

# 工业工程概论

王恩亮 编著

工业

7  
东北大学出版社

## 前 言

工业工程(IE)是一门应用性很强的、综合交叉性的边缘学科,是美国十大工程学科之一,而且又是发展最快、最热门、人才最奇缺的学科之一。工业工程师成为倍受尊重的职业。

发达国家数十载成功应用的实践与经验证明,工业工程是世界上研究发展近百年的技术与管理有机结合的一门工程技术,其宗旨是降低成本、提高质量、提高工作效率,追求系统整体优化。由于IE起源于科学管理,为管理提供方法和依据,具有管理特征,亦常被当作管理技术。工业工程广泛应用于制造业、建筑业、交通运输、航空航天、邮电、农场管理、旅游业、医院、银行、学校、军事,乃至政府部门。它在国民经济中占有重要的地位和作用。

工业工程在日本、德国的经济复苏和崛起中起到极其重要的作用,它也是“亚洲四小龙”成功的重要因素。在我国台湾省的工科专业中,工业工程已成为考生的首选专业,目前已有48所高等学校设置工业工程专业,在校生27000多人。

然而,工业工程在我国却鲜为人知。编著此书的目的,在于宣传IE,以引起各级领导的关注与重视,结合我国的国情,应用IE,推广IE。IE必将在我国企业和经济发展所依赖的技术与管理这两个轮子中起到重要的桥梁作用,也将推进我国现代企业制度的实施与完善。

中国工业工程分会副总干事张树武先生、北京理工大学姜文炳教授为本书赠送了资料,引证了有关著作的例证和参考资料,并在编著过程中请教过许多专家,在此一并表示衷心感谢。由于水平所限,错误和不足之处在所难免,敬请专家学者和广大读者批评指教。

本书可作为工业工程专业的参考书,普通高校和成人高校理工专业及管理工程专业的教材,亦可作为普及IE的培训教材,同时可供工程技术人员、管理人员、企事业领导参阅使用。

作 者

1996年春节于东北大学

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 工业工程概述</b> .....	(1)
<b>第一节 什么是工业工程</b> .....	(1)
一、引言 .....	(1)
二、工业工程的定义 .....	(1)
三、工业工程的目标 .....	(2)
四、工业工程的职能 .....	(2)
五、现代工业工程的发展趋势 .....	(3)
<b>第二节 工业工程的发展简史</b> .....	(5)
一、工业工程的起源 .....	(5)
二、工业工程的发展历程 .....	(9)
<b>第三节 工业工程学科的形成与发展</b> .....	(9)
一、工业工程学科教育体系的形成与发展 .....	(9)
二、工业工程学科的范畴 .....	(10)
三、工业工程学科的性质 .....	(11)
四、工业工程与工程学、管理科学等学科的关系 .....	(12)
五、工业工程的意识 .....	(14)
<b>第四节 工业工程师及其学术团体</b> .....	(15)
一、工业工程师 .....	(15)
二、工业工程学术团体 .....	(17)
<b>第五节 工业工程的应用</b> .....	(20)
一、工业工程的应用领域和常用技术 .....	(20)
二、企业中的工业工程组织 .....	(20)
三、工业工程的应用效果 .....	(24)
<b>第六节 我国工业工程的应用与发展</b> .....	(25)
一、我国应用工业工程的可行性 .....	(25)
二、我国工业工程学术团体的建立 .....	(26)
三、我国工业工程学科教育体系的确立 .....	(26)
<b>第二章 生产率</b> .....	(28)
<b>第一节 什么是生产率</b> .....	(28)
一、生产率的定义 .....	(28)
二、与生产率含义相似的术语 .....	(28)
三、提高生产率的意义 .....	(29)

四、产量、就业与劳动生产率增长之间的关系 .....	(29)
<b>第二节 生产率测定</b> .....	(30)
一、生产率水平 .....	(30)
二、生产率指数 .....	(30)
三、生产率的种类 .....	(30)
四、生产率计算公式 .....	(31)
五、生产率测定的实施 .....	(32)
六、我国工业生产率测定 .....	(32)
七、全要素生产率 .....	(34)
八、生产函数 .....	(36)
<b>第三节 提高生产率的途径</b> .....	(37)
一、影响生产率的因素 .....	(37)
二、提高生产率的方法 .....	(37)
<b>第四节 生产率管理</b> .....	(40)
一、生产率管理的概念 .....	(40)
二、生产率管理系统模型 .....	(41)
三、生产率评价 .....	(42)
四、生产率的提高与平衡化 .....	(42)
<b>第三章 工作研究</b> .....	(44)
<b>第一节 工作研究概述</b> .....	(44)
<b>第二节 方法研究</b> .....	(45)
一、方法研究的定义、目的与内容 .....	(45)
二、程序分析 .....	(45)
三、操作分析 .....	(55)
四、动作分析 .....	(60)
<b>第三节 作业测定</b> .....	(63)
一、作业测定概述 .....	(63)
二、时间研究与标准时间的测定 .....	(67)
三、工作抽样 .....	(69)
四、预定时间标准 .....	(69)
五、标准数据 .....	(71)
<b>第四章 工效学</b> .....	(73)
<b>第一节 工效学概述</b> .....	(73)
一、工效学的形成与发展 .....	(73)

二、工效学的定义 .....	(73)	第二节 反馈控制方法 .....	(122)
三、工效学的应用范围 .....	(73)	一、反馈控制的分类 .....	(122)
第二节 工作环境 .....	(74)	二、反馈控制方法的特点 .....	(122)
一、微气候 .....	(74)	三、反馈控制方法的作用 .....	(122)
二、空气质量 .....	(75)	四、反馈控制方法的步骤 .....	(122)
三、照明、噪声与色彩 .....	(77)	第三节 经济控制论 .....	(123)
第三节 人体测量 .....	(81)	一、经济控制论的作用 .....	(123)
一、人体的静态测量与动态测量 .....	(81)	二、经济控制论发展的社会背景 .....	(123)
二、人体测量数据处理 .....	(82)	三、经济控制论的应用 .....	(124)
第四节 人机系统 .....	(84)	四、经济控制论的基本方法 .....	(124)
一、人机系统的概念 .....	(84)	五、经济控制论系统的概念 .....	(124)
二、人机关系 .....	(84)	六、经济空间和经济时间的概念 .....	(125)
三、人机系统类型 .....	(85)	第四节 大系统理论 .....	(126)
四、人机系统设计 .....	(86)	一、大系统理论概述 .....	(126)
第五节 人机系统分析与评价 .....	(87)	二、大系统理论研究的主要内容 .....	(127)
一、人机系统分析评价的适用范围 .....	(87)	第五节 黑箱方法 .....	(128)
二、系统分析与评价方法 .....	(87)	一、黑箱方法的基本特点 .....	(128)
三、人机系统评价 .....	(89)	二、黑箱方法的应用范围 .....	(128)
第五章 行为科学 .....	(91)	三、黑箱方法的基本程序 .....	(129)
第一节 行为科学概述 .....	(91)	第七章 运筹学 .....	(131)
一、人际关系理论 .....	(91)	第一节 运筹学概述 .....	(131)
二、行为科学 .....	(92)	一、运筹学的起源 .....	(131)
三、组织行为学 .....	(92)	二、运筹学的分支 .....	(131)
第二节 组织规划与理论 .....	(93)	第二节 线性规划 .....	(132)
一、组织理论 .....	(93)	一、线性规划方法研究的范围 .....	(132)
二、组织工作的基本原理 .....	(100)	二、线性规划的模型 .....	(132)
三、组织设计 .....	(101)	三、线性规划问题数学模型的一般形式 .....	(133)
第三节 人力资源管理 .....	(103)	第三节 非线性规划 .....	(133)
一、人力资源管理概述 .....	(103)	第四节 动态规划 .....	(134)
二、人力资源规划的制定程序与过程 .....	(104)	一、动态规划的基本概念 .....	(134)
三、人员选聘及培训 .....	(106)	二、动态规划的建模与求解 .....	(135)
四、工作绩效评价 .....	(107)	第五节 网络图 .....	(136)
第四节 激励 .....	(109)	一、网络图的组成 .....	(136)
一、激励的含义 .....	(109)	二、网络图的种类 .....	(137)
二、行为基本模式 .....	(109)	三、网络图的绘制 .....	(138)
三、行为激励模式 .....	(110)	四、编制网络计划的基本程序 .....	(138)
四、激励方式 .....	(110)	第六节 网络计划 .....	(141)
五、激励理论 .....	(112)	一、关键路线法 .....	(141)
第六章 控制论 .....	(120)	二、计划评审技术 .....	(142)
第一节 控制论概述 .....	(120)	第七节 排队论 .....	(143)
一、控制论的起源 .....	(120)	一、排队论的研究内容 .....	(144)
二、控制论的三个基本部分 .....	(120)	二、排队系统的组成与特征 .....	(144)
三、控制论的发展与应用 .....	(121)		

三、排队系统的分类·····	(144)	一、管理信息系统的生命周期和总体规划	(164)
四、排队系统的稳态分析·····	(145)	二、系统调查研究·····	(165)
第八节 存贮论·····	(145)	三、管理业务状况的调查·····	(165)
一、需求(存贮物的输出)·····	(145)	四、数据流程的调查与分析·····	(166)
二、补充(订货或生产)·····	(145)	五、新系统的模型·····	(169)
三、费用·····	(146)	第三节 管理信息系统的系统设计·····	(170)
四、存贮策略·····	(146)	一、系统设计的任务·····	(170)
第九节 对策论·····	(147)	二、硬、软件的配置·····	(171)
一、局中人·····	(147)	三、代码设计·····	(174)
二、策略集·····	(147)	四、数据库设计·····	(177)
三、赢得函数·····	(147)	五、模块设计·····	(181)
第八章 系统工程·····	(149)	六、输出和输入设计·····	(181)
第一节 系统工程概述·····	(149)	七、对话设计·····	(185)
一、系统的概念·····	(149)	八、文件设计·····	(187)
二、一般系统论·····	(149)	九、设计规范和系统设计说明书·····	(188)
三、系统工程的形成与发展·····	(150)	第四节 管理信息系统的实施与评价·····	(188)
第二节 系统方法·····	(151)	一、系统的调试与转换·····	(188)
一、系统方法是一种科学方法·····	(151)	二、系统运行与维护·····	(190)
二、系统方法的类型·····	(151)	三、系统评价·····	(192)
三、系统方法对方法论的深远影响·····	(152)	第五节 管理信息系统的一些新发展·····	(192)
第三节 系统仿真·····	(152)	一、决策支持系统·····	(192)
一、系统仿真的概念·····	(152)	二、专家系统·····	(194)
二、系统仿真的实质·····	(152)	三、办公自动化·····	(195)
三、系统仿真的作用·····	(153)	第十章 现代市场营销·····	(197)
四、常用的系统仿真技术·····	(153)	第一节 市场营销概述·····	(197)
第四节 系统评价·····	(153)	一、市场营销的发展·····	(197)
一、系统评价的任务·····	(154)	二、市场营销的定义、研究对象与内容	(197)
二、系统评价的步骤与内容·····	(154)	三、市场、市场功能与作用·····	(198)
三、系统评价理论·····	(156)	四、市场分类·····	(200)
四、评价方法·····	(156)	五、营销环境·····	(200)
第五节 系统设计·····	(157)	六、营销组合·····	(201)
一、系统设计原则·····	(158)	第二节 市场调查与预测·····	(202)
二、系统设计的内容·····	(158)	一、市场调查·····	(202)
三、系统设计的程序·····	(158)	二、市场预测·····	(203)
第九章 管理信息系统·····	(159)	第三节 购买行为分析·····	(207)
第一节 管理信息系统概述·····	(159)	一、消费者购买行为研究·····	(207)
一、管理信息系统的发展过程·····	(159)	二、生产者购买行为研究·····	(210)
二、管理信息系统的功能·····	(159)	第四节 市场细分与目标市场·····	(212)
三、管理信息系统的结构·····	(160)	一、市场细分概述·····	(212)
四、管理信息系统各职能子系统的职能	(161)	二、市场细分的原则、标准与方法·····	(212)
·····	(161)	三、目标市场及其策略·····	(214)
五、系统、信息与管理的概念·····	(162)		
第二节 管理信息系统的系统分析·····	(164)		

第五节 产品策略	(215)	四、工程项目的财务分析	(255)
一、产品整体概念	(215)	五、工程项目的国民经济分析	(256)
二、产品组合策略	(216)	六、技术改造的技术经济分析	(258)
三、产品生命周期	(216)	第六节 设备更新的技术经济分析	(259)
四、品牌策略	(217)	一、设备磨损	(259)
五、包装策略	(218)	二、设备折旧及其计算方法	(261)
第六节 定价策略	(219)	三、设备更新及其技术经济分析	(262)
一、价格的构成	(219)	<b>第十二章 价值工程</b>	(264)
二、定价方法	(219)	第一节 价值工程概述	(264)
三、定价策略	(220)	一、价值工程的起源	(264)
第七节 分销渠道策略	(222)	二、价值工程的传播与应用	(264)
一、分销渠道的概念与模式	(222)	三、价值工程的应用范围	(265)
二、批发商、零售商与代理商	(223)	四、价值工程的定义	(266)
三、商品储存	(225)	五、价值工程中的价值、功能与成本的含义	(266)
第八节 促销策略	(226)	六、价值工程的特点	(267)
一、促销及其策略类型	(226)	七、提高价值的途径	(267)
二、广告	(227)	八、价值工程的工作程序	(269)
三、营销推广	(228)	第二节 对象选择	(270)
四、公共关系	(229)	一、选择对象的一般原则	(270)
五、人员推销	(230)	二、选择对象的方法	(271)
<b>第十一章 工程经济</b>	(231)	三、情报收集	(275)
第一节 工程经济概述	(231)	第三节 功能分析	(275)
一、工程经济的研究内容	(231)	一、功能定义	(275)
二、工程经济的基本特点	(231)	二、功能分类	(276)
三、工程经济分析的程序	(232)	三、功能整理	(277)
第二节 工程技术经济效益的概念及其指标体系	(233)	四、功能评价	(279)
一、工程技术经济效益的概念	(233)	第四节 提案及实施	(280)
二、反映有有效果的指标	(233)	一、方案创造	(280)
三、反映劳动耗费的指标	(235)	二、方案评价	(286)
四、反映经济效益的指标	(236)	三、试验与最终成果评价	(288)
第三节 现金流量构成与资金等值计算	(238)	<b>第十三章 设施规划与设计</b>	(290)
一、现金流量的构成	(238)	第一节 设施规划与设计概述	(290)
二、资金等值计算	(241)	一、什么是设施规划与设计	(290)
第四节 经济效益评价方法	(244)	二、设施规划与设计的范围	(290)
一、静态评价方法	(244)	三、设施规划与设计的重要性	(291)
二、动态评价方法	(245)	四、设施规划与设计的目标及原则	(291)
三、不确定性分析方法	(248)	五、设施规划与设计的阶段结构和程序模式	(291)
第五节 工程项目的可行性研究	(252)	六、设施规划与设计的图例符号	(293)
一、可行性研究概述	(252)	第二节 工厂选址	(295)
二、可行性研究的程序	(252)	一、场址选择的重要性与原则	(295)
三、可行性研究的内容	(254)	二、场址选择战略	(296)

三、场址选择的因素分析·····	(297)	二、期量标准·····	(359)
四、场址选择的分析方法·····	(298)	三、生产作业计划的编制方法·····	(364)
<b>第三节 设施布置设计</b> ·····	(301)	四、生产控制·····	(366)
一、设施布置设计概述·····	(301)	<b>第六节 生产管理系统的新技术</b> ·····	(369)
二、工厂总体布置·····	(302)	一、物料需求计划·····	(369)
三、车间布置·····	(304)	二、制造资源计划·····	(370)
四、系统布置设计·····	(307)	三、准时生产制·····	(371)
五、计算机辅助布置设计·····	(315)	四、最优生产技术·····	(373)
<b>第四节 物料搬运系统设计</b> ·····	(317)	<b>第七节 物资管理</b> ·····	(374)
一、物料搬运系统设计概述·····	(317)	一、物资管理的概念与任务·····	(374)
二、物料搬运系统设计的原则·····	(318)	二、物资定额管理·····	(375)
三、物料搬运的分析方法·····	(320)	三、物资储备与库存比例·····	(376)
四、系统搬运分析(SHA)·····	(322)	四、物资供应计划·····	(378)
<b>第五节 现场管理优化</b> ·····	(332)	<b>第八节 设备管理</b> ·····	(379)
一、现场管理·····	(332)	一、设备经济评价方法·····	(379)
二、“5S”活动·····	(334)	二、设备的检查与修理·····	(379)
三、定置管理·····	(335)	三、工具管理·····	(381)
<b>第十四章 生产计划与控制</b> ·····	(339)	<b>第十五章 现代制造系统</b> ·····	(382)
<b>第一节 生产管理概述</b> ·····	(339)	<b>第一节 现代制造系统概述</b> ·····	(382)
一、生产管理的概念与基本原则·····	(339)	一、现代制造技术的内容·····	(382)
二、生产过程的概念及其组成·····	(340)	二、现代制造系统的技术经济特点·····	(382)
三、合理组织生产过程的要求·····	(340)	三、面向 21 世纪的现代制造技术·····	(382)
四、生产类型及其划分·····	(341)	<b>第二节 机床数字控制</b> ·····	(384)
五、生产过程的空间组织和时间组织·····	(342)	一、数控机床·····	(384)
六、流水生产线·····	(343)	二、计算机数字控制·····	(385)
<b>第二节 生产能力</b> ·····	(344)	三、直接数控系统·····	(386)
一、生产能力的概念与分类·····	(344)	四、自适应控制·····	(388)
二、影响生产能力的因素·····	(345)	<b>第三节 成组技术</b> ·····	(389)
三、生产能力的计算和查定·····	(345)	一、成组技术概述·····	(389)
<b>第三节 生产技术准备</b> ·····	(348)	二、分类编码系统·····	(390)
一、生产技术准备工作的概念·····	(348)	三、零件编组方法·····	(395)
二、产品设计准备·····	(348)	四、成组工艺和成组生产单元的设计·····	(397)
三、生产工艺准备·····	(349)	<b>第四节 柔性制造系统</b> ·····	(398)
四、生产技术准备计划的编制·····	(351)	一、柔性制造系统的概念·····	(398)
<b>第四节 生产计划</b> ·····	(352)	二、柔性制造系统的组成·····	(400)
一、生产计划的概念与作用·····	(352)	三、柔性制造系统的分类·····	(401)
二、生产计划的主要指标·····	(353)	<b>第五节 工业机器人</b> ·····	(402)
三、生产计划的编制·····	(354)	一、机器人的由来与发展·····	(402)
四、产品出产进度计划的编制·····	(356)	二、工业机器人的构造·····	(403)
五、生产计划中的平衡与生产能力的调节 措施·····	(357)	三、工业机器人技术·····	(403)
<b>第五节 生产作业计划</b> ·····	(358)	<b>第六节 计算机集成制造系统</b> ·····	(404)
一、生产作业计划的概念与作用·····	(358)	一、计算机集成制造系统的概念·····	(404)
		二、CIMS 的单元技术·····	(404)

三、计算机集成制造系统的效益与前景 .....	(406)	七、关联图法.....	(432)
四、CAD/CAPP/CAT/CAM .....	(407)	八、系统图法.....	(433)
<b>第十六章 质量管理与可靠性</b> .....	(413)	九、KJ法 .....	(434)
第一节 质量管理概述 .....	(413)	十、矩阵图法.....	(435)
一、质量的基本概念.....	(413)	十一、矩阵数据分析法.....	(436)
二、质量管理发展的三个阶段.....	(416)	十二、过程决策程序图法.....	(438)
三、全面质量管理.....	(417)	<b>第四节 工序质量控制</b> .....	(439)
四、质量管理小组.....	(417)	一、工序质量控制概述.....	(439)
<b>第二节 质量体系</b> .....	(418)	二、控制图法.....	(442)
一、产品质量形成的规律及全过程管理 .....	(418)	<b>第五节 抽样检验</b> .....	(446)
二、质量手册.....	(421)	一、抽样检验的概念.....	(446)
三、质量保证体系的基本内容.....	(422)	二、抽样检验所用术语.....	(446)
四、GB/T 19000-ISO 9000 系列标准 .....	(423)	三、抽样检验的分类.....	(448)
五、质量认证.....	(424)	四、抽样检验常用的参数.....	(449)
<b>第三节 质量管理的常用方法</b> .....	(425)	<b>第六节 质量成本</b> .....	(450)
一、排列图法.....	(425)	一、质量成本的概念.....	(450)
二、因果分析图法.....	(426)	二、质量成本项目的构成.....	(450)
三、直方图法.....	(426)	三、质量成本分析.....	(451)
四、散布图法.....	(429)	四、质量成本指标体系.....	(452)
五、分层法.....	(430)	<b>第七节 可靠性</b> .....	(453)
六、调查表法.....	(430)	一、可靠性的概念.....	(453)
		二、衡量可靠性的指标.....	(454)
		三、可靠性管理.....	(455)
		<b>参考文献</b> .....	(456)



# 第一章 工业工程概述

## 第一节 什么是工业工程

### 一、引言

工业工程(Industrial Engineering,简称IE)是从产业界的现场作业出发,根据在多元经营管理范围内为解决提高生产率及其相关的各种问题的实际需要,进行研究而创立起来的一整套原理、技术和方法。

工业工程作为一门工程学科,在世界上已有近一个世纪的历史。它是工程技术、经济管理科学和人文科学相结合的边缘学科,也是一门通过整体优化,致力于提高生产率、产品质量和经济效益的行之有效的管理技术,是发达国家生产发展和经济增长成功的重要因素。

工业工程这一名词是葛恩(J. Gunn)于1901年始用的,工业工程作为一门学科却形成于19世纪末、20世纪初的美国泰勒等人的科学管理运动。将泰勒时代的IE称为传统IE,或经典IE,二次世界大战以后发展起来的IE称为现代IE。工业工程亦有狭义与广义之分,狭义工业工程,就是将其视为与机械工程、电气工程等一样的一种专业技术工程,在现场管理中,通过动作研究与时间研究等技术,改进操作方法,提高生产率。在研究方法上,重视技术细节,而较少综合考虑管理问题。在研究内容上,也仅限于工作研究、设施规划、物料搬运等方面,而对多系统的复杂化及组合研究的却较少。随着IE理论与实践的发展,逐渐向广义工业工程发展。现代工业工程师能模拟、评估与综合评价的系统,已不仅仅限于机械制造业以及工业生产领域,而扩展到交通运输、邮电、医院、政府乃至军事部门等人类生活中任何一个需要处理的系统,从而构成了工业工程的广义论范畴,它针对经营管理中存在的问题提供了解决问题的思路。

诚然,工业工程并不是指导一切,包罗一切科学理论的灵丹妙药。但是,IE也并非是一种单纯的方法,归根结底是一种哲理。所以,任何一种有经济活动的领域或部门,都可以利用工业工程分析与设计的原理与方法,对之进行可操作性的阐述、预测和评估。

### 二、工业工程的定义

关于工业工程的定义,不同时期、不同国家、不同学术组织和学者,因阐述问题的角度不同,表述不尽一致,其定义多达数十种。但通常采用最具权威性的美国工业工程师学会(American Institute of Industrial Engineering,简称AIIE)于1955年正式提出、后经修改的定义:“工业工程是对于由人、物料、设备、能源和信息所组成的集成系统进行设计、改进和设置的一门学科,它综合运用数学、物理学和社会科学的专门知识与技能,以及工程分析和设计的原理与方法,对该系统所获得的结果进行阐述、预测和评估。”

该定义虽经数次补充,但也难以反映现代IE的实质。1989年对IE定义的精彩修订才

堪称为真正科学、系统、完整的现代 IE 定义,对 IE 的功能、作用、内容、所涉及的知识与哲理都给予了严格的限定。

根据 1989 年的定义,IE 是“实践规划、设计、实施与管理生产和服务(保证功能、可靠性、可维修性、日程计划与成本控制)系统的带头职业。这些系统可能是自然界的科学技术,通过产品的生命期、服务或程序,人员、信息、原料、设备、工艺和能源的集成”。其目标为“达到盈利、效率、效益、适宜性、责任、质量、产品与服务的连续改善”,所用的方法“涉及到人因和社会科学(包括经济学)、计算机科学、基础科学、管理科学、通讯技术、物理学、行为学、数学、统计学、组织学和伦理学”。

### 三、工业工程的目标

《美国大百科全书》(1982 年版)对工业工程的目标解释为:“工业工程是对一个组织中的人、物料和设备的使用及其费用作详细分析研究,这项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。”该定义表明,工业工程的目标就是使生产系统投入的所有要素都得到有效利用,以期达到降低成本,保证质量和安全,提高生产率,获得最佳效益。

### 四、工业工程的职能

工业工程的职能是探索最有效地利用人力、材料、设备、资金和信息的途径,进行设计、改善和设置。通常把 IE 的职能分为规划、设计、评价与创新等四个方面,如图 1-1 所示。

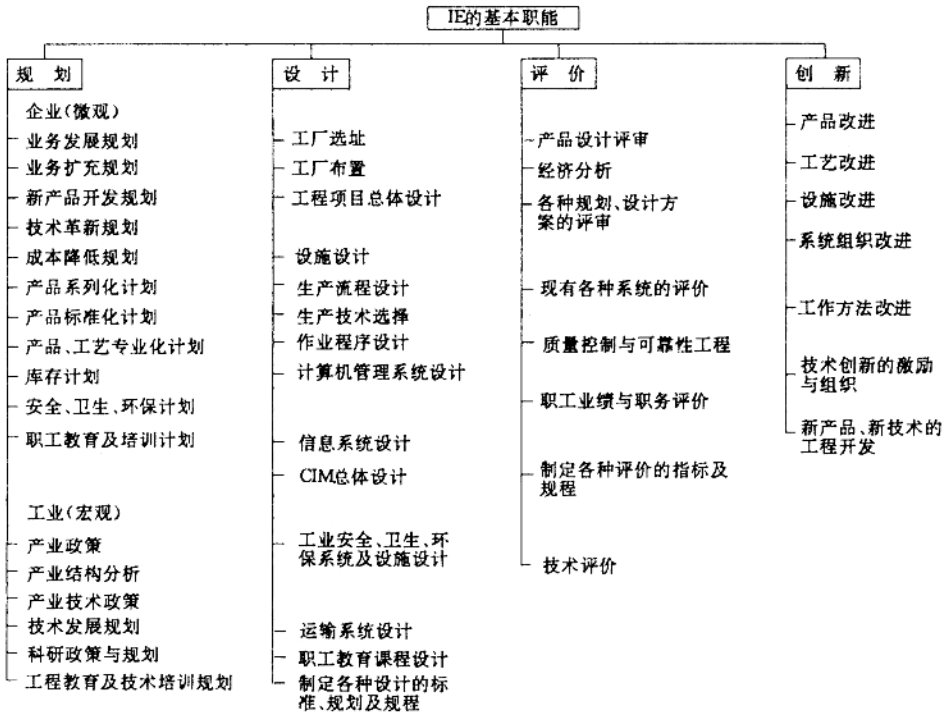


图 1-1 IE 的基本职能

### 1. 规划

规划是对一个系统在未来一定时间内的工作进行安排的活动。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。主要是协调各类资源的利用,IE 从事的规划侧重于技术发展规划。

### 2. 设计

设计是为实现已定目标建立具体系统的活动。主要侧重于系统的总体设计,把各类资源组成一个综合的有效运行系统。

### 3. 评价

评价是审查现有的各种系统及其组成部分所完成的工作是否符合已定目标或标准的工作。IE 评价是对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

创新是对现存各种系统进行改进的活动。IE 的创新是以系统的整体目标和效益出发,把各种相关条件加以综合考虑与平衡,然后确定出创新的目标、策略及内容。

## 五、现代工业工程的发展趋势

工业工程吸收了越来越多的新学科和高新技术,使其具有了明显的时代特征:

### 1. 追求系统整体优化

传统 IE 的应用主要面向车间、工厂的生产过程,仍属微观范畴。而现代 IE 则扩展到包括研究开发、设计与销售服务在内的广义生产系统,并进而延伸至整个经营管理系统。既从微观,更重要的是从宏观系统,追求整体优化。

如何缩短生产系统周期,将产品设计、生产制造、销售管理等多种职能集为一体,是工业工程急需解决的重要课题。近年来,由工业工程学科产生的并行工程(Concurrent Engineering)是一种系统的集成方法。它采用并行方法处理产品设计及其相关的过程,产品开发、设计、制造、维护、测试、安装等活动并行进行,各类人员早期进入前期活动,以缩短研制时间,提高效率,降低成本。

### 2. 将信息技术作为企业经营战略的支持

80 年代中后期,美国竞争与应用公司总经理查尔斯·威兹曼博士提出了战略信息系统(Strategic Information System,简称 SIS),是现代 IE 发展的新动向。战略信息系统是利用信息技术,力图支持与形成企业的竞争战略,即使企业获得或维持竞争优势,或削弱对手竞争优势的一种计划。SIS 一提出,立即引起美国、西欧、日本等国的极大关注,一时间掀起了“SIS”热,甚至形成“SIS”战,把 SIS 视为企业命运生死攸关的大问题。

### 3. 向传统的管理模式挑战

1990 年夏,美国达文泡特和哈默提出了经营程序再造(Business Process Reengineering,简称 BPR 或 Reengineering),也是现代 IE 的发展新动向。

分工过细、职能阶层型的现代企业组织结构和经营管理体制所导致的机构臃肿、人浮于事、信息滞后、低效劣质的服务已严重制约着企业的发展。经营程序再造就是向传统的企业管理模式挑战,用一种全新的观念,以信息技术为依托,从根本上重新设计企业结构、管理原则和作业过程,使企业职能部门的界限日趋模糊,原来分工过细的职能组织、阶层型组织将逐渐消失,代之以“团队”、“虚拟小组”、“虚拟公司”,以适应全新的市场环境。

从1993年下半年开始,经营程序再造席卷美国、西欧与日本等各发达国家,纷纷进行研究与探讨。

#### 4. 面向现代制造技术

产品寿命周期缩短,产品多样化成为企业追求的一种必然趋势。1962年日本丰田汽车公司创造的准时生产制(JIT)、1967年在直接数控基础上发展起来的柔性制造系统(FMS)及1974年提出的计算机集成制造系统(CIMS),都是当今发达国家应用工业工程所获得的最重要成果,也是IE的发展趋势。

近两、三年来,一种全面吸收了精益生产(Lean Production)、敏捷制造(Agile Manufacturing)和柔性生产技术(Flexible Manufacturing Technology)精髓的LAF生产系统正在美国、日本等发达国家兴起。它既是一种先进的制造技术,又蕴育了制造企业管理与组织观念的重大变革,集智能制造系统、敏捷制造、精益生产、准时生产制以及柔性制造系统的特点,是计算机集成制造的扩展。

对市场的快速、灵活反应能力是LAF生产系统的关键所在,从某种意义上讲,这种生产系统就是实现快速和柔性管理的企业,是一种集技术、管理和人力三种资源于一体,相互协调、依存的系统。LAF生产系统的信息历经制造、市场、采购、财务、库存、销售和研发等各个部门。各项工作并行进行,企业内外共享信息,力求缩短产品寿命周期。

#### 5. 日趋走向国际化

50年代美国跨国公司的对外扩张和60年代西欧、日本跨国公司的崛起,加快了全球经济一体化的趋势。据联合国一些专家预测,到本世纪末,全世界300家最大的跨国公司的产值将占整个资本主义世界国内生产总值的75%。

诚然,以现代化工业生产为背景的IE在西方发达国家已得到广泛应用,但随着跨国公司的出现与发展,使工业工程更加日益跨越国界,被越来越多的国家所认识。“亚洲四小龙”应用工业工程的成功,已引起发展中国家的仿效,其中泰国就是很成功的一例。经贸界人士预估,到本世纪末,泰国人均国民生产总值可望达到10000美元。近年来,俄罗斯与东欧各国研究与开发工业工程的势头也很猛。

跨国公司的迅猛发展,已成为工业工程界的开发领域。美国麻省理工学院、斯坦福大学、哈佛大学等经常与其它国家合作,承揽工业工程的培训、开发等项目。

#### 6. 向第三产业的应用领域扩展

第三产业的发展是一种必然的客观规律。西方国家在完成了从农业国转向工业国的第一次大转变后,目前产业大军正在发生历史上第二次大转移,即从制造业转向服务业,迄今这一转变仍在进行。例如,1990年美国的第三产业占73.3%,日本占61.1%。因此,在技术与信息密集的当今社会,将有更多的工业工程师被吸引到诸如金融、银行、医院、旅游、学校乃至政府管理等第三产业的各个服务领域中去从事系统的设计、分析、管理、改善等工作。起源于制造业的IE,二次世界大战后,已扩展到其中的诸多领域。

工作研究的流程分析、分析时的“取消、合并、重排、简化”四大原则、5W1H逻辑提问技术、系统整体优化的思想等技术与方法,都是保证服务行业乃至第三产业高效优质服务所需的技术。况且,随着第三产业在国民经济中比重的增大,也会为工业工程带来更为广阔的施展潜力。如何扩大工业工程的应用范围,也是IE深入研究的重要课题之一。

## 第二节 工业工程的发展简史

### 一、工业工程的起源

#### 1. 早期 IE 的两个重要概念

IE 的概念是在各种技术形成工程实践,促进了生产工业化之后逐渐形成的。早期工业工程思想可以追溯到工业革命时期。

18 世纪中叶,随着机器制造的进步和蒸汽机的出现,先后使英国和美国的工业产生了革命性的变革。1776 年,英国经济学家亚当·斯密(Adam Smith,1723—1790),在《国富论》一书中,首次分析了“劳动分工”的经济效益,提出了生产合理化的概念;1832 年,英国数学家查尔斯·巴比奇(Charles Babbage,1792—1871),在《关于机器制造业的经济效益》一书中,首次提出“时间研究的重要概念”;1765 年由法国提出的互换性方式,于 1870 年形成于美国,奠定了合理化、专业化、机械化、简单化及标准化的基础,从而使其可以采用大量生产方式。出现了美国式工厂制度(American System of Manufactures),成为能够进行“大量、互换性生产的”制造系统,由此而向工业化发展。亚当·斯密等人对 IE 先驱者起到启迪孕育作用,劳动专业化分工和零件可互换性成为早期 IE 的两个重要概念。

经过南北战争(1861~1865)以后,美国经济得到较快发展。至 1880 年,成为世界上第一大工业强国。1886 年,美国汤恩(H. R. Towne)在其《作为经济人的工程师》论著中,提出工厂管理与工程技术并重的论点,并倡议发起运动把管理从工程学独立出来发展为一门学科。而当时的工厂实行放任管理,效率低、浪费大,工作方法缺乏科学性与系统性。以泰勒为代表的一大批科学管理先驱者为改变这种状况,开创了科学管理,为工业工程的产生奠定了基础。

#### 2. 工业工程的奠基人

弗雷德里克·温斯洛·泰勒(Fredeck Winslow Taylor,1856—1915)是工业工程主要奠基人,他是一位工程师、效率专家和发明家,一生中共获得一百多项专利。为设定“一日公正的工作量”(a fair day's work),1881 年泰勒在密德威尔钢铁公司利用秒表测定作业时间,开创了“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。时间研究现已发展成为工业工程的基础技术——工作研究两大重要组成部分之一的作业测定(或称工作衡量)。

他一生发表了 300 多篇论文和著作,主要著作有《计件工资》(1895 年)、《工场管理》(1903 年)和《科学管理原理》(1911 年)。在《科学管理原理》一书中,广泛涉及制造工艺过程、劳动组织、专业化分工、标准化、工作方法、作业测量、工资激励制度、生产规划及控制等问题,对现代管理发展做出重大贡献,终于赢得了“科学管理之父”的历史地位,并被公认为工业工程的开端。

与泰勒同时期的弗兰克·吉尔布雷斯(Frank Bunker Gilbrech,1868—1924)也是工业工程的奠基人。他是一名工程师,其夫人丽莲(Lilian Moller Gilbrech,1878—1972)是心理学家,经历了工业工程的孕育、诞生、成长和成熟的全过程,美国工程学界称她为“工程界第一夫人”。他们采用两种手段进行时间与动作研究:①把工人的操作动作分解为 17 种基本动

作,称之为“therbligs”(这个字即为吉尔布雷斯英文名字字母的倒写);②把工人的操作动作拍成影片,进行记录和分析,寻求合理的最佳动作,以提高工作效率。与泰勒作法不同之点是,吉尔布雷斯夫妇在工作中开始注意到人的因素,在一定程度上试图把效率和人的关系结合起来。吉尔布雷斯被人们称之为“动作之父”。

吉尔布雷斯夫妇的主要贡献是,创立了与时间研究密切相关的“动作研究”(Motion Study)现已发展成为工业工程的基础技术——工作研究的两大重要组成部分之一的方法工程(或称方法研究)。

### 3. 工业工程的先驱者

卡尔·乔治·巴思(Carl George Barth)是美籍很有造诣的数学家。他是泰勒最早、最亲密的合作者。其研究的许多数学方法与公式为泰勒的时间研究、动作研究、金属切削试验等研究工作提供了理论依据,为科学管理工作做出了很大贡献。

亨利·甘特(Henry Laurence Gantt, 1861—1919)是美国管理学家、机械工程师。他的重大贡献是,于1917年首创了“每日平衡图”(现称甘特图),学术界认为是划时代的创举。甘特图是对预先计划和安排工作活动、检查进程、以及校正时间程序,提供了一个有系统的图示方法。甘特图又是现代网络技术的先驱,以甘特图为基础,诞生了计划评审技术(PERT)和关键路线法(CPM)。甘特图至今仍被广泛应用。

哈林顿·埃墨森(Harrington Emerson, 1853—1931)是泰勒科学管理理论的积极支持者,率先于1907年提出效率一词,1911年发表了专著《效率是经营和工资的基础》,1913年,又将效率思想扩展并发表了《12项效率原则》。

亨利·福特(Henry Ford)对工业工程的形成做出重大贡献。福特汽车公司经过1908年的试制,1913年形成传送带式“流水线”方式。在生产过程中推行标准化(按照事先制订的标准开展业务活动)、简单化(去除非必要的产品种类和操作)、专业化(集中有限产品、操作、形成特色),构成了IE的“三化”基本原则,为现代工业大量生产树立了楷模。

休哈特(W. A. Shewhart)博士于1924年建立“统计质量控制”,用统计方法解决工业生产中的质量控制问题,开创了质量管理的开端。1931年,他在《制造工业产品质量的经济控制》一书中,首创了生产过程的关键工序抽样检查控制质量的方法。有关质量管理概念,随之被应用于其它领域,如控制图表已在库存控制、市场分析与控制,以及财务管理中得到应用。

梅奥博士(George Elton Mayo, 1880—1949)1927年至1932年,参加了美国国家科学院全国科学研究委员会在美国西屋电器公司霍桑工厂于1924年开始进行的霍桑实验,即工作条件、社会因素与生产效率关系的实验。研究了作为“社会人”的职工及其社会需要的满足问题,提出了对管理有重要影响意义的人际关系理论。1933年,他发表了《工业文明中的人性问题》一书,建立了“人际关系学说”,为把行为科学引入管理领域奠定了基础。行为学派使工业工程的发展进入了新时期,产生了对人的激励的各种方法。

莫根森(Allan Mogesen)于1932年提出“工作简化”方法,发展了工业工程的基本原则,在许多国家的工厂获得成效。

奎克(J·H·Quick)等人在1934~1938年期间大量研究的基础上,提出“工作因素法”(即WF法),对其后的预定时间系统(即PTS法)奠定了基础。

综上,巴思、甘特等人在工业管理科学化方面的一些见解、方案、技巧以及研究成果,累积融会,促进了工业工程的形成与发展。

#### 4. 科学管理理论的内容

可将其概括为八个方面：

##### (1)中心问题是提高效率

选择合适且技术熟练的工人,进行时间和动作研究,记录每一项动作、每一道工序所用时间,加上必要的休息时间及延误时间,据此定出一个工人“合理的日工作量”,这就是所谓的工作定额原理。

##### (2)必须为每项工作选择“第一流的工人”

泰勒认为:“每一类型的工人都能找到某些工作使其成为第一流的,除了那些完全能做到这些工作而不愿做的人。”人事管理的基本原则是:使工人的能力同工作相配合,管理当局的责任在于为雇员找到最合适的工作,培养他成为第一流的工人,以鼓励他尽最大的努力去工作。

##### (3)实行标准化

使工人掌握标准化的操作方法,使用标准化工具、机器和材料,并使作业环境标准化,这就是所谓的标准化原理。

##### (4)实行计件工资制

①通过工时研究与分析,制定一个有科学依据的定额或标准;

②采用“差别计件制”,即计件工资率按完成定额的程度而浮动;

③工资支付的对象是工人而不是职位,即根据工人的实际工作表现而不是根据工作类别来支付工资;

##### (5)劳资双方合作

雇主关心的是成本的降低,而工人关心的是工资的提高。工人和雇主两方面都必须认识到提高效率对双方都有利,都要来一次“精神革命”,相互合作,为共同提高劳动生产率而努力。如在铁轨试验中,每个工人每天的平均搬运量从16吨提高到59吨;工人的日工资从1.15美元提高到1.88美元。而每吨的搬运费则从7.5美分降到3.3美分。结果雇主降低了成本,工人提高了工资,双方都有利。

(6)把计划职能(管理职能)同执行职能(实际操作)分开,变原来的经验工作法为科学工作法

明确划分计划职能与执行职能,专门的计划部门从事调查研究,为定额和操作方法提供科学依据;制定科学的定额和标准化的操作方法及工具;拟定计划并发布指示和命令;比较“标准”和“实际情况”,进行有效的控制工作。而现场工人则从事执行的职能,即按照计划部门制定的操作方法和指示,使用规定的标准工具,从事实际的操作,不得自行改变。

##### (7)实行直线职能制

泰勒在1903年出版的《工场管理》一书中,首先提出一种“纯粹的职能制组织”,意于摆脱直线制分工不明确的缺点,使工场管理高度专业化。但职能制导致多头领导,政出多门,妨碍企业的统一集中指挥。在总结直线制和职能制的基础上,形成了直线职能制,如图1-2所示。它既具有指挥统一化的好处,又具有职能分工专业化的长处,从而成为各国企业广泛采用的一种组织形式。

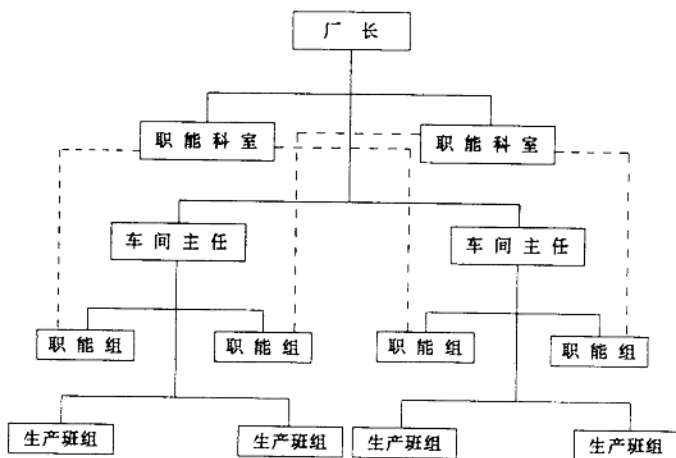


图 1-2 直线职能制组织形成

(图中实线表示有直接的权利责任关系,虚线表示有指导性的业务关系)

#### (8) 实行例外原则

企业的高级管理人员把例行的一般日常事务授权给下级管理人员去处理,自己只保留对例外事项的决定和监督权。

#### 5. 科学管理运动的兴起

##### (1) 科学管理理论的确立

1910年,美国东部几个铁路公司为渡过经济危机,竞相加价,遭到用户坚决抵制。当时波士顿一位著名的律师勃兰弟(Louis P. Brandeis),将泰勒等人所主张的科学用于管理(Science Applied to Management)的学说,作为他在听证会上反对运费提价的例证和根据,但苦于找不到一个合适的名词来表达泰勒的那套管理制度,于是他就与甘特、吉尔布雷斯等人在甘特的纽约寓所商议,决定起用“科学管理”一词。泰勒本人虽然生怕这个名词太带学术性,但最后也默认了。马萨诸塞州州际商业委员会为此举行一次听证会,公众方的律师勃兰弟邀请泰勒等几位工程师作证:只要采用科学管理的技术和方法,铁路公司不必提高票价同样可以盈利。结果公众方胜诉,随之也将科学管理引入了社会。1911年,泰勒出版了《科学管理原理》一书,终于赢得了“科学管理之父”的历史地位。1912年,成立了科学管理促进协会,泰勒逝世后,更名为泰勒协会(The Taylor Society),推动了科学管理运动的普及。同年美国国会举行对泰勒制及工场管理制度的听证会,泰勒在会上作了精彩的证词,向公众宣传科学管理的原理及其具体的方法、技术,引起了极大的反响。

##### (2) 科学管理理论的传播与应用

泰勒等人所创立的科学管理理论在20世纪初得到广泛的传播与应用。除美国外,日本于1912年将泰勒的《科学管理原理》译成日文,欧洲各国也都翻译了泰勒的著作。法国将泰勒的管理思想称为“工作的科学组织”或“工作的合理组织”。第一次世界大战期间,法国的军事部长克里孟梭曾下令所有从事战时生产的法国工厂都研究和应用泰勒的管理方法。德国把泰勒的科学管理称为“合理化”,有的企业在第一次世界大战前就开始实施科学管理。1927年在瑞士的日内瓦成立了推广科学管理的“国际管理协会”,首任会长是厄威克。列宁对泰勒



的科学管理作了全面的评论,指出它“一方面是资产阶级剥削的最巧妙的残酷手段,另一方面是一系列最丰富的科学成就,应该在俄国研究和传播泰勒制,有系统地试行这种制度,并且使它适应下来”。

## 二、工业工程的发展历程

工业工程形成与发展的演变过程,亦是各种用于提高效率、降低成本的知识、原理和方法产生及应用的历史。如图 1-3 所示,经历了以下四个相互交叉的不同时期的发展历程:

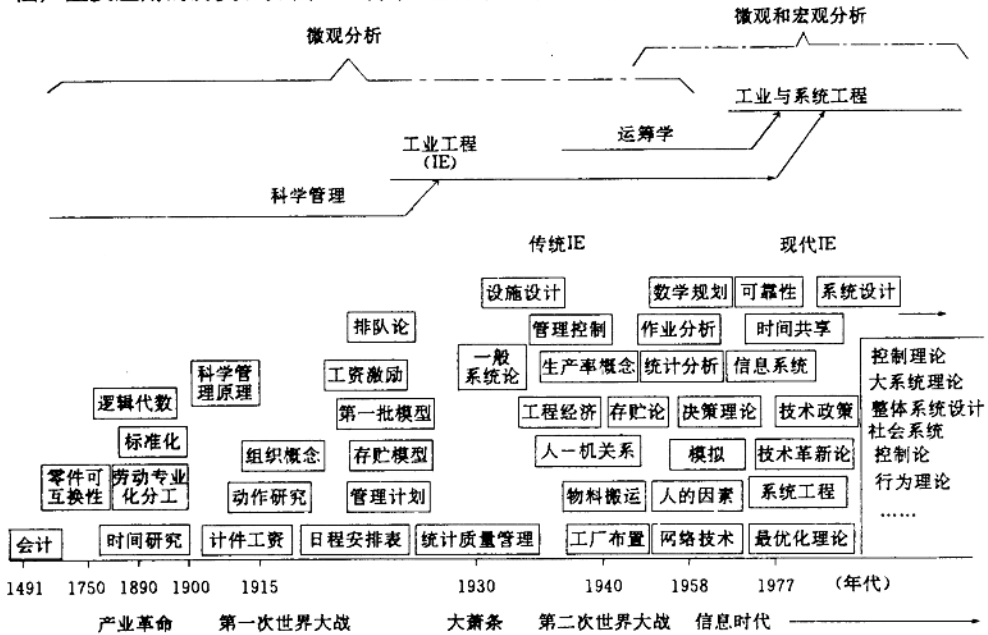


图 1-3 IE 发展年表

1. 科学管理时代(19 世纪末、本世纪初—30 年代中期);
2. 工业工程时代(20 年代后期—现在);
3. 运筹学(Operation Research, OR)发生影响的时期(40 年代中期—70 年代);
4. 工业与系统工程(System Engineering, SE)时期(70 年代—至今)。

工业工程由于不断兼容并蓄了运筹学、系统工程、计算机科学及其它相关学科的知识,具备了理论基础和科学手段,经历了科学管理时代的早期 IE(亦称传统 IE 或经典 IE),从二次世界大战后发展成为一个跨学科的庞大领域,进入现代 IE 阶段。可见,工业工程又是一个动态发展的领域,许多现代科学技术都成为其相关学科。

## 第三节 工业工程学科的形成与发展

### 一、工业工程学科教育体系的形成与发展

任何一门学科的产生与发展,都必然同学科体系的建立与专门人才的培养息息相关。