

文章编号:1003-207(2007)01-0055-09

# 基于 ERP 的机械制造企业投入产出表结构及分析

张玲玲<sup>1,2</sup>, 李 军<sup>1,2</sup>, 佟仁城<sup>1</sup>

(1. 中国科学院研究生院管理学院 北京 100080; 2. 中科院虚拟经济科学研究中心, 北京 100080)

**摘要:**本文以机械制造企业为研究对象,对基于 ERP 的机械制造企业投入产出模型进行研究,结合机械制造企业的特点和 ERP 的运行数据的特点,确定投入产出表的结构,原则是既体现投入产出的特点,又能将 ERP 与投入产出很好结合;同时说明每一投入产出矩阵块中数据与 ERP 中数据的关系以及转换方法,并以具体案例说明其实现过程。

**关键词:**ERP;投入产出表;机械制造企业

**中图分类号:**C931.9 **文献标识码:**A

## 1 引言

企业资源计划(Enterprise Resource Planning ERP)的基本思想是将企业的业务流程看作一个紧密连接的供应链,将供应商和企业内部的采购、生产、销售以及客户紧密联系起来,实现对企业的动态控制和各种资源的集成与优化。目前,ERP 已成为国际上制造业普遍采用的信息系统,全球 500 强中有 80% 实施了 ERP,年销售额达 100 亿<sup>[1]</sup>。

但是值得注意的是,ERP 是一种不断发展的管理思想和技术,特别是由于创新和技术进步的不断加速、市场需求的快速变换,传统 ERP 的某些功能已滞后于企业需要,主要表现在业务模型的动态应变能力、决策支持能力差、建设周期长、成本高,这是导致目前 ERP 推广应用困难以及成功率低的一个非常重要原因<sup>[2,3]</sup>。针对 ERP 存在的问题,国内外许多学者和业内人士对其进行了研究,研究主要在以下两个方面:一是利用管理学中成熟的模型、方法和技术,如人工智能、并行工程、精良生产、数据仓库、运筹学等等,通过增加对 ERP 计划的调整来改善其不够灵活的缺点,从事这方面研究的主要是科

研院所从事管理信息系统、企业管理的学者;二是主要利用先进的 IT 技术达到上述目的,如 BAAN 公司提出动态企业建模<sup>[4]</sup>,其他机构提出智能资源计划 IRP<sup>[5,6,7]</sup>等,主要是一些 ERP 软件公司在开展了这方面的研究和应用。

本文尝试将投入产出模型与 ERP 结合以解决其动态应变能力和决策支持能力差的问题,主要是从管理学的角度对 ERP 研究的一种探索。企业投入产出技术经过多年的研究,在企业管理的许多方面得到应用,已成为较为成熟的企业管理工具<sup>[8,9]</sup>。另外,由于投入产出技术涵盖企业环节多、数据信息处理量大、费时、费力,也需要与管理信息系统结合以增强其可操作性<sup>[10,11]</sup>。因此,将投入产出技术与 ERP 结合,一方面可以利用投入产出这种先进的模型技术对企业的数据进行系统分析,提供各种管理信息,使 ERP 系统的决策支持能力、优化能力及动态应变能力得到进一步加强。另一方面,对于企业投入产出模型技术来说,也需要与功能强大的 ERP 系统结合,利用先进的计算机技术实时处理企业内部海量的信息,增强其在企业的可操作性,达到优势互补。

而要达到上述目的,首先要在 ERP 系统的基础上建立“合用”的投入产出表,这也是利用投入产出模型的关键和基础环节。这里“合用”有三个含义:第一,如何根据要解决的问题确定投入产出表的结构,使它既体现投入产出表的特点,又与 ERP 系统紧密结合。第二,如何使表中所用数据准确且易于

收稿日期:2005-10-09;修订日期:2006-12-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70501030);北京市自然科学基金(9073020);博士后基金资助项目(200435429)。

作者简介:张玲玲(1974-),女(汉族),河南洛阳人,中科院研究生院管理学院副教授,硕士生导师,中国科学院数据技术与知识经济研究中心研究人员,研究方向:信息系统与信息管理、ERP、知识管理、项目管理。

取得,如何实现 ERP 与投入产出表中数据的转换,使表中所需的大部分数据都可以从 ERP 中得到,充分体现与 ERP 系统结合的优势。第三,如何利用投入产出表加工得到适合使用要求的信息,它具体在哪些方面可以增强 ERP 的功能。

本文将以机械制造企业为研究对象,对基于 ERP 的机械制造企业投入产出模型进行研究,结合机械制造企业的特点和 ERP 运行数据的特点,确定投入产出表的结构,说明每一矩阵块中数据与 ERP 数据的关系以及如何实现它们之间的转换,并以具体案例说明其实现过程。

## 2 与模型结构有关的问题

### (1) 机械制造企业的特点与机械制造企业投入产出表

与其他类型企业相比,机械制造企业具有鲜明的特点<sup>[9]</sup>: 机械制造企业的产品多为装配型结构,按加工过程划分为零件、部件、组件、整机四个层次。它们的制作过程分层次、有序进行,其消耗关系是单向的,无逆向联系。机械产品的复杂性主要表现为零件、组件、部件品种和制作工艺的多样性,零件随其结构与性能要求不同,其加工工艺、生产流程各异。机械加工的特点是能源、工装模具及劳动工时等的消耗大都在加工过程中伴随着设备的运行而产生,按设备的功能分为通用和专用两类。除设备加工工时外,工具、装具、胎具、卡具、模具(统称为工装模具)因为是机械制造企业生产必不可少的,其中相当一部分由企业自己制作。机械制造企业的核算过大,从经营管理要求看,准确计算每一种加工件及工装模具对各种要素的消耗量和成本是必要的。根据上述特点,机械制造企业实物型投入产出表的结构如表 1 所示。

### (2) ERP 的基础数据结构及特点

ERP 是美国 IBM 公司的管理专家及其合作者,在不断探索装配型产品的生产与库存管理问题的基础上创立的。从企业类型角度讲,它适用于一切由零件装配成产品的生产环境;从产品结构和工艺特点来说,它主要适用于离散型产品生产。ERP 系统的基础数据主要包括:物料主文件、物料编码、物料清单、工作中心、工艺路线、提前期和库存记录。其中每一类数据都包括很多属性信息,并且可以根据需要进行扩充。表 2<sup>[12]</sup>为最终产品圆珠笔的物料清单及其部分属性信息,这些属性信息主要包括如与管理有关的信息、与计划有关的信息、与成本有关

的信息(如材料费、人工费等),这些属性信息将其与其他的模块联系起来。它也体现了制造业的一些特点: 物料编码、物料清单及由此得到的采购、收货信息体现了自产产品之间消耗关系。在 ERP 中,“工作中心”是基本加工单位,劳动工时消耗、设备加工工时消耗以及固定制造费用等信息都是以工作中心为单位进行采集。工艺路线说明了物料加工和装配的顺序、每道工序使用的工作中心、各项时间定额及外协工序的时间和费用。上述各基础数据的关系如图 1 所示<sup>[13]</sup>。

表 1 机械制造企业实物型投入产出表

投入 产出	中间使用				最终	总产出
	零件	组件	部件	整机	产品	
自产产品	零件 组件 部件 整机		$q_{ij}$		$\tilde{r}_i$	$\tilde{Q}^i$
工装模具				$\tilde{Z}_{ij}$		
原材料				$\tilde{G}_{ij}$		
能源				$\tilde{W}_{ij}$		
劳动工时				$\tilde{T}_{1ij}$		
设备加工工时				$T_{2ij}$		

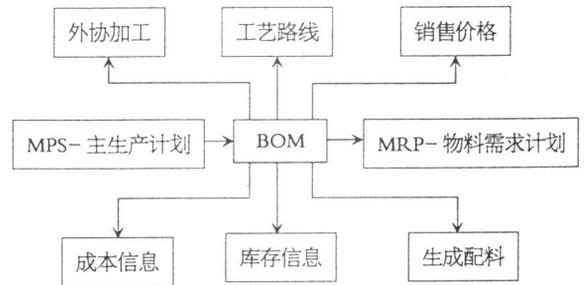


图 1 BOM 与其他数据关系图

### (3) I/O 与 ERP 基础数据之间的关系分析

在软件的实现上,拟将 I/O (投入产出) 分析作为 ERP 的一个模块处理,像 ERP 中其他模块之间的关系一样,I/O 模块和 ERP 其他模块之间是数据共享的,ERP 的其他模块尤其是基础数据模块为投入产出模块提供编表所需的数据,I/O 模块可对这些数据进行计算、分析,得到对企业决策、控制、管理具有重要意义的各种数据,这些数据作为其他模块的输入有些可直接用于决策,有些则可作为其他模块的参数,支持并增强其他模块的功能。

图 2 为本文设计的 I/O 模块的第一层数据流程图,表示了 I/O 模块和其他模块中数据之间的关系,I/O 在得到管理基础资料、采购基础资料、设备

表 2 P123 圆珠笔的物料清单

目数:1/1

日期:2003 年 5 月 4 日

父项:P1 - 001 - 000 - 00			名称:P123 型圆珠笔		BOM		颜色:兰色		单位:SET		
层数	子类	子项	图号	名称	规格	颜色	用量	量类	损耗	单位	备注
Level	CT	Child	Drawing	Name	Specification	Color	UsePcs	QT	SP	Unit	Remarks
1	H	51-002-001-00	51-001D	包装盒 Pacring Box	0.05 *0.02 *0.1		1	I	0 %	PC	
1	H	P1-001-001-00	P1-001D	笔盖 Pen Cover	直形条纹	兰色	1	I	0 %	PC	
2	N	01-003-001-00		PE原料	普通 PE原料	兰色	.1005	I	0 %	KG	
2	C	01-003-001-00		PE回收料	回收 PE料	兰色	.001	I	0 %	KG	
2	U	M1-001-001-00		笔盖模具	200 *300 *400		1	O	0 %	SET	
2	W	W2-001-001-00		100 吨注塑机			.005	I	0 %	HR	
1	H	P1-001-002-00	P1-002D	笔头 Pen Hesd	圆锥形滚线	兰色	1	I	0 %	PC	
2	N	01-003-001-00		PE原料	普通 PE原料	兰色	.005	I	0 %	KG	
2	C	01-003-001-01		PE回收料	回收 PE料	兰色	.001	I	0 %	KG	
2	U	M1-001-002-00		笔头模具	200 *300 *400		1	O	0 %	SET	
2	W	W2-001-001-00		100 吨注塑机			.005	I	0 %	HR	
1	H	P1-001-003-00	P1-003D	笔帽 Pen CaD	带口袋夹形	兰色	1	I	0 %	PC	
2	N	01-003-001-00		PE原料	普通 PE原料	兰色	.005	I	0 %	KG	
2	C	01-003-001-01		PE回收料	回收 PE料	兰色	.001	I	0 %	KG	
2	U	M1-001-003-00		笔帽模具	200 *300 *400		1	O	0 %	SET	
2	N	W 2-001-001-00		100 吨注塑机			.005I	0 %		HR	
1	H	P1-001-004-00	P1-004D	笔身 Pen Body	六角柱形	透明	1	I	0 %	PC	
2	N	01-008-001-00		P 原料	普通 P 原料	透明	.005	I	0 %	KG	
2	C	01-008-001-01		P 回收料	回收 P 料	透明	.001	I	0 %	KG	
2	U	M1-001-004-00		笔身模具	300 *300 *500		1	O	0 %	SET	
2	W	W2-001-001-00		100 吨注塑机			.005	I	0 %	HR	
1	H	P1-001-005-00	P1-005D	笔芯 Pen Inserter	装有兰色油墨	透明	1	I	0 %	PC	
2	N	21-001-001-00		笔尖 Pen TiD	黄铜材料	黄色	1	I	0 %	PC	
2	N	41-001-001-00		笔油	兰色圆珠芯油	兰色	.002	I	0 %	L	
2	N	P1-001-006-00	P1-006D	笔馆 Pen Tube	直径 3mm *L135mm	透明	1	I	0 %	PC	
3	N	12-001-001-00		材 Tube	直径 3mm	透明	.135	I	0 %	M	
3	W	W2-001-002-00		笔 剪切机	剪切机+2 人		.0025	I	0 %	HR	
2	W	1-001-002-00		笔芯装配中心	3 人+ 装配工具		.01	I	0 %	HR	
1	H	W1-001-001-00		成笔装配线	装配线+5 人		.01	I	0 %	HR	

资料、人力资料等的基础上,将这些基础数据作为输入,在物料需求计划和 I/O 模型计算的基础上,得到的输出数据将为成本管理、定价管理、设备管理、生产管理、能力管理等提供参考。

输入数据:分为两类,一类为从其他模块转换的数据,即利用原有公用数据库和从其他模块获得的中间结果数据。主要包括:工程模块(物料清单、物料编码)、制造标准管理模块(如产品工艺路线文件、产品工时定额文件、工作中心文件等)、车间管理文件(成本等数据的获得)、成本管理模块、库存管理模块(第三象限)等。

另一类是手工输入数据,有些数据不能从其他模块中获得,或者是具有 I/O 特点的参数数据,这些数据需要输入,如:I/O 参数设置文件、I/O 操作

授权文件、最终需求等。

第三类是需要基础数据中添加的数据:如 I/O 表中出现的工装模具的物料编码、物料清单包含的与一般物料同类型的信息、最终需求等。

输出文件:主生产计划文件、产品定价文件、成本核算差异分析文件、原材料供应及能源编制文件、绩效指标考核文件等,分别输入到 ERP 的主生产计划模块、成本管理模块、车间模块、财务管理模块、采购管理模块等。I/O 模块的主要业务有:1) 生产工艺过程供需平衡;2) 利用 I/O 模型进行企业生产过程全面成本核算(尤其是制造业);3) 企业生产计划与作业编制;4) 生产过程各项指标的考核;5) 产品定价;6) 产品能耗分析;7) 原材料供应及能源编制计划。

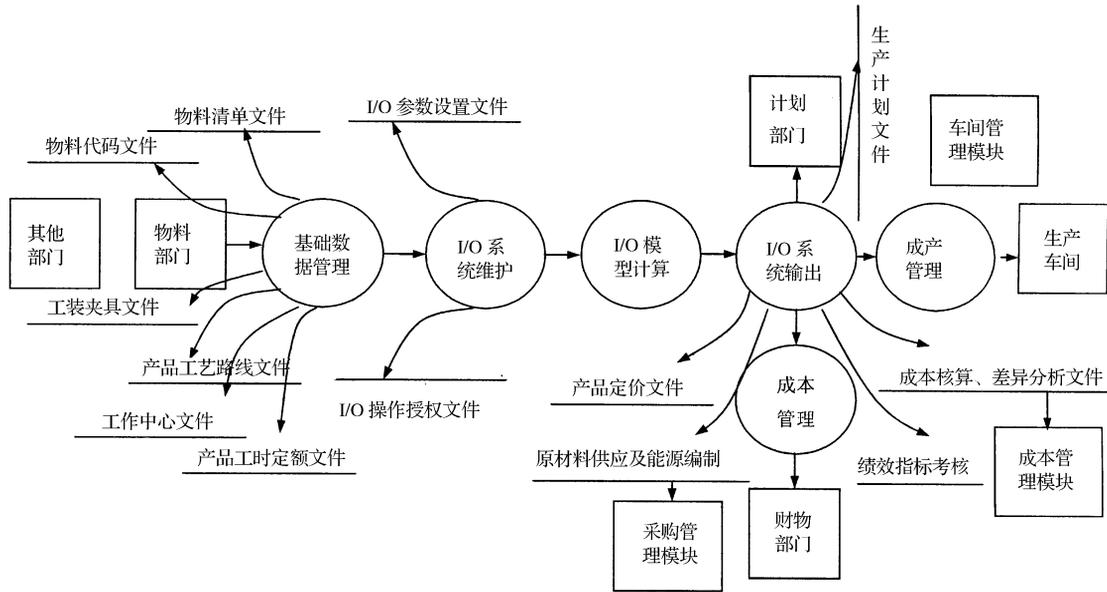


图 2 I/O 模块的第一层数据流

### 3 基于 ERP 的机械制造企业投入产出表的构造

基于 ERP 的机械制造企业投入产出表的构造主要考虑以下几个方面的因素：尽量符合机械制

造企业实物型投入产出表的结构；考虑 ERP 中基本数据的特点；有利于分析的全面性和便利性；与 ERP 系统的有机结合及扩展要求。经研究将表确定为如下结构,表 3 所示。

表 3 基于 ERP 的机械制造企业实物型投入产出表

投入 产出		中间使用(自产产品)				最终产品	总产出
		零件 (1,2,...,m <sub>1</sub> )	组件 (1,2,...,m <sub>2</sub> )	部件 (1,2,...,m <sub>3</sub> )	整机 (1,2,...,m <sub>4</sub> )		
自产产品	零件(1,2,...,m <sub>1</sub> )	$\tilde{Q}^{11}$	$\tilde{Q}^{12}$	$\tilde{Q}^{13}$	$\tilde{Q}^{14}$	$\sim 1$	$\tilde{Q}^1$
	组件(1,2,...,m <sub>2</sub> )	$\tilde{Q}^{21}$	$\tilde{Q}^{22}$	$\tilde{Q}^{23}$	$\tilde{Q}^{24}$	$\sim 2$	$\tilde{Q}^2$
	部件(1,2,...,m <sub>3</sub> )	$\tilde{Q}^{31}$	$\tilde{Q}^{32}$	$\tilde{Q}^{33}$	$\tilde{Q}^{34}$	$\sim 3$	$\tilde{Q}^3$
	整机(1,2,...,m <sub>4</sub> )	$\tilde{Q}^{41}$	$\tilde{Q}^{42}$	$\tilde{Q}^{43}$	$\tilde{Q}^{44}$	$\sim 4$	$\tilde{Q}^4$
工装模具(工装模具 1,2,...,m <sub>1</sub> )		$\tilde{Z}^{11}$	$\tilde{Z}^{12}$	$\tilde{Z}^{13}$	$\tilde{Z}^{14}$		
原材料(原材料 1,2,...,n <sub>2</sub> )		$\tilde{G}^{11}$	$\tilde{G}^{12}$	$\tilde{G}^{13}$	$\tilde{G}^{14}$		
劳动工时(工作中心 1,2,...,n <sub>3</sub> )		$\tilde{T}^1$	$\tilde{T}^2$	$\tilde{T}^3$	$\tilde{T}^4$		
设备加工工时(工作中心 1,2,...,n <sub>3</sub> )		$\tilde{T}_2^1$	$\tilde{T}_2^2$	$\tilde{T}_2^3$	$\tilde{T}_2^4$		
固定制造费用(工作中心 1,2,...,n <sub>3</sub> )		$\tilde{W}^{11}$	$\tilde{W}^{12}$	$\tilde{W}^{13}$	$\tilde{W}^{14}$		
其他费用							

表中共包括 9 个矩阵块,分别解释如下:

1) 自产产品 × 自产产品消耗关系矩阵块

它是一个  $(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 = l)$  阶方阵,表示自产产品之间的相互消耗关系,根据机械制造企业的特点,将其分为零件、组件、部件、整机四部分。数据主要来自 ERP 的工程模块。

$$\text{设 } \tilde{Q} = \begin{bmatrix} \tilde{Q}^{11} & \tilde{Q}^{12} & \tilde{Q}^{13} & \tilde{Q}^{14} \\ \tilde{Q}^{21} & \tilde{Q}^{22} & \tilde{Q}^{23} & \tilde{Q}^{24} \\ \tilde{Q}^{31} & \tilde{Q}^{32} & \tilde{Q}^{33} & \tilde{Q}^{34} \\ \tilde{Q}^{41} & \tilde{Q}^{42} & \tilde{Q}^{43} & \tilde{Q}^{44} \end{bmatrix}$$

$\tilde{q}_{ij}$  表示第  $j$  种加工件对第  $i$  种加工件的消耗

量。

$$\tilde{Q} = (\tilde{q}_{ij})_{l \times l} \quad i, j = 1, 2, \dots, l$$

由于单向消耗关系,即在企业的投入产出模型中,自产产品之间的直接消耗关系是一种单向的消耗关系,即每一工序只有一种产品,前一工序产品都被后一工序产品所消耗,且只有最后一道工序有最后产品的产生,在这种情况下,本模型的产品分类方式突出反映了机械制造企业分层次产品结构和生产组织的特点,生产活动的起点是零件的制造,正点是整机的组装入库,零件作为最基本的单元,只需要材料、设备加工工时等的投入,而不消耗任何加工件,

同样,组件只消耗零件、设备加工工时等,因此,由各类产品间的消耗关系知,其应为一上三角矩阵,下三角为 0。

$$\tilde{Q} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{Q}^{12} & \tilde{Q}^{13} & \tilde{Q}^{14} \\ 0 & 0 & \tilde{Q}^{23} & \tilde{Q}^{24} \\ 0 & 0 & 0 & \tilde{Q}^{34} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

由于制造企业的产品为装配型结构,按加工过程可将加工件分为零件、组件、部件、整机(加工件)四个基本层次,

2) 工装模具 × 加工件消耗关系矩阵块

是一个  $m_i \times l$  矩阵地,表示加工件对工装模具的消耗关系, $l$  为工装模具的种类数,包括手工操作和设备运行所消耗的工装模具。

$$\tilde{Z} = [\tilde{z}_{11} \quad \tilde{z}_{12} \quad \tilde{z}_{13} \quad \tilde{z}_{14}]$$

若以  $\tilde{z}_{ij}$  表示第  $j$  种加工件加工时对第  $i$  种工装模具的消耗量,其矩阵形式为:

$$\tilde{Z} = (\tilde{z}_{ij})_{m_i \times l} \quad i = 1, 2, \dots, m_i \quad j = 1, 2, \dots, l$$

数据主要来自 ERP 的工程模块。在 ERP

中没有将工装模具区分为自制还是外购,因此对于文中所述的手工操作对工装模具的消耗,ERP 中没有相关资料的描述,不过可以在物为的定义中对其进行区分,这是很容易做到的。对于加工件对工装模具的消耗关系,笔帽对笔帽模具的消耗为 1,用“用量”属性关系,单位为 SET,因此笔帽对笔帽模具的消耗为 1。

3) 原材料 × 自产产品消耗关系矩阵

是一个  $n_2 \times l$  矩阵块 ( $n_2$  为材料种类数),它表示加工件对材料的消耗关系,描述了作为劳动对象的材料伴随着加工的进行其价值向加工件中转移的数量和过程,

$$\tilde{G} = [\tilde{G}^{j1} \quad \tilde{G}^{j2} \quad \tilde{G}^{j3} \quad \tilde{G}^{j4}]$$

若以  $\tilde{g}_{ij}$  表示第  $j$  种加工件对第  $i$  种原材料的消耗量,则其矩阵形式为:

$$\tilde{G} = (\tilde{g}_{ij})_{n_2 \times l} \quad i = 1, 2, \dots, n_2 \quad j = 1, 2, \dots, l$$

由于在机械制造企业的产品中,只有零件消耗原材料,组件、部件、整机对原材料均没有消耗,因此,  $\tilde{G}_{12} = \tilde{G}_{13} = \tilde{G}_{14} = 0 \quad \tilde{G} = [\tilde{G}_{11} \quad 0 \quad 0 \quad 0]$ 。

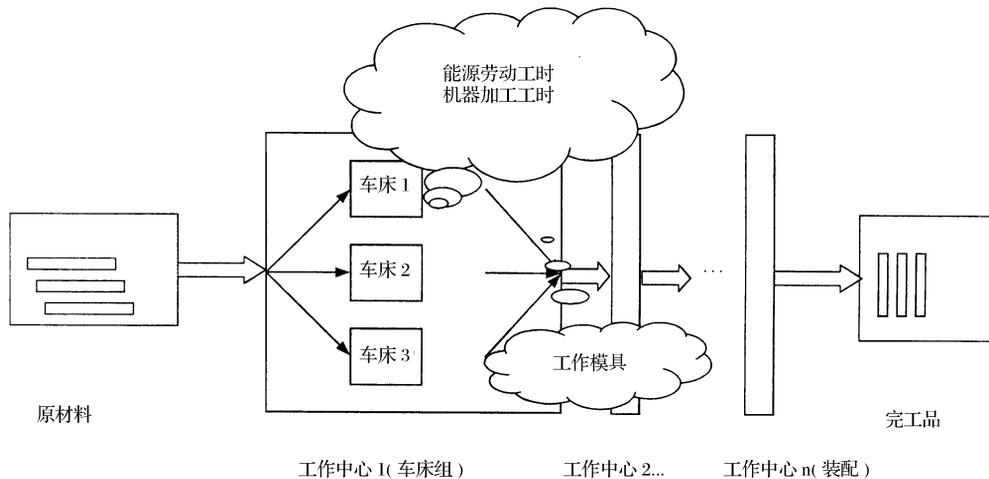


图 3 物料加工过程

该矩阵的第  $j$  列表示加工件  $j$  对各种原材料的消耗量,即产品  $j$  对原材料的消耗量构成,在两个矩阵中表示的是加工件(零件、部件、组件、工装模具)对原材料的消耗关系,这种消耗关系在 ERP 中有清晰描述,如表 2,以笔帽为例,在笔帽的 BOM 及总 BOM 中对笔帽对原材料的消耗关系进行了描述,描述的属性还是由“用量”来表示,在这个描述中,笔帽的原材料由普通 PE 原料及回收 PE 原料构成,对它们的消耗量又分别为 0.05 KG 和 0.01 KG,同理可类推其他加工件对各种原材料的消耗量及消耗量构成。

4) 劳动工时 × 自产产品消耗关系矩阵是一  $n_3 \times l$  矩阵块,表示加工件对劳动工时的消耗关系,包括两方面的消耗:手工操作中对劳动的消耗:设备运行中对劳动的消耗。

设  $\bar{T}_1 = [\bar{T}_1^1 \quad \bar{T}_1^2 \quad \bar{T}_1^3 \quad \bar{T}_1^4]$  若以  $t_{ij}$  表示第  $j$  种加工件对第  $i$  个工作中心的劳动工时的消耗量,则其矩阵形式为:

$$\bar{T}_1 = (\tilde{t}_{ij})_{n_3 \times l}$$

$$i = 1, 2, \dots, n_3, j = 1, 2, \dots, l$$

在 1) 和 2) 中,它的第  $i$  行表示各种产品(加工件和工装模具)对原材料  $i$  的使用量。

由于在 ERP 系统中,工作中心是 MRP 和 CRP 的基本单元,定义工艺路线的依据、车间作业安排的基本单元,也是完工信息和成本信息的采集点,作为车间作业分配任务和编制详细进度的基本单元,派工单是按照每个工作中心来说明任务的优先顺序的。产品从原材料到完工品的加工过程是经过一系列的工作中心完成的(如图 3)<sup>[13]</sup>,其加工过程和价值的转移都是在这个过程中完成的,且每个工作中心的机器设备、工时节性和劳动比较单一。因此,在劳动工时和设备加工工时中以工作中心为基本单

元,在 ERP 中每个工作中心都有定义。

如表 4 为 YD101 面板的工艺路线报表<sup>[13]</sup>,在这个表中,描述了 YD101 面板从下料到电镀完工的过程中经过的工序、每个工序对应的工作中心、在加工过程中消

$$\bar{T}_1 = (\tilde{T}_{1ij})_{n_3 \times l} \quad i = 1, 2, \dots, n_3 \quad j = 1, 2, \dots, l$$

耗的机器劳动工时(人工数、加工时间)、手工劳动工时(人工数、传送时间、准备时间)及设备加工工时(设备数、设备台时)等定额信息,这些信息将成为成本采集的数据源。

表 4 工艺路线报表

加工物料: M10101		物料名称: YD101 面板		生效日期		2000/07/18		失效日期: 2001/07/20					
工序号	工序名	工作中心 编码 + 名称	工序单位标准时间			占工作中心时间(提前期)			传送 时间	人工数		设备数	外协费
			准备 时间	加工 时间	设备 台时	准备 时间	加工 时间	设备 台时		服务	加工		
1	下料	下料班	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	1	1	1	
2	冲大旋钮孔	冲床 1	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01		1	1	-
3	冲 6 孔	冲床 2	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01		1	1	-
4	磨光	钳工班	0.01	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	0.01			1	-
5	电镀	电镀班	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.01			1	-

5) 设备加工工时 × 自产产品消耗关系矩阵 - 计算可变制造费用

数据主要来自车间管理模块和工程管理模块等,它也是一  $n_3 \times l$  矩阵块,与加工件对劳动工时的消耗关系相似,它是一个  $n_3 \times m_1$  矩阵块,表示自产产品对设备加工工时的消耗关系,“它体现了作为劳动手段的机器设备、工装模具以及能源、劳动工时等的价值向产品中转移的方式和数量,是计算加工件消耗量的基础和依据,是投入产出表的重要组成部分。”在成本的计算中,

直接人工费 = 工作中心记录的人工费率 × 工艺路线记录的工时数

制造费 = 工作中心记录的间接费率 × 工艺路线记录的工时数

其中制造费包括可变制造费和固定制造费,它们可有不同的费率,但计算公式相同。

设  $\bar{T}_2 = [ \bar{T}_2^1 \quad \bar{T}_2^2 \quad \bar{T}_2^3 \quad \bar{T}_2^4 ]$  若以  $t_{2ij}$  表示第  $j$  种加工件对第  $i$  个工作中心的劳动工时的消耗量,则其矩阵形式为:

$$\bar{T}_2 = (\tilde{t}_{2ij})_{n_3 \times l} \quad i = 1, 2, \dots, n_3 \quad j = 1, 2, \dots, l$$

6) 固定制造费用 × 自产产品消耗关系矩阵 - 计算可变制造费用

数据主要来自 ERP 的工程管理模块、车间管理模块和成本管理模块等。在制造费用中,与产量直接关系的称为可变制造费用,如燃料与动力、机物

料的消耗等,与产量无直接关系的称为固定制造费用,如管理人员工资、办公费、修理费、折旧费、采暖费、照明费等。固定制造费用 × 自产产品消耗关系矩阵就是用来描述自产产品在生产过程中对固定制造费用的消耗,也是以工作中心为单位来进行描述的。因此它也是一个  $n_3 \times l$  矩阵块。

设  $\tilde{W} = [ \tilde{W}^{11} \quad \tilde{W}^{12} \quad \tilde{W}^{13} \quad \tilde{W}^{14} ]$  若以  $w_{ij}$  表示第  $j$  种加工件对第  $i$  个工作中心的固定制造费用的消耗,则:

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_{ij})_{n_3 \times l} \quad i = 1, 2, \dots, n_3 \quad j = 1, 2, \dots, l$$

因为与产量关系不大,因此它的值相对变化也不大。

在 1)、2)、3) 中,矩阵的第  $i$  行表示各种产品(加工件、工装模具和设备加工工时)对劳动工时  $i$  的使用量,第  $j$  列表示自产产品(加工件、工装模具和设备加工工时)  $j$  对各种劳动工时的消耗(如准备时间、加工时间等)消耗量,即产品  $j$  对各劳动工时的消耗量构成。在 ERP 中,产品对劳动工时的需求确定的描述,但是可以从表所示的工艺路线文件中得到一些数据,在表中表示出了加工的时间、服务和加工的人数等信息。

7) 其他费用 × 自产产品消耗关系矩阵

数据主要来自 ERP 的工程管理模块和车间管理模块。在 ERP 中,采用的是制造成本计算,而制造成本与全部成本的区别在于,在制造成本计算法

下,计算产品成本和存货成本时,只包括直接材料、直接人工和制造费用,而把管理费用、销售费用、财务费用作为期间费用处理,在发生期内全部列入当期损益,作为产品销售利润扣除。制造成本与变动成本计算也有所不同,制造成本计算没有要求把制造费用再区分为变动制造费用和固定制造费用,而是将制造费用按一定分配标准计入产品成本和存货成本。

其他费用  $\times$  自产产品消耗关系矩阵就是用来描述自产产品在生产过程中对这些制造成本之外的成本的消耗,以便准确计算产品的成本。

8) 最终产品矩阵

数据主要来自 ERP 的工程模块、销售管理模块、库存管理模块等。最终产品由外售、库存增加、盘存增加、报废等几部分组成,加工件、工装模具、设备加工工时中产品向量分别以  $\tilde{q}^1$ 、 $\tilde{q}^2$ 、 $\tilde{q}^3$  表示,设备加工工时最终产品由盘存增加量(即期初与期末盘存在制品的加工工时之差)与加工工时外售量的组成。

9) 总产出向量

它分别以  $Q^1$ 、 $Q^2$ 、 $Q^3$  表示报告期加工件、工装模具总产出  $7$  和设备运行总工时。

4 应用案例:自产产品  $\times$  自产产品消耗关系矩阵块数据转换

机械制造企业投入产出模型是以产品的生产、加工过程为主线,以产品为分析对象,表中的各矩阵块的元素分别描述了生产过程中自产产品对各种资源的消耗和占用。REP 是建立在独立需求与相关需求学说基础上的,ERP 中的相关需求也以实物型描述了各物料之间的消耗关系以及物料在加工过程中对各种资源(如工装模具等)的消耗。从本质上讲,二者是一致的。主要可归纳为下表 5 中的几个方面。

表 5 ERP 逻辑与企业实物型投入产出模型

元素	ERP 中的 物料清单	自产产品 $\times$ 自产 产品消耗关系
行业	机械制造企业	机械制造企业
表示元素	$a_{ij}$ :表示生产单位物料 $j$ 对物料 $i$ 的用量(实物型)	$\tilde{a}_{ij} = \tilde{q}_{ij} / \tilde{Q}_i$ :表示生产单位产品 $j$ 对产品 $i$ 的实物消耗量 - 直接消耗系数
表示	物料之间的消耗关系及对各种资源的消耗	自产产品对各种资源的消耗和占用
来源	物料清单中“用量”属性	$\tilde{a}_{ij} = \tilde{q}_{ij} / \tilde{Q}_i$
表示方式	实物型	实物型
消耗关系	单向消耗关系	单向消耗关系
对完全消耗	无描述	用完全消耗系数描述

由于存在上述关系,因此可以得出:

$$\tilde{a}_{ij} = a_{ij}$$

这样,在实际操作中,可以通过 ERP 中产品的物料清单直接转换得到其实物型投入产出表的直接消耗系数  $A$ ,并由  $B = (I - A)^{-1}$  得到其完全消耗系数  $B$ 。

以圆珠笔的为例,表 2 为圆珠笔的物料清单报表,它表示了最终产品(圆珠笔)与部件(笔盖、笔身、笔芯、笔头、笔帽、纸盒)之间以及部件与零件(如笔芯与笔尖、笔油、笔管)之间的消耗关系,用“用量”这一属性信息表示,如代码为 P1 - 001 - 001 - 00 的笔盖的用量是“1”,单位是“PC”,则说明生产一支圆珠笔对笔盖的消耗量是 1 个。同理可得其他加工件之间的消耗关系,因此由表 2 圆珠笔的物料清单可直接转换得到其直接消耗系数矩阵,并可计算得到完全消耗系数矩阵,如表 6 和表 7 所示。这种转换在计算机上很容易实现。

由物料清单转换为直接消耗系数的特点是:

1) 可以看出,经 ERP 数据共享和转换直接得到机械制造企业实物型投入产出表各象限的直接消耗系数逻辑合理,结果正确、可行。

2) 通过转换,可用另一种方式明确描述 ERP 中各物料的直接消耗关系,利于生产安排。以笔芯为例,从行向看,除了圆珠笔为 1 外,其余物料对笔芯的直接消耗系数均为 0。从列向看,笔芯对笔尖、笔油、笔管及笔芯装配中心都有消耗,分别为 1 支、0.002 千克、1 支和 0.0025 HR。整个直接消耗系数表明地表示了在整个圆珠笔加工过程中各物料对其他物料及资源的消耗及数量。

3) 由直接消耗系数矩阵  $A$ ,可得到完全消耗系数矩阵  $B$ 。直接消耗系数矩阵描述了生产过程中的物料对其他物料及资源的直接消耗,利于生产安排,完全消耗系数矩阵则描述了物料在生产过程中对物料的所有消耗,包括间接消耗和直接消耗。以圆珠笔为例,最右列表示了圆珠笔生产中对所有物料的完全消耗,从另外的角度描述了生产过程中的物耗关系,利于进行各种管理分析和决策。

4) ERP 基础数据到直接消耗系数的转换过程准确迅速,可快速实现。

5) 可以利用得到的投入产出表进行其他的管理支持和决策分析<sup>[14,15,16]</sup>,如全面成本核算与分析、产品定价、能耗分析、设备能力平衡等。

表6 圆珠笔的直接消耗系数矩阵

直接消耗系数	加工件的中间使用										
	笔尖	笔油	笔管	笔芯	笔盖	笔身	笔头	笔帽	纸盒	圆珠笔	
加工件	笔尖	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	笔油	0	0	0	0.002	0	0	0	0	0	0
	笔管	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	笔芯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	笔盖	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	笔身	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	笔头	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	笔帽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	纸盒	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	圆珠笔	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
工装模具	笔头模具	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	笔帽模具	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	笔盖模具	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	笔身模具	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	笔管剪切机	0	0	0.0025	0	0	0	0	0	0	0
	100吨注塑机	0	0	0	0	0.005	0.005	0.005	0.005	0	0
	笔芯装配中心	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
	成笔装配线	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
原材料	PE原料	0	0	0	0	0.005	0	0.005	0.005	0	0
	PE回收料	0	0	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0
	PMMA原料	0	0	0	0	0	0.005	0	0	0	0
	PMMA回收料	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0
	管材	0	0	0.135	0	0	0	0	0	0	0

表7 圆珠笔的完全消耗系数矩阵

完全消耗系数	加工件的中间使用										
	笔尖	笔油	笔管	笔芯	笔盖	笔身	笔头	笔帽	纸盒	圆珠笔	
加工件	笔尖	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	笔油	0	1	0	0.002	0	0	0	0	0	0.002
	笔管	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
	笔芯	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	笔盖	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	笔身	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	笔头	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	笔帽	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	纸盒	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
	圆珠笔	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
工装模具	笔头模具	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	笔帽模具	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	笔盖模具	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	笔身模具	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	笔管剪切机	0	0	0.0025	0.0025	0	0	0	0	0	0.0025
	100吨注塑机	0	0	0	0	0.005	0.005	0.005	0.005	0	0.02
	笔芯装配中心	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01
	成笔装配线	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
原材料	PE原料	0	0	0	0	0.005	0	0.005	0.005	0	0.015
	PE回收料	0	0	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0.003
	PMMA原料	0	0	0	0	0	0.005	0	0	0	0.005
	PMMA回收料	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001
	管材	0	0	0.135	0.135	0	0	0	0	0	0.135

## 5 结语

本文以机械制造企业为研究对象,对基于 ERP 的机械制造企业投入产出模型进行研究,得到了以下结论:第一,结合机械制造企业的特点和 ERP 的运行数据的特点,确定了投入产出表的结构,原则是既体现投入产出的特点,又能将 ERP 与投入产出很好结合;第二,说明了每一投入产出矩阵块中数据与 ERP 中数据的关系以及转换方法,并设计了 ERP 中 I/O 模块的第一层数据流,说明了 ERP 模块中基础数据与 I/O 表之间的数据转换和输入/输出关系;最后,以一个应用案例说明了如何实现从 ERP 的基础数据物料清单转换为投入产出表的自产产品 × 自产产品消耗关系矩阵块数据。该文是对 ERP 和企业投入产出模型发展的一种探索。该模型可用于多种经营管理的需要,尤其是对企业的成本核算、价格模拟等有重要意义。但是由于对于这个方向的研究还没有人做过,可供参考的文献极少,还有许多问题还有待进一步深入研究,如: I/O 模块设计的进一步细化及开发、ERP 与 I/O 模块接口的设计开发和实现等。

### 参考文献:

- [1] James E. Hunton, Barbara Lippincott, Jacqueline L. Reck. Enterprise resource planning systems: comparing firm performance of adapters and nonadapters[J]. International Journal of Accounting Information Systems, 2003, (4): 165 - 184.
- [2] Lee A.. Researchable directions for ERP and other new information technology[J]. MIS Quartely, 2000, 24(1): iii - vii.
- [3] Mabert V. A., Soni A., Venkataraman, M. A.. Enterprise resource planning survey of US manufacturing firms [J]. Production and Inventory Management, 2000, 41(2): 52 - 58.
- [4] Prasad Bibgi, Maneesh K. Sharma, and Jay anth K. Godla. Critical Issues Affecting an ERP Implementation[J]. Information System Management, 1999, Summer: 7 - 14.
- [5] Richard J. Murray and Dorothy E. Trefts. The IT Imperative In Business Transformation[J]. Information System Management, 2000, Winter: 17 - 22.
- [6] 林健, 张玲玲. ERP 的未来发展趋势研究[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(4): 69 - 74.
- [7] 佟仁城, 张玲玲. 企业信息系统建设中的问题研究[J]. 管理评论, 2003, (2): 36 - 39.
- [8] Tong Rencheng. The Input-Output Table with Two Factors[J]. Chinese Economic Planning and Input-Output Analysis, Oxford Univ., Press 1991: 296 - 317.
- [9] 佟仁城. 企业投入产出的理论、方法与实践[J]. 数量经济技术经济研究, 1995, (2): 27 - 35.
- [10] 宋辉. 构建中国特色的企业投入产出(EIO)管理信息系统[J]. 统计研究, 2002, (6): 62 - 63.
- [11] 康宁. 投入产出实时编制法与利润最大费用最小的实现[J]. 贵州财经学院学报, 1998, (3): 18 - 23.
- [12] 王东迪. ERP 原理、应用与实践[M]. 人民邮电出版社. 2002: 7 - 30.
- [13] 罗鸿. ERP 原理、设计与实施[M]. 电子工业出版社. 2002: 5 - 50.
- [14] 周晓东. 企业投入产出模型与制造成本敏感性分析[J]. 技术经济与管理研究, 1998, (5): 27 - 28.
- [15] 金锡万. 基于投入产出模型在马钢的应用 - 生产规模优化[J]. 中国管理科学, 2002, 10(4): 55 - 58.
- [16] 牧国绪等. 预测投入产出模型在马钢的应用 - 生产规模优化[J]. 安徽工业大学学报, 2002, 19(1): 61 - 64.
- [17] 张玲玲. 投入产出模型在 ERP 及铁路周转量预测中的应用研究[D]. 博士后出站报告, 2004, 9.

### Study on Structure of I/O Table Based on ERP

ZHANG Ling-ling<sup>1,2</sup>, LI Jun, TONG Ren-cheng<sup>1</sup>

(1. School, Management of Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;

2. Research Center on Data Technology and Knowledge Economy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract:** This paper studies the structure of I/O table based on ERP. By analyzing the characteristic of ERP and machine enterprise, the chapter designs the structure of I/O table based on ERP. The data relationship between each matrix of I/O and ERP data is also analyzed.

**Key words:** Enterprise Resource Planning(ERP); Enterprise Input-Output model(I/O)