

基于流程的 知识工程与创新

KNOWLEDGE ENGINEERING AND
INNOVATION BASED PROCESS

赵 民 刘志敏 王永庆 施荣明 编著



航空工业出版社

基于流程的 知识工程与创新

赵 民 刘志敏 王永庆 施荣明 编著



航空工业出版社
北 京

内 容 提 要

本书是继 2009 年出版的《知识工程与创新》一书的姊妹篇。是在《知识工程与创新》一书阐述知识、知识工程与创新关系的基础上进一步阐述了基于流程的知识工程与创新的关系,突出了基于流程的知识工程的重要性。基于流程的知识工程与创新解决了知识工程与单位主营业务结合和融合的问题,实现从人找知识到知识找人的重大转变,并在此基础上进一步实现基于知识的创新,为实现“创新驱动策略”提供了强有力的工具。本书具有理论创新,知识工程软件创新,案例新颖、具体以及可操作性强等特点。

本书面向所有“知识工作者”——对技术创新、管理创新、知识管理、知识工程有兴趣的科研人员、管理人员、咨询人员、企业高管、教师、高等院校研究生等,也适用于一般的读者群体。

图书在版编目(CIP)数据

基于流程的知识工程与创新 / 赵民等编著. -- 北京 :
航空工业出版社, 2016. 1

ISBN 978 - 7 - 5165 - 0912 - 8

I. ①基… II. ①赵… III. ①知识工程—研究 IV.
①TP182

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 259512 号

基于流程的知识工程与创新

Jiyu Liucheng de Zhishi Gongcheng yu Chuangxin

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010 - 84936597 010 - 64936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2016 年 1 月第 1 版

2016 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 34

字数: 829 千字

印数: 1—2500

定价: 98.00 元

前 言

党的十八大报告中指出：“实施创新驱动发展战略，科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。”习近平总书记指出：“实施创新驱动发展战略，是立足全局、面向未来的重大战略，是加快转变经济发展方式，破解经济发展深层次矛盾和问题，增强经济发展内生动力和活力的根本措施。”

时任国家科学技术部刘燕华副部长曾为 2009 年出版的《知识工程与创新》一书的序中写到“本书所探讨的知识工程是实现自主创新的有效的、系统化的创新方法之一。”

为了更好地响应党中央和国家领导人提出的要“实施创新驱动发展战略”的号召，我们在 2009 年写的《知识工程与创新》一书的基础上，在经过四年实践后又写了本书《基于流程的知识工程与创新》。它是《知识工程与创新》的姊妹篇。前者解决了应用创新理论构建各单位知识库的问题，而后者则解决了如何将知识工程与各单位主营业务相结合和融合的问题，并在知识管理的基础上，进一步用系统工程的方法来解决基于知识的创新问题，实现了从人找知识到知识找人的重大转变，为企业实现创新提供了具体、有效的方法和途径。

本书有三大部分内容。第一大部分叙述了企业为什么要创新（见本书绪论）；第二大部分叙述了企业如何创新（见本书上篇）；第三大部分叙述了创新的基本理论，重点介绍了经典 TRIZ 理论和统一 TRIZ 理论（见本书下篇）。

在第二大部分中，叙述了两部分内容，一是要开展基于流程的知识工程，二是企业的员工如何实现创新。其中又分成五个环节：（1）构建本体库（2）构建产品研发流程（3）构建 WBS 工作模型（4）构建各专业知识库（5）开发知识管理系统。企业员工创新需具备三个要素：（1）基于知识（2）改变思维（3）艰苦劳动。

第三大部分是以原机械研究院院长张武城和英诺维盛公司总经理赵敏为代表的我国 TRIZ 理论研究学者对经典 TRIZ 理论的重大突破和发展。此外，还简介了质量功能展开（QFD）和公理化设计理论（ADT），还以附录的形式给出了和这些创新理论相配套的有关工具，便于学习者使用和查询。

在本书撰写过程中，张武城院长和赵敏总经理提供了重要的宝贵资料，张院长在本书出版过程中给予了大力的帮助和支持。安世亚太公司的黄毓瑜教授，谭鑫明、赵琦、高建忠等工程师提供了大量具体的资料并做了大量的工作。中国航空工业集团公司沈阳飞机设计研究所的沈琪副总师、王鸣凤研究员、张静高工以及项目办公室的同志，科技委的田湧秘书长、王晓宁高工、杨洋主管以及参与知识工程工作的广大干部和职工都为

基于流程的知识工程做了大量的工作，在此一并致谢。

本书仅总结了从 2010 年到 2014 年我们的学习、实践心得和研究成果。限于笔者的水平，我们对知识工程以及创新的理解还不是很深刻和到位，因此在本书中一定还有疏漏和不足之处，恳请广大读者予以批评指正。

赵 民 刘志敏 王永庆 施荣明
2015 年 8 月

目 录

绪 论

1 为什么当前我国要特别强调创新	3
1.1 党的十八大报告对创新的描述	3
1.2 党和国家领导人的讲话	3
2 当前我国所处的历史阶段	5
3 如何实现企业的创新	6
3.1 创新型国家的标志	6
3.2 企业是国家创新的主体	6
3.3 企业如何实现创新	6

上篇 基于流程的知识工程

第1章 开展基于流程的知识工程	11
第2章 构建本体库	13
2.1 概述	13
2.2 领域本体构建的方法	14
2.3 本体构建关键技术	37
2.4 本体构建的软件实现	60
2.5 本体构建小结	67
2.6 本体构建的意义	72
第3章 构建产品研发流程	73
3.1 概述	73
3.2 研发流程构建的方法	75
3.3 研发流程构建的关键技术	83
3.4 研发流程构建的软件架构	105

3.5 研发流程构建小结	116
第4章 构建 WBS 工作模型	118
4.1 概述	118
4.2 构建 WBS 工作模型的方法	118
4.3 构建 WBS 工作模型的关键技术	123
4.4 构建 WBS 工作模型的软件架构	126
4.5 构建 WBS 工作模型小结	136
第5章 构建各专业知识库	142
5.1 概述	142
5.2 构建各专业知识库的方法	142
5.3 构建各专业知识库的关键技术	153
5.4 构建各专业知识库的软件架构	175
5.5 构建各专业知识库小结	185
第6章 开发知识管理系统	186
6.1 概述	186
6.2 开发知识管理系统的方法	186
6.3 开发知识管理系统的关键技术	212
6.4 开发知识管理系统的软件架构	243
6.5 开发知识管理系统小结	253
第7章 知识工程在产品研发平台中的应用	260

下篇 创新理论与方法

第8章 员工创新的三要素	267
第9章 创新理论概述	268
9.1 概述	268
9.2 经典 TRIZ 与现代 TRIZ 的分界线	269
9.3 经典 TRIZ 的主要组成部分	270
9.4 U-TRIZ 简介	278
第10章 技术系统与技术系统的进化	281
10.1 技术系统的定义与类别	281

10.2	技术系统的进化模式——S 曲线	281
10.3	技术系统八大进化法则	284
10.4	进化潜能雷达图	295
第 11 章	40 个发明原理	297
11.1	分割原理（物体多元）	297
11.2	抽取原理（实现功能配置的重要手段）	298
11.3	局部特性原理（优化系统空间特性的重要手段）	298
11.4	不对称原理（目的是优化空间特性）	299
11.5	组合原理（实现功能配置的重要手段）	300
11.6	多用性原理	300
11.7	嵌套原理（改善系统的空间特性）	301
11.8	重量补偿原理（反重力原理）	301
11.9	预先反作用原理（优化系统的时间特性）	302
11.10	预先作用原理（时间上的转换）	302
11.11	预先防范原理（优化时间特性）	303
11.12	等势原理（优化功能配置）	303
11.13	反向作用原理（优化功能配置）	304
11.14	曲面化原理（实施空间转换）	305
11.15	动态性原理（实施时空转换）	305
11.16	不足或过度作用原理（简化功能配置）	306
11.17	多维化原理（实施空间转换）	307
11.18	振动原理（改善功能配置）	308
11.19	周期性动作原理（实施时间转换）	308
11.20	有效持续作用原理（改善时间特性）	309
11.21	急速作用原理（改善时空特性）	309
11.22	变害为益原理（优化功能配置）	310
11.23	反馈原理（实施功能配置）	311
11.24	中介原理（改善功能实施）	311
11.25	自服务原理（完善功能配置）	312
11.26	复制原理（改善功能配置）	312
11.27	廉价替代物原理（减少实施功能的成本）	313
11.28	替换机械系统原理（改善功能配置）	313
11.29	气压或液压结构原理（完善功能配置）	314
11.30	柔性壳体或薄膜结构原理（引入新物体的属性改善功能）	315
11.31	多孔材料原理（激活物体新属性实现创新）	316
11.32	改变颜色原理（激活物体新属性实现创新）	316
11.33	同质性原理	317

11.34	自弃与再生原理（实施功能配置）	317
11.35	状态或参数变化原理（改变物体的属性实现创新）	318
11.36	相变原理（改变物体的属性实现创新）	319
11.37	热膨胀原理（利用热胀冷缩效应实现创新）	319
11.38	加强氧化作用原理（利用氧不同状态下的属性实现创新）	320
11.39	惰性介质原理	320
11.40	复合材料原理（引入多种新属性实现创新）	321
 第 12 章 技术矛盾与物理矛盾		324
12.1	技术矛盾	324
12.2	物理矛盾	334
12.3	分离原理	336
12.4	利用分离原理解决物理矛盾	345
 第 13 章 因果分析		349
13.1	因果分析法	349
13.2	因果链	350
13.3	因果分析的作用	351
13.4	介绍几种常见的因果分析法	352
 第 14 章 功能分析		355
14.1	功能的定义	355
14.2	功能的级别和规范陈述	355
14.3	功能分析法	357
14.4	功能作用模型的分类	361
14.5	韩国“实用 TRIZ 理论”的功能分析	365
14.6	功能分析法应用实例：炭火烤肉机	366
 第 15 章 物场分析与 76 个标准解		369
15.1	物场模型	369
15.2	76 个标准解	372
15.3	物场分析的应用流程与实例	379
 第 16 章 属性分析		383
16.1	属性的定义	383
16.2	工程参数与属性的比较	384
16.3	物体—属性—功能描述与物体—属性—功能矩阵图	385

16.4	属性—转换—属性	386
16.5	属性列举法	388
16.6	属性维度法	390
16.7	与/或树架构图	391
16.8	常用的物质各类属性	392
16.9	Goldfire 科学效应库 496 个属性参数	392
16.10	案例:微小渗漏闸阀的检测	394
第 17 章	质量功能展开 (QFD)	401
17.1	概述	401
17.2	QFD 的基本原理	402
17.3	建立 QFD 矩阵步骤	402
17.4	QFD 应用价值	405
17.5	QFD 的发展	406
17.6	实例:汽车车门的设计	406
17.7	小结	408
第 18 章	公理化设计理论 (ADT)	409
18.1	概述	409
18.2	公理化设计要素	409
18.3	功能配置法	413
18.4	公理化设计理论 (ADT) 的改进与完善	415
18.5	小结	418
第 19 章	科学效应知识库	419
19.1	什么是科学效应	419
19.2	科学效应的应用模式	420
19.3	效应知识库	421
19.4	应用效应知识库解决发明问题	424
附录 1	40 个发明原理编码、名称及应用方法汇总表	426
附录 2	50 个通用工程参数编码、名称及其定义	430
附录 3	单项工程参数发明原理推荐表 (50 个通用工程参数)	434
附录 4	物理矛盾的分离原理及分离方法汇总表	437
附录 5	分离原理与发明原理对照表	438
附录 6	37 个进化趋势	440
附录 7	物理效应与实现功能对照表	444

附录 8	化学效应与实现功能对照表	447
附录 9	几何效应与实现功能对照表	450
附录 10	固、液、气、场不同形态物体实现各种功能的效应知识库	451
附录 11	改变属性的效应知识库	459
附录 12	增加属性的效应知识库	465
附录 13	减少属性的效应知识库	470
附录 14	测量属性的效应知识库	475
附录 15	稳定属性的效应知识库	480
附录 16	科学效应和现象详解	485
附录 17	部分技术术语简介汇编	530
参考文献		533

绪 论

1 为什么当前我国要 特别强调创新

1.1 党的十八大报告对创新的描述

实施创新驱动发展战略。科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。要坚持走中国特色自主创新道路，以全球视野谋划和推动创新，提高原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新能力，更加注重协调创新。深化科技体制改革，推动科技和经济紧密结合，加快建设国家创新体系，着力构建以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系。完善知识创新体系，强化基础研究、前沿技术研究、社会公益技术研究，提高科学研究水平和成果转化能力，抢占科技发展战略制高点。实施国家科技重大专项，突破重大技术瓶颈。加快新技术新产品新工艺研发应用，加强技术集成和商业模式创新。完善科技创新评价标准、激励机制、转化机制。实施知识产权战略，加强知识产权保护。促进创新资源高效配置和综合集成，把全社会智慧和力量凝聚到创新发展上来。

1.2 党和国家领导人的讲话

(1) 习近平总书记在2013年5月4日参加科协、科技界联组会上的重要讲话：

实施创新驱动发展战略，是立足全局、面向未来的重大战略，是加快转变经济发展方式、破解经济发展深层次矛盾和问题、增强经济发展内生动力和活力的根本措施。在日趋激烈的全球综合国力竞争中，我们必须正视现实、承认差距、密切跟踪、迎头赶上，走自主创新道路，争取更加积极有效的应对措施，在涉及未来的重点科技领域超前部署、大胆探索，加快从要素驱动发展为主向创新驱动发展转变，发挥科技创新的支撑引领作用；要加强统筹协调，促进协同创新，优化创新环境，形成推进创新的强大合力；要增强创新自信，加快推进重大科技专项实施，建立健全优先使用自主创新成果的机制；要深化科技体制改革，进一步突出企业技术创新主体地位，变“要我创新”为“我要创新”，促进创新链、产业链、市场需求有机衔接；要加强科技人才队伍建设，为人才发挥作用、施展才华提供更广阔的天地，鼓励人才奉献智慧和力量，投入到实现“中国梦”的伟大奋斗中。

(2) 习近平总书记于2013年9月30日，在中共中央政治局第九次集体学习时强调：敏锐把握世界科技创新发展趋势，切实把创新驱动发展战略实施好。他强调：

科技兴则民族兴，科技强则国家强。党的十八大做出了实施创新驱动发展的重大部署，强调科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。这是党中央综合分析国内外形势、立足国家发展全局做出的重大战略抉择，具有十分重大的意义。

习近平指出：当前，从全球范围看，科学技术越来越成为推动经济社会发展的主要力量，创新驱动是大势所趋。新一轮科技革命和产业变革正在孕育兴起，一些重要科学问题和关键核心技术已经呈现出革命性突破的先兆，带动了关键技术交叉融合、群体跃进，变革突破的能量正在不断积累。即将出现的新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇，为我们实施创新驱动发展战略提供了难得的重大机遇。机会稍纵即逝，抓住了就是机遇，抓不住就是挑战。我们必须增强忧患意识，紧紧抓住和用好新一轮科技革命和产业变革的机遇，不能等待、不能观望、不能懈怠。

习近平强调，从国内看，创新驱动是形势所迫。我国经济总量已跃居世界第二位，社会生产力、综合国力、科技实力迈上了一个新的大台阶。同时，我国发展中不平衡、不协调、不可持续问题依然突出，人口、资源、环境压力越来越大。物质资源必然越来越少，而科技和人才却会越用越多。我们要推动新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展，必须及早转入创新驱动发展轨道，把科技创新潜力更好释放出来，充分发挥科技进步和创新的作用。

习近平指出，实施创新驱动发展战略是一项系统工程，涉及方方面面的工作，需要做的事情很多。最为紧迫的是要进一步解放思想加快科技体制改革步伐，破除一切束缚创新驱动发展的观念和体制机制障碍。

习近平就此提出5个方面的任务。一是着力推动科技创新与经济社会发展紧密结合。关键是要处理好政府和市场的关系，通过深化改革，进一步打通科技和经济社会发展之间的通道，让市场真正成为配置创新资源的力量，让企业真正成为技术创新的主体。政府在关系国计民生和产业命脉的领域要积极作为，加强支持和协调，总体确定技术方向和路线，用好国家科技重大专项和重大工程等抓手，集中力量抢占制高点。二是着力增强自主创新能力。关键是要大幅提高自主创新能力，努力掌握关键核心技术。当务之急是要健全激励机制、完善政策环境，从物质和精神两个方面激发科技创新的积极性和主动性，坚持科技面向经济社会发展的导向，围绕产业链部署创新链，围绕创新链完善资源链，消除科技创新中的“孤岛现象”，破除制约科技成果转移扩散的障碍，提升国家创新体系整体机能。三是着力完善人才发展机制。要用好用活人才，建立更为灵活的人才管理机制，打通人才流动、使用、发挥作用中的体制机制障碍，最大限度支持和帮助科技人员创新创业。要深化教育改革，推进素质教育，创新教育方法，提高人才培养质量，努力形成有利于创新人才成长的育人环境。要积极引进海外优秀人才，制订更加积极的国际人才引进计划，吸引更多海外创新人才到我国工作。四是着力营造良好政策环境。要加大政府科技投入力度，引导企业和社会增加研发投入，加强知识产权保护工作，完善推动企业技术创新的税收政策，加大资本市场对科技型企业的支持力度。五是着力扩大科技开放合作。要深化国际交流合作，充分利用全球创新资源，在更高起点上推进自主创新，并同国际科技界携手努力为应对全球共同挑战做出应有贡献。

2 当前我国所处的历史阶段

当前我国已处在“非创新不可”的历史阶段。

因为：

(1) 我国经济生产总量已达到世界第二大经济体，具有一定的经济实力。

(2) 我国的科技水平尽管在有些领域已达到世界领先水平，但在总体上仍处于世界二流水平和状态，如航空工业在产品方面尽管我们已研制出世界上较为先进的第五代战机，但航空科技领先的美国的重型第五代战机 F-22 已生产完 187 架（国会批准的生产数量，现生产线已经关闭），轻型第五代战机 F-35A、B、C 三种机型都已逐步定型，进入批生产并装备部队。我们离这个状态还有很大的差距；运输机方面，我们已成功研制出我们自己的大型运输机，但更大的运输机尚未能研制出来。虽然这些年来我们在追赶世界先进水平方面有长足的进步，但离航空先进强国美国、俄罗斯等国家仍然存在较大的差距。

(3) 在高科技领域内，我们采购不到先进的产品，高科技领域内的技术合作还是有一定困难的，例如，我们要采购先进的军用产品，但国外都对我们进行封锁，其实在高科技领域内有许多方面是相互借鉴的，但我们却很难得到可参考的样本。

(4) 不仅航空工业如此，放眼其他领域，包括船舶、兵器、电子、航天、核等领域，都大同小异，具有极大的相似性。

(5) 我们不可能永远处于世界二流的状态，我们要发展、要前进，只有一条路可走，那就是走艰苦奋斗、自力更生、自主创新的道路，只有这样，才能使中华民族实现自己的梦想。所以“创新”是我们唯一的出路，这就是我们当前所处的历史阶段。

3 如何实现企业的创新

3.1 创新型国家的标志

2012年7月，在全国科技创新大会上，提出了“我国2020年要进入创新型国家行列”这样伟大的目标，并进一步指出，到2020年我们要达到的目标是：

“基本建成适应社会主义市场经济体制、符合科技发展规律的中国特色国家创新体系，原始创新能力明显提高，集成创新、引进消化吸收再创新能力大幅增强，关键领域科学研究实现原创性重大突破，战略性高技术领域技术研发实现跨越式发展，若干领域创新成果进入世界前列；创新环境更加优化，创新效益大幅提高，创新人才竞相涌现，全民科学素质普遍提高，科技支撑引领经济社会发展能力大幅提升，进入创新型国家行列。”这就是全国科技大会上提出的创新型国家的标志。

3.2 企业是国家创新的主体

早在十一届全国人大五次会议上，在政府工作报告中已提出：“大力推进科技创新，加强国家创新体系建设，深化科技体制改革，推动企业成为技术创新主体。”

而在十八大报告中则进一步明确，“着力构建以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系。”

国家要创新，意味着所有的企业都要创新，创新型国家无疑是由该国家的创新型企业所组成的，如果企业不创新，创新型国家也就不存在，所以，把我国建成创新型国家，应着眼于使企业成为创新型企业，让企业成为国家创新的主体，这才使建设创新型国家的目标落到了实处。

3.3 企业如何实现创新

我们的国家如何从大国变为强国，如何使我们的制造业真正的从跟随、仿制走向自主创新？

党中央已经给我们提出了明确的方向和目标，那么到企业这一级，我们不能只是重复党中央和国家领导人给我们提出的各种要求，而是要有一套具体实施的方法，那就是所有企业都应开展知识工程，因为所有的创新都是基于知识的创新，没有知识的传承能