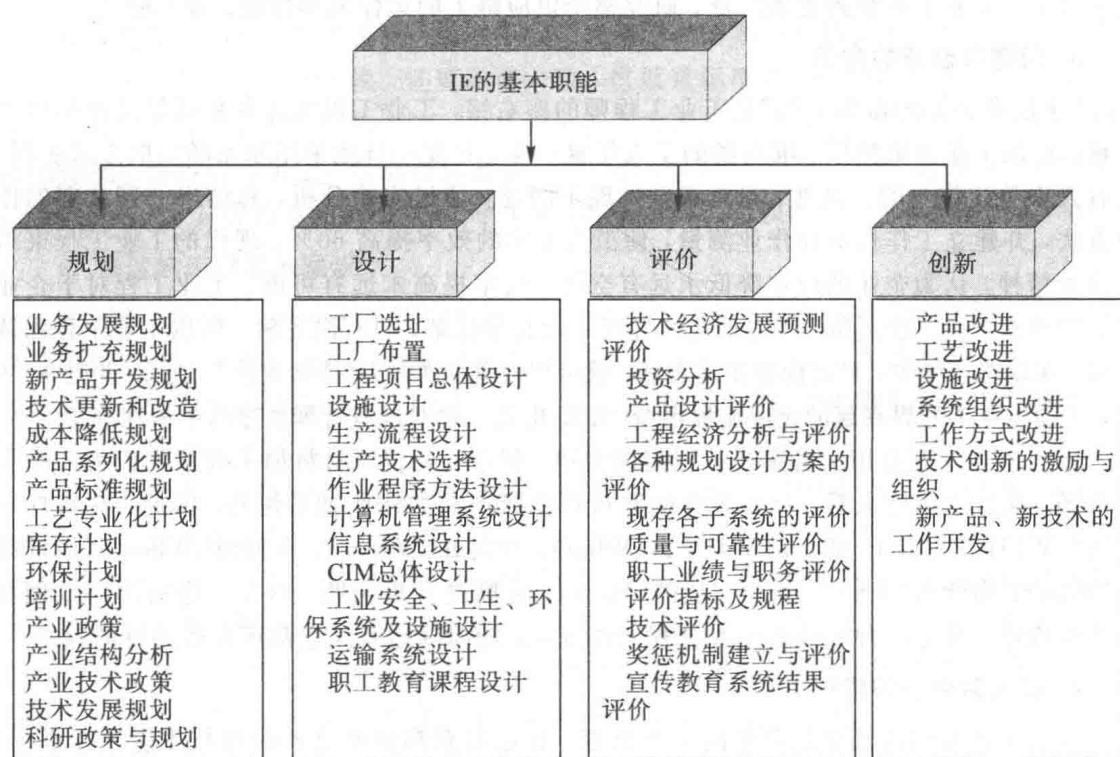


图 1.1 工业工程的基本职能及其典型内容

四、工业工程的认识

所谓工业工程的认识,就是工业工程方法论的灵魂,是我们看待问题的视角。与其说工业工程是技术、是方法,不如说工业工程更是一种思想、哲理、认识。工业工程强调培养改进和锐意创新的精神与求实活动,学习工业工程的核心是培养工业工程认识(观念)。因此,应特别注重工业工程认识(观念)的教育、培养和反复训练。

1. 成本和效率的认识

工业工程追求整体效益最佳(以提高总生产率为目标),必须树立成本与效率的认识。一切工作从大处着眼,从总目标出发;从小处着手,对每个细节都力求节约,杜绝浪费,寻求以成本最低、效率更高的方法去完成各项工作。

工业工程的沿革中,内涵和外延不断变化,工具和方法不断更新,始终不变的就是对“效率”的追求。工业工程“效率”的含义是资源被充分合理地利用,效率通常反映为时间的利用率。我国的制造业作业环节中有效时间的比例很低,因此减少无效时间、提高时间利用率是需要企业不断改善的工作。

2. 全局/整体的认识

工业工程遵循系统论和系统工程与分析的观点,处理任何问题都须从全局/整体、全过程、全寿命的角度进行调查、测试、研究、分析、评价与决策,按全部潜力发挥为准绳,匹配、整合、系统地集成规划、实施与测评。在泰勒时代,工业工程研究动作和流程的经济性;到20世纪70年代以后,我们研究的是作业管理,是整个作业系统如何更好地优化;而到了今天,工业工程视野更加广泛,研究整个供应链上的运作成本最低、效率最高。

3. 问题与改革的认识

“永远有更好的做事方法”是工业工程师的座右铭,工业工程之父泰勒就是这种精神的体现。在他工作的钢铁厂,堆料场的工人年复一年、日复一日地采用原始随意的方式铲料,没有人去关注作业的合理性,只有泰勒发现了问题,通过实验分析,总结出一套合理的作业方法,并建立工作标准和作业测量,使工人工作的效率提高60%。现代的工业工程秉承了这种精神,认为企业的成本降低永远有空间,效率提高永远有可能。工业工程对于企业效率的改善不是一步到位,因为现实的管理中没有最优解,只有满意解,所以工业工程强调应用,在动态环境中,只要构想比现实好,就可以改善,称之为“持续改善”。在20世纪90年代,美国工业工程界兴起的企业流程再造(BPR)也是一种对现有管理秩序的革命性改变。

如何培养问题认识?答案是认识何谓浪费。制造业要将原材料加工或装配成为产品卖到市场,从这个角度来看,只要无法使原材料变成产品的作业就是浪费。因此,在每件事上按“5W1H法”提问,即:完成了什么(What)、在何处(Where)、在何时(When)、由谁完成(Who)、为什么(Why)、怎样完成的(How)。它既是发现问题,启发与进行改革或创新的工作程序,又是一种有效的工业工程工作方法,随时随地利用它都可以收到好的效果。

4. 以人为中心的认识

人是生产经营活动中最重要的一个要素,其他因素都要通过人的参与才能发挥作用,必须坚持以人为中心来研究生产系统的设计、管理、革新和发展,调动起人人参与的积极性,发挥绝大部分成员的创造性与主动性。