第一章绪论

1.1 引言

先进制造技术认为，21 世纪是信息的时代，信息时代的制造企业所面临的环境是不断改变的、不可预测的，本质上是一种湍流的(turbulent)环境，混沌的(chaotic)环境. 制造企业在激烈变化的市场竞争中生存与发展的关键之一是优化并建立具有动态重构能力的企业过程，通过快速的企业过程自我变化以有效适应和响应外部环境的变化[1-4]

我国传统的静态过程结构的制造企业已无法适应越来越激烈的不可预测的国际化竞争环境[3]. 传统的基于相对稳定环境的、建立在经典力学和运筹学基础上的企业过程优化的理论和方法已经面临着严峻的挑战.

本论文课题来源于国家 863 计划上海德尔福汽车空调系统有限公司 CIMS 应用工程(简称 SDAAC-CIMS 应用工程)和国家 863 计划湖北省江汉石油管理局钻头厂 CIMS 应用工程(简称 JZ-CIMS 应用工程). 本文是作者结合上述实际课题，面向先进制造技术为企业过程优化研究所提出的新的发展方向，从一个视角(即动态协作性)对企业过程优化的理论和方法进行初步研究的点滴成果和工作总结.

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1.2 先进制造技术哲理及其基本特征

1.2.1 先进制造技术的提出

许多国家的社会和经济发展历史证明，在国际竞争中各国竞争力的提高或衰退，与是否重视制造技术有很大的关系。制造技术是一个国家、民族繁荣昌盛的最根本的基础，制造技术的水平高低已成为一个国家经济发展的重要标志。

21 世纪的世界是以知识经济为基础的信息时代。信息技术将给 21 世纪经济和社会发展带来革命性的变化，也将促使全球制造企业的传统管理模式的根本性转变。

信息技术的飞速发展造就了一个统一的全球市场。统一的全球市场导致了世界范围的激烈市场竞争。不仅竞争的广度、强度在增加，竞争的类型和内容也变得多种多样，主要表现为产品更新换代快、技术含量更高、质量更好、价格更廉、服务更好等。世界市场的竞争给全球制造企业带来了希望，同时也带来了严峻的挑战。

信息时代的制造企业的环境是不断改变和难以预测的，本质上是一种湍流的环境、混沌的环境，为了适应这样的环境，一场以信息技术为特征的先进制造技术革命正在展开。先进制造技术是以提高国际竞争力、促进经济增长、提高国家经济综合实力为目标，既注重技术的超前性，更重视来自产业界的实际需求。先进制造技术以系统集成技术为核心，追求制造企业的整体优化，同时促进各个单元系统的发展[5-9]

1.2.2 迅速发展中的先进制造技术

先进制造技术是制造企业组织、管理和系统运行的一种新

哲理，它将传统的制造技术与现代管理技术、信息技术、自动化技术、系统工程技术等有机地结合起来，借助于计算机软硬件技术，使企业产品的生命周期——市场需求分析、产品开发与设计、制造、装配、检测、管理及售后服务等企业过程各阶段中的活动有机集成并优化运行，实现优质、高效、低耗、敏捷，并取得理想技术经济效果，最终赢得市场竞争，走可持续发展的道路. 先进制造技术强调人、技术和管理的集成.

先进制造技术作为一种新的哲理，适用于各种制造企业，甚至也可以推广到其他企业.

先进制造技术自身总是在不断发展之中，近年来随着世界制造业的发展，市场竞争的加剧和环境问题的日益突出，各种先进制造技术概念和模式如精良生产(lean production，简称 LP)、并行工程(concurrent engineering，简称 CE)、敏捷制造(agile manufacturing，简称 AM)、现代集成制造系统(contemporary integrated manufacturing system，简称 CIMS)等的提出和研究极大地推动了先进制造技术的研究和应用发展. 图 1-1 描述了不同先进制造技术哲理的活动空间和柔性范畴.

(1) 精良生产

精良生产是总结日本丰田汽车公司的经验而创造的一种新的生产模式，其基本要点在于[10].

1)精简、简化产品的开发、生产和销售过程，简化组织机构；

2)企业与零部件协作厂和用户的集成；

3)重视人的作用，通过项目或生产小组把多方面的人集成在一起.

可以说精良生产更多是面向管理的，从管理的角度解决企业竞争需求的.

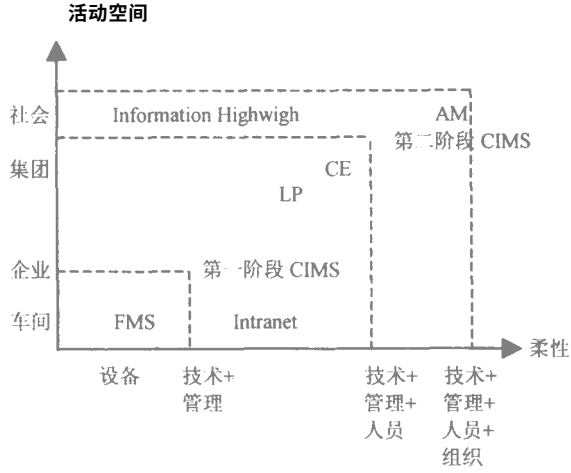


图 1-1 不同先进制造技术哲理的活动空间和柔性范畴

(2) 并行工程

并行工程是一种系统工程方法，它强调的是人和组织的集成，通过对传统的串行设计作业、产品开发过程进行重构，使之尽可能多地转变为并行过程，在设计时考虑到下游过程中的可制造性、可装配性，设计时考虑质量. 实施并行工程的目的是加速新产品的开发，缩短产品投放市场的周期[11-13].

并行工程的关键技术是：

1) 产品设计开发过程的重构和建模；

2) 组成支持并行作业的多学科的协同小组，充分利用计算机网络支持下的协同工作环境；

3) 并行工程的工具，如基于 CAX 的 DFA、DFM 等.

3. 敏捷制造

敏捷制造是美国为重振其制造工业的雄风和保持其在全球经济中霸主的地位而提出的一种新的生产模式. 这种模式试图从组织机构、管理战略、决策方法、产品设计乃至生产销售的企业全过程进行革新，使企业具有敏捷的能力满足混沌变化的市场需求，以求得最大限度的经济效益和社会效益.

敏捷制造认为，当前制造企业正面临着全球化的激烈竞争的市场环境，制造企业为了提高自身的市场竞争力，在今天不能走“小而全、大而全”的封建庄园经济的道路，而必须充分利用全球的制造资源，向企业外部需求和供应市场两个方向延伸和扩展，建立企业动态联盟. 制造企业的这种不断结盟的能力正是敏捷性的标志之一.[14-17]

敏捷制造的关键技术有：

1)支持敏捷制造的使能技术；

2) 资源优化，包括供需链的建模和管理；

3)网络平台.

4. CIMS 的持续发展

如果说 CIMS 实施第一阶段是以信息集成为特点，从技术的角度去解决制造企业竞争需求的，那么以精良生产、并行工程、敏捷制造等内容充实后的 CIMS 第二阶段便是以顾客的需求为核心，通过制造企业过程所起的重要纽带作用，去使用制造企业公共信息资源支持下的各个应用系统的. 很明显，CIMS 第二阶段所要解决的制造企业竞争问题，需要通过人／组织、管理和技术的集成来实现.

CIMS 正是在实践中不断吸收各种先进制造技术中的优点而

需要全本请访问 www.ertongbook.com

得到持续发展的. 随着我国 863/CIMS 应用工程的广泛开展，CIMS 为我国制造企业摆脱困境开辟了一条有效的途径，提供了成功的实施经验.

1.2.3 先进制造技术与企业过程优化

21 世纪是信息的时代，信息时代的制造企业所面临的环境是不断改变的、不可预测的，本质上是一种湍流的环境、混沌的环境. 为了适应这种环境，人们从不同的角度提出了本文前述各种先进制造技术哲理及其模式. 这些先进制造技术模式的共同目标是[2]：快速响应不可预测的市场变化，实现与环境混沌同步.

如何实现这一共同目标，是先进制造技术的重要研究课题. 本文前述的许多先进制造技术的哲理和方法为我们提供了启示，如：并行工程是以企业新产品开发过程为核心的，敏捷制造是以企业生产和后勤过程为研究基础的，等等. 因此，这些先进制造技术的核心思想都是面向企业过程的，企业过程是研究先进制造技术的基点，企业过程优化是实现先进制造技术共同目标的重要内容[18-20]

1.3 企业过程描述

过程优化是当前企业管理的发展方向，用过程观点来描述企业，把企业看成是一系列企业过程的集合，即企业的组成元素是企业过程，企业的本质是企业过程，通过企业过程将企业的人、技术、组织和资源等有机地集成[20-22]. 信息时代的企业过程可以看作是需—产 –供过程（包括企业内部过程和与其相关的外部活动),需 –产 – 供过程中的活动间的关系是某种供需模式的供需关系这些活动按照一系列供需关系联系起来，在特定的

管理规则的指导和控制下，在制造资源的支持下，完成特定功能. 其中，管理规则构成了策略方法的主要内容，它实质上是企业的管理思想、管理模式和组织机制的管理规程；活动是指企业内部和与其相关的外部的各个功能单元；制造资源是一广义的概念，表示资源和组织的抽象／一般化，具体可以包含原材料、中间产品、产成品、组织机构、辅助工具、所需的各种信息资源以及人力资源（如企业内部员工、供应商、分销商、客户等)等[18-21]. 图 1-2 描述了企业过程、活动和制造资源三者关系. 图 1-3 表述了一个基本的企业过程模型. 因此，企业过程可以用集合的形式描述为

$$P=\{X \mid R\}$$

式中，P 表示企业过程；$X=[x_1, x_2, \cdots, x_n]$ 表示企业过程中的所有活动的集合，即 n 维活动向量；$R=R\{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$ 表示活动和活动之间的各种关系.

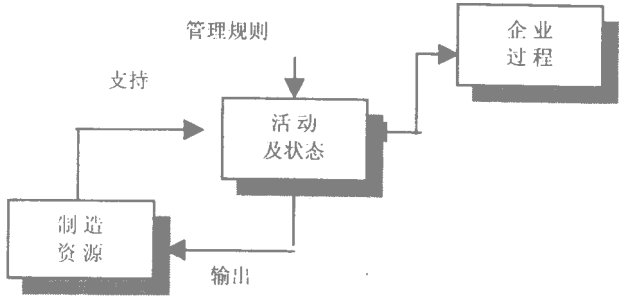


图 1-2 企业过程、活动和制造资源三者间的关系

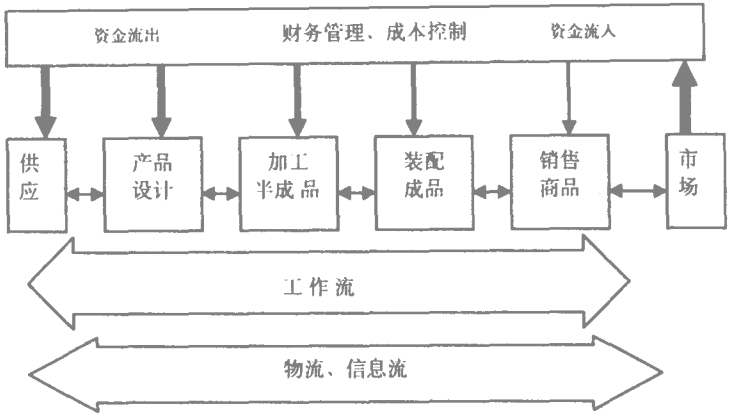


图 1-3 企业过程基本模型

活动和活动间的形式关系可以归纳为以下三种形式，如图 1-4 所示.

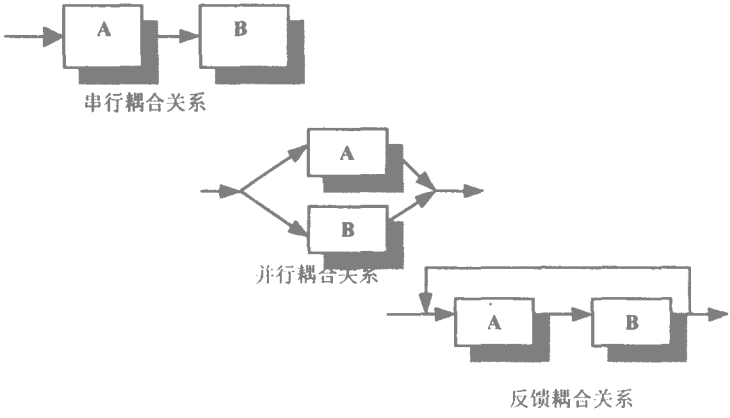


图 1-4 企业过程活动间形式关系

1) 串行耦合关系　　活动间只存在单向的约束依赖关系的一种作用方式.

2) 并行耦合关系　　活动间无信息交互、相对独立的作用方式，活动可相对独立进行.

3) 反馈耦合关系　　活动间存在信息交互，信息联系是双向的，即一活动需要另一活动的信息，同时另一活动也需要前一活动的信息，其表现为活动的状态变化要经过多次迭代和反复.

活动间的反馈耦合关系是企业过程的最基本和最常见的一种关系.它增加了企业过程的复杂性.

1.4 企业过程优化研究状况和发展趋势

1.4.1 企业过程优化研究状况

信息时代的制造企业环境是激烈变化的，使得传统的制造企业运行机制和组织体制受到了强烈冲击，如工作效率低下、无人监察全过程、无人对全过程负责、组织僵化、机构臃肿、缺乏柔性、销售成本高、忽视用户满意度等.这种状况运用先进技术已不能从根本上解决这些弊端，也不能充分发挥先进技术的巨大潜力.必须从根本上优化重组制造企业组织机制和生产经营过程.

现阶段国内外围绕企业过程优化的研究和应用主要在以下方面展开：企业过程重组 business process reengineering，简称 BPR)和供需链管理(supply chain management，简 SCM).

1.4.1.1 企业过程重组的本质[22-34]

企业过程重组是由美国学者 M.Hammer 于 90 年代初提出的一种企业重组思想.企业过程重组的本质特征如下：

(1) 企业过程重组驱动力——企业战略和顾客需求

Davenport 明确提出“过程创新必须在企业战略范围之内，并以未来过程的理想模式作指导，一个明确的战略提供了过程创新的内容和实现它的动机，不可能在没有明确的方向下完成彻底地改变”.

在当今消费者为导向的时代，只有有效地提供顾客满意的产品和服务，企业才能得以生存和发展，这是企业过程重组的另一个驱动力.

(2)企业过程重组的目标——性能和效果的提高

企业过程重组是现代企业管理的一场革命，通过企业过程重组，建立全新的体制，使企业管理发生质的变化.

(3)企业过程重组的优化对象是企业过程

以过程为核心是企业过程重组理论的精髓，是彻底打破传统劳动分工理论框架的基础. 企业过程重组通过对企业过程的确定、描述、分析和再设计，实现企业对全过程的有效管理和控制，消除传统管理中的弊端.

(4) 企业过程重组的主要任务是对企业进行根本性再设计

以企业的战略目标和过程的理想模式以及最大限度地满足顾客需求为出发点，对现有机制批判性地吸收和革命性地创新彻底再设计不是指表面上的改进或小修小补现有的系统，而是以提高顾客满意度为主要方向，从根本上抛弃旧的运行机制建立一个全新的过程流程及其相应的组织结构和运行机制.

1.4.1.2 供需链管理[35-62]

关于供需链，目前还没有一个公认的定义. 本文采用较通用的提法：供需链是描述企业的需–产–供过程中的各实体活动及其相互关系. 供需链管理拓宽了 ERP 的外延，更注重供销环

节的信息化[59]. 供需链管理可以认为是供需链计划或规划. 对制造企业而言做计划并不是一件困难的事情，困难的是做一个好的、经得起推敲与论证同时又能给制造企业带来较大效益的计划. 有鉴于此，供需链管理实质上是制造企业全局过程的优化[57]，通过加强供需链中的各实体活动间的交流和协调，实现供需平衡，同时增大供需链流量.

目前，供需链管理研究主要采用基于精确数学模型的定量处理方法. 具体有以下几种形式：

(1) 基于整体模型的供需链管理

捷福龙等人建立一个 MIP 模型，用于从待选的位置集合中选择一些作为配送中心，构建多产品生产－配送系统. 该系统被用于 DEC 公司的供需链管理，由于在 DEC 的最初应用中效果显著，后来又被用于支持 DEC 的其他几个与供需链管理相关的问题. 基于 MIP 模型的供需链管理的主要缺陷是没有考虑供需链中随机性和环境的不确定性.

(2) 基于局部选择的供需链管理

基于局部选择的供需链管理主要从各供需链成员的角度来考虑管理问题，可以把这个过程笼统地定义为供求双方为了供需平衡的相互协调问题的过程. 在这个协调过程中，目前研究比较多的是定量求解方法：线性加权规划法、作业成本法等.

(3) 基于多级库存系统的供需链管理

平衡需求条件下的单类产品单库存点控制策略是多级库存控制系统研究的基础. 按库存检查时刻的选择不同，单库存点控制策略可分为周期性检查和连续检查两种. 把多个这样的单库存控制点放在一起就构成了多级库存系统. 根据不同的配置形式可分为串行系统、并行系统、纯组装系统、树形系统、无回路系

需要全本请访问 www.ertongbook.com

统和一般系统.

虽然对多级库存控制问题的研究已经有了很长时间，其理论在工业上也已经取得了成功应用，但从整体上来看，其结果一般是基于很多的限定性假设和简化，例如包括节点无能力限制，结构参数定常，环境、费用线性等，这些大大限制了结论的适用性.

(4)基于 MRP 的供需链管理

基于 MRP 的供需链管理是实现更为复杂供需链管理的基础，这是因为对有限能力、有限物料供给等情况下的生产计划和调度问题进行优化管理研究，虽然这些研究并没有明确提到供需链方面的应用，但无疑这些研究的成果将是复杂供需链管理的基础[50]. MRP、MRPII等系统是目前国内企业用于实现供需链管理的主要工具. 但现有的软件系统普遍存在着在计算过程中要求较稳定的内部计划周期、较规范的运作规划等，限制了它们的应用。

1.4.2 企业过程优化的发展趋势

经过十多年的发展，企业过程重组、供需链管理等技术都取得了很大的进步. 但在全球化竞争越来越激烈的混沌、湍流的环境中，也存在一定的局限性：

企业过程重组往往对企业造成巨大的冲击和需要很高的经费，并且企业过程重组是一种阶段性的静态行为，不能根据环境的需求，进行持续性的、灵活机动的变化[3]

企业过程是一复杂系统，其复杂性主要表现为自身的高度非线性和环境的不确定性. 而从企业过程优化现状分析中，我们可以看出传统的企业过程重组和供需链管理是建立在环境相对稳定的假设基础之上，采用基于经典力学和运筹学的微观定量

处理方法，它们过分强调稳定性和系统建模的限制性，缺乏客观性，缺乏柔性、灵活性和应变性[2]. 因此，很难适应信息时代的快速变化的市场环境需求和企业过程这一复杂系统的自身要求.

先进制造技术是一个国家繁荣昌盛的根本保证，在这样的大背景下，为了实现先进制造技术的共同目标一快速响应不可预测的市场变化，实现企业与混沌环境同步，先进制造技术对企业过程优化理论和方法的研究提出了更高的要求和新的发展方向：决策化、动态柔性化和信息化等[63]

(1) 企业过程优化的决策化发展趋势

企业过程优化的决策化发展趋势来源于企业过程的高度非线性和信息时代环境的不确定性特征其核心是控制决策，采用人的抽象思维形式、形象思维形式、灵感思维形式等非精确模型的灵活机动的符号推理决策方式，随着经验的丰富、知识的积累，逐步改善企业过程机制和性能，渐近满意目标。目前较有发展前景的处理复杂系统的理论和方法有[64-72]：人–机交互决策系统、基于信息熵的宏观分析方法、神经网络、模糊原理、以决策支持系统为基础的知识工程等.

(2) 企业过程优化的动态柔性化发展趋势

动态柔性化发展趋势是信息时代制造企业过程优化的基本目标. 企业过程优化的动态柔性化目标主要表现在两个方面：一是动态柔性化的企业过程具有动态可重构的能力，能持续不断地快速有效地响应和适应市场环境变化；二是动态柔性化的企业过程能够有机地协调和组织各自主单元，实现共同的目标.

(3) 企业过程优化的信息化发展趋势

21 世纪是以知识经济为基础的信息时代. 信息技术的应

用和快速发展给 21 世纪经济和社会发展带来革命性的变化，促使全球制造企业的传统管理模式的根本性转变，同时也为企业过程优化研究提供了技术上的保证和相应的工具. 但是信息技术的实现离不开人的决策、参与和组织机构的强有力保证.

在我国，国家 S-863 计划先进制造与自动化技术领域的专家组认为围绕全球化的敏捷制造环境下的企业动态过程与管理方法的研究是先进制造技术系统集成领域的主要研究热点之一，其开展研究的主要方向有：全球化生产体系和敏捷企业的组织与经营生产过程管理技术；敏捷生产计划与控制技术；面向全球化企业动态组织与运营的管理决策支持系统；敏捷制造环境下企业过程重组及其支撑技术（如产品数据管理技术与数据仓库技术）[63].

在我国，清华大学、上海交通大学等高校分别进行的敏捷化供需链的初步研究正是上述发展趋势的具体应用[58, 59]

1.5 我国制造企业现状及其分析

1.5.1 我国制造企业现状

当前我国制造企业存在的问题主要表现在以下几个方面

(1) 产品开发设计方法和技术手段落后

现代工程设计理论和方法在国际上已基本上形成体系并在实际生产中得到广泛的应用，而我国大多数制造企业仍停留在经验设计阶段，产品开发过程机制落后，无法及时设计开发出市场需要的、具有创新独占性技术的新产品. 这是我国制造企业当前的一个致命的弱点. 在产品开发设计的技术手段方面也有明显的差距：我国 CAD 应用水平大部分仍停留在代替图板

我国制造企业产品开发设计管理机制和技术手段与国外先进水平相比存在阶段性差距.

(2) 小而全、大而全的庄园式制造企业严重制约了制造业的发展

由于长期计划经济所造成的小而全、大而全的庄园式企业缺乏快速响应市场需求的能力，严重制约了制造企业的进一步发展.

(3)管理体制与管理方法落后

我国大多数大中型企业总体上仍未形成稳定、科学和有效的管理体系，为数众多的企业尚处于经验管理阶段.

(4)产品质量有待进一步提高

虽然我国近年来在制造业大力推广了全面质量管理、质量工程和 ISO9000 认证，并取得了不少成绩，但总的看来，由于管理措施执行不严格、不到位和不规范，产品质量还有待进一步提高.

综上所述，面对日趋激烈竞争的市场环境，我国制造企业面临的两个主要问题是[73]：一是缺乏开发技术含量高的创新产品的能力；二是缺乏信息技术支撑的现代化的企业管理，即优化企业过程和运行的科学管理方法. 当然，我国制造企业还面临着其他困难，如设备和工艺比较落后、职工人员素质偏低、历史包袱沉重等，但对多数制造企业来说，主要还在于缺少适应市场需求的新产品开发能力和现代化的生产管理方法.

1.5.2 我国传统制造企业过程分析

由于过去国内制造企业生产技术水平比较低且具有较稳的市场环境，制造企业的主要任务是在有限生产能力约束下有

效地生产产品，因此，我国传统制造企业采取了标准的、金字塔式的梯阶式静态过程，其特点是具有刚性、稳定性和静态特性，企业过程的行为表现为更注重整体性和共性[3]. 制造企业各级管理者制定各类计划，指令信息自上而下逐层传达，生产状态信息自下而上逐层反馈. 组织机构、企业员工等制造资源具有明确的、单一的工作任务，程序性较强.

随着国内市场和国际市场的逐步接轨，随着国内市场经济的日渐发展，随着市场竞争加剧、市场变化频率加快，采用梯阶式静态过程的国内制造企业缺乏自我变化能力和自主创造性，企业过程的动态特性和柔性受到过分制约，无法适应信息时代不可预测的混沌变化的市场环境[20]. 这是因为制造企业是一个利用制造资源(主要包含人／组织、技术、物料、设备、信息等要素）将原始输入转化为最终输出的过程. 制造资源在其中所起的作用贯穿于制造企业过程始终且深入到每一个具体的环节，因而是有机联系的，而传统的梯阶式静态企业过程却将人、组织、技术等制造资源和过程活动局限于狭小的企业过程活动空间中，限制了制造资源和过程活动的创建、消失、分解和组合等变化功能的充分发挥。

显然，传统的梯阶式静态企业过程是一把双刃利剑，它在实现制造企业总体目标的同时又限制了制造资源和过程活动[74]从效果上来看，制造企业总体目标的实现所带来的好处是显性的和明显的. 而制造资源和过程活动的缺乏柔性所造成的影响则是隐性的和长远的，主要表现为：阻碍劳动者的自主全面发展；组织僵化、机构臃肿，单元部门缺乏应有的自我独立能力；阻碍个体技术先进性和价值性的充分发挥；制造企业外部需求与内部过程活动能力失衡等隐性生产管理问题.

6 论文研究的主要内容

企业过程是企业的本质. 企业过程是先进制造技术研究的基点，企业过程优化是实现先进制造技术共同目标的重要内容. 本论文课题来源于国家 863 计划 SDAAC-CIMS 应用工程和 JZ-CIMS 应用工程，符合国家 S-863 计划先进制造与自动化技术领域的制造业系统集成技术规划，因此，本文在理论上和实践上都具有较重要的研究意义.

本文从复杂系统的观点出发，运用宏观综合方法特别是分析和解决复杂系统较为有效的信息熵方法、人一机交互决策支持系统和基于德国 SAP 公司 ERP 软件 R3 系统的微观定量方法，在信息技术的支持下，结合 SDAAC-CIMS 应用工程和 JZ-CIMS 应用工程，从理论、方法和应用实践三个层面上对面向先进制造技术的企业过程优化进行了初步研究，重点尝试建立一个动态的、有机集成的企业过程，实现企业与混沌变化的市场环境同步，这就是本文研究的主要内容和基本目标.

结合我的博士论文工作和上述两项国家 863/CIMS 应用工程的实际要求，本文采用的技术路线归纳为：总体规划，分步实施，重点突破.

(1)总体规划

总体规划也就是对论文课题总体方案的设计. 它包括研究的保证环境，研究的基本目标以及课题研究的内容.

(2)分步实施

分步实施亦就是从企业过程优化的理论、方法和实际应用课题三个方面分步进行论文课题的研究和实施.

(3)重点突破

需要全本请访问 www.ertongbook.com