

创新理论与实现技术

——企业技术进步与组织创新的利器

张 德 政 著
阿孜古丽



冶金工业出版社

创新理论与实现技术

——企业技术进步与组织创新的利器

张 德 政 著
阿孜古丽

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2005

内 容 提 要

本书系统地论述了创新理论, 工程领域创新、创新工具以及创新问题求解算法, 企业组织发展演化规律, 企业组织创新理论及应用案例等, 科学地将工程技术领域创新理论、技术框架与方法体系拓展到企业组织创新, 并详细地阐述了企业组织创新原理, 剖析了企业组织创新中的核心问题。基于创新理论给出了企业组织创新工具、辅助创新算法等具体技术, 使得企业组织创新具有较好的可操作性。同时, 本书还介绍了相关的计算机辅助创新软件系统。

本书适于从事创新理论研究与计算机辅助创新系统开发的科技工作者阅读, 也可用作高等院校理工科的教材及各类工程与非工程专业高年级本科生和研究生的公共课教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

创新理论与实现技术: 企业技术进步与组织创新的
利器/张德政, 阿孜古丽著. —北京: 冶金工业出版社,
2005. 11

ISBN 7-5024-3850-5

I. 创… II. ①张… ②阿… III. ①企业—技术进步—
研究 ②企业管理—组织管理学 IV. F273. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 122659 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 程志宏 刘 源 美术编辑 李 心

责任校对 侯 璐 李文彦 责任印制 牛晓波

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2005 年 11 月第 1 版, 2005 年 11 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 8. 25 印张; 198 千字; 123 页; 1-2000 册

20. 00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

任何企业组织都必须面对日趋激烈的市场竞争。在复杂多变的经济与社会环境中，企业要想拥有核心竞争能力，其根本在于持续不断地创新。企业创新涉及到技术创新和组织创新。对于企业，技术创新是企业发展的动力，是企业成长能力与适应能力的具体表现；组织创新是企业发展的根本，是技术创新的基础，是企业生存与发展的关键，也是企业核心竞争能力的重要组成部分。

对企业组织创新机理、过程、规律的研究是企业组织创新的基础。以创新理论为基础的企业组织创新技术，是指在多种企业管理理论体系中，将企业组织理论研究的成果和已积累的大量企业管理实践经验相结合，针对企业组织的不同情况，形成企业流程再造、企业变革与企业组织创新的方案，将管理理论与管理实践有机地融合在一起，为企业组织创新提供理论支撑及有效的方法与工具，从而大大提高企业组织变革和创新的可操作性。通过企业组织创新技术，构建具有较强适应能力的企业组织，设计灵活而健全的企业文化和发展战略，形成目标明确的高绩效工作团队，进而有效地推动企业技术创新和市场开拓。

本书对工程领域中的创新理论的技术框架与方法体系进行了拓展，提出了企业组织创新理论框架和启发式创新机制，并对其关键实现技术进行了深入的理论研究和探讨。在理论层面，研究了企业组织创新实现的基本原理与技术；在实现技术层面，研究了创新实现算法、启发创新机制等具体技术；在应用层面，研究了企业组织创新的企业理论机制和计算机辅助创新实现技术。基于上述理论研究的成果，本书论述的内容主要集中体现在以下几个方面。

首先，通过对工程创新理论在科学方法论层面的拓展，提出了企业组织创新理论框架。创新属于思维科学与方法论的范畴，因此在科学方法论层面上，创新理论代表人类求解创新问题的思维方法和求解技术。由此，参照工程技术创新理论构建了企业组织创新理论的创新算法和创新工具。

其次，基于复杂系统理论，本书研究了创新问题求解过程的层次结构，提出并实现了基于定性推理的企业组织创新求解算法，该算法对于不同层次、粒度的各类创新问题均具有较好的适应性。

再次，基于认知科学和创造性思维方法，本书提出了基于认知计算的启

发式创新机制，该创新机制模拟人类思维过程，尤其是创造性思维过程，通过认知结构与创造性思维的研究，给出并实现了启发式创新机制。

本书编写的主要目的在于通过工程领域创新机理和规律研究，探求企业组织变革与创新普遍存在的规律，并为企业组织变革与创新提供理论支持和具有较好可操作性的实现技术，从而推动企业组织变革与创新由当前的概念设计阶段向更具实用价值的实现与应用阶段推进。通过企业组织创新实现技术的研究，为处于不同发展阶段与环境条件的企业构建具有适应能力的组织结构，为实现技术创新、完成工作流程优化以及提升企业核心竞争能力奠定基础。

本书得到了“十五”国家科技攻关课题“数字油田关键技术与示范工程研究”的支持，在撰写和出版过程中，得到了北京科技大学信息工程学院各级领导的关心和支持，并得到了作者的同事、朋友及家人的支持，作者在此表示衷心感谢。作者还将最为诚挚的谢意送给自己的导师，北京科技大学信息工程学院的杨炳儒教授、尹忆欣教授和中国矿业大学管理学院的陶树人教授，本书的出版是三位导师指导和教诲的结果。同时也感谢冶金工业出版社对本书出版的重视、支持与帮助。由于作者掌握的文献资料有限，本书很可能遗漏一些重要成果及存在错误之处，欢迎专家和广大读者指正。

编 者

2005年5月

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 本书内容安排	3
2 创新理论	6
2.1 创新	6
2.2 工程领域创新	7
2.2.1 创新理论	7
2.2.2 研究现状	7
2.2.3 发展趋势	10
2.3 企业组织创新	11
2.3.1 企业组织创新	11
2.3.2 研究现状	13
2.3.3 发展趋势	16
2.4 非工程领域创新	19
3 工程领域创新	21
3.1 TRIZ 思想与基本原理	21
3.1.1 TRIZ 思想	21
3.1.2 TRIZ 基本原理	21
3.2 TRIZ 创新工具	23
3.2.1 理想解	23
3.2.2 科学效应	24
3.2.3 物质场分析	24
3.2.4 76 个标准解	25
3.2.5 物理矛盾与技术矛盾	25
3.2.6 发明原理	27
3.2.7 创新求解算法	28
4 企业组织发展演化机理	29
4.1 企业组织知识与知识测度	29
4.1.1 知识和组织知识构成	29

4.1.2 组织知识测度·····	32
4.1.3 知识结构·····	35
4.2 企业组织演化与适应性·····	37
4.2.1 基于知识的组织演化机理·····	37
4.2.2 组织知识获取·····	39
4.2.3 组织适应性原理·····	39
4.2.4 企业组织创新的过程·····	41
5 企业组织创新理论·····	42
5.1 企业组织创新·····	42
5.2 创新问题本体结构·····	42
5.2.1 创新问题本体结构·····	42
5.2.2 本体形式化方法·····	44
5.3 企业组织创新问题求解·····	46
5.4 企业组织创新工具·····	48
5.4.1 理想解·····	48
5.4.2 效应—复杂系统与非线性·····	49
5.4.3 发明原理·····	50
5.4.4 物质场分析·····	54
5.5 定性推理与创新实现算法·····	55
5.5.1 定性推理与企业组织创新·····	55
5.5.2 基于定性推理的创新问题求解算法·····	59
6 企业组织创新系统建模·····	61
6.1 企业组织创新概念形成·····	61
6.2 创新问题系统结构·····	62
6.3 系统结构分析·····	62
6.4 系统结构模型·····	64
6.5 创新知识结构·····	64
7 启发式创新原理与实现·····	69
7.1 认知结构与创新启发机制·····	69
7.1.1 创新思维·····	69
7.1.2 创新启发原理·····	70
7.2 创新启发机制·····	72
7.2.1 创新启发机制的形式化表示·····	72
7.2.2 创新启发算法·····	78
8 计算机辅助企业组织创新·····	83
8.1 系统体系结构·····	83

8.2 企业组织创新针对性设计·····	84
8.3 实验验证·····	86
8.3.1 案例分析·····	87
8.3.2 案例中企业组织创新实现·····	88
8.4 创新工具·····	91
8.4.1 TechOptimizer ·····	91
8.4.2 TechOptimizer 应用 ·····	94
8.4.3 Knowledgist ·····	105
参考文献·····	120

1 绪 论

1.1 概述

随着社会发展、技术进步及人类认知程度的深化,创新问题日趋复杂。社会与生产实践对于创新,尤其是具有可操作性的创新理论与技术方法的需求业已凸显。其中既包括宏观的社会、政治、经济与组织的战略创新,也包括微观的技术、企业经营管理乃至市场营销和客户服务的创新。众所周知,科学与工程技术历来都是创造发明和创新理论研究与实践的主要领域。到目前的知识经济时代,工程领域创新问题的求解在计算机技术、信息处理技术、人工智能等学科的前沿技术的支撑下更加完善并形成较为完整的理论与技术方法体系。相比之下,企业管理创新,尤其是企业组织创新问题难以表述和求解,致使创新大多局限于概念和理论层次探讨以及小范围局部应用。我国加入 WTO 以后,众多企业已经或即将直接面临跌宕起伏的社会与经济环境,竞争日趋激烈。企业只有对组织以及组织创新有着深刻的认识,才能在多变的环境中发挥组织的整体协同优势,整合有限的企业资源,从而形成综合效应,使企业保持持续的竞争能力。目前,企业核心能力、竞争优势、发展战略以及创新能力等概念已经成为企业关注的热点。其中创新能力决定企业核心竞争能力与优势的形成,进而决定着企业的成长与发展。

企业创新包括技术创新和组织创新。技术创新是企业发展的动力,也是企业成长能力和适应能力的具体表现;组织创新是企业成长与发展的根源,是较技术创新更为重要的创新。技术创新是企业生命力的外在表现,同时必须依赖企业持续的组织创新才能得以实现。两者有着密切的内在联系,其最终目的都是为了使企业能够在复杂的经济与社会环境中适应、生存与发展。企业往往更注重技术创新,但仅仅靠技术、产品创新及新工艺的引进是远远不够的,新的市场开拓、新的组织结构、战略思想以及企业文化等对于企业的发展更为重要。因此,诸如虚拟企业、学习式团队、细节决定成败、知识管理等和企业组织管理密切相关的新管理理论和概念层出不穷,并在不同的层次上推动着企业组织的创新。组织创新能够使企业建立起有效的技术创新机制,进而使得企业通过技术创新获得持续的创新优势。组织创新是技术创新的必然要求,没有组织创新的配合,技术创新难以实现,企业的成长和对环境的适应将无法实现。技术创新是企业维持竞争力的源泉,有效的技术创新的实施需要相应的组织创新的支撑,同时也依赖于企业战略、组织结构、文化等要素。但是,如果企业组织创新没有引起足够的重视,没有将组织创新如同技术创新一样视为对于企业发展来说是不可或缺的支撑条件的话,企业组织创新将难以进行,实验研究也将难以模仿,并具有较高的风险,使得组织创新难以实施和操作。同时,组织创新对于组织的影响较其他创新来得更为久远和深刻,企业对于组织创新的实施往往持慎重态度。一般情况下,企业组织被认为是经济发展的必然结果,有着惯常的组织结构和企业组织模式,没有必要也难以进行创新。因而,致使企业重视技术创新而忽视组织创新,导致企业

组织问题日益突出,许多企业组织问题无法从根本上得到解决,并最终影响企业发展。根据 2003 年国家级企业管理创新成果资料分析,我国企业组织主要存在以下几个方面的问题。

(1) 企业忽视战略核心能力的建设。企业组织设计和运行必须基于战略目标。企业发展战略是企业行为指南,战略的明确性与适应性是企业发展的关键。我国众多企业缺乏明确的与市场环境相适应的发展战略,且对组织企业组织与组织创新的理念淡漠,不能按照有效性实施架构形成基于战略的组织结构,因此也就无法按照战略目标和未来发展方向形成稳定的核心业务和有效的经营企业组织模式。产生这种现象的原因有二:一是企业发展战略不够明确,缺乏可操作性;二是企业忽视战略的稳定性与适应性的有机结合,企业发展战略与变化的政治经济环境脱节。

(2) 企业组织结构僵硬,适应能力较差。我国众多企业尤其是企业集团,组织结构僵硬,使得组织的应变和适应能力差,无法充分运用组织的自身成长力和组织系统协同能力,长期以来仅仅依靠企业家的个人影响力来实现协调和市场开拓。有些企业部门随意设置,职能边界不清,业务流程不畅,责权关系重叠,部门间缺乏系统协调,企业决策者必须从宏观到微观推动企业的发展。因而导致企业缺乏自我变革能力,难以根据环境的变化进行适时调整与变革,只能顺其自然,最终导致企业组织整体失效。后现代企业组织理论认为,一般情况下组织变革多是有计划的,即经过周密考虑,有目标地改变组织内的系统或人事,以期提高组织的效能。构建适用能力强并具有活力的企业组织或团队。

(3) 企业组织人员效率低下。企业组织必须是高效的,我国管理层的效率低下会导致企业的执行力不够,企业组织与决策层缺乏协调和沟通,团队的协调作用发挥不出来。企业组织的成效不能单靠改变组织结构和工艺流程来实现,还要改变组织成员的工作态度和习惯以及不断提高工作能力。组织变革与创新只有在改变了员工的行为以后才可能获得成功。在知识经济时代,知识主要存在于基层,对员工的管理与激励对于组织效率的提高是至关重要的。

(4) 治理结构不明确,企业文化建设得不到重视。经济制度和企业制度决定着企业组织及其市场关系。在一定的经济制度下,企业制度是组织的规范,组织是企业制度的体现。创新的企业制度与合理的企业治理结构以及与之相适应的企业文化是企业发展和潜力的决定因素,良好的制度与治理结构是企业组织创新和技术创新的前提条件(企业制度与组织有着密切的关系,本书将企业制度与制度创新看作是是企业组织与组织创新的组成部分)。企业治理结构不明确,企业文化建设与企业的结构和战略不适应,使得企业的理念与企业组织不适应,致使企业组织层次和交易费用增加,无法从根本上解决人力资源的企业组织问题。

(5) 企业组织创新与技术创新脱节。在技术创新方面,由于企业过分依赖国家计划推动的技术创新或新技术的引进,忽略企业组织与市场、组织内部文化以及战略的相互适应性,导致技术创新成本很高,技术创新与组织创新间的协调性较差,有利于技术创新的企业文化与组织企业组织不能建立。企业组织不能给研发人员提供激励创新的制度、环境和文化氛围,这将致使企业自主创新能力不足。

(6) 依赖于效仿优秀的企业组织模式,组织创新不足。效仿优秀的企业组织模式是企业发展的第一步,但企业组织模式应当与企业的战略、结构、文化以及所在行业特点相

适应。企业组织模式是企业核心竞争能力的重要组成部分，不具可模仿性。效仿的企业组织模式往往会与企业制度、结构以及文化等因素发生冲突，很难持续有效地发挥作用。生命力强的或说是有效的企业组织模式则应当是持续不断的企业组织创新的结果。

(7) 欠缺发挥信息技术作用。信息技术的应用为我国企业管理注入了生机和活力，无论在变革企业组织结构、提高管理效率还是在企业流程再造等方面都发挥着重要作用。企业组织管理涉及企业的各个层次、多种复杂的信息类型，现有的信息技术不能为企业组织管理持续不断的创新提供有力的支持，如何充分利用好信息技术来推动企业组织管理创新很值得企业尤其是集团企业关注。

从上述分析可以看出，我国企业存在着较为突出的企业组织创新问题。问题的一方面是制度和认识层面的问题，另一方面也是由组织创新的特殊性引起的。在制度层面上，国家与企业以及企业内部的制度环境受传统管理理念和模式的影响，企业内部各项制度安排依照惯例或企业决策者的意愿，而不是取决于企业自身发展的需要，企业组织中的战略、结构与文化难以相互适应。在这种情况下，企业组织创新很难得到有效的推进，进而阻碍企业核心竞争能力的提升。因而，分析研究企业组织创新的技术与方法，实现技术创新与组织创新的有效匹配，就成为企业发展的关键。同时，企业管理理论、管理实践以及经济学等方面对于企业组织创新的研究为我们的工作提供了丰富知识和大量案例，整合管理理论与管理实践，提高企业组织创新的可操作性是完全可行的。因此，将企业组织创新作为企业组织创新理论的应用背景、基于非线性理论和复杂适应性理论，对企业组织发展演化以及企业组织创新进行研究，具有重要的理论意义和实用价值。

1.2 本书内容安排

编写本书的目的在于通过企业组织发展演化机理和规律研究，探求组织创新的内在规律性，并为企业组织创新提供理论支持和实现支撑技术，探索并建立具有可操作性的企业组织创新实现技术与方法，亦即企业组织计算机辅助创新或企业组织创新问题求解，从而推动组织创新由概念阶段向更具实用价值的实现与应用阶段推进，进而为处于不同发展阶段与环境条件的企业构建具有适应能力的组织结构，设计灵活而健全的组织系统，为实现技术创新、完成工作流程优化以及提升企业核心竞争能力奠定基础。

根据企业组织自身的特点，本书以作者的研究成果为基础，将企业组织创新看作为有着多变的依存环境并遵从非线性发展演化机理和过程的复杂系统问题的创新求解。从多学科理论与技术方法交叉的角度来分析企业组织创新的科学方法论原理、认知结构和创新思维方法；从系统、全面、整体以及发展的角度来分析研究企业组织创新机制。科技创造与发明的理论也从认识论和科学方法论本身为我们提供了很好的求解思路 and 模式。工程领域创新理论的思想、原理、求解问题的框架以及具体实现算法为我们研究企业组织问题的创新提供了借鉴。因而，就科学方法论意义而言，工程领域创新与企业组织创新具有一致的思想方法、遵循相似的理论框架和求解过程，即两者的理论体系、技术框架等是同构的。本书参照工程技术创新理论的基本原理和相关技术，构建了企业组织创新理论框架和实现技术，并对其从科学方法论的角度、本体结构同构的角度及逻辑推演分析论证其有效性。在理论上，深入地研究了企业组织创新实现的基本原理与技术；在实现技术层面上进行了创新实现算法的研究；在应用层面上，分析研究了企业组织创新的企业理论机制和计算机

辅助创新实现技术。该方法将管理理论与管理实践有机地结合在一起,使得企业组织创新具有较好的可操作性。

本书基于工程领域的创新理论,通过技术与方法的拓展来构建企业组织创新原理框架,并以企业组织创新为具体背景进行计算机辅助创新技术的研究。基于本体基元和系统结构分析与建模,构建了企业组织创新系统本体结构模型;然后基于该模型进行系统结构以及矛盾状态变换;采用广义效应函数作为依据对创新结果进行了评价,结合企业组织创新对系统的发展演化规律和趋势进行了分析,并重点研究了创新原理和创新方案的形成。在上述理论研究的基础上,以企业管理理论作为企业创新效应知识,以企业组织创新实践案例作为知识库,建立了企业组织创新原型系统。

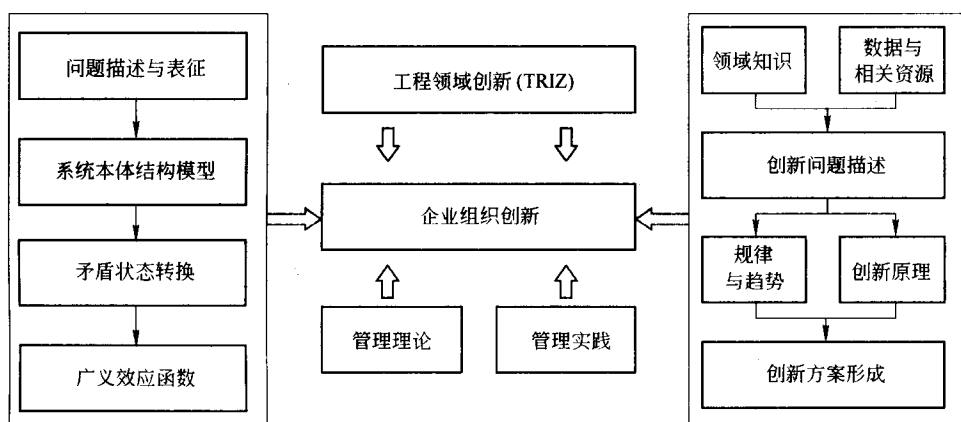


图 1-1 研究技术框架

本书内容主要围绕以下几个关键技术展开:

(1) 企业组织创新理论和技术框架研究。将企业组织创新理论和技术框架建立在本体论基础之上的原因有两个,其一是由于企业组织创新理论属于方法论和思维科学的范畴,知识工程领域定义的本体论对于创新系统和创新过程的描述有很好的适应性;其二是由于所要构建的统一企业组织创新理论与技术框架,应当建立在具有较高抽象层次的理论体系之上,本体论对于结构和语义关系的表征能力可满足要求,并且可用本体基元刻画系统的结构与组成,来描述“创新问题”。

(2) 基于定性推理的企业组织创新算法研究。复杂问题的复杂性在于其结构的层次性和行为的非线性。人对于复杂问题的认知过程和求解过程是一个逐层分解不断细化的过程,创新问题求解的过程也是如此。对抽象的、难以量化的企业组织创新采用定性推理原理构建求解算法是可行的。

(3) 从企业知识流的角度,研究企业组织发展演化规律。从多学科的角度来研究企业的结构、演化机理和发展规律。从全面、整体以及发展的角度来了解企业组织构成、结构、影响因素及其动态变化规律,从而有助于预测企业组织的演变趋势和掌握企业组织原理和规律,并服务于企业组织创新。

基于上述研究,本书创新性工作主要集中在:

(1) 提出并研究了企业组织创新理论技术与方法体系。大量的创新实践和理论研究

已经证明了工程技术创新理论与技术框架的完备和有效性。创新属于思维科学的范畴,因此在科学方法论层面上创新理论代表人类求解创新问题的思维方法和求解技术。认知结构的研究表明,人类在求解复杂创新问题时采用同样的方法。基于方法论意义下创新过程和框架的一致性,对工程领域创新理论进行拓展,研究了企业组织创新理论框架和实现技术,并从方法论、本体论以及演绎推理的角度论述和说明了企业组织创新理论框架的合理性。研究了企业组织创新理论的创新算法和创新工具,并通过实例说明了其正确性。

(2) 基于知识流研究了企业组织创新与发展机理。企业组织知识存量、知识流与组织内部知识分布决定着组织的发展演化。同样组织知识能力也决定着组织的创新能力。不同组织知识能力不同,决定着组织需要不同的企业组织模式,组织演化对应企业组织模式的变化。良好的组织以及相应的企业组织模式使得企业具有较好的适应性。组织的适应性原理以及发展演化是组织变革与创新的直接原因。

(3) 基于定性推理实现了企业组织创新问题求解的算法。根据企业组织创新的复杂性,本书研究了创新问题求解过程的层次结构,提出并实现了基于定性推理构建企业组织创新求解算法,该算法对于不同层次、粒度的各类创新问题具有较好的适应性。

(4) 提出并实现了启发式创新算法。创新是思维过程,而且是创造性思维过程。本书通过认知结构与创造性思维的研究,提出并实现了启发式创新机制。该机制通过自适应、自学习和启发机制,形成启发式创新。

本书第一章提出了目前企业组织主要存在的问题,针对问题进行了详细的剖析,引出了本书研究的内容、指导思想及技术框架;第二章就企业组织创新和创新理论国内外研究现状进行了综述,进而确定了本书的研究主题和内容,并对工程领域创新理论、企业组织创新及相关技术的现状与发展趋势进行了分析;第三章分析并论述了工程领域创新的基本内容、思想、技术方法体系与创新算法;第四章根据工程领域创新问题对企业组织创新理论和技术框架进行了分析,并基于定性推理理论建立了企业组织创新问题求解算法;第五章对企业组织创新的系统建模、系统分析技术进行了研究;第六章对创新机理、认知结构、创新启发机制、创新启发算法等内容进行了研究;第七章结合企业组织研究的技术方法,对企业组织创新实现体系结构进行了研究;第八章在企业组织创新理论框架与实现技术理论研究的基础上,以企业组织创新为具体应用对象实现了企业组织创新原型系统,并介绍了已有的几个创新工具。

2 创新理论

2.1 创新

创新 (Innovation) 涉及到多个不同的领域并被赋予不同的含义。对于企业来说, 创新的实质涉及到技术领域与企业运营。涉及到技术创新时, 将其定义为工程技术“发明创造 (Creation)”或工程领域创新; 涉及到企业组织变革与再造时, 定义为企业组织“创新”。技术上的改进与发明创造, 会导致新产品的诞生, 要使其发挥更大的效力, 需要有企业过程、组织的变革与创新。在企业理论与经济学意义上, 发明创造与创新具有较好的一致性, 两者分别从不同的侧面展示企业核心竞争能力的形成与发展演化。在知识经济范畴, 主要采用奥地利经济学家约瑟夫·熊彼特 (Joseph Schumpeter) 给出的定义: 所有新组合的商业化过程应立足于: (1) 新材料及其组成部分; (2) 新的工艺方法; (3) 新市场的开拓; (4) 新组织形式的引入。可以看出, 创新具有四大特性: 其一创新是一个经济范畴, 而非单纯的技术范畴, 其目的是获取潜在的利润; 其二创新的主体是企业; 其三创新的实施者不是发明家, 而是能够发现潜在利润、敢于冒险并具备良好组织能力的企业家; 其四创新联结了技术与经济, 是将技术转化为生产力的过程。

传统创新技术对于简单问题整体或局部有确定创新模型, 并借助于数值计算结果进行创新分析。复杂创新问题由于其复杂性及创新者对于信息与创新知识的掌握与运用程度和对问题本身的认识程度有限, 难以给出恰当的创新方案。在创新概念形成阶段、创新分析和创新问题求解以及方案设计形成阶段, 缺乏相应的理论以及面向计算机的辅助创新问题求解技术 (即问题表征和分析处理技术), 目前国内外尚未见有完善的辅助创新软件系统, 尤其缺乏问题创新分析与求解建模方面的技术。创新问题分析阶段中的缺陷及其所引发的问题将会在后续工作中很难或无法纠正, 同时也会严重影响创新质量和创新效率。理论与实践都亟待解决创新分析和求解创新方案概念设计问题, 寻找能够形成高质量创新方案的技术, 以支持实际问题创新方案设计。

在处理企业组织这类复杂系统的创新问题时, 传统创新技术与方法有其局限性。相关问题的求解也是人工智能以及知识工程领域研究的热点, 其中包括定性推理、神经网络、多目标决策技术等。这些技术难以适应企业组织创新问题的求解, 可以支持创新方案的选择和优化。从总体上来说, 即使将几种方法整合在一起, 也不能从根本上克服创新技术所面临的问题。创新存在的主要问题为: (1) 难以给出问题的确切表征和描述。由于问题的复杂性, 难以将所要解决的问题表述清楚并加以规范化; (2) 创新过程缺乏整体性和系统化, 忽视了问题的系统性和创新过程性; (3) 过于强调技术与方法, 忽略了创新者对于创新过程的引导和所特有的创新思维能力; (4) 强调优化和折衷, 忽略了问题的创新性求解策略; (5) 创新过程中, 没有充分利用已有的相关知识, 也没有考虑系统的演化和进展, 提出的创新方案没有新意, 缺乏竞争力。实践表明, 最好的创新结果来自于多

层次数据和知识的有效整合,但直到今天创新技术领域才开始认识到其重要性。随着创新系统与环境的复杂化,创新过程是一个知识创新的过程,需要利用行业范围内的知识,甚至多学科知识交叉,也包括知识组织管理和创新。C. W. Holsapple 等人进一步发展了该思想,基于知识管理将组织知识纳入创新,给出组织协调创新策略,明确地给出了基于知识管理的创新技术框架,创新技术与知识管理结合在一起,可使创新具有可操作性。

根据认知科学,在创新过程中人作为创新者起到至关重要的作用,完美的创新需要创新者综合利用已有的各类信息和知识,通过创造性思维,针对目标问题形成创新概念,进而演化成切实可行的创新方案。在创新方案形成过程中,创新对于问题求解十分重要。

2.2 工程领域创新

2.2.1 创新理论

TRIZ(俄文“创新问题求解理论”的词头缩写,其英文为 Theory of Innovation Problem Solving)是工程领域具有代表性的创新理论,前苏联科学家G. Altshuller(1926 ~ 1998)在对俄罗斯调查各领域专利、收集其发明原理基础上提出了“TRIZ 在近年来,形成爆炸式的普及和应用”。G. Altshuller 在阅读了大量专利后,开始注意到在这些独立的专利中存在一些解决问题的通用模式,进而认为:“一旦我们对大量好的专利进行分析,提取其问题解决模式,人们就能够学习这些模式从而会创造性解决问题。”

G. Altshuller 于 1954 年写出了关于 TRIZ 的第一篇论文和一系列著作,逐渐形成了 TRIZ 方法论。1970 年, G. Altshuller 开设了 TRIZ 学校,进行传授和研究 TRIZ,但当时只集中在前苏联范围内进行相对独立而封闭的研究。

冷战结束后,一批 TRIZ 专家分别移民进入了欧洲、美国及其他工业发达国家,TRIZ 开始在前苏联以外地区得到研究和学习。1991 年,第一篇 TRIZ 文章在美国正式发表,意味着 TRIZ 在美国落户。1992 年,美国一些公司开始了 TRIZ 的咨询和软件开发工作,如 Ideation International Inc. (III)、Renaissance Leadership Institute(RLI)等。1997 年夏左右,TRIZ 被正式引入日本,东京大学专门成立了 TRIZ 研究团体。1988 年,Osaka Gakuin 大学在 Toru Nakagawa 带领下建立了“TRIZ Home in Japan”网站。自 1997 年起,作为美国 IMC 在日本的主要代理机构,日本著名的思想库——三菱研究院开始向日本和亚太地区的企业提供 TRIZ 培训和软件产品,目前它已拥有一百多家公司用户,数以千计的工程师和研究人员接受了它提供的 TRIZ 方法培训。2000 年,欧洲 TRIZ 协会(ETRIZA)成立,旨在推进 TRIZ 在欧洲的研究和发展。后续也有不同的 TRIZ 团体在不同的国家成立,进行研究、培训和咨询,如 TRIZ 在线、TRIZ 杂志、TRIZ 协会等。除了美日欧等外,韩国、印度等十余个国家也相继有科学家或团体对 TRIZ 开展了研究。在我国,也陆续成立了对 TRIZ 的研究机构,如河北工业大学谭润华教授为首的研究团体等。

2.2.2 研究现状

TRIZ 是解决技术难题的一套方法系统,被西方发达国家誉为“点金术”。计算机辅助创新是实现其可操作性的关键,代表性软件有美国 Tech Optimizer 和 Workbench、以知识获取为标志的软件 Knowledgeist 即为计算机辅助创新(Computer Aided Innovation, CAI) 软

件系统、Ideation International 公司的 KW 软件等。计算机技术的应用对 TRIZ 的影响较大, 因此按照计算机辅助创新的实现与否, 将其发展划分为两个阶段。

(1) TRIZ 理论研究阶段。TRIZ 是 G. Altshuller 为首的研究组经过 1500 (人·年) 总结出的人类发明创造, 解决技术难题的理论。利用 TRIZ 系统进行创新时, 首先通过其物质场分析找到问题的关键所在——需改善的属性和因此恶化的属性, 然后通过矛盾矩阵——发明原理表查找到相应的发明原理, 最后具体化为实际解决方案。另外, 通过定义理想解来解决物理冲突以及通过分析产品的进化趋势预测下一代产品, 促进产品的更新换代。自 TRIZ 理论与相关计算机软件产生后, 美国利用该技术进行辅助新产品的的设计层出不穷, TRIZ 的研究与实践得以迅速普及和发展。世界 500 强及其他一些大型企业如飞利浦公司、本田公司、摩托罗拉公司等, 都有专门的研发机构并将计算机辅助创新理论作为秘密武器, 由此开发出大量的具有独立知识产权、占领未来市场的产品。在我国, 少量院所的研究基本上仍处于起步阶段, 企业应用及大范围普及还没有提到议事日程上来。

(2) 基于信息技术的辅助创新软件阶段。James Kowalick 于 1999 年 3 月撰文指出: “TRIZ 虽然于西方国家比较新, 但它已经是一个欠发展且应用了 50 多年的旧系统, 处在 S 曲线的‘成熟’位置”, 应该有一个新的突破性的方法来取代 TRIZ 方法的全部或部分。另外, Toru Nakagawa (1999) 认为, TRIZ 需要现代化, 其根本原因是, 在前苏联计划经济体制下发展与应用的传统 TRIZ 对于现代企业显得过于繁杂和笨重, 为了在激烈的竞争中生存, 企业需要在较短的时间内有效地培养 TRIZ 的技术应用人员 (而不是理论创建者), 以能够快速地应用 TRIZ 解决实际问题并进行技术创新。

目前工业发达国家关于 TRIZ 理论和方法的研究主要集中在两个方面: TRIZ 的现代化和 TRIZ 与其他方法的整合研究。

(1) TRIZ 的现代化。在 1999 年首届 Altshuller 研究院举办的 TRIZ 研讨会上, Alla Zusman 指出, 传统的 TRIZ 是一种复杂问题解决工具, 其现代化最重要的问题是开发一个容易应用 Altshuller 提出的各种方法的过程。事实上, 在前苏联赫鲁晓夫时代, 就有人提出 TRIZ 现代化问题, 而真正的 TRIZ 现代化的历程是从 1985 年开始的。目前, 其结果主要集中在 4 个 TRIZ 模式上。

1) III (Ideation International Inc.) 模式。该公司主要核心研究力量是来自于前苏联 Kishnev 的 TRIZ 学校的一群专家。他们认为, Altshuller 发展的 TRIZ 的许多方法分支太多, 也过于复杂, 因此必须提供一些方法和过程, 作为分析这些问题的方法的统一入口。

首先问题分析人员要求根据有害和有用影响区分手工绘出问题中各部分因果关系网络图, 然后利用软件工具对图中每一个节点能够自动列出问题的看法或者解决方法意见。每一个看法为使用者推荐了合适的传统 TRIZ 工具。III 模式的主要不足是得出的看法通常是节点的 3~4 倍, 对于复杂问题有时会显得非常冗长。

由于问题首先通过因果关系进行了分析, III 模式不仅仅局限于技术领域的问题处理, 其应用范围可以扩展到服务和管理等“软件问题”。为此需要正确理解和在更广泛意义上诠释 40 个创新原则等工具。例如, 考虑“原则 35: 物体物理、化学状态的转变”, 从其原始意义理解, 在服务 and 商业应用上很有限。但若将其理解为“使得某些事物在各种场合下可转变, 并利用其特性差异”, 这样同一个原则可以应用于更广泛的范围。

为了识别预研究工程系统的操作环境、资源要求、主要有用功能、有害影响和理想结

果, III 模式还开发了“创新环境调查问卷 (ISQ, Innovation Situation Questionnaire)”以及两个新分析工具——预期失效判定 (Anticipatory Failure Determination, AFD) 和演变指导 (Directed Evolution, DE) 等。

2) IMC (Innovation Machine Corp.) 模式。IMC 公司是由前苏联人工智能和 TRIZ 专家 Tsourikov 博士移民到美国后创建的。为了解决具有技术和物理矛盾的“困难”工程问题, IMC 努力将解决矛盾的创新原则、分隔原则、效果库等知识库工具集成为一个有用而方便的软件 Tech Optimizer TM。由于引入了相应的现代软件开发和人工智能技术, 该软件具有容易使用与界面友好的特点。该软件包括 5 个模块: 原则模块、预测模块、效果模块、TechOptimizer 模块、特征转换模块等。原则模块负责从知识 (专利) 库给出类似的例子消除矛盾, 效果模块允许从专利数据库获取类似的物理、化学和地理成果, 而预测模块则是参照其演化趋势数据库中的 22 个演化趋势和 200 多个分模式对问题得出未来的解决方法。集合 2 个模块则负责对问题进行分析, 使问题清晰化。

3) SIT (Systematic Innovation Thinking) 模式。SIT 模式原由移民到以色列的 TRIZ 专家 Filkosky 在 1980 年左右创立, 目的是简化 TRIZ 以便其被更多人接受。1995 年福特公司 Sickafus 博士将 SIT 模式进行结构化形成 USIT (Unified Structured Innovation Thinking) 模式, 该模式能帮助公司工程师短时间内接受和掌握 TRIZ, 为实际问题在概念产生阶段快速地产生多种解决方法。USIT 将 TRIZ 设计过程分为 3 个阶段: 问题定义、问题分析和概念产生, 它将解决方法概念的产生简化为只有 4 种技术 (属性维度化、对象复数化、功能分布法和功能变换法), 而不需要采用知识库或计算机软件。但 USIT 解决问题的好坏依赖于问题解决人员知识的广度和深度。Sickafus 博士认为: “这是正常的, 因为任何技术只是辅助使用者而不会自己寻找解决方法。”

4) RLI (Renaissance Leadership Institute) 模式。该模式是由 RLI 公司的分支机构 Leonardo da Vinci 研究院的一些专家开发的, RTL 模式对 TRIZ 的贡献主要体现在: 针对 TRIZ 的复杂性, 开发了 8 个问题解决的算法; 针对物质场分析工具存在的缺陷, 提出了运用三元代替物质场的三元分析法 (Triad Analysis), 并将其结合到所开发的 8 个发明算法中。

(2) TRIZ 与其他方法的整合。Alla Zusman 与 Boris Zlotion (1999) 指出, 所有创造性问题的解决方法和工具可以归纳为两大类: 一类是以心理学为基础, 按照 Osborn 方向演变, 如头脑风暴、侧向思考 (Literal Thinking) 等; 另一类是以知识为基础, 按照 L. Miles 方向和 G. Altshuller 方向演变。按照 L. Miles 方向演变而来的重要方法有质量功能配置 (QFD)、形态分析 (Morphological Analysis)、可靠性设计的 FMEA 以及 ISO 等。按照 G. Altshuller 方向演变的方法有 TRIZ 的分析工具和 III 模式的两个新工具等。由此可见 Miles 方向和 G. Altshuller 方向交叉的现象。在以知识为基础的问题解决方法和工具的开发中, Kowalick (1999) 认为, Osborn 方向和 G. Altshuller 方向的融合将是创造性科学研究发展的趋势与方向。根据三洋公司调查报告, 日本有 87.1% 的制造业企业在应用头脑风暴法, 但它存在如下缺点: 1) 问题不够集中; 2) 仅仅止步于收集与会者知识而缺乏与想法的自由联系; 3) 得出的想法没有提炼。因此, Yoshiki Nakamura (2000) 提出将 TRIZ 的设计步骤细分, 在每个步骤中采用头脑风暴法决定下一步。

对质量工程学而言, TRIZ 被引入美国后, 迅速引起了一些质量工程学家的关注。