

文章编号: 1001-4934(2005)01-0053-05

注塑模具 CAD 专家系统中的知识库研究

李凯岭, 刘军华, 沈楠, 白桂恒

(山东大学机械工程学院, 山东 济南 250061)

摘 要: 通过SolidWorks建模、VB 6.0编程实现注塑模具自动化、智能化设计。通过在注塑模具CAD专家系统中建立完善的模架选型知识库, 提出一套针对注塑模具模架的选型设计知识进行总结的模型和理论。

关键词: 注塑模具CAD; 模架; 知识库; RBR

中图分类号: TP229

文献标识码: A

Abstract: Realizing the automation and intelligence of the injection mold design using the SolidWorks modeling with Visual Basic 6.0 programming is introduced. Using a large paragraph to summarize the knowledge of injection mold's moldbase, including the moldbase design rules for the reasoning machine to apply with in the injection mold design expert system. The knowledge system of injection mold's moldbase design is displayed in the paper.

Key words: injection mold CAD; moldbase; knowledge base; RBR

0 引言

专家系统、智能化理论、自动化设计技术在模具CAD系统中的普遍应用^[1], 使塑料模具自动化设计技术得以实现成为可能。注塑模具CAD专家系统显著提高了塑料产品和塑料模具的设计效率以及设计、制造质量, 减少对有经验模具设计工程师的依赖和模具制造过程中的试模次数和修模时间, 从而缩短塑料产品设计、模具设计、模具制造周期, 使塑件产品快速实现模塑生产、投放市场。

本文充分研究了注塑模具的基本结构, 分析了注塑模具设计规范化、标准化对于注塑模具CAD专家系统的重要性; 对注塑模具设计过程中模架设计选型中的知识总结方法进行了详细探讨。

1 注塑模具 CAD 系统概述

1.1 系统总体设计开发技术

注塑模具CAD专家系统以SolidWorks为开发平台, 使用VB语言编写动态链接库, 将注塑模具设计系统以插件的形式与SolidWorks连接, 数据库系统采用Microsoft Access建立数据表格。使用API (Application programming Interface) 技术对SolidWorks进行二次开发^[2], 利用DLL (Dynamic Link Library) 技术在SolidWorks中加载, 利用KBE (Knowledge Based Engineering) 和CBR (Case Based Reasoning) 技术实现模具设计过程自动化。

1.2 模架设计的关键技术

模具设计大都采用标准模架。为保证模具精度和质量水平、减少制造环节, 标准模架一般为外购件。模架的选型和确定应当尽快完成, 以便尽早订购, 同时对模具的其他环节进行详细设计、制造, 以实现并行设计制造, 缩短模具的设

收稿日期: 2004-10-08

作者简介: 李凯岭 (1957~), 男, 副教授。

计周期和交货期。因此, 确保模架的设计选型不出现大的差错和反复至关重要。

KBE 是一个知识处理过程, 包含知识继承、繁衍、集成和管理, 而且是产品创新设计的重要使能技术^[1]。基于知识工程的知识推理 (Knowledge-based Reasoning, KBR) 分为三类: 基于规则的推理 (Rule-based Reasoning, RBR), 基于实例的推理 (Case-based Reasoning, CBR), 基于模型的推理 (Model-based Reasoning, MBR)。在注塑模具CAD系统中模架推理过程, 主要应用基于规则的推理 (RBR)。

1.3 工作软件的选择

目前流行的主流高、中端三维 CAD 软件很多, 如 UG II、CATIA、Pro-E、SolidEdge、SolidWorks 等, 选择空间很大。所有上述软件都提供了装配过程以及运动的干涉检查、模拟等功能, 以及系统二次开发工具。

SolidWorks 软件是基于造型的三维设计软件, 具有强大的三维建模、工程图绘制、动画制作、实物渲染等功能。它功能强大、操作简单, 是型腔模具设计极佳的三维设计工具软件, 尤其是它的 API 应用编程接口以及宏录制功能。宏记录的调用相当于在用户界面操作时, 对 API 函数的调用。通过记录宏和交互式执行任务, 可以在所需代码上获得命令和语法上的飞跃。此外 SolidWorks 支持 ActiveX Automation 技术、DLL 库文件以及 OLE 技术, 使用户对其二次开发更加方便。

1.4 开发语言的选择

Visual Basic 6.0 以其强大的功能、使用简单, 能在短时间内开发出高效的应用程序而成为 Windows 系统开发的主要编程语言。注塑模具 CAD 专家系统采用 Visual Basic 6.0 作为开发语言的重要原因: SolidWorks 支持使用 VB 开发的 DLL 库文件, 并且能以插件的方式与 SolidWorks 进行连接, 实现程序模块化设计。

2 专家系统的相关知识

专家系统是利用存储在计算机内的某一特定领域内人类专家的知识, 来解决过去需要人类专家才能解决的现实问题的计算机分析决策系统, 其核心问题是知识的获取。专家系统中存放专业知识的知识库和利用知识库解决问题的推理机, 二者缺一不可。

注塑模具 CAD 专家系统, 也是由知识库和推理机组成的 KBE 专家系统。知识库中不但有模具设计的一般性知识, 同时集中了众多专家的经验和建议。推理机中的推理算法应用知识库的知识进行查询设计。下面以注塑模具 CAD 系统中模架知识提取为例研究知识库的具体实现方法。

3 注塑模具设计知识的提炼和表达

专家系统中, 能否合理的总结和表示知识是关系到计算机推理效率和问题求解能力的关键。任何对设计对象知识的遗漏或者错误表达都将给设计带来困难。知识表示是为描述物体或现象所作的一组约定, 是将知识转换为能为计算机接受和易于处理的一种表现形式。目前机械设计智能系统经常使用的知识表示方式有规则表示、框架表示、语义网络表示、谓词逻辑表示、过程表示等^[4]。注塑模具模架推理选型过程中, 将应用基于规则表示。

3.1 模架的基本知识

根据使用和结构的特点, 模架通常分为 3 大系列: 大水口、小水口、简易小水口。目前国内外模架品牌很多, 比如: FUTABA、D-M-E、HascoMetric 以及德胜等。本文以中国塑料注射模中小型模架国家标准 (GB/T 12556.1-1990) 为例进行介绍 (图 1)。

国家标准规定将所有周界尺寸范围长×宽≤500mm×900mm 的模架定义为中小型模架, 其包含多种不同型式。

(1) 按结构特征分为基本型和派生型

①基本型分为 A1~A4 四个品种, 通常称作大水口模架系列。该型模架均由 A 板、B 板、C 板、定模固定板、动模固定板、顶出机构等组

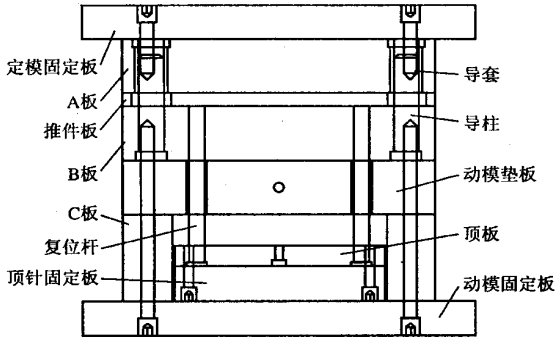


图1 国标中小型模架的结构

成。A1型为基本型；在A1型基础上增加动模垫板构成A2型；在A1型基础上增加推件板构成A3型；如果同时增加推件板、动模垫板，则构成A4型。

②派生型分为P1~P9九个品种，通常称为小水口或者简单小水口模架系列。在结构上，P1~P4型模架由基本型模架A1~A4型对应派生而成。结构型式的差别在于去掉了A1~A4型定模座板上的固定螺钉，使定模侧增加了一个分离面，适用于需二次开模的复杂塑件。P5型没有定模安装板。P6与P7、P8与P9是相互对应的结构。P7和P9相对于P6和P8去掉了定模座板上的固定螺钉。

(2)按导柱和导套的安装形式可分为正装(代号取Z)和反装(代号取F)两种。

(3)按动、定模座板的尺寸又可分为有肩和无肩两种^[5]。

3.2 确定模架的规格参数

选择注塑模具模架的规格型号，要确定模架类别型号如A1、A2等，模板的长×宽，导柱的安装形式以及A、B、C板的高度等。

3.2.1 模架类别型号的选择原则

注塑模具CAD系统中，按如下原则进行模架的选型：如果给定的塑件比较简单，使用A1型模架；对形状稍微复杂的零件可以考虑使用A2型模架；薄壁型零件，则尽量采用有推件板的A3型模架；对于垂直于分型面方向尺寸较大的塑件，则应采用A4型模架；如果塑件必须进行二次开模，才考虑选择派生系列的模架。对于有肩、无肩，

正装、反装的模架，如果没有特殊要求，都考虑用正装、有肩型模架。

3.2.2 模板的基本尺寸的决定

模架的类别型号确定以后，需要对模架的A、B、C板的规格尺寸进行确定，包括A、B板的长、宽、高和C板的高。其总体思路是：塑件尺寸确定后，给流道、水道、紧固螺栓、导柱、导套、型腔块、顶出行程等留出空间，初定模架A、B板的长、宽、高和C板高度；然后从国家标准模架中，按照“就近取大”原则，选取标准模架型号。其中A板的长和宽与B板的长和宽一般对应相等，所以只需确定其中一块板的长和宽。

表1 A板长度(Lenprt)设计表

塑件长 (Lenprt) 取值 范围	元素 型腔 数目 (Qtycav)	补流	补型	补螺	补导	初定	从标
		道设 计空 间量 (Sparun)	腔块 空间 量 (Spacav)	栓安 装空 间量 (Spabl)	柱安 装空 间量 (Spagud)	A板 的长 度 (LA _初)	准中 选取 LA
0~50	1	10	20	12	40		
	2	15	25	14	50		
	3	20	30	16	60		
	4	25	35	18	70		
		
50~150	1	40	30	16	40		
	2	50	40	20	50		
	3	65	50	24	60		
	4	85	70	30	75		
		
150以上	1	60	40	20	60		
	2	70	50	25	70		
	3	80	60	30	85		
	4	100	70	35	100		
		

(1) A板的长度确定方法如下(其型腔布局方式为直线型布局)：

①当型腔数目为偶数且不为2时，用以下公式初步确定A板长：

$$LA_{初} = Lenprt \times Qtycav / 2 + Sparun + Spacav + Spabl + Spagud \quad (1)$$

式中：LA_初——初算A板长度值

Lenprt ——塑件的长

Qtycav ——型腔数目

Sparun ——长度方向留给流道的空间

Spacav ——长度方向留给型腔块的安装空间

Spabl1 ——长度方向留给固定螺栓的安装空间

Spagud ——长度方向留给导柱导套的安装空间

当型腔数目为 2 时，

$$LA_{初} = Lenprt \times Qtycav + Sparun + Spacav + Spabl1 + Spagud \quad (2)$$

②当型腔数目为奇数时，则公式变为：

$$LA_{初} = Lenprt \times (Qtycav + 1) / 2 + Sparun + Spacav + Spabl1 + Spagud \quad (3)$$

(2) A 板的宽度用以下公式确定：

①当型腔数目为 ≤ 2 时，公式为

$$WA_{初} = Widprt + Sparun1 + Spacav1 + Spabl1 + Spagud1 \quad (4)$$

式中：WA_初 ——初算 A 板宽度值

Widprt ——塑件的宽

Sparun1 ——宽度方向留给流道的空间

Spacav1 ——宽度方向留给型腔块安装空间

Spabl1 ——宽度方向留给固定螺栓安装空间

Spagud1 ——宽度方向留给导柱导套安装空间

②当型腔数目为 ≥ 3 时，公式变为：

$$WA_{初} = Widprt \times 2 + Sparun1 + Spacav1 + Spabl1 \quad (5)$$

(3) A 板的高度按以下规则确定：

①当 A 板中的型腔座孔为盲孔时，

$$HigA = Higprt + Spacav2 + SpaA \quad (6)$$

式中：HigA —— A 板的高度

Higprt ——塑件的高

Spacav2 ——型腔块最薄处底厚

SpaA ——型腔座孔底厚

②当 A 板中的型腔座孔为通孔时，

$$HigA = Higprt + Spacav2 \quad (7)$$

(4) B 板高度确定按以下原则：

①当塑件为细长件时（规定：圆形底面，零件高/底面直径>3；非圆形底面，零件高/零件宽>

表 2 A 板长度(Lenprt)小型塑件参数表

ID	Qtycav	Sparun	Spacav	Spabl1	Spagud
1	1	10	20	12	40
2	2	15	25	14	50
3	3	20	30	16	60
4	4	25	35	18	70

3 的塑件为细长件)，

$$HigB = Higprt / 2 \quad (8)$$

②当塑件不为细长件，且 B 板中型芯座孔为盲孔时，

$$HigB = Higprt + (20 \sim 30) \text{mm} \quad (9)$$

当 B 板中型芯座孔为通孔时，

$$HigB = Higprt + (10 \sim 20) \text{mm} \quad (10)$$

表 3 A 板长度规则表 LAR

规则类名称 LAR (A 板长度规则)	
LAR1	IF 0 < Lenprt < 50 THEN Prt = MinLA
LAR2	IF 50 < Lenprt < 150 THEN Prt = MidLA
LAR3	IF 150 < Lenprt THEN Prt = MaxLA
LAR4	IF Qtycav/2 = 0 THEN LA _初 = Lenprt × Qtycav/2 + Sparun + Spacav + Spabl1 + Spagud
LAR5	IF Qtycav/2 ≠ 0 THEN LA _初 = Lenprt × (Qtycav+1)/2 + Sparun + Spacav + Spabl1 + Spagud
.....

(5) C 板高度限定了模具脱模行程。必须有足够的顶出行程，才能保证塑件顺利脱模。C 板高度的取定规则为：

$$HigC = Higprt + Fstp + Bstp + Hejp + (20 \sim 60) \text{mm} \quad (11)$$

式中：Fstp ——顶出机构的前限位高度

Bstp ——顶出机构的后限位高度

Hejp ——顶针固定板总厚度

3.3 基于规则表示在选型设计中的应用

3.3.1 基于规则表示方法概念

知识的规则表示形式^[6]为：“IF (Condition is satisfied) THEN (action)”，是以“如果这样条件满足，则采用这些行动”的形式表示知识的语句。

模架选型中，最主要的就是 A、B 和 C 板的尺寸计算选择，所以首先总结 A、B 和 C 板尺寸的设计规则，整理成 VB 能够识别的 Access 表格，供推理机调用其数据，完成模架的选型设计。其中尺寸的选择中，以 A 板最为代表性，所以本文

以 A 板长度尺寸设计计算为例进行介绍。

3.3.2 A 板尺寸的确定规则

在设计过程中，确定了A板的长 (LenA)、宽 (WidA)、高 (HigA)，即可确定模架的A板总体尺寸。对相应尺寸的A板立体模型，做出型腔块、固定螺栓、流道（主流道、横流道）、冷却水道，以及必需的侧抽芯等结构模型，然后应用布尔减运算，从A板中切除型腔块、流道等，形成A板的空穴腔，完成注塑模具A板的3D设计过程。

A板尺寸的确定需要考虑很多因素，比如塑件尺寸、型腔数目、型腔块尺寸、流道尺寸、紧固螺栓的安装位置和数量等。要充分考虑上述元素，留出足够的空间余量进行A板设计。A板长度的设计规则知识总结表如表1所示。将这些数据录入Access中，成为推理机能够识别的数据类型（表2），供推理机查询选取。注塑模具CAD专家系统中把上述表格分为三种情况：0 < Lenprt < 50 时，为小型塑件；50 < Lenprt < 150 时，为中型塑件；Lenprt > 150 时，为大型塑件。于是A板长度的设计规则如表3所示（其中MinLA表示小型塑件，MidLA表示中型塑件，MaxLA表示大型塑件）。

注塑模具CAD专家系统用公式（1）、（2）或者公式（3）自动计算出A板的初始长度，按“就近取大”原则，在标准数据库（如表4所示）中选择模架A板的长度尺寸。

按照如此方法可以分别生成相应的A板宽度 (WidA)、高度 (HigA)，B板高度 (HigB) 以及C板高度 (HigC) 的设计表、参数表、规则表，以备推理机调用。

表4 国家标准模架型号数据表

型号	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	R1
100L	160	100	80	70	58	45	30	18
125L	180	125	100	95	73	60	40	18
160L	200	160	128	122	94	80	64	24
180L	250	180	148	142	14	100	80	24
200L	250	200	160	156	118	100	80	28

3.4 实体库的制作

系统中采用 SolidWorks 制作的模具三维实

体，包括模架、浇口套、流道等等，装配体中的组件都是对实体库中的相应模型的引用。实体模型都采用参数化设计技术，当零件模型发生变化时，装配体模型也随之发生变化。

4 实例与结论

上述分析模型与思路应用在专家系统中，并验证理论的可靠性。以某种型号手机的面壳（图2）为例：其基本尺寸参数分别为：长100mm，宽30mm，高10mm。产品产量定为大批量生产。将其输入注塑模具CAD专家系统中，经过推导得出的结果为：选用国家标准的中小型模架，采用一模四腔结构，模架的规格型号为：A3-400560-19-F2 GB/T12556-1990。经过多个实例验证，注塑模具CAD专家系统模架选型设计理论正确，选型结果合理。

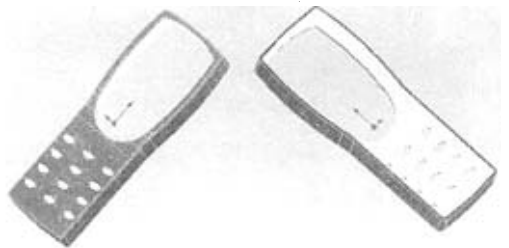


图2 手机面壳立体模型

参考文献：

- [1] 吴信东, 邹燕. 专家系统技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [2] 江洪, 魏峥, 王涛威等. SolidWorks二次开发实例解析[M]. 机械工业出版社, 2004.
- [3] 陈惠贤, 葛庆安等. KBE技术在成形刀具设计制造中的应用[J]. 机械与电子, 2004, (3): 66-67.
- [4] 李凯岭, 张月蓉. 基于KBS的注塑模具CAD技术的研究[J]. 模具技术, 2004, (3): 3-6.
- [5] 李德群, 唐志玉. 中国模具设计大典[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2003.
- [6] 王克宏, 汤志忠, 胡蓬. 知识工程与知识处理系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.