

▶▶▶ 863 现代集成制造系统技术丛书

企业工程建模方法 与企业参考模型

顾新建 祁国宁 韩永生 著

CTIMS



科学出版社

www.sciencep.com

863 现代集成制造系统技术丛书

企业工程建模方法 与企业参考模型

顾新建 祁国宁 韩永生 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以企业工程为应用背景,系统研究了面向企业工程的建模方法、参考模型及其应用。书中首先概要介绍企业工程建模方法和参考模型,然后阐述企业功能模型和功能参考模型、企业组织模型和组织参考模型、企业过程模型和过程参考模型、企业信息模型和信息参考模型、企业知识模型和知识模型化。最后,书中介绍了企业参考模型在企业工程中的应用。

本书可作为企业技术和管理人员、软件开发人员在开展有关企业工程时的参考书,也可作为高等院校工业工程等相关专业教师、研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

企业工程建模方法与企业参考模型/顾新建等著. —北京:科学出版社, 2005

(863 现代集成制造系统技术丛书/杨海成主编)

ISBN 7-03-014438-4

I. 企… II. 顾… III. 企业-建立模型-研究 IV. F224.0

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第100159号

责任编辑:段博原 贾瑞娜/责任校对:钟洋
责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年1月第一版 开本: B5 (720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张: 21 1/4

印数: 1—2 500 字数: 408 000

定价: 42.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《863 现代集成制造系统技术丛书》

编写委员会

名誉主任	孙家广	院士	国家自然科学基金委员会
主任	杨海成	教授	中国航天科技集团公司
副主任	王成恩	教授	东北大学
委员	林鹏	编审	科学出版社
	褚健	教授	浙江大学
	徐晓飞	教授	哈尔滨工业大学
	范玉顺	教授	清华大学
	刘晓冰	教授	大连理工大学
	孙林夫	教授	西南交通大学
	黄涛	研究员	中科院软件研究所
	林忠钦	教授	上海交通大学
	全春来	研究员	中国航天科工集团第二研究院
	谢庆生	教授	贵州大学
李美莺	副教授	清华大学	
田荣斌	讲师	科技部高技术研究发展中心	

序

世纪之交,世界的政治、经济和技术发生了前所未有的巨大变化,经济的全球一体化和全球信息化正在形成。经济全球化和全球信息化使制造业的竞争环境、发展模式及运行效率与活动空间都发生了全面而深刻的变化。这些变化对我国制造业提出了严峻的挑战。当然,这也为实现我国制造业的跨越式发展提供了有利的条件和机遇。

由于我国工业化进程起步较晚,我国的制造业和制造技术与国际先进水平相比还存在着阶段性的差距。这些差距包括:产品结构不合理且附加值不高、制造业能耗大且污染严重、产品创新能力较差且开发周期较长;制造工艺装备落后,成套能力不强;生产自动化和优化水平不高,资源综合利用率低;企业管理粗放、国际市场开拓能力弱;战略必争装备和竞争前核心技术的开发相对薄弱等。这些差距使得我国的制造业和制造技术还不能很好地满足国民经济发展和参与国际竞争的要求。不解决上述问题,中国的制造业就不能在激烈的竞争中生存和发展。要使我国制造业在国内、国际市场竞争中立于不败之地,为了尽快形成我国自主创新和跨越发展的先进制造技术体系,积极发展和应用先进制造技术,用信息技术提升和改造传统制造业已经刻不容缓。

世界各国十分重视发展制造业信息化与先进制造技术,许多跨国公司应用这些高新技术实现了设计、制造、管理和经营的一体化,加强了在国际市场的垄断地位。例如,美国波音公司在波音 777 客机的研制中,由于使用了先进的产品开发设计技术,使开发周期从过去的 8~9 年缩短到 4.5 年,时间缩短了 40% 以上,成本降低 25%,出错返工率降低 75%,用户满意度也大幅度提高。美国通用汽车公司应用现代集成制造系统技术,将轿车的开发周期由原来的 48 个月缩短到了 24 个月,碰撞试验的次数由原来的几百次降到几十次,应用电子商务技术降低销售成本 10%;美国 Exxon-Mobil 石油公司应用先进的综合自动化技术后,使企业的效益提高 5%~8%,劳动生产率提高 10%~15%;可见,先进制造与信息技术应用已经成为带动制造业发展的重要推动力。

为了占领先进制造与自动化技术的制高点,许多国家都提出了跨世纪的研究计划。例如,美国政府提出了《美国国家关键技术》、《先进制造技术计划》、《敏捷制造与制造技术计划》和《下一代制造(NGM)》等计划;在欧共体的《尤里卡计划(EUREKA)》、《信息技术研究发展战略计划(ESPRIT)》和《第六届框架研究计划》中,与先进制造技术有关的项目占有相当大的比重;德国政府提出

了《制造 2000 计划》、《微系统 2000 计划》和《面向未来的生产》等计划；日本的《智能制造系统计划》、《极限作业机器人研究计划》、《微机器研究计划》和《仿人形机器人研究计划》，英国的《国家纳米技术计划 (NION)》，韩国的《高级先进技术国家计划 (G7 计划)》等均将先进制造与信息技术列为重要研究内容。

近 10 多年来，我国相关部门有计划地部署了一系列国家级重点科技项目，有效地促进了我国制造业信息化和先进制造技术的研究与应用推广，如：科技部组织实施的 863 计划的 CIMS 技术主题、智能机器人技术主题，“九五”国家科技攻关计划的 CAD 应用工程、精密制造技术开发与应用、数控技术与装备、现场总线控制技术开发与应用、工业机器人应用、激光技术应用等重点项目；总装备部在“九五”期间，组织实施了我国武器装备先进制造技术的发展项目；航空、航天、兵器和机械等许多行业和部门在“九五”期间组织实施了行业先进制造技术项目；国家计委、经贸委等部委在用高技术改造传统产业方面也推行了一系列计划。上述计划和项目极大地推动了我国制造业信息化与先进制造技术的发展。

综观世界各国先进制造与自动化技术计划的制定和实施情况可以看到，先进制造和自动化技术的发展有其深刻的国际经济竞争背景。这些先进制造与自动化技术计划提出时都以提高本国制造业的国际竞争能力、促进经济增长和提高国家综合实力为目标，既注重技术的前瞻性和前沿性，更重视来自产业界的实际需求；在关键技术的选择上对系统集成技术与工艺装备研究开发并重，通过系统技术、信息技术和自动化技术的引入来提高制造企业的竞争能力；同时也可以看到，各国在发展先进制造与自动化技术的过程中，政府通过若干计划的实施起到了关键的引导和调控作用，并形成了一套有效的研究开发及推广应用的管理机制和创新机制。

国家“十五”863 计划先进制造与自动化技术领域针对我国国民经济建设和社会发展主战场的重大需求，瞄准国际先进制造与信息技术前沿，在制造业信息化工程关键技术的研究开发和集成应用、战略必争装备和竞争前核心技术的研究开发、基础制造装备与成套装备的研究开发、先进制造与自动化前沿创新技术的研究等四个方面，按照一个工程（制造业信息化工程）、两个主题（现代集成制造系统技术主题、机器人技术主题）、四个专项（数据库管理系统及其应用、微机电系统 (MEMS)、7000 米深海载人潜器、集成电路制造装备）的布局，组织开展了前沿创新技术研究、产品研发与产业化、集成应用示范工程三个层次的相关工作。

“十五”计划自启动以来，经过大家三年多的辛勤工作，多项研究课题已经取得阶段性成果，为了进一步推广应用制造业信息化及先进制造技术，国家“十

五”863计划现代集成制造系统技术主题专家组精心组织，汇集了部分课题的优秀研究成果，编写出版了这套《863现代集成制造系统技术丛书》，这套丛书将随着课题研究工作的不断深入，分批与各位读者见面。相信这一套著作对我国从事制造科技研究、开发及应用的各级科技人员、管理人员具有重要的参考价值，同时也希望通过这套丛书，让社会了解和评价我们工作中的部分成果。我们真诚欢迎大家对我们的工作提出宝贵的意见和建议。



国家“十五”863计划先进制造与自动化技术领域专家委员会主任
中国工程院院士
2004年9月

前 言

企业内的关系非常复杂，企业间的关系更加复杂。要将企业及企业间的关系描述清楚，使人们相互间可以理解和沟通，就需要企业模型。企业模型是对企业功能、组织、过程流、信息流和知识流等的抽象描述，其目的是便于对企业了解、描述、分析、设计、优化、重组和控制等，支持企业信息化、企业知识化等企业工程的实施。

企业参考模型是企业模型中的共性和精华部分。对于企业参考模型，所有在企业工作的人员都不陌生。例如，企业中做一件事情，要按一定流程执行，这个流程固化下来，就成为企业参考模型。

面对激烈的竞争，现代企业迫切需要提高自身的素质和核心能力，为此，正在进行着企业信息化、知识化、企业协同、企业重组和连续改善、企业信息和规范管理规范化等企业工程。但人们发现这些企业工程的实施难度很大，成功率不高。企业参考模型可以帮助提高这些企业工程的效率和质量，降低成本，减少风险，因为企业参考模型中包含了其他企业工程的成功经验。

不同企业的业务过程以及企业中的不同业务过程中存在大量的相似性，充分挖掘和利用这种相似性，有助于简化企业业务过程，简化企业管理和企业间的集成；有助于对相似的业务过程采用同一方法解决。例如，用同一软件模块（组件）进行信息化，提高企业信息化的简约性。采用企业参考模型可以将这种业务过程的相似内容模型化，并使之得到充分的重用。

知识正在成为企业的主要财富。企业参考模型是企业中分散在员工、流程中的知识的沉淀，对于提高企业智商、提高企业在知识经济时代的竞争力具有重要价值。

当前，复杂管理软件开发正在朝组件化、模型驱动的软件自动化、企业应用集成、软件大批量定制等方向发展，以实现低成本、快速地满足用户个性化的需求，降低复杂管理软件的实施和维护难度，提高管理软件的实施成功率。企业参考模型是其中的关键技术。

总之，企业参考模型对于企业技术人员、管理人员和软件开发人员等具有越来越重要的意义。但遗憾的是，目前关于企业参考模型的系统研究还很少见到。

本书结合课题组多年来的研究，参考了大量的国内外最新资料，系统地介绍企业建模方法和参考模型方面的最新研究成果，试图为读者提供比较系统的企业参考模型理论、方法及一些有启迪的案例。

本书的主要内容如图 1 所示。

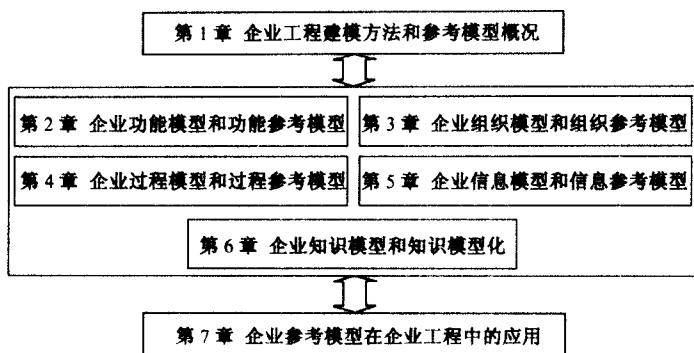


图 1 本书的框架

企业参考模型理论和方法非常丰富，并在不断发展之中。由于作者学识有限，书中肯定会有不少不当之处，恳祈各位专家学者批评指正。

全书配有作者所在课题组开发的企业参考模型库光盘一张。

作者衷心感谢李荣彬 (W.B.Lee) 教授对本书的关心和支持。香港理工大学工业和系统工程系讲座教授李荣彬率先在国内开展了企业工程的研究，第 1 章的撰写得到了他的指导。

参加本书工作的还有：李仁旺、余军合、战洪飞、孙静、郑国君、祁连、刘艳梅、潘旭伟、丁勇、暴志刚、钱亚东、杨清海、陈浩、叶作亮、张晓倩、王志宏、徐河杭、胡恒杰等博士后、博士生和硕士生，在此一并表示感谢。

本书的研究得到了国家 863 计划项目 (2001AA415010、2002AA414510) 和国家自然科学基金项目 (70171032, 70271013) 的资助，特此表示感谢。

作 者

2004 年 7 月于求是园

目 录

序

前言

第 1 章 企业工程建模方法和参考模型概况	1
1.1 企业工程建模方法	2
1.1.1 企业工程	2
1.1.2 企业工程建模方法的基本概念	7
1.1.3 企业建模体系结构综述	11
1.1.4 机械型和生物型模型描述方法	18
1.2 企业参考模型	21
1.2.1 企业参考模型体系结构	21
1.2.2 企业参考模型的基本概念	30
1.2.3 企业参考模型的分类方法	39
第 2 章 企业功能模型和功能参考模型	47
2.1 企业功能模型	48
2.1.1 企业功能及功能模型的基本概念	48
2.1.2 企业功能设计方法	50
2.1.3 企业功能模型的图形化描述方法	53
2.1.4 企业功能模型的 KPI	59
2.2 企业功能参考模型	60
2.2.1 企业战略层的功能参考模型	60
2.2.2 企业信息化工程的功能参考模型	71
第 3 章 企业组织模型和组织参考模型	76
3.1 企业组织模型	77
3.1.1 企业组织及组织模型的基本概念	77
3.1.2 企业组织设计方法	82
3.1.3 企业组织模型的图形化描述方法	88
3.1.4 企业组织模型的 KPI	94
3.2 企业组织参考模型	97
3.2.1 面向功能的组织参考模型	97
3.2.2 面向过程的组织参考模型	100

3.2.3	矩阵组合的组织参考模型	102
3.2.4	分布化的组织参考模型	106
3.2.5	面向企业协同的组织参考模型	119
3.2.6	面向企业创新的组织参考模型	128
第4章	企业过程模型和过程参考模型	140
4.1	企业过程模型	141
4.1.1	企业过程及过程模型的基本概念	141
4.1.2	企业过程设计方法	143
4.1.3	企业过程模型的图形化描述方法	151
4.1.4	企业过程模型的 KPI	156
4.2	企业过程参考模型	161
4.2.1	面向创新的过程参考模型	161
4.2.2	面向规范化管理的过程参考模型	171
4.2.3	面向效率的过程参考模型	180
4.2.4	面向质量的过程参考模型	187
4.2.5	面向时间的过程参考模型	194
第5章	企业信息模型和信息参考模型	200
5.1	企业信息模型	201
5.1.1	企业信息模型的基本概念	201
5.1.2	企业信息模型设计方法	202
5.1.3	企业信息模型的图形化描述方法	206
5.1.4	UML 建模方法	212
5.2	企业信息参考模型	218
5.2.1	体系结构层的企业信息参考模型	218
5.2.2	系统层的企业信息参考模型	225
第6章	企业知识模型和知识模型化	233
6.1	企业知识模型	234
6.1.1	企业知识模型的基本概念	234
6.1.2	企业知识模型的设计方法	238
6.1.3	企业知识模型的文本化描述方法	243
6.1.4	企业知识模型的图形化描述方法	248
6.1.5	企业知识管理模型的图形化描述方法	248
6.2	企业知识模型化	255
6.2.1	隐性知识模型化	255
6.2.2	显性知识模型化	263

第 7 章 企业参考模型在企业工程中的应用	271
7.1 企业参考模型在基准学习中的应用	272
7.1.1 基准学习	272
7.1.2 供应链参考模型和基准学习	275
7.2 企业参考模型在过程设计和管理中的应用	279
7.2.1 业务过程设计和仿真	281
7.2.2 过程规划和控制	282
7.2.3 workflow 管理	284
7.2.4 ABC 分析	286
7.3 企业参考模型在信息化工程中的应用	288
7.3.1 “先企业重组, 后信息化”	289
7.3.2 支持软件大批量定制	291
7.3.3 支持企业模型到应用系统的转换	302
7.3.4 支持企业应用集成	308
参考文献	311
结束语	322

第 1 章 企业工程建模方法和参考模型概况

企业模型是对企业功能、组织、资源、过程流、信息流和知识流等的抽象描述，其目的是便于对企业的了解、分析、设计、优化和控制等，支持企业信息化、企业知识化等企业工程的实施。

企业参考模型是企业模型中的共性和精华部分，主要用于提高信息化、知识化、企业间的集成、重组和连续改善、信息和管理规范化等企业工程的效率和质量，降低成本，帮助提高企业建模的效率和质量。

本章各节的关系如图 1-1 所示。

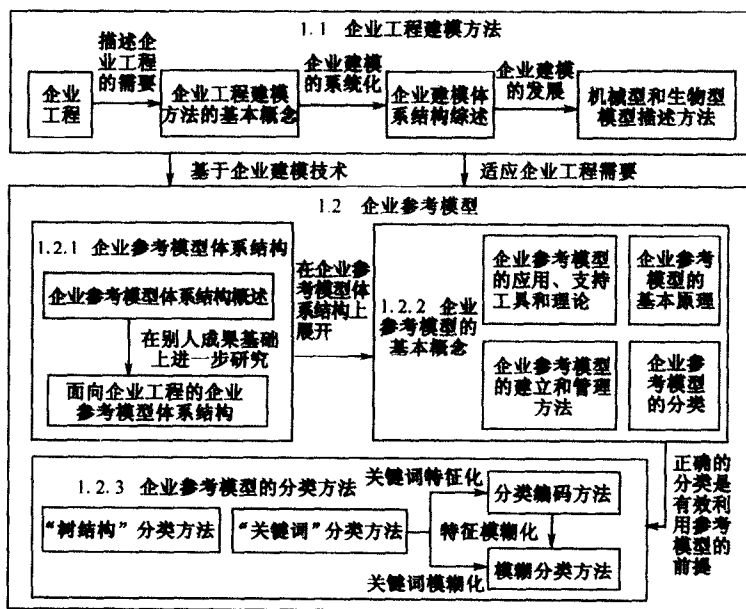


图 1-1 本章各节的关系 (图中的数字为各节编号)

在 1.1 节，首先简要介绍企业参考模型的应用背景——企业工程，其次介绍企业参考模型的技术背景——企业建模，然后介绍一些著名的企业建模体系结构，最后分析企业工程和企业建模的发展方向——生物型企业和生物型模型描述方法。

随着企业参考模型越来越广泛和深入地在企业中应用，有必要对企业参考模

型进行全面、深入的研究。为此,在1.2.1节中,首先分析企业参考模型的研究现状;然后提出了企业参考模型体系结构,以此指导本书的研究。

在1.2.2节中,在企业参考模型体系结构的基础上,对企业参考模型的基本概念进行了全方位的介绍:首先分析企业参考模型的应用、支持工具和理论,其次介绍企业参考模型的建立和管理方法,然后总结了企业参考模型的基本原理,最后对企业参考模型进行分类研究。

正确合理的企业参考模型分类方法可以显著提高企业参考模型的重用度。在1.2.3节中,主要对企业参考模型分类方法进行研究,这些方法不仅适用于功能参考模型,也适用于其他参考模型,如参考模型“树结构”分类方法、“关键词”分类方法、基于特征的编码分类法和模糊分类方法等。

1.1 企业工程建模方法

企业参考模型是企业建模体系结构的一部分。企业参考模型来源于企业工程及企业建模的需要,是基于企业建模技术发展起来的。企业参考模型的目的是支持快速、低成本和高质量的企业工程及企业建模。因此,在讨论企业参考模型之前,首先需要介绍企业工程和企业建模。

1.1.1 企业工程

企业建模与企业工程有密切的关系。对企业参考模型的研究应该将其放在企业工程的大背景下进行,将企业工程理论作为企业参考模型的研究依据。

1. 企业工程的基本概念

在企业面临信息化、知识化、经济全球化和市场混沌化的巨大变化之际,一门新的学科正在酝酿诞生,这就是企业工程(李荣彬 2001a)。

美国学者最早提出企业工程(enterprise engineering)的概念,并将其作为一门新的学科进行研究。美国的企业工程协会(Society for Enterprise Engineering, SEE)给出的企业工程的功能定义是:企业工程是通过运用工程和分析的方法与工具,设计和改进与整个企业有关的所有组成部分,以便更有效地实现其目标;给出的结构定义是:企业工程是对一个企业进行分析、设计、实施和运作所需知识、原理和实践的组合。企业工程又被看作是人、过程和技术的集成(Liles 1995)。SAP公司将企业工程称为业务工程(business engineering, BE)。

如何将成功企业的经验系统化,将成功的企业工程实践上升为具有普遍意义的理论和可操作的方法,成为一门应用学科,让立志于企业设计和改进的人从中获益,这是企业工程所关心的事情。如何更好地完成各种具体的企业工程,如企

业的信息化工程、知识化工程、网络化制造和 ERP（企业资源计划）实施等，这也是企业工程所关注的问题。

研究企业工程的目标是：①系统总结成功企业的经验，将这些经验条理化和系统化，进一步上升为理论，以指导企业工程的实践。②将企业工程的方法条理化和系统化，帮助企业进行企业再设计。③将企业工程的成功案例条理化，提供企业在再设计时参考。显然，本书所研究的企业参考模型是实现企业工程的主要方法之一。

企业工程涉及各种人员，有企业内部的人员——企业员工和管理者，企业外部的人——顾客、供应商和竞争对手；企业工程涉及复杂的市场环境，该环境之大可以包括整个世界，影响因素之多可以涉及国家政治、经济甚至老百姓的风俗习惯；企业工程涉及各种技术——计算机技术、网络技术、产品设计技术、制造技术和管理技术等，这些技术交错在一起，共同影响企业工程的发展。面对如此复杂的系统，需要企业建模技术帮助进行企业工程的描述、分析、设计、优化和重组等。

企业工程的体系结构如图 1-2 所示。

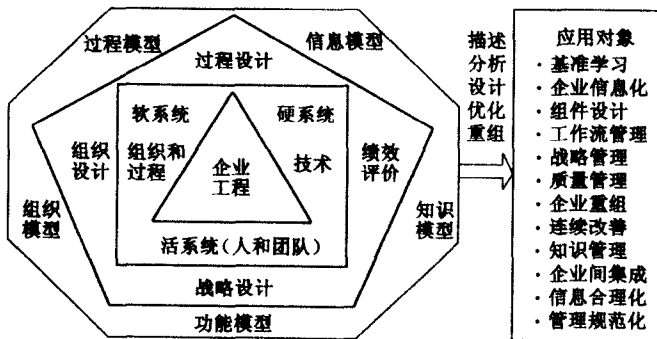


图 1-2 企业工程的体系结构

2. 企业工程以活系统、硬系统和软系统的有机集成为基础

1) 活系统。企业工程中的人和团队所构成的系统。

2) 硬系统。企业工程的技术基础和前提保证，包括信息技术、产品技术和制造技术等。

3) 软系统。企业活动的依据和行为准则，规定了整个系统运行的方式，包括组织和过程。

3. 企业工程主要研究的是企业设计

企业设计包括企业的战略设计、组织设计、过程设计和绩效评价等。

1) 战略设计。从企业文化、环境、信息化、知识管理、产品、组织和过程等方面考察和设计企业，其设计的内容是长期的、战略性的。企业总的目标常被称为企业的使命，即企业存在的理由。企业使命描述了企业的远景、共同的价值和理念。战略设计主要考虑如何实现企业总的目标。

2) 组织设计。在企业战略设计的指导下，对企业的组织进行再设计，包括：组织模式、组织机构中各种不同的职位和层次之间人为规定的关系。组织设计可以看作是对企业的静态设计。一般情况下，相对于过程而言，组织的稳定周期较长。

3) 过程设计。企业过程设计是一种系统动态结构的设计。企业过程千变万化，因此，企业工程主要研究企业过程的一般设计方法、优化方向等。

4) 绩效评价。企业工程的绩效评价的特点是：不仅重视财务指标，更重视非财务指标；不仅重视短期效益，更重视长期效益。企业工程绩效评价可采用平衡记分卡、关键绩效指标等方法。

表 1-1 对企业的战略设计、组织设计和过程设计进行了比较。图 1-3 通过一些例子表明，企业的战略设计、组织设计和过程设计并非全是一一对一的关系。

表 1-1 企业的战略设计、组织设计和过程设计的比较

	战略设计	组织设计	过程设计
内容	确定企业的远景、分析企业的内外环境、进行企业战略分析、确定企业的核心竞争力	重新设计和调整组织的结构，如部门的调整、合并或裁撤等	从满足顾客需求的角度，以提高效率为目标来考虑过程的设计与运作
关注的重点	市场定位、产品战略、价值链、核心竞争力	组织扁平化、组织合理化	过程的简化、优化、创新与设计
设计的方法	根据企业的内外环境选择战略模式，有时可能进行战略创新	根据企业的内外环境、过程和战略选择组织模式，有时可能进行组织创新	根据企业的内外环境和战略选择过程模式，有时可能进行过程创新
主要设计手段	企业战略模型	企业组织模型	企业过程模型
案例	Intel 公司在 1985 年退出内存市场，转向生产 CPU	美国的麦金西公司、生物技术合资公司等企业集团采用了分散网络化的组织结构	美国通用汽车公司组装厂为了把主要精力用于整车组装业务，将每年数亿美元的配件生产业务转包给系统供应商 DELPHI

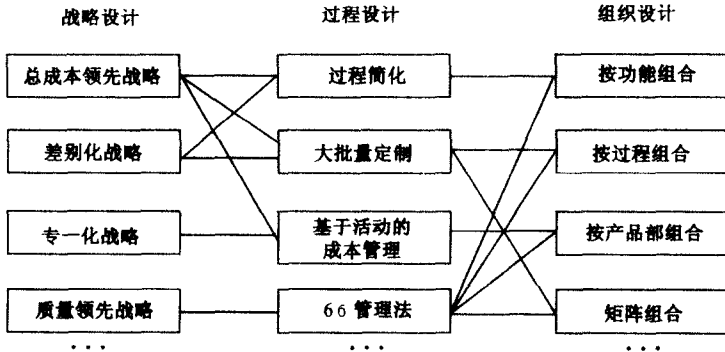


图 1-3 企业的战略设计、组织设计和过程设计的关系

对企业工程这样的复杂系统，要从功能、组织、过程、信息和知识等多个视图进行设计与分析。每个视图所用的描述方法不同，在系统开发的各个阶段其内涵和形式不同，所用的设计方法也不相同，因而需要一组配套的开发方法。这组方法应具备连贯性、继承性、系统性、完备性、开放性和可集成性，以便于设计过程中各视图的逐步产生，以及各阶段相应视图的逐步推导，有利于企业工程的开放性和可集成性。

4. 企业工程的主要特点

企业工程的主要特点是：系统性、兼容性、动态性和多目标性。

(1) 系统地分析问题

企业工程的系统性强调的是系统地分析问题，防止片面性。

企业工程是一个复杂的大系统，涉及企业的全部生产经营活动，即从市场预测、产品开发设计、加工制造、生产管理到售后服务的所有活动。开发这样一个系统所涉及的学科，除了企业的生产经营各方面专业知识外，还有系统科学、管理科学、计算机科学和人工智能等学科，是一项跨多学科综合性强的工程。这对企业建模提出了很高的要求。

企业工程把企业中的各种要素综合起来作为一个整体进行系统考虑，如图 1-4 所示。这些要素有计算机和网络、组织、管理、过程、产品等。

企业工程强调“整体”优化，特别强调：①整体总是比部分更受重视。②使各个部分有机结合产生出整体的优化，达到“1+1>2”的效果。③任何部分的调整都必须考虑其可能给整体带来的影响。④为了实现整体的目标，各个部分都有其独特的功能和作用。⑤部分的性质和功能是由其在整体中的位置决定的。