

硕 士 学 位 论 文

车门附件布置知识库管理系统的研究与开发

The Research and Development of the Door Accessory

Package Knowledge Base Management System

提 要

本课题是吉林省科学技术委员会立项资助的“基于知识的车门附件布置系统的开发”，主要研究车门附件、布置设计过程、布置规则、干涉检验等设计信息与推理机制；研究简单知识库系统的搭建，研究简单专家系统的原理与应用；并在 CATIA 平台上实现。以集成的观点构建车门附件布置 DAPS 系统，给出了 DAPS 系统集成的组织结构-布置系统、附件数据库、知识库三大组成模块。本文主要研究了车门附件布置系统与专家系统/知识库理论的结合进行了研究和探索。建立了车门附件布置系统的简单的知识库框架，该知识库系统采用产生式知识库结构，因为产生式知识表达方式接近于人类大脑的推理方式，具有易于理解、表示简单等优点。

关键字： CATIA, 车门, 附件, 专家系统, 知识库, 数据库

目 录

第一章 绪 论.....	1
§1-1 CAD/CAM 技术和知识库技术在汽车开发中的应用.....	1
1.1.1 CAD/CAM 技术的发展.....	1
1.1.2 CAD 技术在汽车开发中的应用.....	3
1.1.3 知识库在 CAD 中的应用.....	4
1.1.4 知识库系统的开发特点及其开发过程.....	6
§1-2 基于知识的车门附件布置设计系统.....	6
1.2.1 基于知识的工程系统简介.....	6
1.2.2 基于知识的车门附件布置设计系统的组成.....	7
1.2.3 基于 CATIA 的车门附件知识库系统 (DAKBS).....	8
§ 1-3 本课题研究的内容.....	9
§ 1-4 本章小结.....	9
第二章 车门设计及其附件布置过程的研究.....	11
§2.1 车门设计概述.....	11
2.1.1 车门的分类.....	11
2.1.2 车门的构成.....	12
2.1.3 车门的性能要求.....	12
2.1.4 车门的设计流程.....	13
§2.2 车门附件布置过程及其特点.....	14
2.2.1 铰链的布置.....	16
2.2.2 玻璃及玻璃升降器的布置.....	18
2.2.3 门锁的布置过程.....	23
2.2.4 密封条布置.....	25

2.2.5 运动干涉.....	26
2.2.6 车门附件布置设计特点及布置设计系统中的实现分析.....	27
§2.3 本章小结.....	27
第三章 专家系统与知识库系统理论.....	28
§3-1 专家系统.....	28
3.1.1 专家系统的历史.....	28
3.1.2 专家系统.....	29
3.1.3 构建专家系统的过程.....	29
3.1.4 专家系统的构建原则.....	31
3.1.5 专家系统的开发工具.....	32
3.1.6 通用性专家系统分类.....	35
§3-2 知识工程.....	35
3.2.1 知识工程研究内容.....	36
3.2.2 知识库.....	38
3.2.3 知识库管理系统.....	39
3.2.4 知识库系统.....	40
3.2.5 知识库系统实用化要求.....	41
3.2.6 知识的组织与管理.....	42
3.2.7 知识库系统的研究趋势.....	44
§3-3 本章小结.....	44
第四章 产生式知识库系统.....	45
§4-1 产生式系统.....	45
4.1.1 产生式的基本形式.....	45
4.1.2 产生式系统的求解过程.....	47
4.1.3 产生式系统的特点.....	47
§4-2 规则库管理命令.....	48

§4-3 综合数据库	49
4.3.1 综合数据库	49
4.3.2 综合数据库构造	50
§4-4 推理机 / 控制机构	52
§4-5 小型知识系统的开发步骤	54
§4-6 本章小结	54
第五章 CATIA 二次开发技术的研究	55
§5.1 CATIA 软件的二次开发工具介绍	55
§5.2 GII (GRAPHICS INTERACTIVE INTERFACE) 的使用	57
§5.3 API (APPLICATION PROGRAM INTERFACE) 函数及调用	58
5.3.1 API 函数	58
5.3.2 API 函数的调用	59
§5.4 本章小结	61
第六章 车门附件知识库系统设计与建立	62
§6-1 车门附件知识库系统	62
6.1.1 车门附件知识库系统任务与框架	62
6.1.2 车门附件知识库系统的功能	64
6.1.3 车门附件知识库系统的安全机制	64
§6-2 车门附件知识库系统设计	65
6.2.1 车门附件知识库系统用户界面的设计	66
6.2.2 车门附件知识库的设计	66

目录

6.2.3	车门附件知识库系统综合数据库的设计	67
6.2.4	车门附件知识库系统推理机的设计	67
6.2.5	车门附件知识库系统解释器的设计	69
6.2.6	车门附件知识库系统知识获取器的设计	70
§6-3	附件知识库详细设计	71
6.3.1	一致性和可证明性检查	71
6.3.2	规则自然语言的理解	72
6.3.3	车门附件知识获取过程	72
6.3.4	知识库操作	79
§6-4	车门附件布置系统的一体化集成化	80
6.4.1	集成车门附件布置系统开发任务	80
6.4.3	车门附件布置系统的集成化	81
6.4.4	车门附件布置过程	83
§6-5	本章小结	84
第七章 总结与展望		85
致 谢		86
参考文献		87

第一章 绪论

§1-1 CAD/CAM 技术和知识库技术在汽车开发中的应用

1.1.1 CAD/CAM 技术的发展

计算机辅助设计及制造 (CAD/CAM) 技术就是将计算机迅速、准确地处理信息的特点与人类创造的思维能力及推理判断能力巧妙地结合起来,用计算机硬件、软件的新成就特别是计算机绘图、数据库、智能模拟技术,为现代设计提供了理想的手段。1972 年国际信息处理联合会 (IFIP) 曾对 CAD 技术作如下定义:“CAD 是一种技术,其中人与计算机结合为一个问题求解组,紧密配合,发挥各自所长,从而使其工作优于每一方,并为应用多学科方法的综合性协作提供了可能”^[1]。计算机辅助制造 (CAM) 利用计算机将产品的设计信息自动转换为制造信息,以控制产品的加工、装配、检验、包装等全过程,以基于这些过程相关的物流系统和初步的生产调度。

CAD/CAM(计算机辅助设计及制造)技术产生于本世 50 年代后期发达国家的航空和军事工业中,随着计算机软硬件技术和计算机图形学技术的发展而迅速成长起来。CAD/CAM 在机械制造行业的应用最早,也最为广泛。采用 CAD 技术进行产品设计不但可以使设计人员“甩掉图板”,更新传统的设计思想,实现设计自动化,降低产品的成本,提高企业及其产品在市场上的竞争能力;还可以使企业由原来的串行式作业转变为并行作业,建立一种全新的设计和生产技术管理体制,缩短产品的开发周期,提高劳动生产率。如今世界各大航空、航天及汽车等制造业巨头不但广泛采用 CAD/CAM 技术进行产品设计,而且投入大量的人力物力及资金进行 CAD/CAM 软件的开发,以保持自己技术上的领先地位和国际市场上的优势。

CAD 技术是一项综合性的,集计算机图形学、数据库、网络通讯等计算机及其他领域知识于一体的高新技术;是先进制造技术的重要组成部分;也是提高设计水平、缩短产品开发周期、增强行业竞争能力的一项关键技术。CAD 技术的特点是涉及面广而复杂、技术变化快、竞争激烈,而且投资大、风险高、产出高。现代有名的 CAD/CAM 软件都是规模巨大、功能众多、系统复杂,所以投资大、开发周期长,难以及时跟上硬件平台和开发环境的迅速发展,以及广大用户需求的变化和不断增长的要求。

CAD/CAM 技术的广泛应用大大减轻了设计者的劳动强度,改善了他们的

工作环境和条件，提高了产品的设计质量，极大的提高了产品的开发和设计效率，缩短了新产品的开发周期。CAD/CAM 技术彻底改变了传统的产品设计方式，使设计人员的智慧和能力得到充分的发挥，CAD/CAM 技术的发展与应用水平已成为和衡量一个国家的科学技术现代化和工业现代化的重要标志。

我国的 CAD/CAM 技术的研究和应用起步较晚，从八十年代才逐步开始，但是发展的非常快，特别是进入九十以后得到迅速的发展，CAD/CAM 技术在我国航空、航天、造船、机械、汽车等领域得到较广泛的应用，一些国产的优秀 CAD 软件也应运而生，但是我国 CAD/CAM 技术研究和应用的广度和深度与国外相比还存在较大的差距，要想提高我国汽车等机械产品在国际市场竞争力，CAD 技术的研究和应用是关键。

产品设计人员可以利用 CAD 技术在计算机中生成产品的真实实体几何模型，在计算机屏幕上随意的旋转设计模型，从各个角度观察产品的形状，不断的对产品进行修改，而且许多 CAD 软件还提供丰富的辅助分析功能，可以在设计的同时进行强度、刚度等各种分析，来帮助和指导设计人员得到合理的、最优的设计方案；虚拟装配、加工仿真、运动分析等 CAD 技术的发展使得 CAD 技术实质得以充分体现，即辅助设计人员进行产品设计，而不是简单的绘图代替纸笔。CAD 软件主要是帮助产品设计人员完成数值型的工作，也就是说完成计算、分析、绘图等功能，设计活动中存在的最关键的推理工作，诸如设计思路、最佳方案的选择、参数的选择等等，这些工作主要依赖于设计人员的知识和专业经验，是现有 CAD 软件无法满足的。因此将人工智能技术，特别是专家系统的技术与现有的、传统的 CAD 技术相结合开发一些专用的 CAD 软件和程序模块是今后 CAD 发展的必然趋势^[2]。

CAD 系统的智能化可以将领域设计专家的知识与 CAD 技术结合在一起，这既有利于充分发挥 CAD 技术在专业设计领域的作用，又能将工程设计专家多年的、宝贵的设计经验充分的保存下来，为其他设计人员所参考，这样一个经验不很丰富的设计人员可以借助智能 CAD 系统在领域专家知识的指导下高效率、高质量的完成设计任务。

任何产品的设计，都被包容在 CAD 的覆盖范围内。但任何专业 CAD 厂商都永远不可能满足所有客户的一切设计需求。所以 CAD 系统必须作成开放式，为广大用户的二次开发提供一切方便。CAD 软件又应该使各类用户所设计的对象都产生统一的数据文件存储格式，保证不同厂商的 CAD 文档可以相互兼容，实现资源共享，达到无缝集成。

一个公司对 CAD 系统的应用必然要经历以下过程：软硬件的购买、CAD 软件在产品中的逐步应用、结合公司需要对 CAD 软件进行二次开发、用于 CAM/CAE 方面。根据公司设计的需要，结合专业知识和领域专家的经

验开发专用的 CAD 模块，可大大减少产品设计中不必要的重复性劳动，提高产品的设计质量，缩短新产品的开发和设计周期。CAD 软件的二次开发可有效的克服通用 CAD 软件在专业设计领域的不足和局限性，有利于充分发挥 CAD 软件的辅助作用。所以一个公司需全面的开展 CAD 并取得积极效果，应以引入的 CAD 系统为基础，根据本公司的实际需要，进行程度不同的用户化、本地化的二次开发，建立专业设计系统和数据库，形成具有本公司特色的产品设计 CAD 系统。

CAD 要求集成，一方面从产品开发全生命期看，要求产品设计与分析计算 (CAE)、工艺规划 (CAPP)、数控加工 (NC)、质量控制 (CAQ)、技术服务、备件供应、订货管理、生产计划管理等紧密衔接，实现产品设计制造管理一体化；另一方面从行业间的关系看，建筑、土木工程、铁路勘察设计等需要与地理信息系统 (GIS)、通信、供水供电暖气通风、机械制造、微电子技术等沟通，同样要求跨行业的应用软件一体化。

1.1.2 CAD 技术在汽车开发中的应用

CAD 技术首先在航空、航天领域得到广泛应用，而后开始逐渐应用于汽车领域。1959 年 GM 汽车公司的 DAC-1 (Design Augmented Computer) 项目标志着 CAD 技术在汽车行业应用的开始。CAD 技术给使用者带来了巨大的好处及颇丰的收益，汽车工业开始大量采用 CAD 技术。80 年代初，几乎全世界所有的汽车工业和航空工业都购买过相当数量的 CATIA，其结果是 CATIA 跃居制造业 CAD 软件榜首，并且保持了许多年。最近几年，从造型理论上来说，CATIA 并没有突破性的进展，其 CAD 技术本身已相对落后。但 CATIA 除了给用户丰富的交互曲线、曲面造型、拟合功能外，还给用户提供了二次开发工具，无疑给用户带来了极大的方便^[3]。

经过半个世纪的发展，CAD 技术在国外汽车行业得到广泛而成熟的应用。各汽车公司不仅拥有非常好的 CAD 软硬件条件，而且还有高素质 CAD 设计队伍，很好的将各公司多年的汽车设计理论、经验和 CAD 技术相结合，成功的用于其新产品的开发和设计，CAD 技术的广泛应用极大的缩短了新车型的开发周期。

国外各汽车公司不仅在汽车设计和 CAD 应用方面积累了丰富的经验，而且还结合专业知识和专家经验对 CAD 软件进行二次开发，克服通用 CAD 软件在汽车设计方面的局限性，开发适合公司内部设计需要的智能 CAD 专业模块，帮助其产品设计人员快速的开发和设计出更好的产品，以求在市场

竞争中处于有利地位。例如：美国 Ford 汽车公司专门成立 CAD 软件的二次开发队伍结合公司需要开发一些汽车设计软件；法国雷诺公司在 EUCLID 上开发了适合汽车工业需求的用于钣金成型的 OPTRIS 模块和用于干涉检验的 Megavision 模块；日本的 TOYOTA 汽车公司与美国 PTC 软件公司合作在 Pro/E 软件的基础上开发的汽车模具型面设计模块 Pro/Dieface^[4]等等。目前，国外用的比较多的 CAD 软件，主要有：CATIA(IBM/Dassault)、Unigraphics(EDS)、I-DEAS(SDRG)、PRO/E(PTC)、EUCLID(MATRA)、CADD(ComputerVision)等。可以说我国汽车行业 CAD 软硬件的条件是相当不错的，经过十多年努力，CAD 技术在我国汽车行业的应用已取得很大的进步，而且一些大学和科研机构在通用的 CAD/CAM 软件基础上进行二次开发专业模块。现在各国制造企业均纷纷采用各种新实现、新方法、新技术来改进自己的产品开发模式，力图使企业及其产品具有较强的竞争力和生命力。

1.1.3 知识库在 CAD 中的应用

CAD 的核心技术是用最简单、方便的操作来生成产品几何形状的精确数字定义并且实时显示其真实感图形。飞机、汽车的外形复杂，零、部件间的配合要求高，因此 CAD 技术的研究和软件开发首先是从飞机和汽车行业发展起来的。CAD 软件产业的茁壮成长取决于五大要素：应用需求、技术积累、资金投入、队伍素质和运行机制。国际知名的 CAD 软件，数量上以美国最多，其次法国。但是就软件产业的成功率看，法国居榜首。我国国民经济得到持续健康稳定的发展，尤其汽车产业在我国获得了蓬勃的发展，为 CAD 技术的研究和软件开发创造了良好的条件。

我国汽车行业经过十多年努力和发展，CAD 技术、专家系统、知识库技术等新兴技术在我国汽车行业的应用已取得很大的进步，而且一些大学和科研机构也在独立地或与汽车公司合作开发一些在通用的 CAD 软件基础上的汽车设计专业模块，例如：吉林大学的福特—中国研究与发展基金项目组率先探索 KBE 在汽车行业中的应用，在通用 CAD 软件的基础上开发专用的汽车专业设计模块；同济大学在 UG 平台上开发汽车总体设计专家系统等等^[5]。但是由于我国 CAD 技术起步较晚，加上现有通用 CAD 软件的专用性较差，CAD 技术的应用与国外汽车公司相比还有很大的差距，国内各汽车公司普遍存在 CAD 软件利用率低，设计效率低下的问题。加大 CAD 软件在汽车开发中的应用力度，并且结合汽车设计的专业经验开发一些通用 CAD 软件平台上的面向汽车设计的专业模块以帮助设计人员提高产品的开发效率和质量，

是缩短我国与国外汽车设计水平的差距，早日实现我国轿车自主开发能力的有效措施之一。

从 CAD/CAM 的技术发展史，需强调一个观点：国外在成熟的市场经济机制下，一切研究开发项目决不草率上马，都有明确的应用目标和周密的技术组织措施。凡是成功的成果，一定要倍加珍惜，尽量继承、采纳、接力、改进。国外有一条规则，凡是能从市场上买到的，决不自己从头做起，外购一定比自制合算。同时卖方也懂得这个道理，必须合理定价，互通有无，决不能奇货可居，将别人拒之门外。CAD 源程序虽然珍贵，但同样是商品，只是定价更高而已。美国有规定，软件的源程序改动量超过 20%，就是新软件，不叫抄袭，鼓励在继承中创新，不赞成重复做虚功，白白浪费人力、物力资源。一个项目失败了，并不稀奇，技术创新允许失败。但是即使一个软件系统整体上失败了，也要从中提取有用部分，创造新的商机。

软件开发中必须将各个专业领域的传统设计方法转化成计算机上的操作，将原来的专业设计知识和经验体现为软件代码，使得应用人员在新的工作环境中感到计算机得心应手，善解人意，这就需要开发人员与应用人员共同经历一个长时间的磨合过程，不断修改程序，不断排除错误。

有效的二次开发是 CAD/CAM 发挥效能的关键环节，二次开发具有以下两个主要特点：

- 一、于二次平台
- 二、向领域专家

因此，二次开发应以工程设计的理论和实践为基础，以软件工程理论为指导，面向具体产品的实际问题进行开发^[6]。

随着 CAD 的进一步发展，单纯通过关系数据库，或者采用 CAD 数据库、工程数据库已无法满足 CAD 的复杂要求。因此需要选用合适、功能强大的通用工具来支撑 CAD 发展中提出的新的要求，目前来说，知识库成为其主要选择之一。知识库作为能支撑多种应用领域的通用智能支撑软件与工具，不仅能够数据库基础上提供数据支持，还可以将 CAD 不断发展所提出的要求用知识形式表示，为 CAD 处理各种复杂的问题和满足各种特殊要提供了可能。

支持智能 CAD 的实现。产品设计是一个复杂的过程，需要设计师/专家以其专门的知识 and 经验为依据，经过分析、计算、综合等多个步骤才能完成。因此从人工智能的角度，计算机辅助设计实际上是一个由计算机系统辅助设计师进行设计并加以实现的“专家系统”，因而大量引入专家系统的实现、方法与工具，来构成智能 CAD。

在智能 CAD 中，产品设计的实现、方法是用知识形式表示，而产品设计

的过程这是一个问题求解过程，最后的设计结果就是求解目标。

用知识库作为智能 CAD 开发环境无疑是比较合适的。在知识库中，产品设计中有关的知识可以用事实与规则表示，并存于知识库内。智能 CAD 与知识库有一定的对应关系，如表 1-1。产品的设计过程既是知识库中知识的推理过程，最终设计结果极为知识库中的推理结果。

表 1-1 智能 CAD 与知识库的对应关系

智能 CAD	知识库
设计知识	知识库中的一组知识
设计过程	知识库中知识的推理
设计结果	知识库中的推理结果

1.1.4 知识库系统的开发特点及其开发过程

开发知识库系统的应用，主要有以下特点：

- 将应用对象看成是一个知识处理系统；
- 从应用对象中抽取已有的知识（包括事实与规则）；
- 将应用对象中的处理用知识推理来表示。

知识库系统的开发过程：

- 选择一个知识库系统；
- 建立若干实关系构成外延数据库，建立若干虚关系以及推理规则以构成内涵数据库。

§1-2 基于知识的车门附件布置设计系统

1.2.1 基于知识的工程系统简介

基于知识的工程 (Knowledge Based Engineering , 简称 KBE) 是一种程序设计方法学。它通过对设计方案、设计过程、进行知识的捕捉和构造并对设计方法和设计过程进行定义，根据功能要求、部件信息和处理过程的描述，快速生成新的设计方案，从而高效的指导设计。知识工程实现的系统就称为基于知识的工程系统。基于知识的工程系统与传统程序之间的差别就在于，基于知识的工程系统以知识作为处理对象，而传统程序则以数据作为处理对象。

而基于知识的工程 (KBE , Knowledge Based Engineering) 是人工智能领域的一个重要分支,它研究的主要内容包括知识的获取、知识的表达、知识库的构造、知识的自动获取和更新等,其核心是如何运用知识来解决问题。基于知识的系统实质上是突破了简单的逻辑运算,把经验和推理结合起来,将逻辑思维和形象思维结合起来,实现计算机的智能化。^[7]

1.2.2 基于知识的车门附件布置设计系统的组成

“基于知识的车门附件布置设计系统(Knowledge-Based Engineering for Door Accessory Package System, 简 KBE for DAPS)的开发”是吉林省科学技术委员会立项资助的课题之一。它以法国 Dassault 公司的大型的三维 CAD/CAM 软件 CATIA 为开发平台,以知识工程的理论为指导,结合车门布置设计方面的领域专家的经验 and 知识,借助 CATIA 的二次开发工具来进行开发。其主要研究内容就是在深入理解车门附件布置的内容、过程和特点的基础上,运用专家系统、知识工程等理论,重点研究基于知识的车门附件布置系统的总体结构,布置过程和布置对象的知识表示,设计过程的推理求解,以及多方案设计系统的评价规范(经济性、轻量化),并最终在 CATIA 软件上完成基于知识的车门附件布置系统。

车门是整个车身结构中相对独立的总成,结构比较复杂,而且附件繁多,在车门结构设计和附件布置设计过程中,考虑的因素众多,工作量很大,KBE for DAPS 系统将在很大程度上降低布置设计的复杂程度,帮助车门设计人员高质量的、高效率的完成车门的布置设计任务,该系统将可以帮助设计人员进行附件的参数化布置、干涉检验、受力分析、刚度、强度分析等。

KBE for DAPS 系统主要分为三大部分:基于 CATIA 的车门附件布置设计系统(Door Accessory Package System based in CATIA,简称 DAPS)、基于 CATIA 的车门附件数据库系统(Door Accessory Database System based in CATIA,简称 DADS)、基于 CATIA 的车门布置设计知识库系统(Door Accessory Knowledge Base System based in CATIA,简称 DAKBS)。

DAPS 系统是整个 KBE for DAPS 系统的主框架,主要是调用 DADS 系统来完成对车门附件进行的选择和布置,调用 DAKBS 系统中知识库中的知识,帮助设计人员进行决策,DAKBS 系统中包含着专家系统中的所谓的“推理机”和“解释器”。DAKBS 系统主要是收集领域专家的知识 and 经验,它要有知识规则的录入、修改、删除、更新等功能,并与 DAPS 系统有良好的接口。DADS 系统主要是存储车门附件的几何模型和各种信息,在设计人员需

要进行附件选择时，提供大量的附件几何模型和各种信息，它也要与 DAPS 系统有良好的接口。

KBE for DAPS 的系统结构如图 1-1。

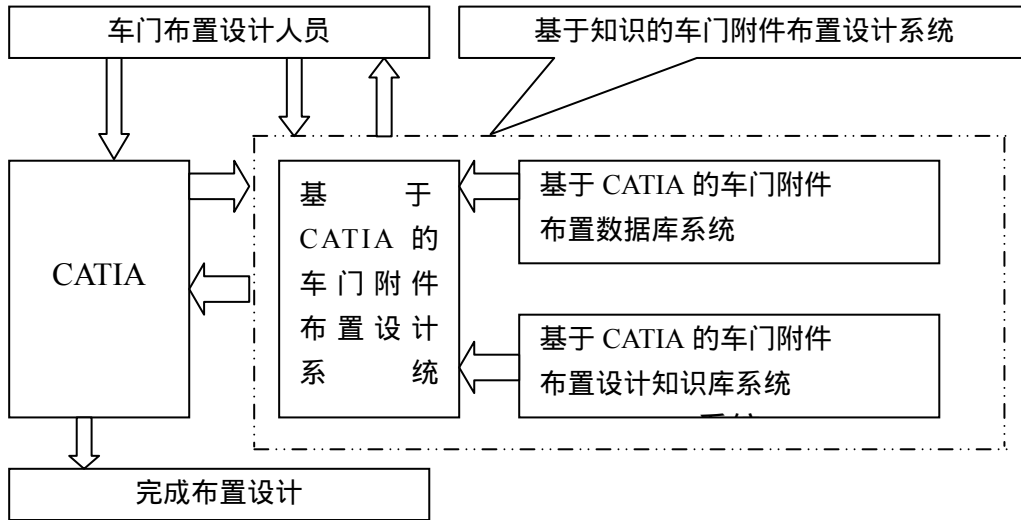


图 1-1 KBE for DAPS 系统的结构

1.2.3 基于 CATIA 的车门附件知识库系统 (DAKBS)

“基于 CATIA 的车门附件知识库系统的开发”是吉林省科委立项资助的“基于知识的车门附件布置设计系统的开发”课题的一部分。主要是为车门设计人员进行布置设计时，提供附件的知识信息和布置知识。

其主要的要求为：

- 1) 界面友好、简单、容易学习。
- 2) 与 CATIA 软件无缝集成，与 CATIA 的数据交换是即时的、交互的，没有延迟。
- 3) 存储时，附件的属性和知识规则联系在一起。
- 4) 用户在选择附件时，可以判断是否满足法规，整车，车门布置要求，布置过程与推理过程的同步。
- 5) 基于各知识关键字的查询。
- 6) 方便的基于附件名字的查询。
- 7) 对用户的错误操作提出警告。

8) 多用户运行模式。

§ 1-3 本课题研究的内容

研究内容主要包括：车门附件信息分析、总结、归类；CATIA 软件的二次开发，利用 GII 语言开发知识库的用户应用程序（读取、存储、修改、删除、自动建库）；知识库关键字查询算法；动态 GII 集成 CATIA 面板的实现；CATIA 的数据管理；知识库和软件工程的基本理论在车门附件布置知识库系统开发中的应用。

§ 1-4 本章小结

智能化 CAD、未来制造业信息化的发展趋势是数字化、集成化、绿色化、智能化、敏捷化与网络化的融合，各种新的管理模式和管理思想将不断出现。因此各式专家系统在实际生产中获得了较广泛的应用，但是专家系统在知识获取、推理方法、求解空间等方面还存在一些问题。要实现我国轿车的自主开发能力，就必须加大 CAD 技术的理论研究和实际应用，因此有必要在通用大型 CAD/CAM/CAE 工程软件上进行针对汽车设计的计算机辅助系统，以应用于汽车设计领域。在工程软件的基础上结合汽车设计知识和专家的经验进行二次开发，开发一些适合汽车设计领域需要的专用模块。

本课题是吉林省科委资助项目。主要研究车门附件、布置设计过程、布置规则、干涉检验等设计信息与推理机制；研究简单知识库系统的搭建，研究简单专家系统的原理与应用；并在 CATIA 平台上实现。

基于知识的车门附件布置设计系统是以知识工程的理论为指导，结合车门设计领域的知识、规则以及领域专家的经验，以 CATIA 为开发平台，利用 CATIA 的二次开发工具 GII 结合 C 语言进行开发，旨在简化车门布置设计的复杂性和降低设计人员的劳动强度从而帮助设计人员得到理想的车门布置方案。基于 CATIA 的车门附件数据库系统作为基于知识的车门附件布置设计系统中的一部分或者说一个模块，它将分类存储大量的附件几何模型及其各种非几何信息，并提供友好的用户界面，实现附件的查询、读取、存储、修改信息、删除和自动建库等功能。知识库系统中的知识存储关于车门附件属性与附件布置的知识（规则），推理机根据条件查询和利用规则进行推理，所利用的附件是否合格或是否满足布置和法规要求。以帮助工程设计人员进行设计，在一定程度上使设计人员可以在设计的初期就开始考虑车门的经济

目录

性、轻量化、布置的合理性等各方面的要求。

由于理论与经验的缺乏，本系统还不很完善，本系统作为知识库理论、专家系统理论在汽车设计中的初步探索，需要进一步的完善、提高与丰满。

第二章 车门设计及其附件布置过程的研究

车门是汽车车身结构中相对独立的总成，是供乘员或货物进出的必要通道。它主要由车门骨架及盖板、车门护面、门窗、车门玻璃及玻璃升降器、门锁及其手柄、车门铰链、车门密封条和车门开关机构组成。车门设计的好坏直接影响到整车的造型效果、安全性、密封性、视野、噪声控制以及乘坐空间等诸方面的优劣^[8]。车门结构设计与附件布置考虑的因素较多，既要保证车门与整车的协调一致，还要保证车门本身的技术要求，具有一定的代表性。

§2.1 车门设计概述

2.1.1 车门的分类

车门的结构类型多种多样。按开启方式可分为旋转门、拉门、折叠门和外摆式车门；按车门结构可分为整体式车门和分开式车门；按有无窗框可分为有窗框和无窗框式车门；按旋转方向可分为顺开门、逆开门和上开门。不同类型的车门由于具体结构不同导致其设计过程的差异，在 DAPS 中就需要提供不同的程序入口进行有针对性的程序实现。^[9]

表 2-1 车门分类

分类方式	类 型	特点及常用车型
开启方式	旋 转 门	有于大多数汽车
	折 叠 门	多用于客车
	拉 门	多用于轻型客车
结 构	整体式车门	刚度好、质量高、随形性好
	分开式车门	钣金件少、材料利用率高、视野性好
窗 框	有窗框车门	用于大多数汽车，可为独立窗框或整体式车门
	无窗框车门	敞篷车、硬顶车、运动车使用
旋 转 方 向	逆 开 门	较少采用，仅为方便上、下车
	顺 开 门	安全性好，较常用
	上 开 门	用于轿车和轻型车的背门，也用于低矮的汽车

2.1.2 车门的构成

不同类型的车门可分为车门本体、车门附件两部分。车门本体包括车门内外板、加强板和窗框等，是一个整体涂漆、未装备状态的钣金焊接总成，是实现车门整体造型效果、强度、刚度及附件安装的基础框架。而附件则是为满足车门的各项功能要求，在车门本体或其它相邻结构件上装配的零件及总成。车门总成的组成如表 2-2 所示。

表 2-2 车门总成的组成

车 门								
车 门 本 体			车 门 附 件					
内 外 板	加 强 板 与 抗 撞 梁	窗 框	车 门 锁	铰 链 及 限 位 器	玻 璃 及 升 降 器	门 及 窗 密 封 条	内 外 装 饰 件	其 它 附 件

2.1.3 车门的性能要求

车门作为汽车的重要组成部分，是车身侧面最富变化和最受人关注的对象。一方面，车门作为车身结构中的重要组成部分，其造型风格、强度、刚度、可靠性及工艺性等必需满足车身整体性能的要求；另一方面，车门结构自身的视野性、安全性、密封等性能，既对整个车身结构性能影响较大，也是车门功能要求的重要部分。

第一，对使用方便性来说，要求：开关方便性：灵活、轻便、自如，有最大、中间两档开度，并能可靠限位；上下车方便性：开度应足够，一般不低于 60° 或开度不小于 650mm。

第二，对视野性来说，要求：尽量加大车门窗口及玻璃尺寸，并合理布置三角窗位置、大小、形状。

第三，对可靠性安全性来说，要求：足够的强度、刚度，不允许因变形、下沉而影响车门开关可靠性；车门开关时不允许有振动噪声；部件性能可靠、不干涉；撞翻车时不能自行开门，以确保乘员安全；满足侧撞时对乘员的保护要求。

第四，对密封性来说，要求：雨、雪、尘不能进入车内，应具备良好的气密封性。

第五，对工艺性维修性来说，要求：易于生产制造，拆装方便。

2.1.4 车门的设计流程

车门是车身结构中的一个分总成，车门设计应与车身总体设计相统一。在进行具体的车门设计前首先应根据整车参数，以同类型车为参考，进行车门部分的产品描述，确定车门类型，附件类型及种类。车门的设计过程一般如下：

1. 产品描述。应根据设计任务书和调研的分析结果对车门总成及零件进行定性描述；

2. 确定输入和输出。输入一般指：总布置提供的设计任务书；车身 CAD 表
面三维数据模型和二维线图；设计法规等。输出一般是确定需要建立的三维模型和图纸等；

3. 定车门边界，进行车门的总体结构方案设计：

- 1) 确定边界；
- 2) 车门附件布置；
- 3) 车门本体设计；
- 4) 附件设计。

4. 门的运动校核；

5. 安全性校核；

6. 校核结果满足要求，完成设计。

当然，上述的设计步骤并不是绝对不变的，要根据设计的需要灵活进行，各步骤之间的反复往往要多次进行，如：根据铰链位置等初步确定车门边界，然后进行附件布置，但布置过程中出现问题又要求重新修改边界等等，各步骤不断交叉进行，多方面考虑才能保证最终设计的合理。

§2.2 车门附件布置过程及其特点

车门附件是指具有独立功能并装置于车门上的总成，它和壳体、内饰盖

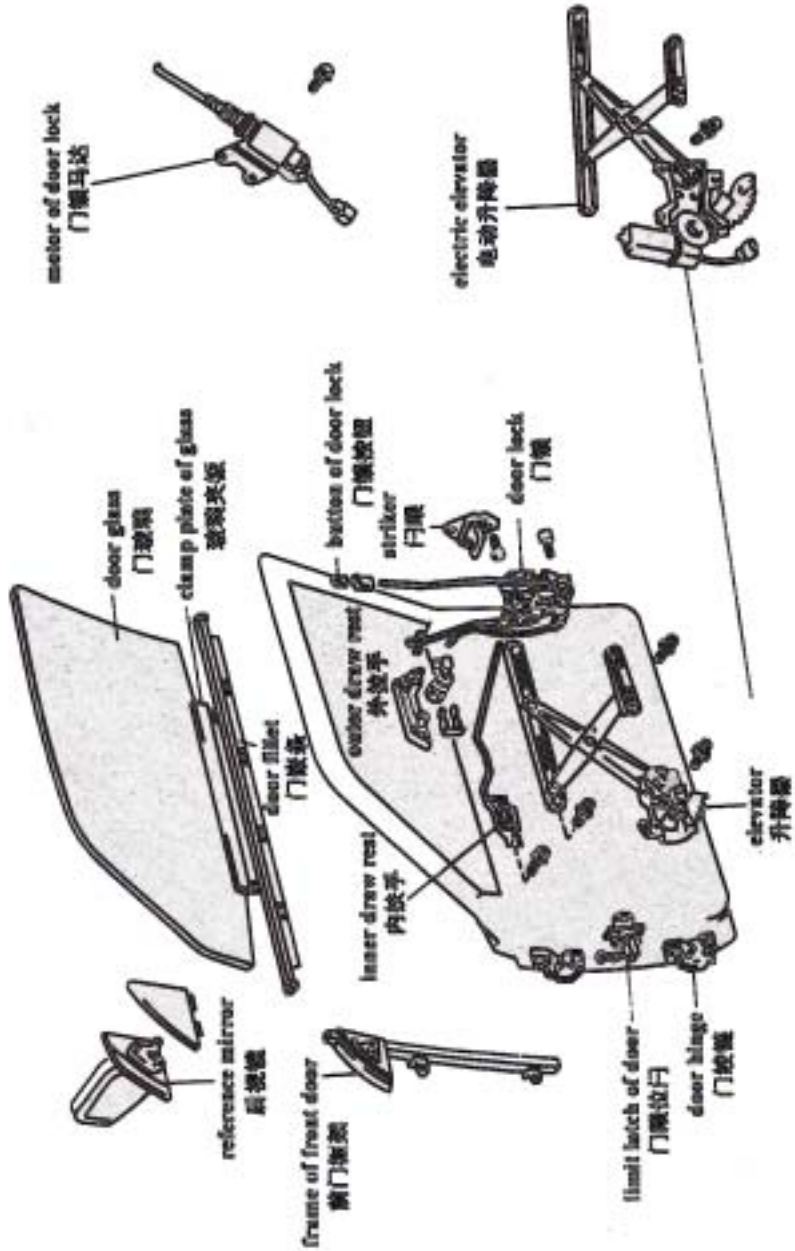


图 2-1 车门附件

表 2-3 车门主要附件的功能要求

车门附件	结构形式	功能要求
车门锁	1. 机械门锁(舌簧锁、钩簧锁、卡板锁)——手动开闭锁; 2. 中控门锁:利用控制按钮或点火锁、有驾驶员集中控制开闭的门锁; 3. 防盗门锁:根据声、光、电、磁、等原理,在于强行开门时,蜂鸣器或灯光报警;	1. 车门外开闭锁功能及防误锁功能,有全锁和半锁两档位置,在锁止状态下,内外手柄打不开车门,开锁时,车内用按钮,车外用钥匙,有的也设计保险锁; 2. 开闭耐久性 10×10^5 次; 3. 承受纵横向载荷能力,全锁时:纵向 11110N,横向 8890N,半锁时纵向 4450N,横向 4450N; 4. 互开率:1000 种不同钥匙牙花数以上; 5. 耐惯性力:全锁状态承受 3g 加速度作用;
玻璃升降器	1. 臂杆式,其中单臂式、交叉式、四连杆式常用 2. 绳轮式 (都具有电动和手动两种型式)	1. 操作方便,摇手柄力矩不大于 2Nm 2. 结构可靠,制动力矩足够,在臂杆滚轮处沿玻璃切线方向加 300N 反力无逆转,在上升行程任意位置,玻璃下沉量不大于 5mm; 3. 强度:上止点,在手柄上加负荷,各部位不扭曲,运动自如; 4. 寿命: 4×10^5 次耐久实验,无异常;
铰链	铰链有明铰链和暗铰链,暗铰链常用,且有内让和外让两种运动方式	1. 运动范围阻力矩小于 2.45Nm; 2. 处于关闭角度时余留角 3° 以上; 3. 强度:纵向力 11110N;横向力 8890N; 4. 垂直刚度:距回转中心 1000mm 加载荷 980N 持续时间 1min 永久变形小于 0.5mm。开关无异常; 5. 耐久性: 1×10^5 次,无异常;
限位器	有些铰链带有限位功能,也有独立安装的限位器,限位器应具有两个档位,以实现全开和半开两个限位;	1. 耐久性: 5×10^5 次,实验后限位力矩不小于初始值 50%(3×10^5 次后测量); 2. 限位器承受 180Nm 以下力矩不损坏;

板一起组成汽车的车门,如图 2-1 所示。车门附件的种类繁多,同一类附件不同类型车门附件在性能和特点等方面有很大的差异,而且有许多专业的车

门附件生产厂家，不同厂家生产的车门附件的质量和价格也有差异。如何在种类和数目众多的车门附件中选择合理的附件是车门设计人员在进行车门附件布置设计时非常烦琐但又非常关键的一个环节，选择的好坏往往会影响到整个车门布置设计的最后结果。^[10]

表 2-3 中给出了各附件的功能要求，其中铰链与门锁是车门承力件，开门时两铰链受力，关门时两铰链和门锁三点受力。因此，铰链、门锁对强度和刚度的要求较重要，车门限位器虽然不直接承受车门重力，但起开关限位作用，与门锁和铰链在寿命、可靠性方面要求应一致。另外，玻璃升降器、锁操纵手柄、按钮等的可靠性、耐久性也不可忽视。其它附件的结构和功能一般应与主要附件的要求相适应。

车门附件的布置过程是一个逐步调整、逐步优化的过程。参数化布置中的参数化的对象是指各附件的定位参数，而不是附件模型本身的几何参数。参数化布置就是实现各附件定位点的参数化，从而通过对参数的修改实时地实现附件位置的变化。

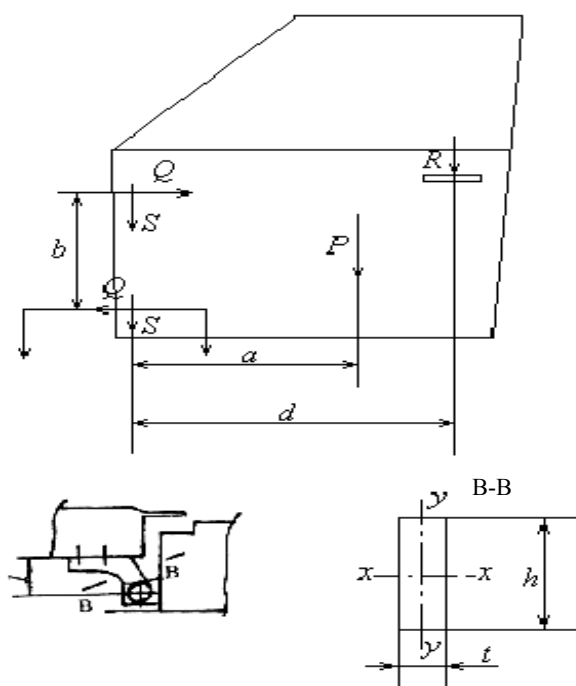


图 2-2 铰链处受力分析

2.2.1 铰链的布置

铰链是车门总成中的受力构件，当车门关闭时，车门上的承力件为门锁和铰链，当打开车门时，车门的重力完全由铰链来承受。铰链轴线的布置会影响车门的开度、门柱的尺寸以及车门开缝线的位置和形状。在布置铰链时，应注意以下几方面的问题：

1. 在结构允许的情况下，车门上下两铰链之间的距离应尽可能大。图 2-2 为铰链的受力分析图，其中 R 为手柄上的力沿竖直方向的分力， P 为车门重力， S 、 Q 为铰链处的受力沿竖直和水平两个方向的分力。

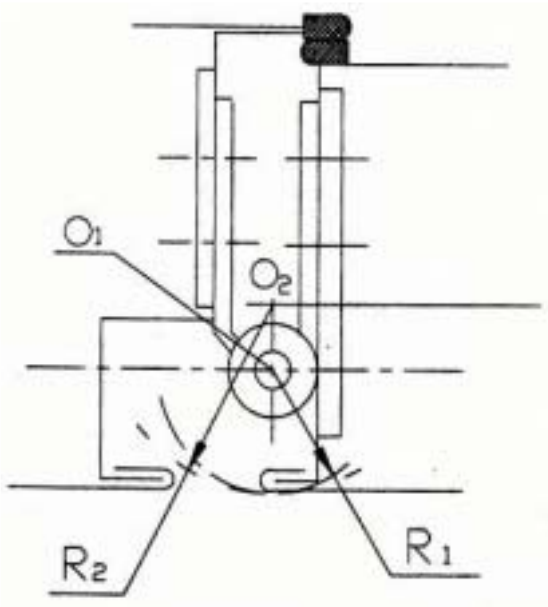
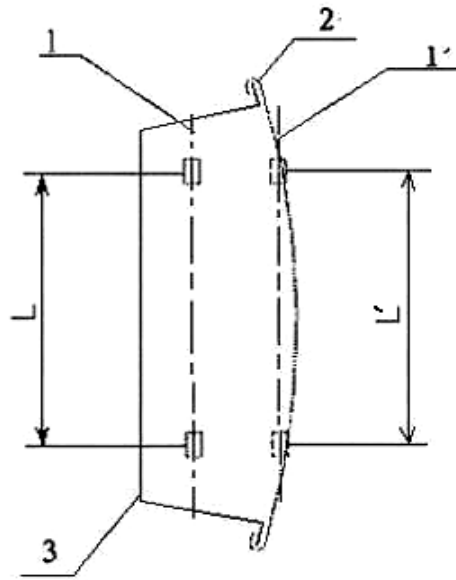


图 2-3 铰链轴线与车身外表面不同距离的轨迹比较



1 - 铰链轴线；2 - 外板；3 - 内板
(注：该图车门旋转了一个角度)
图 2-4 车身外形对铰链轴线外移的影响

计算得： $S = \frac{P+R}{2}$ $Q = \frac{Pa+Rd}{b}$ ；见断面 $B-B$ ， $h \geq t$ ，由材料力学理论得，可忽略剪应力即忽略 S 的作用；则下铰链处的应力可表示以下形式为：

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_y} = \frac{Ql}{\frac{ht^2}{6}} = \frac{6(Pa+Rd)l}{bht^2} \quad (\text{式 2-1})$$

式中 M 为弯矩。

由于上下铰链的变形方向相反，这样就会造成车门下垂。由式 2-1，车门外型和附件设计基本定形后， R 、 P 、 a 、 d 为定值。为减小 σ_1 ，只有加大铰链中心距，或加大铰链的横截面积。

当 Q 减小时， σ_1 减小，则铰链提高，这对于减小车门的下垂有好处。但铰链的间距 b 的大小要受到车门外板曲线的限制，曲线的曲率越大要求铰链间距越小，从而导致铰链处受力较大，车门容易出现下沉。一般情况下，取 $b=300 \sim 500\text{mm}$ ，大多保持在 400mm 左右。

2. 布置铰链时，为了避免打开车门时与其它部分干涉，铰链的轴线应尽可能外移，使其靠近车身侧面。

如图 2-3 所示，当铰链轴线的投影中心从 O_2 外移到 O_1 处时，它与车身外

表面的距离从 R_2 减小为 R_1 ，显然干涉可能性降低。

但由于受外型的影响，铰链轴线又不可能无限地向外移，如图 2-4 所示。当铰链轴线向外移，由 1 移到 1' 处时，如果还要求上下铰链间距 $L'=L$ ，由于车门外板有弧度，那么铰链就要布置到外板以外了，这显然不符合实际。因此，铰链轴线外移到一定程度之后，必然导致铰链间距 L 减小，这时，下铰链处的应力增加，强度、刚度降低，车门下沉的可能性加大。

所以，前两项布置原则是互相矛盾、此消彼长的，需要设计人员在满足强度的条件下从实际出发，将铰链轴线适当外移，以获得最优设计。

3. 车门上下铰链必须布置在同一直线上。从车的侧面看过去，一般是一条垂直于地面的直线；从车的正面看过去，应为一条向内倾的直线，如图 2-5 所示。

从图上可看出，铰链轴线有内倾角 B ，则车门在自由开启状态时只受重力 G 的作用。将 G 分解，沿轴线方向的分力 $G_2=G\cdot\cos B$ ，沿垂直轴线方向的分力 $G_1=G\cdot\sin B$ 。显然， G_2 方向平行于轴线，不产生力矩； G_1 垂直于轴线并与轴线之间的距离设为 a ，所以产生了图上的力矩 M ，其值为： $M=G_1\cdot a=G\cdot\sin B\cdot a$

M 使得车门绕铰链轴线向内旋转，即使得车门在自由开启状态时有自动关闭的趋势。

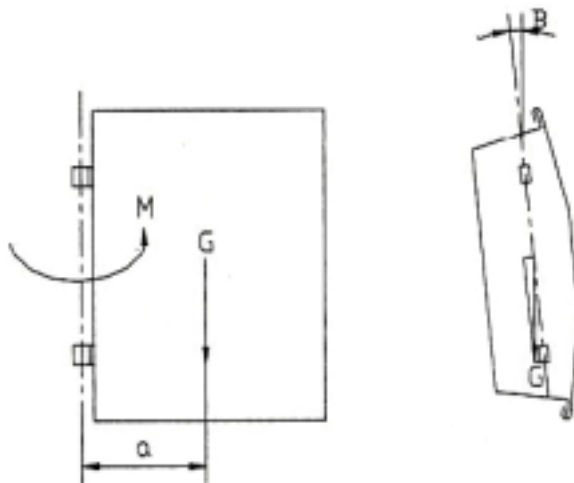


图 2-5 铰链轴线内倾布置

2.2.2 玻璃及玻璃升降器的布置

2.2.2.1 玻璃的布置过程

车门玻璃的形状、大小、位置的确定是顺利实现玻璃升降器布置的前提基础，也是车门布置设计的重要内容。玻璃形状和窗口处造型形状及窗框结构密切相关。确定时应本着尽量逼近外型的原则，并保证玻璃沿导轨顺利升降。逼近外型是指车门玻璃大小、形状与车身造型所要求的窗口一致，并尽量使玻璃外表面与车身外表面贴近。如图 2-6 所示，其中 A-A 剖面表示了玻璃中心线和车门外表面线的相对位置。

车门外表面线为车身外形的截面曲线，玻璃中心线为圆柱面玻璃的截面线。

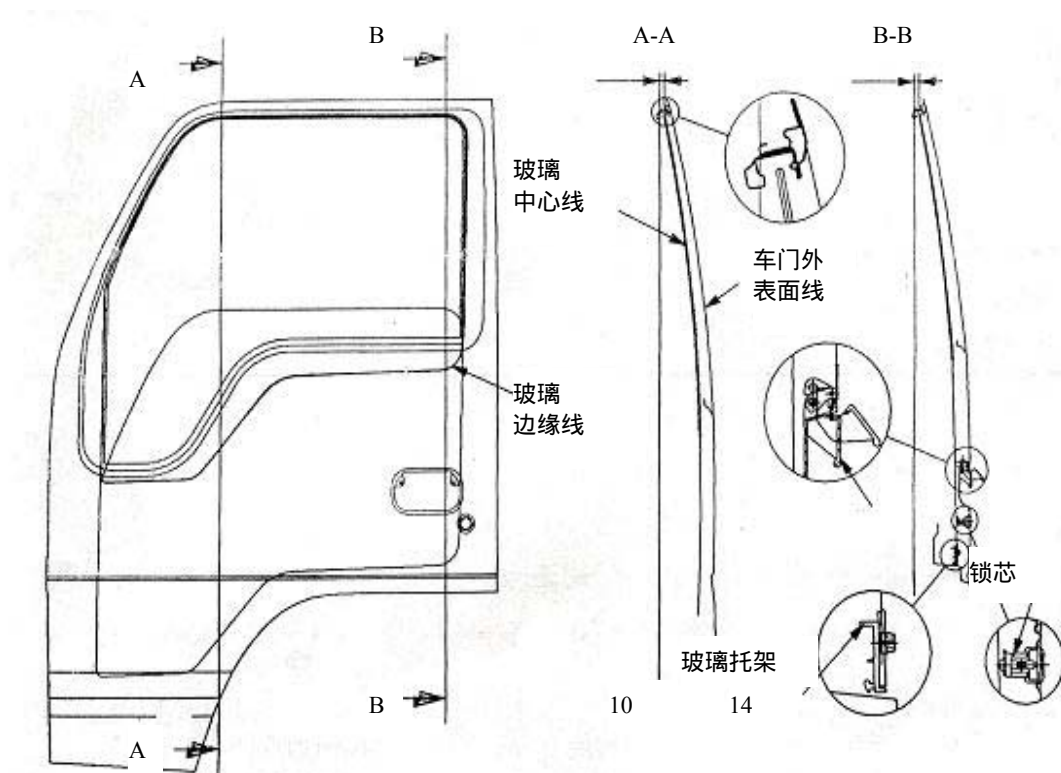


图 2-6 车门玻璃位置确定

首先玻璃中心线的曲率和趋势应逼近外表面线。其次是保证玻璃沿导轨顺利升降。然后通过前（A-A 断面）后（B-B 断面）两处断面的 y 方向坐标确定出玻璃圆柱面中心线在俯视图上的倾斜角度，这样就确定了玻璃中心面的位置。

2.2.2.2 玻璃升降器的布置过程

玻璃升降器是车门上主要附件之一，它带动玻璃上下运动，占据门内大量空间。在选择玻璃升降器时，应考虑以下因素：车门造型特点、车窗开口大小、玻璃形状和安装方式。此外，一般要求选择的玻璃升降器最大行程比实际行程大些。

1. 车门窗玻璃升降器操纵手柄位置

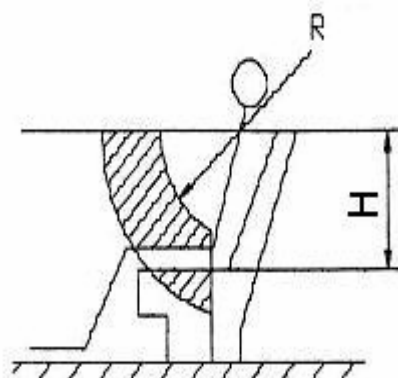
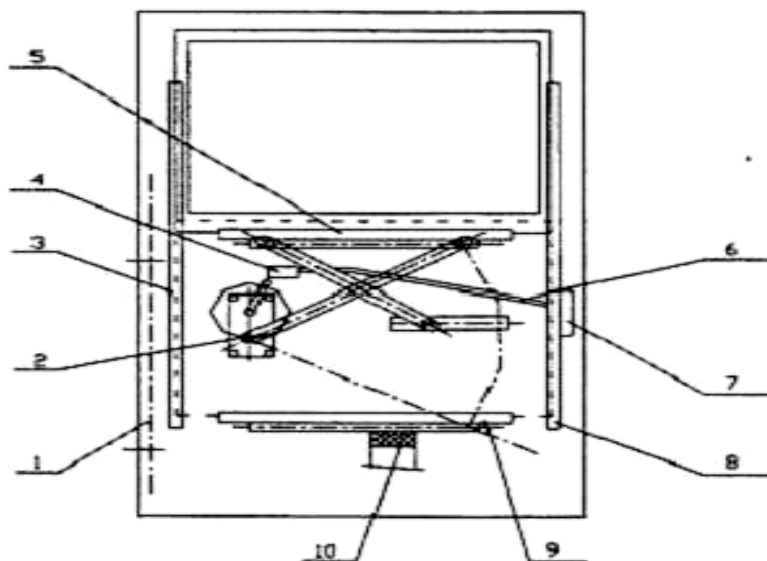


图 2-7 载货汽车的手柄位置确定

在确定操纵手柄时应从人机工程学的角度来考虑。为了使手柄布置在方便的位置，就要把手柄的位置和驾驶员的位置联系起来。

如图 2-7 所示，为载货汽车的手柄位置确定。图示的阴影区域，是在有关标准中对载货汽车驾驶室车门玻璃升降器手柄、三角窗框及车门扶手所限定的区域。



1—铰链中心线；2—主动臂摆动中心；3—前导轨；4—门锁内手柄；5—滑槽上止点
6—联动杆；7—门锁；8—后导轨；9—滑槽下止点；10—限位块

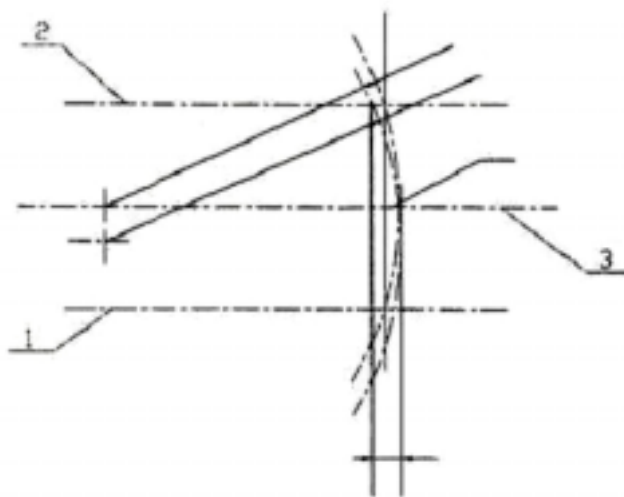
图 2-8 车门升降机构平面布置图

2. 平面图布置（即沿车身的侧面看过去）

如图 2-8 所示，为玻璃升降器的平面布置图。

1) 主动臂摆动中心 2 的位置应设在靠近玻璃升程的一半处，这样可以保证滚轮的水平移动量最小，如下图 2-9 所示。

由图上可看出， $X_1 < X_2$ ，表示对相同的主动臂长度，当摆动中心布置在玻璃升程的一半处时，滚轮的水平移动量最



1 - 滑槽下止点；2 - 滑槽上止点；3 - 中间位置
图 2-9 摆动中心位置对滚轮水平移动量的影响

小。

2)对于玻璃升降器从动臂的固定导轨,一般来说可以水平布置,但有时可以将它斜向布置,以减小摩擦力,不过在上下方向的位置应该与摆动中心的位置差不多。

3)当主动臂在水平位置时,应使玻璃升降器的支撑中心与玻璃质心相近,以使升降平稳。

4)升降器底板在门内板平面上的固定位置和角度,则决定于按人机工程学的校核区域内手柄位置和主动臂的摆动中心,还要考虑齿板齿轮的啮合范围。

5)主动臂的长度是设计升降器时应该考虑的因素,一般由玻璃升程和玻璃大小决定。在确定摆动中心后(升程一半处),主动臂的长度越长,则滚轮的水平移动量越小。如上图 2-10 所示,主动臂的长度 $R_2 > R_1$,则滚轮的水平移动量 $X_2 < X_1$,则是显而易见的。

6)玻璃的限位在上止点靠的是窗框的最上端,而在下止点靠的是玻璃限位块 10,它一般焊在盖板上,当盖板拆下后,玻璃还可沿导轨下滑,直到滚子可以从滑槽中脱开为止,以便拆装和更换玻璃。

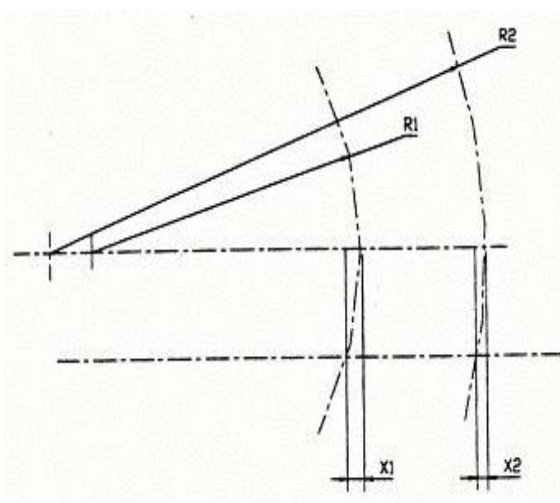


图 2-10 主动臂长短对滚轮水平移动量的影响

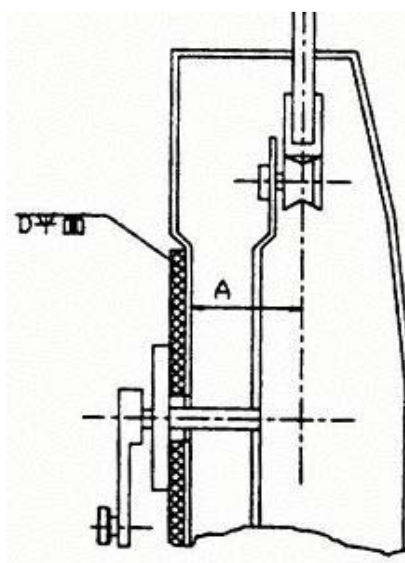


图 2-11 车门侧向布置图

2.2.2.3 侧向布置(厚度方向)

图 2-11 为车门的侧向布置图,它可用来观察升降器在门厚度方向上的位置。注意在绘制该图时,应该先画玻璃中心线,然后以它为基准去确定其它部件的位置。在确定中心线时,主要依据外表面曲线、侧面曲线及附件布置等。

以玻璃中心线为基准,依照所选的玻璃升降器(一般会给出底板安装平

面到滚轮或滑槽的尺寸),可定出安装平面到玻璃中心线的距离 A (如上图所示)。距离 A 是非常重要的,它关系到升降器是否升降自如,因为玻璃导槽按玻璃中心线的形状和运动轨迹位置安装固定。

此外,玻璃升降在侧视图上还存在着一个矛盾,即玻璃的圆弧运动和升降器臂及托杆的

直线运动之间存在矛盾,如下图 2-12 所示。

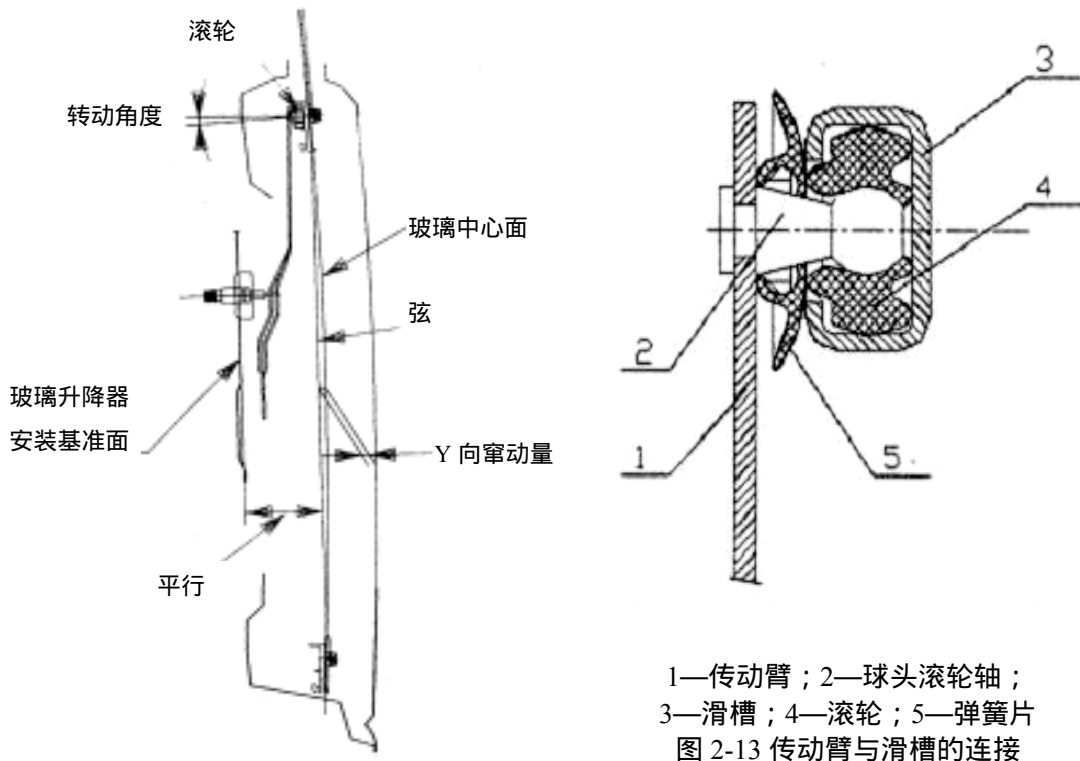


图 2-12 玻璃升降器工作示意图

当玻璃为平面时,其上下运动的轨迹是直线, A 值不变;当玻璃为曲面时,则 A 值是变化的,可通过传动臂与玻璃连接部分的弹性进行补偿,若补偿量不够,则要重新选择玻璃升降器。A 值通过在内板上所冲压的 D 平面来保证,若无法使用恰当的玻璃升降器,则要全新设计。

为解决以上问题,在设计上可采取以下措施:(1) 玻璃夹框或托架与升降器臂连接采用球面接触,靠球面滚轮在滑槽内的转动来补偿两者运动方向上的差异,如上图 2-13 所示;(2) 为补偿曲面玻璃在升程范围内的弦弧高,可以将升降器臂上的滚轮设计成可轴向窜动,还可以借助弹簧片和升降器臂

的变形来补偿。但无论采取哪种方式，布置时应尽量减小 Y 方向窜动量，即布置时使升降器托架置于弦与弧顶中间，使变形量两侧分开，升降器臂拉压变形量相等。

2.2.3 门锁的布置过程

2.2.3.1 门锁外手柄位置的确定

如图 2-14 及表 2-4 所示，为货车的门锁外手柄的确定方法，H 是指外手柄距离水平地面的高度。从表 2-4 中的数据看，H 的选择是从人机工程学的角度出发，考虑驾驶员站在地面或踏板上开门时的方便性。

另一方面，H 值也受汽车造型的影响，要求造型美观，经久耐用，一般造型希望与侧面的棱线相适应。

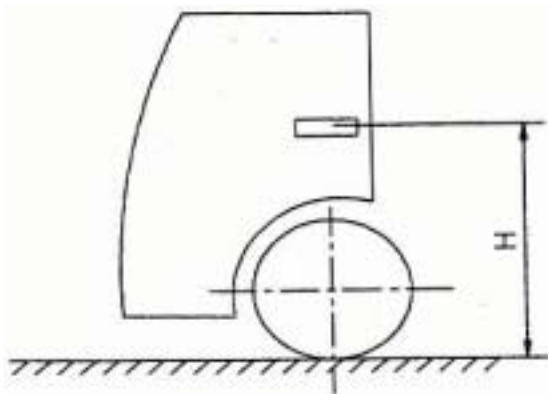


图 2-14 货车外手柄位置确定

表 2-4 货车外手柄位置的确定

全车额定总质量 (Kg)	门锁外手柄高度 H (m)
<6000	≤1.40
>6000 ~ 15000	≤1.60
≥15000	≤1.75

2.2.3.2 内手柄的安装

内手柄安装一般在驾驶员的前方稍远一些的地方，以避免无意中碰到手柄使车门误开，从而保证行车安全性。在车门附件的布置和设计应注意内手柄的位置布置以及内手柄类型的选择，内手柄和外手柄一样，位置要确保方便，运动灵活。内手柄与外手柄的相对位置有一定的制约关系。用

户开启的方便性，用户易接触，满足功能要求。门锁内手柄一般通过联动杆来打开门锁，如图 2-15 所示。内手柄而且应与汽车其他内饰件相适应，讲究车门造型的一致性与协调性。

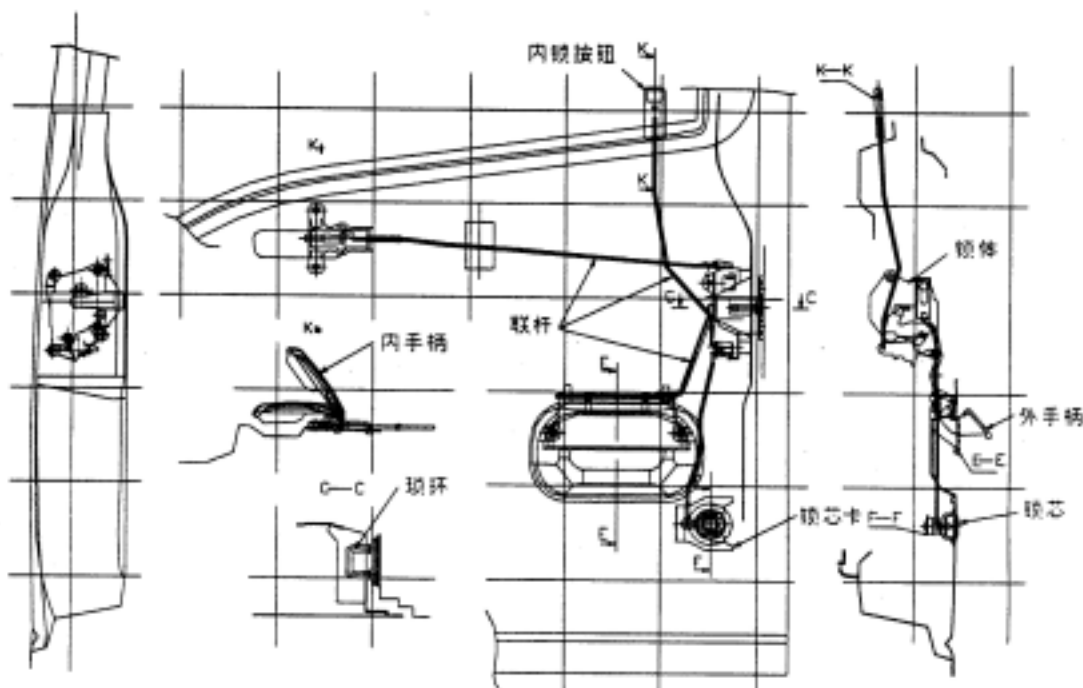


图 2-14 门锁机构布置图

2.2.3.3 门锁的位置确定

门锁一般安装在车门内板的后端部，其高度位置应与车门质心位置在同一水平线上，由外手柄的位置来确定，但又要考虑车门铰链的影响以及整个车门高度方向的尺寸。门锁与玻璃升降器的相对位置主要有以下四种，如图 2-16 所示。

年内侧布置型有利于联动杆的布置；外侧布置型有利于外手柄和锁机构的布置；对于中间布置型，因为门锁本体有一定的厚度，在布置空间上比较紧张，所以多数情况下将导轨向后倾斜一个角度，使密封条从门锁外面通过，有利于防止灰尘进入门框和引起风哨声；对于脱离布置型，门锁脱离了玻璃导轨，使门锁本体与内外手柄的机构的连接都比较方便，但是对门玻璃中心的运动轨迹有一定影响。

门锁的位置对密封条的布置产生直接的影响，门锁外侧布置时，密封

条若靠近车门外板布置，则空间紧张；内侧布置刚好相反；而中间布置型有利于两道密封的布置，提高了密封性。

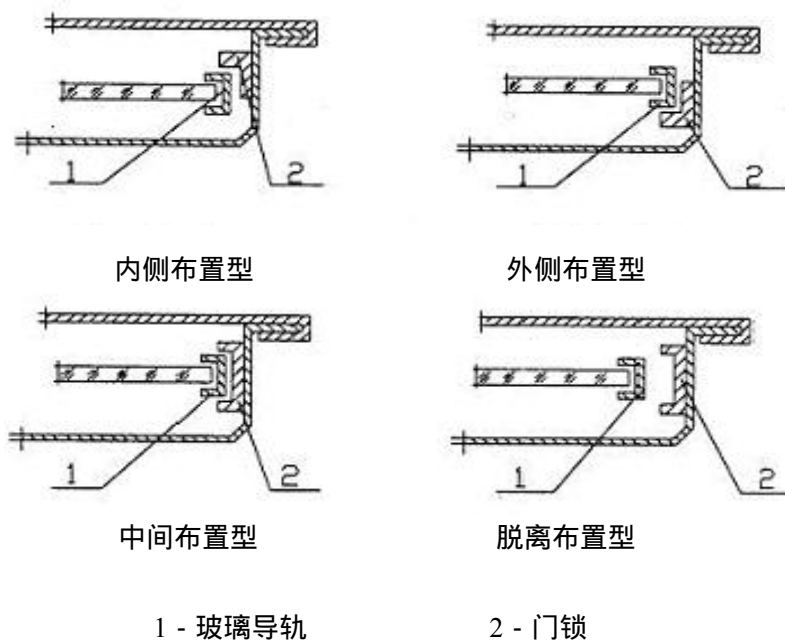


图 2-16 门锁与玻璃升降器的相对位置

此外，在玻璃升降器的位置、门锁及内手柄位置确定后，门锁联动杆的形状也就确定了。在平面布置图上，联动杆绕过了玻璃升降器底板，但它与摆臂和导轨仍有重叠之处，因此还需要前后位置错开，这也需在侧面布置图中解决。

2.2.4 密封条布置

在车门密封条的截面形状和尺寸选定后，就要着手布置密封条。它的布置型式主要有三种：

- 1) 车身装配型 (图 2-17a): 布置在车身门框上，这种方式不如以下两种安装方式好，但是这种方式可以使安装在车上的嵌条和密封条一体化，减少零件个数。欧洲车多采用这种方式。
- 2) 车门装配型 (图 2-17b): 固定在车门上的方式。
- 3) 两面装配型 (图 2-17c): 这种方式密封效果特别好，有利于提高

高速行驶时和高压水洗车时的密封性，而且隔音效果非常好。

具体采用哪种型式，可根据结构和工艺要求而定。

密封条的固定方式有以下三种：(1) 粘结：用粘结剂。(2) 机械固定：多用卡扣或卡槽。(3) 夹持：带金属骨架的密封条可直接夹持在门框上，但是这种密封条的制造工艺复杂。为了使车门框在拐角处也能保持密封条的夹紧，拐角处的弯曲半径不能太小或密封条在拐角处采用模压接头。



a) 车身装配型

b) 车门装配型

c) 两面装配型

图 2-17 车门密封条的安装方式

现在广泛采用后两种固定方式，为了方便使用和充分发挥密封条的功能，采用将变形部分置于致密型橡胶部位上，这样就兼顾了两种密封条固有的良好效果。^[11]

2.2.5 运动干涉

由于车门中安装的附件较多，且车门的空间受到总布置等各方面的限制。所以在完成附件的布置后，必须进行位置的校核。

对于门腔外的铰链，在确定铰链轴线位置后，要检查当车门处于最大开度时，有无与车身其它部分（门柱或翼子板）发生干涉。

对于门腔内的附件要进行校核的内容包括，玻璃升降时是否会与锁芯发生干涉；外拉手运动时，外拉手的机头和外拉手连动的连动杆是否会与玻璃导轨发生干涉；内拉手与锁芯之间的连动杆是否会与玻璃升降器臂杆、玻璃产生运动干涉；内锁止连动杆与玻璃导轨是否有干涉。

在工程实际中广泛采用的方法是将各运动件的轨迹画出，并加上余量、公差等，然后在关键部位切断面，来进行校核。

2.2.6 车门附件布置设计特点及布置设计系统中的实现分析

车门附件的布置可分为两大部分，一部分是要与外部门洞周边相配合的附件如铰链、门锁的锁体和限位器等；另一部分是门腔内部的附件如玻璃升降器、门锁的拉杆等。门腔外附件的布置是在确定车门与门洞周边结构件之间的关系的情况下进行的；门腔内附件以玻璃升降器为例，是在确定下窗框结构、玻璃形状后进行选型和布置的。

在整个车门附件的布置设计过程中不存在一个结论性的方法和流程，是一个逐步调整、逐步优化的过程，具有明显的试探性、反复性和不确定性等特点。一般情况下，在进行车门附件布置时，首先在满足各附件基本的功能要求的情况下给出附件各自粗略的初始定位；然后在保证不出现安装干涉和运动干涉的情况下对它们的位置进行逐步的调整和细化。在调整的过程中，各附件的位置是相互作用的，都有可能进行变动，不会出现给定某一或某些附件的位置，而只调整其它附件的情况。

正是由于附件布置过程中各附件位置的不确定性和逐步调整的特点，决定了附件参数化布置的必然性。另外，各附件作为分总成可以通过给出某一部位的定位参数，实现对整个附件总成的定位，并且这种方法与实际布置设计过程相类似，具有其合理性和可行性。在分析各附件的定位方式，确定合理定位点的情况下，在计算机里对各定位点进行参数化，从而实现对附件位置参数化。在应用 CAD 技术进行车门附件布置过程中，就可以通过改变定位参数的数值的方式方便的实现对各附件位置的调整。

§2.3 本章小结

车门是汽车车身中一个相对独立的总成，内部附件数目繁多，结构较为复杂。它的设计质量直接影响到整车的安全性、乘员的操作方便性、密封性及噪声。车门设计特别是车门附件的布置是一个试探性、重复性很强的过程，占有很重要的地位和很大的工作量，其间许多不确定性因素都有可能导致整个布置的失败和返工。车门的结构设计大部分任务是解决车门附件布置、运动校核、安全校核、附件的紧固及保证附件在使用中的可靠性和方便性。车门附件布置设计的多目标，多约束的特点决定了车门附件的布置需要大量领域专家的经验 and 知识作为指导，才能够顺利实现。将领域专家的经验 and 知识与 CAD 技术相结合，开发专门用于车门附件布置的智能 CAD 系统必将会大大提高车门设计的效率。

第三章 专家系统与知识库系统理论

§ 3-1 专家系统

3.1.1 专家系统的历史

专家系统的研制是对人的智能研究方法的一个突破。人工智能的早期研究是从具体问题入手，于1956年计算机证明逻辑定理的初步乘量。到六十年代初，人工智能进入一般研究，编制了一般问题求解的程序GPS。因为现实世界是复杂的，问题是多样的，很难用一种模式去求解策略与专业知识、实际经验结合起来，进行专家性模拟。1965年费根鲍姆研制出第一个专家系统。目前，制造专家系统的范围十分广泛，从化学、医学直到生物工程等几乎遍及各个领域。

在70年代初，计算机革命导致了专家系统的诞生，它是在计算机硬件发展的推动下出现的。但计算机硬件专家在开发微芯片技术时，那些设计和构造程序来控制计算机的软件专家们在为软件领域的突破进行基础准备工作。但这种突破既不是借助于激光束发明一种新的信息编码方法，也不是借助于较小的速度快的微芯片的开发，而是一种称为人工智能的计算机科学的崭新领域中的概念性突破。

长期以来，人工智能专家的目标一直是开发在某种意义上能思考的程序，即开发一种必须用人的智能才能解决的计算机程序。专家系统正是为了恰如其分的定义这些程序的本质所做得20多年探索的成果。

在60年代，人工智能科学家试图发现解决各类问题的一般方法来模仿复杂的思维过程，他们把这些方法运用于通用问题的求解程序中。虽有一些进展，但证明毫无结果。在70年代，人工智能科学家便集中精力去研究知识表达和搜索技术。而只是到了70年代后期，人工智能科学家才认识到一些事情的重要性。程序的问题求解能力不仅取决于它使用的形式化体系和推理模式，而且取决于它拥有的知识，从而才产生概念性的突破，而且十分简单的描述如下：

要使一程序具有智能，必须给它提供有关领域的高质量的专业知识。

该认识导致了计算机专用程序的开发，这种程序能在某些狭窄的问题领域具有与人类专家同等程度的解题能力，所以称其为专家系统。从此开创了一个新的领域。

3.1.2 专家系统

根据费根鲍姆1982年给出的定义：

“专家系统是一种智能的计算机程序，这种程序使用知识与推理过程，求解那些需要杰出人物的专门知识才能求解的高难度问题。”^[12] 专家系统是一种基于知识的智能系统，它将领域专家的经验用知识表示方法表示出来，并放入知识库中，供推理机使用。专家系统模仿专家的思维活动、进行推理活动和判断、能像专家那样求解问题的计算机程序系统。专家系统把某一领域公认的权威专家的经验精选出来，并归纳成一定形式的规则。计算机将根据这些知识去模仿专家分析问题的方法和解决问题的策略，求解的解答。

专家系统实质上是突破了简单的逻辑运算、把经验和推理结合起来，将逻辑思维和形象思维结合起来。一个能在某特定领域内，以人类专家水平去解决该领域中的困难问题的计算机程序。即任何解题能力达到同领域人类专家水平的计算机程序可成为专家系统。

一般专家系统具有以下特征：

启发性： 不仅能使用逻辑性知识，也能使用启发性知识。

透明性： 能向用户解释它的推理过程，回答用户一些关于它自身的问题，如何得到问题的解。

高性能： 拥有一定专门知识的数量和质量，象人类专家一样具有高水平的求解能力。

灵活性： 知识库的知识便于修改，补充和精炼。

3.1.3 构建专家系统的过程

构造专家系统的过程通常称为知识工程，或应用人工智能即设计和制造专家系统及其它知识库程序的技术。这一过程通常包括被称为知识工程师的专家系统构造者和某一问题领域一个或多个个人类专家之间的某种形式的合作，也就是获得特定领域的领域知识并将它送入知识库中去的过程，如下图3-1：

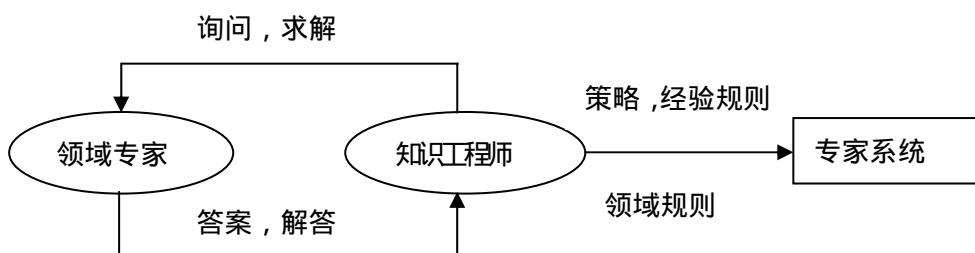


图 3-1 领域专家与知识工程师的相互作用

这样的产生求解问题的计算机程序与人类专家极其相似。

知识能求解问题的主要思想：

系统必须从候选空间内有选择的，高效的构造它的解。但资源受限时，专家需要有选择地搜索空间，尽可能减少没有结果的行动。专家的知识将有助于尽早发现有用的数据，提出最有希望的求解路径，并且尽可能尽早发现如死胡同来帮助避免低效的努力。专家系统通过使用知识以便尽短时间内获得高性能的解。

在专家系统研制中起主要作用的是领域专家，知识工程师，专家系统构造工具及用户。它基本关系及基本作用如下图3-2所示：

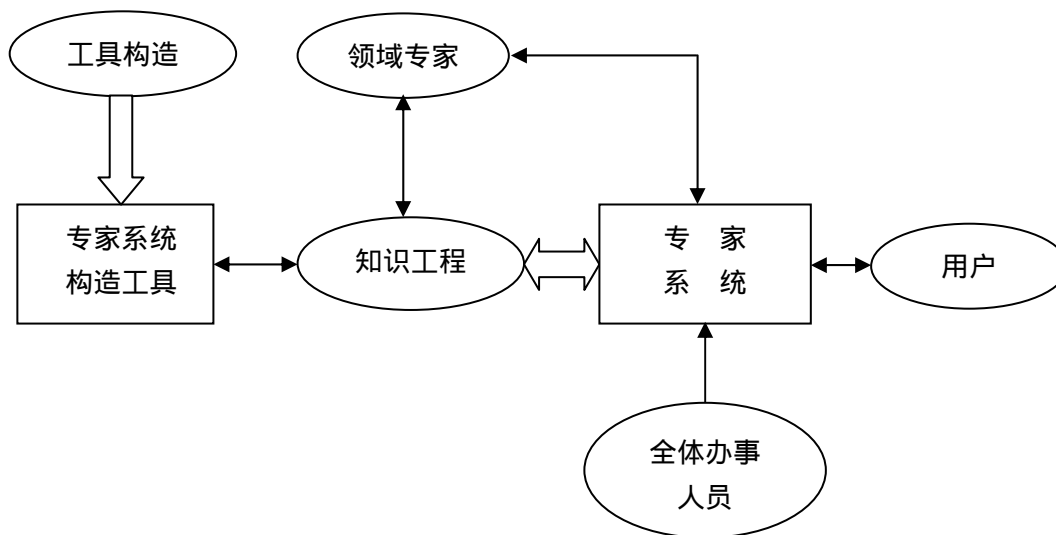


图 3-2 专家系统研制人员关系

专家系统是能够解决用户感兴趣的领域中问题的程序。之所以称它为一个系统，原因是它不仅含有问题求解成分，而且包含支撑环境。支撑环境帮助主程序与用户交互，包括以下三部分：

(1) 复杂的调试辅助工具，帮助专家系统构造者测试和评价程序代码；

(2) 友好的编辑设施，帮助专家系统修改专家系统中的知识和数据；

(3) 高级图形设备，帮助用户在系统运行时输入和输出信息。

领域专家是一个擅长于表达，知识丰富的人，能够对一个特定的领域问题给出很好的解答。尽管专家系统通常模拟一位或多位专家，但是也可以包含有从其他来源比如书，杂志文章等获得专门知识或技术。

知识工程师通常是在计算机科学和人工智能方面有一定经验的人，知道如何构造专家系统，决定如何表达知识甚至帮助程序员编写代码。

专家系统构造工具是程序员或知识工程师为构造专家系统而使用的知识工程语言。不同于通常的程序设计语言，主要区别在于它们提供了表达复杂的高层概念的方便方法。也指支撑环境。

用户是使用专家系统的人。

3.1.4 专家系统的构建原则

为了设计，搭建高效、使用的专家系统，应注意以下原则：

1. 恰当地划定求解问题的领域

专家系统总是面向某一问题领域的，首先要确定所面向的问题领域。专家系统主要是以领域知识为基础搭建起来的，领域知识就是面向某个具体领域的知识，是专业性的知识，只有相应专业人员才可能掌握并用来求解领域内的有关问题，例如专家的经验及相关理论。如何恰当地确定问题领域呢？应注意以下两个方面：

系统的设计目标。系统的设计目标是确定问题求解领域的基本出发点，应是所建立的系统能求解设计目标所规定的各种内容；

领域专家的知识面和水平。专家系统的知识主要来源于领域专家，因此专家系统知识的质量与数量客观反映了领域专家知识面和水平的限制。

2. 获取完备的知识

知识是专家系统的基础，专家系统是以基于知识的智能作为设计的前提。为了建立高效、实用的专家系统，就必须使它具有完备的知识。所谓完备的

知识是指其数量满足问题求解的需要，质量上要保证知识的一致性及完整性等。

3. 知识库与推理机分离

知识库与推理机分离是专家系统区别于一般程序的重要特征，则不仅便于对知识库进行维护和管理，而且还可以把推理机设计得更灵活，便于控制，但对推理机的程序进行修改时不至于影响到知识库。

4. 选择、设计合适的知识表示模式

不同领域的问题一般都有不同的特点，要求用相应的表示模式表示其领域知识。因此在选择与设计知识表示模式时应充分考虑应用领域问题的特点，使之能将领域知识充分的表出来。另外还得考虑知识表示模式与推理模式结合进行统筹考虑，使两者能密切配合，高效地对问题求解。

5. 推理应能模拟领域专家求解问题的思维过程

领域专家除了具有丰富的领域知识外，通常还有一套独特的思维方式，能解决别人不能解决的问题。所以除了充分地获取专家知识外，还应模拟专家求解问题的思维方式。

6. 建立友好的交互环境

设计和建造专家系统时需充分地考虑未来用户的实际情况、知识水平，建立易于用户方便实用的友好接口。用户通过交互接口与系统对话，求解需要解决的问题；领域专家也可以用它来充实、完善知识库。在构建时应设计友好的交互环境。

7. 渐增式的开发策略

专家系统是一个比较复杂的程序系统，一般需要几个人年的开发才能使之成为实用的系统。

3.1.5 专家系统的开发工具

专家系统开发工具是支援专家系统开发的软件，又称为外壳（shell），有时也包括是这些软件得以运行的硬件。^[13]

因为专家系统的知识库和推理机互相独立，所以如果将知识以给定的形式表示，同类问题就可以用通用的推理机进行推理解决。外壳就是利用这种知识的专用性和推理机的通用性而编制的软件。

随着专家系统工具的开发，外壳逐渐包括知识编辑，知识调试，推理结果说明等功能。作为开发工具的硬件，最普通的是使用 Lisp 机等专用机。将软件的开发工具放在其上运行生成原型系统，再用人工智能的专用语言或

是通用语言将原型移植到目标机上。

工具包括用于表达或访问系统中知识的语言 and 支撑环境。但是根据定义，支撑环境可以是一个完整专家系统中的部分。两者关系如下图3-3：

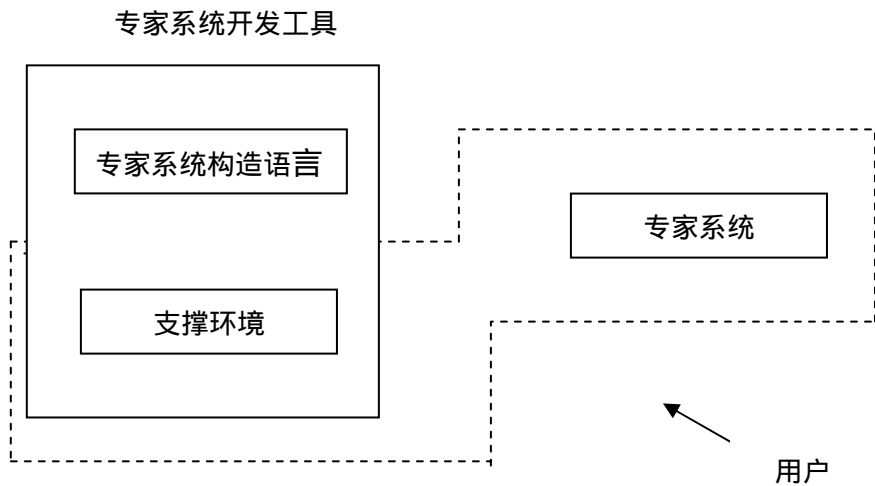


图 3-3 构造语言与支撑环境的关系

专家系统开发工具的要求：

具有多种解题模式，要求多知识表示和推理机支持；

各种知识表示和处理能力应覆盖数值型，非数值型，文字型，图表型，说明性知识和过程性知识；

根据上述要求，专家系统开发工具见图 3-4，一般包括以下五个方面：

- 有一种或多种固定的知识表示方式，并有相应的编码形式；
- 有一个知识编译器，获取领域专家或其他非知识工程师拥护直接以交互的方式输入，并能自动建立知识库。
- 具有知识库维护或管理机制，帮助专家或知识工程师发现知识库中的矛盾，冗余及其他方面的一致性，有知识存储和调度功能；
- 推供一套或几套推理机制与知识编辑器建立的知识库一起实现实际问题的求解；
- 设置一个跟踪解释系统，帮助用户理解专家系统的求解结论，实现系统的透明性，另一方面便于专家或是知识工程师找到知识库中的错误和不完整性。

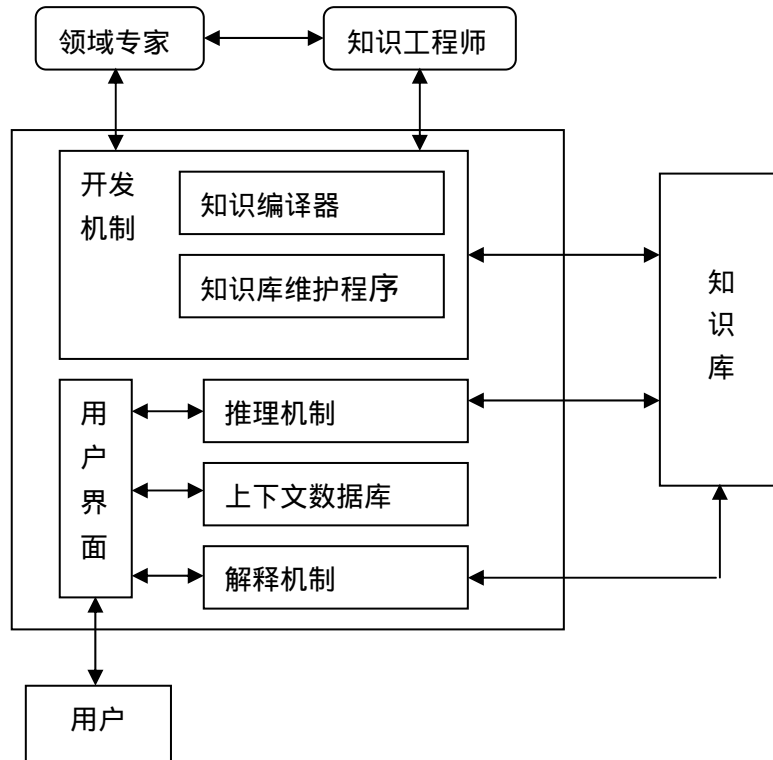


图 3-4 专家系统开发工具示意图

在接口方面，普遍采用图形显示，多级菜单管理，窗口，鼠标，类自然语言的对话等技术，为用户提供方便。

由于领域专家与知识工程师之间缺乏共同语言，他们的结合很难完美。设计良好的接口可以使领域专家经过简单的培训就能独立利用这种设计工具而不必依赖于知识工程师。

在结构上，专家系统正朝着集成化，通用化的方向发展以及多知识表示，多推理机制在统一的调度管理下，并实行各种推理。

在如何利用传统软件方面，目前采用两种方法：一种是开发专家系统工具于传统软件结合，例如采用 FORTRAN,C 等传统语言接口，使专家系统与其他语言互相调用，即嵌入式专家系统；二是直接用 C 语言开发工具直接进行开发。用 C 语言开发专家系统工具越来越广泛地被人们采用。第一，它可以提高系统的运行速度；第二，它可以面向不同的环境，适应广泛的机型；第三，面向市场十分有用。

3.1.6 通用性专家系统分类

通用性专家系统可以分为四类：

1. 归纳性工具

归纳性工具具有良好的人机接口，便于开发者大量输入实例，特别适合于那些拥有大量的正确分析的实例和决策过程的情况，可以大大缩短知识获取过程，所以可以用此类工具开发专家系统。

2. 简单的基于规则的工具

这类工具又称为小型工具系统，运行于 PC 机与兼容机上。其特点是全部领域知识都被贮存在单一的知识库中。通常此类工具都以规则形式表示知识，用反向推理运行于 DOS 环境。

3. 结构化的、基于规则的工具

这类工具比小型工具复杂，通常提供语境树，多种例示等机制，适用于中、大型专家系统。

4. 混合型工具

混合型工具代表当今最复杂的专家系统开发工具。没有那些简单的或结构化的、基于规则工具系统的种种约束和限制，采用复杂的人工智能技术，支持面向对象的程序设计、多种继承及假设推理技术。这类工具更像一个程序设计环境，为开发人员在设计上提供多种选择，在系统上有很大的灵活性。混合型工具也是一种专家系统工具的软件包。它包括关系数据库的管理，标准 SQL 语言，统计分析，电子表格，通用文本处理，报表生成，远程通讯，自然语言接口开发以及专家系统外壳等。

§3-2 知识工程

为适应专家系统迅速发展的需要，研究又从具体回到一般，研究知识库系统、组合专家系统和专家系统的开发环境。

知识工程是设计和制造专家系统以及其他知识库程序的技术。它的任务是一些人（通常是知识工程师）访问领域专家，了解他们拥有的知识，特别是了解它们如何进行推理和判断，然后将这些知识编写为计算机内的表示形式。这样计算机就可以类似人类进行推理和求解问题。

知识工程是一门以知识思维研究对象的新兴学科，它将具体智能系统研究中那些共同的基本问题抽出来作为知识工程的核心内容，使之成为指导具体研制各类智能系统的一般方法和基本工具，成为一门具有方法论意义的科

学。史忠植提出：“知识工程是研究知识信息处理的学科，提供开发智能系统的技术，是人工智能、数据库技术、数理逻辑、认知科学、心理学等学科交叉发展的结果。”^[14]

3.2.1 知识工程研究内容

3.2.1.1 知识表示

知识表示是指在某一领域内,把教科书式的事实知识和只有特定专家所有的经验知识形式化,使计算机能够接受和对它们进行操作。即用计算机能够接受并处理的符号和方法来表示人类的知识。涉及知识库的设计与管理。知识工程是研究信息处理的学科,要让智能系统解决问题,就要使智能系统具有知识。为此要解决以什么样的方式表示知识问题(即知识利用和获取)。

知识表示是用于计算机能够接受进行处理的符号和方式表示人类在改造客观世界所获得的的知识,及研究如何把知识形式化,并移给机器。模拟信息是如何在人类大脑中以何种方式存放机器处理方式的基础上来对计算机信息处理的知识的形式描述方式进行研究,旨在利用计算机方便的表示,存储处理和利用人类的知识。

表示是对自然的描述的计算模型,它应满足计算机实体的具体限制,因此可以理解为一类数据结构即在其上的一组操作。要求把知识表示为计算机容易理解的方式,并把这类表示的数据结构通推理形式密切结合。在这样方法时着眼于知识的模块性和可理解性进行系统设计。知识表示方法又称知识表示技术,其表示形式称为知识表示模式。^[15]

应该做到以下四点:

充分表示:有能力表示所有与问题有关的知识,充分表达领域知识;

充分推理:有能力运用知识进行推理导出新结构;

有效推理:有能力把附加信息结合到结构中去;

有效的获取知识,便于知识的维护与管理,便于理解与实现。

由此可见知识表示是围绕要求解的问题,以计算机为工具的一种系统表示,知识表示的质量直接影响求解的效率和效果。一种知识的表示模式应是人们容易理解的,符合人们的思维习惯,并便于计算机内部表达。

常用的表示方法有:

逻辑模式、框架、语义网络、产生式系统、状态空间搜索、脚本式等。

3.2.1.2 知识利用

知识工程的目的是利用知识，限制搜索范围，使问题容易解决。知识利用是在某一数据结构的基础上，用形式化的知识解决问题，它主要涉及推理机的设计问题，所以知识利用的核心是推理。推理是由一个或几个判断推出一个新判断的思维形式。推理都是由前提和结论两部分组成。推理中的触发判断叫前提；从前提推出的新判断叫结论。

控制策略是指导搜索的策略，它是推理机设计的重要内容。控制策略是为了限制和缩小搜索空间。在很多情况下，控制策略隐含在推理机制中，然而知识工程涉及的问题都是弱结构或非结构化的，已知信息都是不完全的。在某个时刻不能明确知道使用哪种知识。因此需要在元知识的指导下对问题进行搜索，才能找到正确的解，这里涉及元推理问题。元推理要求把控制知识直接地、显式地以形式化语言表达出来，这样不仅能表达出复杂的知识，而且对用户来讲是透明的，易于理解的。

常用的推理方法包括归纳推理，演绎推理，类比推理，正向和反向推理，混合推理，元推理，模糊推理，不精确推理和非单调推理。在智能系统中，推理机利用知识库的知识，按照一定的推理策略是解决当前的问题。

知识表示和知识利用如同数据与算法，存在表里一体的关系。

3.2.1.3 知识获取

知识获取是对假设的对象问题领域，把事实知识和经验知识移植到知识库。它主要包括支持从专家那里抽取知识，维持知识库的完整性、新旧知识的一致性、知识编辑和机器学习等课题。

建设大型智能系统的主要任务是知识的形式化和知识库的实现。这样的系统所需的成百条规则和上千个事实都是访问有关应用领域的专家来获取，然这需借助于知识工程师。

知识的获取的理论基础就是机器学习。机器学习指一个系统能不断改进自身性能的过程。

它包括：

- (1) 系统能够解决更多的问题；
- (2) 提供更精确的答案；
- (3) 以更低的代价获取答案。

机器学习大致经历三个阶段：

第一阶段 研究集中在修正自身以适应环境自组织系统。

第二阶段 认为学习是一个复杂而又困难的过程，自然依就不能期望学习系统以完全没有任何知识为起点去学习更多水平的概念。这一观点一方面把研究者引向深入研究简单的学习问题，诸如学习简单的概念，另一方面则引导研究者把大量的领域知识总和到学习系统中，是能够发现高水平的概念。

第三阶段 目标是为大家来获取知识，目前正在研究。

1. 知识的抽取

知识获取式知是工程师的瓶颈问题。从专家处抽取知识是一件十分困难的事情。这就要在知识的分类方法和概念整理方面下功夫，才能先进的抽取有质量的知识。

2. 多位专家知识的抽取

单靠一位专家的知识往往不够，而多位专家的主见又未必相同，甚至会明显的分歧。因此如何详尽区别它们的异同，构成统一的知识体系便是问题。

3. 适当知识容量的确定

知识量多时不仅知识库大，处理时间长，而且要求用户具有专业知识水平更高，否则难以应付系统更深入的提问和理解系统给出的解答。

4. 知识使用的频度

在使用框架和语义网络表示知识时，在知识库附加知识的使用频度信息，可提高系统效率，便于用户使用。

围绕这三方面有一系列软件、硬件系统和方法论、基础理论的研究。例如，知识工程软件系统的研制和开发、智能用户接口、开发工具、环境的研究，智能计算机系统的研制和开发。智能用户接口、开发工具、控制与协调问题的研究等。

3.2.2 知识库

知识库，又称为智能数据库或是人工智能数据库。知识库的概念来自两个不同的领域。一个是人工智能及其分支-知识工程领域，另一个是传统的数据库领域。由人工智能（AI）和数据库（DB）两项计算机技术的有机结合，促成了知识库系统的产生和发展。知识库是可用于系统的知识元（即基本事实、过程规则和启发式规则）的一个仓库。^[16]在知识库中存储的知识确立了一个专家系统能够发挥专家的作用。

知识库是知识的集合，这种集合包括知识的存储所在，指的是知识需要一种逻辑或物理实体以存放之；另一是指知识本身，知识库一般包括知识以

及存储知识的场所这两个内容。存储知识的场所也有两种含义，其一为逻辑含义，指的是知识的逻辑结构或知识模式；另一个为物理结构即计算机的存储物理实体。

知识库一般拥有大量的知识，包括大量的事实性知识与大量的规则性知识。知识库中的知识由事实与规则组成。其中事实相当于（关系）数据库中的（关系）元组，因此事实可以称为数据。而规则一般有两种：一种是演绎性规则，用于逻辑推演；另一种是完整性约束规则，用于对事实做检验。

3.2.3 知识库管理系统

管理知识库中知识的软件称为知识库管理系统（Knowledge Base Management System, KBMS）, [17]

KBMS 的特性：

KBMS 所管理的知识仅限于事实与规则两种；

KBMS 应能管理大量知识；

KBMS 所采用的语言大多是逻辑语言，即用谓词逻辑表示；

KBMS 的核心是一个推理机构（inference engine），它完成对知识的操纵，其中主要包括对知识的一致性检验，知识的演绎检索。

其中，和给出了它所能管理的对象——知识的种类和数量要求，给出了 KBMS 的外层语言形式，给出了它的内层主要内容。

知识库管理技术包括两个方面的内容：

· 把数据库管理技术引入知识库组织；

· 新知识引入和旧知识的修改对知识库的一致性维护。

知识库的一致性维护完整性维护与协调性维护：

完整性维护包括：问题领域所有知识全部归纳入知识库这一点因专家系统面临问题的不良结构场难以保证，因此完整性维护意味着知识的选择和调度。问题领域各实体的语义限制方面，目前大多采用完整性约束规则的方法实现。

协调性维护需要保证新录入的知识和新修改的知识与心修改的知识与知识库中原有的只是没有重复、冗余、矛盾、循环等不一致现象。

KBMS 包括以下功能：

（1）知识获取功能

KBMS 从外界获取知识并转换为一定形式经一致性、完整性校验，最后存入知识库内，这个过程实际有四个阶段：

知识获取阶段：将外部需求经过归纳、总结与提供后形成有规则的知识。此过程需要有关专家或知识工程师的参与，部分工作可由 KBMS 协助完成。

知识形式化阶段：将获取的知识按事实与规则的形式组织，此过程也需专家参与或以人机交互的方式完成。

知识的一致性、完整性校验：对获取的知识需先进行校验，以防止错误产生并保证与原知识库的相容性与一致性。

知识的存入：经校验的知识最后存入知识库。

(2) 知识的演绎

知识的演绎也称为知识的查询，指由知识库中的知识可以推演出新的知识。知识的演绎一般分为两类：其一是问答式 (Question-Answering)，在给出某些知识后询问该知识是否能由知识库推出，此种形式的最后回答结果是“YES”或“NO”两种之一，因此也称为“yes or no”系统；另一种通过演绎从而获得新知识。

(3) 知识的操纵

知识的操纵包括对知识库中知识的删除、插入及修改，其中知识的删除是删除知识中的某些知识，知识的插入是在知识库中加入新的知识，知识的插入涉及到添加的知识与数据库中的知识的相容性、冗余性等。

(4) 知识的建模

在数据库中需要建立数据模式以规范数据的逻辑结构与物理结构，在知识库则要建立知识模式以规范知识的逻辑结构与物理结构。知识模式包括知识中的事实模式与规则模式。其中事实模式可以参照数据库中的数据模式，而规则模式的逻辑结构与物理结构目前研究的比较少尚未见有成熟的结构模式。

(5) 知识的控制

包括知识的安全、并发控制、故障恢复等控制功能。

3.2.4 知识库系统

知识库系统 (KBS) 是一种资源集成，它包括硬件，软件，信息以及所有相关的人员^[18]，见图 3-5。知识库系统借助人工智能 (AI) 思想，即利用 AI 思想来研究数据库，从而从管理数据发展到管理知识。知识库系统，就是把知识以一定的表示形式存入计算机，并实现对大量知识的有效管理和使用。

具体有如下内容：

- 知识库及相应的存储机构；
- 知识库管理系统及其相应的机器；
- 知识获取机构及相应人员；
- 知识管理人员。

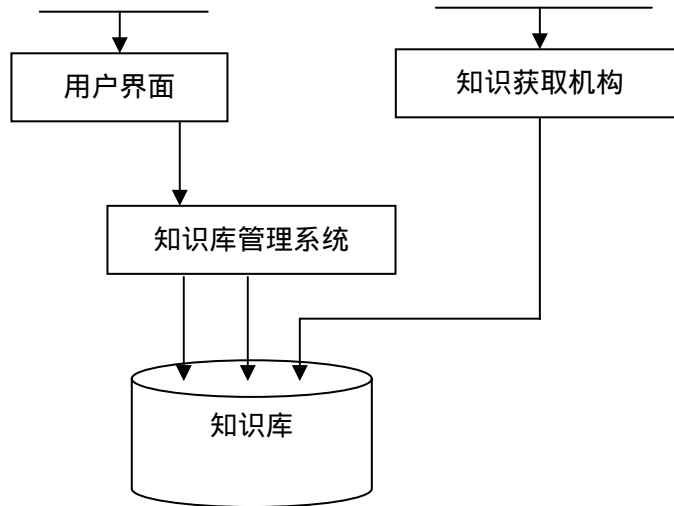


图 3-5 知识库系统

其中：(1) 是知识库系统的基础，给出了知识库系统管理的知识集合以及在计算机上的存储实体；(2) 是一组在计算机运行的软件，用来管理知识库中的知识；(3) 给出了知识库中知识的入口与来源，知识获取机构可以通过知识工程师人工获得，有时也可通过机器学习的手段自动获取，但是目前常见的还是通过人机对话方式获取；知识库系统需要管理人员不断的维护，以保证其正常的运行与使用。

知识库系统就是一种专门用于存储、管理大量知识的机构。^[19]知识库系统框架需要一个完善的知识库管理系统，确保系统能够顺利完成指定的各项任务 and 系统稳定安全地运行，并且有一个强有力知识获取结构不断的扩充与更新知识。

3.2.5 知识库系统实用化要求

知识系统由于能在知识层次进行求解而受工程界的关注，对工程问题而言，知识库系统实用化要求至少要满足以下几点^[20]：

- 知识表示的多样性 在工程问题领域，要处理的知识门类众多，包括工程规范、条例、公式、图表以及实际工程经验和大型数值分析工程等。如何有效地组织这多样化的知识使其成为一个有机的群体，是知识级建模的一项基本任务。
- 知识库的容量 一个实用的工程知识库系统，往往需要大量的知识存储。此外，有限的可用内存自由空间也常对知识体积加以限制和约束。
- 知识库的易维护性 一个实用的知识库系统在实际运行中，必然会对领域知识进行反复的增、删、改。同时，还要对知识体的冗余和一致性进行检查等问题，所以需要注重知识库的易维护性。
- 知识库的实时性 任一实用化的知识库都需考虑时限要求，特别是在实时系统中，实时性更具决定意义。

3.2.6 知识的组织与管理

3.2.6.1 知识的层次

数据是对客观事物的符号表示，在计算机科学中是指所有能输入到计算机中而且能计算机程序处理的符号的总称。^[21]反映客观事物的性质、属性以及相互关系的一种表示形式，可以用字符、素质、图形等表示。

信息是构成一定含义的一组数据。数据与信息的关系见图 3-6。

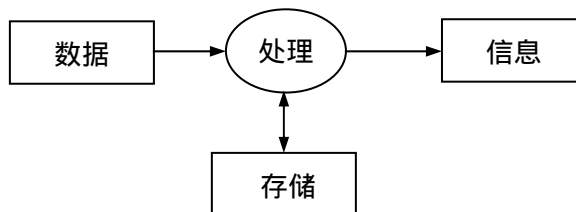


图 3-6 数据与信息的关系

知识库系统管理的对象是知识。从广义来讲知识是一种用符号表示的信息，首先知识是一种信息，其次可以用一定的符号来表示，其中信息是知识的内涵与实体，而符号是信息的外延与形式。^[22]知识是一种用符号表示的信息，是知识库系统操纵和管理的对象。

一般而言计算机中所能表示的知识均要满足一定的条件，如下：

- 知识表示需要一个统一的结构模式；
 - 知识的表示需要一个有限一致的符号；
- 上述的符号与模式能构成的一个合理的体系。

规则
事实
概念

图 3-7 三者层次关系

在知识库系统中，一般所采用的知识表示体

系是用“概念-事实-规则”所表示的三级知识体系，如图 3-7 将知识分为三个层次：

- 概念知识，又称概念，是指知识的最基本的内容，是知识的最底层；
- 事实知识，又称事实，是由概念组成，建立概念间的联系；
- 规则知识，又称规则，由概念组成，建立了事实间的联系。

3.2.6.2 知识类别

对象知识：关于对象的有关事实的知识（如对象，对象集合，类别和描述对象的方法）。

事件知识：关于过去发生，现在或将来要发生的事件的知识。包括事件本身符号话，并要表示事件发生的时间、地点、状态、性质和因果关系。

行为知识：行为者之间、行为者和行为对象之间在事件中的相互作用时所表现的行为知识。

工序知识：记述进行某些行为的操作步骤的知识，要求表达启动条件、顺序关系、因果关系等。

元知识：关于知识的知识，用来指导如何选择事实和规则的知识。包括选择、评价、说明、诊断或检查知识去解决实际问题所需的知识和开拓新领域需要的知识。

3.2.6.3 知识的组织

在实际问题求解中思维方式：

1. 问题是什么；
2. 造成问题的因素有哪些；
3. 有什么解决方法；
4. 最佳的解决方法是什么。

已知：初始状态，问题的因素及其关系。

求解：要求的目标

解决：一套规则和步骤，即算法。

当把知识送入知识库中，首先要确定知识库的存储结构，以便于知识库中知识的逻辑联系，这就是知识的组织。

知识的组织方式一方面依赖于知识的表示模式，另一方面也与计算机系统的提供的软件环境有关。在确定知识的组织方式应住遵循以下原则：

- . 知识的独立性

- . 便于知识的搜索
- . 便于知识的维护与管理
- . 便于知识库中同时存储用多种模式表示的知识
- . 尽量节省存储空间

3.2.7 知识库系统的研究趋势

- . 算法研究，主要是对知识库的演绎算法、优化算法、一致性检验算法等进行研究。
- . 扩大知识表示与处理范围，引入不完全知识及不精确知识及不精确推理，引入概率、模糊、时序、非单调性等概念于知识库系统，扩大知识表示与处理范围，使知识库系统应用范围更加广泛。
- . 拓宽知识库系统的应用领域。
- . 知识获取的研究。

§3-3 本章小结

本章主要对以下几个方面的内容将行了概要的介绍与说明：

1 首先介绍专家系统历史，专家系统是人工智能的一部分，专家系统不是以普通的智能理论为基础而是以基于知识的智能为前提，设计满足特定领域的问题求解系统。专家系统模仿专家的思维活动、进行推理活动和判断、能像专家那样求解问题的计算机程序系统。专家系统把某一领域公认的权威专家的经验知识精选出来，并归纳成一定形式的规则。计算机将根据这些知识去模仿专家分析问题的方法和解决问题的策略，求解的解答。

并详细介绍专家系统的搭建过程、搭建原则、开发工具。

2 论述了知识工程理论，构造专家系统的过程通常称为知识工程，知识库是存放规则（知识）的集合，知识库中的知识由事实与规则组成。介绍了知识的类型与知识的组织。知识库系统借助人工智能（AI）思想来研究数据库，从而从管理数据发展到管理知识。知识库系统，就是把知识以一定的表示形式存入计算机，并实现对大量知识的有效管理和使用。

第四章 产生式知识库系统

§4-1 产生式系统

产生式系统 (Production System) 是一种问题求解系统, 是事件驱动系统。事件驱动型的表示为非结构化的模型提供了有用的框架, 这类问题是用于 IF—THEN 的形式表示。目前大多数使用的专家系统都是采用产生式系统开发的。

“产生式”这一术语是由美国数学家波斯特 (E.Post) 在 1943 年首先提出的, 他根据串替换规则提出了一种称为波斯特机的计算模型, 模型中的每一条规则成为一个产生式。^[23]

产生式系统由三个组成部分 (见图 4-1): 综合数据库(Global Database)、产生式规则库(Production Rule Base)和控制系统 (Control System)。^[24]



图 4-1 产生式系统组成

通常, 产生式规则库装有几百条规则。规则包括左边和右边两个部分, 左边决定规则的可用条件, 右边表示条件成立时应采取的行动或条件成立时产生的结果。产生式规则表示知识形式单一, 接近于人的自然推理方式, 便于解释和理解。规则之间相互独立, 成组的产生式规则组合在一起, 彼此相互配合协同作用构成产生式系统。规则组 (规则集) 是按一定的目标或者作用进行分组或分类的。

4.1.1 产生式的基本形式

产生式通常表示具有因果关系的知识, 其基本形式是:

$P \rightarrow Q$

或者 IF P THEN Q

其中, P 是产生式的前提, 用于判断指出该产生式是否可用的条件; Q 是一组结论或是操作, 用于指出当前题 P 所要求的条件被满足时, 应该得出的结论或应该执行的操作。

为严格地描述产生式, 用巴科斯范式 BNF(Backus Normal Form)给出产生式的描述及语义:

产生式 ::= 前提 - 结论
 前提 ::= 简单条件 | 符合条件
 结论 ::= 事实 | 操作
 符合条件 ::= 简单条件 AND 简单条件 [(AND 简单条件)...]
 | 简单条件 OR 简单条件 [(OR 简单条件)...]

操作 ::= 操作名 [(变元), ...]

条件 ::= 存储器元素识别符
 属性识别符 值
 •
 •
 •
 属性识别符 值

其中:

属性识别符 ::= 其值为可比的属性;

值 ::= 常量 或 变量, 用于识别要满足条件所必须具备的有关属性值;

常量 ::= 一个特定值;

变量 ::= 其值在执行期间才被确定, 一个变量当其在产生式中首次用到时便受到限制(就存储器元素中相应属性的当前值而言), 以后该产生式规则遇到该变量时, 该值便作为变量值使用。

操作 ::= 产生式规则启动后采取的操作;

典型的操作包括:

产生: 在综合数据库中添加一个新元素

移去: 从综合数据库中删除一个元素

更新: 更新指定元素的属性值

计算: 由特定的变量计算一个值

读: 从用户处接受输入值

写：向用户提供输出值

调用：执行一个特定的由用户定义的过程

产生式也称为规则或产生式规则，产生式的前提也称为“条件”，“前提条件”，“前件”，“左部”等；结论也称为“后件”，“右部”。^[25]

4.1.2 产生式系统的求解过程

产生式系统问题求解的一般步骤：^[26]

- 1) 初始化综合数据库，把求解问题初始已知事实送入知识库；
- 2) 若规则库中存在尚未使用的规则，而且该规则的前件可与综合数据库中的已知事实匹配，则转步骤 3)；若综合数据库不存在匹配所需要的事实，则转步骤 5)；
- 3) 执行当前选中的规则，并对规则做上使用标记，把该规则的后件送入综合数据库中，若规则后件是操作，则执行操作；
- 4) 检查综合数据库中是否包含了问题的解，若以包含，这终止问题的求解过程；否则转步骤 2)；
- 5) 要求用户提供关于问题的其他已知事实，若提供了新的事实，转步骤 2)；否则终止问题的求解过程；
- 6) 若规则库不再存在有未使用的规则，则终止问题的求解。

问题求解过程是一个不断地从规则库中选取可用规则与综合数据库中的事实进行匹配的过程，规则的每一次成功匹配与执行都使综合数据库中新的事实，并向着问题的求解前进了一步，这一过程为推理，如图 4-2。

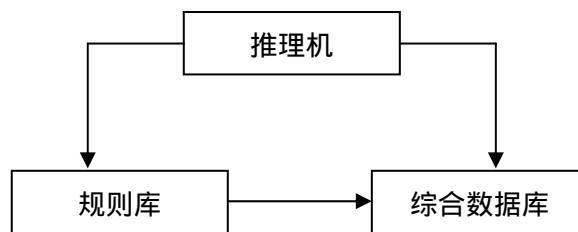


图 4-2 问题求解过程

4.1.3 产生式系统的特点

产生式系统可以用来模拟任一计算过程。在研究人类问题求解时，完全

可以用一个产生式系统来模拟求解过程,即可作为描述搜索的一种有效方法。作为人工智能的一种形式体系,具有以下优点:

· 适合于模拟强数据推动特点的智能行为。当一些新的数据输入时,系统的行为就要改变。

· 易于添加新规则去适应新的情况,而不会破坏系统的其他部分。因为产生系统的各个组成部分具有相对的独立性,因而便于扩展与修改。

产生式系统的具有的优点:^[27]

- i. 自然性 产生式规则以“if-then”的格式表示,接近于人的自然推理方式,直观、自然,易于理解,也便于推理。
- ii. 模块性 产生式是规则库/知识库中最基本的知识单元,与推理机相互独立,而且每条规则表示形式相同,便于进行模块化处理,产生式规则可以自由的增删、修改,便于加入启发性知识、学习和解释。
- iii. 有效性 产生式表示法可以表示确定性知识,也可以表示非确定性知识;有利于表示启发性知识,又方便地表示过程性知识。
- iv. 清晰性 产生式有固定的格式,每条规则都是由前提与结论(操作)这两部分组成,而且每一部分所含的知识量都比较小,这就便于对规则的设计,又有益于对知识库中知识的一致性和完整性进行检测。

产生式系统也有如下的缺点:

- (1) 效率较低 在产生式问题求解中,由于各条规则独立,按顺序检索在求解复杂问题时候容易出现“组合爆炸”,降低效率。
- (2) 表达能力单一 表达复杂问题不方便,有待扩展。

§4-2 规则库管理命令

规则库用于描述相应领域知识的产生式集合。^[28] 规则库是产生式系统进行问题求解的基础,其中的知识是否完整、一致、表达是否准确,对知识的组织是否合理等,不仅将直接影响到系统的性能,而且会影响到系统的运行效率,因此对于规则库的设计是否合理与组织应予足够的重视。

规则库的库结构:

Rule_id	Premise	Action	Active	Used
---------	---------	--------	--------	------

其中: Rule_id 规则代号

Premise 规则的前件,if 的内容。

Action 规则的后件,then 的内容。

Active 规则是否成立,成立 Active=1,当规则不成立时,Active=0。

Used 规则是否以被使用。

应注意：

- 1) 有效地表达领域内的过程性知识。规则库中存放的主要是过程性知识，用于实现对问题的求解。为了式系统具有较强的问题求解能力，除了需要获得足够的知识外，还需要对知识进行有效的表达。
- 2) 对知识进行合理的组织与管理。对规则库中的知识进行适当的组织，采用合理的结构形式，可以使推理避免访问那些与当前问题无关的知识。

规则库是知识库系统专门用来存放规则，规则管理由规则创立、删除、调用和显示等命令来实现，其具体命令形式和功能

- (1) 新建规则
- (2) 删除规则
- (3) 调用规则
- (4) 显示规则

§4-3 综合数据库

4.3.1 综合数据库

综合数据库又称为全局数据库或称为事实库、黑板、上下文的。综合数据库用于存放用户提供的初始信息、问题描述以及求解过程的当前信息即系统运行过程中得到的中间结果、最终结论、运行信息等^[29]。当规则库中的某一条产生式前提可与综合数据库中的某些事实匹配时，该产生式就被激活，并把它推出的结论放入综合数据库中做其后推理的已知事实。综合数据库的内容是随着推理的进行而不断动态变化的。

综合数据库是全局，可为所有的规则访问，规则之间不能相互调用之间的联系只能通过综合数据库进行。

综合数据库规定为由若干符号序列构成，初始数据库就是给出待分析的符号串。产生式规则的符号可代替综合数据库中相对应匹配的字符串。

综合数据库中的已知事实通常是用字符串、向量、数组、集合、矩阵、表的数据结构来表示。

若附件用一个字母表示，则综合数据库可用一个字母组成的表或是字符串来表示。

综合数据库的库结构：

Fact_id	Fact_name	Usedby	Trans	Expect
---------	-----------	--------	-------	--------

其中：Fact_id 事实的编码用来建立索引。

Fact_name 事实名称

Usedby 表示那一条规则应用该事实。

Trans 表示事实的自然语言翻译。

Expect 表示该事实是否已知。

4.3.2 综合数据库构造

在专家系统构造的讨论中，黑板作为存放中间数据和演示系统中工作过程的工作区，构成专家系统的有机组成部分。由于黑板具有共享信息、通讯和协调各子系统的操作去完成任务等良好的功能，黑板逐渐成为一种问题求解的模型。

问题求解的中心思想是决定：“什么时候和怎样使用知识？”一个问题求解模型提供了组织知识和使用知识策略的概念结构。黑板模型是一个高度结构化的问题求解模型，归结为：选用那些知识来求解问题，什么时候使用这些知识以及如何使用这些知识。黑板模型是一个比较复杂的问题求解模型，它规定了知识和数据的组织以及在整个组织中求解问题的行为。^[30]

黑板模型的高度结构化指解空间和领域知识在组织方式上的高度结构化。黑板模型规定了所有的初始和中间状态以及求解问题的部分解。问题所有可能解的部分解和全解称为解空间。领域知识划分为互相独立的知识模块，成为知识源（Knowledge Source），每个知识源（KS）对应于求解某个子问题或子问题的特定知识。

黑板模型是一个称为黑板的全局数据库和逻辑上独立的知识源（KS）构成的模型。^[31]

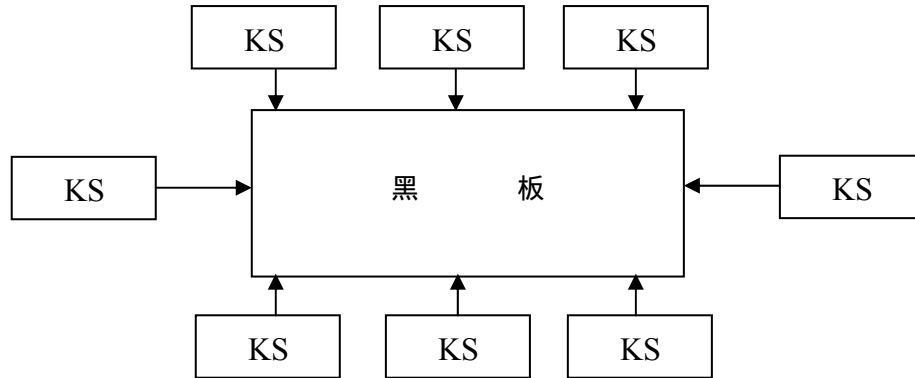


图 4-3 黑板模型

黑板模型通常由三个组成部分：

· 知识源

解决问题所需要的知识划分为若干个知识元，他们分别存放且相互独立。

- 1) 存储启动条件，它们指出在激活自己以前，黑板上必须存在的条件；
- 2) 表示成过程、规则集或逻辑断言；
- 3) 修改黑板或控制数据

· 黑板

问题求解状态数据存放的综合数据库。知识源可改变黑板的记录，逐步导出问题的解。知识源之间通讯和交互只通过黑板进行。

- 1) 黑板的目的保持计算状态和求解状态的数据，这些数据由知识源产生，且被知识源所用；
- 2) 黑板由解空间的实体组成，这些实体可以是输入数据、不分解、选择对象和最后解，也可以是控制数据；
- 3) 实体和它们的特性定义了解空间的词汇表。特性以“属性—值”表示；
- 4) 黑板可以用多个黑板区，即解空间可以分为多个层次。

· 控制

知识源适时地响应黑板发生的变化。控制部分可存在于知识源，黑板或分离模块中。或者三者的结合中。

有一组控制模块，他们监督黑板内容的修改，并决定下一步操作。控制

模块使用控制信息决定注意的焦点。注意焦点指出下一步要处理的对象，它可以是知识源，也可以是黑板上的实体，或者两者的结合。

通过知识表示、推理模式和控制机制的不同组合，可以解决不同的应用问题。

§4-4 推理机 /控制机构

知识工程的目的是为了利用知识，限制搜索范围，使问题容易解决。知识利用是在某一数据结构的基础上，利用形式化的知识解决问题，主要涉及推理机的设计问题。

推理过程是一个问题求解过程，推理是由一个或几个已知判断推出新的判断的思维形式。推理又都是由前提和结论两部分组成。

推理机是一组程序组成，实现对问题的推理求解。推理机主要做以下工作：^[32]

- 1) 某种策略从规则库中选择规则与综合数据库中的已知事实进行匹配。所谓的匹配是指把规则的前提条件与综合数据库中的已知事实进行比较，如果两者一致，或者近似已知且满足预先规定的近似程度，则称匹配成功，相应的规则可以配使用；否则匹配失败，相应的规则不可用于当前的推理；
 - 2) 若匹配的规则有多条，则称发生冲突，此时，推理机必须调用执行某些冲突消解的程序，从中选一条匹配成功的规则进行推理；
 - 3) 在执行某一条规则时，如果规则的后件是一个或多个结论，则把这些结论添加到综合数据库中；如果规则的后件是一个或多个操作，则依序执行这些操作；
 - 4) 对于不确定性知识，在执行每一条规则的后件时还要按一定的算法来计算结论的不确定性；
 - 5) 随时检查结束推理运行的条件，在满足条件时停止推理机的运行。
- 演绎推理-前提与结论有必然性的联系的推理。

正向演绎推理系统是从一组事实出发，程序一遍又一遍地尝试所有可利用的规则，并在此过程中不断地加入新的事实，直到获得包含目标公式的结束条件。

- 用综合数据库中的事实与产生式规则的前件条件进行匹配；
- 按冲突消解策略从匹配的规则中选择一条规则；
- 执行选中规则的后件结论或是操作，依次修改综合数据库；
- 用更新后的综合数据库，重复以上几步工作，直到得出的结论或综合

数据库不再发生变化为止。^[33]

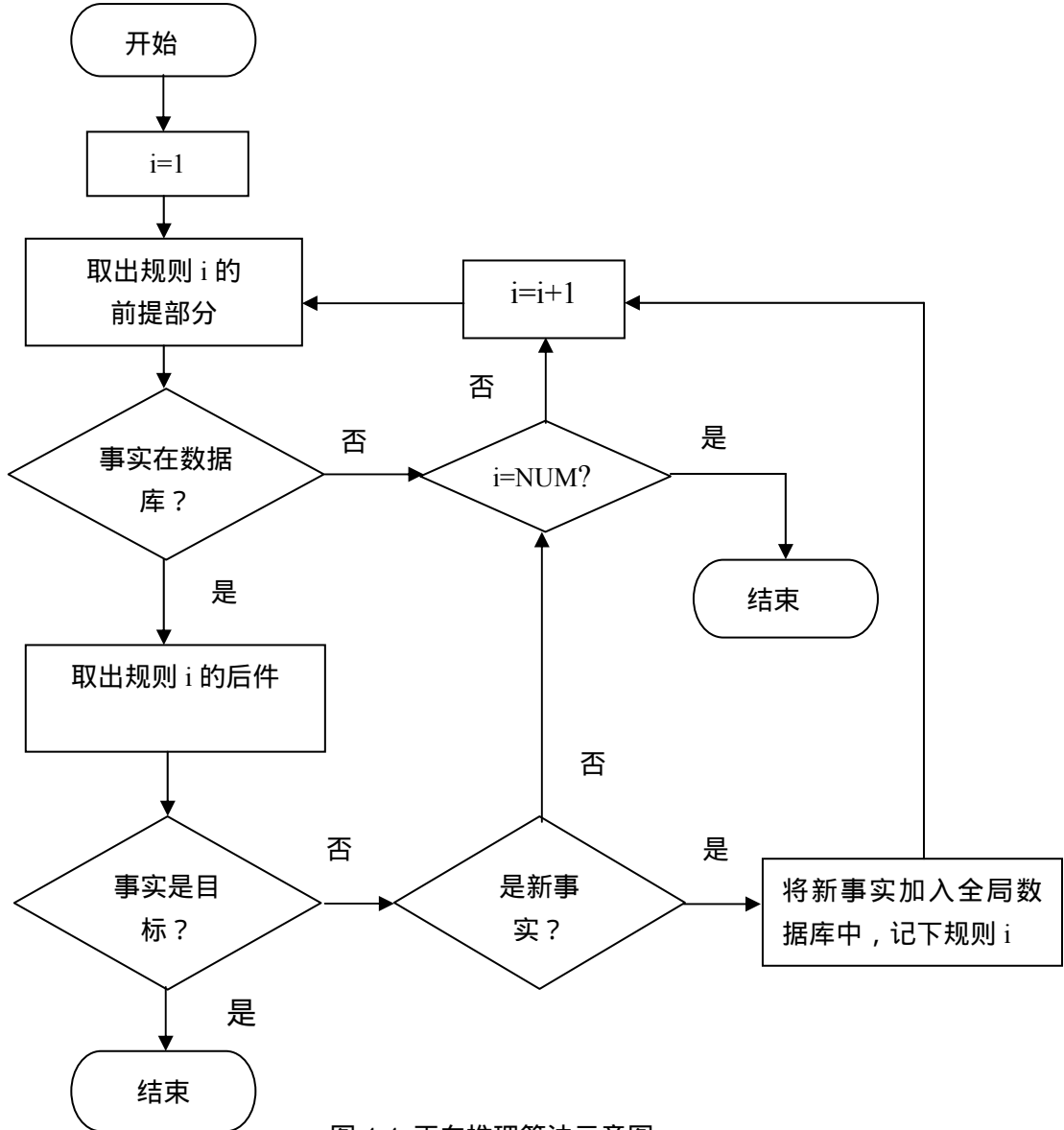


图 4-4 正向推理算法示意图

正向推理是专家系统中推理机常用的一种推理方式或控制策略，是用于解空间比较大的一类问题，如设计、规则、预测、监控及管理等领域。其优点是允许用户主动的提供有用的事实信息而不是用户等到系统需要时才提供，主要缺点是盲目推理，求解了许多与总目标无关的子目标。

反向推理也称为目标驱动控制，方法是选定一个目标然后在规则集中查找能够导出该目标的规则集。若规则集中的某条规则的前件与数据库中的事

实匹配，则执行该规则；否则以该规则的前提作为子目标继续进行刚才的过程，直到总目标满足或是宣告失败。

反向推理首先由用户提出一批假设，然后系统逐一验证这些假设的真假性，推理算法如下：

 检查目标是否在数据库中，若在，则目标成立，推理结束，或进行下一个目标的验证，否则进行下一步；

 判断该目标是否为证据，即它是否为应有用户证实的原始事实，若是，系统询问用户或是继续搜索数据库，以得到需要的事实。如果这些数据是事实，则结束，目标成立，否则进行下一步；

 在知识库中找出所有能导出该目标的规则，形成一个规则集；

 从规则集逐一选出规则，并将此规则的前提作为目标；

 重复以上过程，直到所有目标满足或是宣告无解为止。

§4-5 小型知识系统的开发步骤

小型知识系统的开发步骤：

- 选择一种合适的开发工具；
- 突出待解决的问题；
- 系统设计；
- 开发样机；
- 对系统反复修正，测试和扩充；
- 系统维护和更新。

§4-6 本章小结

大多实用的专家系统都是采用产生式结构，在此章就主要论述了产生式专家系统的定义，以及产生式专家系统的组成，产生式知识表达方式的定义，产生式专家系统的特点。

产生式专家系统的三个组成部分-知识库、推理机、全局数据库，知识库用于描述相应领域知识的产生式集合。推理机是由一组程序组成，实现对问题的推理求解。并论述了推理策略，详细介绍了正向推理。全局数据库-黑板用于存放求解过程的当前信息以及最终结论，是问题求解的桥梁。

第五章 CATIA 二次开发技术的研究

国内外的机械行业,目前,基于 CATIA 软件平台应用专家的经验 and 知识,开发针对某一部件设计、建模和分析的应用程序,实现一定程度上的智能化设计,成为 CAD 技术和 CATIA 应用的一个新的发展方向。此外,CATIA 软件为用户进行二次开发提供了可外部调用的生成几何元素的子程序包 CATGEO(CATIA Geometry)和丰富的库(Library)操作功能,用户可自行定义库文件,通过程序来调用它。本系统正是利用 CATIA 的这些开发环境,对 CATIA 进行二次开发完成的专用软件。

§5.1 CATIA 软件的二次开发工具介绍

CATIA 提供的二次开发平台结构如图 5-1 所示。图中的 BATCH、IUA 及 GII 为三种开发工具或称为开发语言,CATGEO 为 CATIA 系统提供的用 Fortran

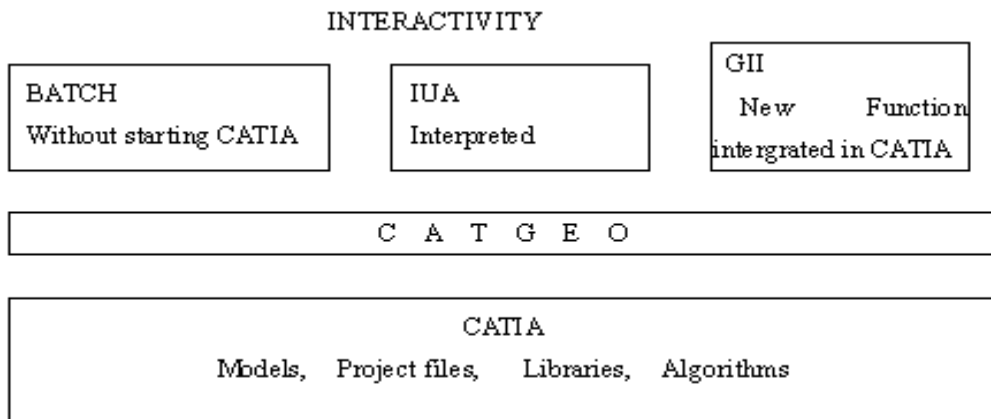


图 5-1 CATIA 二次开发的平台结构

语言编写的图形接口函数库,最底层为 CATIA 内部的文件系统、数据结构及算法。

(1) BATCH 是一种独立于 CATIA Motif 界面外的开发工具,类似于 DOS 系统下的批处理程序,与 CATIA 系统之间不存在交互关系。要利用 BATCH 进行开发首先要在环境配置文件 USRENV.dcls 中对结果输出文件的目录进行定义。BATCH 程序在文本编辑器中按功能要求用关键字以一定的格式进行编辑,编辑形成的文件称为 input 文件,然后利用 CATUTIL 来进行编译运行,

其结果输出到 USRENV.dcls 中指定的目录的文件中,即 output 文件中。例如输入文件名为 aa.input 则输出文件名为 aa.output。如果程序编译执行出错则在输出文件中将给出相应的错误信息。以运动分析的 BATCH 程序为例,用 shell 命令进行编译的格式如图 5-2 所示。

虽然 BATCH 程序具有运行速度快的优点,但 BATCH 程序在运行过程中不能够实现与用户的交互,并且与 CATIA Motif 相脱离,它们之间不能实现数据、信息的传递,所以不能用其作为二次开发的工具开发出相对独立的功能模块。

(2) IUA 即是交互用户接口(Interactive User Access)的缩略语,是 CATIA 中通用的二次开发工具。在国内,有的研究机构运用此工具开发了一些应用

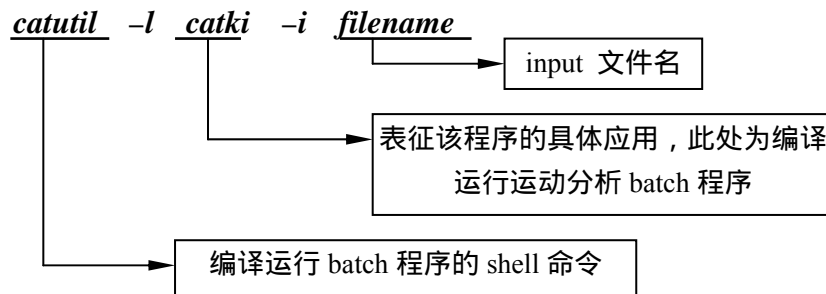


图 5-2 BATCH 程序的编译运行

程序。用其开发的应用程序集成在 CATIA Motif 界面里,并能够实现与用户之间的交互。在用 IUA 进行二次开发前首先要对环境变量进行设置,以确定程序之间相互调用时的路径。IUA 语言与 BASIC 语言相类似是一种解释性语言, IUA 的程序主要由注释段、声明段和程序段三部分组成,程序段以 PROC 为开始标志,同时 PROC 标志着声明段的结束。END 是程序段的结束标志。需要说明的一点是:在完成程序的编辑时,即在写完 END 后必须要“回车”一次,否则程序执行时会提示该程序缺少结束符。IUA 中包括三种数据形式,它们分别是常量 (Constants)、变量 (Variables) 和数组 (Table)。

IUA 开发的程序具有以下的特点:

- 1、程序界面采用字符对话方式,实现语言简单,所以开发 IUA 应用程序比较简易、快捷;
- 2、IUA 采用类 BASIC 的解释性语言,有自己的语法和函数,不通过其它的程序设计语言也能调用;
- 3、为实现功能较为复杂的应用程序, IUA 也可结合 FORTRAN 和 C 语言来进行开发。

但是, IUA 界面功能简单而且呆板,无法实现窗口式的对话框,不能满

足灵活多变的使用要求，不具有基本应用程序的友好界面；

(3) GII 是 Graphics Interactive Interface 的缩写，意为图形交互接口，它是 CATIA 提供的最新、最高级的用户交互式二次开发工具。相对于 IUA，GII 应用程序具有以下优点：

1、程序界面采用标准的图形用户界面 GUI (Graphics User Interface)，具有 MOTIF 窗口管理器的风格，具有图形界面的基本功能如输入框、单选框、复选框、按钮、列表框等，可完成复杂的人机交互，界面友好；

2、GII 提供了一套专门用于界面设计、数据管理的接口，对于界面上的变量及其操作都必须预先描述；

3、结合 C 语言开发使得 GII 具有很强的灵活性，并与 CATIA 很好地融合到一起，具有与 CATIA 相同的人机交互界面。同时，GII 应用程序具有很好的移植性、集成性。

本系统就是以 GII 为开发工具，结合 C 语言在 IBM 工作站上开发而成的用于汽车车门附件布置设计的应用软件。

§5.2 GII (Graphics Interactive Interface) 的使用

用 GII(Graphic Interactive Interface)开发的应用程序可作为一个 Function 放在 CATIA Function 菜单里，与 CATIA Motif 具有很好的集成性和交互性。同时 GII 可以编写出类似于 Motif 的对话框、按钮等良好的用户界面，从而实现与用户的交互。

GII 主要由 Language FSD(Function Structure Definition)、Data Services、Presentation Services、Graphics Services 及 Compiler 五部分组成。Language FSD 是进行 GII 二次开发的专门语言，主要用于定义变量、定义对话框结构和 Function 结构；Data Services GII/DIOM (Data Input Output Manager) 用于进行数据处理和数据交换；

Presentation Services GII/OPT (Objects Presentation Toolkit) 用于直接调用生成菜单及对话框等，不需要用户编制复杂的图形生成程序；Graphics Services CATCGI 为生成对话框图形的 API 函数库，为编制符合 PHIGS 的标准界面提供完整的 API 函数；Compiler 用于将 FSD 源程序编译为可调用执行文件。

编写 GII Function 的一般要完成两部分程序的设计和声明文件 CATCMD.dcls 的修改：编写 FSD 程序，完成对变量、对话框和 Function 菜单树形结构的定义，实现对 Task 的调用；用 C 或 Fortran 子程序编写生成对

对话框、实现具体功能要求的 Task 程序；修改 CATCMD.dcls 文件，将编译生成的 Function 加入到该文件中，重新启动 CATIA 时该 Function 将自动加入到 CATIA Motif 界面中；编写错误和帮助文件。

生成一个可执行 GII Function 程序的步骤如图 5-3 所示，图中 CATDCG

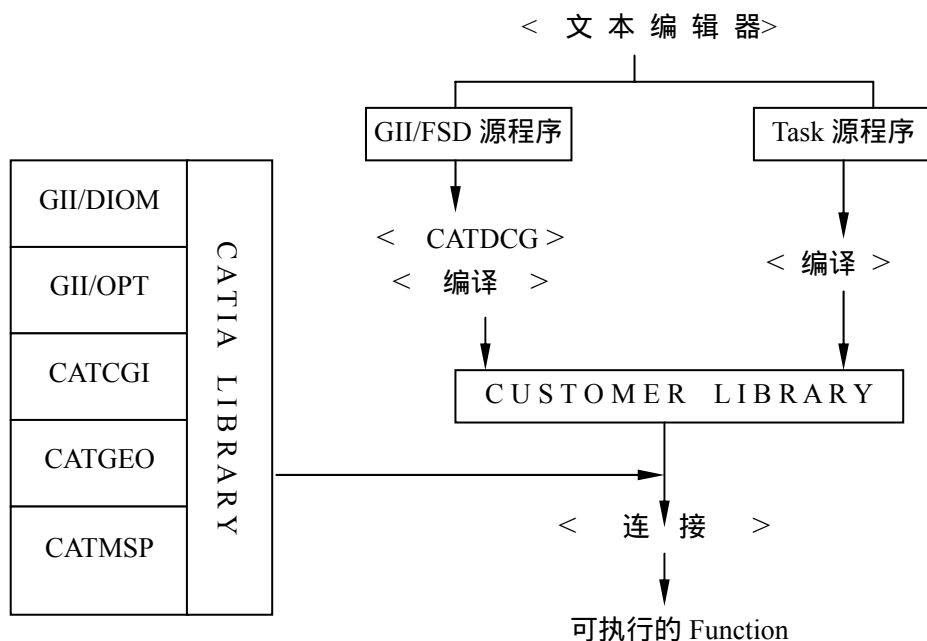


图 5-3 GII 生成 Function 的步骤

(GII Dialog Code Generator) 为 FSD 的编译器。Task 为对应于一定按钮的可执行程序。

§5.3 API (Application Program Interface) 函数及调用

5.3.1 API 函数

API (Application Program Interface) 为应用程序接口，CATIA 中提供的 API 接口函数共分为两类，一类是用于图形管理的 CATGEO；另一类是用于数学运算的 CATMSP (Mathematical Subroutines)。在基于 CATIA 的车门设计布置系统开发过程中主要用到的是 CATGEO。

CATGEO 的程序名由六个字符组成，前两个字符一般为 GI (Geometry Interface) 或 GC (Geometry Canonical)；第三个字符用于区别函数类别，具体分类如表 5-1 所示；后面的三个字符用于表明其具体功用。

表 5-1 CATGEO 函数的分类

名称	功用	名称	功用
GI-A-xxx	动态内存管理	GI-R-xxx	模型属性分析
GI-F-xxx	文件管理	GI-C-xxx	模型属性修改
GI-G-xxx	路径管理	GI(C)-W-xxx	生成空间元素
GI-M-xxx	模型管理	GI-D-xxx	生成平面图元素
GI-O-xxx	模型覆盖管理	GI-L-xxx	库访问
GI-S-xxx	模型属性搜索	GI-N-xxx	标注注释标准管理

在 CATIA 中任何几何元素都是按照一定的格式以类似于数组的数据块 (block) 的方式进行存储和内部表达的, 用 CATGEO 进行几何元素的管理实际上就是对这些数据块的操作。CATGEO 不仅可以对 CATIA 模型中的一般元素如点、线、面等进行操作, 而且可以对 Dittos、Dimensions、Texts、Notes 等特殊的元素进行管理, 同时也可以管理 CATIA 中规定的 Workspace、Geometric Sets、Application Sets、Drafts、Views、Layer Filter、Symbol Section、Tool 等所谓模型的 Utility。

在 CATGEO 接口函数的参数中, 一般情况下都包括有 MNUM (Mode Number) 和 IER 两个参数。MNUM 是一个四字节的整型变量, 其作用是在多模型状态下确定 API 函数所要进行操作的模型, 在单模型状态下该值为 1。IER 也是一个四字节的整型变量, 其作用是用于判断 CATGEO 函数的执行是否正确, 如果 IER 的返回值为 0, 则说明函数执行正确, 如果返回值为非 0 的任意值, 则说明函数执行错误, 该值所对应的错误说明需查阅“CATIA Solutions Messages and Codes Documents”文件获得。

5.3.2 API 函数的调用

CATIA 提供了非常丰富的应用程序接口(API)函数以供开发者调用。这使得开发者不用熟悉 CATIA 软件的底层创建机制, 大大方便了用户的开发。

先介绍几个术语:

- **MENU**, 指集成到 CATIA 上的应用程序菜单结构;
- **FUNCTION**, 指应用程序模块的名字, 如 CATIA 的基本功能 LINE;
- **COMMAND**, 在 MENU 中的每一个 ITEM 必须对应一个

COMMAND ,

它表示在该 ITEM 上发生鼠标点击事件后对应执行的命令；

• **TASK** ,用以实现应用程序界面的生成、初始化及对界面操作功能(如按

钮的操作)。它用关键字 TASK 来定义，具体用 FORTRAN 语言编写的例程或 C 语言编写的函数来实现。

用 GII 开发的主要步骤为：

- 1、提出设计方案，设计系统界面及参数等；
- 2、编写 FSD 资源

FSD(Functional Structure Definition)叫做功能结构定义，主要由三大部分组成，分别为：

• **SECTION1**，它主要完成 MOTIF 界面的初始化工作，帮助及出错信息的处理也在这儿定义；

• **SECTION2**，在 GII 中，界面中的每个元素都对应一个变量，它们需要在此部分中定义；对于界面中操作，要通过 TASK 来实现，这也在此处定义；此外它还完成对 COMMAND 的定义；

• **SECTION3**，完成对程序菜单的定义。

- 3、编写 TASK

编写完 FSD 资源后，就要进行 TASK 的编写，即具体实现应用程序。

编写 TASK 要注意以下几点：

• C 语言编写的 TASK 的函数名必须和 FSD 中 TASK 的名字相同；

• 在生成对话框(PANEL)的 TASK 中，必须包含头文件 `stdio.h`，否则程序没有响应；

• TASK 的名字长度不能超过 7 个字符，如这样的 TASK 是不符合要求的：`PANELCREATE()`；

• TASK 的名字中不能带下划线，下面的这个 TASK 是不正确的：`CRE_PAN()`；

• 在开发过程中，最为关键的是要根据自己要实现的功能区查找 API 函数。API 函数众多，查找起来也是非常困难的，良好的 CATIA 使用经验对掌握 GII 编程接口是非常有益的。很难想象，一个不会使用 CATIA 的人员可以开发出非常优秀的 GII 应用程序。

- 4、生成 GII 应用程序(IBM AIX 系统上)

在 FSD、TASK 编写完后就可以生成 GII 应用程序，具体方法如下：

• 编译 C 程序，方法为

`xlc -c *.c`

这样，目标文件*.o 将被生成；

- 用 dcg 来生成应用程序，方法为

dcg -p .../*.o -F .../FSD(fsd file name) -o (function name)

选项说明：

-p，后面接的是目标文件名；

-F，后面接的是 FSD 文件名；

-o，输出应用程序，后面接的是应用程序文件名；

§5.4 本章小结

CATIA 共提供三种二次开发工具：BATCH、IUA 和 GII。其中 BATCH 不能实现与用户的交互，并且用其开发的应用程序独立于 CATIA Motif 之外运行，所以不能用它作为二次开发的工具；IUA 可以实现同用户及 CATIA Motif 的交互，作为一种较低级的开发工具在一般的 CATIA 系统中都提供，易学易用，但用其开发的界面较粗糙不友好；GII 可以开发出类似于 Motif 的用户界面，用其开发的应用程序可以作为一个 Function 加入到 Function Menu 中比较方便易用，是进行 CATIA 二次开发的理想工具。本系统就是基于 CATIA 平台，以 GII 为开发工具，结合 C 语言在 IBM 工作站上开发而成的用于汽车车门附件布置设计的应用软件。

第六章 车门附件知识库系统设计与建立

§6-1 车门附件知识库系统

车门附件知识库系统是一个旨于帮助车门附件布置系统进行选择和检查附件，判断所布置附件的合理性、经济性、安全性的知识库系统。车门附件知识库系统是车门附件布置系统的重要组成部分之一，车门附件知识库存放了车门附件布置的相关法规、布置流程、附件信息。

6.1.1 车门附件知识库系统任务与框架

设计型的车门附件布置系统的任务是根据车门附件布置设计要求，求出满足车门附件布置设计问题约束的目标配置。其主要特点就是：

1. 善于从多方面的约束中得到符合车门附件布置要求的设计结果；
2. 车门附件布置系统需要检索较大的可能解空间、附件选择、布置方案；
3. 善于分析各种子问题，并处理好问题间的相互作用；
4. 能试验性地构造出可能设计布置方案，并易于对所得的设计布置方案进行修改；
5. 能够正确使用已被证明是正确的设计布置来解释当前设计布置。

车门附件知识库设计的关键是选择恰当的知识表示形式和知识库的组织。知识表示形式要结合所采用的程序设计语言的特点，尽量简洁；知识库组织必须分明，结合推理机的推理方式合理安排，便于管理和调用。每一个知识库单独建立一个数据文件；或者通过人机交互的方式输入。输入的方法有两种：第一，逐条输入；第二种，一次性按规则输入所有规则。



图 6-1 进入 DAKBS 的欢迎界面

车门附件知识库系统的知识大多为事实性知识和过程性知识，而事实性知识及过程性知识均可以采用产生式规则进行表达。产生式系统的优点之一就是以一致和标准的形式来存贮知识，每个产生式规则其实就是一个分离、独立的实体，各产生式之间不能相互调用，这就相应减轻了当进行添加、删

除或更新产生式规则时的负担。车门附件知识库系统应用程序的设计思想和实现采用了产生式系统，进入界面如图 6-1。在车门附件布置过程中经常需要车门附件知识库的帮助，如一些布置流程信息、附件信息、以及布置过程的帮助等等。

车门附件知识库系统框架：

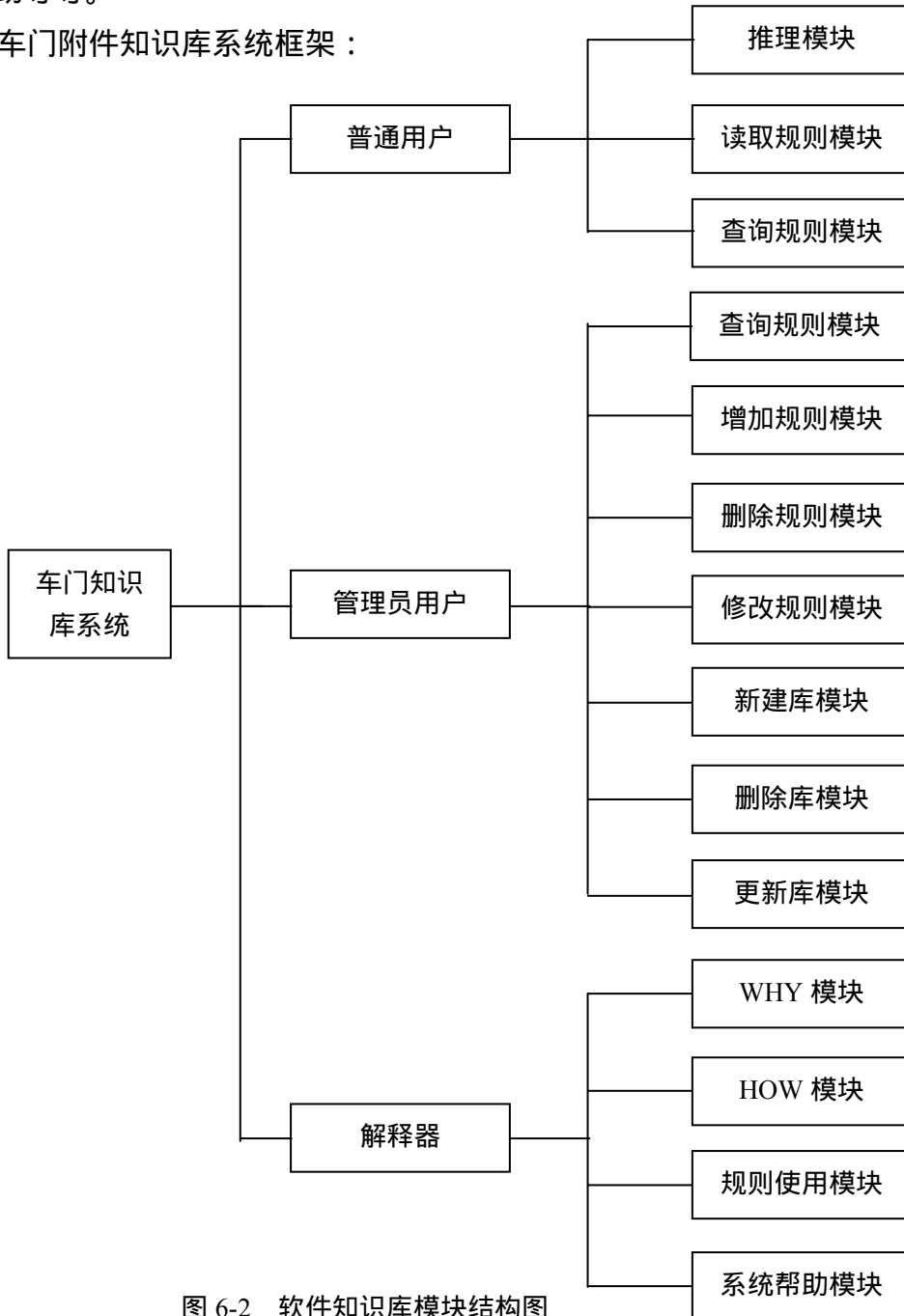


图 6-2 软件知识库模块结构图

软件结构图表示软件包含模块的层次调用关系。用来描述软件的结构，各模块之间的关系。

6.1.2 车门附件知识库系统的功能

车门附件知识库系统主要是进行附件布置校核，判断附件是否合格，是否满足法规要求和布置要求。

车门附件知识库管理系统主要包括规则的显示，写入，查询，修改，删除，新建库等主要功能模块，与帮助辅助模块。

车门附件知识库系统的用户：进行车门附件布置的设计人员。

车门附件知识库系统的用途：车门布置设计人员可以对所布置的同一类型不同附件的属性进行比较，协助设计人员完成和优化车门附件布置时的附件选型任务，并提供布置过程的咨询与帮助。

车门附件知识库系统的基本功能：

1. 布置附件时，读入规则，了解车型信息与布置信息；
2. 车门设计的管理人员可以对知识库进行操作，如添加/修改/删除等操作；
3. 在布置过程中对车门设计人员进行指导与帮助。

6.1.3 车门附件知识库系统的安全机制

车门附件知识库系统安全运行模式

数据的安全性是指保护数据，防止不合法使用数据造成数据的泄密和破坏，使每个用户只能按规定对某些数据以某些方式进行访问和处理。

所谓车门附件知识库系统安全保护是指不要使车门附件知识库受到破坏。车门附件知识库的建立是车门附件布置领域专家与知识工程师辛勤工作的结果，也是车门附件布置专家系统赖以生存的基础，因此必须建立严格的安全保护措施，以防止由于操作失误等主观或客观原因而使车门附件知识库受到破坏，造成严重的后果。至于安全措施，既可以像数据库系统那样通过设置口令来验证操作者的身份、对不同等级的操作者设置不同的权限、预留备份等，也可以针对知识库的特点采取措施。本文主要采用了设置口令的方式来设置不同的权限：普通用户与管理用户。

所谓保密是指防止知识的漏失。知识库中的知识是该领域专家多年实践和研究的结晶，是极其宝贵的财富，在未取得专家的同意情况下是不能外传

的。因此，专家系统要对其知识采取严格的保密措施。

在进入管理员操作时，系统以确保安全需要对管理员进行身份确认，在图 6-3 的 password 框中输入密码，进行密码确认。输入密码进入管理员操作：

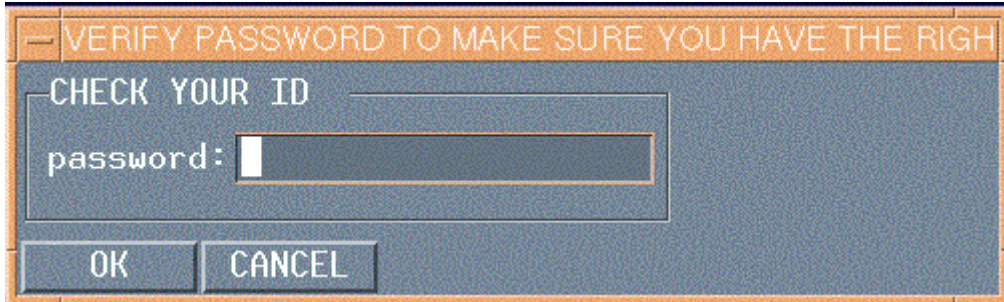


图 6-3 输入密码界面

当完成管理员的操作任务务必退出以防他人误用或越级串用。退出管理员操作如图 6-4：



图 6-4 推出管理员操作

这样以防止其他人员进行误操作，造成不必要的损失。

§6-2 车门附件知识库系统设计

车门附件知识库系统的构造类似一个简单的专家系统，具有最基本的专家系统都应有用户界面、知识库、综合数据库、推理机、解释器和知识获取机构等。

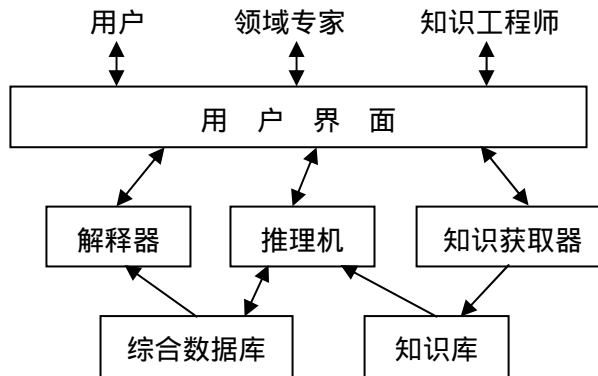


图 6-5 一个最基本专家系统的构造

6.2.1 车门附件知识库系统用户界面的设计

一般当前用户界面设计占程序设计的 60%以上,友好用户界面通过人机交互包括输入和输出两个部分。用户与系统之间一般用面向问题的受限自然语言进行交互作用。用户按照计算机的提示输入各种要求的数据,并向计算机提出各种请求或是问题,要求计算机回答或是演示,并翻译成系统有关部分可以接受的形式。计算机输出用户要求的信息,部分解,中间结果,推理过程,提示和最后结果等信息,并翻译成用户易于理解的形式。

用户界面是车门附件布置系统和用户之间进行通信和信息交换的媒介。任何一个专家系统的生命力在于它能同用户一起组成高性能的人机共存系统。利用 CATIA 提供的 GII 结合 C 语言进行编程设计,采用对话框形式。

6.2.2 车门附件知识库的设计

车门附件知识库是存放与车门附件布置有关的所有规则的集合。车门附件知识库包含了将问题从车门初始布置目标状态到目标状态布置完成所需要的所有变换规则。这些规则描述了车门附件布置问题领域的一般性知识,车门附件知识库是产生式专家系统进行车门附件布置问题求解的基础,其知识规则的完整性、一致性、准确性、灵活性,以及知识规则组织的合理性等对车门附件知识库系统的运行效率都有着重要的影响。

车门附件知识库存放位置建立是在 UNIX 下,利用 mkdir 建立一个存储车门附件知识库的目录,假如该目录为/home/tjc/rulebase,使用如下 UNIX 命令:

```
#/home/tjc> mkdir /home/tjc/rulebase  按回车键
```

文件的组织形式

车门附件知识库系统要把知识规则送入车门附件知识库的时候,面临的问题是想确定车门附件知识库的组织形式与存储结构,以便建立知识规则的逻辑联系,这一工作就是知识的组织。知识的组织方式依赖于知识的表示模式,另一方面也与计算机系统提供的软件环境有关。在 CATIA 里有 CKE 模块,但是缺乏了解与熟悉运用。对于文件结构,在本文重选用了基于数据库型的知识库,将知识条存入数据库中的形式。数据结构采用链表结构和数组结构。把规则放入知识库的过程就是相关的规则放入一个表,形成一个规则集,其数据结构也可采用数组结构,把相关的规则放入同一数组中。每条规

则以数字进行标记，在查询时以数字为检索的关键字。

但是由于数组一般不做插入或删除操作，因而本文数组结构尽可能采用其他数据结构来代替。一旦建立数组，结构中的数据元素个数和元素之间的关系相对稳定，不易修改。在本文删除操作采用对相应元素的后续元素序号相应减一，最后元素进行赋空值。插入操作就是对数组元素由空值进行赋值。当知识条较多时，那移动的数据是大量的，这是弊端之一。

查找操作在规则中查找关键字与规则中的值或是元素相同或者对应时，则查找成功，最简单的方法就是从第一条规则开始起，依次按顺序查找并比较，直到查找成功，并返回此规则号与规则的内容。

知识库的更新、新建与删除等管理操作。每一个知识库都有一定的时效性和局限性，更新主要为了保证对知识的修改后及时地保存所做的修改。

6.2.3 车门附件知识库系统综合数据库的设计

车门附件知识库系统综合数据库也称黑板，是一个中间数据区，一个临时数据库，用来存放车门附件布置和推理过程的各种信息，支持推理机求解时期的运行，和用户进行交互，其中信息不断动态地改变。因此综合数据库也称为事实库，是用来存放车门附件布置有关的各种当前信息的数据结构。

布置的初始信息从车门附件布置系统 DAPS 中获取，初始的车型信息，附件信息，布置参数的获取，以及布置过程信息与知识库、推理机、解释器等进行交互。

综合数据库的结构组织形式，采用全局的数据结构，使车门附件布置系统的函数均能进行访问与通信。健全的综合数据库是 DAPS 系统完整运行的前提，系统的信息交换受制于综合数据库的功能。

6.2.4 车门附件知识库系统推理机的设计

推理机是车门附件知识库系统的核心部分，是从车门附件知识库中找出知识，并推出新知识的软件系统。它包括推理方式的选择和切换，按照用户要求调用其他模块的协调工作，激活规则前件，推导出结论，为各模块提供数据等操作。推理机在推理时要用到的知识（事实、规则）均来自车门附件知识库中，因此需要动态地从车门附件知识库中检索出相关的布置事实和布置规则。推理机的设计关键是如何提高推理效率。为了实现高效的逻辑推理，希望尽量一次性检索出相关的知识。如何优化检索方法以提高推理速度和效

率。

车门附件布置系统的推理机采用正向推理，包括调用规则，数据更新，调用解释。

调用规则

在知识库中按顺序逐条调用规则，直到规则调用完毕或是出现调用正确规则进行推理，推理结束。缺点就是产生式所提到的组合爆炸，几乎进行遍历搜索，效率较低。

输入推理的项目，推理机进行搜寻可以应用的规则，然后激发规则。比较综合数据库中的内容与规则中的要求是否相符，比较后并给出判断结果给用户。

当布置完一个车门附件需要对布置入的附件进行校验，检查是否满足车型要求、布置要求和法规要求，以车门的重量为例，在如图 6-6 的对话框中输入校验内容，在推理项 ELEMENT 框中输入锁 lock，具体项目 ITEM 框中输入重量 weight，再数值 VALUE 框输入该类型车门的重量值 123.4，按键 APPLY 应用。



图 6-6 输入校验内容对话框

车门重量规则要求：

if : the weight <=134 , then ok ; 该附件的重量为 123.4 推理后弹出图 6-7 对话框，输出检验结果与解释—显示出使用的规则以及检验结果。

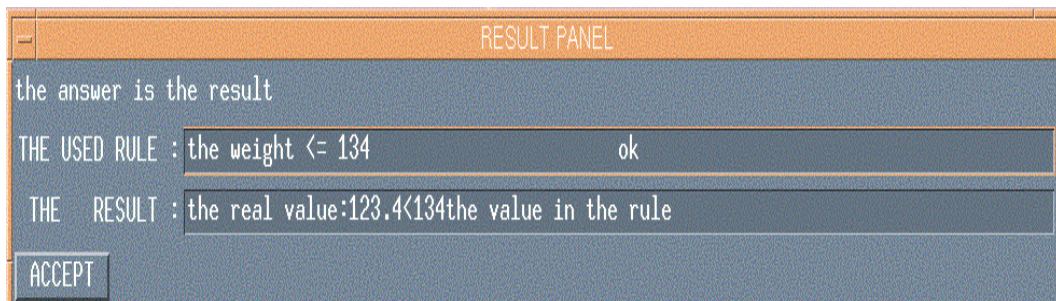


图 6-7 校验结果输出框

6.2.5 车门附件知识库系统解释器的设计

典型的解释器包括车门附件布置过程步骤的识别以及对每一步合理性的解释,还必须按照车门附件知识库的表示结构来处理过程中用到的知识记录,并将它们转化为用户乐意接受的形式。

首先必须识别所使用的产生式规则并作记录。识别主要是对产生式的前件与综合数据库的当前状态加以比较。两者匹配则对使用的规则进行记录并标记。

解释器主要用来回答用户可能随时提出的“ why? ”,“ how? ”,“ what? ”等问题,因此它包括 WHY, HOW 等模块。回答“ why? ”是在推理树向上搜索的过程,回答用户这样步骤的理由;回答“ how? ”是在推理树向下搜索的过程,推荐下一个动作或操作。所以推理机每动作一次推理,都要把相关事实和规则记录下来,放在综合数据库里临时库中,今后供 WHY 或 HOW 模块调用,一旦用户需要,通过用户界面演示推理路径。规则的使用方法与注意事项帮助用户正确地使用系统,提高系统的效率。同时为用户提供实时帮助。WHY 的界面交互图如图 6-8,是对推理过程、布置过程的跟踪解释。

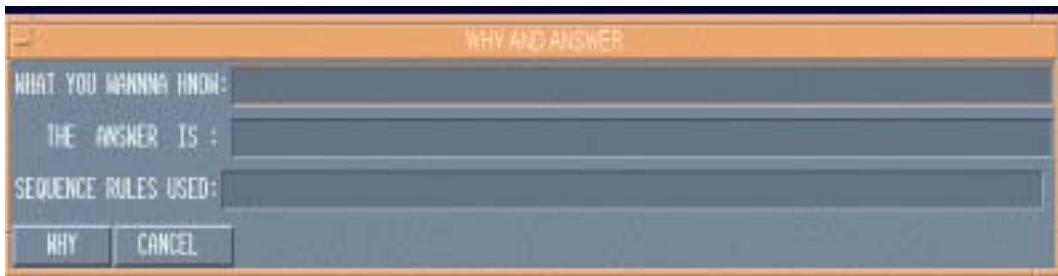


图 6-8 why 对话框

类似, HOW 模块见交互界面图 6-9,是为了指导设计人员下一步的指导与帮助,提供选择方案。

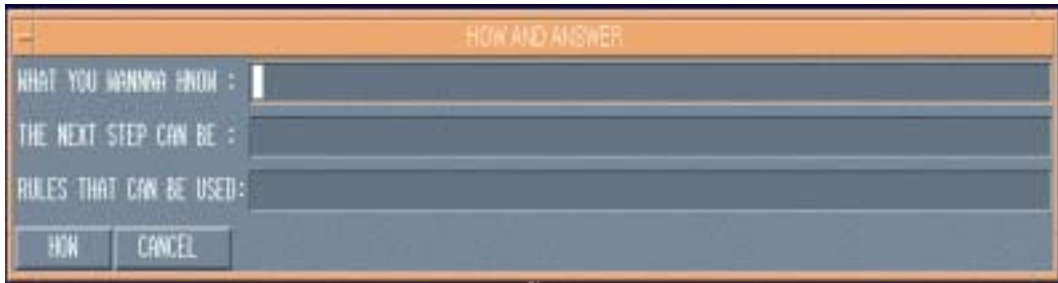


图 6-9 how 对话框

6.2.6 车门附件知识库系统知识获取器的设计

知识获取是指从车门布置专家和汽车相关资料书籍中获取专家系统实现问题求解所需要的专门知识，并以某种形式在计算机中存储、传输与转移。基本任务就是为专家系统获取知识，建立起健全、完善、有效的知识库，以满足车门布置要求。知识获取器是知识库管理系统重要的组成部分。

知识获取本身就是知识工程的“瓶颈”问题。在车门附件知识库系统中设计知识获取器困难比较大，比较实用的是建立一个知识编辑器。知识编辑器是知识工程师的一种工具软件，用来帮助知识工程师编辑从车门附件布置专家那里获得的知识，然后转化为计算机能够识别的计算机存储。它可以对知识进行检索、新增、修改、删除和重组，并检查知识的相容性、完整性和一致性。

基于规则产生式表示的车门附件知识库维修内容有：增加、删除、修改规则和事实，必要是调整规则的存贮组织。

· 增加规则

除保证新的规则的正确性外还要解决新旧知识的协调。采用如下原则：

- 如果新规则可由原规则代替，这则不必要增加新规则，知识库不变。
- 如果新规则与原规则一起能够代替某些规则，那么把新规则加入知识库，同时删除那些可以被代替的规则；
- 如果新规则与旧规则有矛盾，则暂缓加入新规则，否则将新规则加入知识库。

· 删除规则

通常只删除没有用的规则，删除规则后应该再次运行实例库的实例，在删除前对用户进行提示，以防误删，后对知识库重新测试评价，保证删除的安全性。

· 修改规则

修改规则同样应该确保知识库的安全性，规则修改有如下情况：

- 增加规则的前件或后件，补充规则的内容；
- 减少规则的前件或后件，删除冗余与不一致的内容；
- 替换规则的前件或后件，更新规则内容。

车门附件知识库系统知识获取的难点是如何将车门附件布置与设计领域专家经验和书本的知识转换为计算机的知识，计算机能够进行识别。而知识库管理系统处理知识的存储、修改、更新等等。

§6-3 附件知识库详细设计

6.3.1 一致性和可证明性检查

为了保证车门附件知识库的正确性和无冗余性，在建立知识库或更新知识库时，系统都要进行一致性和可证明性检查。具体检查流程如下：

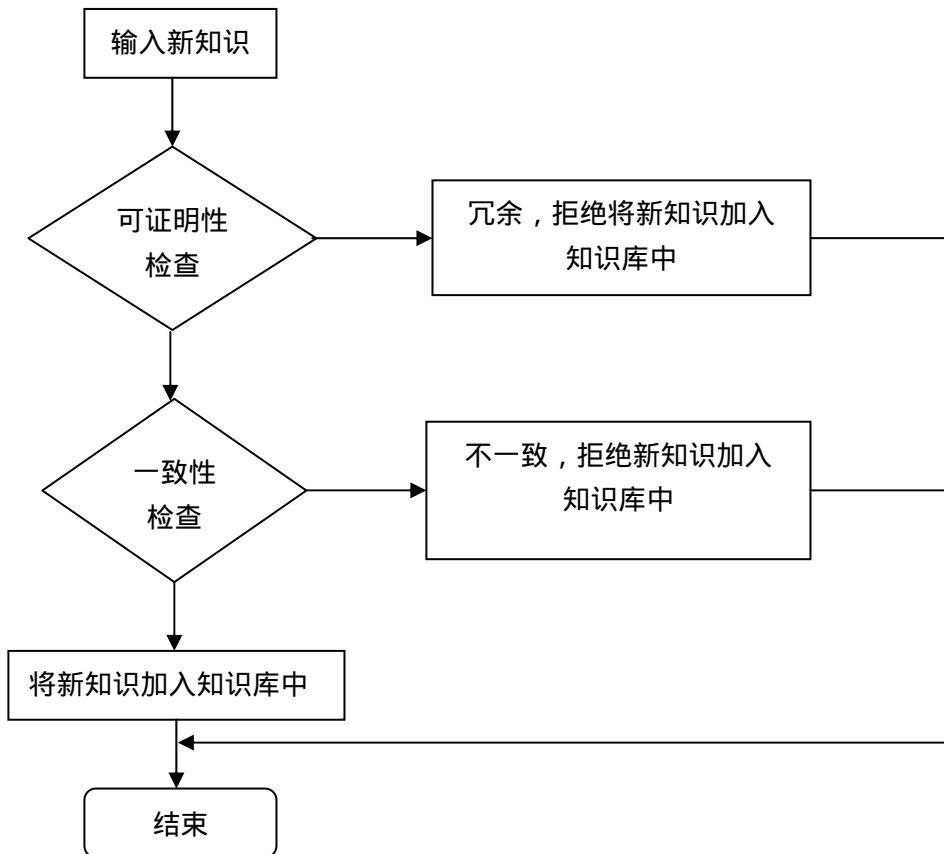


图 6-10 知识检查流程图

可证明性检查是通过判断新知识是否可以由车门附件知识库中的已有规则和事实推理出来完成的。若新知识可以由已有的知识推出，则该条知识会引起冗余，系统拒绝将这条新知识加入知识库中，否则会引起冗余；

一致性检查是通过判断新知识是否满足相应的一致性约束检查来实现。一致性约束以规则的形式给出。

6.3.2 规则自然语言的理解

规则中句子的理解，从微观上讲，理解是指从自然语言到计算机内部表示之间的一种映射，从宏观上讲，理解是指能够完成我们希望的一些功能，美国认知心理学家 G.M.Ulson 提出了四条判别标准：^[34]

- 能够成功地回答和输入材料有关的问题；
- 能够具有对所给材料进行摘要的功能；
- 能够用不同的词语叙述所给的材料；
- 具有从一种语言转译到其他语言的能力。

自然语言相对机器理解的复杂性：

- 供选择的目标表示的复杂性；
- 映像的类型复杂性：一对一，多对一，一对多，多对多；

源表达中各元素间的交联程度。映射的复杂性随着元素间的关联程度的提高而提高。

对简单句子的理解即建立一个与该简单句相对应的机内表达，需要做以下两个方面工作：

- 理解语句中的每一个词；
- 以这些词为基础组成一个可以表达整个语句意义的结构。

最简单的自然语言理解方法，要算关键字匹配法。关键字匹配法是指在程序中规定匹配和动作作为两个类型的样本，然后建立一种由匹配样本到动作样本的映射。当输入语句与匹配样本相匹配时，就去执行相应样本所规定的动作。从而系统就“理解”了你的问话，并去检索数据库或是知识库。

当系统丰富时必须考虑语义与语法分析，以更好地实现用户与系统交互能力以及提高推理效率。自然语言的理解与表达其中关系着车门附件规则的编写与录入。

在车门附件布置中有附件数目、法规要求、布置要求、布置要求等等，因此知识库规则数目众多，要求语法规则简单，以便于理解与应用，完成知识库的搭建工作。

6.3.3 车门附件知识获取过程

因为知识日益更新，必须加强知识的获取能力，以完善和丰满知识库内容更好地满足系统要求。知识的获取过程与知识库的规格说明有着紧密关系，关于车门附件的知识获取过程见图 6-11。

知识的获取过程包括：
问题的特征说明；
与求解的问题密切相关的研究对象，对象之间的关系，表达领域知识需要的概念及其关系和子问题的关系；
根据问题特征和概念之间的联系选择一种或是几种知识表达结构并加以说明；
知识库中包含的知识种类，各种知识的组织原则。^[35]

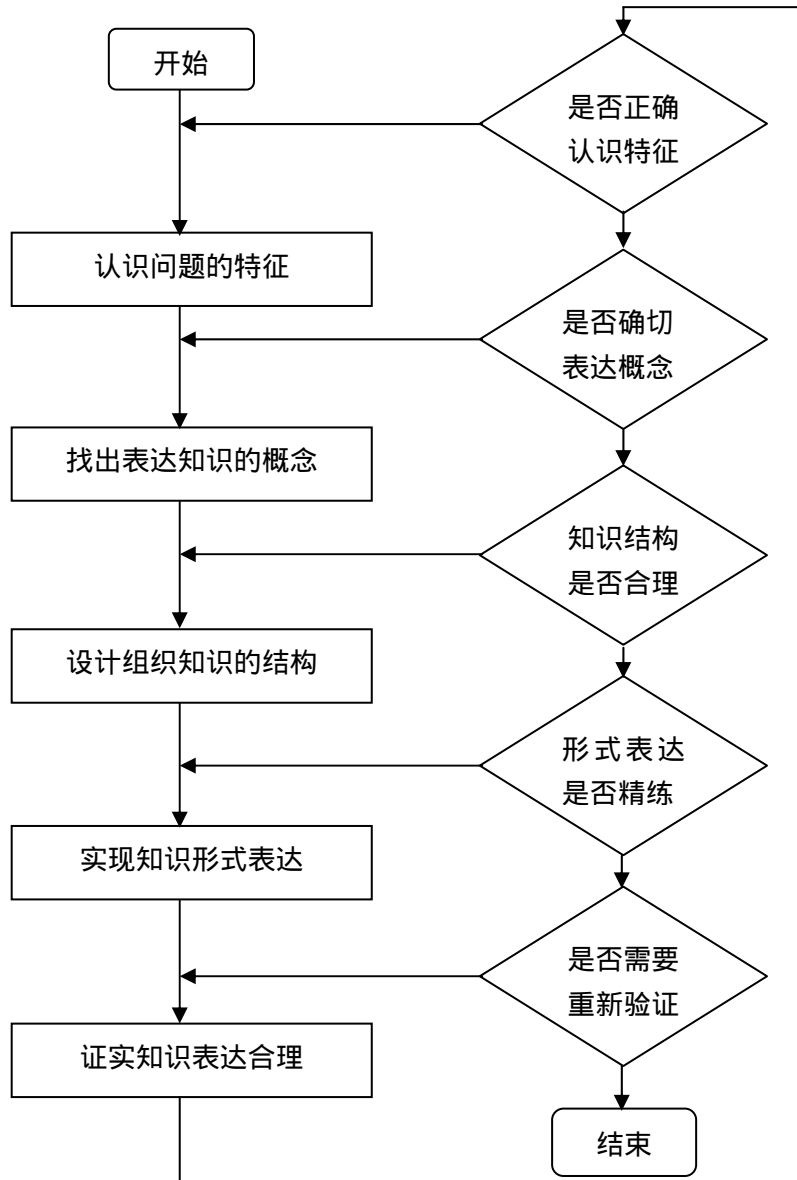


图 6-11 知识获取过程

这些内容需要不断的和专家讨论、证实、确信后才称确定。

6.3.3.1 添加规则

写入新的规则，其流程图 6-12：

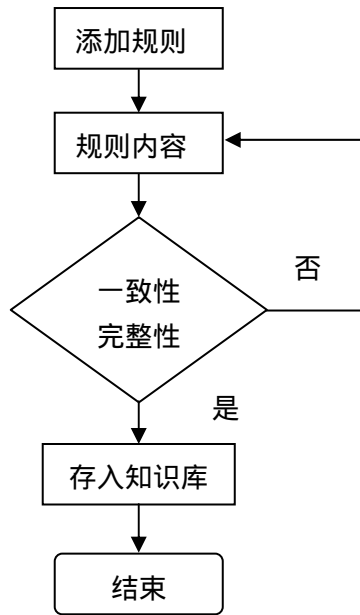


图 6-12 规则添加过程流程

当法规变化或更新时，需要添加新的规则，写入规则的内容。例如当法规需要实施铰链强度的要求，就应加入铰链的强度规则。

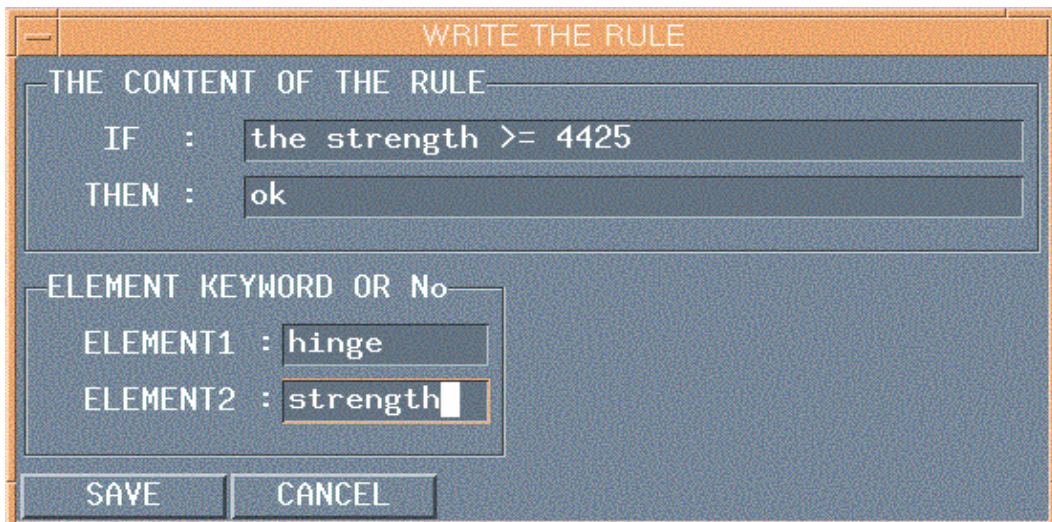


图 6-13 添加规则界面图

录入规则即写新规则的对话框图如图 6-13 界面图。在 IF 框内输入铰链的

强度要求 the strength ≥ 4425 ,在 THEN 框内输入 ok, 然后按 SAVE 键就对铰链的强度规则进行保存以添加入车门附件知识库中。

6.3.3.2 查询规则

在车门附件知识库系统中查询是采用启发式算法, 启发式算法就是利用启发信息(启发函数)减小问题搜索空间, 从而提高解题效率的算法的总称。其实是利用问题的先验知识帮助搜索, 如利用规则的关键字, 此中参阅节 6.3.2 规则的自然语言的理解。

车门附件知识库系统查询规则的流程见下图 6-14 :

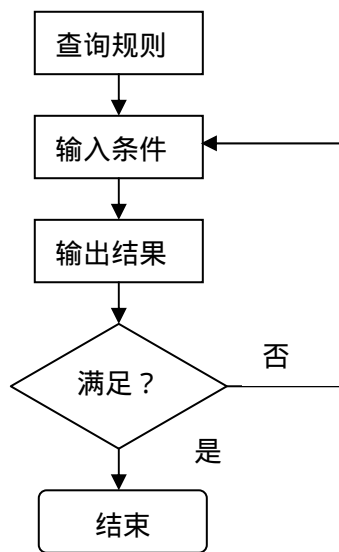


图 6-14 查询规则流程图

若现在要查询锁的相关资料, 在图 6-15 的查询界面中查询输入条件包括三个部分: 在 ELEMENT 项输入大项: 规则组类或规则组号, 如门锁、铰链、玻璃升降器等等, 此时这里输入查询项锁 lock; 在 CONDITION1 项输入第一个查询条件, 如在这里我们要查询车门锁的价格规则, 那么输入价格关键字 price; CONDITION2 项中输入第二个条件, 因为查询车门锁的价格只需一个关键字, 因此这里可以缺省, 输入 default。完成这些操作后, 按 OK 键。得到图 6-16 的结果。

我们可以看出查询受到当初规则编写的限制, 如查询的关键字的确定, 查询一般是基于关键字的, 所以必须研究规则的语法规则与定义, 这样有利于进行规则的查询, 因此知识规则的获取需要进行优化研究。需要知识工程师与车门附件布置设计领域专家的协调与努力, 以更好地确认与应用关键字来进行查询规则。应注重如何更好更精确更简洁进行知识规则的编写与定义, 这影响车门附件布置系统的运行效率。



图 6-15 输入查询条件

按 OK 键可以得到：面板显示查询到的规则的详细信息包括规则内容以及规则组号与规则号。



图 6-16 查询结果输出

我们就可以得知关于车门锁的价格的知识规则的详细资料与信息。规则的内容：IF the price <= 100 THEN ok；此用来判断该附件是否以满足经济性的要求。

RULESETNO 规则组号：1，车门所属于第一规则组；

RULENO 规则号：2，说明价格属于第一规则组车门锁类的第二规则。

6.3.3.3 修改规则

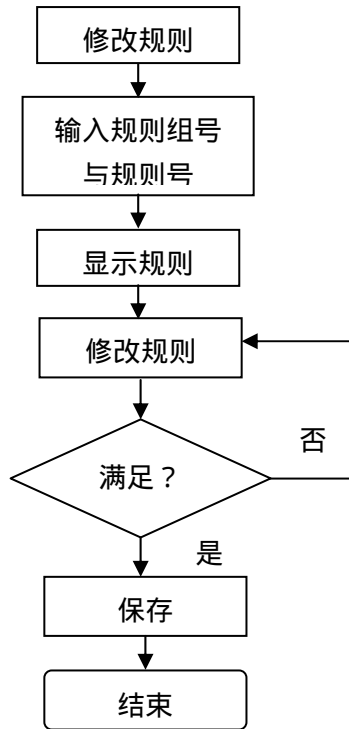


图 6-17 修改规则流程图

由于设计的轻量化或者车门类型的改变以及技术的进步有时需要改变知识规则的内容与要求。例如当市场上玻璃的价格下降时，就需要修改与玻璃价格相关的知识规则，首先输入需要修改的规则组与规则号，玻璃 Glass 的规则组号为 2，其中价格 Price 这一规则的规则号为 1。在修改规则的界面图 6-18 输入规则组号及规则号，先进行内容查看，按 MODIFY 后显示规则的内容见图 6-19。但市场上玻璃价格有 234 降为 214 时，需要进行修改规则。

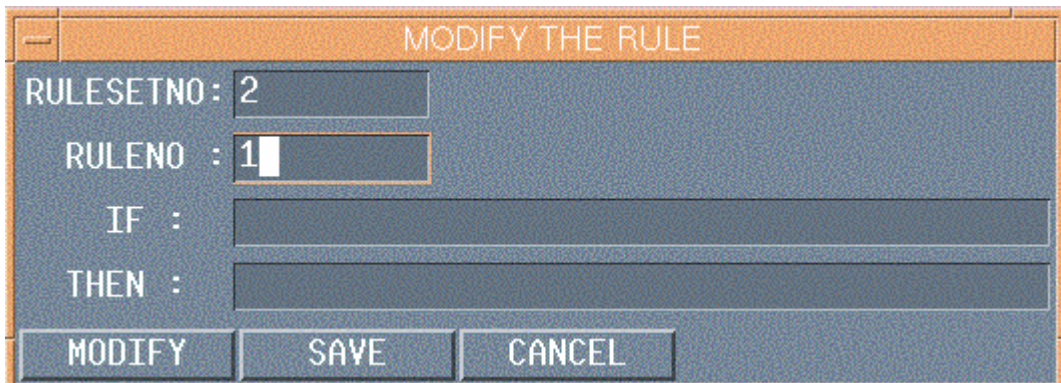


图 6-18 输入修改规则组号和规则号

在规则内容相应部分进行修改，即将 IF 框内的内容由：the price <=234，修

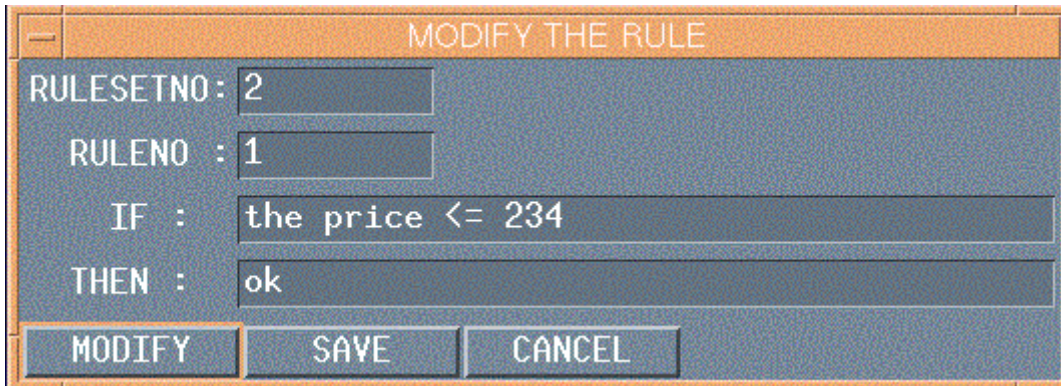


图 6-19 显示要修改的规则

改为：the price <= 214 ,修改完成后，并加以确认，按 SAVE 键予以保存见图 6-20 ，完成规则修改操作。

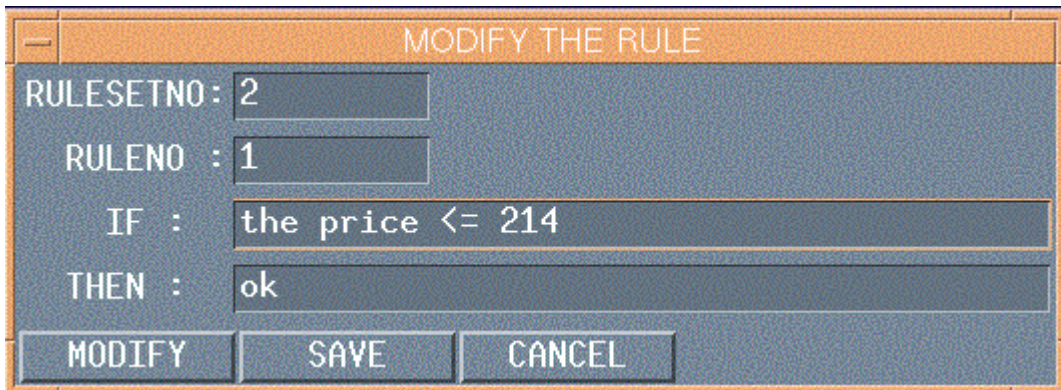


图 6-20 修改后保存

6.3.3.4 删除规则

当规则失效或者废弃，需要进行删除规则，删除界面图见图 6-21。

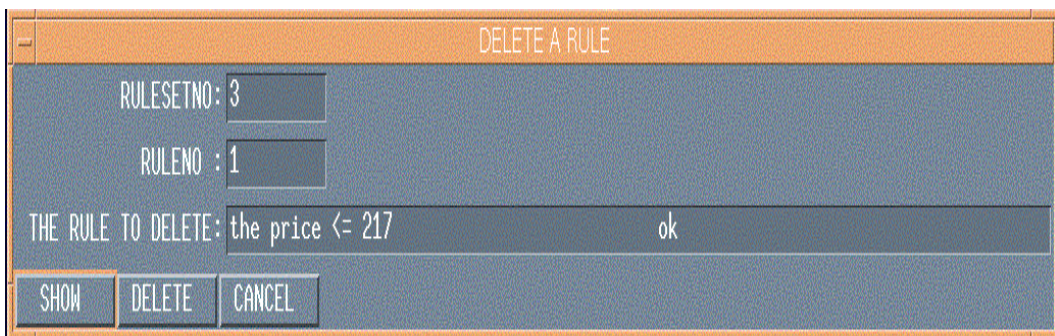


图 6-21 删除规则界面图

假设铰链的价格规则已失效，先输入规则组号和规则号，如不知道铰链价格的规则号与规则组号，可以按节 6.3.3.2 进行查询得到关于铰链价格的规

则组号与规则号，输入规则组号与规则号后然后按 SHOW 键显示规则的内容，规则内容为：(if)the price <= 217 (then) ok，确信后按 DELETE 键，后经删除提示再次确信后系统将此规则予以删除。

6.3.4 知识库操作

知识库的新建：对于车门附件布置系统，可以对不同车型或不同的车门类型建立不同的知识库，以增加布置系统面向问题的解决能力。新建知识库的格式如图 6-22，需要输入新知识库的存放路径（绝对路径），最好应与主系统的指定存放路径一致，还得输入新建知识库的名称。一般在能满足车门附件布置设计的前提下尽量简约和简化知识库，这样方便车门附件布置系统的运行、查询、推理等操作，同时也可以降低系统本身的复杂性。而且太多的知识库容易产生访问冲突。

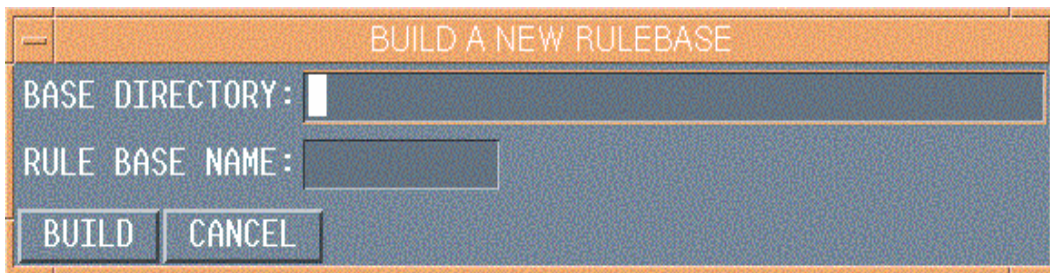


图 6-22 新建库操作

知识库的更新：知识库的更新主要为了当对当前知识库内容进行修改后能够保存所做的修改。一般最好在退出管理员操作前进行一次知识库的更新。知识库的更新只对当前操作的知识库进行更新。所以需要在综合数据库程序中记录开的是哪个知识库，以便确定正确更新知识库。知识库更新的界面如图 6-23，按 SURE 确认键后，系统自动进行知识库的更新，保存所修改的内容。



图 6-23 更新库操作

知识库的删除：当知识库内容过于陈旧，或是由于其他知识库包含了该知识库的内容以及没有保留的价值时，考虑删除该知识库。删除操作必须谨慎，以防误删。或将知识库内容进行备份，然后进行删除操作见图 6-24，同样需要输入该知识库的绝对路径以及该知识库的名称。

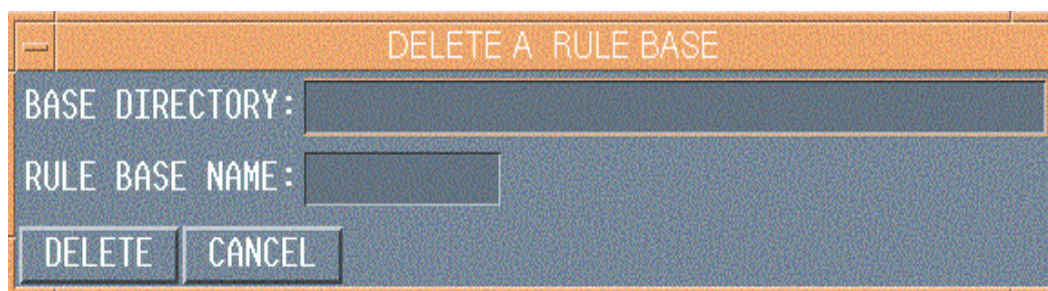


图 6-24 删除库操作

§6-4 车门附件布置系统的一体化集成化

6.4.1 集成车门附件布置系统开发任务

所谓一体化是指把开发好的车门附件知识库系统结合实际 CAD/CAM 软件 CATIA 工作环境下以便让它实际运行并向用户车门附件布置人员提供服务与帮助。集成主 DAPS 系统环境在支撑系统 CATIA 的支持下多个应用系统车门附件布置系统 DAPS、车门附件布置数据库系统 DADS、车门附件知识库系统 DAKBS 的合成，同时具有多种人机交互环境。集成系统的开发出了包括内部这几个复杂系统的开发外，还要需相当多的时间研究系统的总体集成问题，即要求系统的总体设计、详细设计考虑更多的问题。此中开发人员必须协调开发进度，更好地合理配置各类资源，建立信息共享的机制，相互交流，保证系统正常集成运行。但是系统的开发不仅涉及全面，时间长，难度大。

集成化 DAPS 系统采用通用框架大型 CAD/CAM 软件 CATIA 加上用户化的二次开发方式，用户化就是通过二次开发将通用框架 CAD/CAM 软件 CATIA 支撑符合车门附件布置人员需求的应用系统。集成主 DAPS 系统的开发任务是：用复杂大系统的分析方法，按照标准的体系结构框架与系统的总目标做出总体规划方案、功能模块和信息模块；用复杂系统的开发方法完成体系结构及其各分系统的设计，支持各分系统的信息共享、交换与集成、使

集成车门附件布置系统实现规定的功能。车门附件布置系统 DAPS、数据库系统 DADS、知识库系统 DAKBS 等分系统的设计：用系统分析的方法建立系统的需求分析和体系结构模型，完成系统的软件设计、硬件配置以及系统体系设计，最终实现系统软硬件模块规定的功能。

6.4.3 车门附件布置系统的集成化

车门附件布置系统一体化任务就是完成车门附件知识库系统与主车门附件布置系统 DAPS 系统和车门附件数据库 DADBS 系统以及接受单位其他系统的接口工作，使软件能够系统地完整地运行，完成设计任务。车门附件布置系统一体化是在大型 CAD/CAM 软件 CATIA 系统上进行，确保系统能稳定的运行，完成制定的任务。CATIA 提供了良好的开发平台环境，其中基于 CATIA 的车门附件数据库系统 DADS 存放车门附件的系统，根据主 DAPS 系统布置设计要求，以一定的特征限制对附件库进行查询，并且选择合适的车门附件从车门附件数据库系统 DADS 的附件库中导入系统。由基于 CATIA 的车门附件知识库系统 DAKBS 判定所选择的附件是否合格，是否满足车型要求，布置要求，法规要求等等，以帮助车门附件布置与设计人员进行逐步调整与改善，最终完成车门附件布置与设计任务。

主运行系统 DAPS 运行时读入车型基本信息要求，车门附件布置与设计人员对于不同的车型应用不同的车门附件进行布置，车门附件知识库系统的综合数据库应实时对所有有用的信息予以记录与备份，如附件的名称、属性，以及已布置的附件数等等。车门附件布置系统 DAPS 布置所需的附件从车门附件数据库系统 DADS 的数据库调入。整个系统主要利用附件知识库系统 DAKBS 的全局数据库(黑板)来传递与交流信息。由附件知识库系统 DAKBS 提供布置规则与帮助，按图 6-25 规则流程进行附件布置。附件参数化布置的参数获取，布置流程的指导与帮助，需要车门附件知识库系统 DAKBS 的支持与帮助。

车门附件布置系统的集成关键是在完成各分系统所规定的功能，并处理好系统之间的数据传递，车门附件布置系统的搭建初期就应当非常重视分系统的模块化，因而能够作为独立的模块就应当在 CATIA 下能够系统完成指定的功能，这样容易在 CATIA 下进行集成，但仍应当重视集成后数据的传递，各分系统和主车门附件布置 DAPS 系统的协调性，各种数据的正确传递对系统功能的实现有着非常重要的意义。

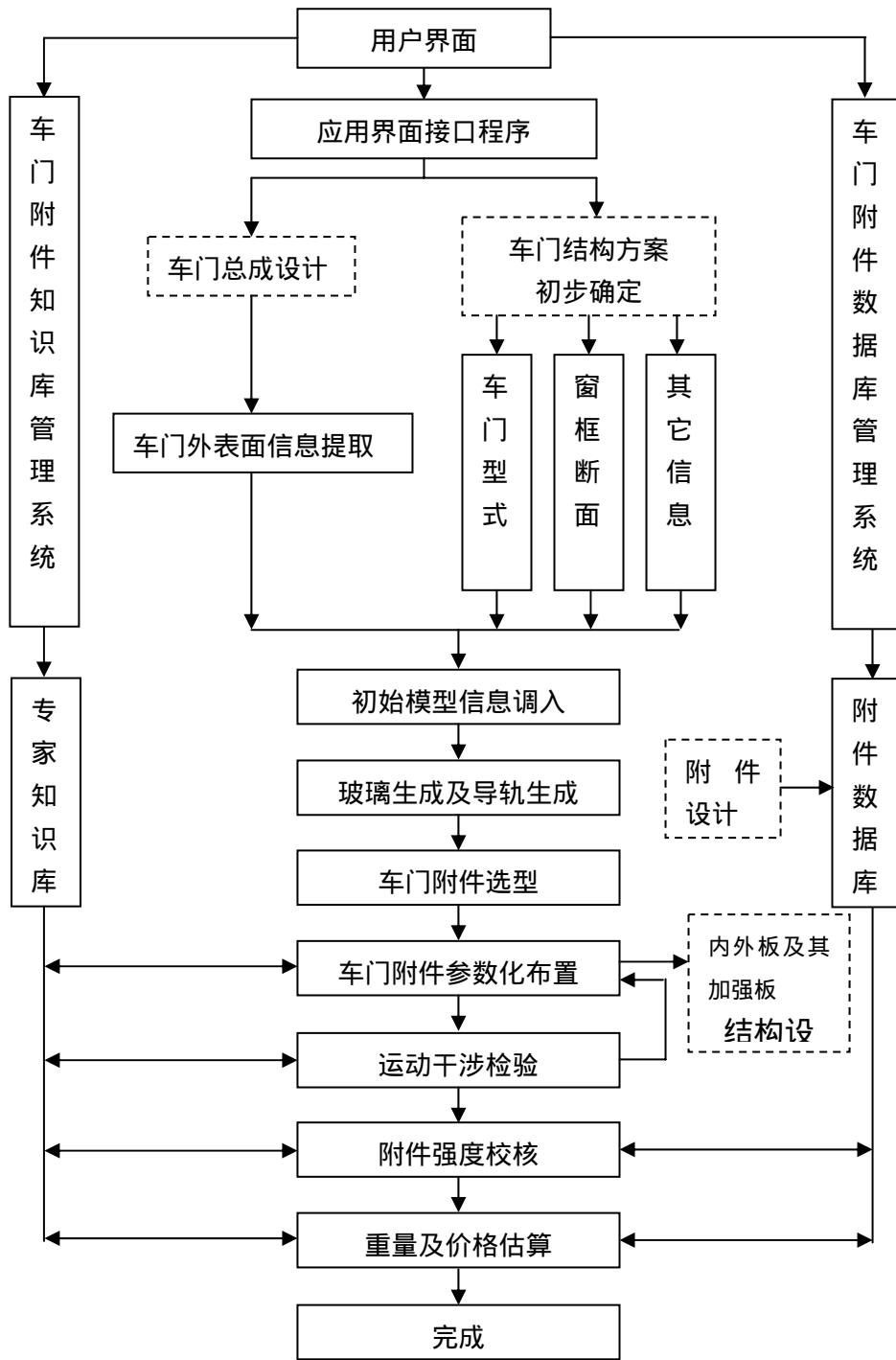


图 6-25 车门附件布置系统流程

6.4.4 车门附件布置过程

车门附件布置设计是一个考虑因素众多、试探性、反复性强的过程，一般传统的软件因为通用性强而专用性弱，所以进行车门附件布置比较困难，而本系统是以 CATIA 为平台，以知识工程和专家系统理论为指导的基础上进行专门化的开发，就针对于车门附件布置。

车门附件布置过程启动系统，欢迎使用 DAPS 系统，初始输入车型信息，由车型信息决定车门附件的类型与布置要求，门内外板输入，边界条件的确定。从图 6-26 车门附件布置简单流程可以看出整个车门附件布置过程中，车门附件知识库和全局数据库的作用。车门附件知识库系统 DAKBS 的健全和完整的知识库和全局数据库对 DAPS 系统有着举足轻重的作用，从开始布置到布置完成，系统都需要实时地与全局数据库进行交互，如车型信息、布置参数、附件属性、布置流程等等。车门附件布置过程有反复性、试探性的特点，更需要车门附件知识库系统 DAKBS 的帮助与指导。因此车门附件布置系统需要建立一个完善的车门附件知识库系统 DAKBS，具有非常的现实意义。

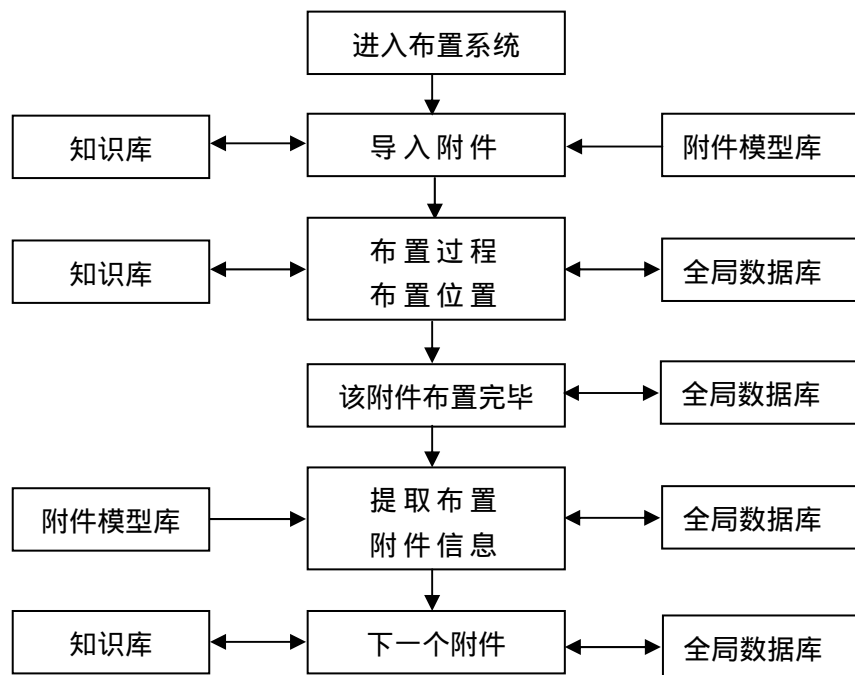


图 6-26 车门附件布置过程

§6-5 本章小结

车门附件布置设计是一个影响因素众多、试探性强、多反复性的过程，车门附件布置系统的搭建是以知识工程理论、知识库技术与传统汽车设计的结合的新探索。

这一章主要论述了车门附件布置系统的知识库系统的搭建以及系统集成，探讨了知识库、综合数据库的组织形式与存储形式，车门附件知识库系统的推理机制。结合人工理论和知识库、数据库技术研究和开发了车门附件知识库系统的推理机、综合数据库、知识库的搭建，重点进行了车门附件知识库管理系统的开发，并与主 DAPS 系统的集成研究与探讨。

车门附件布置系统的开发与研究是在大型 CAD/CAM 软件 CATIA 上利用新近的计算机技术结合汽车设计知识和专家的经验进行的二次开发，以开发一些适合汽车车门布置设计领域需要的专用模块。

第七章 总结与展望

汽车工业是一个代表性的机械制造业，传统的技术方法已经很难进一步大幅度推动其发展，为此我们的汽车工业必须引入专家系统人工智能等这样的新兴科学，这将会给汽车设计、制造工艺、测试、生产管理等方面带来重大的突破，从而使汽车工业的发展产生新的飞跃。

专家系统以其高性能、实用性和显著的经济效益，引起了世界各国的普遍重视，日美英等发达国家纷纷将其列入国家重点研究项目。现在世界各国的汽车工业都十分关注应用专家系统技术来提高技术经济效益，不仅自己积极开发实用的专家技术，同时还大量投资专业软件开发公司。

在 IT 时代某种意义上，给了发展中国家与发达国家一个较公平的起跑线，我国要想力争在汽车工业有所为，专家系统的开发是一个有利的突破口与机遇。抓住了这次腾飞的机遇才可能更快迎头赶上世界先进水平。

吉林省科委的资助下吉林大学车身系进行了相关方面的研究。借助于产生式专家系统理论进行尝试搭建一个知识库系统。尽管本文是一次不很成熟的探试，也希望为专家系统与汽车设计的结合有所启发，对于产业提升及学科发展本课题具有非常的借鉴意义和现实意义。

车门附件布置系统是面向设计人员流程化进行车门附件布置的系统，利用人工智能、专家系统、知识库、数据库技术等技术，在 CATIA 软件平台进行二次开发。利用 CATIA 提供的 GII 函数与 C 语言结合，开发出具有 CATIA 界面的人机对话环境。

对 CATIA 软件二次开发功能和知识工程理论的结合进行了探索与研究，利用产生式专家系统的结构进行了车门附件布置系统的知识库的搭建，可以利用现有附件的属性进行简单的比较与判断，进行简单的推理。由于个人的能力及水平有限，DAKBS 系统还不完善，现只能提供一个简单的框架，其中的内容需要饱满。

在现阶段，因此本文还存在相当的局限性需要进一步深入研究，知识的抽取与表达，知识的存储形式等投入相当的精力，学习现有的理论尤其专家系统方面的理论，将计算机技术的最新发展融入到传统的汽车制造产业。我们相信专家系统理论在汽车工程领域会有相当的潜力，将来通过对专家系统的研究会有助于提高车门附件布置系统的性能。将来车身设计的专家系统来辅助设计人员进行设计，以大大提高生产效率，缩短生产周期，降低制造成本，提高经济效益。

临渊羡鱼，不如退而结网。

致 谢

敬以诚挚地感谢张君媛老师的心细教导与帮助。在一年多的相处中，学生得到了张老师无微不至的关怀。在学生困难期间得到张老师的理解与帮助，学生永记心间。在整个论文期间，张老师的严谨治学的精神和慎密的思维方法深受影响。

也非常感谢刘锡国导师在求学期间的帮助与指导。在课题中得到了靳春宁老师的软硬件方面无私的帮助，田新民老师的见解与帮助令学生也受益匪浅，在轿车车型开发中心得到了于多年老师，庄蔚敏老师，马若丁老师，郑世红老师，李彦龙老师等热忱的支持与帮助。从陈建涛，唐建春，刘文龙师兄，朋友华伟与师妹程莉得到些非常好启发与帮助。

课题锻炼了我的学习与工作能力。深深体会进行一项科研任务的复杂性与艰巨性。在研究生求学期间本班同学对本人热情的帮助，心存感激！学院的领导对本人的关心深深感谢！

深深地感谢我的家人，含辛茹苦的父母，给我莫大支持的大哥与二哥！

仅以此拙文献给先世的父亲大人！

希望尊敬的母亲身体健康幸福快乐！

祝愿所有善良的人们幸福着快乐着！

参考文献

- [1] 郝静如 主编 《计算机辅助工程》，航空工业出版社
- [2] 江漫清 吴亚良 《CAD/CAM/CAE 在车身中的开发应用》 《上海汽车》1999.2
- [3] 向喜生 《CATIA 在逆向工程应用中的初探》 CATIA 用户天地 1998.2 p1
- [4] 王洪俊 汽车覆盖件模具 CAD 技术的应用与发展 《计算机辅助设计与制造》2000.4
- [5] 彭昆 雷雨成 《给予 UG 平台的汽车总体设计专家系统的开发》《上海汽车》1999.11
- [6] 龚礼洲 《基于知识的汽车车门总布置系统的研究与开发》吉林工业大学博士研究生学位论文，2000.5 P5
- [7] R. · 布里昂 著 《专家系统的开发方法》 石油工业出版社 1992
- [8] 黄金陵 黄天泽 主编 《汽车车身结构与设计》机械工业出版社 1989 p191-214
- [9] 周方寿 编著《客车车身覆盖件的设计与制造》机械工业出版社 1998 p195-230
- [10] 姜连勃 王绍春 《汽车车门设计（一）》 《汽车技术》 1999.4 p14-19
- [11] 姜连勃 王绍春 《汽车车门设计（二）》 《汽车技术》 1999.5 p10-17
- [12] 吴源泉 刘江宁 编著 《人工智能与专家系统》国防科技大学出版社 1995 p36
- [13] 曹立明 陈石麟 周强 编著《知识工程原理》 中国矿业大学 1995 p168
- [14] 史忠植 著 《知识工程》 清华大学出版社 1988 p2
- [15] 王永庆 《人工智能原理与方法》 西安交通大学出版社 2001 p57
- [16] D.W.罗尔斯顿 《人工智能与专家系统开发原理》 上海交通大学出版社 1991 p5
- [17] 徐洁磐 马玉书 范明 编著 《知识库系统导论》 科学出版社 2000 p7
- [18] 徐洁磐 马玉书 范明 编著 《知识库系统导论》 科学出版社 2000 p8
- [19] 徐洁磐 马玉书 范明 编著 《知识库系统导论》 科学出版社 2000 p9
- [20] 倪天倪 孙俊义 左丽娟 《大型实施知识库开发环境 HKBE 的设计与实现》《计算机工程》 第3期 p192-193
- [21] 严蔚敏 吴伟民 编著《数据结构》(C语言版) 清华大学出版社 1998 p4
- [22] 徐洁磐 马玉书 范明 编著 《知识库系统导论》 科学出版社 2000 p5
- [23] 王永庆 《人工智能原理与方法》 西安交通大学出版社 2001 p63
- [24] 曹立明 陈石麟 周强 编著《知识工程原理》 中国矿业大学 1995 p36-37
- [25] 王永庆 《人工智能原理与方法》 西安交通大学出版社 2001 p65
- [26] 尹曹庆 尹皓 编著 《人工智能与专家系统》中国水利水电出版社 2002 p25
- [27] 王永庆 《人工智能原理与方法》 西安交通大学出版社 2001 p72
- [28] 王晓明 侯英玮 《基于数据库的专家系统设计》《计算机工程与应用》2001.20 p95-96
- [29] 王永庆 《人工智能原理与方法》 西安交通大学出版社 2001 p306
- [30] 吴源泉 刘江宁 编著 《人工智能与专家系统》国防科技大学出版社 1995 p271-273

- [31] 曹立明 陈石麟周强 编著《知识工程原理》 中国矿业大学 1995 p173-175
- [32] 尹曹庆 尹皓 编著 《人工智能与专家系统》中国水利水电出版社 2002 p151-167
- [33] 曹立明 陈石麟 周强 编著《知识工程原理》 中国矿业大学 1995 p82-87
- [34] 林尧瑞 马少平 编著 《人工智能导论》 清华大学出版社 1999 p306
- [35] 曹立明 陈石麟 周强 编著《知识工程原理》 中国矿业大学 1995 p184
- [36] 兰凤崇 编著 《汽车车身计算机辅助造型设计》，吉林科学技术出版社 1992
- [37] 郭竹亭 编著. 《汽车车身设计》，吉林科学技术出版社
- [38] Bill Bambrick. The Future of Information Management , Econtent February/March 2000
- [39] D.Xue ,S.Yadav ,D.H.Norrie. Knowledge base and database representation for intelligent concurrent design , Computer-Aided Design 31 (1999) 131-145
- [40] “KBE-Wiper System Phase I Proposal” Intelligent Components Tools & Methodologies Section 1998.7
- [41] “Air Induction System-Knowledge Based Engineering” Advanced Section. AIS/FVSS, PCSD 1998.5
- [42] Gilbert B. Chapman II and Pamela F. Lee “The Development of a Knowledge-Based System for the Nondestructive Inspection of Composites” Presented at SAE Transactions 1998
- [43] John Li. “KBE for HVAC” DFM/DFA Tools and Method 1997.9
- [44] N.D. Clarke and W.K. Bilanski “A Knowledge-Based System for Tillage Equipment Management” Presented at SAE Transactions 1992
- [45] Kenneth F. Reinschmidt and Gavin A. Finn “Integration of Expert Systems Databases, and Computer-Aided Design” Presented at Intelligent Design and Manufacturing, Edited by Andrew Kusiak 1992
- [46] Nanxin Wang and Peter Hodges “Classification of KBE capabilities” Summary Report for the Interactive Management Workshop
- [47] 郭竹亭 编著. 《汽车车身设计》，吉林科学技术出版社
- [48] 邓什珍 范淼海 编著 《车身制造工艺》 北京理工大学车板社 1997
- [49] CATIA 用户天地 No 1.1998 IBM 提供
- [50] 朱明 编著 《数据挖掘》中国科学技术大学出版社 2002
- [51] 范玉顺 曹军威 编著《复杂系统的面向对象建模、分析与设计》清华大学出版社 2001
- [52] 熊关楞 徐文胜 范文慧 等著《并行工程的理论与实践》清华大学出版社 2001
- [53]“CATIA.Graphics Interactive Interface Reference Manual” CATIA Reference Documentation Supplied by International Business Machine
- [54]“CATIA.Library Reference Manual” CATIA Reference Documentation Supplied by

International Business Machine

[55]“CATIA.Object Manager Interactive Funtions Reference Manual ” CATIA Reference Documentation Supplied by International Business Machine

[56] 唐建春 《基于知识的车门附件布置设计系统的开发》 吉林大学 2002

[57] 刘震 《基于 CATIA 的车门附件布置数据库的开发》 吉林大学 2002

[58] 王镝 《基于知识的车门布置设计 CAD 系统初探》 吉林大学 1999

摘 要

要实现我国轿车的自主开发能力,就必须加大 CAD 技术的理论研究和实际应用,因此有必要在通用大型 CAD/CAM/CAE 工程软件上进行针对汽车设计的计算机辅助系统,以应用于汽车设计领域。在工程软件的基础上结合汽车设计知识和专家的经验进行二次开发,开发一些适合汽车设计领域需要的专用模块。

车门的结构设计大部分任务是解决车门附件布置、运动校核、安全校核、附件的紧固及保证附件在使用中的可靠性和方便性。车门附件布置设计的多目标,多约束的特点决定了车门附件的布置需要大量领域专家的经验 and 知识作为指导,才能够顺利实现。将领域专家的经验 and 知识与 CAD 技术相结合,开发专门用于车门附件布置的智能 CAD 系统必将会大大提高车门设计的效率。

基于知识的车门附件布置设计系统就是以知识工程的理论为指导,结合车门设计领域的知识、规则以及领域专家的经验,在 CATIA 的开发平台上,利用 CATIA 的二次开发工具 GII 结合 C 语言进行开发,旨在简化车门布置设计的复杂性和降低设计人员的劳动强度从而帮助设计人员得到理想的车门布置方案。

KBE for DAPS 系统主要分为三大部分:基于 CATIA 的车门附件布置设计系统(DAPS)、基于 CATIA 的车门附件数据库系统(DADS)、基于 CATIA 的车门布置设计知识库系统(DAKBS)。其中车门附件布置知识库系统中的知识存储关于车门附件属性与附件布置的知识(规则),推理机根据条件查询和利用规则进行推理,所利用的附件是否合格或是否满足布置和法规要求。以帮助工程设计人员进行设计,在一定程度上使设计人员可以在设计的初期就开始考虑车门的经济性、轻量化、布置的合理性等各方面的要求。

KBE for DAPS 的系统结构如图 1。DAPS 系统是整个 KBE for DAPS 系统的主框架,主要是调用 DADS 系统来完成对车门附件进行的选择和布置,调用 DAKBS 系统中知识库中的知识,帮助设计人员进行决策,DAKBS 系统中包含着专家系统中的所谓的“推理机”和“解释器”。DAKBS 系统主要是收集领域专家的知识 and 经验,它要有知识规则的录入、修改、删除、更新等功能,并与 DAPS 系统有良好的接口。DADS 系统主要是存储车门附件的几何模型和各种信息,在设计人员需要进行附件选择时,提供大量的附件几何模型和各种信息,它也要与 DAPS 系统有良好的接口。

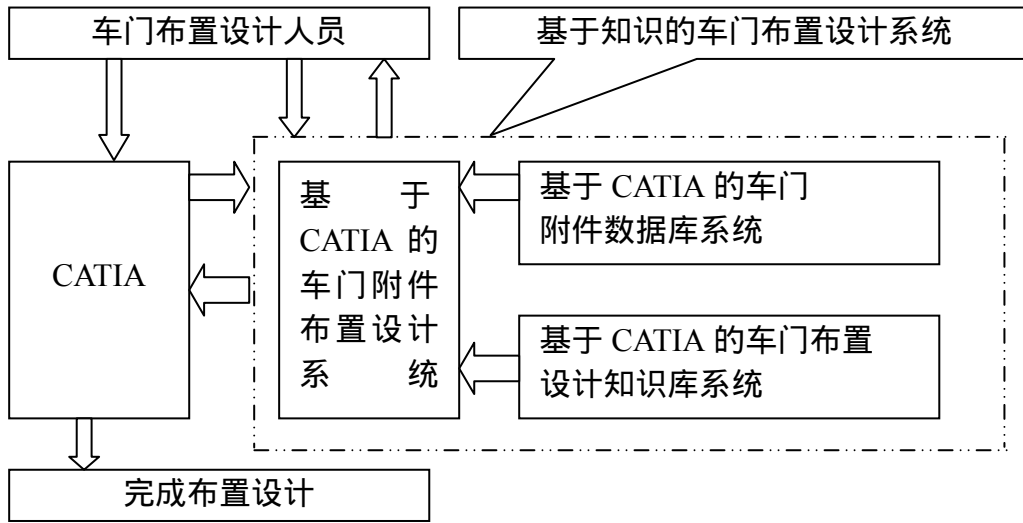


图 1 KBE for DAPS 系统的结构

产生式系统由三个组成部分：综合数据库(Global Database)、产生式规则库(Production Rule Base)和控制系统 (Control System)。系统主要是为车门设计人员在进行布置设计时，提供附件的知识信息和布置知识。利用 CATIA 提供的 GII 结合 C 语言进行编程设计。车门附件布置知识库是存放与车门附件布置有关的所有规则的集合。包含了将问题从初始目标状态到目标状态所需要的所有变换规则。这些规则描述了车门布置问题领域的一般性知识，附件布置知识库是产生式系统进行车门布置问题求解的基础，其知识的完整性、一致性、准确性、灵活性，以及知识组织的合理性等，对规则库的运行效率都有着重要的影响。

综合数据库也称黑板，是一个中间数据区，一个临时数据库，用来存放推理过程的各种信息，支持推理机求解时期的运行，和用户进行交互，其中信息不断动态地改变。因此数据库也称为事实库，是用来存放车门附件布置有关的各种当前信息的数据结构。

布置的初始信息从 DAPS 中获取，初始的车型信息，附件信息，布置参数的获取，以及布置过程信息与规则库、推理机、解释器等进行交互。

推理机是车门附件布置系统的核心部分，是从知识库中找出知识，并推出新知识的软件系统。它包括推理方式的选择和切换，按照用户要求调用其他模块的协调工作，激活规则前件，导出结论，为各模块提供数据等操作。推理机在推理时要用到的知识均来自知识库中，因此需要动态地从知识库中检索出相关的布置事实和布置规则。推理机的设计关键是如何提高推理效率。

为了实现高效的逻辑推理，希望尽量一次性检索出相关的知识。如何优化检索方法以提高推理速度和效率。

车门附件知识库系统的解释器包括车门附件布置过程步骤的识别以及对每一步合理性的解释，还必须按照知识库的表示结构来处理过程中用到的知识记录，并将它们转化为用户乐意接受的形式，回答用户咨询的问题。

知识获取是指从车门布置专家和汽车相关资料书籍中获取专家系统实现问题求解所需要的专门知识，并以某种形式在计算机中存储、传输与转移。基本任务就是为专家系统获取知识，建立起健全、完善、有效的知识库，以满足车门布置要求。

系统一体化任务就是完成知识库系统与主 DAPS 系统和 DADBS 系统以及接受单位其他系统的接口工作，使软件能够系统地完整地运行，完成设计任务。主运行系统 DAPS,运行时读入车型信息，对于不同的车型应用不同的车门附件进行布置，综合数据库应对所有有用的信息予以记录，如附件的名称、属性，以及已布置的附件数等等。DAPS 布置所需的附件从附件库 DADB 中调入。整个系统主要利用全局数据库（黑板）来传递与交流信息。由附件知识库 DAKBS 提供布置规则与帮助，按规则流程进行附件布置。

本科题由于作者水平的限制未能尽如人意，但是由于专家系统具有很强的实用意义,要做大量的工作进行完善。

关键字：车门附件、知识工程、CATIA、二次开发、一体化、专家系统
知识库、全局数据库、推理机、数据结构

Abstract

To achieve our national car self-development ability ,it is necessary to lucubrate the theory research and practical application on the CAD technology on some general large CAD/CAM/CAE software to create some compute aided system aiming at car design in order to apply in the field of the car design engineering。 It is essential to carry on further development to program some special modules suitable to the car design fields by use of the vehicle design knowledge and the expert's experience on the base of the engineering software。

The structure design of the car door mainly to solve these tasks ,such as the package of the door accessories、 movement check、 security check and the availability and reliability of the packaged accessories 。 As for the multi-object , multi-constraint characters in the door accessory package, the accomplishment of the package of the door accessories in the car demands a great deal of field expert's experience and knowledge as guidance。 Combine the field expert's experience and knowledge with the CAD technology ,which will greatly improve efficiency of the door design。

The knowledge-based engineering for the door accessory package system is programmed on the platform of the CATIA ,under the direction of the knowledge engineering theory ,which is the combination of the knowledge ,rule and the expert's experience , aiming at simplifying the complexity of the door accessory package design and reducing the work strength so as to help the designers to acquire the optimum case of the door accessory package。

The KBE for DAPS system is divided into three basic parts : The Door Accessory Package System based in the CATIA, for short as DAPS、 the Door Accessory Database System based in the CATIA , for short as DADS、 the Door Accessory Knowledgebase System based in the CATIA , for short as DAKBS。 The knowledge base of the DAKBS is used as to store up the attributes of the accessories and the knowledge(rule)of the door accessory package ,and the infer machine will query the rule according to the conditions and carry on inferring by means of the found rules and judge whether the used accessories are qualified or meet the requirements of the package and the rules and standards , so that help the designers to arrange conveniently , in some sense ,and enable designers to consider the requirements of economizing、 lightening、 the reasonability of package in the initial stages。

The KBE for DAPS system structure as figure 1.

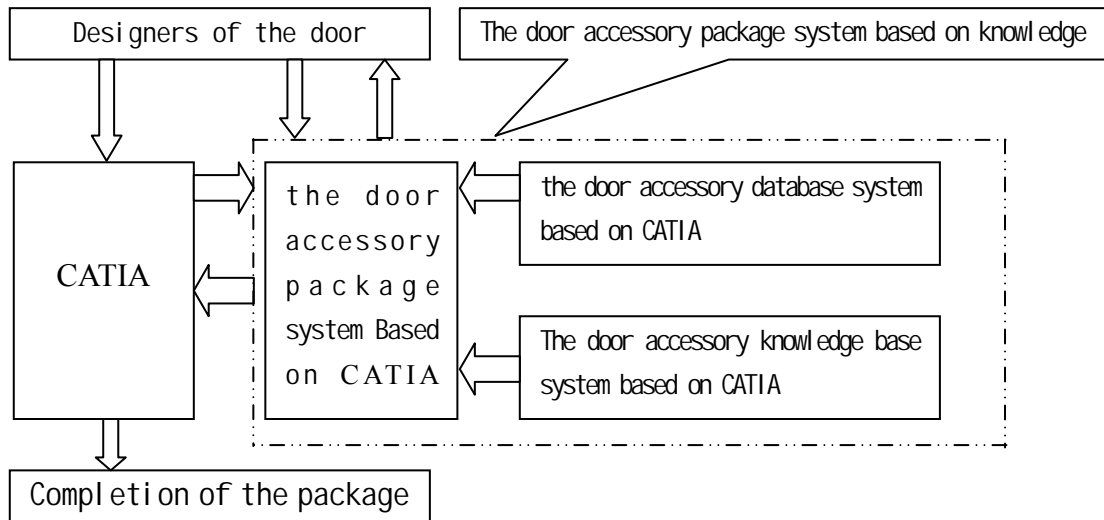


Figure 1 The structure in the KBE for

The DAPS system is the main frame of the integrate knowledge-based engineering for the DAPS system , principally calls the DADS system to perform the selection and package of the door accessory , and call the knowledge from the knowledge base of the DAKBS system to help the designers to make their decision. The DAKBS system comprises “infer machine ”and “explainer ”. The DAKBS system is mainly used to gather and store expert knowledge and experience , which is provided with the functions of writing, modifying ,deleting , updating the knowledge and rules , and the sound interface with the DAPS system. While the DADS system chiefly is used to store geometric models and various information. The system will provide the designers with geometric models and various information when they select the accessory , and should have the friendly interface with the DAPS system.

Production system is composed of three parts : Global Database、 Production rule Base and Control System. Provide the information of the accessory and the knowledge of the arrangement 。 The C language collaborate with the GII tool in the CATIA internal function to program the system. The door accessory package knowledge is the aggregation in which all the rules relative to the door accessory package ,including all the transformation rules from the original status to the objective status in the process of solving the problem. The rules describe

the general knowledge in the fields of the door accessory package , and the knowledge base is the foundation of the production system to perform the task of the package of the door accessory, ,in which the integrality、consistency、veracity、agility of the knowledge , and the rationality of the organization exert great affect on the working efficiency of the knowledge base.

Global database which also named as blackboard ,is a medium data region, a temporary database to store up all kinds of information and sustain the infer machine perform to solve the problems and interact with the users ,the information in which is changed dynamically。 In some sense ,the database is called the fact base ,in this data structure there are all types of present information stored 。

The original package information get from the DAPS system ,such as the original vehicle model 、 the accessory information、 the arrangement parameter 、 the process information of the package ,all these the DAPS should interact with the knowledge base,the infer machine and so on.

The infer machine is the kernel part of the DSKBS system ,which the system that find out the knowledge and infer out the new knowledge from the before-mentioned one ,including the selection and switch of the inferring method, call other modules to collaboratively function, and deduce the conclusion from the precondition ,and provide data for other modules。 The knowledge employed in the infer machine is from the knowledge base ,so the infer machine is supposed to dynamically search out the correlative facts and rules in this package。 The key point in the design of the infer machine is to improve the inferring efficiency。 In order to achieve the actively and effectively perform the logical deduction , the system ideally search out all the correlative knowledge ,and the main task is to optimize the searching method to enhance the inferring speed and efficiency。

The function of the explainer of the DAKBS system covers the recognition of the steps in the process of the door accessory package ,the reasonable explanation for every step in the process ,and deal with these knowledge record in the form of the expression structure according to the knowledge base , then and translate into the format that the users are willing to understand and accept ,answer the questions that the users inquire 。

The process of the knowledge obtaining is to get the special knowledge that the expert system need to solve the problem from the experts and the books in the field of the door accessory packaging , and store ,transmit and transfer it in some

terms。 The basic task is to obtain the knowledge for the expert system ,and to build a sound、 perfect、 effective knowledge base。

The task of the integration of the system is to fulfill the interface between the DAKBS with the main DAPS system and the DADBS system, enable the software to systemically and fully perform 。 when the main DAPS system works ,it will first read the information of the vehicle model ,and perform the package of the door accessories in term of the different types of the vehicle model ,at the same time ,the global database should keep record of all the useful and available information, such as the names and attributes of the accessories 、 the numbers of the accessories that have been packaged。 The accessory that the DAPS system need to be arranged is loaded from the accessory base of the DADBS system 。 The whole system mainly depends on the global database(blackboard) to transfer and communicate the data 。 The DAKBS system provide the rule and help of the process 。 The main system packages the accessories according to the flow of the program。

Though the expert system have valuable practical significance, but as to the limitation of the level of the author's knowledge, the project still needs lots of jobs to make the system perfect。

KEYWORD : door accessory 、 knowledge engineering 、 CATIA 、 further development 、 integration 、 expert system 、 knowledge base 、 infer machine 、 data structure