

●工业工程体系●

工 作 研 究

●现代科学管理技术●

范 中 志 主 编



华南理工大学出版社

· 工业工程体系 ·

工 作 研 究

· 现代科学技术 ·

范中志 主编

张贵贤	左志诚	方世雄	关立平	全觉民
马培雄	李令文	宋仁华	陈志成	杨品英
汪 洋	宋 宁	周思涛	吴法沛	刘小辉
周燕青	林云中	黄小方	林之楠	田 进

华南理工大学出版社

内 容 简 介

本书着重介绍“工作研究”这种先进的企业管理方法，系统阐述国内外在这一领域的理论和实践经验，收集了较大量的有关资料和实例。本书可以帮助企业挖掘潜力，消除人力、物力、时间方面的浪费，合理安排作业，从而提高劳动生产率，收到少投入多产出的理想效果。

本书共有四篇，十四章。

第一篇工业工程概论，包括工业工程的定义及发展简史、生产率综述、工业工程体系、工业工程的应用概况、工作研究概述共五章；第二篇方法研究，包括方法研究的定义与目的、程序分析、工厂布置与物料流动、动作研究共四章；第三篇工作衡量，包括时间研究、预定时间标准（包括MOD法、MTM法、WF简易法等）共二章；第四篇人-机-环境与效率，包括人-机系统、人的作业能力、环境与效率共三章。附录有上海市仪表电讯工业局推行工作研究的实施方案。

本书可供各大学管理工程（工业工程）本科及工科大学其它专业学生、研究生作为教材或参考书，亦可作为各工矿企业、研究机构、科技和管理人员实施工作研究的指导书。

工 作 研 究

范中志 主编
责任编辑 江厚祥

华南理工大学出版社出版发行
(广州 五山)
各地新华书店经销
华南理工大学印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张22.75 插页2 字数513千
1990年9月第1版 1991年9月第2次印刷
印数:3 001—8 000

ISBN 7—5623—0195—6/C·7

定价: 9.80元

前 言

自工业革命以来,工业工程(IE)技术不断改进、完善,已成为提高企业生产率的有效工具,为世界各发达国家的企业所广泛应用。

工业工程中最重要基础技术是工作研究。工作研究采用一定的科学方法,找出经济合理的工作方法和最适宜的工作时间,在需要很少投资或不需要投资的情况下,可以使企业的生产率显著提高,从而提高企业的经济效益和增强竞争力,并且为其它工业工程技术的实施奠定基础。因此,各国企业都把工作研究作为提高生产率的首选技术。如美国90%以上的企业都应用了工作研究,企业的生产率普遍提高51%。

1986年,原机电部人劳司开始在我国推行工作研究,由上海市经委、上海仪表电讯工业局率先,他们选择了上海金陵无线电厂为试点,使该厂调谐器装配线班产量提高了41%。接着又在上海电子管厂、上海电子管二厂、上海电子管四厂、上海无线电二十七厂、上海灯泡厂、上海电视机一厂、上海无线电十八厂、上海大华仪表厂等八家厂进行扩大试点,经过半年左右时间,获得可喜的成果,其整体经济效益为:投入50万元,产出可达年增加销售收入6200万元,为1:124。又如成都红光电子管厂应用工作研究改进某生产线,仅用半年时间,投资0.98万元,就使该生产线每年增收节资363.56万元,节约工时1.176万小时。

在我国推行应用工作研究过程中,张贵贤、左志诚、方世雄、马培雄、李令文、全觉民、宋仁华、杨品英等作出了卓越的贡献。这些先行者有的不但是领导者亦是实践家。

然而,我国至今未能完整地建立起自己的工业工程体系,对工作研究缺乏一定的认识,绝大部分企业仍未应用工作研究,国内亦未有一本从提高生产率的角度来全面系统介绍工作研究各种方法的书。因此,本书面向企业的实际,系统地介绍工业工程体系的内容及应用,其中重点介绍工作研究及其在企业中实施的方法和步骤,并汇集了国内外企业实施工作研究的实例。附录中有由宋仁华同志总结的上海推广应用工作研究的经验。

本书由范中志主编,参加编写的有:张贵贤、左志诚、方世雄、关立平、全觉民、马培雄、李令文、宋仁华、陈志成、杨品英、汪洋、宋宁、周思涛、吴法沛、刘小辉、周燕青、林云中、黄小方、林之楠、田进。

本书理论与实际结合,适合企业管理人员、工程技术人员作为实施工作研究的指导书和对有关人员培训的教材,亦适合作大学管理工程系本科学生、研究生和工科大学其它各专业学生学习工作研究的教材。

编 者

1991年9月

目 录

第一篇 工业工程概论

第一章 工业工程的定义及发展简史	(1)
第二章 生产率综述	(4)
第一节 生产率的含义	(4)
第二节 提高生产率的意义	(5)
第三节 我国工业生产率的测定与分析	(7)
第三章 工业工程体系	(12)
第一节 工业工程体系内容	(12)
第二节 工业工程体系结构的特点	(16)
第四章 工业工程的应用概况	(18)
第一节 工业工程在国外的应用概况	(18)
第二节 我国IE应用情况及未来应用的方向	(19)
第五章 工作研究概述	(22)
第一节 工作研究的内容与目的	(22)
第二节 工作研究的实施步骤	(24)

第二篇 方法研究

第一章 概 述	(33)
第一节 方法研究的定义与目的	(33)
第二节 方法研究的内容	(35)
第二章 程序分析	(36)
第一节 操作程序图	(37)
第二节 流程程序图	(42)
第三节 流程图	(61)
第四节 线图	(69)
第五节 过程图(起至至图)	(73)
第六节 计划程序分析——网络图	(76)
第三章 工厂布置与物料流动	(94)
第一节 阶段Ⅰ——确定位置	(98)
第二节 阶段Ⅱ——总体区划	(99)
第三节 阶段Ⅲ——详细布置	(124)
第四章 动作研究	(125)
第一节 动素分析	(125)

第二节 操作分析(双手程序图)	(129)
第三节 动作经济原则	(138)
第四节 人机配合分析(多动作图)	(158)

第三篇 工 作 衡 量

第一章 时间研究	(161)
第一节 概 述	(161)
第二节 密集抽样的时间研究	(164)
第三节 标准时间计算	(170)
第四节 工作日写实	(174)
第五节 分散抽样	(184)
第二章 预定时间标准法	(199)
第一节 模特排时法	(199)
第二节 方法时间衡量	(230)
第三节 WF 简易法	(260)

第四篇 人—机—环境与效率

第一章 人—机系统	(299)
第一节 人—机系统的功能	(300)
第二节 人和机器特征的比较	(301)
第三节 人—机系统的分工原则与设计内容	(302)
第四节 人—机系统的安全与事故	(303)
第二章 人的作业能力	(311)
第一节 劳动强度	(311)
第二节 工作疲劳	(317)
第三章 环境与效率	(325)
第一节 噪声环境	(325)
第二节 光环境	(332)
第三节 微气候	(338)
第四节 空气环境	(343)
附录: 上海市仪表电讯工业局推行工作研究实施方案	(349)

第一篇 工业工程概述

第一章 工业工程的定义及发展简史

自泰勒1903年发表工厂管理的论文以来,工业工程的研究和应用已经历了87年,工业工程由原来的动作与时间研究发展成为由多种管理技术组成的综合学科体系。

工业工程(简称IE)作为提高生产率和工作效率的有效工具,已广泛应用于世界发达国家的各行各业中,对它们的经济发展起到了巨大的推动作用,带来了巨大的经济效益。因此,许多国家的政府和企业都高度重视IE的研究和应用。IE已发展成为一个战略性的学科。

目前世界上有许多有关IE的定义,它们都从不同角度说明和论述IE,而目前比较权威的是美国工业工程师学会对IE的定义,该定义为:IE是关于人员、物料和设备等整体系统进行设计、改进和实施的一门科学,它利用数学、物理和社会科学的专门知识和技巧,并且应用工程分析及设计的原理和方法,对上述系统可能获得的成果进行阐述、预测和评估。这个定义是对IE的一般性描述。下面我们从IE的发展历史来分析IE具体范畴的演变。

18世纪的工业革命使人类社会逐渐自农业社会向工业社会转变。从此时期开始,英国的纺织、钢铁、机械以及煤炭开采等相继发展,同时铁路的兴建和蒸汽机车的发明使交通发达、运输便利。于是,不但英国的工业蓬勃发展,而且整个欧洲的工业也开始发展。由于工业的兴起,人们不仅需要一般的工程技术,也需要工厂企业的管理技术,以提高生产率。工业工程也在这种条件下开始孕育起来了。

当时,有不少科学管理的先驱在探索工厂管理的技术,但由于历史所限,他们的研究影响较小,未能形成系统的理论。19世纪末,泰勒(F·W·Taylor, 1856—1915)对操作工人的作业进行了时间测定,将工人的一天合理工作量确定出来,以此来决定工人的报酬。同时,他还对管理的职能分工方面进行了研究。1901年,他在比斯利汉钢铁厂运用了他的科学管理方法,使每个工人的运输原料的能力由原来的16吨/天提高到57吨/天,需要的工人人数也由原来的400~600人减至140人,大大提高了生产率。因此,泰勒被公认为科学管理的创始人。

与此同时,另外两位管理大师吉尔布雷斯(F·B·Gilbrets)夫妇对工人的操作进行了动作研究,他们利用影片将工人的操作动作拍摄下来进行分析,将一般的操作动作分解成十七个基本的动素,消除多余的动作,找出最佳操作方法,从而提出了动作研究的基本原理和方法。他们的方法为现代的动作研究奠定了基础。

另一位管理大师甘特(H·L·Gantt)对工资激励制度提出了独创的见解。他在其《任务与奖金计划》中提出应给与工人基本的保证工资,对超产者则予以奖励,从而消

除了单纯计件工资的弊病，成为了现代工资制度的基础。同时，甘特还发明了甘特图，该图成为计划管理的有效工具，一直沿用至今。

泰勒、吉尔布萊斯夫妇及甘特等人的研究成果，构成了当时的科学管理理论，奠定了IE的基础。当时许多工程师以他们丰富的工程技术知识为基础，采用科学管理理论，从事提高生产率的工作，他们被称为“效率专家”。由于这些专家的努力，使美国整个社会的工业企业的劳动生产率获得了较大提高。20年代后期，由于科学管理得到了广泛的应用，而采用这些方法从事提高生产率的人多为工厂的工程师和具有丰富工程知识的人，于是他们被称为工业工程师，因此科学管理更名为工业工程（IE）。这时的IE主要内容为：动作时间研究、工厂布置、工资与激励制度、生产计划管理。

30年代，贝尔实验室的休哈特（Walter Shewhart）博士发表了著名的《控制图》论著，并对抽样检验理论进行了研究。二次大战中休哈特的统计质量控制方法在美国的军工厂中得到广泛应用，大大地提高了美国军工产品的质量，为美国赢得战争的胜利作出了很大的贡献。战后这些方法又在一般民用企业中得到了普遍的应用。

在1924—1932年间，哈佛大学梅奥（Elton Mayo）博士主持对西方电气公司的霍桑工厂进行了著名的霍桑研究，创立了一个极其重要的管理学科学——行为科学。行为科学研究人的需要、行为、态度对工作的影响。这一内容大大地丰富了传统的IE体系。

到40年代，工业工程已发展成为一个比较完整的科学体系，它主要包括动作与时间研究（即工作研究）、质量控制、计划管理、工资制度与激励方法、工厂布置等。这些被称为传统的IE。所谓传统并非古老之意，而是经典之意，是相对于现代IE而言的，国外有人称之为经典的IE或狭义的IE。传统IE的方法至今仍在企业中广泛应用，特别是其中的动作与时间研究已成为企业管理的重要基础。

二次大战中，英国、美国组织一批科学家研究军事设施和资源配置问题，运筹学便应运而生。这个科学研究小组运用运筹学解决了大量军事上的复杂问题，如美国高射炮的布置、水域布雷、北大西洋战役等，取得意想不到的好效果。战后，英国开始了对运筹学的大量研究和广泛应用。运筹学的形成对IE影响极大，它使许多管理技术中的问题得以定量化，使IE的许多技术从经验变成了科学。国外有许多学者甚至认为只有当运筹学出现了之后，IE才真正可以称之为科学。

另外两个对现代IE具有巨大影响的方面是电子计算机的普及应用和系统工程的出现。电子计算机在1954年以后在美国普及，IE体系中许多技术都可以借助于计算机，实现了更多、更新的功能。以前即使有处理大系统的数学方法，但工业工程师也难以利用它，因为没有处理大量数据的工具。计算机使它成为了可能。随着社会大生产的发展，工业生产及其产品变得越来越复杂，单靠一两项工业工程的技术已难以改善整个生产系统，而系统工程与IE的结合就可以解决这个问题。目前，系统的分析方法已成为现代IE分析的一个重要方法。

二次世界大战期间，英、美等国发现由于新式武器装备在设计时没有充分考虑到人的因素，因而在使用时常发生事故，于是它们从生理学、心理学、社会科学等角度来考虑武器的设计，使它们更适合于人的使用，工效学便由此产生。工效学改变了传统的设计思想，同时考虑人一机一环境，以求达到最佳设计，其研究成果为IE的进一步发展提供

了广阔的领域，开创了新局面。

由于增加了运筹学、系统工程、工效学及其它新的技术（如计算机的应用），传统IE的范畴大大地扩大了，形成了现代IE。

现代IE的主要内容包括：组织和职务设计、市场营销、工厂布置、物资管理、工作研究、质量管理、运筹学、生产管理、价值工程、工效学、人员激励方法、技术经济等。

由上述IE的发展简史，可以总结出以下几个IE的特点：

（1）IE是由多种管理技术构成的一个完整的科学体系，这些管理技术是数学、物理和社会科学成果的结晶，用于人员、物料、设备等整体系统的设计改进和实施。

（2）工程的原理和设计方法为IE的基本思维方法。IE技术是实用的技术体系，在解决实际问题时，也象一般工程技术一样，需要进行分析、测定和实验。这也是IE与一般管理理论的区别。

（3）普通的工程技术知识为IE体系的基础（如机械工程、电子工程等）。虽然IE体系本身并不包括一般的工程技术知识，但由于IE的目的是解决企业中实际问题，因此工业工程师在运用IE技术时，就要对实际问题的技术知识、工程背景有所了解。因此，整个IE体系是建立在广泛的工业技术知识上的。

（4）IE的内容和应用范围随着时代的不同和技术的进步，不断地扩大、增加。现代IE的定义和范畴也不会是一成不变的，它也将随着人们的实践和时代的进步而更加完善。

第二章 生产率综述

第一节 生产率的含义

在一定时期内,企业投入资金、劳力、能源和材料等生产要素,就会获得一定的产出。生产率就是产出与生产要素的投入之比,实质上就是生产要素的使用效率。对应于每一生产要素,可以计算出相应的生产率,如劳动生产率、资金生产率、能源生产率等等。所以

$$\text{生产率} = \frac{\text{产出}}{\text{投入}}$$

企业的生产率与其利润是紧密相连的。像生产率一样,利润同样也与产出和投入有关,所不同的是利润是产品的销售收入与投入的生产要素成本的差值,而生产率是产出与投入之比值。利润常用价值单位表示,而生产率可用价值单位或物质单位表示,如元/吨等。利润用现行价计算,而生产率却要用不变价。

生产率的提高也就意味着用较少的投入获得更大的产出。产出与投入的差值提高,利润也就会增大。所以,在市场条件允许的情况下,生产率高的企业通常是利润大的企业。

测定生产率的目的不是为了测定生产率的绝对值,而是要看生产率是否提高。提高生产率是工业工程师的主要任务。为了表示生产率提高的程度,需要引入一个新的指标,就是生产指数,即

$$P = \frac{Q_1/I_1}{Q_0/I_0}$$

式中 Q_1 、 I_1 ——分别为当前时期的产出和投入

Q_0 、 I_0 ——分别为基期的产出和投入

P 值是当前生产率和基期生产率的比值。工业工程师的任务也就是力图使 $P > 1$ 。 P 值是国外企业最常用的衡量生产率的指标。

国外绝大部分企业都有一个财务系统对其利润进行核算。同样,很多企业都有生产率改进系统,制订有完整的提高生产率计划。这个系统的主要职能是:测量、报告和改进。企业首先必须知道哪一工作领域的生产率需要提高,问题在何处,这就需要测量和分析各项工作的生产水平和生产指数。对于 $P < 1$ 和生产水平偏低的工作,则进行原因分析。其次,要向企业的领导和有关部门报告,以引起主管的重视,因为经验表明,没有企业领导的亲自参与,提高生产率的计划是不可能成功的。最后,应用 IE 技术或其它工程技术制定提高生产率计划,改进工作,提高生产率。

这样的生产率改进系统就起到了对企业各项工作进行监测和改进的作用，可以提高整个企业的生产率，从而提高经济效益。

舒曼斯（Sumanth）曾对美国1300个大型企业进行调查，发现74%的企业都有正式的生产率测定工作计划。其中，23%的企业在公司级设有专职的机构，负责生产率提高计划；18%的企业在各分厂或车间设有此机构。这些机构通常采用提高生产率的技术是IE技术；62%的企业有正式的提高生产率计划，41%的企业有整个公司的提高生产率计划，48%的企业有分厂或部门的计划。实际上，几乎所有的企业都有正式的或非正式的生产率提高计划及相应的贯彻系统。它们采用IE技术和有关技术，普遍地提高了全美工业的生产率。

采用IE技术的目的就是生产率进行测定、分析和提高。通过技术经济和工作衡量等技术，IE体系形成了一套对生产率（特别是对生产车间的生产率）进行测定、评价的方法，包括对生产一台机器的工时测定，以及标准工时的估算等。IE的技术有些可在企业系统结构基本不变的情况下，直接用于提高生产率，有些则是通过改变企业系统结构来提高生产率（如组织与职务设计）。当然，有些技术常冠以“降低成本”或“提高效益”等词，但实质上仍是提高生产率。

第二节 提高生产率的意义

一、生产率提高的速度与一个国家的发展速度

生产率的提高意味着在同样的时间内，用同样的人力、物力，可以生产出更多的产品。这样，人民的生活水准就会提高，生产可以以更快的速度发展。提高生产率有十分巨大的积累效果，明年的提高是在今年和去年的基础上提高，所以生产率的提高只要比人口增长率略高一点，累积效果就相当可观。例如每人每年生产的商品或服务量增加1%，累积100年，生产率将提高724%，而100年在人类历史上不过是短暂的一刻。所以，生产率提高的速度决定一个国家发展的速度，美国的生活水平比发展中国家高得多的一个重要原因就是美国多年来不断地提高了生产率，而发展中国家的生产率则没有提高或提高很慢。这一差别最初是从农业开始的，美国农业是历史上不断提高生产率的典型例子。

大约100年前，美国政府开始建立由国家拨给土地的州立大学，由这些大学研究提高农业生产率的计划和技术，并在农业生产中实施。在过去100年中，这个计划获得了巨大成功。1880年，大约有50%的劳动力从事农业，现在只需不到4%的劳动力就可以满足全国人口需要的食物。农业生产率的巨大提高，使大批劳动力从农业中解放出来，进入城市，为发展工业提供了劳动力，因而美国今天已成为世界上最大的工业国家。

生产率的提高与否关系到一个国家和民族的前途，我们必须对此高度重视，在发展生产时，不能仍像过去那样主要依靠投入更多的人力和资金来进行外延式扩大再生产，而应该更重视以提高生产率来进行内涵式扩大再生产，以较少的投入，获得更大的产出。

二、生产率与就业

许多人认为，我国人口众多，不宜提高生产率，因为生产率的提高会使原来几个人做的工作，现在由一个人就可以完成，从而造成劳力过剩，引起大量失业。

实际上，这种担心是没有必要的，如果生产率提高了，就业不仅不会受到损害，而且还会扩大。就业扩大的方式有两种：

第一，由于生产率的提高，使得国民收入增加，人民的生活水平相应提高，从而对产品的需求增加，这样就能使生产率高的企业维持和增加职工。在美国历史上，生产率提高速度高于全国平均数的工业部门，就业人数增长的百分数也高于全国平均数。相反，许多生产率低下的工业部门却不得不裁员。日本和西欧也是生产率增长速度快和低失业的例子。他们的发展事实表明，生产率的提高、经济的发展是能够为人们提供足够的就业机会的。

其次，生产率的提高会促使新行业的产生或扩大，创造新的就业机会。例如由于工业生产率提高，人们的收入将增加，对服务的要求也相应增加，由于工业生产提高而产生的多余人员可以转入第三产业。美国社会结构的变化也说明了这一点。图 1-2-1 表明

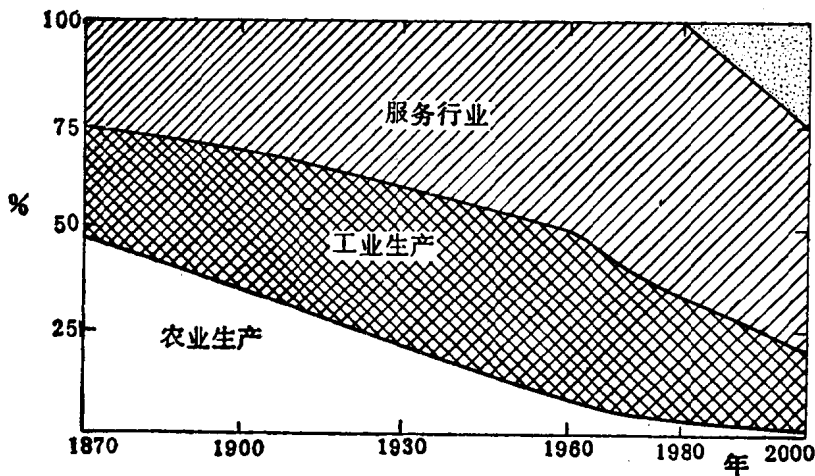


图 1-2-1 美国就业人员的分布图

1870 年以来美国就业人员分布的变化。开始时约有 1/2 的人口在农业部门，约有 1/4 的人口在工业部门，其他 1/4 在服务行业。农业生产率的巨大提高，使 1980 年农业人口降为不到 4%。生产性行业（工业、建筑业）的人口逐步增长，而 1950 年以后由于某生产率大幅度提高，使其人口比例下降，1980 年仅为总劳动人数的 20%，然而服务行业的人口则由 1870 年的 25% 左右上升到 1980 年的 68%。若仍按此趋势发展，到 2000 年，农业只需要全国总劳动力的 2~3%，生产性行业的人口只需总人口的 20% 不到，剩下 75% 以上的劳动力将在服务性行业工作。同时，生产率的提高还使人们有更多的休假时间，使人们能更舒适地生活、工作，使人们的生活质量得到改善。

三、生产率与通货膨胀

生产率的提高可以使单位产品劳动成本下降,从而使商品的平均价格下降,减轻了要求增加工资的压力,从而有效地控制了通货膨胀。而且,统计数据表明,生产率每增长一个百分点,可以使通货膨胀率降低多于一个百分点,即生产率提高对通货膨胀有“倍加”的控制效果。

四、生产率与质量

生产率与质量常常被认为是对立的。许多人认为,提高生产率会影响产品质量,要保证产品质量就不能提高生产率。其主要论据是生产高质量的产品要比生产普通产品耗费更多工时。

实际上,依靠技术进步取得的生产率提高,直接促使产品质量的提高。机械化、自动化、计算机辅助设计与制造等新技术部分地代替了原来的手工劳动,这不仅提高了生产率,而且制造出了质量更可靠、精度更高的设备。标准化、系列化和通用化等也促使了生产率和质量的同步提高。

此外,制造高质量产品相对于低质量产品而言,耗用的工时可能较多,然而高质量产品给用户提供的服务也必然比低质量的产品多。如高质量产品的寿命会更长,可靠性更高,功能更多。如果某高质量产品的寿命是低质量产品的一倍,生产一台高质量的产品就相当于生产两台低质量的产品。按这样计算,生产高质量产品的生产率不仅不会低于低质量的产品,还可能高于后者。

所以,提高生产率与保证产品质量是统一的。

第三节 我国工业生产率的测定与分析

长期以来,我国对提高劳动生产率的重要性和迫切性认识不足。建国40多年来,我国工业总产值的提高在很大程度上是依赖于投入更多的资金和人力,而忽略了劳动生产率的提高对工业发展的巨大作用。这样,虽然我国在工业上投入了巨大的资金和劳力,工业化的进程却远远没有达到建国之初的预期效果。

我们以电子工业为例,测定其劳动生产率对总产值提高的贡献:

表1-2-1 中、日、美电子工业比较(1980年)

	中 国	美 国	日 本
产值(亿美元)	56.67	1 031.4	381.14
人员(万人)	133.5	157.0	79.4
劳动生产率(美元/人·年)	4 200	65 700	47 900

从整个电子工业来看(表1-2-1),1980年我国电子工业的从业人数与美国差不多,而产值却相差17倍,仅相当于美国1952年的水平,劳动生产率和美国相差14倍,和日本相差10倍。

下面用相关系数、弹性法与PCVM系统评价法来测定其劳动生产率对总产值提高的贡献。

1. 相关系数、弹性法

表1-2-2为美国、日本、法国和中国电子工业在同一时期的资料。

据此资料计算其相关系数及弹性,其结果如下:

美 国	法 国
$R_1 = 0.995$	$R_1 = 0.959$
$R_2 = 0.989$	$R_2 = 0.995$
$E_1 = 3.53$	$E_1 = 3.86$
$E_2 = 1.96$	$E_2 = 2.03$
日 本	中 国
$R_1 = 0.940$	$R_1 = 0.0260$
$R_2 = 0.990$	$R_2 = 0.652$
$E_1 = 4.95$	$E_1 = 0.0740$
$E_2 = 1.66$	$E_2 = -0.344$

其中, R_1 、 R_2 分别为产值与劳动力人数、产值与劳动生产率的相关系数, E_1 为这一时期的产值变化率与劳动力变化率之比, E_2 为同期产值变化率与生产率变化率之比。

然后,再进行相关性检验。查相关系数检验表(表1-2-3),找出相关性检验的判断值。对于美国、日本、中国,样本数 $N=6$,则有:

当显著水平 $\alpha=0.05$ 时,判断值 $r_{0.05}=0.811$

当显著水平 $\alpha=0.01$ 时,判断值 $r_{0.01}=0.917$

对于法国,样本数 $N=5$,有:

当显著水平 $\alpha=0.05$ 时,判断值 $r_{0.05}=0.878$

当显著水平 $\alpha=0.01$ 时,判断值 $r_{0.01}=0.959$

美国、日本的 $R_1 > r_{0.01}$, $R_2 > r_{0.01}$, 法国 $R_1 = r_{0.01}$, $R_2 > r_{0.01}$, 表明它们的电子工业总产值在显著水平为0.01的情况下与劳动力人数和劳动生产率高度相关。即它们的工业总产值是随着劳动力人数和生产率同时增加的,所以其电子工业发展是协调的。

然而,我国同期的电子工业产值与人数却出现了微小负相关(近似等于零),在这一时期内,人数虽然增加了近1倍,但产值却基本不变。这是由于劳动生产率、资金未能与人数的增加相协调的结果,所以劳动力的大增却对产值增加几乎没有任何作用。可见,单纯靠扩大劳动力数量来发展生产是不可行的。

我国电子工业总产值与劳动生产率的相关系数 $R_2 < r_{0.05}$, 表明产值与生产率在显著水平为0.05的情况下不相关。这表明产值的变化与劳动生产率的变化之间的关系不密切,说明总产值的增加极少依赖于劳动生产率的提高。

从弹性来看,美、日、法三国的 E_1 都在3.5以上,这说明在1975—1980年这一时期

表 1-2-2 四国电子工业数据

项目 \ 国家		1975	1976	1977	1978	1979	1980
美国	产值(亿美元)	422.69	501.97	605.70	728.70	878.28	1031.14
	从业人数(千人)	1115.4	1142.4	1212.7	1322.5	1463.9	1570.0
	劳动生产率(千美元/人)	37.9	43.9	49.9	55.1	60.0	65.7
日本	产值(亿美元)	145.4	195.4	224.1	300.7	325.3	381.1
	从业人数(千人)	600.1	643.8	710.1	704.3	726.3	796.5
	劳动生产率(千美元/人)	24.2	30.4	31.6	42.7	44.8	47.9
法国	产值(亿美元)	57.8	71.1	77.7	95.3	147.5	170.9
	从业人数(千人)	171.7	196.0		221.9	264.4	258.8
	劳动生产率(千美元/人)	33.6	36.1		42.9	55.8	66.0
中国	产值(亿美元)	51.4	56.4	38.0	41.8	49.3	56.7
	从业人数(千人)	558.0	1020.1	1078.7	1164.9	1241.1	1335.4
	劳动生产率(千美元/人)	6.0	5.5	3.5	3.6	4.0	4.2

这三国产值大增的同时,劳动力数量却增加不多,即产值增加3.5倍以上,劳动力数量才增加1倍,可见这三国电子工业产值并不是主要靠增加劳动力数量取得的。而这三个国家的 $E_2 = 1.66 \sim 2.03$,说明其产值几乎是随着劳动生产率的提高同步增大,可见它们产值的增长在很大程度上取决于其劳动生产率的提高。然而,我国的 $E_1 = 0.074$,即产值增加0.074倍,就需要增加1倍的劳动力。在此期间,我国虽然劳动力大幅度地增加,但产值却增长甚微。我国 $E_2 = -0.344$,说明在产值增加的时候,我国的劳动生产率反而下降了。正是由于劳动生产率未能与劳动力同时协调地增长,导致了在劳动力大增的情况下,产值却没有什麼变化。

劳动生产率的变化率反映了技术进步率。下面计算出了美国、日本、法国和中国的劳动生产率的年变化率。

美国 $\rho = 0.116$

日本 $\rho = 0.146$

法国 $\rho = 0.145$

中国 $\rho = -0.07$

可见美、日、法三国劳动生产率的年变化率为11.6%~14.5%,而我国的该指标却为-7%。

由前面的评价可知,我国电子工业劳动生产率提高的速度极为缓慢(甚至下降),已大大落后于世界发达国家的水平,这已严重地阻碍了我国电子工业的发展。

2. PCVM系统评价法

根据马克思的再生产理论 $P = C + V + M$ 构成PCVM系统,则有以下技术进步的测定

表 1-2-3 相关系数检验表(制判值)

$N-2$	α	0.05	0.01	$N-2$	α	0.05	0.01
1		0.997	1.000	21		0.413	0.526
2		0.950	0.990	22		0.404	0.515
3		0.878	0.959	23		0.396	0.505
4		0.811	0.917	24		0.388	0.496
5		0.752	0.874	25		0.381	0.487
6		0.707	0.834	26		0.374	0.487
7		0.666	0.798	27		0.367	0.470
8		0.632	0.765	28		0.361	0.463
9		0.602	0.735	29		0.355	0.456
10		0.576	0.708	30		0.349	0.449
11		0.553	0.684	31		0.325	0.418
12		0.532	0.661	32		0.304	0.393
13		0.514	0.641	33		0.288	0.372
14		0.497	0.623	34		0.273	0.354
15		0.482	0.606	35		0.250	0.325
16		0.468	0.590	36		0.232	0.302
17		0.456	0.575	37		0.217	0.283
18		0.444	0.561	38		0.205	0.267
19		0.433	0.549	39		0.195	0.254
20		0.423	0.537	40		0.138	0.181

模型:

$$Q = AL^{\alpha}K^{\beta}$$

$$\alpha = (V + M)/Q$$

$$\beta = C/Q = 1 - \alpha$$

式中 Q 为产值, A 为劳动生产率水平, K 为资金, L 为劳动力, α 、 β 分别为劳动弹性和资金弹性, $V+M$ 为净产值, C 为物耗。

在1年至 t 年这段时期中, 单纯靠外延扩大再生产的产值为

$$Q'_t = A_0 L_0^{\alpha} K_0^{\beta}$$

则由于技术进步而转化的产值为

$$Q_t - Q'_t = A_t L_t^{\alpha} K_t^{\beta} - A_0 L_0^{\alpha} K_0^{\beta} = A_t L_t^{\alpha} K_t^{\beta} \left(\frac{A_t - A_0}{A_t} \right) = Q_t \left(\frac{A_t - A_0}{A_t} \right)$$

所以

$$\frac{Q_t - Q'_t}{Q_t} = \frac{A_t - A_0}{A_t}$$

$\frac{Q_i - Q'_i}{Q_i}$ 为由劳动生产率提高而转化的产值在*i*年总产值中所占的比重, 记为 P_i 。

为了避免随机误差, 在此, 采用累计型指标, 显然 $\sum_{i=1}^t (Q_i - Q'_i)$ 为劳动生产率提高而转化的产值在1~*t*年的累积, 则 $\sum_{i=1}^t (Q_i - Q'_i) / \sum Q_i$ 是1~*t*年时期劳动生产率提高而转化的产值占累计总产值的比重。

下面用 R 表示劳动生产率的年增长率, P_1 表示 $\sum (Q_i - Q'_i) / \sum Q_i$, P_2 表示 $(Q_t - Q'_t) / Q_t$ 。对我国电子工业劳动生产率与总产值的关系进行测定结果如图1-2-2所示。

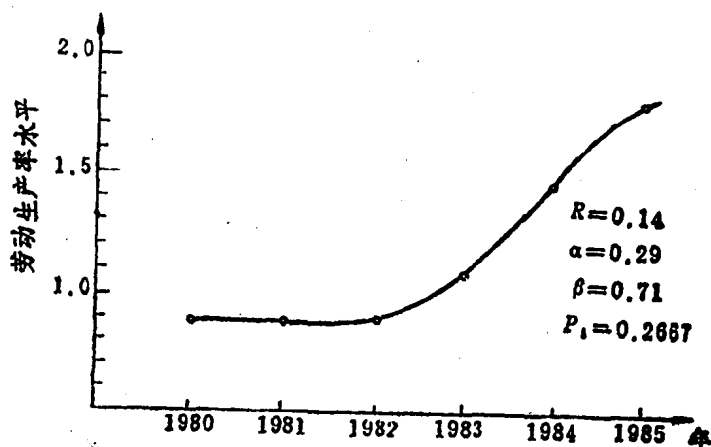


图1-2-2 我国电子工业劳动生产率的年增长率

$P_1 = 0.2667$, 即电子工业总产值的增加仅有约 26.7% 是依靠劳动生产率的提高来获得的, 而绝大部分 (约 73.3%) 是依靠投入更多的资金和人力进行外延式的扩大再生产来获得。

在我国的其他行业也都存在着这种相似的扩大再生产模式。

仅靠增加基建投资来发展工业, 而劳动生产率没有相应地提高, 必然会带来需求过旺, 供给不足, 出现经济恶性膨胀。这样, 政府又只能靠行政手段来压缩基建投资, 减缓需求压力。但一段时期后, 如果仍单一依靠增加资金和人力来发展生产, 则基本建设投资又会过度增长, 经济又再一次出现恶性膨胀。

这正是我国目前面临的难题, 解决这一难题的根本办法是改变过去仅依靠投入更多资金、劳力来进行外延式发展工业的办法, 重视内涵式地扩大再生产, 通过提高劳动生产率来促进工业的发展, 增加工业总产值。

IE技术正是提高生产率的有效手段, 因此, 我们必须引进吸收IE体系的各项技术, 在我国企业中推广应用, 以提高生产率。