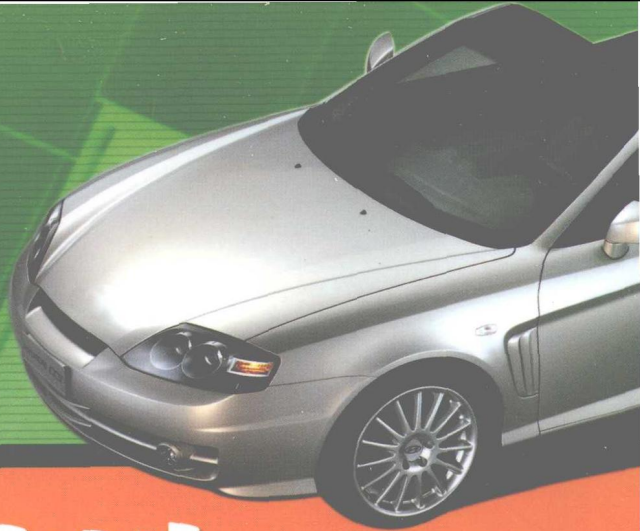




汽车制造 工业工程

张超勇 冯佩兰 李峰 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车制造业工程

张超勇 冯佩兰 李 峰 等编著



机械工业出版社

工业工程 (IE, Industrial Engineering) 是一门管理与技术相结合的工程学科, 它是以生产为对象、以提高效率和效益为目的的技术, 在汽车制造业中有很高的应用价值。本书以汽车制造企业实际生产中工业工程的应用为例, 详细介绍了怎样通过应用工业工程来实现精益生产方式。

全书共 14 章, 分别介绍了工业工程的发展和研究范畴、系统分析的概念和基本内容、工作研究、方法研究、程序分析、作业分析、动作分析、作业测定、作业管理、工时测定和工时抽样, 并详细介绍了汽车生产应用模特法的实践。同时, 本书还介绍了精益生产方式的内容及其具体实施方法, 并且针对汽车企业的特点, 讲解了生产线平衡方法并给出了 Pro-planner 软件对生产线进行平衡的应用实例。

本书内容翔实, 案例丰富, 可作为汽车企业生产制造和流程设计人员的自学教材, 也适合汽车制造、工业工程等专业的师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车制造工业工程/张超勇, 冯佩兰, 李峰等编著. —北京: 机械工业出版社, 2009.1

ISBN 978 - 7 - 111 - 25489 - 8

I. 汽… II. ①张…②冯…③李… III. 汽车工程—基本知识 IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 168855 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 连景岩 责任编辑: 连景岩 杜凡如

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈立辉

封面设计: 马精明 责任印制: 李 妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.5 印张 · 427 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 25489 - 8

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379349

封面无防伪标均为盗版

前 言

风靡世界的精益生产方式正在现代企业,特别是汽车制造业中推行。本书就汽车制造讲解了怎样通过应用工业工程来推行精益生产方式。精益是美国麻省理工学院数位国际汽车计划组织的专家对日本丰田“准时化生产(JIT)方式”的赞誉之称。实践证明,现场工业工程既是精益生产系统的基础工程技术,又是科学客观的管理技术,同时也是精益生产的重要组成部分及方案结果的评价方法。工业工程(IE, Industrial Engineering)是一门管理与技术相结合的工程学科,它的整体性、系统性观念非常重要。在产品制造程序分析时,首先应该审定产品设计,即产品结构、精度是否合适,以及材料的选择对加工成本的影响,即在生产之前就决定了产品的工艺程序及成本合理性。均衡化生产是提高效率和降低成本的关键。而工艺方案的确定,工艺装备的选择,工艺能力分析(有无瓶颈工序的存在),物流的合理性分析,流程程序分析及布置和径路分析,不仅可以减少各种资源的大量浪费,也是达成均衡化生产的重要方法。

在企业管理中,做好IE的研究工作有如下意义:其一,进行IE的方法研究与时间研究,制订科学合理的劳动定额,使生产(拉动式准时化生产)管理、成本核算、人力资源管理等有依据,才谈得上科学管理。其二,进行精益生产的推进,也就是进行5S活动与定置管理,生产现场工人的操作方法能够标准化,从而制订科学合理的劳动定额和岗位培训,进行生产现场的不断改善和提高。其三,进行全员的现代科学技术和管理的广泛学习教育,建立企业的团队精神,促成科学技术和管理的推进。

本书不仅详细论述了工业工程的理论和方法,还将其与汽车企业应用实例结合起来,使读者能够对IE理论有更深入的理解。管理学上有一条重要的管理原则:没有“最好的”的管理模式,只有“最合适”的管理模式。由于不同企业所处的“情境因素”(内部条件与外部环境)各不相同,其管理方式也千差万别,独具个性。

全书共14章。第一章是工业工程导论,主要介绍了工业工程的发展和研究范畴;第二章至第九章分别介绍了工业工程中基本工作方法;第十章和第十一章主要介绍了时间标准法和模特排时法;第十二章和第十三章主要介绍了精益生产方式的内容及其具体实施;第十四章介绍了生产线平衡方法并给出了Proplanner的生产线平衡应用软件对生产线进行平衡的应用实例。

本书由华中科技大学机械科学与工程学院的张超勇,东风汽车公司人事部冯佩兰工程师和湖北汽车工业学院机械工程系的李峰、朱传军、王保华、吕万华、裴玲、陈建国、官爱红、周学良和胡明茂等编著,东风商用车公司人事部的刘建友高级工程师为本书的出版提供了很多帮助,东风汽车公司商用车公司发动机厂的吕万华高级工程师为本书提供了大量的案例,董燕菊不辞辛劳地为本书初稿断行录入和校对,在此一并表示感谢。

本书编写过程中参阅了大量参考书和文献资料,主要参考资料目录已列在书后,在



此对有关作者表示衷心的感谢。在完成本书的过程中，还得到了湖北汽车工业学院教务处张友兵处长和机械工程系常治斌教授的大力支持、帮助和鼓励，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，错误疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

本书是根据《汽车制造业工程》课程的教学大纲，结合编者多年的教学经验和工程实践编写而成的。本书可作为高等院校汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车工作的工程技术人员参考。本书共分五章，第一章介绍汽车制造业工程的发展概况、特点及分类；第二章介绍汽车制造业工程的管理；第三章介绍汽车制造业工程的设计；第四章介绍汽车制造业工程的制造；第五章介绍汽车制造业工程的售后服务。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进，力求做到理论与实践相结合，力求做到知识性与趣味性相结合。本书可作为高等院校汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车工作的工程技术人员参考。本书共分五章，第一章介绍汽车制造业工程的发展概况、特点及分类；第二章介绍汽车制造业工程的管理；第三章介绍汽车制造业工程的设计；第四章介绍汽车制造业工程的制造；第五章介绍汽车制造业工程的售后服务。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进，力求做到理论与实践相结合，力求做到知识性与趣味性相结合。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，并得到了湖北汽车工业学院教务处张友兵处长和机械工程系常治斌教授的大力支持、帮助和鼓励，在此表示衷心的感谢！由于编者水平有限，错误疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

本书共分五章，第一章介绍汽车制造业工程的发展概况、特点及分类；第二章介绍汽车制造业工程的管理；第三章介绍汽车制造业工程的设计；第四章介绍汽车制造业工程的制造；第五章介绍汽车制造业工程的售后服务。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进，力求做到理论与实践相结合，力求做到知识性与趣味性相结合。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，并得到了湖北汽车工业学院教务处张友兵处长和机械工程系常治斌教授的大力支持、帮助和鼓励，在此表示衷心的感谢！由于编者水平有限，错误疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

本书共分五章，第一章介绍汽车制造业工程的发展概况、特点及分类；第二章介绍汽车制造业工程的管理；第三章介绍汽车制造业工程的设计；第四章介绍汽车制造业工程的制造；第五章介绍汽车制造业工程的售后服务。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进，力求做到理论与实践相结合，力求做到知识性与趣味性相结合。

本书在编写过程中，参考了国内外有关文献，并得到了湖北汽车工业学院教务处张友兵处长和机械工程系常治斌教授的大力支持、帮助和鼓励，在此表示衷心的感谢！由于编者水平有限，错误疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

前言		的构成	95
第一章 工业工程导论	1	第八章 工时测定	100
第一节 引言	1	第一节 测时	100
第二节 工业工程的发展简史	4	第二节 工时评定	105
第三节 工业工程的活动内容	7	第三节 工作日写实	108
第四节 工业工程的功能	9	第九章 工时抽样	115
第二章 工作研究	12	第一节 工时抽样概述	115
第一节 工作研究概述	12	第二节 工时抽样原理	116
第二节 汽车生产应用工作研究的实施步骤	14	第三节 工时抽样的方法与步骤	120
第三章 方法研究	17	第四节 工时抽样的应用举例	125
第一节 方法研究概述	17	第五节 工时抽样方法的优缺点	129
第二节 生产过程与方法研究	18	第十章 预定动作时间标准法	130
第三节 方法研究的分析技术	20	第一节 预定动作时间标准概述	130
第四章 程序分析	22	第二节 汽车生产应用 PTS 法制定时间标准的步骤	132
第一节 程序分析概述	22	第十一章 模特排时法	137
第二节 工艺程序分析	26	第一节 模特排时法概述	137
第三节 流程程序分析	32	第二节 模特排时法的动作分类	138
第四节 布置和径路分析	48	第三节 汽车生产应用模特法的实践	151
第五章 作业分析	53	第十二章 精益生产方式	155
第一节 作业分析概述	53	第一节 精益生产方式概述	155
第二节 作业方法分析	54	第二节 精益生产方式的基础	159
第三节 人与工具、设备、原材料相关的作业分析	58	第三节 精益生产管理方法的特点	164
第四节 作业环境条件分析	71	第四节 精益生产方式管理的基本原则	166
第六章 动作分析	73	第五节 精益生产的结构体系及主要项目	168
第一节 动作分析概述	73	第六节 精益生产方式的基本内容	169
第二节 动素	75	第七节 精益生产方式构成要素的相互关系及与原生产方式的区别	171
第三节 动素分析	82	第八节 认识浪费和消除浪费的方法对策	173
第四节 动作经济原则、提问技术及“ECRS”技巧	85	第十三章 精益生产方式的实施	180
第七章 作业测定	91	第一节 实施精益生产方式的基石——5S	180
第一节 作业测定概述	91	第二节 实现精益生产的重要手段——看板管理	200
第二节 作业测定的主要方法及其特点	93	第三节 生产同步化	205
第三节 作业测定的阶次	94		
第四节 工时消耗分类和标准时间			

第一章 工业工程导论

第一节 引言

当今科学技术迅猛发展,管理日益科学化,促使 IE(工业工程)这门管理与技术相结合的学科发展更加完善,更加切合时代需求。经济学上,用生产率来衡量生产系统的转换功能,表示生产要素的使用效率(生产率=产出/投入)。如果能用较少的资源投入得到更多的产出,则表明生产率提高了,也就是具有更高的经济效益,可获得更大的利润。因此,生产率成为生产活动中最为人们关心的一个指标。事实上,任何企业都以为社会提供产品和服务,不断追求更高的生产率和利润为目标。

生产率的提高主要取决于生产过程中如何充分有效地发挥生产要素的作用,提高效率。人们为了提高生产率所做的努力集中表现为改进生产技术和和管理两个方面,不断发明新技术、新工艺,创造新工具、新机器和科学的管理方法。正如人们常说的,技术和管理是生产和经济发展所依靠的两个轮子。实践证明在工业化生产中,技术和管理只有很好地结合起来才能获得理想的效果。

工业工程就是人们致力于提高工作效率和生产率、降低成本,在实践中产生的一门学科,就是把技术和管理有机地结合起来,去研究如何使生产要素组成生产能力更高、运行更有效的系统,是实现提高生产率目标的工程学科。

科学发展与技术进步导致新的生产技术和科学管理原理及方法不断出现,为工业工程的发展和应用创造了条件。工业工程的应用极大地推动了生产发展和经济增长。经济发达的国家人均国民生产总值已经高达数千乃至一万美元以上,而许多发展中国家的人均产值还不足数百美元。这种差别除了历史和物质技术基础等方面的原因外,是否重视发展和广泛应用工业工程这门提高生产率的技术也是一个重要因素。

所以学习和应用工业工程,不仅直接有利于企业自身提高效益和利润,而且有利于加强企业对市场的快速反应能力,优化企业组织机构和运作管理方式,使企业在激烈的市场竞争环境中求得生存和发展。

一、学习改变观念,观念改变行动,行动改变命运

经济改革的成功,不仅需要观念的及时更新,而且需要观念的超前变革。然而,观念的除旧布新需要人们重新学习、重新认识,要在提高我们的科学文化水平的同时,进行观念上的启蒙教育,才能强化现代意识,更新社会观念。

学习不仅仅是学习文化知识,更要学习应用知识。学习就是提升创新能力的过程,达到学习、创新、超越。

著名经济学家厉以宁说过:“知识经济的时代已经来临,企业不创新就没有前途,没有



人才就无法创新,人才来源于我们不断地培养和学习。”实践证明“创新是企业的灵魂,人才是企业的动力,学习是成才的根源”。企业的发展在于创新,东风汽车公司各生产厂通过员工的不断学习和创新,改进、改善生产的作业环境、效率、产品质量,完善了企业制度,增强了企业发展后劲。然而人才的界定是以其劳动的价值量作为评价标准的,人才是指有能力的人,而绝不是由其从事什么工作决定的。东风汽车公司生产现场的创新和改善大都由生产工人完成,通过学习和创新涌现出了一批优秀人才。

二、科学管理：管理科学发展了科学管理

1. 什么是科学管理

科学管理是一种新的管理思想和管理方法的统一。作为一种管理思想,它能使企业文化内涵丰富,即创建企业员工的和谐精神(团队精神);作为一种管理方法,它强调一切管理活动都必须建立在科学调查研究和分析的基础上,工人以科学的工作方法从事生产活动,管理人员以科学的管理方法从事管理活动,而不是凭经验办事。

科学管理正是通过管理思想和方法的这种转变来保证劳动生产率和管理效率的提高,没有以上两个方面的彻底革命精神,科学管理就不会存在。

2. 科学管理的目的

科学管理的中心问题在于谋求:一、最高的工作效率(能力与工作相适应、标准化);二、较高的工资和较低劳动成本(差别工资);三、有能力扩大再生产。

3. 科学管理的原则

(1) 古典泰勒(F.W.Taylor)科学管理原则

- 1) 为员工(工人、管理及技术人员)制定科学的工作方法,强调工作都有最佳方法。
- 2) 科学地选择(竞争者素质)和培训,培养员工。
- 3) 衷心地同员工合作,保证各项工作按照已制定的科学原则来做。
- 4) 管理者比员工更应承担相称的职责、风险,即责、权、利对等。

(2) 现代科学管理原则(思想和方法)

1) 系统性:集合性(资源要素有机整体)

目的性(各项活动符合系统运行目的)

相关性(各要素构成了相互区别、相互联系、相互依存的整体)

层次性(各层次有独立性,又是大系统的一部分)

环境适应性(组织系统与外界保持一种相对稳定的和谐状态)

动态性(系统的运动目的和功能会随着时间的推移发生变化)

要充分认识系统的各种特征,在处理和解决具体的管理问题时,注重事物的整体性,不能脱离整体效应,片面追求分系统的完美。

2) 信息—反馈原则。管理的信息—反馈原则是指管理中心信息作为组织决策的依据,要以大量的、可靠的信息作为进行管理的基础。现代企业要充分认识信息特征,通过信息的有序处理才能正确认识组织活动,科学合理地配置组织资源,适应外部环境变化。管理是否有效在相当程度上取决于信息反馈是否灵敏、准确,是衡量组织是否有旺盛的生命力、是否具有较强的外部环境适应能力的重要标志。



3) 效率—效果原则。管理的目的是追求组织活动的效率和效果,所谓效率是指投入和产出的关系。管理要关心如何使资源投入最小化或产出最大化。然而,仅仅关心效率是远远不够的,管理还必须使组织实现预定的目标,即追求活动的效果。所谓效果,是组织产出被社会接受和实现的程度。

从总体上看,效率和效果是统一的,两者都好,这样的组织才有生命力、竞争力,才能够得到社会承认,实现组织目标。如果只顾效率、忽视效果,这样的组织存在着一种危险,即效率越高,失败的可能性越大;如果只顾效果,虽然组织工作目标实现了,但造成浪费,也会使组织缺乏持久的发展动力,危及组织的生存。

4) 责、权、利统一原则。在管理中责任、权力、利益三者要统一,也就是说:负多大的责任,即享有相应的权力,并获得与之相等的利益。责、权、利统一对激励各级管理者和员工有着重要意义。特别是主管人员在履行责任时既有外部权力保证,又有内部利益激励,是实现管理有效性的客观机制。

5) 权变原则。管理是一项复杂多变充满变数的活动,在很多情况下,没有统一的处理模式,要因时间、地点、人员的不同,采取适当的管理方式和方法。权变原则就是要认识管理是一种社会科学,与自然科学不同,多数情况下得到的是一个模糊的结论,而且结论也不是惟一的,而是多样性的。要因地制宜,没有一成不变、普遍适应的最好原则和方法,一切管理和对策,必须根据企业所处的内部环境,而权宜应变也意味着管理理论的研究向实用主义方向发展。

6) 发展原则。管理是不断发展的,不是一成不变的。发展原则的含义是承认管理的理论和方法处于不断认识的过程中。它是一项创新性的活动,也是一个不断创新的过程。

7) 服务原则。管理源于作业,从工作层次上看,它高于作业,但最终又服务于作业。

4. 科学管理的特点

(1) 综合性 管理学主要研究组织中的管理活动,用管理理论指导管理实践。而管理实践是错综复杂的,将实践经验上升为管理理论,又用管理理论去指导实践,这些都需要广博的、多方面的知识。

(2) 广泛性 管理活动普遍存在于各类组织中,管理渗透到社会的各个方面,涉及每一个社会成员。

(3) 实践性 管理科学是一门为管理者提供管理理论、管理原则和方法,实践性很强的应用学科。只有管理理论与实践相结合,才能真正发挥管理学的作用。

(4) 不精确性 在管理过程中,在已给定的条件下,可能产生不同的结果。因为管理学的理论还要根据被管理者的情况、管理的外部环境及人们的心理需要而具体运用。单一的、固定的模式是不能取得成功的。

(5) 客观性 各种组织由于社会化活动而存在,这种社会化活动是一种社会客观现象,管理正是从实际出发,揭示组织社会化活动中的客观规律。

三、科学管理与工业工程的关系

科学管理的目的与 IE 是一致的,但科学管理是运用“行政、组织、人事、财政、金融、贸易及法律”等权力手段,来保证生产、技术开发和各种工程活动得以顺利进行和实现,从而保证工业的系统功能得以充分发挥和顺利运行。“权力”是管理职能的标志,包括“决策、



组织、领导、协调、控制”的权力行为。

1) 决策,是从多种可供选择的行为方案中抉择一种以达到预定目的的权力行为。决策是管理的最高权力形式,IE只能为之提供科学依据,而不能代替。

2) 组织,是把应做的工作分成若干可掌握的任务,并分配各类资源,以达到预期效果的权力行为。

3) 领导,是“掌舵”的权力行为,把工作导向目标。领导是一种权力,也是一种艺术,IE不研究领导艺术。

4) 协调,领导的一种艺术形式,把多方面的力量拧成一个合力,导向一个既定的目标。协调具有权力,管理者也应把这种权力授予其所属的每一个职工,变成他们的职责,善于引导他们去互相协调。

5) 控制,是决策的另一种形式,从系统收集的管理信息中判断某种作业是否偏离既定计划或准则而及时做出临时的决策。IE可为科学管理的控制职能设计准则和信息系统,在领导者的授意下也可直接执行某些控制职权(例如质量控制)。

可以说,IE与科学管理的目的都是为了“把人力、物资、能源、装备、信息和生产技术组成一个更加有效、更加富于生产力的综合系统”,只是做法不同,主要表现在:

1) IE运用科学技术知识,采取规划、设计、评价和创新的工程方式;而管理则运用行政、组织、人事、财政、金融、贸易及法律等手段,采取决策、组织、领导、协调和控制等行为。

2) IE研究如何发挥科学技术的力量,以提高工效;管理则研究如何运用好各种调控手段,以取得最大利益。例如,人的因素是IE和管理都十分重视的研究课题,IE从时间和动作研究等科学实践入手,结合心理学、生物学、人体工程学、医学和美学等科学原理去改进各种劳动设施的设计和工作环境的布置,减轻人的身心负荷和疲劳来提高工效;而管理则研究人的心理活动和行为表现,因势利导,或晓之以理,或动之以情,或施之以利,或绳之以法,以期规范人的工作行为。

3) 管理工作是周而复始的例行业务,不可一日中断,而IE的工作则常以工程项目的形式定期或不定期进行。

4) 管理者与被管理者之间总会产生这样那样的对立;而IE人员是为双方服务的,必须持中立客观的立场。

5) IE是沟通管理与生产技术的桥梁,为管理提供决策的依据,赋予管理以科学的内涵,因而受到管理部门的支持。这样,就使这两个不同概念和不同职能的事物发生密切的关系,但二者的概念不可混淆,二者的职能不可等同。

管理和IE都是适应社会、科学技术和经济的发展而产生,并随之演进的,生产工业化以后管理意识必然会得到增强,同时,也需要有独立的IE学科和组织为之辅助。

第二节 工业工程的发展简史

一、工业工程的起源

工业工程是工业化生产的产物,一般认为是19世纪初起源于美国,并且是从泰勒等人



创立的科学管理发展起来的。当时的工业生产和今天的方式大不相同,那时很少有生产计划和组织,生产一线的管理人员对工人作业只是口头上的指导,工人所受到的训练通常也很差,工作方法缺乏科学性和系统性,主要凭经验办事。作业方法的改进一般都来源于工人自己为找到更容易和更简便的方法完成所承担的任务而自发的努力,完全是一种各自分散的个人行动,几乎没有人注意一个工厂或一个工艺过程的改进和总体协调,因而效率低、浪费大。以泰勒为代表的一大批科学管理先驱者为改变这种状况,对提高工作效率、降低成本进行了卓有成效的工作,开创了科学管理,为工业工程的产生奠定了基础,开辟了道路。

泰勒是一位工程师和效率专家,是“科学管理”的创始人,并且也是一位发明家,一生中获得超过一百多项专利。他的经历使他对当时生产管理和劳动组织中的问题比较清楚,他认为管理没有采用科学方法,工人缺乏训练,没有正确的操作方法和程序,大大影响了生产效率。他相信通过对工作的分析,总可以找到改进的方法,设计出效率更高的工作程序,并致力于研究。他系统地研究了工厂作业和衡量方法,创立了“时间研究”(Time Study),改进操作方法,科学地制定劳动定额,采用标准化,极大地提高了效率、降低了成本。

他提出了一系列科学管理原理和方法,主要著作有:《计件工资》(1895年)、《工场管理》(1903年)以及《科学管理原理》(1911年),这些是系统阐述他的研究成果和科学管理思想的代表作,对现代管理发展作出了重大贡献,并被公认为工业工程的开端。因此,泰勒在美国管理史上被称作“科学管理之父”,也被称作“工业工程之父”。

吉尔布雷斯(F.B.Gilbrethe)是和泰勒差不多同一时期的另一位工业工程奠基人,他也是一名工程师,其夫人是心理学家,他们的主要贡献是创造了与时间研究密切相关的“动作研究”,就是对人在从事生产作业中的动作进行分解,确定基本的动作要素,然后科学分析,建立起省工、省时、效率最高和最满意的操作顺序。

甘特(H.L.Gantt)也是工业工程先驱者之一,他的重大贡献是发明了著名的“甘特图”,这是一种预先计划和安排作业活动、检查进度以及更新计划的系统图表方法,为工作计划、进度控制和检查提供了十分有用的方法和工具,直到今天它仍然被广泛地用于生产计划与控制这一工业工程的主要领域。

二、工业工程发展历程

工业工程形成和发展演变过程,实际上就是各种用于提高效率、降低成本的知识、原理和方法产生和应用的历史。

从科学管理开始,IE发展经历了四个相互交叉的时期,它突出表明了同时期IE的重大发展。

1) 科学管理时代(20世纪初至30年代中期),这是IE萌芽和奠基的时期,以劳动专业化分工、时间研究、动作研究和标准化等方法的出现为主要内容。

2) 工业工程时代(20世纪20年代后期至现在)IE作为一门专业正式出现并不断充实内容。吸收数学和统计学知识,创立了一系列IE原理和方法。还有进度图、库存模型、人的激励、组织理论、工程经济、工厂布置、物料搬运等方法的产生和应用,使管理有了真正的科学依据,不再只是经验的一种艺术。

3) 运筹学(Operations Research, OR)发生影响的时期(20世纪40年代中期至70年代)是IE进入成熟的时期。长期以来缺少理论基础,直到二次世界大战以后,计算机和运



筹学等的出现改变了这一状况。这些理论和方法,可以用来描述、分析和设计多种不同类型的运行系统,寻求最优结果。用于产品和市场决策,可实现降低成本、提高效率的目标。同时,计算机为处理数据和对大系统进行数学模拟提供了有力的手段。

4) 工业与系统工程(System Engineering, SE)时期从 70 年代开始,系统工程原理和方法用于 IE,使它具备更加完善的科学基础与分析方法,得到进一步发展和更广泛的应用。这个时期出现的主要技术有:系统分析与设计、信息系统、决策理论、控制理论等。IE 与 SE 结合后具有以下特征:从系统整体优化的目标出发,研究各生产要素和子系统的协调配合,强调综合应用各种知识和方法的整体性;应用范围从微观系统扩大到宏观大系统的分析设计,从工业和制造部门扩大到服务业及政府部门等各种组织。

1948 年美国工业工程师学会(American Institute of Industrial Engineers, 简称 AIIE)正式成立(现在已发展成国际性的学术组织),并于 1955 年给出了 IE 的正式定义。20 世纪 50 年代是 IE 奠定完善科学基础、发展最快的 10 年,经过 60 年代和 70 年代的发展,其基础理论则更加充实,开始进入现代 IE 的新时期。到 1975 年,美国已有 150 所大学提供 IE 教育。

工业工程正是由于不断吸收现代科技成就,尤其是计算机科学、OR、SE 及相关的学科知识,有了理论基础和科学手段,才得以由经验为主发展到以定量分析为主;从研究生产局部或小系统的改善到研究大系统整体优化和生产率提高,成为一门独立的学科。IE 不仅在美国得到广泛的发展和应用,而且很快向世界其他许多工业化国家传播,如英国、德国、法国、日本、原苏联、澳大利亚等一些国家和地区,从 50 年代前后相继开始采用 IE。70 年代中期,一些发展中国家,如墨西哥、秘鲁及哥伦比亚等,随着工业化发展,也都开始采用 IE,在大学设置正规 IE 专业。在亚洲,新加坡、韩国和我国的香港、台湾地区,都较早地建立了 IE 教育并完全采用美国的 IE 体制。印度也于 1975 年前后开始建立 IE 教育与应用体制。

三、现代工业工程发展趋势

工业工程的发展具有鲜明的时代特征。现代 IE 就是在现代科学技术和生产力条件下研究生产(工作)系统提高生产率和竞争力的学科。由于现代科学技术和生产力高度发展,尤其是高新技术的出现和应用,今天的生产经营环境和条件与过去相比,发生了很大的变化。其主要表现在:①市场需要多样化,产品生产周期大大缩短,竞争激烈,要求不断开发新产品;②系统、成套产品的服务和市场不断扩大,用户越来越多地需要优质、可靠、系统的服务,如交钥匙工程;③严格保证交货期,提供周到、及时的售后服务;④现代制造技术、组合技术迅速发展,为高速、高效、高精度和优质生产提供了条件;⑤信息技术的发展为生产经营决策科学化和增强应变能力提供了手段。

为了适应这些变化和要求,现代 IE 吸收了越来越多的新学科和高新技术,如信息科学、自动化技术、模拟技术和优化理论等。

现代工业工程的发展具有如下几个显著特征:

(1) 研究对象和应用范围扩大到系统整体 IE 发展史表明,在泰勒时代,主要研究各个作业和改进现场管理。传统 IE 主要研究生产过程,仍属于微观范畴,而现代 IE 则扩展到包括研究开发、设计和销售服务在内的广义生产系统,并进而延伸到整个经营管理系统,已成为研究微观和宏观系统,追求系统整体优化和综合效益的工具。



(2) 采用计算机和管理信息系统 (MIS) 为支撑条件 如前所述, 产品生命周期缩短, 市场竞争激烈, 现代生产必须适应瞬息万变的市场需求。因此, 现代 IE 以能够高速处理数据的计算机为手段, 在生产系统设计中建立完善的信息网络, 因而能够做到信息传递迅速, 反馈及时。这是在现代生产环境和市场条件下, 提高生产率必不可少的条件和手段。因此, 有的学者指出: “在泰勒时代, 把产品生产看作原材料的一系列物理转换, 而现在进入了这样一个时代, 产品生产是由一系列信息变换完成的。”

(3) 重点转向集成 (或综合) 制造 (IM, Integrated Manufacturing) 随着计算科学和自动化技术 (含机器人) 等高新技术的迅速发展, 传统的生产系统结构正经历着根本性的变革, 出现了单元制造 (即能完成一组加工任务的制造单元)、计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)、柔性制造单元和系统 (FMC/FMS)、自动库存和取货系统 (AS/RS) 以及整个生产过程的计算机集成制造 (CIM) 等。研究在这种新的环境中如何处理资源 (主要是人、物料、设备及信息) 协调、控制的一系列问题, 因而产生了像制造资源计划 (MRPII) 和准时制 (JIT) 那样的新的管理技术。现在处于 IE 前沿的就是这些新技术的应用。一些工业发达国家竞相推行 IE 新技术, 获得很大成功, 从而把 IE 这门提高生产率的技术推进到一个新的水平和深度。

(4) 突出研究生产率和质量 提高生产率和质量永远是工业工程追求的目标。随着生产技术、组织和环境的变化, 现代 IE 针对采用现代制造技术, 出现新的生产组织和环境的新情况, 把提高生产率、保证质量放在突出位置, 研究生产率理论、测定方法及相关的问题。例如, 现代制造系统的质量与可靠性保证; 生产率与柔性制造; 在物料需求计划 (MRP) 和准时制 (JIT) 生产环境中的生产率问题等。研究的目的是如何更好地应用先进生产技术, 发展现代制造系统, 不断提高生产率和质量。

(5) 探索有关新理论, 发展新方法 IE 是一门不断发展的学科。为适应 IE 发展的要求, 现代 IE 必须研究生产要素之间的新规律, 为创造新的 IE 技术寻求理论依据。其中最重要的是人和其他管理资源之间的关系, 要解决在高效率设施条件下, 人的适应性和提高生产率的问题。例如, 其中一个重要课题是研究在复杂的计算机控制的多机器环境中人的心理和生理因素, 需要测定各种数据, 寻求相应的人-机关系原理, 为设计高度自动化的系统提供依据。所以, 工效学 (Ergonomics) 的研究正在深入发展。据预测, 工业工程的下一个主要发展领域可能是生物学和生命科学的应用。

除上述特征外, 现代 IE 研究的另一个重点是采用同步工程 (Simultaneous Engineering) 或并行工程 (Concurrent Engineering), 它是一种新的管理思想和方法, 即以用户需求为目标, 使生产从研究开发到设计、制造、销售等各阶段协调配合, 各类人员早期介入前期活动, 同时进行有关工作 (如在设计阶段即做生产准备), 缩短研制时间, 提高效率, 降低成本。

第三节 工业工程的活动内容

从狭义上理解, IE 的研究内容主要指: 工作研究、设施设计、原材料搬运及多机床管理等。从广义上理解, IE 所研究的内容还包括: 生产组织计划和控制、人事管理、材料管理、质量控制、成本预算与控制、价值工程、工程经济、工业安全等广博的内容。在美国的



企业中,形成了一个独立部门——工业工程部。就我国目前来看,多数工业企业内部还没有独立的工业工程部门,但一些合资企业已建立了相关部门。概括起来,工业企业 IE 的主要内容有以下几个方面:

(1) 企业系统分析与诊断 为了企业的生存发展,使企业适应环境的需要,IE 人员应根据企业所处的外部环境和内部条件,对企业进行全面的分析和诊断,发现企业存在的问题,找出薄弱环节,制订改革的方案,制订发展战略规划及行动措施,不断提高生产效率和经济效益。

(2) 设施规划与设计 设施规划与设计是根据某些计划(新建、改建、改造)应完成的功能(生产产品、提供服务),对其各类设施(场地、建筑物、公用工程、与之配套的各类设备)以及人员、投资进行系统地规划与设计。这里所说的设施规划与设计,包括厂址的选择、物流系统分析设计、工厂总平面布置、车间设备的平面布置和物料搬运方法研究。设施规划与设计既适用于新建企业的设施规划与设计,又适用于老厂的技术改造、重大设备的更换、企业局部的改造、生产线的改造、产品更新换代,以及新材料、新工艺的采用引起的物流变化、物流系统的改造等。

(3) 工作研究 工作研究包括方法研究和时间研究。方法研究的目的是要设计最好的工作方法;而时间研究的主要目的是要制定标准时间和各种时间标准。工作研究是工业企业的计划工作、工资工作、劳动组织工作及成本工作的基础。

(4) 人机工程学 它是研究人在各种劳动环境中如何与机械相配合,才能最大限度地发挥作用以提高工作效率的科学。人机工程学研究的内容是:工作环境分析、作业空间分析、工作方法分析、工作负荷分析、作业组织分析及操纵和显示分析。通过对人机系统的总体设计,以达到人机功能的配合。

(5) 工程经济评价和投资分析 投资更新设备,建设新车间,上新产品,应该如何评价其合理性及经济性,也是工业工程的一个重要应用领域。工业工程采用投资回收期法、现值法和内部收益率法等,解决了资金投入时价值的计算与比较,可以为决策者提供投资的决策依据。

(6) 生产和库存的计划控制 以制造业为例,制造业的生产系统,从材料进厂开始,到成品出厂的各种作业工序、材料、人员的计划、调度与控制以及与之相适应的生产组织,是保证整个生产系统有效运行的关键。生产和库存计划与控制的任務就是分析研究生产和库存控制的理想方案,以最少的资金占用,最低的生产成本,保证生产的连续性、节奏性、均衡性。保证生产合理运转,从而达到高效率和高效益的统一。为适应现代市场变化的需求,现代生产与库存计划控制方法已发展为计算机辅助计划控制系统。该系统发展了传统的库存控制方法和经济定货批量、经济生产批量的原理,将采购、毛坯制造、机械加工、整机装配作为一个整体来研究,再结合现代生产工程的新发展,推出了面向零件的生产系统,成组制造系统、模块生产系统,FMS 及 CMS 系统,在运行管理上采用了 MRP(物料需求计划)或 MRPII(制造资源计划)等计划控制原理和 JIT(准时生产制)方法,在单一品种大型项目的生产控制中广泛采用 PERT(计划评审法)等网络计划技术。

(7) 质量保证 为保证产品或工作质量进行的质量调查、计划、组织、协调与控制等工作,其中最主要的是根据对产品和生产过程的分析,为达到规定的质量标准,利用科学方法对生产进行严格控制,以工作质量保证产品质量。



(8) 生产现场的定置管理 生产现场是生产产品的第一线,产品质量、生产效率和成本的消耗都发生在生产的现场。生产现场的改善对于提高效率、提高质量、降低成本,起着根本的作用。生产现场的工作对应着企业许多的科室与管理部門。生产计划调度部門关心现场的生产进度和在制品数量;工艺部門负责指导生产现场操作者的工艺规程,检查工艺纪律,负责提供适当的工位器具;IE 部門负责制定生产现场的作业标准,劳动定额;质量部門负责监督产品质量,各作业地设备的精度(工序能力)。这些部門都必须协调好,才能使生产现场的工作井井有条。如何协调这些部門的工作呢?通过 IE 的系统研究将工作现场标准化可以取得显著效果,这就是生产现场的定置管理。推行定置管理决不是简单地画一画定置图,即在生产现场画上彩色线条。必須首先进行物流系统分析,确定合理物料流动路线和设备的布置,然后对作业者进行工作研究和人机工程分析,确定合理作业地布置;对生产计划和产品质量进行分析研究,并结合人机工程研究设计合理的工位器具,最后才能将这些合理的定置标准化,使生产环境井井有条。

(9) 工作评价、考核与培训 IE 技术人员,由于熟悉现场作业内容,经常进行作业观测,因此最适于进行工作分析与评价。例如,根据标准化时间值与测得的实际时间值,可以考察作业人员的劳动生产率,并根据现场分析找出作业效率不高的原因。将这些原因划分为作业者的原因和非作业者的原因,非作业者的原因通过改变管理,改变作业环境等措施加以改善,作业者的原因可以通过改进作业方法和操作标准化训练等方法加以改善。工作评价不仅适用于生产工人,而且还适用于一般业务的职员,因为,对一般事务处理业务,同样也可以制定标准时间,也可以考核其工作效率。

第四节 工业工程的功能

工业工程(IE)是研究由人、物料、设备、能源和信息所组成的综合系统,进行规划、设计、改进(改善)和设置(实施)的工程技术。它综合运用数学、物理学等自然科学和社会科学方面的专门知识和技术,以及工程分析和设计的原理和方法来确定、预测和评价由该系统可得到的结果。

针对一个企业这样的系统,IE 的功能具体表现为规划、设计、评价和创新等四个方面。

(1) 规划 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,包括总体目标、方针政策、战略和战术的制定,也包括分期(短期、中期、长期)实施计划的制定。它是协调资源利用,以获得最佳效益的重要工具。IE 从事的规划侧重于技术发展规划。

(2) 设计 实现某一既定目标而创建具体实施系统的前期工作,包括技术准则、规范标准的拟订,最优方案选择和蓝图绘制。IE 的设计不同于一般的机器设计,而是侧重于工程系统设计,包括系统总体设计和部分设计,观念设计和具体工程项目设计等。

(3) 评价 对现存的各种系统、各种规划和计划方案以及个人与组织的业绩作出是否符合既定目标或准则的评审与鉴定活动,包括各种评价指标和规程的制定及评价工作的实施。IE 评价是为高层管理者的决策提供科学依据、避免决策失误的重要手段。

(4) 创新 对现存各种系统的改进和提出崭新的、富于创造性和建设性见解的活动。任何一个系统,不论是一种产品、一条生产线、一个企业,还是一个产业部門,都将随着时间



的推移而耗损、老化,乃至失效衰亡,只有通过创新才能使其获得新的生命力。所以,创新是系统维护和发展的的重要途径。

IE 是一门管理与技术相结合的工程学科,是以生产为对象,以提高效率和效益为目的的技术。IE 是将现代科学技术转化为现实生产力的技术,IE 采用系统化、专业化和科学化的思想方法,是工程技术和科学管理有机结合的交叉学科。从生产技术来讲是指本身的制造、加工或组装的技术;就精益生产方式来说,技术的改善非常重要,但技术与此相结合的管理的改善更是十分必要,如机器设备的布置方式、生产线的设计安排,物品流动的方式,以及作业人员的配置及运用的观念等许多方面仍然存在着传统管理观念。管理与技术相结合进步甚微,主要是忽视了管理与技术相结合的重要性,以及缺乏这方面的认识。因此,我们需要学习 IE 理论,重视技术与管理相结合,并加以实践,从而提高企业竞争力,以求企业的持续发展。

目前企业增强了应用 IE 的自觉性和紧迫性。在日本企业中,从厂长到工人都知道 IE 是一门与企业生产经营密切相关的技术,是提高企业产品质量、降低成本和提高生产率的重要方法,并且在实践中创造了一些体现 IE 综合系统和追求整体效益的技术和方法(精益生产方式)。

现代 IE 强调系统性,要为从市场分析、制造过程一直到销售战略、售后服务等整个系统的良性运行作出贡献。在现代市场竞争的环境下,应把市场发展战略的研究放在突出的地位。IE 思想注重系统整体效益,要同时实现提高质量、降低成本、提高生产率和缩短生产周期等综合目标,同时注重人才的培养。未来的国际竞争,是综合国力的竞争,归根到底是人才的竞争。IE 是对有关人员、物资、设备、能源和信息等组成的整体系统进行设计、改进和实施的一门学科。它致力于提高企业生产率和产品质量,降低生产成本,加强企业对市场的快速响应能力,优化企业组织机构和运作管理方式,促进现代企业制度的形成。

任何一门工程学科都有其特定的对象和目标,机械工程的目标是研究设计各种优质、高效的机器和车辆等机械性质的系统;电气工程的目标是设计电气装置等;化学工程的目标是研究开发新型化工产品(如塑料)和流程;建筑工程的目标是设计各种建筑物(如房屋和桥梁)等,工业工程的目标是什么呢?《美国大百科全书》(1982 年版)对 IE 的解释是:“工业工程是对一个组织中人、物料和设备的使用及其费用作详细分析研究,这种工作由工业工程师完成,目的是使组织能够提高生产率、利润率和效率。”

工业工程的目标就是使生产系统投入的要素得到有效利用,降低成本,保证质量和安全,提高生产率,获得最佳效益。其作用就是:

- 1) 对系统进行规划、设计、评价与创新。
- 2) 生产系统、物流与信息系统的优化技术。
- 3) 企业症结的诊断技术。
- 4) 挖掘潜力、保证质量、提高企业生产率和经济效益的“点金术”。
- 5) 杜绝浪费、节约能源的挖潜技术。
- 6) 提高企业素质,增强企业竞争能力的“健身术”。
- 7) 制定工作标准的科学方法。
- 8) 健全企业激励机制和发挥人力资源作用的重要手段。

图 1-1 所示为工业工程的功能示意图。