

知识工程的 发展背景

1.1 知识工程对中国企业的重要性

知识管理和知识工程对企业的重要性不言而喻，对中国企业尤为重要。经调查，当前中国科技人才结构呈现过于年轻化趋势。20 世纪 80 年代毕业的大学生比例是 13%，90 年代毕业的大学生比例是 17%，2000 年以后毕业的大学生占 70%。八九十年代的大学生多数已经进入领导和管理岗位，一线的技术人员绝大多数是 30 岁上下的年轻人。

知识缺乏有效管理，老同志离岗回家，经验和知识流失严重。“有样子的活会干，没样子的活不会干。”年轻人无法顺利进行顶尖产品的研制，无法有效应用知识来解决问题，这对中国企业来说是个严峻问题。老专家和骨干的知识高效重用是解决问题的唯一办法。所以从“十三五”开始，知识工程成为一项国家战略。

中国企业一直在寻求转型升级之道，希望在短时间内进入发展快车道。产品通过引进消化可以跨越年代，但企业的技术积累无法跨越。企业的技术发展模式主要是“持续进化”，而不是“突变式创新”。企业的生产力和竞争力由两个能力构成：创新能力^①和仿复能力（知识共享），如图 1-1 所示。创新能力决定企业能做多强，仿复能力决定企业能做多大，两者缺一不可。它们的乘积决定企业的发展能力。因此，创新和知识具有明显的共生关系。不基于知识积累的创新，是无生命力的创新；脑筋急转弯式的创新，是给人“做嫁衣”的好点子；不进行复制重用的创新是无效益的创新，是科研体系中的最大浪费。

^① 创新能力建设不是本书的主体内容，相关内容可以参考本书 B.7 节“创新方法论 TRIZ 简介”。

中国企业与国际一流企业的差距，不仅在于对创新和知识的驾驭能力，更在于对“知识与创新共生关系”的认知。

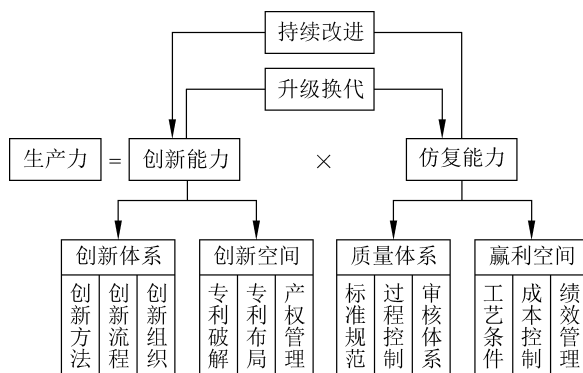


图 1-1 知识与创新的共生关系

1.2 国外知识工程发展日趋成熟

技术进步和需求升级，导致内外部环境加速变化，企业成果和知识也以前所未有的速度源源产生。随着企业内部各领域的专业性越来越强，企业成员快速获取知识和使用知识的能力成为其核心技能，管理与应用知识的能力也成为企业的核心竞争力，国内外各大企业纷纷在知识管理和应用方面进行积极实践。

1.2.1 NASA 知识工程体系

美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）把“将正确的信息在正确的时间传递给正确的人，促使其创造新知识，分享经验,提高 NASA 及其合作伙伴的执行力”作为其知识管理的目标。具体来说，知识管理能够使设计人员获取已完成项目的经验，使管理人员能够掌握规避风险的有效方法,使新人快速成长。同时,NASA 认识到知识管理是系统性工作，其效果的发挥需要文化的支撑，知识管理需倡导学习型文化，鼓励知识共享。因此，NASA 知识工程体系包括知识架构、知识管理、支持服务和文化。

1. NASA 知识管理技术基础

(1) 知识管理框架：NASA 知识管理团队根据知识管理三大要素（人员、流程和技术）的应用，提出知识管理框架，即在知识管理活动的支持下，通

过技术和工具，提供一个知识共享和应用的环境，如表 1-1 所示。

(2) 企业架构：NASA 企业架构（enterprise architecture, EA）用于创建其知识工程平台，分为业务框架、流程框架、数据框架和技术框架，各个层次之间用检测框架分隔开来。应用 EA 框架的主要作用为：以“发展知识管理,培训、传递知识和促进协同”为战略；自上而下逐层分解需求，将知识管理需求具体化到 EA 框架中；用迭代和递归来保证各个层次之间的回溯,形成统一参考模型。

表 1-1 NASA 知识管理框架

知识共享与应用		
人 员	流 程	技 术
<ul style="list-style-type: none"> • 支持远程协作 • 支持经验交流 • 知识激励和反馈机制 	<ul style="list-style-type: none"> • 加强知识获取 • 做好信息管理 	<ul style="list-style-type: none"> • 加强系统集成和数据挖掘 • 应用智能代理 • 应用专家系统
支撑活动		
教育与培训	IT 基础设施建设	安全保障体系建设

(3) 虚拟企业：NASA 专门建立了 NISE（NASA immersive synthetic environments）项目,实现任务支持（建模、仿真、协同等）、扩展（公众的参与和激励）、学习（K-12 学习系统）和内部培训。该组织还拥有一个具有 800 万注册用户（以每年 20% 的速度增长）的实时交流平台——第二生活（second life, SL）。

2. NASA 的知识管理体系

NASA 将知识管理融入工程和项目管理生命周期的每一个环节，如图 1-2 所示。针对 NASA 职员、承包商、学术研究机构、全球合作伙伴等群体，NASA 形成了一个完整的知识管理体系结构，提供包括 NASA Portal（NASA 入门）、Inside NASA（进入 NASA）、NEN（NASA Engineering Network, NASA 工程学网络）、Lessons Learned（课程学习）、Strategic Committee（战略委员会）、Practice Community（实践团体）等不同的解决方案，通过业务流程的交互将领域专家与各类知识紧密联系到一起。

除通过 NASA Portal 和 Inside NASA 实现系统集成和创建协同工作环境外，NEN 通过语义网、元数据和面向服务的架构等技术建立人与人、人与知识、人与流程（项目生命周期）之间的关系。利用 NEN 的主动集成能力使资源的可访问性和实用性更强，并关联工程师和专家以获取隐性知识。Lessons Learned 两个主要目标为：①扩展 NASA 的学术范围，使老一代专家的知识能传递给新生代；②发展 NASA 的“虚拟学院”。

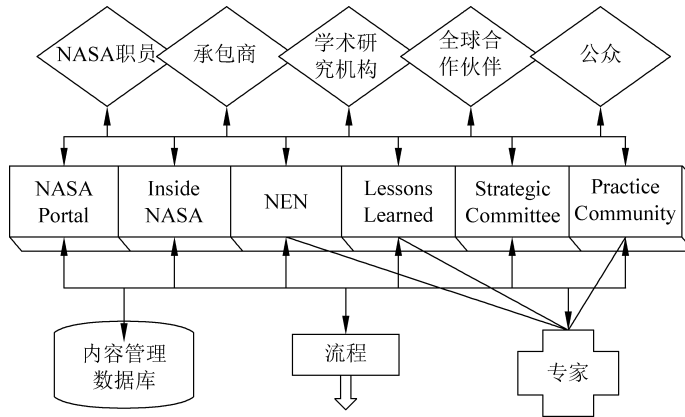


图 1-2 NASA 知识管理体系

3. NASA 知识管理进程

NASA 的知识管理进程如表 1-2 所示。

表 1-2 NASA 的知识管理进程——主题、目标和内容

2003 年	<p>主题：共享知识 目标：实现关键知识的共享，完成组织的研制任务 内容： + 建立知识管理框架 + 识别和共享知识资源 + 及时提供知识给恰当的人以便决策 + 提供从知识创建到归档的辅助智能工具 + 在 NASA 及其客户、合作伙伴间综合利用知识</p>
2007 年	<p>主题：集成知识 目标：实现分布在地面和轨道飞船上各类信息系统的无缝集成 内容： + 基于知识库的半自动化产品设计 + 基于独立型号参数的软件示例自动生成 + 知识管理准则纳入商用轨道运输服务和 NASA 文化中 + 允许飞船实施自控制的远程数据管理</p>
2010 年	<p>主题：获取知识 目标：实现人工或自动化地从任意源头获取知识 内容： + 通过手持设备即可在星际网络间获取标准格式的知识 + 在飞船分析和数据上传方面采用专家系统 + 在现有的传感器和遥感勘测设备间使用具备自治能力的代理 + 工业界和学术界可基于知识管理系统进行飞船零件的协同设计</p>

续表

2025年	主题：知识应用 目标：实现地面和外空间基地的专家隐性知识的获取、建模与应用 内容： + 系统模拟专家的思考与行为模式，获取隐性知识 + 与自动化的探测器进行无缝知识交换 + 利用星际探险的反馈支持继任设计师开展分析与综合设计 + 面向新研究项目，建立专家参与的网络化知识共享系统
-------	---

4. NASA 知识管理的发展趋势

NASA 经过知识管理体系的实施，在知识获取、维护、交流与应用等方面都取得了显著的进步。在知识管理理论的思考以及各种技术的发展方面，确定了后续研究方向，包括：①交叉搜索技术，在不同的信息系统之间进行交叉搜索以实现知识的获取和应用；②行为趋势（behavior over time, BOT），分析和把握知识行为随时间变化的趋势；③建立通用原型，采用一个通用的模式，方便知识从业者在此基础上扩展成为各种复杂的应用系统；④表达图形化，简明清晰地表达复杂流程的结构，为后续数字化的推行奠定基础。

1.2.2 波音公司知识工程体系

在波音公司，一个项目需要多地域、多学科、多人协同工作，知识积累是个重要但又棘手的问题。在实施知识工程以前，波音公司的知识有 80% 都存在于雇员的头脑中，另有 20% 存在于方案库中。2007 年，公司 18% 的雇员即将退休，19% 将在 5 年内退休，40% 将在 10 年内退休，知识存在不断丧失的风险。为此，波音公司启动了知识工程项目。

波音公司设计了一个被称为“知识轮”的模型（图 1-3）。在该模型中，以组织知识（Organizational Knowledge）为中心，以企业文化为保障，通过知识战略（Knowledge Strategy）、内容（Content）、人（People）、知识资产（Knowledge Assets）、过程（Process）、工具与技术（Tools/Technology）等六个方面，支持知识生命周期的七个过程。

人、过程、工具与技术在企业文化的支撑下构成企业的知识工程架构。其中，与人有关的知识工程活动有愿景、目标、准则、态度、共享、创新、技能、团队、激励、组织等；过程包括知识管理地图、工作流程、知识集成、最佳实践、商业智能、关键知识沉淀等；工具与技术包括数据挖掘、网络技术、门户技术、决策工具、协作工具、标准等。

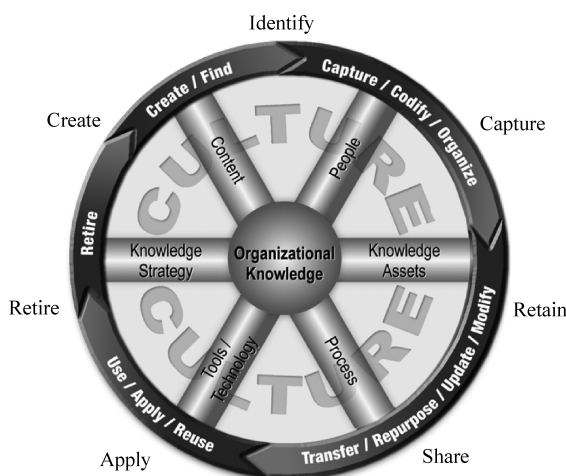


图 1-3 波音公司的“知识轮”模型

Create: 创造; Retire: 退休; Apply: 应用; Share: 分享;
Retain: 保持; Capture: 获取; Identify: 识别

知识轮试图回答以下问题:

- (1) 谁有需要的知识, 他(她)把知识保存在哪里, 怎样鼓励他(她)共享知识?
- (2) 知识是如何产生的, 谁需要这些知识, 知识如何传输?
- (3) 知识如何更新, 如何保存?
- (4) 哪些知识是与业务紧密相关的知识, 是与当前工作有关还是将来需要用到?
- (5) 知识的价值如何, 哪些最有价值?
- (6) 知识的应用情况如何, 知识是否在不同的领域间共享从而促进创新?
- (7) 如何减少潜在知识的丢失?

1.2.3 英国石油公司知识管理

英国石油公司 (British Petroleum, BP) 1997 年发起产业链知识管理项目, 其任务是通过分享最佳实践、重复利用知识、加快学习过程等手段, 来改善公司的业绩。

BP 拟建造一个庞大的知识库来储存和传播显性知识, 跟踪那些“有识之士”的行踪, 创造一个让他们乐于分享经验的文化和技术环境, 以促进隐性知识的传播。BP 知识管理项目的实施过程如表 1-3 所示。

BP 知识管理项目的核心是在最重要的知识领域建立知识库。知识库建设

所采用的步骤如下：

表 1-3 BP 知识管理项目的实施过程

时间	1994—1997 年	1996—2001 年	2000—2003 年	2004 年开始
阶段	确立架构	知识积累	知识提炼	绩效整合
特征	连接	贡献	分类与聚类	持续学习
建设内容	<ul style="list-style-type: none"> • 搭建平台促进讨论 • 构建网络基础设施 • Lotus Notes • 讨论数据库 • Connect 系统 	<ul style="list-style-type: none"> • 知识是副产品 • 知识以文档记录 • 文档资料库 • 实践社区 • Link 系统 	<ul style="list-style-type: none"> • 人负责整理知识 • 知识分类、提炼与总结 • 通过网络进行全球内容整合与分类细化 • 知识库系统 	<ul style="list-style-type: none"> • 最佳实践总结, 反向指导实践 • 知识资源地图 • 综合绩效支持
结果	跨地域沟通	知识向团体转移	随时随地获取优质知识	知识引导人
范围	试点应用	全集团推广	深化应用	

- (1) 明确知识会有哪些人用；
- (2) 清楚所建立知识库的内容；
- (3) 确定哪个团体的实际运作会和这个主题有关；
- (4) 确定哪些现成资料可以作为知识库的基础；
- (5) 提升主要信息，萃取工作记录精华；
- (6) 将重要源文件链接到知识库，为读者提供进一步深入跟踪的资源；
- (7) 以人为本，在网络中将知识与人们的个人网页建立链接，将知识内容的所有相关人明示，指出这些关联专家也是知识库的重要组成部分；
- (8) 准确有效的知识反馈机制，循环使用进行验证；
- (9) 选择合适的媒介将知识库中的精彩部分广泛地传播出去，使实际需要的团队可以随时得到知识。

1.2.4 欧盟基于知识的研制体系

欧盟在利用知识建立复杂产品的研制体系方面卓有成效。近年来，欧盟通过企业间合作开展覆盖产品整个研制过程的虚拟企业跨域协同研制体系建设，以空中客车公司（Airbus）为主组织的 VIVACE^①项目是典型代表。

VIVACE 是由空中客车公司统筹，欧盟共同资助的信息化项目，是欧洲航空工业协会（AECMA）2020 年航空远景框架内容的一部分。本项目包含三个子项目：飞行器、发动机以及用于整合前两个部分的协同工作环境，最终目标是提供一个基于系统工程和分布式并行工程方法的虚拟产品设计和验证平台。

^① VIVACE :value improvement through a virtual aeronautical collaborative enterprise, 通过航空虚拟（企业联盟）来提升价值。

1) 虚拟飞机

该子项目主要围绕构成飞机的主要部件展开，共有 6 个综合技术工作包：系统仿真、组件、全球飞机、飞行物理模拟、复杂子系统、保障性工程。

2) 虚拟发动机

该子项目包含 5 个综合技术工作包：航空发动机的多企业协同研制模式、虚拟企业状态下的发动机全生命周期建模、发动机整机研制、欧洲循环计划、供应链制造 workflow 仿真。目前已经研制出飞机推进系统的多种发动机模块、多学科优化的关键区域以及知识管理和协同计划。

3) 虚拟企业协同研制环境

该子项目主要是通过通用工具、方法及指南的开发，利用前面两个子项目通用和共有的 6 个活动将两者集成起来。这 6 个活动是基于知识的工程设计、多学科设计及优化、面向决策目标的设计、工程数据管理、大型企业分布式信息系统架构、异构企业协作中心。

目前该项目已经取得的成果包括：设计仿真解决方案、虚拟试验解决方案、设计优化解决方案、业务与供应链模型解决方案、知识管理解决方案、决策支持解决方案、企业间协作和虚拟企业解决方案等。

本研制体系强调知识工程的重要作用，建立了完善的知识体系和知识应用方法，除了将资深人士经验整理形成情景相关的、自动搜索和推送的知识，还将各种最佳实践与研制过程的各个子体系紧密连接。

1.2.5 知识工程成功模式窥斑

通过对以上几家知名企业的知识工程管理的起因、历程、现状和未来发展计划进行对比，发现一项共性特点：强调知识工程的体系性建设。这些企业颠覆以往“知识管理就是一个软件平台”的误解，认识到知识管理是一项体系化工作。所谓“体”，是适合各种企业用途的知识工程信息化系统的开发与建设，以及知识资源本身的梳理和总结。所谓“系”，就是与知识工程相适应的体制、组织、文化、管理制度、标准规范和实施方法论等内容的建设。

具体来讲，成功企业的实践具有如下共同点：

(1) 这些企业大多从事高端复杂产品的研制和设计，历史悠久，知识存储量大，密度高。人员的频繁更迭，导致企业知识流失较为严重，促使这些企业的领导者亲自负责知识工程工作。

(2) 在内部对知识管理基本达成统一认识的基础上，构建全面的企业知

识工程体系，形成完整科学的规划和实施计划。在规划落地过程中，采取总体布局、试点先行的方法，首先选择对知识需求较为迫切、存在“知识瓶颈”的知识密集型业务开展知识工程试点。

(3) 业务流程被视为支撑知识工程过程的重要手段和方法。企业采用系统工程、WBS（工作分解结构）等理论和方法，梳理企业业务流程，使知识与业务流程紧密关联。知识资源的采集、存储、加工、整合及应用等各方面都围绕业务需求展开，能够在业务总线上形成畅通无阻的知识流，让每个员工在获取知识的同时，能为企业贡献自己的知识和经验。

(4) 重视基础知识库的建设。以业务应用为出发点和落脚点，构建知识体系。通过加工处理，构建全面的知识库。重视研制设计过程中的知识积累，通过知识模板和封装工具，实现知识的工具化，支持知识的重用。

(5) 建设知识共享的企业文化。通过制度规范体系来建立企业的知识共享文化是一条有效途径。同时，知识管理也是一个过程管理体系，每一个环节需要相应的绩效评估和激励机制来推动和牵引。

1.3 国内精益研发体系日渐成熟

精益研发体系是本书作者及团队基于国际成熟的系统工程方法论，结合中国工业实践而提出来的一套研发体系，是将世界先进理论体系与中国工业实际相结合的产物，是系统工程在中国企业落地实践的成果，被中国工业体系逐步接纳和应用。

精益研发依据三大系统工程模型，提出精益研发理想模型，由此设计了精益研发平台框架。精益研发将知识、工具和质量方法与研发流程深度融合，达到提升研发价值和产品品质的目的。通过精益研发体系建设，企业逐步建立基于系统工程的正向设计体系，实现真正的研发创新。精益研发平台作为精益研发体系的信息载体，保证精益研发体系的良好运行，同时保证过程数据的完备、协同、共享和可追溯。通过建设高标准的研发体系，实现创新性、高效率、高质量和高附加值的目标。

精益研发包含 11 个子体系，各子体系也各有理想模型、软件平台、成熟度模型以及规划实施方法论。选择从 11 个子体系的任何一个或几个方面入手来建设精益研发，可以降低难度，减少风险。我们特别推荐从知识工程体系入手建设精益研发。知识工程不仅仅是精益研发的一个子体系，还是针对精益研发及其子体系进行要素建设的工程。知识工程的建设过程，就是精益研发的建设

设过程。知识工程建设完成的研发要素按照精益研发的框架和逻辑组织，就可以形成精益研发体系。在精益研发理念、思想和框架下，以精益研发为目的的知识工程建设是有序的，而仅仅以知识为目的的建设是相对无序的。

因此，最终我们将知识工程确定为精益研发的姊妹篇，是一枚硬币的两个面。如果说精益研发是性能卓越的整机，那知识工程就是机箱打开之后看到的做工精良的零部件；如果说精益研发体系建设是修造高铁，那么知识工程就是修造高速公路。全线修通的高铁纵然可以带来巨大的完整效益，但分段建成的高速公路则可以享受当下的局部效益。精益研发是模式转型、体系变革；知识工程是微创新，是研发体系的渐进式改进。精益研发是仰望星空，知识工程是脚踩大地。

1.4 面向流程的知识工程实践



在我们提出精益研发时，知识管理是其中一项重要组成部分。但到底如何做，在当时是一道难题，因为我们发现很多中国企业都进行过知识相关工作，但大部分都没有发挥作用。经研究发现，多数企业的知识管理工作明显存在以下三个问题。

(1) 无知识。资深员工不知如何把知识共享出来，甚至意识不到自己有知识。当我们请即将离岗的专家把他们的知识梳理出来的时候，专家们往往是一脸茫然。

(2) 弱知识。由于知识的梳理和挖掘存在问题，所以知识管理软件中的知识过于泛泛，与工作关系较弱，只能作为闲来翻翻消遣之用。由于专家不能提供知识，企业的知识管理项目组只好从内外部搜罗现有材料放入知识管理平台中，此类知识与实际业务势必相去甚远。另外，知识的强弱是相对而言的，知识只有放在正确的位置，才能称得上知识，否则就是冗余信息。因此，知识如何恰如其分地出现在正确的地方，是知识工程的一项重要工作。

(3) 死知识。即使平台中有一些有用的知识，但在遇到问题时却找不到这些知识。研制人员通常是通过搜索方式来寻找知识，往往发现要么搜索出来太多无关的知识，要么搜索出来很少的知识，难以支持研制工作。

以上问题的存在使得即使是开展过知识工程工作的企业，知识也没有融入研制过程，没有对研制活动起到支撑作用，存在知识与研制“两张皮”现象。

为此,我们提出一个新的解决方案,那就是知识与研制流程伴随,如图1-4所示。

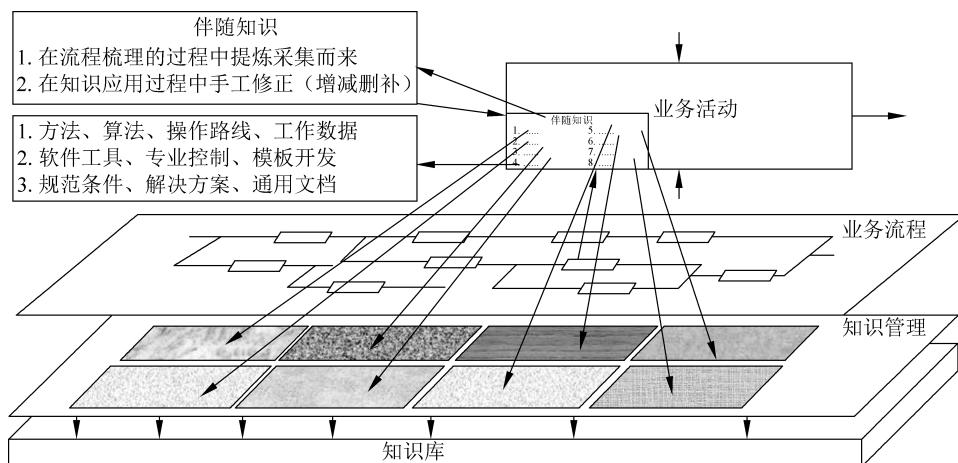


图 1-4 面向流程的知识工程体系中知识与研制流程的伴随

知识与研制流程伴随的方案是一个两层结构,底层结构与普通的知识管理做法相同:知识库+知识管理系统。上层结构是业务流程(或研制流程)及业务活动(工作包),把每个关键工作包的知识梳理出来,与该工作包伴随起来。这样可以利用研制业务活动进行知识的产生、组织、管理、应用和创新。这个方案的以下特点很好地解决了以上3个问题:

(1) 有知识。让专家意识到自己确实有知识,让专家在知识挖掘和整理的过程中有章可循。当专家明确了要梳理自己擅长的工作包相关的知识和资源时,他们都表现得驾轻就熟。

(2) 强知识。所有知识都与工作直接强相关,无论用何种方法获得知识,都是雪中送炭的知识,而不是锦上添花的知识。工作包上的知识只可能是与完成本工作包相关的知识,其他知识没有机制和机会出现于此。

(3) 活知识。在业务需要的时候,知识就出现了。变“人找知识”为“知识找人”,让知识主动推送到研制人员的工作桌面上。工作人员领取到工作包时,知识就同时获得。

该方案思路清晰,方法具体,一经提出,便得到了企业的认可。只要企业持之以恒,知识工程便可落地。我们把这个方案称为“面向流程的知识工程”。该方案不仅对知识工程的企业落地起到了关键作用,而且对精益研发的落地也起到了支持作用。

1.5 知识工程的下一步发展方向

虽然面向流程的知识工程在企业受到欢迎，但仍然有一些问题尚未得到好的解决，那就是知识本身的问题，包括以下两方面：

(1) 远知识。知识似乎与工作有关，但距离业务应用太远，使用起来不直接、不方便。同一条知识，不同的人理解不同，应用效果也相去甚远。

(2) 浅知识。只关注显性知识的表面价值，看不到隐性知识的深层智慧。

为此，我们提出以下两项要求，作为知识工程下一步发展的重要方向：

(1) 近知识。所有的知识可以像工具那样直接使用，无须二次加工。无论用何种方法获得知识，在应用系统中都可以即插即用。只有工具化的知识才能保证不同的人使用结果相同。因为工具化的知识具有自动化和智能化特征，将人为因素降到最低。

(2) 深知识。提炼归纳分析知识的隐性价值，利用智慧分析方法，将隐性知识按照业务应用情景显性化，在研制人员工作过程中获得智慧导航（基于大数据的智慧分析方法是一项前瞻性技术，在本书中作为知识工程未来发展展望，有一定程度的涉及）。

通过以上的发展，可以对图 1-4 形成的两层结构进行优化和扩展，形成由三个层次构成的知识工程体系，如图 1-5 所示。

三层结构中的中间层是传统的知识管理体系，将已有知识按照业务需要进行分门别类管理，支持业务人员的查询和搜索。

知识管理向上，梳理研制流程，使知识与研制流程的工作包伴随，将知识融入流程。

知识管理向下，深挖设计过程中的知识。根据知识的类别，选择合适工具进行增值加工。通过软件的知识建模工具生成数字化和工具化的知识，并直接与相关研制工具建立关联，使这些知识天然具有与业务工作环境互动的特点，直接启动应用，使知识与设计活动紧密融合，直接支持设计工作。另外，这种方式也提供了随用随积累、随用随创新的知识积累与应用模式。

知识管理向上发展是面向流程的知识工程，向下发展则是融入设计的知识工程。

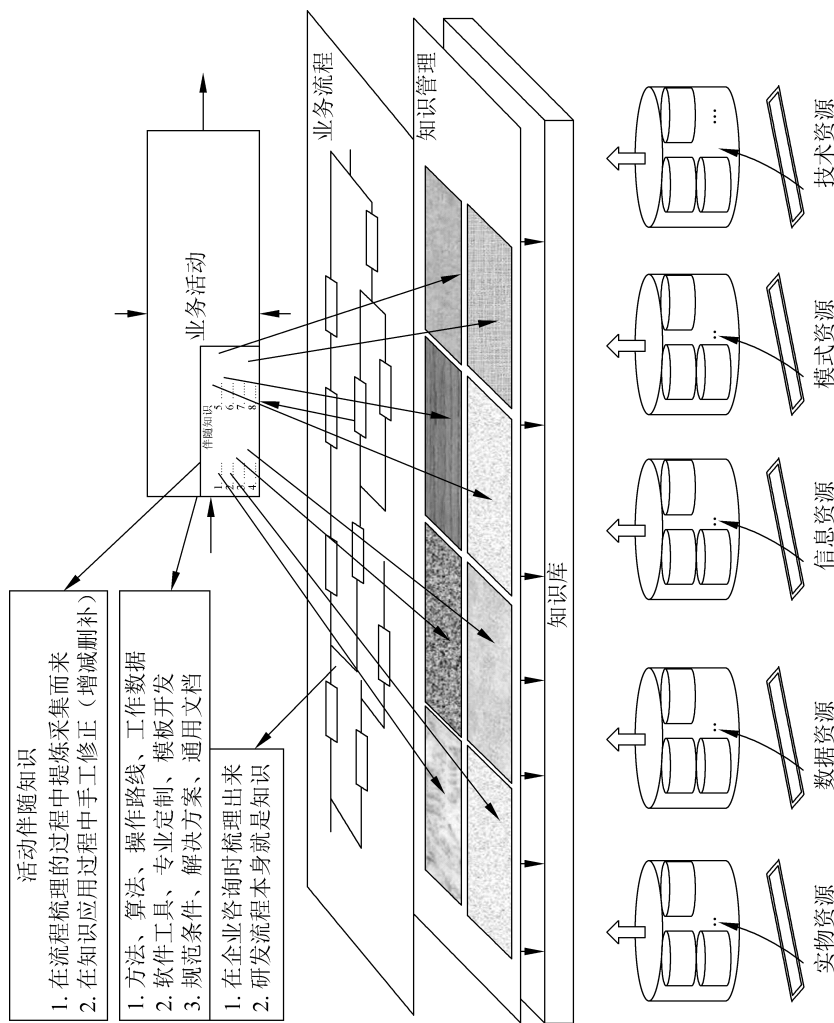


图 1-5 知识工程体系的三层结构