

基于网络的冲压工艺设计 KBE 系统关键技术研究

摘要

进入知识经济时代,世界经济的发展比以往任何时候都更加依赖于知识的扩散和应用。企业必须懂得如何充分利用知识,才能在激烈的竞争中生存。这就需要企业结合知识工程和网络技术最大限度地挖掘知识的价值。

基于知识的工程(KBE)是一种新型的以知识为中心的智能设计方法。研究基于网络的KBE技术将改变现有的计算机辅助设计方式,开创一个智能化网络辅助设计制造的新时期。本文从网络技术在冲压设计中的应用出发,对基于网络的KBE系统的知识表达、知识推理和知识管理、基于J2EE的系统框架等关键技术开展了深入而成效的研究。

本文研究分析了冲压工艺设计中的知识表示、特征建模、和工艺规则的集成技术。创新性地提出了面向网络的冲压知识表示方法,以本体论的方法研究分析领域知识,以面向对象的方法定义本体,在其中集成产生式规则,形成一个适应网络需要的冲压知识模型。在与基于网络的知识语言的分析中,引入了扩展标识语言(XML),详细分析了该元语言的结构与应用,特别是它作为一种新型的知识标识元语言的特点。设计了冲压知识标识语言SKML,实现了上述知识模型的形式化描述。通过SKML建立概念本体、特征模型和工艺规则,把冲压领域的语义逻辑蕴涵在SKML知识库中,最大程度地实现平台无关性,并应用于互联网上的知识管理和知识推理。

在分析研究了知识工程和知识管理的关键技术的基础上,系统地揭示了基于网络的知识工程和知识管理的含义和实现方法。提出了建立e-Stamping知识中心,把领域知识和客户的私有知识都存储在网络服务器上,实现语言框架的定义者、技术支持工程师和客户工程师三方的动态知识维护和共享模式,以服务器为中心,实现知识链的全方位的管理模式。在此基础上,实现分布式的知识推理。

本文设计了基于J2EE的五层结构,实现了客户层、表示层、业务层、集成层和数据层相分离的松耦合结构,并解决了XML在数据库中的使用、网上3D浏览等难题。在此基础之上,应用了面向对象的系统建模和面向软件重组的构件设计技术。从而把KBE技术、网络技术和冲压工艺设计结合起来,建构了一个基于网络的冲压工艺KBE系统框架。应用Java开发冲压工艺设计决策支持原型系统WKDSS-SPP,验证了本文研究思路的可行性与有效性。

关键词: 冲压工艺设计, KBE, 网络, 知识语言, XML

Research on Key Technologies of Web-based KBE System for Stamping Process Planning

ABSTRACT

In the knowledge age the global economy is much more relied on the dissemination and application of knowledge than ever. Companies must harness their intellectual capital in order to compete and survive. This requires that companies make development and maintenance of their knowledge and exploit the combination of knowledge engineering and web technologies.

Knowledge-Based Engineering (KBE) is a novel knowledge-centric intelligent design method. Research on web-based KBE technology will change current computer-aided design mode, and lead us into a new epoch of intelligent net-aided design and manufacturing. This paper starts from the web technology application in stamping design and gives a systematical and potent discussion on knowledge representation, knowledge inference, and knowledge management.

Knowledge representation of stamping process planning is initially analyzed and discussed from the aspects of feature-based modeling and process rules. An original web-oriented stamping knowledge representation method is proposed which is to analyze domain knowledge using ontology, to define ontology using object-oriented method, to implicate production rules in ontology, and hence to form stamping knowledge model. This paper introduces XML as a web-based knowledge language. The structure, development, application, and especially the characteristics of this new knowledge markup meta-language are described in detail. Thus stamping knowledge markup language (SKML) is presented to realize fore mentioned knowledge model. With SKML-based conceptual ontology, feature-based modeling, and process rules we can fully symbolize stamping semantic logic. So SKML can be widely used in Internet knowledge management and knowledge inference.

After systematical analysis of web-based knowledge engineering and knowledge management a new concept e-stamping knowledge center is put forward. With the aid of knowledge center we can create a dynamic knowledge maintenance and sharing mode for language schema designer, knowledge support engineer, and client engineer as well.

This paper addresses a loosely coupled five-tier framework for KBE system based on J2EE platform, utilizing object-oriented modeling and component-based programming. The problems such as the XML interface with database and web 3D model browsing are successfully solved. Moreover, web-based knowledge and decision support system prototype for stamping process planning is developed to prove the effectivity of presented methodologies.

KEY WORDS: Stamping process planning, KBE, Web, Knowledge language, XML

第一章 绪论

§ 1.1 知识与 KBE

§ 1.1.1 知识经济——一种全新的经济形态

科学技术从来没有象今天这样，以巨大的历史力量，以人们难以想象的速度，深刻地影响着人类的文明进程。特别是上世纪 90 年代以来，以网络化为特征的信息化革命滚滚而来，遍及全球，把人类推向了一个崭新的经济时代——知识经济时代。

人类经历了 5000 多年的农业经济，又经历了大约 300 年的工业经济，现在正进入一个新的经济时代——知识经济时代。知识经济的提出正是基于这样一个事实：当今世界经济的发展比以往任何时候都更加依赖于知识的扩散和应用，知识密集型产业是所有产业中增长最快、产值最高的。经济合作与发展组织（OECD）在 1996 年发布了一系列报告，在国际组织文件中首次正式使用了“知识经济”（Knowledge-based Economy）这个新概念。在《以知识为基础的经济》报告中，对知识经济的内涵进行了界定：知识经济是建立在知识和信息的生产、分配和使用之上的经济。据估计，OECD 主要成员国 GDP，总值的 50% 以上是以知识为基础。在《科学、技术和产业展望》报告中，总结了上世纪 90 年代以来 OECD 国家经济发展轨迹与趋势，提出知识经济的主要特征及其作用地位，用统计数字具体说明了知识经济体系中的重大要素，包括科学与技术的研究开发，信息和通信技术、服务行业的就业人数与构成，以及劳动力的技能素质等因素对经济增长的影响。报告最后总结说：“人们已越来越清楚地认识到：知识是支撑 OECD 国家经济增长的最重要因素。”

知识经济是一种新型经济形态，它是在科技和人力知识资源发展到一定阶段的必然趋势。知识经济是建立在知识生产、传播、转让与不断的应用、提高的基础之上的。这几个环节的紧密衔接和循环运行，构成以知识为基础的经济基本发展模式。

自 1991 年以来，美国经济在信息技术的推动下，出现了高增长率、低失业率和低通胀率的现象，美国新经济增长理论的倡导者、美国经济学家保尔·罗默（Paul M. Romer）的主要思想是：技术进步是新经济增长的核心；大部分技术进步是市场激励的结果；知识商品可反复使用，无需追加成本。传统的工业经济是以大量消耗能源和原材料为特征的，而知识经济则是直接依靠不断创新的知识，它是一种知识密集型和智慧型的经济。Internet 的发展历程其实质就是超越了传统的工业经济以技术为驱动的模式，改变了片面追求生产规模和数量的极大化，追求产品技术的精益求精，而将信息和知识作为驱动力量来发展 Internet 的。Internet 的发展历程就是知识经济兴起和发达的一个缩影。它表明知识已成为生产要素中的一个重要组成部分，知识与经济的紧密结合，知识化、全球化、网络化、数字化和虚拟化已成为知识经济的主要特征，它必将成为 21 世纪的主导经济形态。

§ 1.1.2 基于知识的工程 KBE

§ 1.1.2.1 TQCIS

世纪之交，全球知识经济的兴起和快速变化、竞争日益激烈的现代市场对制造业提出了更高的

TQCIS 要求:

- (1) 时间 (T-Time) 不仅仅是指产品的交货时间, 更重要的是指新产品的开发时间和上市时间, 甚至是指产品的整个生命周期。时间是体现企业竞争力的第一要素。谁能在最短的时间内交货、谁能最快地开发出新产品并打入市场、谁能在产品整个生命周期之内提供最好的服务, 谁就能够占领市场。这就要求企业具有快速的应变能力、产品开发能力和生产能力。
- (2) 质量 (Q-Quality) 不仅仅是指对产品本身的性能、功能、外观、可靠性和使用寿命等方面的要求, 更重要的是指如何在产品整个生命周期之内全面地满足客户的要求, 包括各种服务要求, 顾客对产品及其服务的满意程度是质量的度量。质量永远是衡量企业竞争力的重要指标。谁能提供高质量的产品, 谁能在产品整个生命周期之内提供高质量的服务, 谁就能够保住市场。这就要求企业的产品设计水平、制造设备和制造工艺水平、以及服务水平要高。
- (3) 成本 (C-Cost) 不仅仅是指单一的产品制造和销售成本, 而且是指包括产品的运行成本、维护成本及报废后的处理成本在内的全成本。成本或价格一直是顾客选择产品的一个主要指标。谁能提供质量价格比最优的产品, 谁就能够拥有市场。为了降低成本, 要求企业的产品和制造系统均具有高度的柔性, 够以相对不变的制造设施制造各种各样的产品, 够以尽量低的代价对产品进行维护和升级。
- (4) 创新 (I-Innovation) 指产品的新颖性和技术独占性。当前独占性技术构成了产品的主要价值, 且一项技术的独占期也越来越短。这就要求企业具有很强的创新意识和对市场的快速应变能力。
- (5) 服务 (S-Service) 指产品整个生命周期之内的服务, 包括售前咨询服务、售后维护和升级升值服务等。可以说, 企业卖给顾客的不仅仅是产品, 是借助产品这座桥梁将自己的服务也卖给了顾客。服务已经越来越成为企业占领市场和保住市场的重要要素。企业在产品整个生命周期之内都必须具有强烈的服务意识和令顾客满意的高质量的服务水平。

面临着这些严峻的挑战和前所未有的机遇, 将知识创新应用于传统制造领域, 是现代制造业发展的必由之路。知识创新作为工程设计和制造领域的第一推动力, 它的主导作用日益明显。但是, 知识创新始终是建立在千百年来人类工程实践的经验和理论之上, 在不断的知识改良和知识重组中获得创新。显然, 知识的继承、集成、管理乃至创新是工程技术界迫切需要解决的问题。上世纪 90 年代以来, 出现了以 KBE (基于知识的工程) 为代表的创新制造技术, 并且在不多的时间里, 已成为科技界和企业界的研究热点之一, 而且这些新概念对制造业革命性的影响也已经显现出来。

§ 1.1.2.2 KBE 的定义

由于 KBE 技术的开放性, 迄今为止, 尚无一种公认的、完备的 KBE 定义。一些机构给出的 KBE 定义列举如下:

英国 Coventry 大学的 KBE 中心认为“KBE 是一种存储并处理与产品模型有关的知识, 是基于产品模型的计算机系统; 也是目前促进工程化、实用化产品开发的最值得注意的软件方法。”

美国 Washington 大学机械工程系的 Dale E. Calkins 教授认为“KBE 是继 CAD 技术之后的新兴设计方法学, 通过启发式的设计规则, 它可运用于构件、装配和系统的开发。KBE 系统存储了可以表示几何和非几何信息, 以及描述产品如何设计、分析和制造的工程准则的产品模型。”

美国 Ford 汽车公司的 J. A. Penoyer 等人认为“KBE 运用知识完成工程任务, 这些知识是特意积累和存储的, 并以计算机作为媒介。KBE 通常是指对一些计算机系统的应用, 如专家系统、基于网

络的知识库等。”

英国 Cranfield 大学的 Huihua Li 博士认为“KBE 是一种特殊类型的基于知识的系统，它专注于工程设计以及后继的制造、销售等相关活动。”

美国 UGS 公司认为“KBE 是获取智能对象或人造物（如零件）的全生命周期知识的方法学，包括操作性、功能性和性能的要求，以及预测它的变化规律。”UGS 更进一步指出，KBE 是可以记录和重用工程设计规则的系统。

我们认为，KBE 是通过知识驱动和繁衍，对工程问题和任务提供最佳解决方案的计算机集成处理技术。KBE 的内涵可以概括为：

- KBE 是领域专家知识的继承、集成、创新和管理；
- KBE 是 CAX 技术与 AI 技术的集成。

§ 1.1.2.3 KBE 的应用

基于知识的工程是一种新型的以知识为中心的智能设计方法，它起源于传统的 CAD 和专家系统，可看成是 CAD/CAE/PDM 和人工智能（AI）技术的集成和发展。近年来，CAD、CAM、CAE 和 AI 等技术得到迅猛发展，在工程设计与制造中得以广泛应用，但各类知识的相对独立性和设计制造一体化的矛盾成了制约它们进一步发展的瓶颈。一方面，工程设计人员常常受知识的转换和识别等问题困扰；另一方面，由于较强的专业性，造成了设计人员相互沟通的知识壁垒，故而这样一条知识供应链相当脆弱。如何实现产品生产周期中涉及的所有知识领域的集成，KBE 不失为一条解决之道。

KBE 是围绕“知识”来实现产品生命周期的所有环节的管理。而本文所指代的“知识”乃是来自于专家规整化了的经验，也包含由各设计模块产生的信息集合。KBE 并不是各个模块的简单叠加，而是遵循知识的连续性将之有机整合，目的是使信息链路有序畅通，形成一张知识的组织结构图和工作流程图（如图 1-1）。

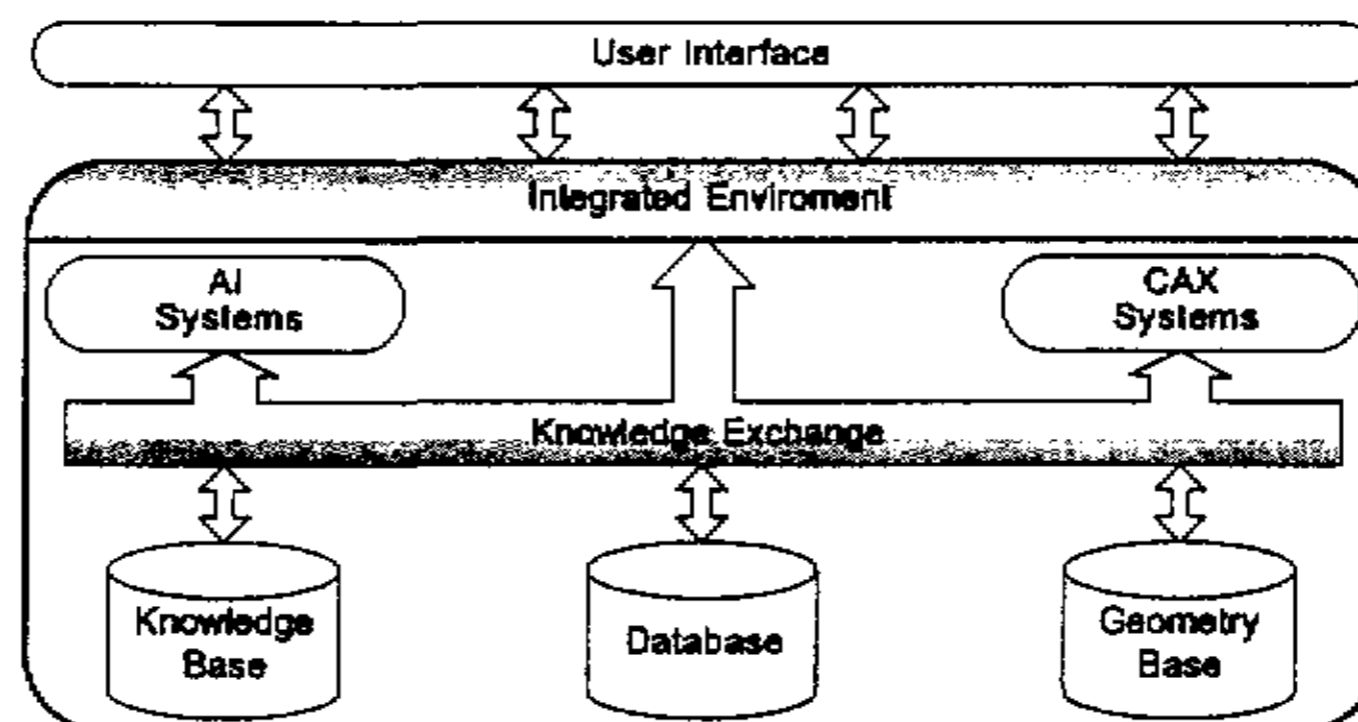


图 1-1 典型 KBE 系统

Fig. 1-1 Typical KBE System

基于知识的工程是对基于传统 CAD 软件的技术的补充，用于提高设计的效率和质量。一个很好的例子就是空中客车 A340-600。空中客车联盟的成员利用 KBE 原理来缩短设计时间，Knowledge Technologies International (KTI) 公司已经将其转化为标准化的商业软件，称为 ICAD。ICAD 的能力大大超过了传统 CAD 系统。它能够使设计者将几何概念与专家的知识库 (Knowledge Base of Experts) 联系起来，还能够联系诸如产品指标、性能数据、安全性代码之类的信息。英国航空公司 (British Aerospace, BAe) 就使用 ICAD 来设计机翼以及用来将 150 座的 A320 “拉伸”成 195 座的 A321 的两个额外机身部件之一。如果使用传统的 CAD 软件进行设计，A340-600 的所有翼脚将耗费

整整一年(一个工作人员)的时间;而利用 ICAD 的话,即使其他条件都相同,却只需要 10 个小时!另外,飞机设计需要无数次的、让人难以忍受的反复过程,而运用了 KBE 技术以后,则只需要描绘出这些设计原则的不同之处,其余的就可以由软件自动完成了。目前国外的 KBE 技术研究主要有两类:一类是以科研机构为主进行的基础研究,如英国的 Coventry 大学、Salford 大学、美国 Syracuse 大学的 KBE 研究中心都进行了大量的 KBE 基础研究工作。另一类是一些大公司针对本企业的实际情况开展的 KBE 应用研究,如美国的 Boeing、Ford,欧洲的 Airbus,日本的 Mitsubishi、Hitachi 等公司都开展了 KBE 技术的研究。除 ICAD 外,国外还开发了如 Design++、Intent!等商品化的 KBE 开发工具。如 Intent!是基于规则设计的 KBE 系统开发工具,它集成于 CAD 图形平台,并提供了可对图形操作的开发环境。

§ 1.2 网络设计与网络制造^[16]

§ 1.2.1 知识经济的核心——网络经济

网络经济是以网络为基础的经济。它的发展与计算机网络,特别是 Internet 的飞速发展密切相关。实际上,Internet 已成为人类信息和知识流通的一种新工具。以 Internet 为代表的信息高速公路的出现,基本上消除了信息和知识跨越地域流通的时滞,从而使人类信息和知识的流通发生了深刻的革命。不仅如此,Internet 还可以提供多主体共享的信息和知识流通形式,从而使它正成为一种大众化的交流形式。这种便捷的信息和知识流通方式,将促进人类居住的星球逐步变成一个“地球村”。

当前,Internet 已被知识经济推向电子商务(e-Commerce)的舞台,从而对商品交易和流通方式将产生深远的影响。从早期通过电报、电话进行的商务活动,到目前发展较为成熟的电子数据交换(EDI),都可以看成是电子商务的雏形。但直到 Internet 出现后,电子商务才得到了真正的发展,实现了整个经济活动的电子化和信息化。近年来,在 Internet 上销售计算机、汽车、食品、图书、软件、音像等产品的公司不断增加。据联合国最近发表的一份报告表明,全球电子商务交易价值已达 3770 亿美元。电子商务的出现和发展,给全球的企业和消费者带来了商业活动的极大自由,在社会生产与社会消费之间产生了一次深刻的革命。它的影响突破了传统经济活动中时间和空间的限制,从而使生产、贸易和消费活动实现了全球一体化。显然,电子商务将能提高企业的效益和生产效率,大幅度降低企业的成本,减少商品流通的中间环节,帮助企业以最小的投资取得最大的效果,从而提高企业的国际竞争力,并进一步促进产业结构的调整和生产关系重组。同时,电子商务也将引起人们的工作和生活方式、社会结构等一系列的变革。由此可见,由于 Internet 在利用知识资源和电子商务在经济增长中的关键作用,使得网络经济已成为知识经济的核心和焦点。

21 世纪是网络的经济,产品开发将依托网络向更广泛的领域拓展。设计过程的网络化,是 21 世纪产品开发的必然趋势,设计过程、制造与生产过程、流通过程的一体化,将使产品开发在网络经济时代发生重大的变革^[1]。网络经济的到来使 Web 的技术可能性推广到极限,同时也使基本经济原理得到更直观的体现,即资源配置方式是以市场为导向,以效率为核心目标,并以分工细化为主要途径。网络经济在设计与制造方面的提供了新的发展方向:

- (1) 专家控制与知识价值链——设计与创新的专业化整合 信息在网络经济里传播的成本越来越低,与此同时,在信息使用总成本里,网上检索和处理信息的成本(如“时间”)所占比重越来越大。当检索和理解信息的费用超过一定限度时,雇佣“专家”就成为合理的选

择。与传统产业里的专家服务不同的是,网络在原则上可以在全球范围内集结“专家”,从而每一个专家可以变得更加专业化,而不至于损失规模经济效益。反映到设计与创新中,它将在不损失规模广泛性的前提下,提高创新的深度和专业化。同时,随着专业化的深入,专家与普通人之间关于专门知识的信息将越发不对称,需要专门将从事各种专业知识适当整合的工作以满足潜在的大众需求。这样,知识的层次渐渐深化,在最深层的知识到大众需求之间的是一个专家服务的链条,即“知识价值链”。创新设计是一个系统整合过程,通过网络这一纽带,完成知识与价值的完美结合,即专业化与产品开发的合成。

- (2) 纵向整合——设计与制造的层次专门化 缺乏纵向整合的知识链会产生更高的总体拥有成本(TOC),每一个使用者不可能成为各个环节的专家,知识链的各个环节的深层专业化的纵向整合,将提高系统的可用性。设计与创新的纵向整合,提高了设计中信息的高度可用性,降低了设计的TOC。
- (3) 大规模定制——设计与制造中的个性化与规模化定制整合 传统经济的特定客户“量身定制”通常意味着特权价格和超额利润,因为流水线的开通要求最小经济规模订单。网络彻底改变了传统方式的市场需求集结模式,以网络经济的全球范围市场集结形成了设计、创新与生产的“本地个性化”与“全球批量化”。商品一旦可以批量生产,就具备了按照相应的规模经济效益降低成本和竞争性价格的技术经济条件,从而实现了设计与开发的集约化。

网络设计与创新是传统的设计与开发模式的网络化“知识整合”,以网络经济带动市场需求,从而推动网络设计与制造的系统模式与技术的优化。

§ 1.2.2 网络设计

网络设计是产品设计与网络化信息膨胀的必然产物,设计与创新是信息融合的产物,信息量越大,融合中的碰撞就越具有好的收效。

网络设计是以网络技术为核心,对传统产品设计的集成与优化,在此基础上,提供了更好的开放性,以便与网络制造系统的无缝集成,从而形成“设计—制造—流通”的一体化,实现传统产业的电子商务。其核心问题如下:

- (1) 网络设计描述语言 网络设计语言是指建立适合网络运行环境和产品设计要求的系统化描述语言。可以大致分为实体建模描述语言,基本通讯原语、协同对话语言、概念化描述语言、知识可视化语言等。产品设计与网络的结合,使带宽成为3D设计中大数据量传输的一个瓶颈。在提高带宽的同时,建立完善的适合网络传输的3D建模语言,减少数据的传输,提高可视化的速度和交互式访问的可用性是必不可少的。当然,同时也需要考虑平台无关性等问题。Java3D、X3D正是在这样背景下提出和发展起来的。TCP/IP已经成为公认的网络传输协议,在继承其标准的同时,协同化、知识管理与知识推理中,需要建立多Agent系统通讯原语和知识表达与3D可视化协同融入统一的框架中。
- (2) 网络设计数据获取与在线决策支持 由于产品设计的学科交叉,需要不同领域的专业知识及专家的参与。网络作为信息传递的媒介,于在线设计中具有十分突出的作用,以实现专家控制与知识价值链的专业化整合。在此基础上,在线决策知识加强对专业知识纵向整合,简化专家知识的表达,提高产品设计中专业化知识的可用度。这种决策支持的研究重点不仅包括一般的数据挖掘方法,还有分布式与协同化数据综合与分布可视化问题。
- (3) 基于Web的设计 基于Web的设计是一个较为广泛的概念,面向信息与知识驱动是未来知识设计的趋势,科学可视化的发展,使现阶段的产品设计已经达到了很高的数字化程度,

基于 Web 的高效率可视化成为研究方向之一, VRML、Java3D 和正在建立的 X3D 技术标准正是为满足这一要求而发展起来的。更重要的是, 随着在线可视化技术的日臻成熟, 可视化与知识系统的信息交换成为产品设计系统的核心, 建立基于网络 3D 数据可视化的知识驱动机制, 实现基于知识的可视化设计是网络设计研究的一个重点。

- (4) 在线协同设计模型 在线协同设计模型是在前述的网络设计语言基础上, 构建的网络设计的协同化整体框架。这一框架将实现设计参与性协同、知识构造与知识共享的协同化。
- (5) 在线分布设计环境 在线分布设计环境利用在线协同设计模型, 把知识表达、参与性协作与在线 3D 可视化相结合, 实现可视化协同设计。
- (6) 设计流程重组 设计与生产是产品开发中相对独立又密不可分的两个主要组成部分。由于网络的发展, 必须对原有的设计流程重新设计, 包括设计环节的重组和增删面向网络的设计环节, 建立新的网络化设计流程模型, 与生产、流通进行无缝衔接。

由上所述, 以网络为支撑, 建立网络设计与网络创新平台, 实现设计共享, 达到设计—生产—流通协同, 建立电子商务平台, 将实现真正意义上的网络时代的产品开发新模式。

在网络设计和网络制造方面, 国外已经有了初步的应用。例如由美国国防部资助的企业集成网络 EInet^[2] 允许各种工业应用在网络内透明的相互连接, 并提供增值服务, 如目录服务、安全性服务和电子汇款服务。通过这些服务, 用户能快速确定所需要信息、安全地进行各种业务以及方便地处理财务事务。又如同样由美国国防部提供资助的 PartNet 是一个在线零件目录和分布式组件信息系统。它建立在最新网络技术和分布式数据库上, 为内部或外部用户提供在线桌面访问, 用户可以在任何地点确定、搜索和选择存储在零件目录中的组件。另外, Internet 技术正在创造新的工程应用机制。如 Nottingham Trent University 开发的将设计工程和设计工具进行集成的支持设计的智能混合系统^[3], 以实现在 Internet 上进行齿轮的优化设计; Wisconsin Madison University 开发的计算机集成工具实现了建筑业中基于 Internet 的设计、分析与运作的协同决策^[4]。

§ 1.2.3 网络制造

进入知识经济时代, 市场细分且快速变化, 单个品种的产品市场寿命短、需求量小。因此, 设计制造资源投资必须针对较多品种的产品, 且必须考虑未来一个时期市场情况的变化。而对于生产具体产品的决策来说, 除了考虑市场目标外, 还要充分考虑可以利用的设计制造资源。但不能再根据市场目标来组织设计资源和建设制造资源, 而必须立足于现有的可以充分利用的市场资源。即细化市场分工, 利用技术服务和制造生产外包, 将产品决策与投资决策相对分离, 建立一个开放式的制造模式。网络制造将整合产品开发的传统模式, 使“设计—制造—流通”融入统一的数字化框架中, 减少产品的 TOC, 相当于提高产品的生命周期。其核心问题如下:

- (1) 产品模型的人机工程评价 网络设计的结果转移到产品的制造环节, 在进行制造前, 必须进行充分的测试。人机工程评价将对产品的可用性进行评价, 从而减少产品进入制造循环后修正设计缺陷所带来的损失。
- (2) 产品模型的可制造性与数字化分发 产品模型的数字化已经基本得到解决, 但利用模型直接用于加工和模具制造, 将需要解决对模型的精度和力学、结构等加工特性进行校验的问题。可加工模型由于较大的数据量和计算密集度, 在网络制造中对模型的分布式计算与数字化分发成为研究的核心问题, 需要将分布计算环境的并行计算与广域网络计算的带宽占用问题结合起来提高分发速度和安全性。
- (3) 生产数据管理 数字化模型的分发必然涉及合理的生产数据管理问题。由于 OEM 的普

遍性,产品的生命周期与设计、创新、销售、分发、维护等每一个环节相关,PDM将缩短产品在设计与生产环节的停留时间,相当提高新产品开发的效率。PDM作为网络制造的核心,融入从需求收集、概念设计和详细设计、到供应链集成与生产、产品维护的每一环节。其中的关键问题是定义构架,整合数据的流转模型,完善不同的数据接口,为设计与生产中的进一步数据挖掘提供良好的数据与知识表示接口。

- (4) workflow管理 workflow管理 WfM 与 PDM 是产品开发生命周期中的两个组成部分,是从面向任务与面向信息两个不同的角度提出的管理方法。应用 workflow管理集成 PDM,是产品开发过程发展的趋势,只有这样才能把数据信息融入到生产的统一流程中,提高生产的效率。建立良好的 workflow管理,就是研究有效的从设计到生产的映射关系,实现产品分目结构、装配分目结构、作业分目结构与 workflow模型、workflow制定实例的映射。
- (5) 供应链和产品生命周期管理 供应链管理管理 (SCM) 与产品生命周期管理 (PLM) 作为网络设计与网络制造的纽带,在系统中发挥着不可替代的作用。SCM 与 PLM 是网络化服务的整合,“一对一”的定制化服务通过 Internet 实现大规模的定制化生产。SCM 一方面需要建立和优化供应链结构模型,另一方面要研究供应链系统的信息支撑技术:主要包括通过 EDI 实现可靠流通,有效减少低效工作和非增值业务,基于 CAD/CAM/CAE 的产品设计与生产的物流协同,基于网络的供应链企业信息组织与集成模式。
- (6) 生产业务流程重组 (Business Process Reengineering, BPR) 生产过程由于涉及的环节较多,必须对原有业务进行系统化重组。其重组过程将是建立在网络智能基础上的集约化,包括生产过程的智能数据响应、网络的授权与访问控制、产品定制与生产、品质保证等一系列问题。

§ 1.3 计算机辅助冲压设计

§ 1.3.1 基本概念

冲压工艺设计内容包括工艺性分析、毛坯展开、毛坯排样、工步排样、压力与压力中心计算、压力机选择、模具结构与模具图纸绘制等。大多数冲压产品工序种类较多,成形性能差,而且模具结构复杂,工位往往也有数十个,因此需要设计人员具有非常丰富的设计经验^{[5][6][7]}。

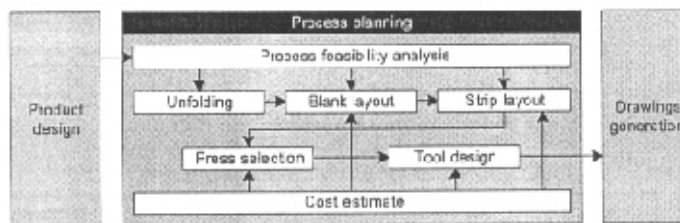


图 1-2 传统冲压工艺设计流程

Fig. 1-2 Conventional stamping process planning flow

§ 1.3.2 发展概况

传统的材料加工方面的研究主要集中于利用实验和数值计算技术等手段求解各种应力、应变条

件下,与材料变形相关的各类问题,模具设计人员利用研究结果来预测零件在加工过程中的变形和模具情况,模具设计过程完全是人工进行的,设计周期长、效率低。

随着冲压产品日趋复杂,冲模工步数往往多达数十工步,步距精度要求则达微米,设计、制造难度大大提高。为适应快速的市场变化,提高产品竞争力,缩短产品的生产、制造周期,必须提高设计效率,CAD/CAM 技术成为实现这一目标的根本途径。经过近三十年的发展,模具 CAD 系统由开始的二维系统发展成以实体造型、基于特征设计和 CAD/CAM 高度集成为特征的三维系统,并不断将人工智能(AI)技术和计算机网络技术引入这一领域,使系统逐步向智能化、自动化和网络化的方向迈进。目前,AI 技术在冲模 CAD/CAM 系统中的应用主要在于知识提取、基于规则和框架的推理、模糊推理和基于特征的设计等方面,应用形式以专家系统(Expert System)为主。然而,由于模具设计过程的复杂性,绝大多数的智能模具设计系统在设计上都有严格的限制,且智能手段也比较单一。以下是这一领域的研究情况:

- (1) 匈牙利 Miskolc 大学机械工程系开发了板料成形工艺规划的 CAD/CAPP/CAM 系统^[8]。在该系统中,工艺规划和模具设计功能集成于一个知识基系统中。它包含了用于创建、输入和输出零件形状和参数的几何模块(Geometric Module)、用来确定板料的优化形状、尺寸和排样方式的排样模块(Blank Module)、在经验规则和工艺参数的基础上设计零件工艺方案的工艺设计模块(Process Design Module)、模具设计模块(Die Design Module)和模具 NC/CNC 制造模块。
- (2) SMART 系统(Sheet Metal Advisor and Rule Tutor)是一个基于特征的 CAD 系统,为模具设计人员提供有关金属板料加工的信息^[9]。系统采用产生式规则和面向对象的混合知识表示方法,从三个抽象层次上提取了十个特征和六十五条规则。该系统根据设计规则为产品设计人员提供在线的咨询和帮助,这样在模具制造和产品生产过程中减少了废品的产生。
- (3) Lee 等人^[10]开发了一个主要适用于拉深件的工艺可行性评估系统,该系统由一个基于知识的几何分析模块、一个有限元模块和一个工艺可行性分析模块构成。冲模设计的经验规则以框架形式保存于知识库中。如果通过几何推理得不到工艺可行性的信息,系统通过有限元模拟(PAM-STAMP)得到应变分布情况,工艺可行性分析模块随后根据有关准则评判零件的可加工性。
- (4) Liverpool 大学的研究人员致力于冲裁级进模专家系统的研究^[11],其研究内容集中在图形的编码和识别技术,将复杂形孔进行分解,然而该技术仅限制于直边工件。同时,他们开发了冲裁级进模专家系统,该系统将 AutoCAD、Kappa 和一些 C 程序进行了集成。
- (5) 华中理工大学开发了基于知识的级进模 CAD/CAM 软件^[12]。用户通过特征设计产品的 3D 线框模型,系统将模型展开,在人工进行了毛坯排样后,用户能通过交互命令进行工步排样,随后进行交互式模具结构设计。
- (6) 上海交通大学姚华研究了面向拉深类零件的特征技术、基于决策表的知识表示和推理、基于神经网络的毛坯外形预测等技术和方法,并且提出了智能拉深系统工艺设计原型系统^[13]。郝泳涛采用特征编码技术,开发了一个基于模式性知识和人工神经网络的轴对称板料拉深工艺设计系统^[14]。

近年来,Internet、PDM、网络数据库、电子商务等新技术的飞速发展使 CAD 技术赋予了新的设计理念与技术内容,将彻底改变现有辅助设计的模式与方式。网络辅助设计系统技术(Net Aided Design, NAD)就是在这个背景下提出来的。网络辅助设计技术(NAD)就是充分利用网络技术、

数据库技术、面向产品设计制造全生命周期,支持动态建模与产品性能设计的设计技术。在此基础上研究出新一代的设计制造软件工具,以适应网络时代对产品设计制造的要求。计算机在设计制造领域的应用,摆脱了手工设计制造的原始方式。随着网络时代的到来,计算机辅助设计的方法将会被网络辅助设计方法所代替。我们有理由相信 NAD 系统将改变现有的计算机辅助设计的方式,而进入一个网络辅助设计制造的新时期。

纵观现有的计算机辅助设计系统,从技术上来说,存在着几个方面的问题。

- (1) 产品设计模型难以面向产品的全生命周期 现有的 CAD 系统几乎都是以几何建模为主,而且是作为一种通用的几何建模工具而被广泛应用,在此基础上的设计模型通常只具有几何信息,要在该模型上添加工艺、材料、管理、销售、服务等方面信息是困难的,因此造成了目前企业设计、工艺、制造、管理、销售和服务等方面应用的信息孤岛。这限制了企业信息的集成。
- (2) 设计过程难以支持并行工程 现有的设计过程由每个工程师在自己的模型上进行设计,其它设计人员如果要利用其设计模型,只能引用其模型,不能让其他设计人员分权限地共同在同一模型上进行并行设计。
- (3) 难以支持动态建模 现有的 CAD 系统采用的建模方式是以线框、曲面、实体造型为主,侧重于产品最终形状的几何描述,而这种建模方式难以支持面向产品过程及性能设计的建模。特别是并行工程环境下,任何一方的修改,均应通过网络,快速生成修改模型,并能回溯有关的历史设计,这就要求建模技术是动态且快速的。
- (4) 设计数据管理困难,难以为工艺、制造、管理和服务等后续环节提供完备的信息 随着 CAD 技术的推广深入,企业内的 CAD 数据越来越多,此时若产品数据仅停留在文件管理的阶段,则数据的安全难以保证;另一方面,产品管理信息混乱,难以查找、归档、配置等。此外,设计数据仅有几何信息也是不完备的,难以为后续环节提供准确、唯一和规范的信息。
- (5) CAD 软件的运行环境限于单机或局域网内运行 目前,大多数的系统在单机或局域网上应用,无法在互联网上应用,也就无法利用 Internet 的资源优势。

回顾这一段历史,可以认为上述应用技术存在的问题,在网络辅助设计制造系统中有望得到解决,并且本文提出:

- 选择合适的知识表达方法,与具体的 CAD 平台脱离,实现中性文件的处理,是未来计算机辅助冲压设计的关键;
- 要从根本上提高冲模设计系统的自动化程度,提高设计效率和设计质量,AI 技术的应用将发挥举足轻重的作用;
- 依靠单一的 AI 技术是远不能满足复杂多样的工程应用要求的,新一代的冲压设计系统必将是高度集成各类 AI 技术并具有友好交互性的新型知识系统;
- 随着网络技术的发展,冲压工艺设计将在网络化和协同设计等方面迅猛发展,实现高度的信息共享、异地同步设计。

§ 1.4 基于网络的冲压设计 KBE 系统

§ 1.4.1 本文研究意义

(1) 提出了 KBE 在冲压工艺设计中的应用模式

众所周知, 模具的设计与制造具有很强的经验性, 是一个多环节、多反复的复杂过程, 还时常要根据试模结果对模具进行修改, 所以传统的模具设计与制造大多是凭经验或借助传统的 CAD 工具进行的, 致使模具生产周期长、成本高、风险大。冲模设计, 需要由 CAD 工具或由反向工程获得几何造型, 进行工艺设计和模具结构设计的可行性分析, 信息流入 CAM 中产生加工信息, 信息流入 CAE 中获得模拟信息, 集成为有机一体。故而在冲模设计中, KBE 技术具有重要的应用价值。

冲压工艺设计是冲模设计中关键的一个环节, 工艺设计的结果直接影响模具的结构和生产的冲压产品质量。冲压工艺设计应用中存在如下难点:

- (1) 工艺设计本身是一个创造性劳动过程, 设计信息面广, 设计结果具有多样性和可行性。这要求 KBE 系统能提供多种知识表达模式以适应设计过程的需要。
- (2) KBE 系统设计要能与交互式设计相结合, 并能使两者的设计结果可以相互转化, 这样不但能提高系统的自动化程度, 而且提高了系统的柔性, 并充分发挥人在设计中的主导作用。
- (3) 冲压工艺设计是一个反复设计和修改的过程, 这涉及到再设计的问题。它要求在 KBE 系统中能处理设计的各个阶段的状态参数, 以便再设计中能够通过逐级回溯, 返回设计前状态。
- (4) 冲压工艺设计中往往存在多种方案, 不同方案之间的评价与选择需要从技术和经济两个方面进行, 并和特定的制造资源有密切的关系。

因此, 冲压工艺设计是一项经验性很强的工作, 设计中所用到的一些经验知识是靠设计人员在生产实践中不断摸索获得的。工艺设计过程是数值计算、数据检索、图形处理、知识处理、优化设计等的集合, 同时也是一个创造性劳动的过程。此外, 冲压工艺设计专家系统是一个研究较为深入的领域, 在此基础上进行 KBE 研究具有坚实的技术基础。另一方面, 工艺设计是产品设计和制造的桥梁和纽带, 不仅是制造企业准备工作的首要步骤, 而且是企业各部门信息交汇的重要环节, 所以 KBE 系统的实现必须获得工艺设计理论及其应用系统的支持。

(2) 搭建了一个基于网络的开放式设计环境。

在瞬息万变、经济高速发展的今天, 技艺高超的模具设计人才尤其是年轻人才十分匮乏。随着计算机、远程通讯、电子、汽车工业的迅猛发展, 这些领域的消费者对产品的要求日新月异, 因此, 产品的生命周期相当短, 也就是说, 它们对复杂冲压件的设计生产有着更快的要求, 模具设计人员面临着市场带来的前所未有的压力。解决这些矛盾迫切需要为模具设计人员提供一个能最大程度地替代人的劳动, 提高设计效率的开放式模具设计制造环境。

领域专家在长期的设计实践中所形成的感性经验对于工艺设计是不可多得的宝贵财富, 而这些经验知识往往是模糊的、非公式化的, 也是难以提取和归纳的, 它们正在因为专家的离职或调动等因素而不断流失。以特定的知识表达方式记录并保存这些知识, 使之成为全社会的共同财富, 服务于社会生产, 这将是一件极有意义的事。

另一方面, 每个设计制造企业都有其自身约束的设备、经济、生产周期等多方面因数, 将这些

设计企业的私有知识存储于开发式的网络构架之下,可以实现动态更新和共享,并在系统提供的知识管理和知识推理机制下得到最大限度的优化利用。

再者,开放式的网络设计环境也创造了一个极好的设计专家培训机制。由于全程基于知识向导的设计思想,工艺设计初学者可以在系统的知识向导的引导下学习工艺设计的要点,从而大大提高了设计培训的效率,减少了设计工程师的培训周期和费用。

(3) 提供了一种新型的技术服务模式 and 电子商务模式。

在网络经济时代,制造企业必须不断的采用新技术以保持其竞争力。从企业资源计划(ERP)到供应链管理(SCM),再到客户关系管理(CRM),无一不是制造企业用来保持并提高其竞争力的手段。随着网络应用的深化,协同产品商务也应运而生。Aberdeen Group^[15]把CPC定义为一类软件和服务,它们利用Internet,让制造商、供应商、合作伙伴和客户能在整个产品生命周期中(包括产品的设计、制造、工程、采购、销售、市场营销和售后服务),协同地开发、生产和管理产品,形成一个全球知识网(Global knowledge net)。PTC公司的Windchill、SDRC公司的Accelis和UGS公司的In-key都是其各自的CPC解决方案。本研究依据CPC的实施原理提供了一种新型的基于CPC的技术服务和电子商务模式。

网络经济的高度开放性使得个人和小公司能够在Internet上为全球市场提供知识产品和服务,应用服务提供商(ASP Application Service Provider)是指为商业、个人提供配置、租赁和管理应用解决方案服务的专业化服务公司。而本文所提供的商务模式则令知识型中小企业如ASP一般可以通过Internet为协同产品商务客户提供设计咨询和专业技术服务。

这种创新的技术服务模式和电子商务模式具有如下优势:

- (1) 发挥设计制造资源的最大价值 设计资源局限于企业内部使用时,设计资源价值的发挥受企业信息条件的制约。在网络设计模式下,设计资源的使用是面向社会的,设计资源的控制者不承担市场风险,因此只要能获得相应的设计资源服务收益,便可以决定提供设计资源服务。
- (2) 发挥知识的最大价值 局限于企业内部的设计模式,其知识的使用受企业制造资源的制约,获得的创新设计知识不能够让所有的制造企业受惠。更为关键的是,某个专有领域的产品设计和系统开发一般建构于某个特定的CAD、CAE平台之上,各个不同公司的CAD、CAE平台相对独立,极大的阻碍了系统的重用和知识的共享。在这种新型的设计模式下,从特定企业的设计中提取通用知识,再将通用知识与特定的私域知识相结合以运用于其它企业,从而可以发挥知识的最大价值。

本文的研究具有极其重要的现实意义,技术革新的周期缩短,知识经济热潮的兴起,使得知识型企业大量涌现,成为经济发展的新动力。知识型企业的核心资源是知识,获取知识和应用知识的能力是其核心竞争力的要素之一。推行基于网络的知识工程和知识管理是扩大知识获取和应用能力的最有效手段之一。与此同时,本文的前瞻性研究,对于工艺设计方法的丰富和互联网应用水平提高,都有非常重要的意义

§ 1.4.2 本文主要研究内容

当今是知识经济时代,基于网络与知识集成的工程设计正蓬勃兴起。通过开放的框架、统一的知识模型、对象化的结构、分布式协同工作方式,将KBE系统的信息流程与功能模块架构于互联网

之上,可使工程设计与制造不必受时间和空间的限制,最终实现知识的共享。因此,为基于互联网的工程设计 KBE 提出一个集成模式,研究其关键技术,并开发功能原型系统,将是一项非常有意义的前瞻式探索。

本文的研究工作主要围绕基础理论和技术的选择、分析与应用;XML、J2EE、Web Database 和 RBR、Ontology 等使能技术在基于网络的冲压工艺设计 KBE 实施过程中的关键问题解决;系统的框架设计和分析、开发方法等展开。具体论文分六个部分,每部分的内容安排如下:

第一章主要分析知识经济和网络经济的发展与关系,对 21 世纪的网络经济的对设计与制造的深远影响,21 世纪网络设计与网络制造的发展方向,其各自的核心问题作了详细论述。并着重介绍了基于知识的工程 KBE 的研究背景和研究内容。在对计算机辅助冲压工艺设计领域作了简要的回顾后,提出了将知识与网络相结合构建 KBE 系统的设计思路,在此基础上指出了本文的研究内容和研究意义。

第二章是构建基于网络的 KBE 系统的理论基础,也是本文的重点。本文在这一章中研究了基于网络的知识表示,创新性的提出了基于 XML 的冲压知识标识语言 SKML。首先通过对数据、信息和知识的辨析分析了知识的具体含义和在工程应用上的分类,接着介绍了常用的知识语言 Lisp 和 Prolog 及衍生语言。在对基于网络的知识语言的分析中引入了扩展标识语言 XML,详细分析了这种元语言的语言结构、发展历程、应用现状,特别是它作为一种新型的知识标识元语言的四大特点。在简要分析了冲压特征建模技术之后,第三节系统分析了知识表示的基本方法,并提出了冲压知识的混合表示方法,即以本体论的方法分析领域知识,以面向对象的方法定义本体,在其中集成产生式的规则,形成一个适应网络需要的冲压知识模型。最后,在第五节阐述了本文的核心——冲压知识标识语言 SKML。在其中讨论了知识标准化的意义,SKML 和 STEP 的利弊及互补关系,SKML 的语言框架,及用 SKML 语言来表示冲压本体、冲压特征、冲压规则等使用实例。基于网络的知识表示方式的确立,为进一步研究 KBE 系统的知识管理和知识处理奠定了基础。

第三章在前一章的基础上,探讨了冲压设计中的知识管理和知识处理技术。知识表示实现之后,知识管理和知识处理就成了应用的关键。本章分析了知识工程和知识管理的研究范畴和发展现状,认为应该在知识工程的基础之上研究工程领域的知识管理。针对本文讨论的基于网络的技术服务和电子商务的新概念,认为:建立 e-Stamping 知识中心,实现语言框架的定義者、技术支持工程师和客户工程师三方的知识维护和共享模式,以服务器为中心,实现知识链的全方位全周期的管理模式。在第三节,讨论了传统知识推理技术,并对本文研究的主旨提出了相应的分布式知识推理框架。

第四章本章着力于讨论基于网络的 KBE 系统框架的支撑技术。通过分析网络数据库的特点和连接方式,XML 在数据库中的使用,以及网上 3D 操作的可行性及当前的应用现状,选择了 VRML 作为系统的 3D 语言。设计了一个基于 J2EE 的五层系统结构,并讨论了面向对象的系统建模和面向软件重组的构件设计技术。从而把前面两章讨论的 KBE 技术和这一章讨论的网络技术结合起来,建构了一个基于网络的冲压工艺 KBE 系统框架。

第五章是本文的原型系统实践。依次分析了开发工具和开发平台的选择,系统的设计模式,原型系统的工作流程等。验证了本文在第二、三、四章提出的研究思路。

第六章是结论与展望。总结了本文的研究要点和技术创新。同时,展望了基于网络的设计系统的发展趋势。作者深刻体会到:由于网络发展的日新月异,基于网络的设计研究也需要紧跟网络时代的步伐,不断创新,与时俱进。

第二章 基于网络的冲压知识标识语言

§ 2.1 知识语言

§ 2.1.1 知识的定义

知识经济的“知识”，是一个已经拓展的概念。它包括：

- 知识是什么的知识(Know-what)，是指关于事实方面的知识。
- 知识为什么的知识(Know-why)，是指原理和规律方面的知识。
- 知识怎么做的知识(Know-how)，是指操作的能力，包括技术、技能、技巧和诀窍，等等。
- 知识是谁的知识(Know-who)，是指对社会关系的认识，以便可能接触有关专家并有效地利用他们的知识，也就是关于管理的知识和能力。

总之，知识经济的知识，包括科学、技术、技能、技巧，以及管理知识等等，科学又包括自然科学和社会科学知识，特别是观念和思维方式等等。

在研究知识语言之前，首先对知识的本质内容进行分析。而根据知识的表现形式差异，对数据、信息和知识进行辨析。以 T. H. Davenport 为代表的知识管理学家对数据、信息和知识的描述如下^[18]：

- (1) 数据 数据是有关事件的一些离散的、互不关联的客观事实。数据通常是有关活动的分门别类的结构性记录。数据本身缺乏关联性和目的性。现代组织机构通常在某种技术系统中储备数据。这些数据由财务、会计、市场营销等部门登录入系统。随着数据库技术和计算机管理功能得日益强大，数据管理已经呈现集中化趋势，但是数据的基本结构、登录和使用方法依然如故。
- (2) 信息 信息是产生变化的数据，是具有关联性和目的性的数据。许多信息研究者都把信息描述为 Message，通常采用文件的形式，或诉诸听觉等交流形式。如同任何 Message，信息也有发件人和收件人。信息意味着改变收件人感知事务的方式，影响他的判断和行为。数据在其制造者添加了意义以后就成为了信息。我们以多种不同方式对数据附加价值，便可以把数据转换为信息。通常对数据加工的不同形式称为 5C。分别如下：
 - 关联 (Conjunction)：我们知道为什么目的收集数据；
 - 分类 (Classify)：我们知道分析的单元或数据的关键成分；
 - 计算 (Calculate)：数据已经经过数学或统计学的分析；
 - 修正 (Correct)：数据中的错误已经被删除；
 - 压缩 (Compress)：数据以更简洁的形式得到归纳。

计算机可以对数据进行一些浅层次的分类、计算等活动，增加价值，将数据转换为信息，但计算机不能进行深层次的关联、修正和归纳活动，必须借助于人的帮助。

- (3) 知识 知识是结构性经验、价值观念、关联信息及专家见识的流动组合。知识为评估、吸纳新的经验和信息提供了一种构架。知识产生并运用于领域专家的大脑里。在工业企业里，知识往往不仅仅存在于文件或知识库中，也根植于企业的设计制造的流程、惯例以及

规范之中。

知识产生于信息，如同信息产生于数据。信息转化为知识的过程也可以用 4C 来表示：

- 比较 (Compare): 关于这一类信息与已知信息相比较以寻求区别;
- 推论 (Conclusion): 这一信息对于决策和行动具有何种意义;
- 联系 (Contact): 这一知识与其它知识有什么样的关联;
- 交谈 (Colloquize): 其他人如何考虑这一信息。

因此，由上分析来看，数据、信息和知识是基于其服务功能的不同层次而给予划分的。它们之间的关系见表 2-1。

表 2-1 数据、信息和知识的比较

Table 2-1 Data, Information and knowledge comparison

比较项	数据	信息	知识
来源	对事件的基本记录	由大量数据综合形成	由大量信息综合、积累产生
形式	无意义的记录	具有一定意义的评述	形成决策、判断的综合性认识
抽象性	简单直观	有一定的抽象性	复杂、抽象
编码化程度	可编码，形成数据库	较难编码	难以编码

由此可见，知识是在无意义的数据和简单意义的信息基础之上产生的，是人类思维活动的高级产物。

§ 2.1.2 知识的分类

知识按其交流的难易程度可分为显性知识和隐性知识，本文对知识的分类以表示困难程度和理解困难程度双重标准划分，如表 2-2。

- (1) 显性知识是指易于他人交流，而且易于理解。典型的代表如“知道什么 (Know what)”类知识，显性知识包括事实类，而且可以用语言和数字来表达，易于共享。
- (2) 系统知识是一种知道原因的知识 (Know why)，系统知识不仅包括过程知识也包括结果性知识。作为过程知识 Maturana 和 Varela 是这样表达的：“系统知识是反应我们如何知道的思维过程的知识”。在结果性意义上来说是我们对某一事物如何思考的知识。系统知识的逻辑性较强，它反映拥有者对某一事物的理解和思维过程以及社会对该事物规律性的认识和处理过程^[19]。系统知识作为决策过程中的判据，与显性知识结合构成了知识表示的基础。
- (3) 关系知识是“知道谁 (Know who)”的知识，它用于描述概念之间的关系，包括纵向和横向双层联系。关系知识有助于设计者认识到设计工序的基本特征和相互的约束联系。通过对关系知识的合适表达，可以显著提高全领域知识表示的严密和精练。
- (4) 隐性知识泛指技巧、能力或技术性的知识，即“知道如何去做 (Know how)”。隐性知识是由 Polanyi 于 1962 年提出的^[20]，他认为隐性知识是技术密集企业创造无形资产的根本工具。隐性知识是一种支持持续创新能力产生的知识资源。隐性知识的提出主要是基于难以交流的特征，它产生于具体的实践活动中，以经验知识为主要组成部分。因此隐性知识可归纳为：在具体实践性的活动中产生的、与组织中人力资源紧密联系的、以经验为特征的难于

理解、表达和交流的那部分知识。隐性知识中含有一种非常重要的知识形式，可以称为隐藏知识 (Know how we know)。隐藏知识是影响我们思考和行为方式的精神原型，也即思维方法和价值观。隐藏知识对我们分析设计问题的本质的认识、关注设计过程的焦点、思考问题是角度的选择，以及对相关规则的偏好等都有决定性的影响。

表 2-2 知识的分类

Table 2-2 Knowledge classification

	获得性强 易于理解	可获得但 难于理解
关联性较强 较易交流	显性知识 (Know what)	系统化知识 (Know why)
很难交流	关系化知识 (Know who)	隐性知识 (Know how) 隐藏知识 (Know how we know)

§ 2.1.3 知识语言

随着计算机技术，特别是智能技术的发展，制造业发生了许多革命性的进展，制造业竞争的优势主要取决于产品所包含的知识量。KBE 技术在制造业中的应用得到了广泛的认可。KBE 是通过知识驱动和繁衍，对工程问题和任务提供最佳解决方案的计算机集成处理技术。其核心在于知识，因此知识的表示是至关重要的一项技术。

智能设计的目的是利用计算机延伸以创造性思维为核心的人的设计能力，从而尽可能地实现设计自动化。我们知道，人类专家进行设计的根本能力是对知识的掌握、处理和运用。没有知识，无法对所获取的信息进行分析、综合，无法作出判断和决策，因此，设计自动化实质上是对知识的自动化处理。这种知识自动化处理的技术对 KBE 是至关重要的。

“知识就是力量”已成为深入人心的至理名言。但如何充分表达显性知识，并通过知识建模，使隐性知识也都能为计算机和人所识别呢？知识语言是一条值得探索的途径。

传统的知识语言有 Lisp (List Processing) 和 Prolog (Programing in Logic)。Lisp 是典型的函数型语言，这是美国麻省理工学院的 John Mccarthy 及其研究小组 1960 年推出的，应用于人工智能知识表示的高级语言。Lisp 程序的通常形式是一串函数定义，其后跟着一串带有参数的函数调用，函数之间的关系在调用执行时才体现出来。Lisp 中没有语句概念，也没有分程序结构，语言中的一切成分均以函数的形式给出。Prolog 是法国马赛大学 A. Colmerduer 及其研究小组 1972 年开发的以谓词逻辑为基础的通用程序设计语言。它把一阶谓词的子集——Hore 子句作为程序构成的基本要素，通过内部合一、回溯等机制实现反向推理。Prolog 是描述性的，其程序不是由一系列指令，而是由一些表达逻辑的规则及数据组成。使用 Prolog 时，用户只需指出希望达到的目标，或者需要求解的问题，而不必给出程序如何执行的详细算法。

在 Lisp 和 Prolog 的基础之上，又衍生出了许多知识语言。

知识交换格式 KIF (Knowledge Interchange Format) 是 Standford 大学研究开发的一种元知识表示语言。目的是为了提供一种知识共享的手段。当一个程序 A 需要另一个程序 B 的知识时，程序 B 首先把它特有的知识格式转换成 KIF，程序 A 接受 KIF，然后将它转换成自己特定的知识表示格式，进行操作。KIF 不依赖于任何领域，是一种领域无关的知识表示语言。它又是专用于描述知识表示

的语言,利用它可以引进新的表示。KIF 同时又是一个可供计算机操作的语言。它的语法采用类 Lisp 的形式,语义接近于带等式的谓词演算,是一种说明性语义,不依赖于所用的解释器。

知识通信语言 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) 是马里兰大学设计的一个用于知识系统间通信的语言^[21]。每个知识系统称为一个 Agent, 所以又叫 Agent 通信语言, 可以用于网上的知识交换。KQML 采用通信原语的形式, 共有 36 个保留的通信原语。这些原语主要是从 Speech Act 理论中演化来的。

知识表示和推理语言 PowerLoom 是美国南加州大学 Information Science Institute 的智能系统组开发的, 它为智能程序的开发提供了一种开发环境和知识表示和推理语言。PowerLoom 使用了一种类似于 KIF 的知识表示语言和类似于 Prolog 的演绎推理机制, 并对 KIF 和 Prolog 的推理机制进行了扩展。并在此基础上开发了 STELLA, 一种面向对象、类似 Lisp 而又可以转化成 Lisp、C++ 和 Java 的语言, 目的在于人工智能应用中的符号处理。

本体开发环境 Ontoligua 是 Standford 大学的知识系统实验室设计开发的一个知识表示语言, 可以说是 KIF 的配置工程。它既是一种以本体为基本表示形式的知识编写和表示手段, 又是一个以 KIF 格式为核心的知识转换工具。

随着网络的兴起, 急切需要开发基于网络的知识语言。故而基于 XML 的知识语言也得到了巨大发展, 本文将在下一节中加以论述。

§ 2.2 XML 概论

§ 2.2.1 XML 的定义

XML (eXtensible Markup Language) 是由万维网协会 (W3C) 设计, 特别为 Web 应用服务的 SGML (Standard General Markup Language) 的一个重要分支。XML 是一种中介标示语言 (Meta-markupLanguage), 可提供描述结构化资料的格式。XML 是一种类似于 HTML, 被设计用来描述数据语言。XML 提供了一种独立的运行程序的方法来共享数据, 它是用来自动描述信息的一种新的标准语言, 它能使计算机通信把 Internet 的功能由信息传递扩大到人类其他多种多样的活动中去。XML 由若干规则组成, 这些规则可用于创建标记语言, 并能用一种被称作解析程序的简小程序处理所有新创建的标记语言, 正如 HTML 为第一个计算机用户阅读 Internet 文档提供一种显示方式一样, XML 也创建了一种任何人都能读出和写入的世界语。XML 解决了 HTML 不能解决的两个 Web 问题, 即 Internet 发展速度快而接入速度慢的问题, 以及可利用的信息多, 但难以找到自己需要的那部分信息的问题。XML 能增加结构和语义信息, 可使计算机和服务器即时处理多种形式的信息。

XML 定义了用来描述的数据的语法。以下就是一句正确的 XML 语句:

```
< feature name="Tap-hole01" type="Tap-hole" class="Hole" / >
```

与 HTML 为创建用户界面提供了一种通用的方法一样, XML 提供了一种描述并协同数据工作的通用方法。XML 允许开发者创建自己的 XML 词汇, 用自定义的方式描述自己的数据结构。例如我们为基于网络的冲压设计开发系统, 那么, 为了描述一相关信息, 一系列的“特征”元素可能会十分的方便。

一旦使用了 XML 来描述数据, 我们就可以很方便的在相同的或是不同的系统中对这些数据进

交互操作。当然,前提是那些系统都能理解 XML。譬如说,一位开发者可以使用来自另一个系统的数据,只要那些数据是用 XML 描述的。如此一来,开发者在考虑软件的互操作性时就再也不必担心诸如平台、操作系统、语言、或是数据存储等各方面的不同了。XML 是实现系统之间互操作性的最简单工具。如图 2-1,这表明了一条规则从概念描述到 XML 描述,再到浏览器显示的一个转换,其中 XML 编辑器采用的是 XML Spy,而 Internet Explorer 中采用默认的 XSL 显示 XML 文档。

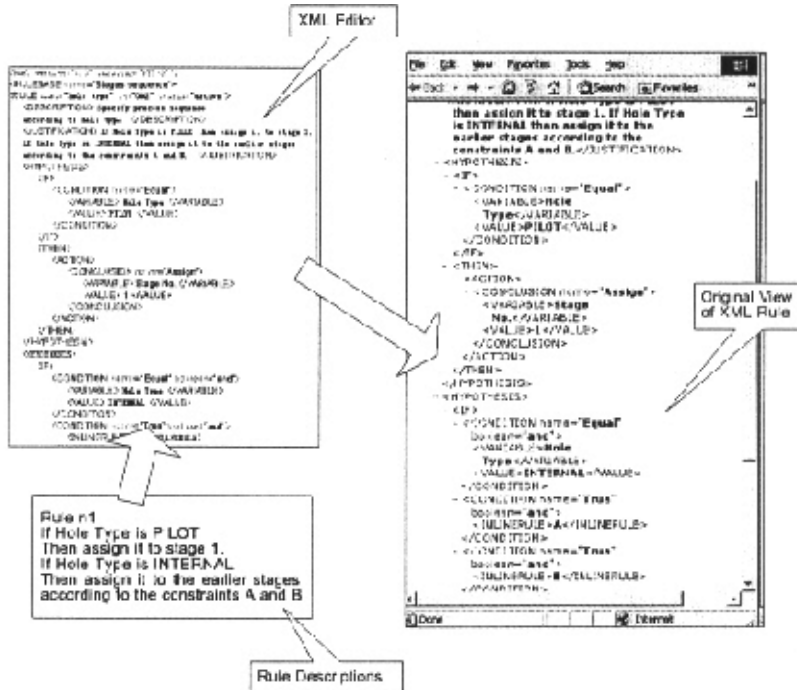


图 2-1 规则标识的转换

Fig. 2-1 Translation of rules representation

以下是对 XML 相关术语的简单介绍:

- (1) **Schema** 一个 Schema 通常是一组为了描述一类给定的 XML 文档而预先定好的规则。它定义了可以在指定 XML 文档中出现的各个元素以及和某个元素相关的若干属性。它同时定义了关于 XML 文档的结构化信息,比如哪几个元素是其他元素的子元素,子元素出现的顺序和他们的数量。它还可以定义一个元素是否为空,能否包含文本或者属性是否有默认值。
- (2) **文档类型定义 (DTD, Document Type Definitions)** DTD 语言是为了定义 SGML 文档的确认规则而专门开发的。因为 XML 是 SGML 的一个子集,所以 DTD 也可以用来定义 XML 的确定规则。与 XML Schema 不同,一个 XML 处理器可以在运行时用 DTD 来确定一个 XML 的合法性。
- (3) **解析器 (API) 技术** 为了有效的使用 XML,开发者必须通过编程来访问数据。一个能访问 XML 文档同时又能提供对其内容和数据结构进行访问的软件模块称为一个 XML 解析器或是一个 XML API。目前有两种主要的 API 已经得到了广大开发者的广泛使用,即将成为未来的行业标准。它们分别是 DOM (Document Object Model) 和 SAX (Simple API for

XML)。

- (4) 文档对象模型 (DOM) 文档对象模型是一种通过编程方式对 XML 文档中数据及结构进行访问的标准。W3C 已经同意将其列为未来行业标准第一等级规范的推荐对象。DOM 是基于 XML 文档在内存中的树状结构。当一个 XML 文件被装入到解析器中时, 内存中建立起一棵相应的树。DOM 还定义了用来遍历一棵 XML 树和管理各个元素、值和属性的编程接口 (包括方法和属性的名字)。DOM 标准的一个主要不足在于将整个 XML 文档装入内存所引起的巨大开销。当文件的数据量非常大时, 这会带来一些问题。当在 Internet/Intranet 上传输如此巨大的 XML 文件时, 用户可能会等不及所有的文件传输结束就开始处理数据。很多 XML 的开发者已经意识到这一点, 于是开始创立另一种新的标准。这就是 SAX。
- (5) SAX (Simple API for XML) SAX 是一种非常简单的 XML API, 它允许开发者使用事件驱动的 XML 解析。与 DOM 不同, SAX 并不要求将整个 XML 文件一起装入内存。它的想法十分的简单, 一旦 XML 解析器完成对 XML 元素的操作, 它就立刻调用一个自定义的事件解析器及时的处理这个元素和相关数据。这样做虽然能极大的提高效率, 但也会造成一定的问题。比如说, 开发者将不得不在灵活性上受到限制。
- (6) XSL XSL 模式可以帮助我们标识一篇给定 XML 文档中的某些节点, 将 XML 节点从一种格式转化到另一种格式。这种对格式转化的需求起源于 Web 开发者需要将他们的 XML 数据转化为 HTML 数据以供用户浏览。但实际上, XSL 所能做得远比以上描述多得多。XSL 能够有效的定义从一种 XML 格式到另一种 XML 格式之间的转换, 这极大的增强了互操作性。假如某个人向你的系统发送了一篇 XML 文档, 而你的系统不认识它所采用的 XML 词汇, 你只要进行一次简单的 XSL 转换就可以得到自己熟悉的词汇。正是由于 XML 这种简单的特点, 开发者才不用为了描述某种类型的数据而采用通用的词汇。一个 XSL 文件中包含了一系列定义转换规则的声明模板。每一个模板都明确定义了怎样将源文档中的指定节点转换为输出文档中的节点 (或其它类型的数据) 的方法。
- (7) XLink 很多人都认为, HTML 真正强劲的地方在于它的锚元素。

```
<A HREF = "http://www.kbe.com.cn" > some link </A >
```

锚元素使开发者可以建立从一个 HTML 页面到另一个页面的链接, 定义两个文档之间的关系。这给用户提供了一种从当前页面中获取更多相关数据的途径。整个 Web 就是基于这样一个在不同的数据文件之间建立关系 (链接) 的基石上的。类似的机制也被用来描述不同 XML 文档或是相同文档中不同元素之间的联系。XML Linking 1.0 (XLink) 是 W3C 主导的定义 XML 链接的语法。根据 XLink 1.0 文档的要求, 一个 XML 链接, 或 XLink 的描述信息, 显式的指定了资源或部分资源之间的关系。

尽管 XML 语言仍在不断的向前发展, 但它已经拥有了许多适合于网络知识表示的特点, 为本文提出基于 XML 的冲压知识语言提供了厚实的理论支持。

§ 2.2.2 XML 的特点

正是 XML 的特点决定了其卓越的性能表现。XML 作为一种标记语言, 有许多特点:

- (1) 简单 XML 经过精心设计, 整个规范简单明了, 它由若干规则组成, 这些规则可用于创建标记语言, 并能用解析程序处理所有新创建的标记语言。XML 能创建一种任何人都能读出和写入的知识语言。XML 的语法有着严格的规范: 树性结构、格式良好 (Well-formed)、

合法 (valid), 从而使得 XML 文档具有稳定、可靠、通用等良好的性质。狭义上讲, XML 是一种描述数据内容、描述资源的语言 (或规范), 具有清晰的语义性, 任何用户都可以读懂 XML。

- (2) 开放 XML 的基础是经过验证的标准技术, 并针对网络做最佳化。众多业界顶尖公司, 与 W3C 的工作群组并肩合作, 协助确保交互性, 支持各类系统和浏览器上的开发人员、作者和使用者, 以及改进 XML 标准。XML 解析器可以使用编程的方法来载入一个 XML 的文档, 当这个文档被载入以后, 用户就可以通过 XML 文件对象模型来获取和操纵整个文档的信息, 加快了网络运行速度。所以不管用户处在何种操作平台上, 都可以阅读和使用 XML 描述的数据。同时, XML 还可以作为不同数据库之间进行通话的“世界语”, 实现了一直为开发者所追求的数据平台无关性。
- (3) 高效且可扩充 支持重用文档片断, 使用者可以发明和使用自己的标签, 也可与他人共享, 可延伸性大, 在 XML 中, 可以定义无限量的一组标注。任何用户都可以根据自己的需要来命名标签, 以反映标签所描述资源的种种性质。这样, 从建立开始就使用规范标准, 有利于以后的扩展和移植。故 XML 提供了一个标示结构化数据的架构。使用 XML 最大的好处之一是数据的共享与重用。XML 只是来描述数据, 与数据的表现形式无关, 这就使得同一份数据只需赋予其不同的“样式”, 便可以达到不同的应用目的, 实现数据的重用和共享。数据描述与表现形式分离, 同时也使得数据的处理变得更加简洁和有效。
- (4) 标准国际化 这源于依靠它遵循的 Unicode 的编码标准, 这种编码标准支持世界上所有以主要语言编写的混合文本。在 HTML 中, 就大多数处理而言, 一个文档一般是用一种特殊语言写成的, 不管是英语, 还是日语或阿拉伯语, 如果用户的软件不能阅读特殊语言的字符, 那么他就不能使用该文档。但是能阅读 XML 语言的软件就能顺利处理这些不同语言字符的任意组合。因此, XML 不仅能在不同的计算机系统之间交换信息, 而且能跨国界和超越不同文化疆界交换信息。

XML 可看作一种半结构化的树形数据模型, 并可方便的以树叶为对象进行表达, 而且进一步能够在树叶与树叶之间建立联系, 即以一个相对简单的方法表达一个较为复杂的模型, 在保证纵向联系的同时强调常常被忽视的横向关联。

§ 2.2.3 XML 的发展现状与趋势

正是因为 XML 具有上述诸多优点, 它已经在许多领域取得了广泛的应用:

MathML (Mathematical Markup Language) 是一种用来描述数学符号、纪录其结构和内容的 XML 应用。MathML 的目标是在 Web 上实现能像 HTML 处理文本一样, 处理数学问题。

SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) 是一种基于 XML 的表述多媒体演示的语言。SMIL 允许将一组独立的多媒体对象整合为一个多媒体演示。作为另一种行业趋势, HTML+TIME 依靠 SMIL 功能可以在 HTML 页面中加入多媒体“时间”特性。

VML (Vector Markup Language) 矢量标记语言用于定义矢量信息编码格式的一个 XML 应用, 它和其他的标记一起决定了信息以何种形式显示在屏幕上。VML 对标记矢量图形信息的支持和 HTML 对标记文本信息的支持是一样的。

CDF (Channel Definition Format) 频道定义格式是一种开放的规格, 它允许 Web 的发布者经常的更新信息或是频道。而这些信息能从 Web 服务器自动的传送到 PC 上的兼容接受程序或是其他的信息装置上。用户仅需选择一下频道, 信息就会定时的传递到客户端。当信息下载到客户端后, CDF

起到了频道内容目录的作用。

XHTML 是符合 XML 的新 HTML 文档中的又一个家族。XHTML 文档被设计成可以和 XML 处理器协同工作。XHTML 的规格十分明确, 遵从 XHTML 1.0 标准的 XHTML 文档在 XHTML 环境下具有更好的客户操作性。XHTML 将成为 Internet 发展的下一个目标。借助于 XHTML, 网站内容的开发者可以进入 XML 的世界, 享用各种各样的便利而再也不用为产品的兼容性而烦恼。

ebXML (e-business XML) 的目的是建立全球单一的电子市场, 即发展一套规范使任何规模、任何行业的企业之间能在世界的任何地方发现对方、协商成为业务伙伴并从事商务活动。

在很短的几年内, XML 已经成为最新的网络革命的中心, 其他相关的 XML 应用还有 RDF (The Resource Description Framework)、TEL (The Text Encoding Initiative)、CML (Chemical Markup Language)、OMF (The weather Observation Markup Format)、OSD (The Open Software Description Format)、CDIF (CASE Data Interchange Format) 和本文稍后将要讨论的本体交换语言 OIL (Ontology Interchange Language)、网络三维扩展标识 X3D (eXtensible 3D) 等。

XML 提供了定义网络文件名称的条件, 也就是描述它不同部分的文件元素和它们之间的关系。任意一个数据交换终端的开发者可以使用一套公用的名称。这样 XML 就变得非常灵活而且通用, 它可以用来描述网球或者轮胎, 雇用合同或冲压零件。这些优势对已经很大程度上以此定位网络服务的微软公司是明显的。XML 是网络服务计划的技术核心。微软的 CEO Steve Ballmer 说, “XML 是地平线上的下一场革命”。Sun、Oracle、IBM 也对 XML 也有很高的评价, 并承认它在网络服务业的中心地位。Lotus Notes 的创办者 Ray Ozzie 说 “XML 有许多强大和实用的特征, 这也是为什么我们选择它作为我们所做的每件事的基础。”

Gartner 分析家 Mary Knox 说现在每个产业都在进行一场 XML 标准之战。各个行业都在为制定符合本行业规范的 XML 标准, 以此来引导其行业的网络应用。在数据库方面, 此行业的三驾马车 IBM、Oracle 和微软都将公开声称他们的 XML 将让数据库运行速度更快, 能提供更好的网络服务。

XML 已经成为正式的规范, 开发人员能够用 XML 的格式标记和交换数据。XML 在三层架构上为数据处理提供了很好的方法。使用可升级的三层模型, XML 可以从存在的数据中产生出来, 使用 XML 结构化的数据可以从商业规范和表现形式中分离出来。数据的集成、发送、处理和显示是下面过程中的每一个步骤:

XML 给基于 Web 的应用软件赋予了强大的功能和灵活性, 因此它给开发者和用户带来了许多好处。比如进行更有意义的搜索, 并且 Web 数据可被 XML 唯一地标识。没有 XML, 搜索软件必须了解每个数据库是如何构建的, 但这实际上是不可能的, 因为每个数据库描述数据的格式几乎都是不同的。XML 能够使不同来源的结构化的数据很容易地结合在一起。软件代理商可以在中间层的服务器上对从后端数据库和其它应用处来的数据进行集成。然后, 数据就能被发送到客户或其他服务器做进一步的集合、处理和分发。XML 的扩展性和灵活性允许它描述不同种类应用软件中的数据, 从描述搜集的 Web 页到数据记录, 从而通过多种应用得到数据。同时, 由于基于 XML 的数据是自我描述的, 数据不需要有内部描述就能被交换和处理。利用 XML, 用户可以方便地进行本地计算和处理, XML 格式的数据发送给客户后, 客户可以用应用软件解析数据并对数据进行编辑和处理。使用者可以用不同的方法处理数据, 而不仅仅是显示它。XML 文档对象模式 (DOM) 允许用脚本或其他编程语言处理数据, 数据计算不需要回到服务器就能进行。XML 可以被利用来分离使用者观看数据的界面, 使用简单灵活开放的格式, 可以给 Web 创建功能强大的应用软件, 而原来这些软件只能建立在高端数据库上。另外, 数据发到桌面后, 能够用多种方式显示。

XML 还可以通过以简单开放扩展的方式描述结构化的数据, XML 补充了 HTML, 被广泛地用来描述使用者界面。HTML 描述数据的外观, 而 XML 描述数据本身。由于数据显示与内容分开, XML 定义的数据允许指定不同的显示方式, 使数据更合理地表现出来。本地的数据能够以客户配置、使用者选择或其他标准决定的方式动态地表现出来。CSS 和 XSL 为数据的显示提供了公布的机制。通过 XML, 数据可以粒状地更新。每当一部分数据变化后, 不需要重发整个结构化的数据。变化的元素必须从服务器发送给客户, 变化的数据不需要刷新整个使用者的界面就能够显示出来。XML 应用于客户需要与不同的数据源进行交互时, 数据可能来自不同的数据库, 它们都有各自不同的复杂格式。但客户与这些数据库间只通过一种标准语言进行交互, 那就是 XML。由于 XML 的自定义性及可扩展性, 它足以表达各种类型的数据。客户收到数据后可以进行处理, 也可以在不同数据库间进行传递。总之, 在这类应用中, XML 解决了数据的统一接口问题。但是, 与其他的数据传递标准不同的是, XML 并没有定义数据文件中数据出现的具体规范, 而是在数据中附加 TAG 来表达数据的逻辑结构和含义。这使 XML 成为一种程序能自动理解的规范。

XML 应用于将大量运算负荷分布在客户端, 即客户可根据自己的需求选择和制作不同的应用程序以处理数据, 而服务器只须发出同一个 XML 文件。如按传统的“Client/Server”工作方式, 客户向服务器发出不同的请求, 服务器分别予以响应, 这不仅加重服务器本身的负荷, 而且网络管理者还须事先调查各种不同的用户需求以做出相应不同的程序, 但假如用户的需求繁杂而多变, 则仍然将所有业务逻辑集中在服务器端是不合适的, 因为服务器端的编程人员可能来不及满足众多的应用需求, 也来不及跟上需求的变化, 双方都很被动。应用 XML 则将处理数据的主动权交给了客户, 服务器所作的只是尽可能完善、准确地将数据封装进 XML 文件中, 正是各取所需、各司其职。XML 的自解释性使客户端在收到数据的同时也理解数据的逻辑结构与含义, 从而使广泛、通用的分布式计算成为可能。

由上分析可得, XML 是一种很有前途的基于网络的知识表示元语言, 研究基于 XML 的冲压设计知识表示对于基于网络的 KBE 研究大有裨益。

§ 2.2.4 基于 XML 的知识语言

基于 XML 的知识语言的研究在 XML 的诞生之时就开始展开了^[22], 其中围绕规则表示的知识语言的发展尤为迅猛。

简单规则标识语言 SRML (Simple Rule Markup Language) 是由 Margaret Thorpe 开发, 用于描述一般性规则, 通过定义 XML DTD, 可以利用 JSR-000094 中定义的 Java Rule Engine API 实现前向规则推理^[23]。

规则标识语言 (RuleML) 是由一个国际组织协同完成的, 他们通过与 Mathematical Markup Language (MathML), DARPA Agent Markup Language (DAML), Predictive Model Markup Language (PMML), Attribute Grammars in XML (AG-markup), and Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT) 等项目紧密合作, 创建了一套集成规则表示系统, 并可以进行前向和后向推理^[24]。

商业规则标识语言 BRML (Business Rule Markup Language) 是一种基于 Courteous/Ordinary Logic Programs 的用于 Agent 通讯的 XML 规则语言, 通过和 IBM 的 CommonRules 连接, 目的在于电子商务应用^[25]。

除了上述三种规则标识语言外, 还有事例标识语言 CBML (Case-based Markup Language), 一种将 XML 用于 CBR (Case-based Reasoning) 的事例表述, 运用于分布式推理^[26]。关系-函数标识

语言 RFML (Relational-Functional Markup Language) 是一种函数式声明的知识标识语言, 可以在网络上的处理^[27]。同时 XML 也被用来设计人工智能标识语言 AIML (Artificial Intelligence Markup Language), 现在已经发布了基于 AIML 的网络聊天机器人^[28]。在本体表示上, XML 也发挥了重要的作用, 基于 XML 的本体语言 XOL (XML-based Ontology language) 是在 Ontolingua 和 OML (Ontology Markup Language) 的基础上开发的, 它采用了 XML 而不是 Lisp 来定义本体, 实现了基于 XML 的本体交换^[29]。

这些基于 XML 的知识表示语言的研究和应用为本文的冲压设计知识表示提供了坚实的理论基础。

§ 2.3 冲压特征建模

§ 2.3.1 特征

传统的 CAD 系统都是基于几何造型技术的, 它们都以一些低层的几何信息描述产品模型。如二维模型的投影线, 三维线框模型中的点和线, 边界表示模型中的面、边、点及其拓扑关系, 以及构造实体几何模型中的体素和布尔运算符等。这种模型中除了产品的名义几何信息外, 不包含产品的功能信息及其它语义信息; 也难以描述诸如材料、公差、表面质量和技术要求等 CAM 所必需的非几何工艺信息; 更不能给出对产品不同层次的抽象描述, 如回转体、箱体、凸台、凹腔、孔、槽等, 是一个不完备的产品信息模型。

目前随着 CAD/CAM 技术的发展与推广应用, 以及市场竞争的加剧, 对生产组织的集成化、并行化和自动化程度提出了越来越高的要求。在 CAD 的初级阶段, 工程师使用计算机辅助绘图, 在使用过程中, 研究人员可将图形中经常使用的几何形状单独表达, 以便加快绘图速度, 这就是形状特征的最初考虑。研究人员还发现, 在几何图形的电子文件中, 由于无法表达非图形的信息, 这给下游过程的活动带来很大困难。因此, 在形状特征的基础上研究非图形信息的表达, 提出了特征的概念。特征定义一个零件 (或部件) 的几何描述的工程意义, 它们可以是关于功能的定义, 可以是关于行为的定义, 可以是关于制造的定义等。特征是与应用相关的, 它们可以支持产品活动不同过程、不同层次的需求, 实现这些过程之间的数据传递。研究工作的侧重决定了有不同的特征分类定义, 如设计特征、几何特征、分析特征、制造特征和装配特征等。

§ 2.3.2 冲压特征分类

在冲压模具设计过程中, 冲压工件特征模型是后续的冲压工艺设计和模具设计的主要依据, 这就要求冲压工件特征模型能反映出其工程语义, 使冲压工艺设计和模具设计程序可以理解并方便地提取所需信息。本文建立的冲压模型 (如图 2-2), 主要表现为: 将冲压工件特征分为形状特征、精度特征、材料特征及管理特征; 在此基础上以形状特征为主体建立工艺特征, 利用面向对象方法将这五种特征集成为一个有机的整体; 将冲压件工艺特征分为主特征与辅特征两类。

本文中的特征可理解为是具有属性, 与设计、制造活动有关, 并具有工程意义的基本几何实体或信息的集合, 即是一组与零件描述相关的信息集合。可以看出, 特征除包括几何 / 拓扑信息外, 还包括一些非几何的属性信息, 如尺寸公差、粗糙度、材料等。不仅如此, 本文认为的特征在上述信息的基础之上, 还需加上工艺信息, 或可以称为工艺特征, 而且工艺特征是在上述信息的基础之上建立的复合型特征表述。由此特征模型可以充分反映设计者和制造者的意图。

工件特征描述的是其设计和制造等方面的信息。从零件的使用功能、制造方法等角度出发，本文认为工件可用以下几种特征类型描述：

- (1) 形状特征 是具有一定工程语义的功能几何形状，包括与工件的几何形状、尺寸相关的信息集合。
- (2) 精度特征 用于描述工件几何形状、尺寸的许可变动量的信息，包括公差和粗糙度等信息。精度特征可进一步分为几何公差特征（形状公差和位置公差），尺寸公差特征和毛刺方向。
- (3) 管理特征 是一组与工件管理相关的信息集合。
- (4) 材料特征 是一组冲压产品的材料信息，包括材料类型、有关性能参数、料厚、毛坯外形以及成形后对材料表面的处理。

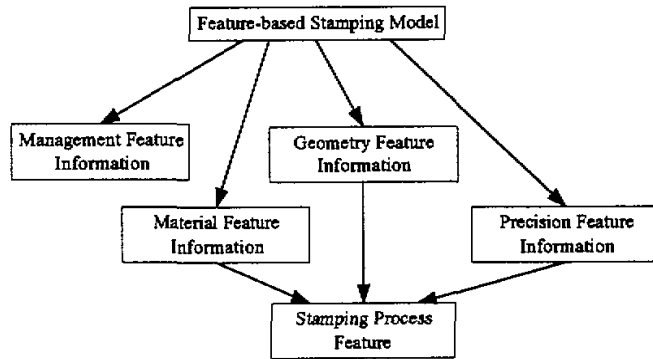


图 2-2 冲压特征模型

Fig. 2-2 Stamping feature model

工艺特征（如图 2-3）以形状特征为核心，并附加材料特征和精度特征，目标在于摆脱底层的冗余几何信息，提取有效数据以面向工艺设计。为了既能保证与冲压工艺紧密相关，又不失形状特征的一般性，根据冲压工件的变形特点，从设计与工艺的角度进行图所示的冲压工艺特征分类，根据形状特征在构造零件中所起的不同作用，工艺特征可分为主特征和辅特征两大类，其中主特征又主要分为三类：

- (1) 平面类 整体形状为平板，不含拉深特征，平面区内可有孔、翻孔、凸起、凹陷等辅特征，这类特征的外形主要是靠落料、切断等冲压加工工艺形成。
- (2) 弯曲类 通过弯曲工艺（包括圈边、圈缘等）形成的形状，弯曲区内均可有孔、翻孔、凸起、凹陷等辅特征。
- (3) 拉深类 通过拉深工艺制成的形状，一般由法兰、壁部和底部组成。

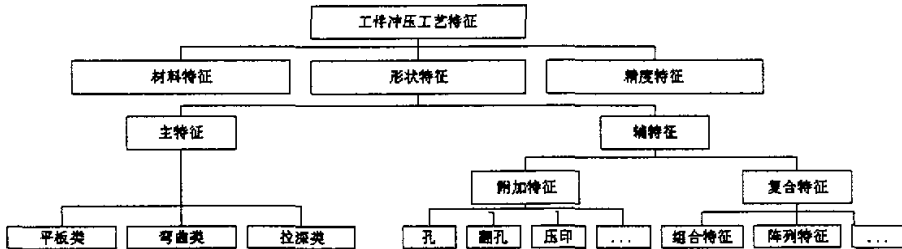


图 2-3 冲压件工艺特征

Fig. 2-3 Process feature of stamping part

辅特征是用来描述工件的局部工艺特点，是对主特征进行修正的一类特征，包括附加特征与复合特征。最简单和最常用的附加特征是孔，其它的附加特征包括翻孔、翻边、起伏成形等。复合特征是指附加特征按一定的方式组合而成的特征。复合特征有两种类型，一种为不同种类的附加特征按一定的关系组合而成的特征，如压陷与孔的组合。另一种为相同类型的附加特征按一定的阵列模式组合而成，如矩形阵列、圆形阵列等。

在上述特征中，形状特征和精度特征是与零件建模直接相关的特征，其中形状特征还是描述工件或产品的最基本的特征，管理特征、材料特征虽不直接参与零件的建模，但对于实现计算机辅助工艺设计亦是必不可少的，而工艺特征则是工艺设计最主要的特征，通过对工艺特征包容的形状特征的工艺参数分析，将工艺规划信息填入产品模型是本文主要探讨的问题。

为描述特征之间的关系，首先给出特征类和特征实例的概念。特征类是关于特征类型的描述，是所有相同信息性质或属性的特征概括。在一个 CAD/CAPP 系统中，应建立一个特征类库。特征实例是对特征属性赋值后的一个特定特征，是特征类的一个成员，也可称为实例化特征。

§ 2.3.3 冲压特征间关系

特征类和特征实例之间、特征类之间、特征实例之间存在着各种各样的关系。为了表述特征建模的方便，一般把特征之间的关系分为以下几类：

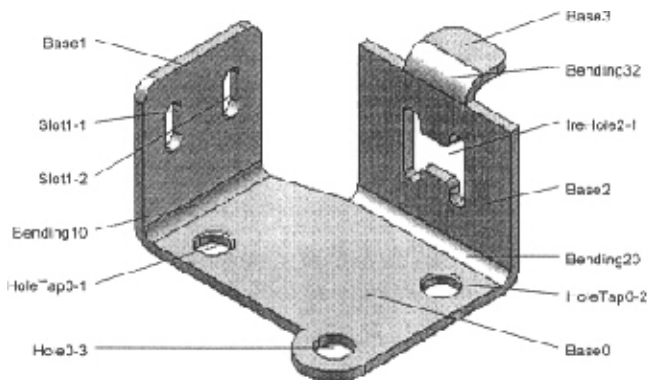


图 2-4 冲压件示例

Fig. 2-4 The sample stamping part

- (1) 邻接关系 反映主形状特征之间的空间相互位置关系。构成邻接关系的形状特征之间的邻接状态可共享。例如阶梯轴的两个相邻轴段之间就构成了邻接关系，其相邻面的状态可共享。
- (2) 从属关系 描述形状特征之间的依从或附属关系。从属的形状特征依赖于被从属的形状特征而存在，当一个辅特征从属于一个主特征或另一个辅特征时，就构成了从属关系。
- (3) 继承关系 这一关系构成了特征之间的层次关系，位于层次上级的称超类特征，位于层次下级的称亚类特征。亚类特征可继承超类特征的属性和方法。这种继承关系称为 AKO (A-Kind-of) 关系。此外，特征实例与它所属的特征类之间的关系也构成了一种继承关系。这种继承关系称为 INS (Instance) 关系。
- (4) 引用关系 描述特征类之间作为关联属性而相互引用的关系。引用关系主要存在于形状特征对精度特征、材料特征等的引用，此时工艺特征是其它被引用的非形状特征的载体。

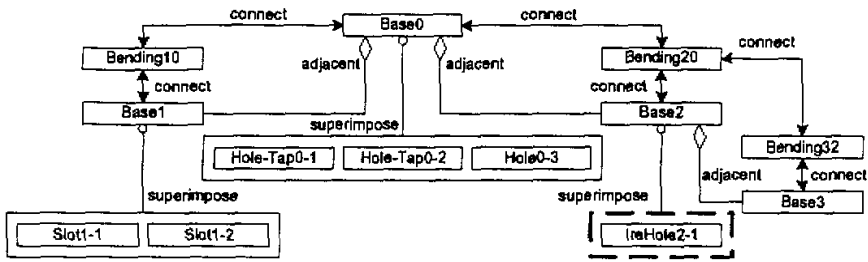


图 2-5 特征树

Fig. 2-5 The feature tree

这些特征的信息含义及结构彼此独立，又彼此相关。其中形状特征作为冲压工件描述的核心，是其它特征赖以存在的主体。如图 2-4 是一个普通冲压工件，而图 2-5 则是其工艺特征树。

§ 2.4 冲压知识表示

§ 2.4.1 知识表示

一般，心理学家认为，记忆、学习、问题求解、规划等是关于智能行为研究的基本课题，AI 将它们共同问题归结为表示、推理与搜索的研究。现在，人们进一步认识到，无论是推理还是搜索均在某种程度上依赖于表示，基于“在计算机上再现智能行为”的考虑，AI 已提出了一些有价值的表示技术，或称为表示方法 (Representation Scheme)。

所谓表示，就是为描述世界所作的一组约定，是知识的符号化过程，以便把人类知识表示成机器能处理的知识结构。知识表示 KR (Knowledge Representation) 方法是指用机器表示知识的可行性、有效性的一般方法，它是一种数据结构和控制结构的统一体，既考虑知识的存储，又考虑知识的使用。根据表示方法的原理可以将它们分成三类：

- (1) 局部表示类：逻辑，产生式系统，语义网络，框架，脚本，过程等；
- (2) 分布表示类：基因，联接机制；
- (3) 直接表示类：各种图形，图象，声音及人造环境等。

目前经常使用的知识表示方法有产生式规则、谓词逻辑、语义网络、框架等四种。

一个好的知识表示方法应该具有如下四方面的性能：

- (1) 充分表达：具备确切表达有关领域中各种知识的能力。
- (2) 有效推理：能够与高效率的推理功能密切地结合起来，支持系统的控制策略。
- (3) 便于管理：便于实现模块化；便于检测矛盾的知识 and 冗余的知识；便于知识更新；便于知识库的维护。
- (4) 易于理解：使知识的表示结构具有透明性，这个特性对于知识的输入、错误的检测以及解释功能的实现都是重要的。

本章研究的冲压知识表示模式是基于本体论以表达领域常识，基于面向对象的混合模型表达规则，基于 XML 以提供平台无关性和开放特性。

§ 2.4.2 常识知识的本体知识表示

本体论 (Ontology) 原本是一个哲学上的概念，是表述哲学理论的一个术语，在西方哲学史和

中国哲学史中分别具有各自的含义。在西方哲学史中，本体论是指关于存在及其本质和规律的学说。在中国古代哲学中，本体论又叫做“本根论”，指的是探究天地万物产生、存在、发展变化的根本原因和根本依据的学说。

近二十年来，关于本体论的研究、开发和应用的课题，正在计算机科学界逐步传播开来。自 20 世纪 90 年代初期以来，国际计算机界举行了多次关于本体论的专题讨论会。从这些会议的情况中可以看出，把现实世界中某个应用领域抽象或概括成一组概念及概念间的关系，构造出这个领域的本体，会使计算机对该领域的信息处理大为方便。本体论正逐步成为知识获取以及表示、规划、进程管理、数据库框架集成、自然语言处理和企业模拟等研究领域共同关心的一个核心。

近年来，计算机界关于本体论研究的成果数量正逐步增多，质量也逐步提高。并且在 1998 年 6 月召开了关于本体论的第一次国际会议——“信息系统中的形式化本体论国际会议”。这些都标志着这一研究领域正在走向繁荣，该领域中的研究者们对“本体论”的研究主题已经有了广泛的认识。过去几年的进步主要还体现在，许多文献报告了各自的研究结果，如：建立了各种各样的本体，推出了许多基于 Web 的工具，用来创建、编辑、浏览和使用本体，提出了许多形式化的本体表示机制，以及开发出了一些用于构造和评价本体的初级工具。另外，还能见到一些用于支持不同表示语言互操作的语义转换工具。

在知识工程中，明确本体的定义经历了一个过程。首先，在 1991 年，Neches 等人指出：“一个本体定义了组成主体领域的词汇的基本术语和关系，以及用于组合术语和关系以定义词汇的外延的规则”^[30]。这个定义给出了知识工程中的本体的一个基本指南，即：要建立一个本体，首先要识别所面对领域的基本术语和这些术语之间的关系，然后要识别组合这些术语和关系的规则，并提供这些术语和关系的定义。

后来，Gruber^[31]进一步指出：“本体是概念化的一个显式的规格说明”。Borst^[32]对这个定义稍微作了一点修改，提出：“本体可定义为被共享的概念化的一个形式的规格说明”。Studer 等人^[33]为上述定义作了如下的解释：“概念化涉及通过表示某个现象的相关概念而得到的这个现象的抽象模型。显式地指出所用到的概念的类型，以及定义概念使用的约束。形式化是指本体应该是机器可读的。共享反映了这样一个观念，即本体获取了一致的知识，它不是某个个体私有的，而是可以被一个群体所接受的”。经常使用的本体表示语言大都以框架或逻辑为基础，最具代表性的语言包括 Ontolingua, CycL, Icom 和 Flopic

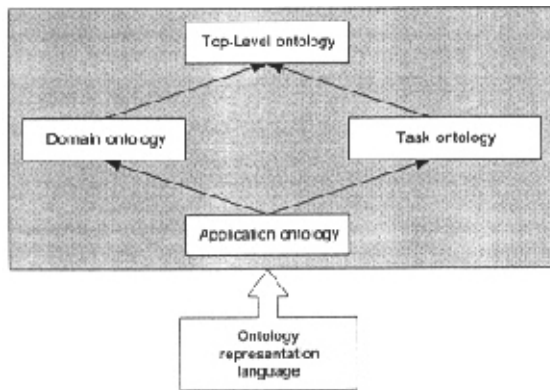


图 2-6 本体论研究和开发的层次关系图

Fig. 2-6 Hierarchy of ontology research and development

由上述分析可以看出, KBE 中的本体是认为设计的关于某个领域的概念模型的一种表示。设计 KBE 系统的本体体系应遵照明确性和客观性、一致性、可扩展性、最小编码偏差、最小本体承诺等五条基本准则。一个本体可由概念类、关系、函数、公理和实例等五种元素组成。一般而言, 本体可以分为知识表示本体、通用和常识本体、领域本体、语言学本体、任务本体等五种。本章专注于研究冲压设计的领域本体, 并开发基于本体论的冲压知识模型。图 2-6 是本体论的研究层次图。

§ 2.4.3 冲压知识模型

产生式规则表示是一种有效的冲压知识的表达方法, 已经在一些系统中得到了广泛的应用。但它虽然有一些突出的优点, 如规则表达形式自然, 接近人类思维, 既可以表达精确知识, 又可表达非精确、不完全知识, 而且便于推理; 规则之间相对独立、互不影响, 便于知识更新与扩展; 规则表达格式统一, 模块性好, 便于知识库管理与维护等。但也有明显的缺陷, 如规则之间互不调用, 其联系完全依赖于当前数据库, 推理效率低(这一点对大型知识库影响尤其明显); 规则用来表达普遍规律非常有效, 但若例外情况增多时, 规则数目急剧增加, 严重影响系统效率等。如果采用面向对象的表示方法, 它在结构化知识的表达, 复杂知识描述以及推理控制等方面具有优势。因此在本体论分析的前提下, 以面向对象的方式集成产生式规则, 就构成了本章研究的混合式知识表示系统。

面向对象方法是一种运用对象、类、实例和继承等概念对问题领域实行自然分割, 按人类认识客观世界的思维方式来识别、定义客观世界中的相关实体的有效技术。面向对象(Object-Oriented)最初用来描述 Smalltalk 程序设计语言的概念。现在, 面向对象作为一种程序设计思想和技术已受到计算机工作者的广泛关注, 并已渗透到计算机许多领域, 如面向对象的数据库(OODB)、面向对象的软件工程(OOSE)、面向对象的知识工程(OOKE)。在面向对象的知识表示中, 对象(Object)是面向对象知识模式的主体, 一个对象包括对象(问题)的描述的框架、知识库和基于知识的处理能力。简言之:

对象 = 问题描述框架 + 知识 + 知识处理方法。

本章应用 O-O 方法所建的冲压工艺知识模型中包含有: 工序对象类、工艺特征对象类、概念对象和资源对象类等等。故而冲压知识模型主要可以分为三个层次:

- (1) 特征层主要由工艺特征对象类和其它辅助特征对象组成。它们包含了工艺设计所需要的所有从形状到精度的信息。冲压工艺设计的全过程就是从特征层中提出信息, 检索特征树, 得出工艺分析的论断如加工成形性的分析、每个独立特征对应的工序选择、推理过程的解释和所应用到规则的链接。建立的工艺特征对象类是工艺设计中操作的基础类, 所有操作都是在工艺特征实例上完成的, 这也是一个特征对象实例的不断检索、不断填充的过程。如图 2-7 是对工艺特征对象的框架和结构、精度的分析。
- (2) 规则层主要用于表达冲压工艺中的规则。它不是由一类单独的对象类组成, 而是嵌入在领域知识层中。由于产生式规则是基冲压工艺设计中可以显式表达知识, 并且极易进行知识推理。因而将它单列一层, 它包含了工艺可成形性的判别规则、工序选择的判别规则、整体工序的优化规则、经济性分析规则、制造资源限定规则等等。从这一方面来看, 规则还可以分成公域规则, 即对大多数客户都普遍使用的规则和私域规则, 即个体客户因为企业的各方面特点而独自适用的规则。这些规则按照其分类作为规则属性嵌入在工序对象类中。
- (3) 领域知识层主要由概念对象类和工序对象类组成。它构成了冲压知识模型的基础。通常专家系统的知识表示和推理, 是将某个特定领域的常识和基本逻辑硬编码在程序之中。偶尔有简单的通用的专家系统可以通过编写某种类似 Lisp 的脚本, 对问题进行定义。本文提到

的基于本体的领域知识, 类似于一套语义模型。一方面可以建立一个形式化表达的冲压基本知识, 即如同一本电子手册, 可以非常方便的查询从几何特征、基本工序到诸如特征和工序之间的联系等内容。另一方面, 通过 XML 编码的冲压知识可以非常轻松的为计算机所识别。当客户提出了一个请求后, 网络程序将可以分析请求的内容, 通过在概念对象类库的检索, 获得问题的定义, 即获得了推理的基本路径, 推理涉及的知识范围等。而工序对象则是将冲压工序分类, 并通过工序选择规则, 和工艺特征建立映射关系, 从而加快知识推理的效率。

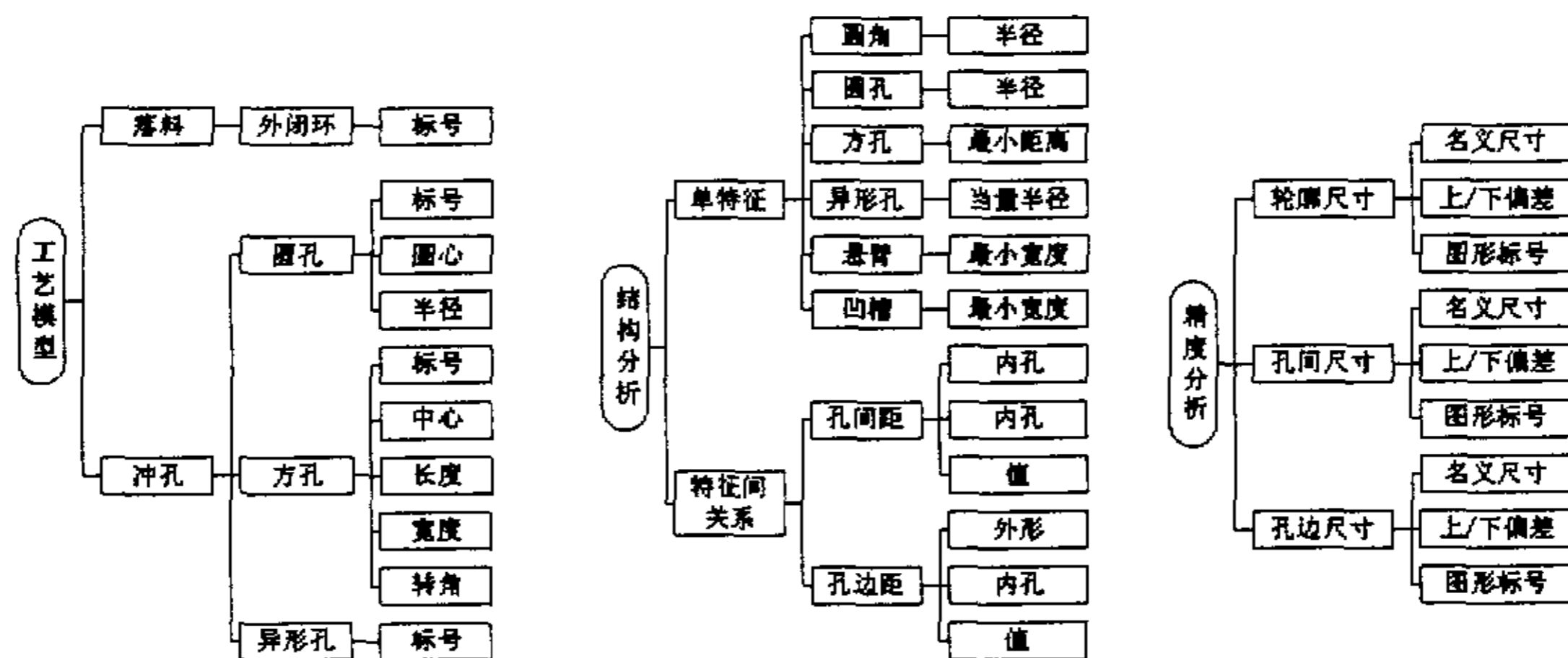


图 2-7 工艺特征层分析

Fig. 2-7 Analysis of process feature tier

§ 2.5 冲压知识标识语言 SKML

§ 2.5.1 知识描述标准化

标准化是人类社会的一种特定活动, 是指在不同的领域、专业、区域范围内, 人们为了实现某种(或某些)目的, 对各种有关的客观事物(对象)按照特定的程序制定、发布和实施各项标准的过程。

从当前知识经济的发展情况看谁掌握了标准谁就能够占领市场。由于激烈的市场竞争, 在整个国际市场上各种应用软件商都在向用户宣传自己软件的功能强大, 争取用更好的服务向用户推销软件产品, 用户也有了更大的选择。这种情况导致了企业中运行着各种不同的应用系统, 甚至在一个企业中的设计软件就有若干种互不兼容的系统在同时运行, 使得企业中的产品信息和管理信息在不同的系统之间不能进行交换和数据共享。企业中的信息流受到了阻碍。有时企业要投入大量的人力物力以解决这种不兼容问题, 大大降低了信息系统的效率, 严重增加了企业信息技术应用的成本。这种情况同样发生在企业之间。现代信息社会的特点本来应该是信息的快速传递使得企业对市场需求能够做到快速响应。但是, 系统的不兼容性成为了信息系统在企业应用的瓶颈。

另一方面, 由于信息技术的高速发展, 软硬件的生命周期越来越短。但是, 企业中的信息系统产生了大量的数据, 其中包括产品数据和管理数据。这些数据是企业的财富, 其中有些数据(如汽车或飞机的设计数据)要作为重要的档案至少保存三十年。若是依赖于某个软件系统的非标准数据, 则该系统在几十年以后已经就可能不存在了, 数据文件的正确认读是根本不可能的。这也是国际标

准化组织制定产品数据的表达与交换国际标准 (STEP) 的一个主要目的。

2001 年 5 月 W3C 拿出了“XML Schema”的推荐标准。给 XML 数据标注数据类型的 XML Schema 作为推荐标准后, 可以通过软件来判断“将所交换的 XML 数据中的信息作何种类型来解释才算恰当”, 并据此实现自动处理。这样今后 Web 服务方和应用方面就没有必要事先协调所要交换的数据类型了。由此使不同系统间的松散连接成为可能, 必将掀起 Web 服务标准化热潮。

前面介绍的许多行业所定义的 XML 标准, 一旦被大多数企业所采用, 并得到国际标准化协会的认可, 就会对相关行业的网络服务产生深远的影响。本文提出基于 XML 的冲压知识标识语言正着眼于这一点, 并希望通过本文的前瞻性研究对冲压领域的网络服务标准的创立以帮助。

§ 2.5.2 SKML 与 STEP

随着技术的发展和应用领域的不断扩大, 产品信息描述要求越来越复杂。不同应用系统间经常需要交换有关数据, 因此对信息共享的要求也越来越高, 迫切需要对产品信息描述进行规范化。在这方面, 国际标准化组织 ISO 做了大量有益的工作, 开发出了一套产品信息交换标准 STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data), 即 ISO10303。

STEP 提供了一种独立于任何一个 CAX 系统的中性机制来描述经历整个产品生命周期的产品数据。它是一个关于产品数据计算机可理解的表示和交换的国际标准。STEP 是一个仍在发展中的产品信息描述标准, 它的许多方案还没有正式公布, 每年都在不断地修改中。但是, 它规范了数字化产品定义的方法, 指出了未来产品信息描述的发展方向。

STEP 是一个庞大的系统, 它从各种角度对产品信息描述进行了规范。STEP 对产品信息描述的定义主要可分为两大部分: 集成资源和应用协议。集成资源被进一步分为通用资源和应用资源。通用资源定义了独立于应用的基本产品信息单元, 这些单元可以用在各个应用资源中, 也可以被应用协议直接采用。应用资源应用在特定的领域中, 它可以作为应用协议的基本单元。应用协议包括几个可实现的 STEP 子集。它们定义了某种特定应用所要求的整个信息结构的特定部分。如边界表示的机械产品模型, 船体结构模型和建筑结构框架等。

它的主要目标在于实现不同的 CAX 系统通过标准的中性文件来进行数据交换。开发 STEP 的另一个目的是实现数据共享和长期存档。STEP 的体系结构可以看作三层。最上层是应用层, 包括应用协议及对应用的抽象测试集, 这是与应用有关的层次。第二层是逻辑层, 包括集成资源, 它们是从实际应用中抽象出来的产品模型, 与具体实现无关。最底层是物理层, 包括实现方法, 给出具体在计算机上实现的形式。图 2-8 表示了 STEP 标准的体系结构:

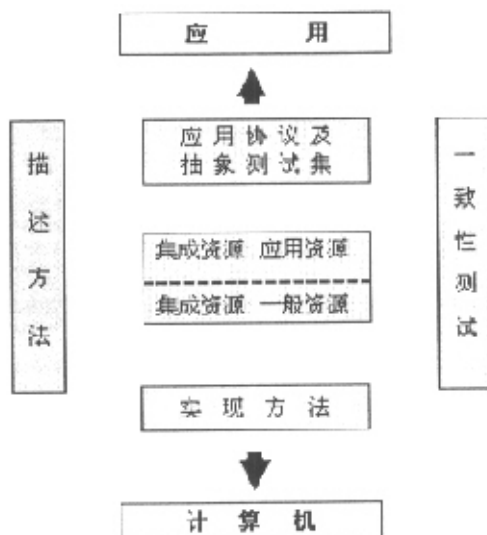


图 2-8 STEP 的体系结构

Fig. 2-8 Framework of STEP

显然，STEP 标准与本章所讨论的 XML 似乎有相同的目标。本节将比较这两个标准，以明晰两者的区别。首先，STEP 和 XML 都是国际化的标准。本章运用 XML 的目的在于平台无关，表述中性文件。其次，STEP 已经有多年的发展历史，并在许多领域得到了大量的应用，STEP 是一个相当庞大的标准体系，它试图能够处理几乎所有的工业信息。而对于 XML 来说，它还是一个新生事物，虽然是瞩目的焦点，但大多还是处在研究阶段，尤其在工业领域，尚未得到足够重视。第三，在网络应用方面，由于 STEP 标准过于庞大，不利于浏览器直接处理，即便安装插件，也无法得到有效利用。因此，STEP 的网络应用，必须求助于 XML。在 STEP 的标准 Part 28 里面，已经定义了从 Express 到 XML 的转换^[34]，同时关于 STEP 的 XML 标准研究 STEPml 也已经展开^[35]。

在冲压工艺设计这个领域中，涉及到的 STEP 范围相对较小，故而建立一种直接基于 XML 的冲压标识语言，并通过其中的 XLink 方法，链接到 STEP 表示的基本几何拓扑关系，使 XML 和 STEP 互为补充，可以有效的解决网络应用中的产品模型问题。

§ 2.5.3 SKML 语言示例

XML 较之于 STEP 具有简单、直观而易于网络处理的优点。同时，又具有与数据平台无关，可以和 Java 紧密集成等优点。所以，研究基于 XML 的冲压标识语言 SKML (Stamping Knowledge Markup Language) 具有相当重要的现实价值。

结构化信息的一个主要目的就是要使数据交换成为可能。不同的工业都制定本工业统一的模型标识，使之能方便和高效地共享。XML Schema 就是一种理想的交换模式。Schema 与以往的文档类型定义 DTD 相比较，它的特点在于：

- (1) XML Schema 是 XML 文档，而 DTD 有自己的特殊语法。这样，只需懂得 XML 的语法规则即可编写 Schema，无需学习其他语法规则；XML 文件与 XML Schema 文件可以用相同的语法分析器来解析，而无须写两套分析器；XML Schema 有强大、易用的扩展功能。
- (2) XML Schema 利用名域将文档中特殊的节点与 Schema 说明相联系，一个 XML 文件可以有

多个对应的 Schema，而用 DTD 的话，一个 XML 文件只能有一个相对应的 DTD。

(3) XML Schema 内容模型是开放的，可以随意扩充，而 DTD 将无法解析扩充的内容。

(4) DTD 只能把内容类型定义为一个字符串，而 XML Schema 允许你把内容类型定义为整型、浮点型、数据类型、布尔型或者许多其他的简单数据类型，而无须重定义。

一种基于 XML 的知识标识语言一般包含两部分，即 Schema 和文档实例。如图 2-9 表示了 SKML 的文档定义。

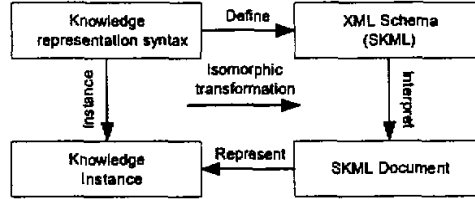


图 2-9 SKML 的定义

Fig. 2-9 Definition of SKML

SKML 的基本设计原则：

- 能有效和准确的使用知识；
- 能有效地对知识进行检查、修改、增删，并保证在修改过程中对已有知识地内容及结构不产生或少产生干扰；
- 在工作过程中能使系统不断地获取新的知识，不断提高系统解决问题的能力；
- 知识表示形式要简单而易于扩展，便于系统开发和运行，能使人们直接理解知识。

SKML 是一种以网络标识语言 XML 作为其定义语言规范的元语言，或者说，XML 是用于定义 SKML 的表达规则、标识格式和语义模型、语义联系。它是以面向对象的方法来描述本体模型，而把作为规则推理的基础产生式规则嵌入其中（如图 2-10）。图 2-11 定义了一个 Bending 本体的基本内容，而图 2-12 定义了 Hole 本体集合的 Schema 图。

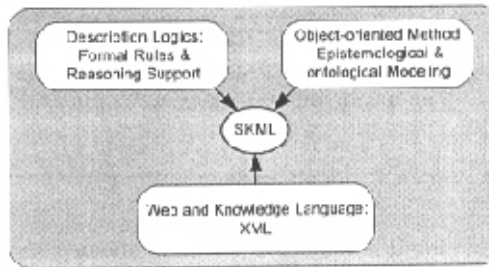


图 2-10 SKML 语言

Fig. 2-10 Root of SKML


```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?\
<!--This is edited by Liu chun in SKML -->
<feature name="Hole Tap0-1" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:namespaceSchemaLocation="http://www.kbe.com.cn/demo/feature.xsd">
  <class name="Hole"/>
  <root-feature name="Base0"/>
  <geometry>
    <para name="thickness"> 3.00 </para>
    <para name="radius_R"> 5.00 </para>
    <para name="radius_r"> 4.40 </para>
    <para name="Hight"> 2.40 </para>
  </geometry>
  <material>iron and steel</material>
  <direction> up-down </direction>
  <presition>
    <side/>
    <upper-tol>0.080</upper-tol>
    <lower-tol>-0.010</lower-tol>
  </presition>
  <feasibility>
    <degree>S1</degree>
    <explain>easy. </explain>
  </feasibility>
  <process/>
  <rules/>
  <explanation/>
</feature>

```

上一节曾经提到, SKML 自身无法有效的表示完整的几何拓扑信息, 需要 STEP 标准作为补充, 以便在必须操作底层几何信息的时候, 可以迅速定位, 返回相关数据。所以, 利用 SKML 具有的链接特性, 可以非常容易的跨越关系数据结构的限制, 建立多个数据源之间的联系。自然, 也可以从 SKML 到 STEP 的 XML 表示文档之间建立映射, 表示一个完整的零件知识模型。一个 SKML 的文档, 不但具有上面显示的清晰树形结构, 而且可以强调知识间的横向关系。这样一种数据结构, 不但是一颗枝繁叶茂的大树, 而且在枝叶之间建立了联系, 因此可以表达相当复杂的知识, 同时也使得隐性知识显性化成为可能。如图 2-14 形式化的表示了 SKML 文档的拓扑结构。图 2-15 显示了借助于扩展链接 XLink 和链接库, SKML 文档间的链接图。

规则的表达也是很重要的一方面。规则推理机就是通过解析 SKML 的规则文档和其 Schema 定义文档, 建立规则推理堆栈, 再进行后续操作的。如下面是一个简单的工艺选择规则:

```

If HoleType is Pilot
Then assign it to stage 1.

```

图 2-16 是规则集的 Schema 的结构显示, 而图 2-17 则是这条规则的 SKML 表示。

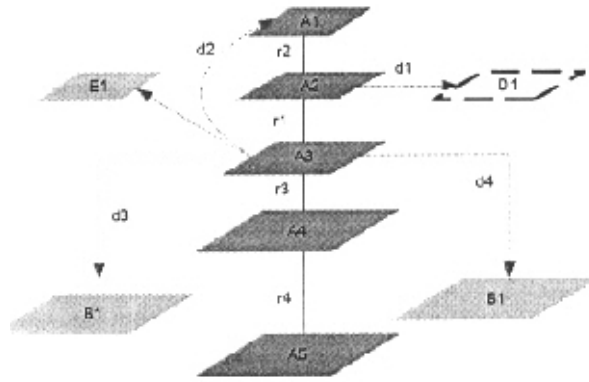


图 2-14 SKML 文档拓扑结构

Fig. 2-14 Topologic structure of SKML document

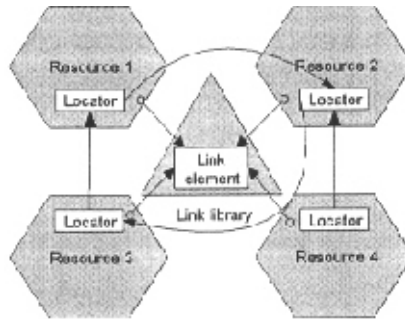


图 2-15 SKML 文档的扩展链接

Fig. 2-15 Extenal links of SKML document

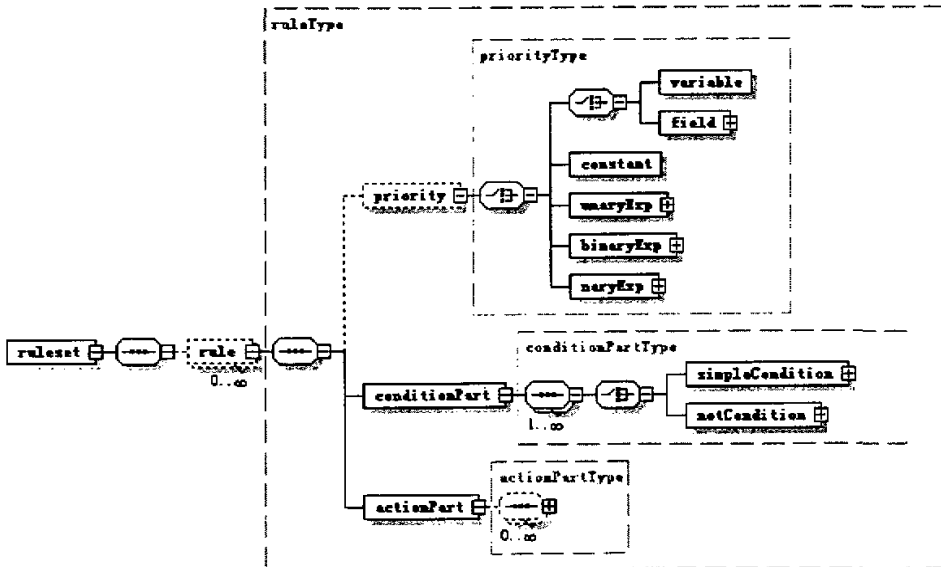


图 2-16 规则集的 Schema 结构

Fig. 2-16 Schema structure of ruleset



图 2-17 基于 SKML 的规则表示的图示

Fig. 2-17 SKML-based rule representation

§ 2.6 本章小结

本章是构建基于网络的 KBE 系统的理论基础,也是本文的重点。本文在这一章中研究了基于网络的知识表示,创新性的提出了基于 XML 的冲压知识标识语言 SKML。

首先通过对数据、信息和知识的辨析分析了知识的具体含义和在工程应用上的分类,接着介绍了常用的知识语言 Lisp 和 Prolog 及衍生语言。在对基于网络的知识语言的分析中引入了扩展标识语言 XML,详细分析了这种元语言的语言结构、发展历程、应用现状,特别是它作为一种新型的知识标识元语言的四大特点。在简要分析了冲压特征建模技术之后,第三节系统分析了知识表示的基本方法,并提出了冲压知识的混合表示方法,即以本体论的方法分析领域知识,以面向对象的方法定义本体,在其中集成产生式的规则,形成一个适应网络需要的冲压知识模型。最后,在第五节阐述了本文的核心——冲压知识标识语言 SKML。在其中讨论了知识标准化的意义,SKML 和 STEP 的利弊及互补关系,SKML 的语言框架,及用 SKML 语言来表示冲压本体、冲压特征、冲压规则等使用实例。

基于网络的知识表示方式的确立,为进一步研究 KBE 系统的知识管理和知识处理奠定了基础。

第三章 冲压工艺设计中的知识管理与知识处理

§ 3.1 知识工程与知识管理

§ 3.1.1 知识工程

自从 Internet 出现后,尤其是自 WWW 的迅猛发展,知识工程研究的内容、对象和方法发生了翻天覆地的变化,传统的研究途径与做法都不能解决知识工程中出现的新问题。无论从研究的框架、机制、算法、模式、方法与工具,都必须有新的思路,以适应网络计算环境下的发展和应用的需求。

在 WWW 通行的今天,知识的表现形式已不仅仅是文字说明和描述,而是多种形式的全新模式“链接”,即在一个“知识体”中能“同时”用语音、文字、图形图像、卡通格式进行解释、描述、演示,甚至能“演绎”出“隐式知识”——隐含的结论、高深的理论知识,这种知识的表示就不是传统的谓词逻辑、产生式规则、框架结构等所能实现的。因此,本文在上一章论述了基于本体论的混合知识表示方式。

在这一章,本文将讨论基于网络的知识管理和知识工程在冲压工艺设计中的应用。自从 Feigenbaum 教授于 1977 年提出知识工程的概念以来,知识工程已经在许多领域得到了广泛而深入的研究。但基于网络的知识工程的研究依然方兴未艾。一般而言,基于网络的知识工程包含了如下一些研究内容:

- (1) 基于网络计算模式下的知识获取机制以及知识的组织、管理、培植、利用等 如前所述,在 Internet 和 WWW 得到了广泛应用的情况下,知识更新速度惊人,而知识的“容量”像浩瀚的海洋。如何从中快速地获取所需要的知识,并对其进行有效的组织、管理、配置维护,最终加以利用,解决人们的实际问题,正是人类社会梦寐以求的目标。
- (2) 知识处理中的各种算法、推理及问题求解与计算机系统的体系结构匹配问题 如知识处理中,高性能大规模并行计算、机群结构、网络并行结构的实施等问题的研究;未来在网络计算环境下,通过 Jini 技术的链接与实现处理,使得分布式计算的内涵,包括体系结构、算法、实现环境将会远远超出原来的范畴。
- (3) 资源的再配置问题 在 Internet 和 WWW 下,信息资源极为丰富,而能构成“知识”的资源更是难以估计,如何进行“再配置”以形成具有个性化特色的知识,这也是人类所关注的问题。
- (4) 网络计算环境下的知识传输机制的研究 包括多模式(语音、文字、图形图像、影视、卡通、电子表格等)知识的传输协议、传输安全控制等。
- (5) 网络计算环境下的知识共享机制的研究 如广义共享(无条件共享),狭义共享(有条件共享)机制;共享的权限控制;显性知识与隐性知识的共享问题等。
- (6) 知识的可视化与可操作性的研究 所谓“知识的可视化”效果,即虚拟现实技术来实现虚拟的三维的动画效果,并可根据用户的需要对处理过程进行操作与控制。
- (7) 网络计算环境下的知识发现机制的研究 KDD 是近几年一项热门的研究课题。在网络计

算环境下进行知识的分类、集成、聚合、归纳与发现新的知识、推出知识体的内在联系,构造具体特别用途的知识库系统。

- (8) 网络计算环境下的知识工程研究成果和知识处理系统的评估问题 在通过 Internet 和 WWW 构成的无限广域的知识空间中,如何确定评估的规则、标准与过程。
- (9) 网络计算环境下的知识库系统的维护与更新及一致性处理问题 虽然传统的知识库系统也有维护与定期更新问题,但在 WWW 上知识库系统容量巨大,且变化介于瞬间,更新与一致性处理机制都面临新的挑战,何况有些知识是存储性的,而有些则不具有可存储性(如幻想性知识)。
- (10) 用于网络计算环境下的知识处理方法与工具的研究 如 Java 技术及其应用,包括基于 Java 技术的信息综合服务机制、Jini 技术和分布式处理,基于 Java 网络应用技术和信息化服务等层次的研究。

一个 KBE 系统的构建其实也是知识工程的一次实施,它包含了从需求分析、概念建模、知识库的搭建到知识处理和知识验证、知识维护和知识优化的知识全生命过程。本章将着重介绍网络环境下的知识处理。

§ 3.1.2 知识管理

一个高效的 KBE 系统同时也是知识管理的必要保证,知识型企业必然经历从知识工程到知识管理,进而到达知识链的知识共享这样的发展轨迹。因而知识管理也是基于网络的 KBE 系统所不可回避的重要问题。

正如前文所述,知识经济是以知识为基础的经济,是建立在知识的生产、分配和使用之上的经济。在知识经济时代,知识是企业最重要的战略性资源,知识管理是企业面临一种新的形式下作出的战略性的反映。目前,对于知识管理的描述有多种,卡尔·费拉保罗认为“知识管理就是运用集体的智慧提高应变能力和创新能力,是企业实现显性知识和隐性知识共享提供的新途径”。简单地说,知识管理就是企业对其所拥有的知识资源进行管理的过程,而如何识别、获取、开发、分解、储存、传递知识、从而使每个员工在最大限度地贡献出其积累的知识的同,也能享用他人的知识实现知识共享则是知识管理的目标。

20 世纪 70 年代,一些著名的管理学大师为知识管理的产生和发展起到了重要的促进作用,如美国 Peter F. Drucker、Paul Strassmann 和 Peter Senge,前两位强调了信息和知识作为企业资源日益增长的重要性^[36],而 Senge 着重突出对“学习型组织”的形成和建设的研究^[37]。

80 年代人工智能和专家系统技术的发展对知识管理的产生发挥了较大的作用,一些知识管理中的基本概念如知识获取(Knowledge Acquisition)、知识工程(Knowledge Engineering)、知识库系统(Knowledge-based Systems)就是在那时发展起来的^[38]。

知识管理(Knowledge Management)一词正式产生于 1989 年。从 1990 年开始,一些管理咨询公司开始在内部推行知识管理,美国、欧洲和日本的几家著名的公司在特定业务领域开始实施知识管理项目。这时出现的重要文献当数日本 Ikujiro Nonaka 和 Hirotaka Takeuchi 出版于 1995 年的名著《知识创造型公司:日本公司如何建立创新动力机制》(The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamic of Innovation)、美国 T. H. Daveport 和 L. Prusak 在 1997 年出版的《营运知识》(Working Knowledge: How Organization Manage What They Know)^[39]。

90 年代中期,随着 Internet 技术的普及,知识管理开始在学术界和企业界大面积的传播和研究。1989 年成立于欧洲的国际知识管理网络(The International Knowledge Management Network,简称

IKMN) 在 1994 年即开设了网站。与此同时, 由于各大公司意识到知识管理对增强企业竞争优势的重要性, 有关知识管理的会议接连召开, 亦涌现出了一大批优秀的知识管理实践企业, 包括咨询业的安达信 (Anderson Consulting)、麦肯锡 (Mckinsey & Company), 软件业的微软 (Microsoft)、莲花 (Lotus), 电子领域的惠普 (HP)、诺基亚 (Nokia), 制造业的通用汽车 (General Motors)、波音公司 (Boeing) 和英国石油公司 (British Petroleum) 等。这些企业在知识管理的实践中取得了优异的成效。

国内对知识管理的研究是在 1998 年随着知识经济的热潮而兴起的, 但在目前, 国内企业界对知识管理的重视依旧不够, 仍属于起步阶段。

知识管理的主要步骤是在确定的知识战略前提下将知识系统重构为一个有组织的知识网络。关于知识系统的网络重构, 知识管理专家达文波特在他的知识管理的两段论中曾经有所论述, 他认为知识管理的第一阶段是企业象管理其有形资产一样来对其知识资产进行管理, 既获取资产并将其“存放”在能够被容易获取的地方; 第二个阶段是根据工作业务进行知识供应链管理, 做到在最合适的切入点将知识非常好的融入到产品当中。Verna Alle 则认为知识网络是通过内部群体或共同兴趣者相互关联构成。

本文研究的基于网络服务的冲压设计所涉及到的知识管理有别于传统的以企业为研究单位的知识管理。本文认为, 一个完整的网络 KBE 系统是一个以网络服务为中心, 以领域知识为基础, 并集成知识供应链上所有企业的特殊知识, 能有针对性的提供符合客户需求的个性化知识与决策支持。一个完整的网络 KBE 系统的知识管理是以知识工程为基础, 目标在于提高知识利用的效率和知识推理的效度。它是一个以领域知识为主, 以个体知识为辅的一种网络服务式的知识管理模式。因此本文提出了 e-stamping 知识中心的概念。

把冲压设计从传统的数据管理、信息管理提高到知识管理的层次, 其目标在于:

- 提高知识获取和知识共享的程度;
- 提高知识检索和推理的效率;
- 提高知识重用的水平。

e-stamping 知识中心的主要内容包括:

- (1) SKML 语言框架的修改
- (2) 工艺知识的添加、删除和查询;
- (3) 工艺知识库的检测和维护;
- (4) 知识库的优化功能。

§ 3.2 e-Stamping 知识中心

§ 3.2.1 知识管理工具

知识管理的关键是选择适当的工具。

Lotus 认为, 仅仅将知识管理局限在从海量信息中提取有用资料是不够的, 还要找到具有专业知识的人, 这些人还要交流、互动、进行创造性的工作。于是, Lotus 将数据、资料及处理过程定义为“事物 (Thing)”、将建立在网上的虚拟工作环境定义成“场所 (Place)”、将员工、客户、专家、合作伙伴等定义成“人 (People)”, 而在人、场所、事务之间建立有机关联才是理想的知识管

理环境。其中, K-Station 已经具有知识管理系统必备的知识管理功能, Discovery 服务器则是对前者的增强。在 K-Station 中, 每个人都有自己的场所——个人场所 (Personal Place)。个人场所为担任不同角色的人员提供定制的日常工作环境。在个人场所中可进行电子邮件处理、管理日程、讨论、获取订阅资料、编辑文档等操作。沟通场所 (Community Place) 为由相关人员组成的小组提供了共享与共同工作的环境。所有个人文档都被加上了基于场所的标签, 并按场所将文档进行分类归档。这种机制为文档的共享和检索提供了方便。在场所中可以看到何人正在线上, 并列出了共享场所的清单, 在线上的人可以相互进行即时的消息沟通。

在文本挖掘软件中, IBM 的 Text Miner 很有代表性, 其主要功能是特征抽取、文档聚集、文档分类和检索。Text Miner 的特征抽取器能从文档中抽取人名、组织名和地名以及由多个字组成的复合词。此外, 特征抽取器还能抽取表达数字的词汇, 例如, “钱”、“百分比”、“时间”等。抽取完特征以后, 有相似特征的文档就被自动聚集成一个集合。利用这一功能, 知识管理系统可以从大量文档中找到相关文档。

Autonomy 最核心的产品是 Concept Agents。在经过训练以后, 它能自动地从文本中抽取概念。在 Autonomy 看来, 按照香农的信息论, 文档中除有效概念外, 还有大量的冗余信息。而词或短语是否为冗余可根据它在文档中的随机度 (概率) 来判定。如果能滤去冗余, 就可从文档中自动抽出表达文档主题的概念。在这个方案中, 先要对系统进行训练, 处理一些文档, 由使用者对非冗余概念做出认定和识别。按照贝叶斯概率理论, 这一步实际上是让系统获得关于概念的先验概率。系统在随后的自动处理中根据这些概念在文档中出现的实际情况, 按贝叶斯公式求出后验概率, 以此作为冗余过滤的依据。这一方法与语种无关, 由于每个用户都要对系统进行个别训练, 因而系统的文本挖掘天然就具有高度个性化的特点。

TelTech 提供三类服务: 第一类服务由专家提供。TelTech 拥有数千名签约专家, 他们主要是有成就的学者、退休的资深专业人士和愿意提供咨询服务的专业人士。TelTech 并不试图将这些人的知识存入计算机, 再以专家系统的方式提供服务, 而是维护专家档案, 当客户需要用服务时, TelTech 的知识工程师就帮助客户分析问题, 并向客户推荐技术专家。第二类服务是专业文献检索, 用户可以自己通过 TelTech 的门户网站进行检索, 也可以在知识工程师的帮助下进行检索。第三类服务是产品与厂商检索, 这种服务也是通过其门户网站提供。

上述几种都是在知识管理领域占有一席之地而又有自身独特的管理理念的商业化知识管理系统或平台。搭建 e-stamping 知识中心, 本文需要采用的是开放式的基于网络的知识系统开发平台, 并且可以存储和管理基于 SKML 的知识, 因此引入了美国 Stanford 大学 Medical Information Laboratory 开发的 Protégé-2000。

Protégé-2000 是一个具有图形界面支持的, 可以用于本体编辑和知识获取、知识管理。它可以支持开发者自定义的语言模型, 可以为本文研究的 SKML 知识表示提供支持。它具有如下几个突出的优点:

- (1) Protégé-2000 是由 Java 语言开发的管理工具, 实现了底层系统的平台无关。并且支持在源代码上进行二次开发, 既可以作为 Stand-alone 的软件单独运作, 也可以作为 Plug-in 嵌入开发者的系统之中, 实现功能模块级的构件重用。
- (2) Protégé-2000 支持本体的编辑, 其语言模型支持基于 XML 和 RDF 的开发, 并内置对诸如 OIL、XOL、DAML+OIL、SHOE 等语言。因此, 无需过多的修改, Protégé-2000 就可以很好的嵌入 KBE 系统运作。

(3) Protégé-2000 提供了对基于 Java 的推理机 Jess 的连接, 极大的方便了从知识处理到知识管理的集成, 而 SKML 作为其中的知识表示的中性文件, 亦体现了基于网络设计的优势。

(4) Protégé-2000 不但可以处理 SKML 数据, 而且还提供了直接和 JDBC 连接的手段, 使之可以方便的管理不同格式的知识源。

本系统选用 Protégé-2000, 在此基础上进行规则的获取, 并作相应的开发, 以实现基本的知识维护和知识共享。

§ 3.2.2 知识链

一个知识系统的知识链通常包括知识的识别、知识的获取、知识的开发、知识的分解、知识的储存、知识的传递、知识的共享以及知识产生价值的评价等环节, 在这个知识链上, 形成了一条知识流, 其整个知识链如图 3-1 所示。

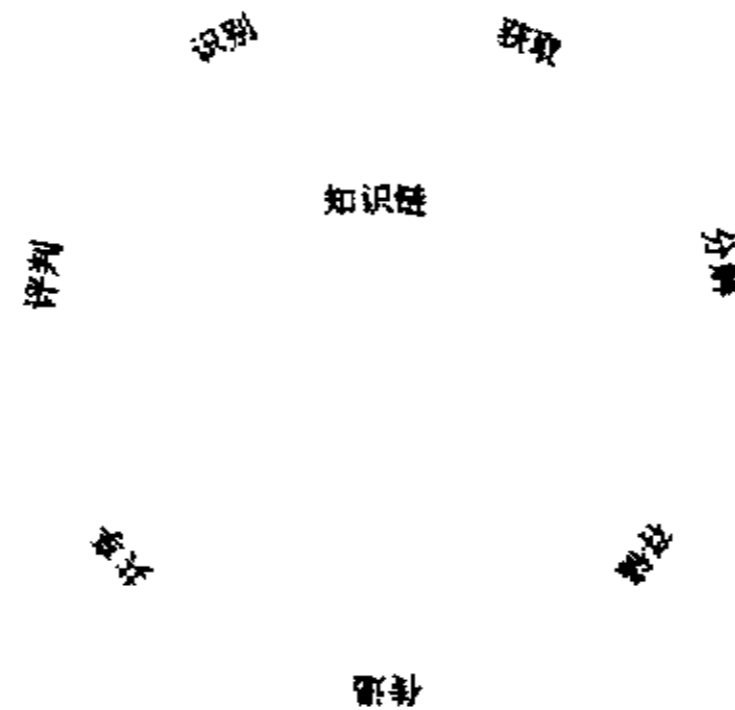


图 3-1 设计知识链

Fig. 3-1 Design knowledge chain

在 e-stamping 知识中心, 知识管理的具体方式就是将整个冲压设计的知识汇总成 SKML 文档, 放在网上, 形成一个公共知识库, 随时可供取阅; 每个独立用户可以构造私有的知识库, 用于辅助推理, 供自身使用。该知识库要有一套系统来支持和服务, 以及一些基本的安全措施和网络权限控制功能。开发工程师可以利用该系统管理和调整 SKML 元语言定义, 知识支持工程师可以利用该系统维护公共数据库, 而客户可以通过网络来查询公共数据库, 并维护私域信息。

本文基于上述考虑, 提出了如图 3-2 的知识链管理模式。

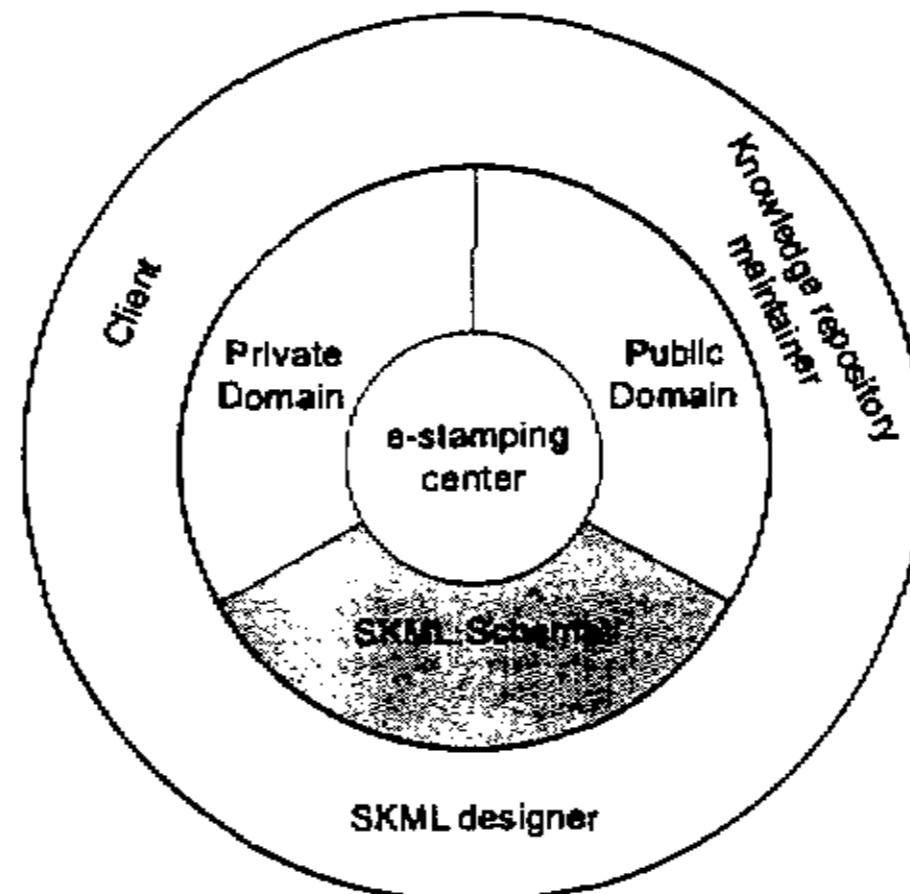


图 3-2 知识链管理

Fig. 3-2 Knowledge chain management

§ 3.2.3 知识共享与知识集成

知识管理和集成除了常规的检索、统计、存储以及增加、删除、修改等操作之外，重点是知识库的维护工作。它主要涉及知识的正确性验证、一致性验证和完备性验证这三个方面的内容。

- (1) 正确性验证 工艺知识的正确与否是决定基于网络的工艺设计能否达到专家水平的关键因素，所以知识库维护的前提是必须保证工艺知识的正确性。正确性验证应在知识输入之前进行，即由领域专家对每一个知识模块中的每一条知识进行综合评价，只有取得共识的工艺知识才被认为是正确的，才允许输入核心知识库。
- (2) 一致性验证 知识的一致性是指知识间不允许存在矛盾、冗余、循环和包含等错误。其验证方法是在新规则输入知识，将新规则与所属子知识库中的原有规则逐条比较进行。而且，知识库中也预设对获取的新知识的一致性验证规则。针对不确定知识，需要给出相应的置信因子。
- (3) 完备性验证 知识的完备性是指知识库完全包含了工艺设计领域所必需的完整知识，能满足预先定义的约束条件。当存在应该推出某一结论的条件，却推不出这一结论，不能形成这一结论的推理链，就认为知识库是不完备的。

一个能够满足使用要求的 e-Stamping 知识中心，应具备以下的一些基本功能：

- (1) 可扩展的数据获取和导入 知识中心必须提供一个知识入口，以便包含在文档、系统中和其它形式的信息，以使每个客户的私域知识可以规范化的存储和表示。
- (2) 知识分类机制 知识中心必须提供一套方便可用的人工知识分类体系和可设定的自动分类体系。
- (3) 强大而灵活的分布式搜索 能够让用户指定需要搜索的范围，从知识中心的一个视图到整个知识中心，到分布式的知识库，并链入知识管理系统的其它应用（如外部数据库、文件集等），进行关键字、全文及附件等的检索。
- (4) 分级权限管理 知识中心的每个客户和技术支持工程师拥有自己的用户名和密码，可以进行各自权限内的知识处理。
- (5) 多种发布方式 用户可以在有需求的时候按照合适的方式在知识中心进行知识定位；也可以用网络寻呼的方法向专家进行咨询和探讨；还可以根据需要预定所需的知识材料，并通过系统的邮件系统进行自动发送。
- (6) 多视图的知识展现 知识中心必须能够以多种简洁明了的方式进行展现，让客户明确知识中心的结构，同时又可以针对不同的用户定义个性化的视图。
- (7) 协同过作能力 创造、共享和使用知识的过程，通常包含着各种程度和方式的协同方式。

在 protégé 的基础上进行二次开发，可以建立一个规范的知识管理的框架。图 3-3 是一个基于 protégé 的知识管理界面，其中包含了 SKML 文件的输入输出，元知识的编辑，实例的编辑，知识的查询，和知识获取等页面。图 3-4 是面向 SKML 的设计和维持人员的元知识或者说是 SKML 的本体模型的编辑界面，可以详细定义从形状特征到工艺特征，从冲压工序到工序选择规则的格式。其实质就是编辑 SKML Schema 文件。图 3-5 提供了冲压知识管理和维护者进行知识查询的界面，图 3-6 是一个简单的知识获取方式。而图 3-7 则是 e-Stamping 知识中心面向客户的网络界面，在这里，客户可以定义私域知识，并进行编辑实例等简单操作。

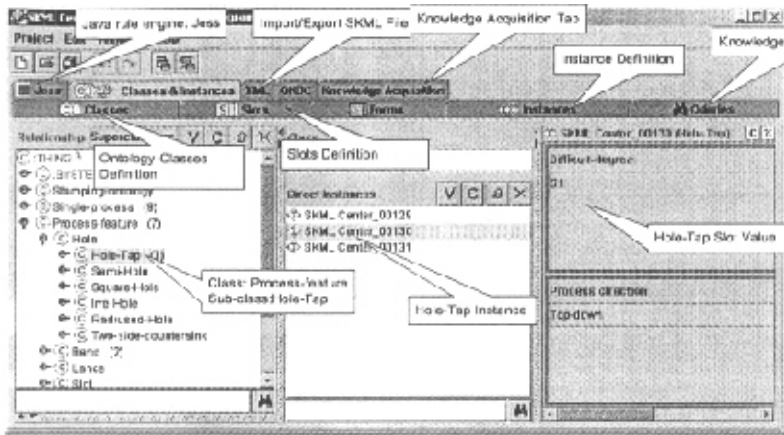


图 3-3 e-stamping 知识管理界面

Fig. 3-3 e-stamping knowledge management interface

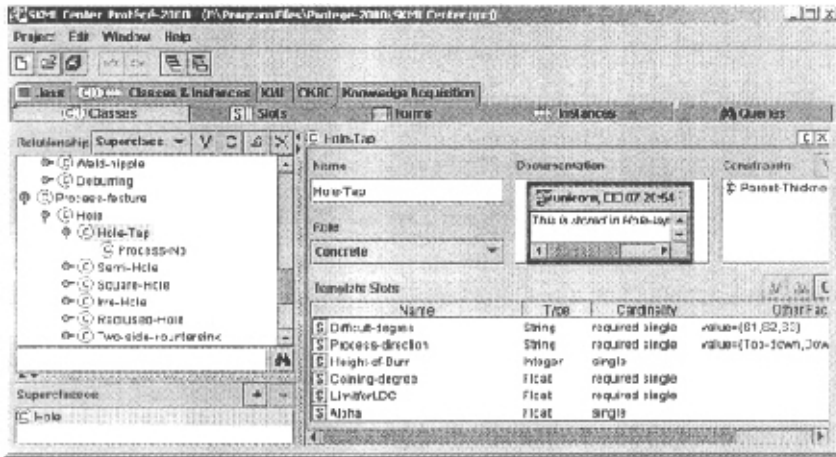


图 3-4 基于 SKML 本体编辑

Fig. 3-4 SKML-based ontology edit

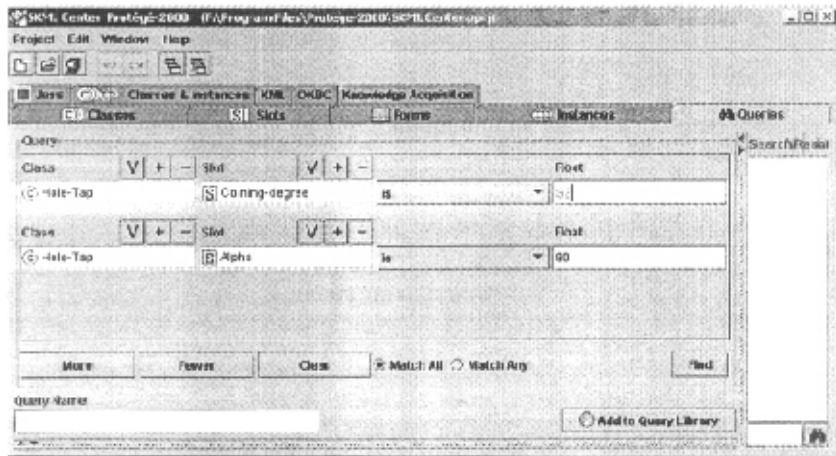


图 3-5 知识查询

Fig. 3-5 Knowledge query

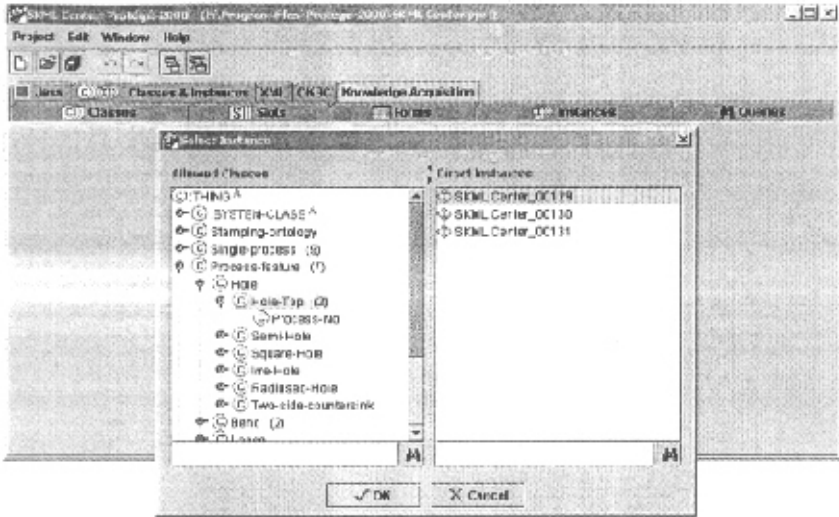


图 3-6 知识获取

Fig. 3-6 Knowledge acquisition



图 3-7 基于网络的客户界面

Fig. 3-7 Web-based client interface

§ 3.3 面向 Internet 的知识推理

§ 3.3.1 知识推理工具

知识推理是人工智能的一块基石。所谓推理就是寻求已有前提与结论之间的某种关系，它和约

束满足、搜索一起被称为人工智能问题求解的三大方法。根据不同的知识表示形式、知识管理策略，特别是知识推理机制，研究人员开发了多种知识推理工具。其中最知名的当数 CLIPS。

CLIPS 是美国航天局 (NASA) 所属约翰逊空间中心人工智能部 20 世纪 80 年代末用 C 语言开发的通用专家系统工具，是典型的高效正向推理的产生式系统。CLIPS 采用产生式规则作为基本的知识表达模式，其核心由事实库、规则库、推理机三大部分组成。

- **事实** 用来表示已知的数据或信息。事实是一个 N 元式，有一对圆括号括住的一个或 N 个域组成，这些域的数据可以是三种不同的类型，即：字（以字母打头的字符串）、符号串（括在一对双引号内的一个或多个字符串）、数值（整数或实型数），域之间用空格分开。所有事实都保存在工作存储器中，所以称事实为工作存储元素。
- **规则** 用来表示系统推理的有关知识。CLIPS 中的规则是变形的产生式规则。
- **待处理事件表** 用于存储匹配成功的规则集合，它相当于一般产生式系统中的冲突集。待处理事件表实际上是一个堆栈，所有激活的规则被按优先级别定义的次序压入堆栈。规则的优先级别由用户在 CLIPS 程序中定义。系统将选择待处理事件表中优先级最高的规则执行。

CLIPS 的推理机制是在 OPS (Official Production System) 基础上发展起来的，其基本工作原理与 OPS 推理机类似，工作周期由匹配、选择、执行三个主要阶段，其推理机的工作过程为：

- (1) 模式匹配，扫描规则库，把所有规则的模式与事实表中的事实进行匹配，检查那些规则的条件能够满足；
- (2) 激活所有匹配成功的规则，把他们放进待处理事件表中；
- (3) 弹出堆栈顶部的规则（优先级最高），执行其后件部分所规定的动作。

CLIPS 系统不仅是一种知识推理工具，也是一种实用而高效的知识表示模式，具有知识表示模块化、维护方便、推理方向的可逆性及控制机构的多样性等优点，但也存在推理效率低、速度慢、实时性差，随着规则库规模的增大容易产生组合爆炸等缺点。

为了实现基于网络的分布式推理，必须采用跨越平台界限的基于 Java 的知识推理工具。常见的有 ILOG 的 JRules 2.1^[40]，HNC 的 Blaze Advisor^[41]，以及 Ernest J. Friedman-Hill and Sandia National Laboratories 开发的 Jess^[42]。

本文使用 Jess 作为推理工具。它是一个规则推理机，最初来源于 CLIPS。但由于基于 Java 开发，它可以二次开发成一个分布式的 Java 程序，对产生式规则推理。它的核心仍然保持对 CLIPS 兼容，或者说 Jess 脚本就是 CLIPS 的脚本，但它运行效率却比 CLIPS 快。Jess 使用 Rete 算法处理规则，可以进行正向和反向推理，还可以直接处理 Java 对象。更为重要的是，它可以直接处理基于 XML 语言的规则，并能嵌入 protégé 构成一个集成系统。

§ 3.3.2 传统知识推理技术

推理是依据一定的策略，从已知的事实推出结论的思维过程。实现知识推理的过程可以描述为在问题相关的状态空基纳中，应用规则和相应的控制策略，搜索出一条从开始状态到目标状态的路径。推理的源头是演绎三段论，它利用两个正确命题之间的关系推出第三个正确的命题。从这个源头出发提出了各种推理方法。

传统推理核心机制是蕴含、匹配、和替换。传统推理机中的一个特征是在若干推理步骤之间形成一条推理链。采用不同的分类标准可以对各种形式的推理进行分类，例如：按推理的方向来分，有正向推理、反向推理、正反向混合推理；按推理的单调型来分，有单调推理和非单调推理；按知

识的确定性来分,有精确推理和不精确推理;按知识的表示模式来分,有过程化推理、形式化推理、条件检索及执行推理和联想推理;在工程应用中,常根据知识的类型来分,有基于规则的推理(RBR, Rule Based Reasoning)、基于模型的推理(MBR, Model Based Reasoning)、基于事例的推理(CBR, Case Based Reasoning)。

RBR 指基于启发式规则知识进行问题匹配推理,它将专家的知识 and 经验抽象为若干推理过程中的启发式规则。许多知识系统开发工具采用这种推理机制。RBR 推理过程易于理解、推理效率较高,但 RBR 的专家知识和经验的获取比较困难,特别是对于象工程设计系统这样比较复杂且规则的条件多解的系统,全面地收集领域专家知识和经验,困难更大。

MBR 是根据反映事物内部规律的客观世界的模型进行推理,一般采用结构化的深度领域知识求解问题,将问题描述成结构-功能-行为信息。MBR 利用作为待解决问题的系统结构或组成要素等的特性、原理或原则,建立一数学模型,然后再利用该数学模型结合问题的条件,对系统作出推理、判断,以达到解决系统的目的。作为一种深层次的推理方法,其具有较好的通用性,能处理创新问题的解,然而它存在系统维护困难、推理效率低、模型知识获取困难等缺点,尤其是模具设计这种求解问题规模过于庞大的领域,模型的管理变得难以控制和协调,更无法设计推理结果中的具体细节,从而在一定范围内限制了该方法的应用。

MBR 推理的基础是知识模型的建立,客观事物的规律普遍具有多样性决定了 MBR 涉及到多种知识模型,如几何关系层次模型;结构-功能-行为模型;因果模型等,这些模型是为了提高系统应用的有效性和智能化层次。一般认为推理策略是指解的搜索算法,在 MBR 推理中不同的模型将对应不同的推理策略。如在故障诊断领域层次分类模型采用基于“假设-建立”机制;结构-功能-行为模型采用“冲突识别与候选产生”机制;层次因果模型采用“层内诊断、层间诊断”机制;

CBR 通过复用或修改以前的事例来进行问题的求解和学习。CBR 不仅是简单的复用而且也是具有创新性的问题求解方法,它可以通过修改规则和修改算法,对于待解问题不十分相似的以前处理过的问题解答/解释做出适应性的修改使之能够适应新的情况,由此得到待解问题的处理方案。CBR 具有知识库创建简单、推理效率高、知识库维护方便。

CBR 将一个待解问题描述定义为一个新事例,这个新事例用于从事例集检索出一个相近的事例,通过事例复用,检索到的旧事例与新事例结合成一个包含解答部分的新事例,即待解问题的一个解答建议。然后需要对这个解答进行测试:到具体任务领域中应用,或通过评价函数测评,如果失败,则对其进行修改,然后再对其进行测试。最后,有价值的经验将被保存起来,通过学习新事例或修改一些现存事例来扩充与修正事例库。

由于各种推理方法各具有优势和不足,在复杂系统,可针对具体情况将各种推理方法进行集成。

在 CBR 系统结构的问题分析器、事例调整期、事例检索器及事例修复器等分系统中,使用一部分产生式规则作为某些中间结果的推理基础是完全可行的,也会使整个系统变得更加简洁。同理,MBR 推理机制同样可以与 CBR 推理机制联合使用,如首先使用 CBR 求得问题的近似解,再将这一结果作为 MBR 的中间变量用 MBR 求得问题的最优解。采用 MBR 和 CBR 相结合的方法,提出一种 PBR (Prototype-Based Reasoning) 推理机制,在这个模型框架结构中首先把一个复杂的大系统分解为若干个意志的分系统的组合体,在用 CBR 求得个分系统的解之后,再用 MBR 求得组合体的解。图 3-8 为一集成 RBR、MBR、CBR 推理机制的框架图。

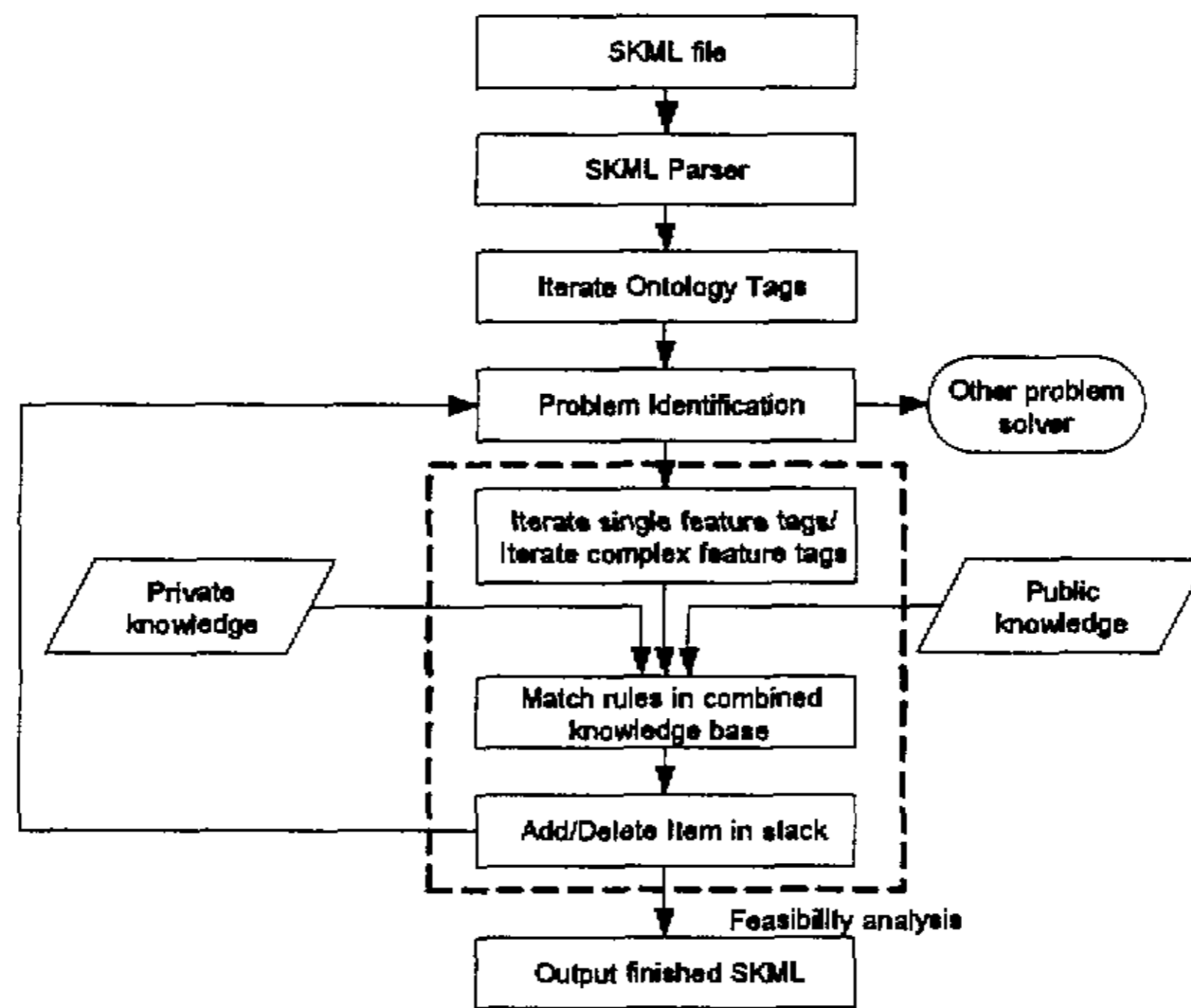


图 3-9 可成形性分析的分布式推理框架

Fig. 3-9 Distributed inference framework for feasibility analysis

§ 3.4 本章小结

本章在前一章的基础上，探讨了冲压设计中的知识管理和知识处理技术。知识表示实现之后，知识管理和知识处理就成了应用的关键。本章分析了知识工程和知识管理的研究范畴和发展现状，认为应该在知识工程的基础之上研究工程领域的知识管理。针对本文讨论的基于网络的技术服务和电子商务的新概念，认为：建立 *e-Stamping* 知识中心，实现语言框架的定義者、技术支持工程师和客户工程师三方的知识维护和共享模式，以服务器为中心，实现知识链的全方位全周期的管理模式。在第三节，讨论了传统知识推理技术，并对本文研究的主旨提出了相应的分布式知识推理框架。

第四章 基于网络的 KBE 系统框架

§ 4.1 网络数据库系统

如果 XML 需要在网络设计上大展宏图的话,就必须要和数据库相联系。首先,XML 本身不是数据库,从严格的意义上来说,XML 仅仅意味着 XML 文档。因为尽管一个 XML 文档包含数据,但是如果不通过其它的软件来进行数据处理的话,它本身只不过是一个文本文件。所以 XML 本身不能和数据库挂上钩,但是加上一些其他的辅助工具,则可以把整个 XML 看成是一个数据库系统,XML 文本本身可以看成是数据库中的数据区,DTD 或者 Schemas 可以看成是数据库模式设计,XQL 可以看成是数据库查询语言,SAX 或 DOM 可以看成是数据库处理工具。当然它还是缺少数据库所必须的一些东西,比如有效的存储组织、索引结构、安全性、事务处理、数据完整性、触发器、多用户处理机制等等。

XML 是作为一种中间表示的元语言而存在的,即本文提出来的 SKML 语言所表达的知识 and 特征模型都是针对客户和服务程序而言的。KBE 系统的商业逻辑只需要关心的是数据本身应该具有的结构,而并不在乎它在文档中实际的存储结构。对于较为简单的应用程序,基本的文件系统将满足需求,但如果应用本身很复杂的话,就需要一个完整的开发应用环境来支持 SKML。从另一个方面来说,管理一个由一系列 XML 文档构成的网站,需要提供给用户一个搜索该站点内容的机制。而这些都需要借助数据库来实现。选择一个数据库的最重要的因素是开发者是否需要数据库来存储数据或者是文档。如果想要存储数据的话,需要一个关系数据库或者是对象数据库来存储实际的数据,同时也需要中间件在数据库和 XML 文档之间建立桥梁关系,从另一方面来说,如果想要存储文档,则需要一个内容管理系统,通过它进行文档的存储。实际上,XML 文档可以分到两大类:以数据为中心或者以文档为中心。

为了存储或提取数据,可以使用数据库和中间件,或者可以使用 XML 服务器,或者是基于 XML 的 Web 服务器。为了存储文档,就需要一个内容管理系统或者是可持久化的 DOM 实现。可以在数据库或者是 XML 文档中发现大量基于数据为中心的文档。这样就需要工具把数据从数据库转化成 XML 文档,或者把一个 XML 文档转换到数据库中。同时需要注意的是,当把数据存储到数据库中时,需要抛弃一个文档的很多信息,比如它的名称和 DTD,它的物理结构,比如实体定义和使用,一个节点下元素的位置排列,二进制数据的存储方式等等。同样,当从数据库中提取数据的时候,产生的 XML 文档通常不包含 CDATA 或者是实体使用的说明,而且节点下元素的排列位置只和数据库中记录的顺序位置一致。实际上一个 XML 文档存储到数据库中,再由该数据库生成此 XML 文档,这前后两个文档格式几乎不可能完全一样。然而这并不影响 XML 的实质表达。

为了在数据库和 XML 文档之间传递数据,必须在文档结构和数据库结构之间建立映射,这种映射可以有两个分类:模板驱动和模型驱动。支持 XML 的数据库系统 (XML-Enabled Databases): 数据库提供了扩展的功能,能够在 XML 文档和数据库之间进行数据的传输。通常是设计成为能够存储和提取以数据为中心的文档。一般来说是把 XML 文档进行解析以后,存储到相应的表格中,

当然,也可以存储以文档为中心的文档,也就是说把整个文档作为一个单一的表中的一个字段,然后通过文本检索机制进行查询。因为许多数据库现在能够把内容发布到网站上,基于 XML 的数据库和 XML 服务器之间的差别就变得很模糊。

典型的产品如微软的 SQL Server 2000, Oracle 的 Oracle9i 等都提供了许多方式支持 XML 技术的应用。实际上,在一个数据库中存储 XML 文档可以有四种选择:

- (1) 以文本形式存储整个文档,比如在关系数据库中用 BLOB 类型,在文件系统用文件类型。
- (2) 在文件系统中以修改过的形式存储整个文档,比如,以压缩的形式或者事先解析过的形式。
- (3) 把文档结构映射到数据库中,比如把 DOM 模式映射成为数据库中表格的形式。如何建立映射,各个数据库可以有不同的实现。
- (4) 把数据结构映射到数据库中,比如,把一个包含锥形孔特征的 XML 文档映射到特定的表格中。

除传统的关系数据库外,还有一种称为 XML 服务器的产品,它提供的数据就是以 XML 形式出现的,而这些数据主要是为分布式应用程序服务的,比如电子商务和 B2B 应用等。XML 服务器通常包括了一个完整的应用开发环境,并通过各种数据存储方式来使应用程序可以方便的获取和使用这些数据。存储的数据包括传统的数据库数据、电子邮件信息和文件系统等等。现在已经有许多的产品称自己为 XML Server,比如 DataChannel 公司的 DataChannel Server 4.1; Software AG 公司的 Tamino; Excelon 公司的 excelon。它们能够以 XML 文档的形式与分布式的应用进行数据交互。比如电子商务这一类的应用。它们和数据库一样提供数据的存贮与提取功能,但数据的格式的是基于 XML 的,因此在数据的处理方面,所用的是和传统数据库完全不同的技术了。

通过 Web 页面访问数据库可以使用通用网关接口 CGI (Common Gateway Interface)、服务器端应用编程接口 SAPI (Server Application Program Interface)、ASP (Active Server Page) 和 Java 等实现。

CGI 规定了浏览器、Web 服务器和外部应用程序之间数据交换的标准接口。通过这个接口,客户端利用 HTTP 的 GET 或 POST 方法向 Web 服务器提出请求,Web 服务器运行对应的 CGI 程序,CGI 程序向数据库服务器提出请求及完成相应处理后,返回 Web 服务器查询结果,进而返回给浏览器。CGI 应用程序可以实时产生动态的 HTML 文件,能根据用户的需求输出动态信息,将数据库服务器中的信息作为数据源对外提供服务,从而将 Web 服务和数据库服务结合起来。CGI 应用程序可由任何一种程序语言编写,比如 C/C++、Perl、VB、TCL 等等。目前,几乎所有的 Web 服务器软件均支持 CGI。但是,CGI 的应用程序不能由多个客户的请求共享,这样每一个客户请求就会增加一个 CGI 进程,当客户请求数量相当多时会大量挤占系统资源,影响资源的使用效率,导致性能的降低和等待时间的增加。

针对 CGI 的局限,Web 服务器厂商开发出 Web 服务器与外部扩展程序交互的 SAPI。SAPI 随 Web 服务器的不同而不同,最流行的两种 SAPI 是 Netscape 的 NSAPI (Netscape Server API) 和 Microsoft 的 ISAPI (Internet Server API)。SAPI 应用程序与 CGI 应用程序最大的区别在于:前者是以动态链接库的形式存在,而后者一般都是可执行程序。一个 SAPI 应用程序是一个 DLL,在被用户请求激活后并不生成进程,而是在服务器的进程空间中运行,当其他客户机请求到达时,可以共享同一个 DLL,从而减少了内存开销和启动时间。ISAPI 有两个主要的部件:Internet 数据库连接器 (IDC) 和 OLE ISAPI。IDC 可以在 HTML 页和注册的 ODBC 数据源之间建立通信(图 4-1A)。

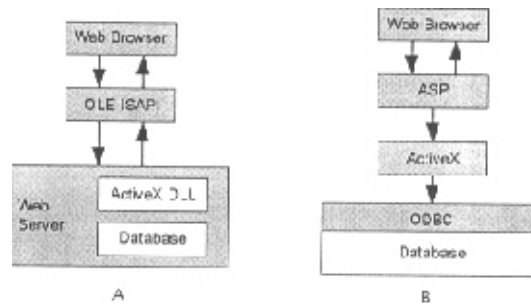


图 4-1 ISAPI 和 ASP 的数据库访问

Fig. 4-1 Database access of ISAPI and ASP

但是 SAPI 应用程序开发难度较高，因为 SAPI 应用程序与 Web 服务器结合得太紧密，SAPI 应用程序实际上成了 Web 服务器内核的一部分。另外，SAPI 应用程序移植性差，开发出的应用程序往往只能在相应的 Web 服务器上运行。Microsoft 公司于 1997 年 10 月推出了一个功能强大的 web 应用程序开发的 Active 服务器页 ASP，它是服务器端的脚本文件，它可以是 HTML，也可以是 VBScript 或 JavaScript，ASP 的目的是提供可编程 HTML 页来响应 Web 页，满足用户的要求。ASP 文件只能运行在服务器上，不能在浏览器上运行。像 OLE ISAPI 一样，Active 服务页也可以使用服务器端的 ActiveX 部件，这些部件通常是 EXE 部件，返回的信息在 ASP 得到解释。ASP 数据流动如图 4-1B。

Java 的推出，使 WWW 页面有了活力和动感。Internet 用户可以从 WWW 服务器上下载 Java 小程序到本地浏览器运行。这些下载的小程序就像本地程序一样，可独立地访问本地和服务器资源。Java 是一种面向对象、多线程与平台无关的编程语言，具有极强的可移植性、安全性和强健性。但是最初的 Java 语言并没有数据库访问的功能，随着应用的深入，要求 Java 提供数据库访问功能的呼声越来越高。为了防止出现对 Java 在数据库访问方面各不相同的扩展，JavaSoft 公司指定了 JDBC，作为 Java 语言的数据库访问 API。

JDBC 是用于执行 SQL 语句的 Java 应用程序接口 API，由 Java 语言编写的类和接口组成。它是一种规范，能为开发者提供标准的数据库访问类和接口，能够方便地向任何关系数据库发送 SQL 语句，同时 JDBC 是一个支持基本 SQL 功能的低层应用程序接口，但实际上也支持高层的数据库访问工具及 API。所有这些工作都建立在 X/Open SQL CLI 基础上。JDBC 的主要任务是定义一个自然的 Java 接口来与 X/Open CLI 中定义的抽象层和概念连接。JDBC 的两种主要接口分别面向应用程序的开发人员的 JDBC API 和面向驱动程序低层的 JDBC Driver API。JDBC 完成的工作是：建立与数据库的连接；发送 SQL 语句；返回数据结果给 Web 浏览器。

采用 JDBC 技术，在 Java Applet 中访问数据库的优点在于：直接访问数据库，不再需要 Web 数据库的介入，从而避开了 CGI 方法的一些局限性；用户访问控制可以由数据库服务器本地的安全机制来解决，提高了安全性；JDBC 是支持基本 SQL 功能的一个通用低层的应用程序接口，在不同的数据库功能的层次上提供了一个统一的用户界面，为跨平台跨数据库系统进行直接的 Web 访问提供了方案。从而克服了 API 方法一些缺陷；同时，可以方便地实现与用户地交互，提供丰富的图形功能和声音、视频等多媒体信息功能。

因此，JDBC 提供了良好的数据接口，而通过 Java 的 JAXP 类库，我们又可以方便的调用 SKML 的数据，两者结合，解决了 SKML 的数据库存储问题。

§ 4.2 网上 3D 浏览

为了实现在互联网上的 3D 协作,大量的 CAD 开发商投入巨大的热情,开发除了许多支持网络 3D 浏览的工具。

Alibre Design 的用户可以离线建立一个模型,然后可以在任何时间通过 Email 连接其他愿意加入的人开始一个协作会议。在虚拟设计评测阶段,任何人都被允许添加或者修改特征。尺寸和标注也被允许,新版本还允许在互联网上传送声音文件,和附加的聊天短信。其他的没有特征和修改的模型也可以引入。

IX SPeeD 是 ImpactXoft 公司的一套产品。它的一项先进特征称作设计意图融合,它能自动的协调模型的各种变动,甚至是在一个协作会议中被不同的用户使用。在设计会议中,每一个参与者的改动都被鉴定,传送和记录。由于传送比较少的数据,这些改变的结果都是实时的。它还可以限制特定的用户不具有修改能力,使他们只能观察模型。

SolidWorks 2001 使用微软的 Netmeeting, SolidWorks 有一个 3D 会议命令它允许用户和他们邀请的任何人共享信息。对于一个对等的网络,其他的用户不需要 SolidWorks 来进行修改并且也不需要服务器。然而,如果有防火墙的存在,可以在防火墙外建立一个服务器。SolidWorks 已经在 NetMeeting 功能中加入了预定会议的性能。

WebScope 3D 是一个基于 Java 的软件,它把 CAD 模型转换成 Java 对象,从而建立一个更为有效的文件。它允许用户在一个用户自己的主机服务器上进行协作。其他的用户,比如说供应商,可以进入并进行对话。可视化工具包括幻灯片设置,剪切剖面。这个软件可以使用 PTC、UGS 的所有文件,还包括 Parasolid, STL, VRLM 和 IGES。

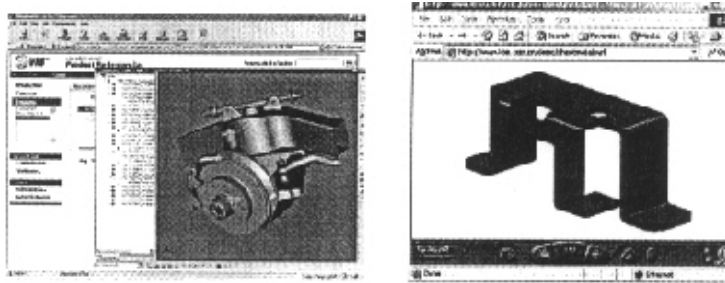


图 4-2 e-vis 方案和 VRML 方案

Fig. 4-2 e-vis scheme and VRML scheme

其它的技术还包括有 Cult3D, Pulse3D, Sev, 3DML、MetaScream 等。对于几家大型 MCAD 的软件公司来说,它们也提供了相应的 3D 协作工具。Parametric Technology Corp.的 Windchill 产品允许用户进行协作产品开发。UGS 把 EAI 的产品 I-MAN 作为最主要的协作工具。这些产品包括 e-vis 联接,一个新的基于互联网联接制造商和它的供应商等的可视化协作解决方案(如图 4-2A)。还有两个协作浏览解决方案,一个叫做 VisView Standard,它可以打开包括 IGES, STEP, 和 AutoCAD DXF 在内的文件,还有一个 VisView Professional 它可以进行高级 3D 浏览,具有幻灯片特征和批注工具,它还有一个比较两个 3D 模型并加亮不同之处的工具。Dassault Systemes 主要依靠 ENOVIA 来进行 3D 协作。

虚拟现实技术与多媒体、网络技术并称为三大前景最好的计算机技术。自 1962 年, 美国青年 Morton Heilig 发明了实感全景仿真机开始。虚拟现实技术越来越受到大众的关注。以三个 I: 即 Immersion 沉浸感, Interaction 交互性, Imagination 思维构想性, 作为虚拟现实技术最本质的特点, 并融合了其它先进技术。在国际互联网发展迅猛的今天, 具有广泛的应用前景。

VRML (Virtual Reality Modeling Language) 开始于 20 世纪 90 年代初期。1994 年 3 月在日内瓦召开的第一届 WWW 大会上, 首次正式提出了 VRML 这个名字。1994 年 10 月在芝加哥召开的第二届 WWW 大会上公布了规范的 VRML1.0 标准。VRML1.0 可以创建静态的 3D 景物, 但没有声音和动画, 你可以在它们之间移动, 但不允许用户使用交互功能来浏览三维世界。它只有一个可以探索的静态世界。

1996 年 8 月在新奥尔良召开的 3D 图形技术会议 Siggraph'96 上公布通过了规范的 VRML2.0 标准。它在 VRML1.0 的基础上进行了很大的补充和完善。它是以 SGI 公司的动态境界 Moving Worlds 提案为基础的。比 VRML1.0 增加了近 30 个节点, 增强了静态世界, 使 3D 场景更加逼真, 并增加了交互性、动画功能、编程功能、原形定义功能。

1997 年 12 月 VRML 作为国际标准正式发布, 1998 年 1 月正式获得国际标准化组织 ISO 批准, 简称 VRML97。它这意味着 VRML 已经成为虚拟现实行业的国际标准。

1999 年底, VRML 的又一种编码方案 X3D 草案发布。X3D 整合正在发展的 XML、JAVA、流技术等先进技术, 包括了更强大、更高效的 3D 计算能力、渲染质量和传输速度。以及对数据流强有力的控制, 多种多样的交互形式。

利用 VRML 可以在 Internet 上建立交互式三维多媒体虚拟境界。VRML 的基本特征包括: 分布式、交互式、平台无关、三维、多媒体集成、逼真自然等, 被称为第二代 Web, 其应用非常广泛, 包括科学研究、教育、工程、建筑、商业、娱乐、广告、电子商务等, 已被越来越多的人所重视。VRML 像 HTML 一样, 用文本格式来描述虚拟境界, 文件体积很小, 十分适于在网上传播。

由于 VRML/X3D 已经成为网络上的三维浏览标准, 并获得了大多数的主流 3D 产品的支持; 由于 Netscape 和 Internet Explorer 都自带 VRML 插件, 支持对 wrf 格式文件的浏览显示, 故相对与前述的一些产品而言, 具有更为广泛的实用性。本文认为 VRML/X3D 是一种极具发展前途的支持网络设计的 3D 浏览格式。图 4-2B 是采用 Cosmo player 插件在浏览器里显示零件的界面。

在 VRML 中, 节点是构成虚拟场景的基本单元。节点由域和事件组成, 域的取值决定了节点的取值, 从而决定了虚拟境界的当前状态。事件包括入事件 (eventIn)、出事件 (eventOut) 以及外露域 (exposedField) 的一对隐含的事件入口 (set_xxx) 和事件出口 (xxx_changed), 事件为节点提供了接受外界 (如外部程序 Java Applet) 消息以及向外界发送消息的能力, 通过事件可以动态的改变虚拟境界的状态。

VRML 文件描述的虚拟境界需要经过带有 VRML 插件 (plug-in) 的浏览器的解释, 才能呈现给观察者。而 VRML 的 EAI (External Authoring Interface 外部程序接口) 是一个与 VRML 插件相联系的 Java 包, 它允许一个 Java Applet 主要以三种方式访问 VRML 中的场景:

- (1) 可以发送一个事件到 VRML 场景中节点的事件入口。
- (2) 可以收到 VRML 场景中节点的事件出口发出的最新值。
- (3) 当 VRML 场景中节点的事件出口发出一个事件时, 能得到一个通知, 激活 callback 方法。

借助于在 Java Applet 中使用 EAI, 可以实现 Java Applet 与 VRML 虚拟空间之间的相互通信。具体的实现方法是: VRML 文件可以使用 HTML 文件的标记 <EMBED> 或 <OBJECT> 等包含在 HTML

文件中，而 Java Applet 可以通过 HTML 文件的标记<CODE>等同样包含在 HTML 文件中，这样包含在同一个 HTML 文件中的 Java Applet 和 VRML 虚拟境界可以相互访问，如图 4-3 虚框所示。

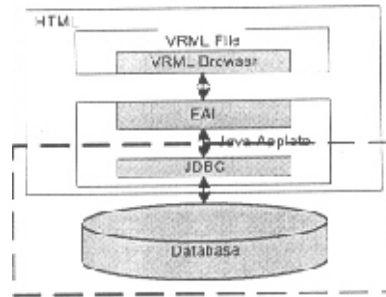


图 4-3 VRML 与 Applet 交互

Fig. 4-3 Inter-operation between VRML and Applet

虽然 VRML/X3D 和其它的 3D 协作工具为解决基于网络的设计给予了很大的帮助，但是从另一个角度来说，它们远远不能满足 CAD 开发和设计人员对网络设计的期许。这些工具的局限性也是显而易见的：

- (1) 由于基于网络的设计的核心思想之一是将大量的计算分布在高性能的服务器上，而客户端只是轻量级的浏览器。因此，脱离了高性能的芯片，客户端难以显示出高质量的三维模型和渲染。
- (2) 由于目前的网络带宽的限制，无法快速的传输体积庞大的图形。即便是采用压缩格式的 VRML，模型稍微复杂，文件大小也会多达数兆，难以满足实时响应的需求。
- (3) 由于网络设计需要大量的交互，需要在网络上频繁的传输数据，这个问题也未能很好的解决。

§ 4.3 基于构件与面向对象的系统设计

Web 最初的功能只是出版和广播静态电子文件，缺乏交互性，实质上是一个巨大的基于 URL 访问的文件服务器。自 1995 年末引入三层体系结构和 CGI 技术后，Web 发展成为一种交互性的媒介。传统的 Web 技术虽然拥有不少独特的优点，但无法胜任大规模的企业计算。这些方法的主要问题在于，它们需要 HTTP 和 Web 服务器作为中介，来协调服务器和客户机对象之间的通信，这必然在 Web 服务器处形成瓶颈。一个客户机对象无法越过 Web 服务器直接调用应用服务器对象，客户机与服务器之间交互的基本形式仍然是 HTTP 表格，这种通信方式对于复杂的客户机/服务器应用来说信息流量是相当大的。因而当客户端数目进一步增加后，Web 服务器的响应速度将会大大减慢；同时由于该体系结构不具备扩展性，一旦客户端日益增多的业务处理请求超过应用服务对象所能承受的负荷，整个系统就会无法正常运行。

为此，人们开始把分布式对象技术引进到 Web 上。分布式对象技术是近年来飞速发展的一种软件技术，该技术允许在不同机器上的对象相互传递消息。分布式对象的应用程序可以通过网络与其它对象应用程序互操作，就客户对象而言，无需了解服务器对象是用哪种语言建立、运行在何种操作系统、硬件平台之上，也无需知道它存在于系统的什么地方，只需知道对象的名字和对象的标准接口。一个位于大型机的分布式对象可以不加修改、而在 Windows、Unix 等其它任何平台上供

调用。另外，分布式对象易于管理，由于调用程序是通过对象的标准接口进行操作的，所以当对一个对象做出改动、升级时，调用程序不必做任何变动，也无需重新编译整个应用程序。

Web 技术、分布式对象技术两者的有机结合，导致了整个应用系统的体系结构从过去流行的 Client/Server 主从结构向灵活的多级分布式 Web 计算模型演变。典型的多级分布式 Web 体系结构可划分为三层：表示层（客户机层）、功能层（应用服务器层）、数据层（数据库服务器层）。

- 表示层是应用系统的客户接口部分，它担负着用户与应用间的对话功能。它用于检查用户从键盘等输入的数据，显示应用输出的结果。客户端采用 Web 浏览器，执行程序从 Web 服务器下载，可以跳过 Web 服务器直接与功能层的应用服务器对象交互。
- 功能层将传统的分别在客户端和服务器端的应用逻辑集中到一起构成应用服务器。应用服务器位于客户端和数据库服务器之间，使客户端变“瘦”，使数据库服务器更专注数据库操作。应用服务器对客户请求集中处理，向数据库服务器成批交 SQL 命令，当几个客户对相近的数据库内容进行查询时能起到更好的优化。
- 数据层该层就是 DBMS，负责对企业数据库的访问、管理及维护。

分布式 Web 计算模型具有以下优点：

- (1) 经济性、可维护性 在客户端只有简单的浏览器，这样在企业内部部署硬件时客户端有时只需要简单的网络计算机 NC 即可，大大降低了成本。由于浏览器执行的应用程序（如 Java Applet）是从 Web 服务器上下载来的，因此客户端不必安装及配置应用软件，而系统维护人员只需要在服务器端对服务器进行集中的维护。这给应用软件的维护、升级带来了巨大的好处。
- (2) 可伸缩性 分布式 Web 计算将复杂的业务处理分割成相互之间可交互调用和通信的若干业务功能部件或对象，并可将其分配到多个网络互联的应用服务器中实现负荷分担。这些应用服务器还具备对分布对象管理和实时调度的功能，能够迅速地将请求交给当时可用的对象，并随着请求的增多调用更多驻留在其他应用服务器上的对象。从而只要通过添加应用服务器便能满足日益增长的业务处理需要。
- (3) 强壮性 当某台应用服务器发生故障或失效时，分布式系统会自动把该应用服务器正在处理的事务请求移交给另外一台工作正常的服务器。
- (4) 软件重用及可裁剪性。在分布式 Web 计算中，业务处理是由许多分布式对象交互协作完成的。将来会出现更高层次的分布式对象组件和商务对象组件，可以针对每个企业的具体情况量体裁衣，选用不同的分布式商务对象组件来构筑应用系统。
- (5) 兼容性 由于对象可以建成与现有系统接合的方式，所以分布式对象是可以与现有系统一道工作的。一个对象如果具有与现有系统的接口，就可以在分布式系统中调用以前的程序，同时，使用分布式对象时，不必重建传统的应用程序。这样便大大加快了系统的开发速度，也节省了大量资金。
- (6) 异构性 网络分布的业务处理对象可访问不同的后台数据库，适合多种异构数据库环境，达到分布数据开放的效果。
- (7) 安全性 严密的安全管理。对业务处理对象的调用和数据库的存取权限是按层设置的。即使外部入侵者突破了客户机层的安全防线，若应用服务器层中备有另外的安全机构，系统也可阻止入侵者进入其他部分。
- (8) 独立性 在三层结构中，各层都具有相对独立性，于是每一层都可选取各自的最优解决方

案、最佳的开发语言和开发工具。

§ 4.3.1 面向对象的分析

传统的结构化的分析与设计方法在系统复杂程度增加后会造成软件系统功能与实际系统需求之间的偏差,这不但来源于子系统内分析、设计、实现以及检测等步骤转换带来的偏差,而且在于子系统之间由于对系统结构理解的不一致而导致的相互协调过程中出现的问题。采用面向对象技术,首先将系统体系统一在类结构上,消除了子系统结构各异造成的协调中的偏差;其次,软件重用的思想和面向对象的方法贯穿于系统分析、设计、实现以及检测等各个步骤,也最大限度的减少了步骤转换带来的软件系统的“失真“,使得软件系统的功能实现真正能够反映实际系统的需求。

面向对象的系统开发方法促使软件开发按应用域的观点来工作和思考,因为应用域中的问题贯穿软件系统开发的大部分周期,只有清楚地识别、构造和理解了应用域,才能有效地设计系统的数据结构和功能。面向对象的开发是一种在分析和设计阶段独立于程序设计语言的概念化过程。与其说它是一种程序设计方法,不如说它是一种思维方式,其最大的优点是帮助分析者、设计者及用户清楚地表述抽象概念、互相交流和通讯。面向对象用对象为所有的概念实体建模。对象的状态是在其实例的变化中捕捉的。一个对象的行为用方法进行封装。对象可以用消息通过公开接口与其它对象通讯。面向对象模型的特征是:封装、继承和多态。

- 封装(或信息隐藏)是一个对象的内部细节和其可被其它对象访问的外在表现的分离。通用性是一个单独的对象的一个类作为一个单独名字的对象抽象。
- 继承允许我们在定义一个新类时重用已有类的行为和代码。一个子类继承其超类的操作,还可以拥有新的操作和新的实例变量。
- 多态是采用多种形式的的能力。在面向对象程序中,它指通用类中的同一属性在不同层次位置的不同表现。多态性增强了软件的可重用性。

面向对象方法以对象为基础,利用对象的继承、信息隐藏和模块化的优点,进行系统分析与设计,因此,准确地定义对象是应用面向对象方法进行系统分析和设计取得成功的关键,然后在根据对象的特征属性定义对象之间的关系,进而完成整个系统的分析与设计工作,本文将在第五章介绍利用 UML 统一建模语言对冲压设计进行面向对象的分析(OOA)。

§ 4.3.2 构件设计

基于构件的软件开发(CBD, Component-Based Software Development),又称基于组件的软件开发方法,以软件构架为组装蓝图,以可复用构件作为构件零件,支持组装式软件复用,是提高软件生产效率和产品质量、缩短产品开发周期的现实有效的途径之一。

软件构件可以被灵活的重用,在底层系统的支撑下,通过建立相应的联系而成为满足不同需要的应用软件系统,从而彻底改变具有严格的逻辑层次关系和相互联系的传统应用软件系统的刚性结构,来适应软件的灵活性与柔性方面的要求。一个软件构件是一个组合的单位,它包括合同化声明的接口及明确说明的上下文相关性。一个软件构件可以被独立部署且服务于第三方所做的组合。构件的特点:

- 构件是编译码;
- 构件是一个独立部署的单位;
- 构件是一个由第三方进行组合的单位;
- 构件没有持久的状态。

构件的优点是：

- 可插入；
- 更好的设计；
- 更好的复用；
- 方便的更新；
- 实现与接口分离。

公共对象请求代理架构 (CORBA, Common Object Request Broker Architecture) 协议规范是对象管理集团 (OMG) 的杰作, 它定义了分布式对象如何实现互操作。CORBA 对象可以用任何一种 CORBA 软件开发商所支持的语言, 如 C、C++、Java、Ada 和 Small talk 来编写。同样地, CORBA 对象可以运行在任何一种 CORBA 软件开发商所支持的平台上, 如 Solaris, Windows 9x/NT、Open VMS、Digital Unix、HP-UX 或 AIX 等。这意味着, 一个能在 Windows2000 下运行的 Java 应用程序, 同时动态调用 C++ 对象, 而实际上, 该对象可能存储于 Intranet 上的一个 Unix 应用服务器上。

简单地说, CORBA 允许应用程序之间自由通信, 而不管它们在何处, 谁设计了它们。为了保持 CORBA 的商业中立性和语言中立性, CORBA 使用接口描述语言 IDL (Interface Description Language) 编写对象接口。IDL 使得所有 CORBA 对象以一种方式被描述, 仅仅需要一个由本地语言 (C/C++、CORBA、Java) 到 IDL 的“桥梁”。对象请求代理 ORB (Object Request Broker) 的概念是 CORBA 体系结构模型的核心。ORB 本身给出了各对象之间的交互规则, 允许一个客户对象调用运行于另一个系统 (服务器对象) 的一段代码, 然后得到返回结果。CORBA 2.0 还定义了互联网 ORB 间协议 (IIOP), 该协议是一种应用程序协议, 其中定义了客户如何通过 Internet 将请求传至各 ORB 和由这些 ORB 代表的对象。图 4-4 是 CORBA 的功能示意。

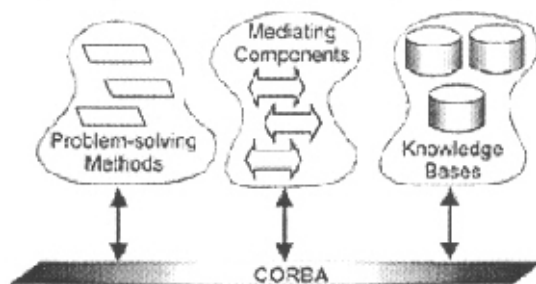


图 4-4 CORBA 功能

Fig. 4-4 Function of CORBA

随着 Internet 的发展, 原有的应用模式客户机/服务器结构已经无法适应新型 Internet 应用, 瘦客户机/应用服务器/数据服务器这种三层甚至多层结构的应用模式正在成为主流, 在这种多层结构中, 中间件作为一种重要的构件起着举足轻重的作用, 是连接前台和后端的纽带。企业做网络应用时, 实际上不仅只连接了企业内部的应用, 还连接了跨企业的服务, 使之成为一条完善的供应链, 这就要求实现可运行在异构平台上的应用, 并能够集成原有的应用系统。简要分析, 中间件具有如下优越性:

- 缩短应用的开发周期;
- 节约应用的开发成本;
- 减少系统初期的建设成本;

- 降低应用开发的失败率;
- 保护已有的投资;
- 简化应用集成;
- 减少维护费用;
- 提高应用的开发质量;
- 保证技术进步的连续性;
- 增强应用的生命力。

具体地说, 中间件屏蔽了底层操作系统的复杂性, 使程序开发人员面对一个简单而统一的开发环境, 减少程序设计的复杂性, 将注意力集中在自己的业务上, 不必再为程序在不同系统软件上的移植而重复工作, 从而大大减少了技术上的负担。

中间件带给应用系统的, 不只是开发的简便、开发周期的缩短, 也减少了系统的维护、运行和管理的工作量, 还减少了计算机总体费用的投入。Standish 的调查报告显示, 由于采用了中间件技术, 应用系统的总建设费用可以减少 50% 左右。在网络经济大发展、电子商务大发展的今天, 充分利用中间件技术是设计基于网络的冲压设计 KBE 系统的必由之路。

其次, 中间件作为新层次的基础软件, 其重要作用是将不同时期、在不同操作系统上开发应用软件集成起来, 彼此像一个天衣无缝的整体协调工作, 这是操作系统、数据库管理系统本身做不了的。中间件的这一作用, 使得在技术不断发展之后, 依然可以重复利用以前的软件, 节约了大量的人力、财力投入。

因此, 本设计框架通过中间件技术以提高开发效率, 并更进一步的将其它符合 CORBA 技术的设计制造模块集成起来, 最终可以实现基于网络的全生命周期的大设计、大制造。

§ 4.3.3 J2EE 的五层结构

上一小节提到的 CORBA 技术可以使一个单一的 KBE 系统与其它网络系统集成为一体, 这是基于开发语言和操作系统的异构性的考虑。但是, 针对一个独立的 KBE 系统, 本文认为, 它除了要满足 CORBA 的技术要求, 在自身的框架实施中必然要采用一种基于 Java 的互联网应用模式, 以满足对系统分布性的需要。

§ 4.3.3.1 J2EE

当前, Java 2 平台企业版 (J2EE) 架构在厂商市场和开发者社区中倍受推崇。作为一种工具, 可扩展标记语言 (XML) 简化了数据交换、进程间消息交换这一类的事情, 因而对开发者逐渐变得有吸引力, 并开始流行起来。自然, 在 J2EE 架构中访问或集成 XML 解决方案的想法也很诱人。因为这将是强大系统架构同高度灵活的数据管理方案的结合。它具有如下两个特点:

- (1) 松散式静态分布 代理与代理间分布对等, 其间无严格的逻辑关系, 可对本地应用提供底层上的基本通信服务, 还能在高层次上对用户意图加以反映, 包括与远地代理相协作以满足本地应用的需要。松散式的整体结构为软件柔性的实现提供了基础, 松散是相对的。
- (2) 客户端/服务器式动态联接 应用与代理之间、代理与代理之间均以客户端/服务器方式相联接, 每个代理既可以作为客户端向其它代理发请求, 也可以做为服务器向其他代理提供相应的服务。应用与代理之间、代理与代理之间均在发生请求与服务时动态地进行联接, 迅速形成一定的逻辑关系并完成复杂的功能。

典型的说, 提供网络服务的应用软件必须同企业信息系统 (EIS) 相结合, 并提供新的能向更为广阔的用户提供的服务。这些服务要具备以下的特点:

- 高可用性：来满足现在的全球商业环境
- 安全性：保护用户的隐私和企业数据的安全
- 可依赖性和可扩展性：保证商业交易的正确和迅捷

通常这些服务是由分布的应用程序组成的，包括前端数据端和后端数据源以及它们之间的一层或几层，这些中间层提供了把商业功能和数据与 EIS 相结合的功能。这些中间层把客户端从复杂的商业逻辑中分离出来，利用成熟的 Internet 技术使用户在管理上所花费的时间最小化。

J2EE 正式降低了开发这种中间层服务的成本和复杂程度，因而使得服务可以被快速的展开，并能够更轻松的面对竞争中的压力。J2EE 是被设计为客户，雇员，供应商，合作者提供企业级服务，这样的应用程序天生具有复杂性，它们要访问各种类型的数据并分发于大量的客户端。为了更好的控制，管理这些应用程序，支持各种各样用户的商业功能要在中间层引入，中间层描述了一个被企业的信息技术部门紧紧控制的环境。J2EE 应用程序依赖于 EIS 层来存储企业的商业数据。这些数据和用来管理它的系统是企业的核心。

如今要求既开发服务的商业功能，还要开发访问数据库和其他资源的代码，这是很复杂的，因为每一种多层结构的服务器都有它自己的应用模型。另外，随着服务规模的扩大，为了降低开支和加快响应速度，也要经常对其基层代码进行修改。J2EE 应用模型定义了一种软件模型来让多层应用程序实现服务，并消除了以上的问题，提供了可伸缩的，易访问的，易于管理的方法。

J2EE 应用模型为中间层应用程序提供了编译一次，任意运行的特点 (*write once, run anywhere*)，这种标准模型最小化了培训开发人员的费用。J2EE 应用程序模型通过在建立多层应用程序中最小化其复杂程度，为简化和加速应用程序的开发迈出了重要的一步。在 J2EE 平台，中间层业务功能是由业务 JavaBean 实现的。这些业务 Beans 允许服务开发者集中于商业逻辑，并且让 EJB Server 处理传送稳定的，可升级服务的复杂工作。

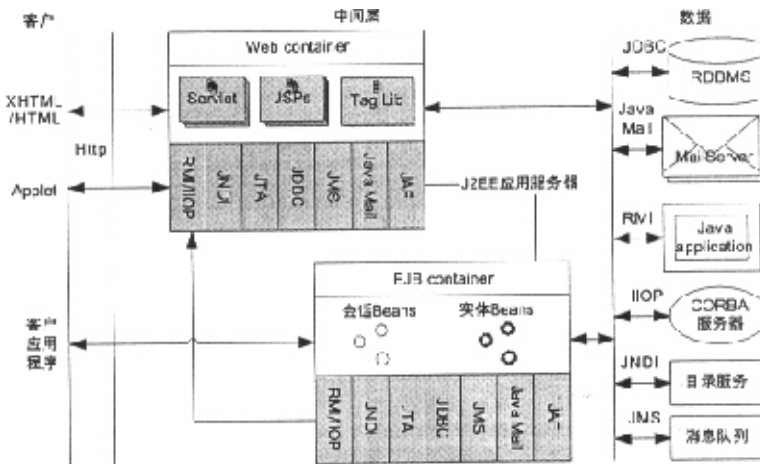


图 4-5 J2EE 的结构

Fig. 4-5 J2EE structure

EJB (Enterprise JavaBeans) 是由 Sun 公司提出的基于 Java 的面向对象的组件标准，是 J2EE 平台的基石。EJB 组件包含一定的业务规则，用于封装商业逻辑，运行在服务器端。Servlet 是一种 web 组件，由 Servlet 容器管理，能够产生动态网页输出。Servlet 可以被编译成 Java 类，由 Web Server 动态装入运行。Servlet 通过 request-response 对象模型和 web 客户端交互。在 JAVA 的基础下开发出

的 JSP (Java Server Pages) 实现了动态页面与静态页面的分离, 脱离了硬件平台的束缚, 以及编译后运行等方式大大提高了其执行效率而逐渐成为因特网上的主流开发工具。它是将 Java 作为一种 Script 语言嵌入到 html 标记中, 使得生成动态网页的编程更加简单, JSP 最终也是被编译成 Servlet 执行。JSP 和 Servlets 向客户层提供了易于访问的 Internet 型服务的中间层功能。JSP 技术使用户接口开发者更加容易的提供向任何浏览器用户提供动态页面的服务。Servlets 让基于 Java 技术的开发者有更大的自由来在 Java 语言中提供完全的动态服务。

§ 4.3.3.2 五层结构

针对 KBE 系统, 本文设计了一个分布式的五层结构 (图 4-6)。

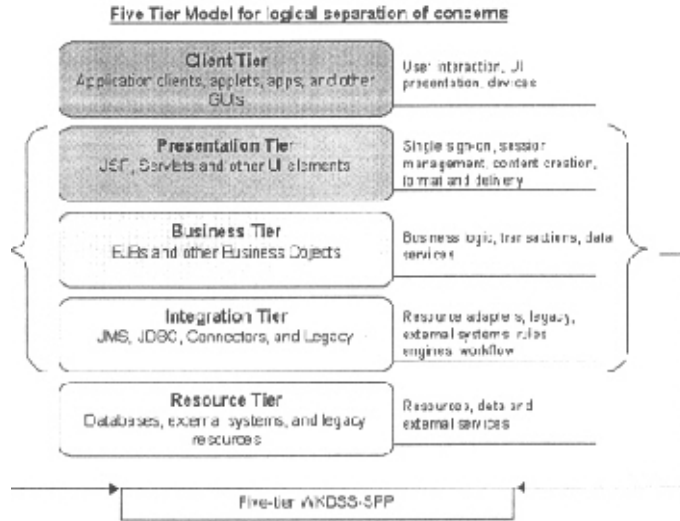


图 4-6 KBE 系统五层结构

Fig. 4-6 Five-tier model of KBE system

- (1) 客户层 (Client Tier) 采用 XML 和 Java Applet 相结合的方式, 用于客户与表示层的交互, 通过 Java Applet 发出请求, 然后接受从表示层产生的结果页面。
- (2) 表示层 (Presentation Tier) 采用 XSL、JSP 和 Servlets 技术, 在应用服务器端对客户层发来的数据作预处理, 如有误, 则可直接处理并返回消息。它同时对从业务层返回的结果进行包装, 以格式化的页面将结果显示, 传送到客户层。在这里, XSL 可以直接处理 XML 数据在客户层的显示。
- (3) 业务层 (Business Tier) 是整个系统的核心。系统实现松耦合后, 用于格式输出、数据读写的模块已经分离, 而所有的主要业务操作都集中到这一层。它是具体实现知识管理和知识推理, 每一个功能模块都封装成一个 EJB, 可以分布在网络上, 处理不同事务。它们由 EJB 包容器调节, 接受表示层的数据, 或向集成层发出数据请求。
- (4) 集成层 (Integration Tier) 是数据层到业务的数据接口, 通过 JDBC 和 XML 的解析器, 一方面将 XML 数据存储在数据源里, 另一方面是把数据读出来, 包装成 XML 格式送到业务层分析。
- (5) 数据层 (Resource Tier) 是系统的数据中枢, 也是最底层, 它的主要任务是存储数据, 即可以直接存为 XML 文件, 也可以将 XML 的内容提取出来置入数据库中。

在上述五层结构中, 每层都可以分布在网络上, 独立完成各自的功能。其中表示层、业务层、

集成层一般布置在应用服务器上，统称为中间层。

通过这样的五层结构：

- 每一层可以被单独改变，而无需其它层的改变；
- 降低了部署与维护的开销；
- 资源（如连接）可以被缓冲和重复利用；
- 提高了灵活性、可伸缩性，并使性能提高成为可能；
- 瘦客户端的引入使 Internet 接入方便，而计算被集中至服务器端。

并且实现了

- 在计算模式上的网络计算（Network Computing）；
- 在开发模式上的基于构件的开发（Component-based Development）。

在基于 J2EE 的五层结构的基础上，本文给出了如图 4-7 所示的基于网络的冲压工艺设计 KBE 系统框架。中间是系统的功能模块，两侧是前后处理。左侧用于预处理文件——基于 SKML 的工件特征模型和基于 VRML 的网络 3D 模型。右侧则是接受系统输出的分析报告，对它进行后处理，在 CAD 平台上指导生成加工工序。图 4-7 的上下则是系统前端——客户端，和后端——数据端。

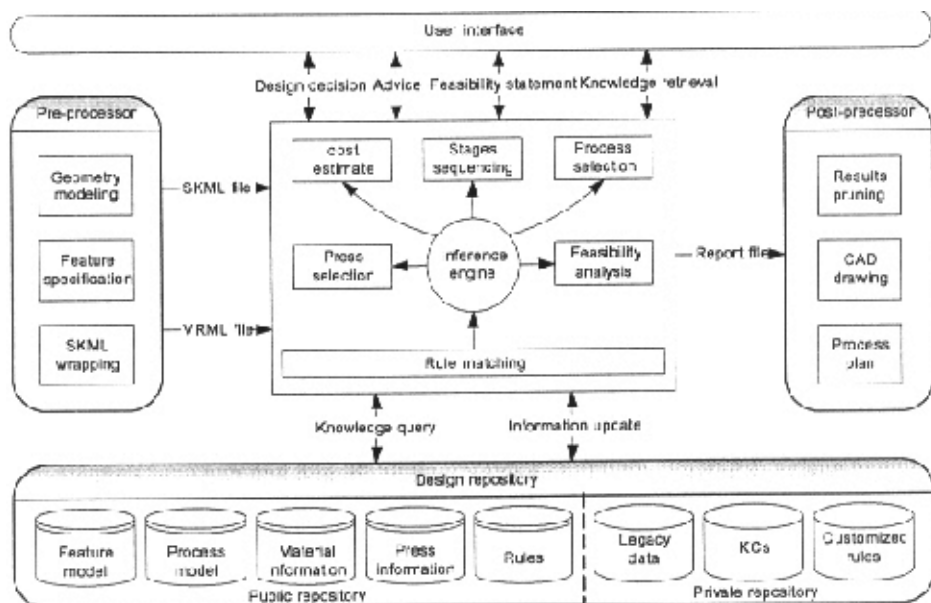


图 4-7 基于网络的冲压工艺设计 KBE 系统框架

Fig. 4-7 Web-based KBE system architecture for stamping process planning

§ 4.4 本章小结

本章着力于讨论基于网络的 KBE 系统框架的支撑技术。通过分析网络数据库的特点和连接方式，XML 在数据库中的使用，以及网上 3D 操作的可行性及当前的应用现状，选择了 VRML 作为系统的 3D 语言。设计了一个基于 J2EE 的五层系统结构，并讨论了面向对象的系统建模和面向软件重组的构件设计技术。从而把前面两章讨论的 KBE 技术和这一章讨论的网络技术结合起来，建构了一个基于网络的冲压工艺 KBE 系统框架。

第五章 冲压工艺设计决策支持原型系统

§ 5.1 开发工具与开发平台

本章将建立一个基于网络的冲压工艺设计决策支持原型系统 (WKDSS-SPP), 以实现本文上一章提出的系统框架。

WKDSS-SPP 是一个原型验证系统, 主要用于演示基于网络的 KBE 系统框架的具体实现路径。JAVA 是一种简单、面向对象、分布式、解释、健壮、安全、结构中立、可移植、高效能、多线程、动态的语言, 非常适合于网络开发。因此, 它采用 Java 作为主要开发语言, 并符合 CORBA 标准, 可以和其它系统集成。

它的开发平台是 JDK1.3, 分别采用 Apache Server 和 Tomcat 作为网络服务器和应用服务器。数据是以 XML 文件的形式存储在服务器上。Apache Server 和 Tomcat 都是可以免费获得的软件, 同时也是高效率的服务器, 可以满足系统要求。开发端采用 Kawa 试用版, 用于开发 Java Applet、JavaBean 和 JSP 等。XML 编辑器选用 XML SPY。

开发 XML 应用的关键一点是 XML 解析器的选择。实际上, 为了能够处理 XML 文档, 几乎所有的程序都需要一个 XML 解析器。解析器从文档中提取实际的数据, 然后创建一系列的事件或者是新的数据结构。解析器也能够检查文档是否是 well-formed, 也就是说是否严格的遵守了 XML 规范, 而这是处理 XML 文档之前就必须进行的工作。解析器还应该能够判断一个文档是否遵守 DTD/Schema 标准。此外, 一个好的 XML 解析器还需要对 XSL 进行分析处理。

当前的 XML 解析器主要有 IBM XML4J、Apache Xerces、Microsoft MSXML、Oracle XML Parser for Java、James Clark XP 和 Sun Project X。由于 Sun 的解析器通过 Java 实现了 XML 的绝大多数规范, 故选用该解析器。

§ 5.2 基于 UML 的网络系统建模

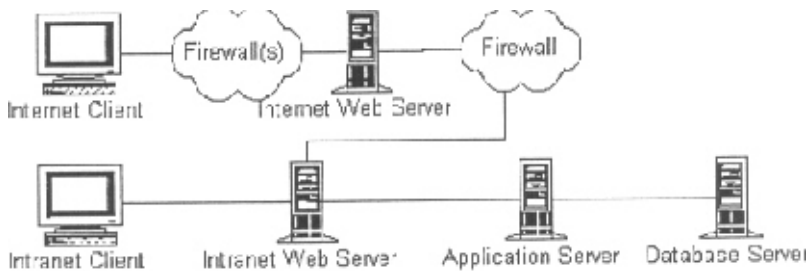


图 5-1 网络系统物理结构

Fig. 5-1 Physical structure of web-based system

一般的网络系统物理结构如图 5-1 所示。图 5-2 则是在上一章论述的五层结构在 WKDSS-SPP 的具体应用。

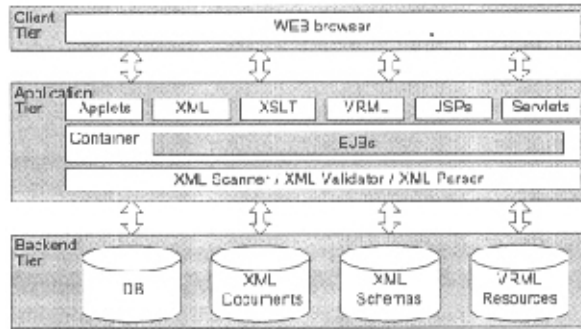


图 5-2 WKDSS-SPP 框架

Fig. 5-2 Structure of WKDSS-SPP

面向对象的分析与设计(OOA&D)方法的发展在 80 年代末至 90 年代中出现了一个小高潮，UML 是这个高潮的产物。它不仅统一了 Booch、Rumbaugh 和 Jacobson 的表示方法，而且对其作了进一步的发展，并最终统一为大众所接受的标准建模语言。

UML 是一种定义良好、易于表达、功能强大且普遍适用的建模语言。它融入了软件工程领域的新思想、新方法和新技术。它的作用域不限于支持面向对象的分析与设计，还支持从需求分析开始的软件开发的全过程。

在美国，UML 获得了工业界、科技界和应用界的广泛支持，已有 700 多个公司表示支持采用 UML 作为建模语言。1997 年 11 月 17 日，OMG 采纳 UML 1.1 作为基于面向对象技术的标准建模语言。UML 代表了面向对象方法的软件开发技术的发展方向。

接下来，本文运用 UML 对 WKDSS-SPP 建模。

图 5-3 是系统顺序图，表示了一次客户和系统交互的响应过程。图 5-4 是系统用例图，表示了用户、维护者和设计者这三类活动者围绕 WKDSS-SPP 的操作。图 5-5 是系统构件图，表示了系统的功能模块的区分和联系。图 5-6 是一个简化的系统对象图

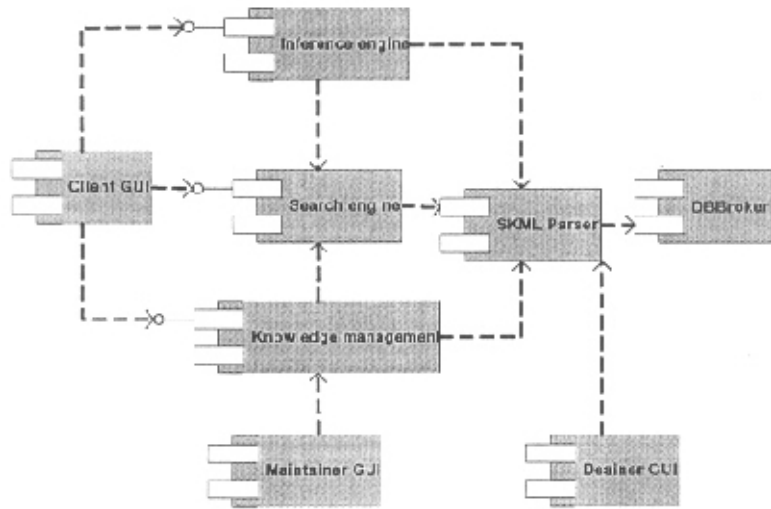


图 5-5 系统构件图

Fig. 5-6 System component diagram

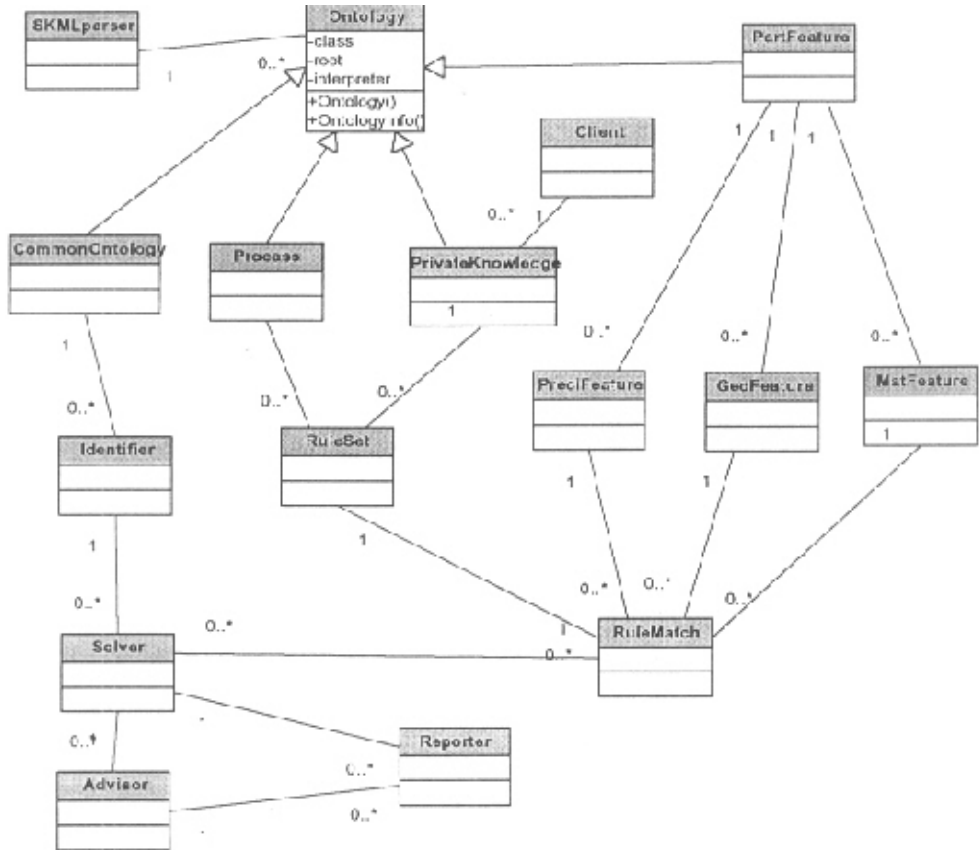


图 5-6 系统对象图

Fig. 5-6 System object diagram

§ 5.3 原型系统

冲压工艺设计是冲模设计中关键的一环, 工艺设计结果直接影响模具的结构和生产的冲压产品质量。冲压工艺方案的产生和处理是冲压工艺设计的主要内容, 其中工序生成、工序排序及工序组合是工艺方案设计的主要工作。图 5-7 是 WKDSS-SPP 的系统原理图。图 5-8 是针对冲压结构工艺性分析的工艺分类图。下文将讨论冲压结构工艺性分析和决策的流程。

步骤一：冲压特征建模

特征建模是实现该系统的基础, 在利用本文建立的冲压结构工艺性分析的工艺分类图基础上, 在一个特征造型的软件平台对图 2-4 所示的冲压件建模 (如图 5-9)。这里使用的是 Solid Edge。

步骤二：输出格式的转换

建立冲压件特征模型后, 从 Solid Edge 中利用 VB 开发的插件, 输出 SKML 格式的特征模型 (如图 5-10), 同时也导出 VRML 文件, 以用于浏览器显示。

步骤三：e-stamping 中心的登录

在浏览器中进入 e-stamping 中心并登录 (如图 5-11), 上载预处理好的 SKML 和 VRML 文件 (如图 5-12), 进入 WKDSS-SPP。这个系统的客户端界面是用 Swing 类库做的 Applete, 左上方是整个系统的树形浏览, 从这里可以选择知识库查询和浏览, 当前零件的显示和特征信息编辑。右上方是一个 Cosmo player 的 VRML 浏览窗口, 以显示零件的三维造型。而正下方的是系统的主工作区, 在这里进行交互式的工艺决策。

步骤四：特征信息浏览和修改

设计人员通过网络对冲压件的特征模型进行浏览, 有时需要根据特定的要求对已建立的特征模型进行修改。图 5-13 是一个特征信息浏览和修改的界面, 图 5-14 则是把 VRML 窗口切换成 SKML 窗口, 显示其中的内容。

步骤五：冲压可成形性分析

冲压可成形性分析是一个不可或缺的步骤, 图 5-15 是冲压可成形性分析的界面, 系统通过成形性分析模块, 分析每个单特征和复合特征的几何、精度等信息, 判断它们的成形难度, 给出推理结果, 同时会解释结果意义。在必要时, 还将提出改善成形性的修改建议。

步骤六：工艺方案的制定

图 5-16 是对每个特征推理, 提出较好的工序, 并给出解释。在后面的操作中, 在系统的提示下, 可以交互式的把这些工艺序列排成一行, 并安排空工步。最终从材料、设备、经济等多方面分析生成的工艺方案。交互式决策后, 系统会自动生成报告显示在浏览器里 (如图 5-17), 同时也可以提供报告下载。

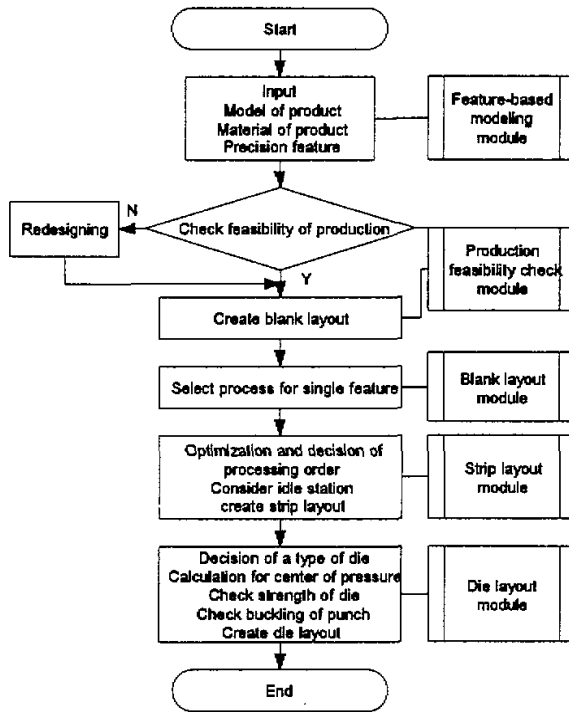


图 5-7 系统原理

Fig. 5-7 System principle

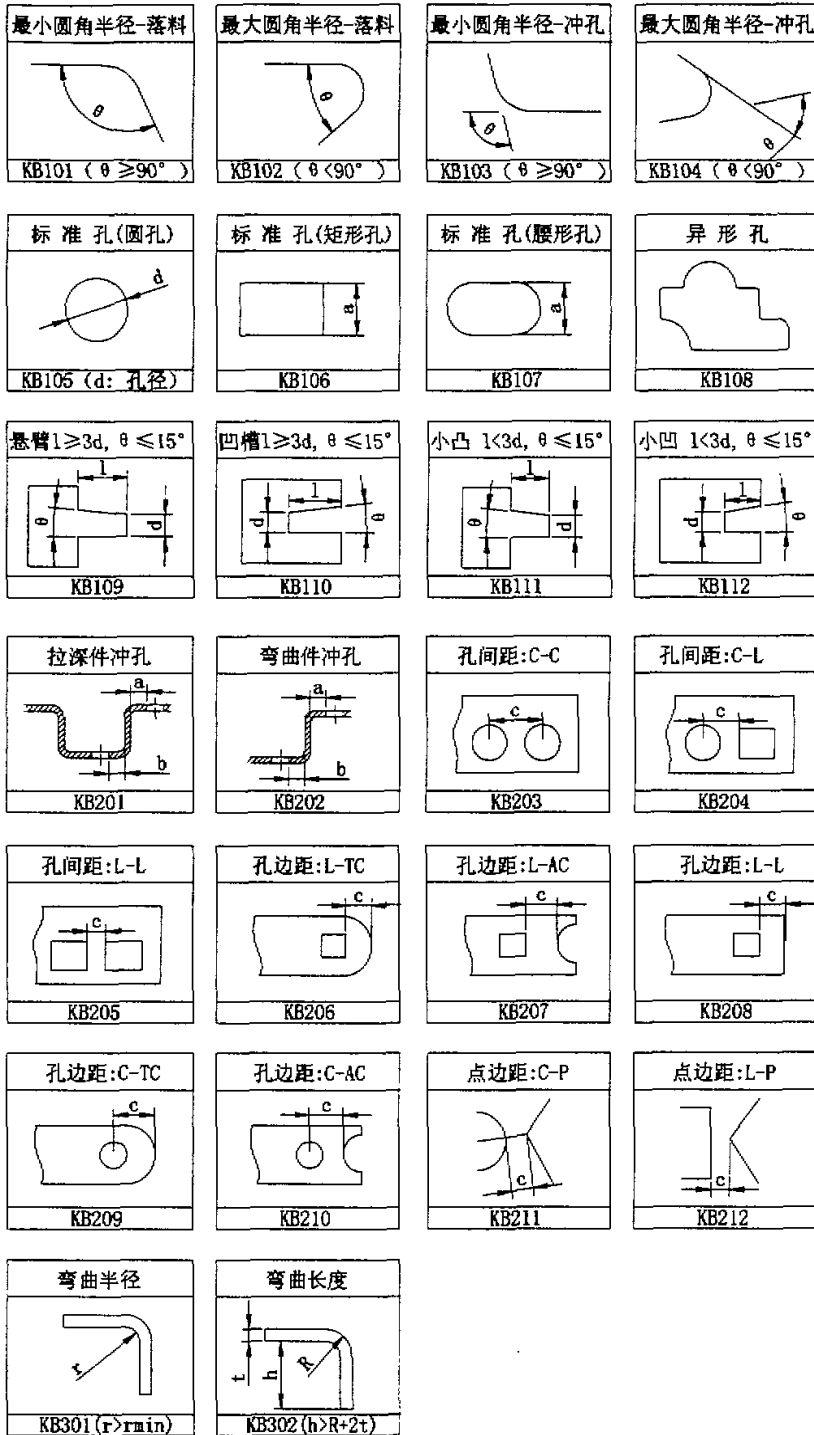


图 5-8 冲压件结构工艺性分类图

Fig. 5-8 Process Feasibility Category of Stamping Part

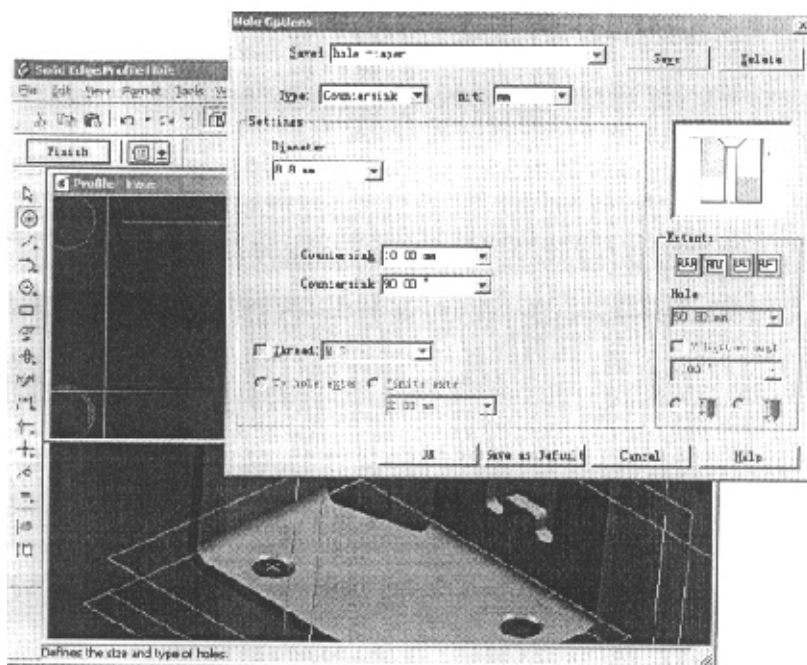


图 5-9 特征建模

Fig. 5-9 Feature-based modeling

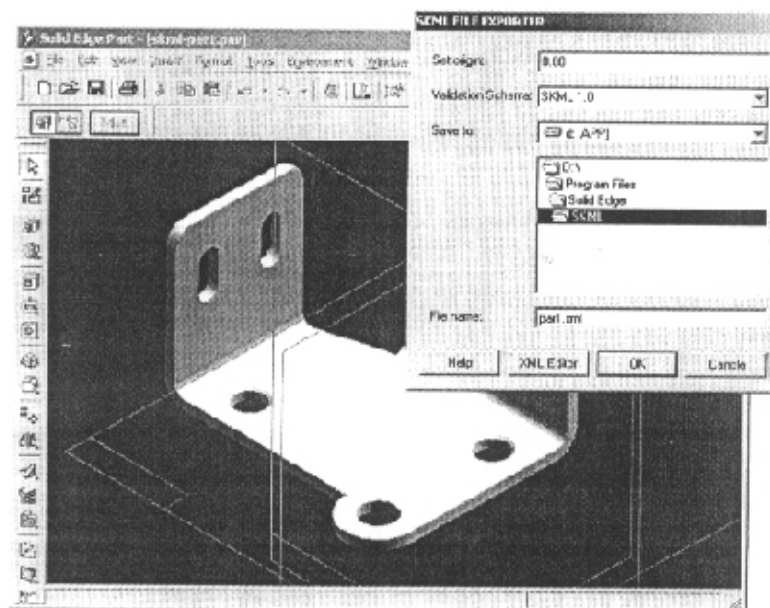


图 5-10 输出特征模型的 SKML 文件

Fig. 5-10 Output the SKML file of feature-based model

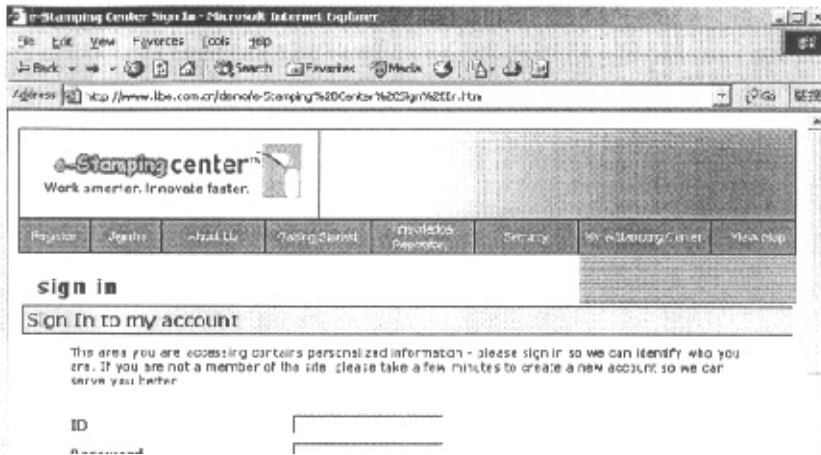


图 5-11 登录系统

Fig. 5-11 System sign in

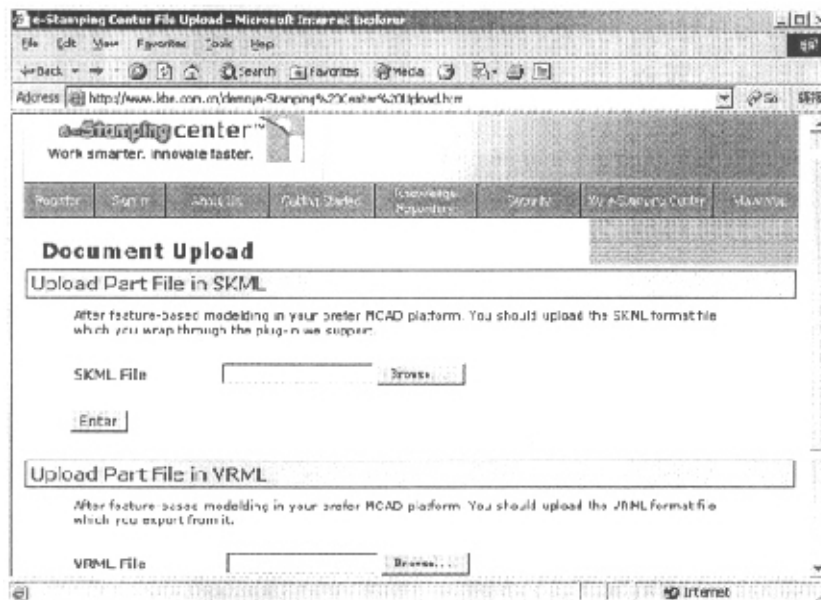


图 5-12 SKML 和 VRML 文件上传

Fig. 5-12 Upload SKML and VRML file

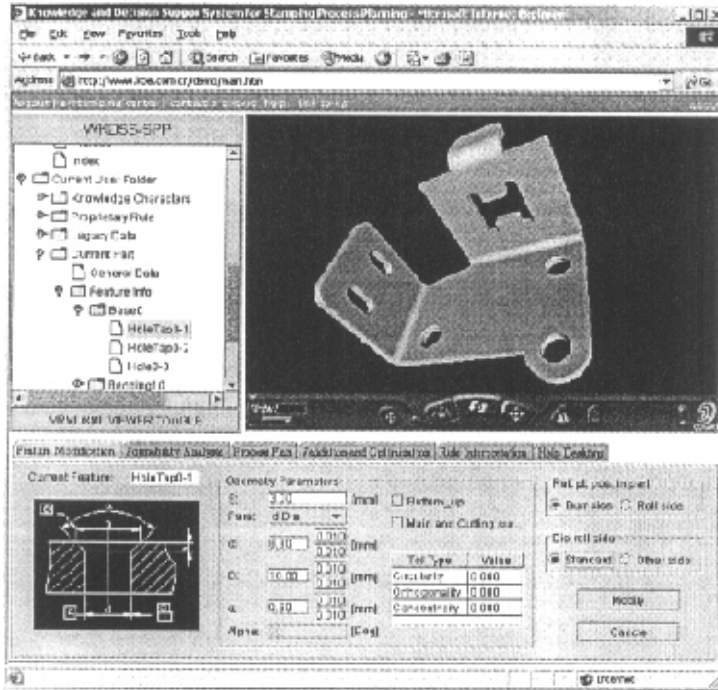


图 5-13 工艺特征修改

Fig. 5-13 Process feature modification

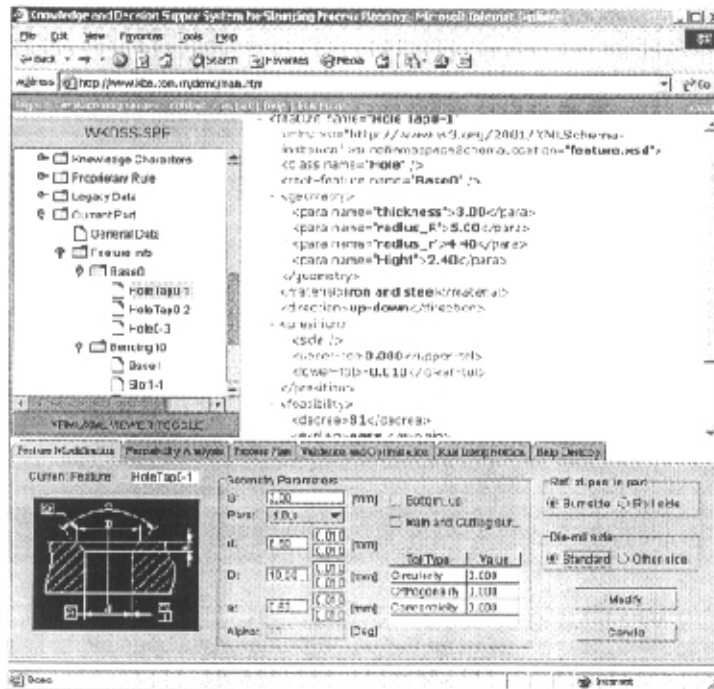


图 5-14 工艺特征的 SKML 文档显示

Fig. 5-14 Process feature's SKML file demonstration

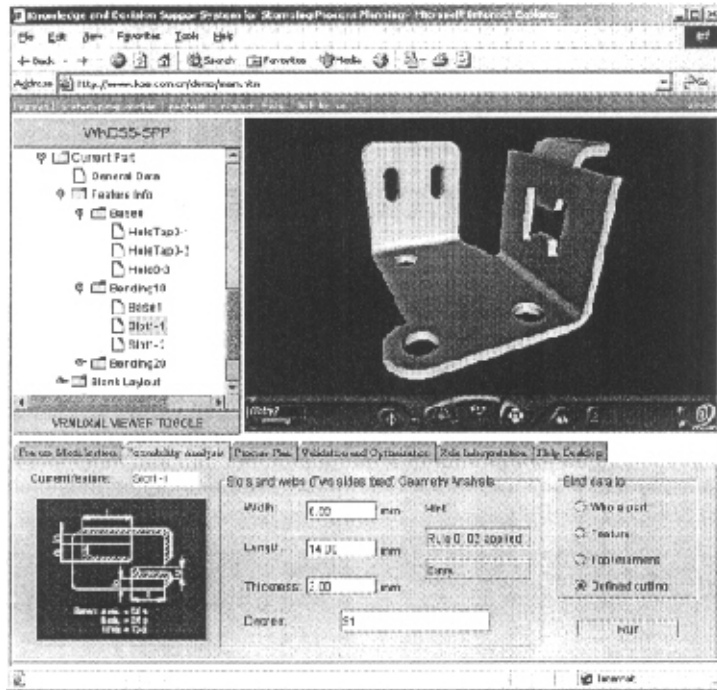


图 5-15 冲压可成形性分析

Fig. 5-15 Stamping feasibility analysis

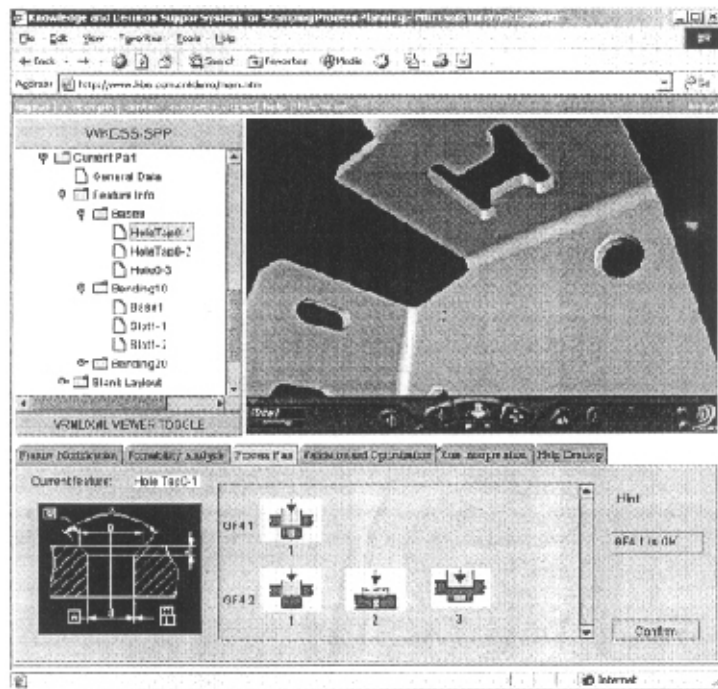


图 5-16 工序选择

Fig. 5-16 Process plan

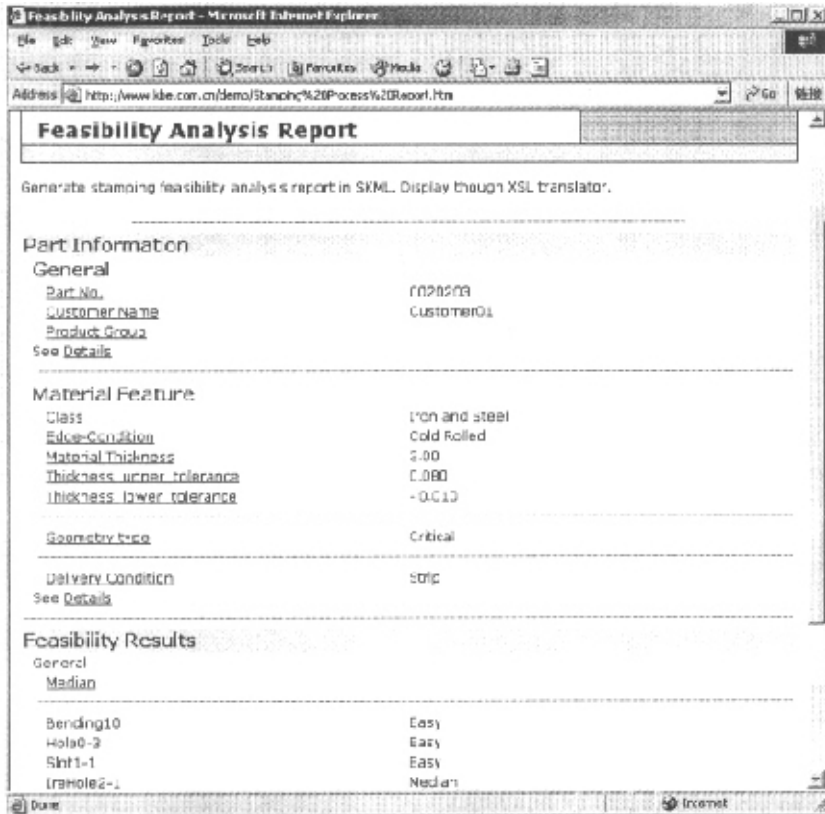


图 5-17 冲压成形性分析报告

Fig. 5-17 Stamping feasibility analysis report

§ 5.4 本章小结

本章是原型系统实践。依次分析了开发工具和开发平台的选择，系统的设计模式，原型系统的工作流程等。验证了本文在第二、三、四章的研究思路。

第六章 结论与展望

网络经济正日趋成为知识经济时代的中心。跨越空间和时间的界限,利用网络技术和智能技术改造传统制造业,是网络经济时代的一个研究焦点。基于知识的工程 KBE 是一种新型的以知识为中心的智能设计方法。研究基于网络的 KBE 技术将改变现有的计算机辅助设计的方式,进入一个智能化的网络辅助设计制造的新时期。

本文从网络技术在冲压设计中的应用出发,对基于网络的 KBE 系统的知识表达、知识推理和知识管理、基于 J2EE 的系统框架等关键性技术作了深入而富有成效的探索。这一前瞻性的研究,为网络冲压设计和 KBE 技术的具体实施开辟了一条有效途径。

本文研究分析了冲压工艺设计中的知识表示、特征建模和工艺规则的集成技术。在基于网络的知识语言的分析中引入了扩展标识语言 XML,详细研究分析了这种元语言的语言结构、发展历程、应用现状,特别是它作为一种新型的知识标识元语言的四大特点。并提出了冲压知识的混合表示方法。本文研究分析了知识工程和知识管理的研究范畴和发展现状,从知识工程的视角研究工程领域的知识管理。系统地揭示了基于网络的知识工程和知识管理的含义和实现方法,对网络设计理论进行了有益的探索。在此基础之上,应用了面向对象的系统建模和面向软件重组的构件设计技术。从而把 KBE 技术、网络技术和冲压工艺设计结合起来,建构了一个基于网络的冲压工艺 KBE 系统框架。应用 Java 开发冲压工艺设计决策支持原型系统 WKDSS-SPP,验证了本文的研究思路的可行性与有效性。

下面概述本文的研究成果和创新点:

- 创新性地提出了面向网络的冲压知识表示方法,以本体论的方法分析领域知识,以面向对象的方法定义本体,在其中集成产生式的规则,形成一个适应网络需要的冲压知识模型。
- 首次把扩展标识语言 XML 引入冲压设计,从 XML 在诸多领域的应用中获得帮助,设计了冲压知识标识语言 SKML,实现了上述知识模型的形式化描述。通过 SKML 建立概念本体、特征模型和工艺规则,把冲压领域的内部逻辑蕴涵在 SKML 知识库中,最大程度地实现平台无关性,并应用于互联网上的知识管理、知识推理,是一种极为有效的中性文件格式。
- 提出了建立 e-Stamping 知识中心,把领域知识和客户的私有知识都存储在网络服务器上,实现语言框架的定义者、技术支持工程师和客户工程师三方的动态知识维护和共享模式,以服务器为中心,实现知识链的全方位的管理模式和分布式的知识推理。
- 设计和建构了基于 J2EE 的五层结构,实现了客户层、表示层、业务层、集成层和数据层相分离的松耦合结构,并解决了 XML 在数据库中的使用、网上 3D 浏览等难题。通过原型系统 WKDSS-SPP,验证了网络框架的可行性。对具体系统的实施具有指导作用。

本文系统的研究了基于网络的 KBE 系统关键技术,获得了一些有益的经验 and 结论。但是由于作者时间和精力限制,系统在各个方面的内容都有待于进一步的改善和提高。最主要的是如下两方面:

- 本文采用了 Jess 作为规则推理机,但是作者认识到,由于 Jess 是采用 CLIPS 兼容的脚本,使用的是其独立开发的 API 类库,需要有针对性地编写规则文件。这样不利于规则文件的

通用, 故而有必要寻找一个开放式的规则推理环境, 这正是 JSR-094 研究的内容。JSR-094 将开发一套公共的 Java Rule Engine API, 并使之可以直接部署在 J2EE 平台上, 具有更为广泛的应用价值, 是值得深入研究的一个方向。它将有助于网络知识推理的研究。

- ▶ 用来定义冲压知识标示语言的 XML 的一个突出特点是简单通用, 但随之而来的问题是, 一旦模型过于复杂, 系统处理 XML 对象就将耗费大量的资源, 无法有效利用, 尤其是对于几何模型。因此, XML 并不是万能的知识表达方式, 当涉及到图形处理的问题时, 研究 STEP 和 SKML 的链接, 研究 SKML 对 STEP 和 VRML 的几何信息的调用和修改就显得尤为重要了。

由于网络技术的日新月异, 网络基础设施建设一日千里, 基于网络的设计研究必须紧跟时代步伐。当今业界, 基于网络的冲压设计方兴未艾, 针对这个领域的研究必然随着而不断深化和拓展。展望未来, 下列技术的发展和运用将会把网络设计领入一个新高地:

- ▶ **网络三维建模技术** 由于带宽、网速和瘦客户机的性能限制, 基于网络的三维模型的设计、传输、显示一直困扰着计算机专家, 这也直接影响了网络设计的发展。故而本文仅仅讨论了三维模型的浏览方式。若基于网络的三维建模研究有一个大的飞跃, 则在网络上实现一个集成的三维协同设计将不再是个梦想。
- ▶ **网络挖掘技术** 互联网就像一个数据海洋, 蕴藏着大量的知识。通过挖掘互联网上相似或相关的数据, 寻找它们隐含的联系, 转化成可以加以利用的知识, 将大大推动基于网络的知识管理。
- ▶ **智能 Agent 和多 Agent 技术** 在网络上的每一个设计模块、每一个协同工程师都可以看成是有自制能力的代理, 通过智能 Agent 和多 Agent 技术, 定义多代理集成和通信的机制, 可以有效提高网络设计的效率, 这也是当前基于网络的协同设计的一个研究热点。

本文充分运用了网络技术、知识工程和冲压工艺等多领域的知识, 为基于网络的 KBE 研究开拓了一条希望之路, 与此同时, 也为作者开启了一扇通向未来的网络之门。

我深信: 随着网络的飞速发展, 它必将改变我们的设计模式、商务模式, 以至于生活模式。网络将改变整个世界, 成为我们生命中不可或缺的一部分。

参考文献

- [1] Hou Honglun, Sun Shouqian, Pan Yunhe. Research on virtual human in ergonomics simulation, *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2000(10): 112-117.
- [2] Alexander Cavalli. Dynamic virtual private networks: a security solution for enabling business intranets, strategic development. Tradewave Coporation, 1996, 9.
- [3] Daizhong Su. Advancemetn in mechanical design research. In: The 4th International Conference on Frontiers of Design and Manufacturing, Hangzhou, China, 2000: 52-57.
- [4] D. Veeramani, H.P. Tserng, J.S. Russell. Computer-intergrated collaborative design and operation in the construction industry. *Automation in Construction*, 1998(7): 485-4921.
- [5] 辛勇, 智能多工位级进模工步排样自动设计系统的研制: [学位论文], 上海交通大学硕士学位论文, 1994.
- [6] 陈很荣, 级进模工步排样专家系统的研究与开发: [学位论文], 上海交通大学硕士学位论文, 1998.
- [7] 万战胜, 冲压工艺及模具设计, 北京: 中国铁道出版社, 1995.1.
- [8] M. Tisza, Expert systems for metal forming, *J. Mater. Proc. Tech.*, 1995(53): 423-432.
- [9] A. S. Lazaro, D. T. Engquist, D. B. Edwards, An intelligent design for manufacturability system for sheet-metal, *Concurrent Engineering Research*, 1993(2): 117-123.
- [10] R. S. Lee, L. C. Chuang, T. T. Yu, M. T. Wu, Development of an assessment system for sheet metal forming, *Proceedings of the International Conference on Precision Engineering*, Singapore, 1995: 515-518.
- [11] K. Huang, H. S. Ismail, K. K. B. Hon, Automated design of progressive dies, *Proceedings, Institution of Mechanical Engineers Part B, J. Eng. Manuf.* 1996(210): 367-376.
- [12] Z. Li, Z. Chen, Y. Hong, X. Xiao, etc., Computer aided design of progressive die construction, *Proceedings of the International Conference on Die and Mould Technology*, Shanghai, China, 1990: 357-363.
- [13] 姚华, 基于特征的拉深工艺智能设计系统研究: [学位论文], 上海交通大学博士学位论文, 1999.
- [14] 郝泳涛, 基于特征编码组和人工神经网络的模式化智能工艺设计系统关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学博士学位论文, 1999.
- [15] Aberdeen Group. Collaborative Product Commerce: Delivering Product Innovation at Inernet Speed. Published by Aberdeen Group Inc., 1999, 12(9): 1-5.
- [16] 侯宏仑 等, 网络设计与网络制造, *中国机械工程*, 2001, 12(1): 105-108.
- [17] 石晓祥, 汽车覆盖件工艺智能设计系统关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学博士学位论文, 2002.
- [18] T. H. Daveport, L. Prusak. *Working Knowledge: How Organization Manage What They Know*: Harvard Business School, Inc. 1997.
- [19] Maturana, H. R., & Varela, F. J., *The Tree of Knowledge*, London: New Science Library. (1978), pp17-24.
- [20] Polanyi, M., *Knowledge and Being*, New York: Routledge, 1962.
- [21] Labrou, Y., Finin, T., A Proposal for a New KQML Specification, TR CS-97-03, UMBC, 1997.
- [22] <http://xml.coverpages.org/siteIndex.html#toc-applications>.
- [23] <http://xml.coverpages.org/srml.html>.
- [24] <http://xml.coverpages.org/ruleML.html>.
- [25] <http://xml.coverpages.org/brml.html>.
- [26] <http://xml.coverpages.org/cbml.html>
- [27] <http://xml.coverpages.org/rfml.html>
- [28] <http://xml.coverpages.org/aiml-ALICE.html>.
- [29] <http://xml.coverpages.org/xml.html#xml-ontology>.

- [30] Neches, R., Fikes, R.E., etc., Enabling technology for knowledge sharing. *AI Magazine*, 1991.12(3): 36-56.
- [31] Gruber, T., Ontolingua: A translation approach to portable ontology specifications, *Knowledge Acquisition*, 1993.5(2), pp199-200.
- [32] Borst, W.N., Construction of Engineering Ontologies. 1997. Ph thesis, University of Twente, Enschede.
- [33] Studer, R., Benjamins, V.R. and Fensel, D., Knowledge engineering, principles and methods. *Data and Knowledge Engineering*, 1998.25(1-2): 161-197.
- [34] <http://www.oasis-open.org/cover/stepExpressXML.html>
- [35] <http://www.oasis-open.org/cover/stepml.html>
- [36] Peter F. Drucker. "New Organizations Emergence". *Harvard Business Review*. January 1988.
- [37] 彼得·圣吉著, 郭进隆译, 第五项修炼——学习型组织的艺术与实务, 上海三联书店, 1998.
- [38] 陈悦. 公司知识管理, 山西经济出版社, 2000, p22.
- [39] T. H. Daveport, L. Prusak. *Working Knowledge: How Organization Manage What They Know*: Harvard Business School, Inc. 1997.
- [40] <http://www.ilog.fr/products/jrules/features.cfm>.
- [41] <http://www.blazesoft.com/>.
- [42] <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>.
- [43] 徐洁磐, 马玉书, 范明, 知识库系统导论, 北京: 科学出版社, 2000.
- [44] 陈世福, 陈兆乾, 人工智能与知识工程, 南京: 南京大学出版社, 1998.
- [45] 董家骥, 计算机辅助工艺过程设计系统智能开发工具, 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [46] Chen Yubao, Chang Chia-hao, Shao Xinyu, Advances in information technology and knowledge-based systems for intelligent manufacturing, In: *Proceedings of 1st International Mechanical Conference, Shanghai, 2000*.
- [47] 王念滨, 徐晓飞, 王刚等, 一种 CIMS 知识集成系统的研究与设计, *计算机集成制造系统*, 2000, 6(5):29-33.
- [48] 孙家广, 陈玉健, 黄汉文, 计算机辅助设计技术基础, 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [49] 王永庆, 人工智能原理与方法, 西安: 西安交通大学出版社, 1998.
- [50] 石纯一, 人工智能原理, 北京: 清华大学出版社, 1993.
- [51] 陆汝铃, 世纪之交的知识工程与知识科学, 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [52] D. T. Pham, E. Tacgin, *Techniques for intelligent computer-aided design*, *Artificial Intelligence in Design*, Springer-Verlag, New York, 1992.
- [53] C. Tong, D. Siriam, *Artificial Intelligence in Engineering Design*, Academic Press, Boston, MA, 1992.
- [54] R. S. Lee, L.C. Chuang, T. T. Yu, M. T. Wu, Development of an assessment system for sheet metal forming, *Proceedings of the International Conference on Precision Engineering, Singapore, 1995*, 515-518.
- [55] S. K. Esche, S. Khamitkar, G. Kinzel, T. Altan, Process and die design for multi-step forming of round parts from sheet metal, *Journal of Materials Processing Technology*, 59(1996), 24-37.
- [56] Jae C. Choi, Byung M. Kim, Hae Y. Cho, Chul Kim, Jae K. Kim, An integrated CAD system for the blanking of irregular-shaped sheet metal products, *Journal of Materials Processing Technology*, 83(1998), 84-92.
- [57] I. B. H. Lee et al., Knowledge-based process for the manufacture of progressive dies, *International Journal of Production Research*, 31(1993), 251-278.
- [58] A. Er, R. Dias, A rule-based expert system approach to process selection for cast components, *Knowledge-Based Systems* 13(2000), 225-234.
- [59] Xingdong Wu, Explicit schematic information in knowledge representation and acquisition, *Expert system with application* 15(1998), 215-221.
- [60] <http://userpages.umbc.edu/~schmitt/331F96/bjaran1/paper.html>, Benjamin M. Jaranyi, *Expert Systems: Prolog vs. Lisp*, 1996
- [61] T. Bray, J. Paoli, and C. M. Sperberg-McQueen, *Extensible Markup Language, Recommendation*, <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>, World Wide Web Consortium, 1998.
- [62] Amarnath Gupta, Chaitanya Baru, An extensible information model for shared scientific data collections, *Future*

- Generation Computer Systems 16 (1999), 9-20.
- [63] Chemical Markup Language, <http://www.xml-cml.org/>, 2001.
- [64] W3C's Math Home Page, <http://www.w3.org/Math/>, 2001.
- [65] Peter D. Karp, Vinay K. Chaudhri, Jerome Thomere, XOL: An XML-Based Ontology Exchange Language, <http://www.ai.sri.com/~pkarp/xol/xol.html>, 1999.
- [66] Robert E. Kent, Conceptual Knowledge Markup Language: the central core, <http://sern.ucalgary.ca/ksi/kaw/kaw99/papers/Kent1/CKML.pdf>, 1999.
- [67] Rule markup language, <http://www.dfki.uni-kl.de/ruleml/>, 2001.
- [68] James Andrew Arnold, Paul Teicholz, John Kunz, An approach for the interoperation of web-distributed application with a design model, Automation in Construction 8 (1999), 291-303.
- [69] Yongjae Shin, Soon-Hung Han, Doo-Hwan Bae, Integration of heterogeneous CAD databases using STEP and the Internet, Decision Support Systems 28 (2000), 365-379.
- [70] The STEP Project, <http://www.nist.gov/sc4/www/stepdocs.htm>, 2001.
- [71] The Extensible Stylesheet Language (XSL), <http://www.w3.org/Style/XSL/>, 2001.
- [72] Document Object Model (DOM), <http://www.w3.org/DOM/>, 2001.
- [73] SAX 2.0: The Simple API for XML, <http://www.megginson.com/SAX/>, 2001.
- [74] JavaServer Pages, <http://java.sun.com/products/jsp/>, 2001.
- [75] The common Object Request Broker: architecture and specification,
- [76] <http://cgi.omg.org/cgi-bin/doc?formal/99-10-07.pdf>, 1999.
- [77] Enterprise JavaBeans, <http://java.sun.com/products/ejb/>, 2001.
- [78] M. Rezayat, Knowledge-based product development using XML and KCs, Computer-aided design 32(2000), 299-309.
- [79] Betty Harvey, How STEP/SGML and XML/EDI initiatives will impact future development of IETMs, <http://www.eccnet.com/papers/ietm.html>.
- [80] 肖祥芷 等, 冲压工艺与模具计算机辅助设计, 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [81] 何新贵, 知识处理与专家系统, 北京: 国防工业出版社, 1990.
- [82] P. 麦顿斯 等, 计算机专家系统应用, 南京: 南京大学出版社, 1996.
- [83] 王克宏 等, 知识工程与知识处理系统, 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [84] 周继成 等, 人工神经网络——第六代计算机的实现, 北京: 科技普及出版社, 1993.
- [85] Charles F. Goldfarb 等, XML 实用技术, 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [86] 汪芸, CORBA 技术及其应用, 南京: 东南大学出版社, 1999.
- [87] R. Otte, CORBA 教程, 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [88] Erich Gamma 等, 设计模式可复用面向对象软件的基础, 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [89] D. Gardingen, I. Watson, A web based CBR system for heating ventilation and air conditioning systems sales support, Knowledge-Based Systems 12 (1999) 207-214.
- [90] C. Vanoirbeck, Y.A. Rekik, N. Karacapilidis, O. Aboukhaled, N. Ebel, J.-P. Vader, A web-based information and decision support system for appropriateness in medicine, Knowledge-Based Systems 13 (2000) 11-19.
- [91] James Andrew Arnold, Paul Teicholz, John Kunz, An approach for the interoperation of web-distributed applications with a design model, Automation in Construction 8(1999) 291-303.
- [92] Amarnath Gupta, Chaitanya Baru, An extensible information model for shared scientific data collections, Future Generation Computer Systems 16 (1999) 9-20.
- [93] K. Fukuoka, K. Horiuchi, Intergrated mold and die design and manufacturing system, Fujitsu Sci. Technol. J. 1986, 22(5): 438-450.
- [94] M. Adachi, K. Inoue, T. Funayanma, Integrated CAD system for progressive dies, Fujitsu Sci. Technol. J. 1983, 19(2): 133-148.
- [95] 袁国华, 智能级进模工步排样系统关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学博士学位论文, 2000.

- [96] 赵震, 基于特征与知识的级进模工步排样设计技术研究: [学位论文], 上海交通大学硕士论文, 1999.
- [97] 金晓淮, 冲压毛坯优化排样 CAD 系统的研制: [学位论文], 上海交通大学硕士论文, 1998.
- [98] 虞春, 特征造型与有限元分析的集成研究及其在冲压件设计中的应用: [学位论文], 上海交通大学博士论文, 1999.
- [99] 张兴全, 冷挤压工艺智能设计系统及关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学博士论文, 2000.
- [100] 汪翰, 注塑成型协同设计关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学博士论文, 2000.
- [101] 姚华, 基于特征的拉深工艺智能设计系统研究: [学位论文], 上海交通大学博士论文, 1999.
- [102] 许勇顺, 基于 CBR 的辅助注塑模设计决策专家系统研究与实现: [学位论文], 上海交通大学博士学位论文, 1998.
- [103] 迟晓毅, 级进模工步排样专家系统关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学硕士论文, 2000.
- [104] 陈很荣, 级进模工步排样专家系统的研究与开发: [学位论文], 上海交通大学硕士论文, 1998.
- [105] 雷永刚, 冷挤压工艺设计的 CBR 系统及其关键技术研究: [学位论文], 上海交通大学博士论文, 2000.
- [106] 贾建军, 精冲塑性变形损伤与韧性断裂的刚塑性有限元分析: [学位论文], 上海交通大学博士论文, 1998.
- [107] 潘云鹤, 智能 CAD 方法与模型, 杭州: 浙江大学出版社, 1998.
- [108] J. Whyte, N. Bouchlaghem, A. Thorpe, R. McCaffer, From CAD to virtual reality: modelling approaches, data exchange and interactive 3D building design tools, *Automation in Construction* 10(2000) 43-55.
- [109] Marc Girardot, Neel Sundaresan, Millau: an encoding format for efficient representation and exchange of XML over the Web, *Computer Networks* 33 (2000) 747-765.
- [110] N. Baupin, K. Zreik, Remote decision support system: a distributed information management system, *Knowledge-Based Systems* 13 (2000) 37-46.
- [111] Ryan K. Lahti, Michael M. Beyerlein, Knowledge transfer and management consulting: a look at "the firm", *Business Horizons / January-February 2000* 65-75.
- [112] J. Kingston, A. Macintosh, Knowledge management through multi-perspective modeling: representing and distributing organizational memory, *Knowledge-Based Systems* 13 (2000) 121-131.
- [113] Chun-Hsien Chen, L.G. Occen, Knowledge decomposition for a product design blackboard expert system, *Artificial Intelligence in Engineering* 14 (2000) 71-82.
- [114] Steven Walczak, Knowledge acquisition and knowledge representation with class: the object-oriented paradigm, *Expert Systems with Applications* 15 (1998) 235-244.
- [115] 周受钦, 谢友柏, 基于 STEP 标准的产品功能信息建模, *计算机工程与应用*, 2000, 36(8): 35-38.
- [116] 周受钦, 支持产品设计的分布式集成信息系统结构与实现研究: [学位论文], 西安交通大学博士学位论文, 2001.
- [117] 张申生, 敏捷制造的理论、技术与实践, 上海: 上海交通大学出版社, 2000.
- [118] 罗燕, 基于面向对象和 STEP 技术的注塑模产品模型研究及其工具开发: [学位论文], 上海交通大学博士学位论文, 1998.
- [119] P.G. McIntosh, Knowledge acquisition using VRML and the unified modelling language: the case of the RGB computer room, *Knowledge-Based Systems* 13 (2000) 21-26.
- [120] Yongjae Shin, Soon-Hung Han, Doo-Hwan Bae, Integration of heterogeneous CAD databases using STEP and the Internet, *Decision Support Systems* 28 (2000) 365-379.
- [121] D. Su, M. Wakelam, K. Jambunathan, Integration of a knowledge-based system, artificial neural networks and multimedia for gear design, *Journal of Materials Processing Technology* 107 (2000) 53-59.
- [122] Z. H. Chen, C.Y. Tang, T. C. Lee, L. C. Chan, A study of strain localization in the fine-blanking process using the large deformation finite element method, *Journal of Materials Processing Technology* 86 (1999) 163-167.
- [123] Philippe Martin, Peter Eklund, Embedding knowledge in Web documents, *Computer Networks* 31 (1999) 1403-1419.
- [124] G.Q. Huang, K.L. Mak, Design for manufacture and assembly on the Internet, *Computers in Industry* 38 (1999) 17-30.
- [125] V. Hetem, Communication: computer aided engineering in the next millennium, *Computer-Aided Design* 32 (2000) 389-394.
- [126] G Aloisio, G Milillo, R.D. Williams, An XML architecture for high-performance web-based analysis of remote-sensing archives, *Future Generation Computer Systems* 16 (1999) 91-100.
- [127] Michael Weyrich, Paul Drews, An interactive environment for virtual manufacturing: the virtual, *Computers in Industry*

- 38 1999 5-15.
- [128] Vaagn L. Zakarian, Mark J. Kaiser, An embedded hybrid neural network and expert system in a computer-aided design system, *Expert Systems with Applications* 16 (1999) 233-243.
- [129] Stephen C.F. Chan, Vincent T.Y. Ng, Albert S.F. Au, A solid modeling library for the World Wide Web, *Computer Networks and ISDN Systems* 30 (1998) 1853-1863.
- [130] <http://www.ugsolutions.com>.
- [131] <http://www.ptc.com>.
- [132] <http://www.sdrc.com>.
- [133] <http://www.autodesk.com>.
- [134] N. K. Kim, Y. Kim, S. H. Kang, Subdivision methods of converting STEP into VRML on web, *Computers ind. Engng* 33(1997) 497-500.
- [135] Shannon L. Fowler, Anne-Marie J. Novack, Michael J. Stillings, The evolution of a manufacturing Web site, *Computer Networks* 33 (2000) 365-376.
- [136] Stefano Ceri, Sara Comai, Ernesto Damiani, Piero Fraternali, Stefano Paraboschi, Letizia Tanca, XML-GL: a graphical language for querying and restructuring XML documents, *Computer Networks* 31 (1999) 1171-1187.
- [137] 张璞 庄成三, XML 查询语言技术与实例分析, *计算机应用研究* 5(2000) 109-111.
- [138] 邵军力 等, 人工智能基础, 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [139] 黄铁军 等, VRML 国际标准与应用指南, 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [140] Nikola B. Serbed_zija, Web computing framework, *Journal of Systems Architecture* 45 (1999) 1293-1306.
- [141] Junji Nomura, Kazuya Sawada, Virtual reality technology and its industrial applications, *Control Engineering Practice* 7 (1999) 1381-1394.
- [142] Vaibhav Deshpande, Luciano Fornasier, Edgar A. Gerteisen, Nils Hilbrink, Andrey Mezentsev, Silvio Merazzi, Thomas Wöhler, Virtual engineering of multi-disciplinary applications and the significance of seamless accessibility of geometry data, *Future Generation Computer Systems* 16 (2000) 435-444.
- [143] Jasbir S. Dhaliwal, Lai Lai Tung, Using group support systems for developing a knowledge-based explanation facility, *International Journal of Information Management* 20 (2000) 131-149.
- [144] Herbert Baerten, Frank Van Reeth, Using VRML and JAVA to visualize 3D algorithms in computer graphics education, *Computer Networks and ISDN Systems* 30(1998) 1833-1839.
- [145] Kate Moore, Jason Dykes, Jo Wood, Using Java to interact with geo-referenced VRML within a virtual field course, *Computers & Geosciences* 25 (1999) 1125-1136.
- [146] Marti A. Hearst, TRENDS & CONTROVERSIES in Information integration, *IEEE INTELLIGENT SYSTEMS* SEPTEMBER/OCTOBER 1998 12-24.
- [147] Mike Perkowitz, Oren Etzioni, Towards adaptive Web sites: Conceptual framework and case study, *Artificial Intelligence* 118 (2000) 245-275.
- [148] P.H. Hendriks, The organisational impact of knowledge-based systems: a knowledge perspective, *Knowledge-Based Systems* 12 (1999) 159-169.
- [149] Robert E. Johnson, Mark J. Clayton, The impact of information technology in design and construction: the owner's perspective, *Automation in Construction* 8 (1998) 3-14.
- [150] David Latch Craig, Craig Zimring, Supporting collaborative design groups as design communities, *Design Studies* Vol 21 No 2 March 2000 187-204.
- [151] Judy E. Scott, Organizational knowledge and the Intranet, *Decision Support Systems* 23 (1998) 3-17.
- [152] D. Brokken, W.A.M. Brekelmans, F.P.T. Baaijens, Numerical modelling of the metal blanking process, *Journal of Materials Processing Technology* 83 (1998) 192-199.
- [153] M. Hardwick, K.C. Morris, D.L. Spooner, T. Rando, P. Denno, Lessons learned developing protocols for the industrial virtual enterprise, *Computer-Aided Design* 32 (2000) 159-166.

攻读硕士学位期间完成的学术论文

1. 基于互联网的冲压零件特征建模研究, 锻压机械, 2000, 6
2. XML 在冲模设计专家系统中的应用, 计算机应用研究, 2001, 5
3. 冲模设计 KBE 技术研究, 新技术新工艺, 2001, 1
4. 冲裁工艺性判别远程专家咨询系统研究, 模具技术, 2001, 2
5. A Web-based Knowledge and Decision Support System for Stamping Process Planning.
International Journal of Advanced Manufacturing Technology, submitted.
6. Initial Blank Size Prediction for Stretch/Shrink Flanging with an Iteration Algorithm. Co-author,
Accepted by Journal of Materials Processing Technology

致 谢

本文是在导师彭颖红教授的亲切关心和悉心指导下完成的。本篇论文从开始选题、研究工作的展开到最后论文的审阅、修改，彭颖红教授都倾注了大量的心血，给予了精心指导，提供了许多有益的建议，为本人创造了极其优良的学习、科研环境。在此，谨向彭教授表示最诚挚的感谢和衷心的祝福！

本文的顺利完成也得到中国工程院院士阮雪榆教授的亲切关怀。阮教授严谨的治学态度、高瞻远瞩的学术思想和敏锐的洞察力，始终令学生敬佩。在此，谨向阮教授表示衷心祝福！

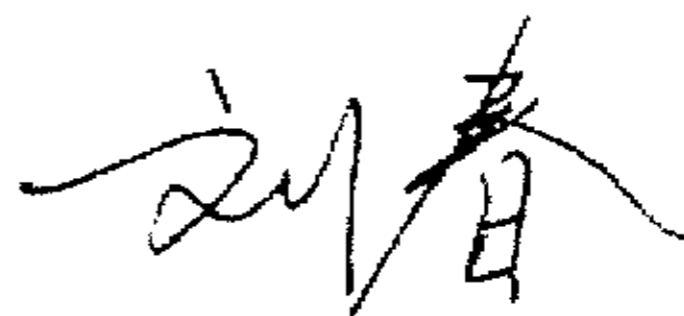
二年半的硕士学习期间，张永清教授、李从心教授、张质良教授、李明辉教授、吴公明教授、周雄辉教授、陈军副教授、娄臻亮副教授在各方面给予了指导和帮助。班主任汤丽华老师、教务办李桂珍老师、顾谨老师、刘亚东博士、王睿博士也给予了大力帮助。在此本人表示深深敬意和感谢。

特别感谢 KBE 研究室的赵震博士、余德泉博士、辛勇博士、李大勇博士、石晓祥、陈纲博士、杨洪波博士、魏红芹博士给予作者研究工作的热忱支持和帮助。尤其感谢赵震博士在本人学习期间给予的无私帮助、悉心指导和论文撰写期间给予的建议和指导，以及杨洪波博士在论文原型系统开发过程中给予的无私帮助，在此表示衷心的感谢。同时感谢 Feintool 联合研究室的吕士军工程师以及师兄弟袁国华博士、张先宏博士、隋征硕士给予本人的大量帮助。

感谢同窗同学王轶为、孔维亚、王爱臣、曹德祥、钟仲刚、李帆、郑晓丹、蔡毅、姚兴、徐龙章、杨刚成、汪锐、熊培友、任传龙、朱国峰给予的帮助，我们在一起完成课程学习，一起参加集体活动，一起研讨学术问题，在生活上互帮互助，建立了深厚的感情，形成了一个团结友爱的 B9929091 班集体。

感谢我的父母及家人长期以来给予我的理解、支持和鼓励，使我有机会、有条件不断追求学业上的进步。尤其感谢我的母亲，她对我的爱将是我一生中最宝贵的财富之一。祝愿所有的亲人身体健康，万事如意。

在交大六年多的求学生涯，使我学到了许多东西，对人生有了一定深度的认识，同时也明确了人生的目标。在本文完成之际，谨向所有帮助、支持、关心和理解我的人们致以诚挚的感谢！



二〇〇二年一月
于上海交通大学