

三维非规则曲面注塑模的CAD/CAM

秦 斐

(上海照相机总厂)

摘要 CAD/CAM技术正在各个工业领域得到广泛的应用。本文以照相机注塑模为例,对计算机辅助设计、计算机辅助分析和计算机辅助制造全过程的流程、原理及其应用进行了初步探讨。

一、前 言

近十年来, CAD/CAM 技术逐步地在各个工业领域中得到广泛应用,并开始从观念上改变沿用了百余年的传统设计方式和加工制造方式。同时各种满足人体生理条件的复杂外形照相机不断地推向市场。此类相机的外型越来越多地采用了三维非规则曲面(例如:为抓握方便而将相机握手部分的形状制成与人的拇指部相吻合的曲面)。这种曲面在任一方向上的任一部位剖切后,都得不到相同的剖视图,这就给传统的设计、制造方式带来了极大的困难。为此,我厂在APOLLO DN-3500和DN-4500工作站上运用UNIGRAPHICS II软件对此类三维非规则曲面注塑模进行了造型设计、模拟注塑流动分析和刀路轨迹的计算机辅助生成。并成功地以软盘为介质实施了NC联机加工,制成了模具。在此基础上,进行了钳修和补充加工以及其他镶块、抽芯、模架等制作,实现了合模、试压,产出了零件,并装上了相机。我们首次将CAD/CAE/CAM技术全面应用到注塑模的设计制造中,本文将以一个实例阐明这一过程,并对CAD/CAE/CAM系统在三维非规则曲面注塑模中的应用进行初步的探讨。

二、产品的结构特点与模具工艺

(一) 产品的结构特点

AF RIVA35相机前盖(以下简称前盖)和DF-300相机后盖(以下简称后盖),同是由三维非规则曲面构成的注塑件。从前盖示意图1和后盖示意图2可见有如下几个特点:

1. 曲面构造复杂。前盖横向中心剖切图3计有三个 $R10$,二个 $R20$,三个 $R40$,一个 $R80$ 和一个 $R720$ 弧线连成,且另有 $R0.5$ 、 $R3.5\sim R8$ 等多条过渡曲线。这些曲线将在纵向中心剖块图4的 $R40$ 、 $R80$ 、 $R100$ 、 $R320$ 等弧线上延伸成多个相交曲面,而这些曲面的过渡,则由图3中的过渡曲线沿图4中的 $R3$ 、 $R4$ 、 $R5$ 等弧线形成的小曲而来完成。

2. 精度要求高。由于前盖、后盖与整机装配有密切联系,且其凹面的形状又与内装零部件的位置有关,因此尺寸精度与形状精度要求均很高。

3. 结构多、空间小。象后盖内腔密布加强筋,造成空间狭小,给模具结构(如顶出杆)

短流道，在左侧内壁设定进料口，达到流料平稳，压力损失少的目的。型腔用粗、细二道电极放电加工成型，有配合要求的成型面则采用慢走丝线切割加工。同时使用镶嵌式型芯，便于加工及易损件调换。

三、注塑模的计算机辅助设计

(一) UG II 系统的功能

UG II 的设计和绘图软件具有线框模型、曲面模型、实体模型等造型模块以及基本与国标一致的一系列绘图功能，可供设计人员进行二维或三维的造型。并有平移、旋转、缩放等手段使设计者可从不同方位观察、比较、验证所建模型图形的正确性。尤其是曲面模型中所提供的几何元素类型，对三维非规则曲面的构造带来很大的方便。例如：延展柱面、控制曲面及雕塑面等。

(二) CAD 的流程及应用

图 5 给出了前盖与后盖的注塑模 CAD

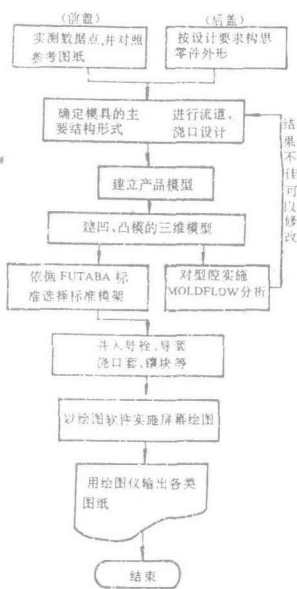


图 5

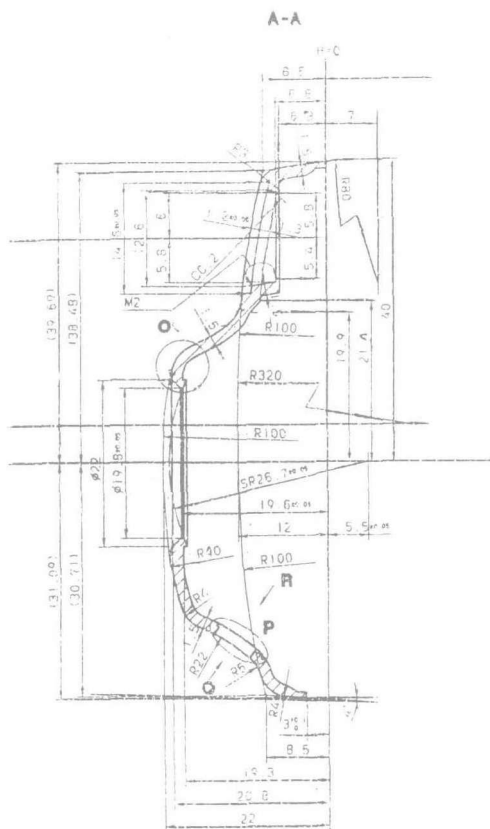


图 4

主要流程（并考虑到了 CAE 的内容）。由于前盖是仿制设计（有实样），后盖是改形设计（有匹配要求），故起始步骤不尽相同，但首先的目标都是建立起产品模型。常用的方法是由线框造型得到框架图，进而采用曲面生成功能来构造三维曲面模型。（图 6 是前盖的线框图，图 7 是完成复面的前、后盖曲面图）。

此类曲面在造型过程中均需经过修剪、编辑和倒角等整理，以求得准确、光滑的曲面模型。这不仅是实现观察的需要，对有图纸造型的产品而言，也是复验配合尺寸的必要步骤。但是，此类经过整修的曲面对后续走刀加工（即 CAM）的工艺性来说，却并非适当的。因为刀路轨迹的生成往往是以原始边界为依据的，同时全连续曲面的刀路编程必然是十分复杂而冗长的。加上过多的拐点，造成差错的可能性大大增加。若以整

修后的曲面来作刀路轨迹的设计基础模型，必定会产生大量的扎刀干涉现象，有些甚至是无法消除的。为此，常在此类曲面基础上更新或恢复一些边界延伸的曲面（参见图8），以作为CAM的设计基础模型。

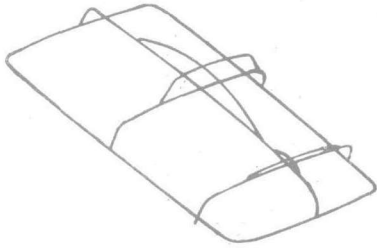


图 6

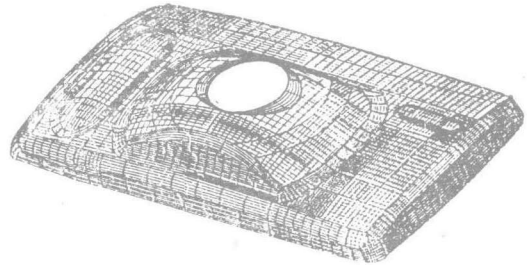


图 7 (上、下)

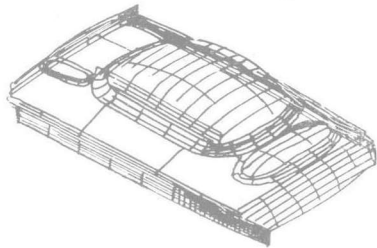
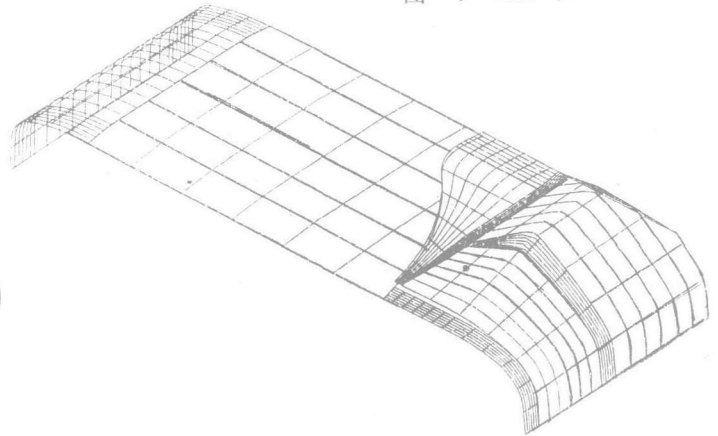


图 8



完成产品模型的设计之后，理想的状态是由计算机计入塑料的收缩率及产品尺寸公差值，自动将产品模型转换成凹凸型腔模。UG II的造型功能中也确实具有类似的补偿功能，但实际上模型的变换是非线性的，现有的CAD/CAM系统也未见有此非线性变换的补偿方法报道。因此，往往是以人工换算出的凹凸型腔尺寸来再次造模。这样完成的模型便可输出各向视图及各种剖面、剖视图（参见图9），同时也成为CAM数控加工编程的基础模型。

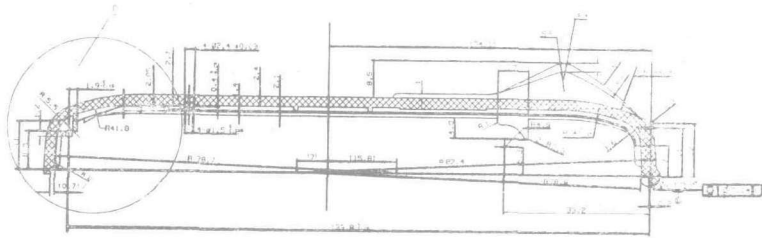


图 9

四、MOLDFLOW 的原理与流程

（一）流动分析的原理

对特定的模具结构设计模型进行分析的目的，是要通过模拟充模过程中的塑料流动状况来优化流动场，以求达到充模后模腔内塑料的最佳应力分布和温度分布状态。MOLDFL-

OW的基本原理是有限元分析。充模过程中型腔各点处的塑料温度是不相同的，相应的粘度系数也是变化的，MOLDFLOW 软件把粘度系数矩阵替代了原来有限元分析中的刚度矩阵。为了确定各点处的温度，必须了解塑料在型腔中的流动状态，而整个充模过程又可分为三个阶段：充模阶段、增压阶段和补偿阶段。融熔状态下的塑料具有气体的可压缩性，充

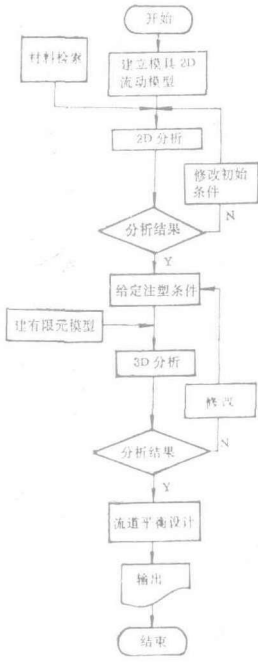


图 10

模过程中的内应力来自于塑料流动过程中凝固层与流动层之间产生的剪应力。剪应力差越大，产生的剩余压力也越大，塑料成型体出模后的翘曲变形也就越大。MOLDFLOW软件根据给定的模具温度、料筒内塑料的温度和三个阶段的注塑时间总和，由各个浇口的流量比来确定注塑压力。其分析结果由数表或图形方式提供。图形包括等温度场图、等时间场图、等压力场图及等剪应力场图等（参见图 11）。

(二) MOLDFLOW 的分析方法

依据模具设计中遇到的各种实际情况，MOLDFLOW可进行四种不同方式的充模过程分析：

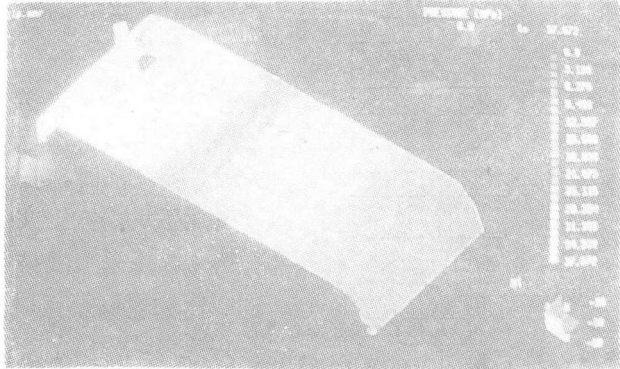
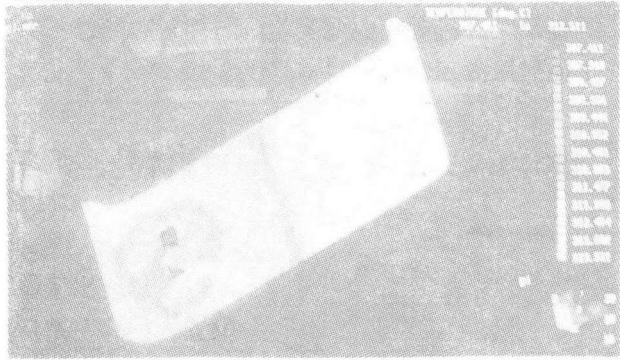
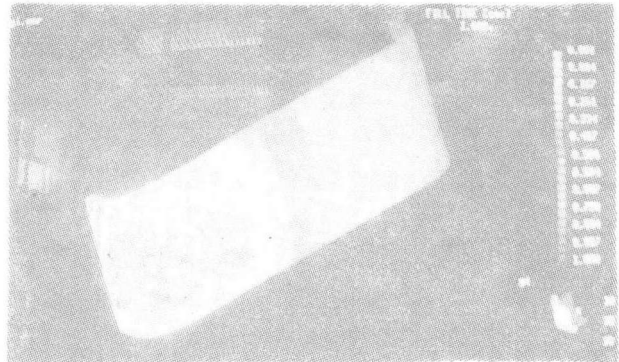


图 11

1. 当模具结构初定时，可用其进行注塑条件的优化，即合理选定充填时间、充模压力及塑料温度等。
2. 仅定浇口位置时，可用其进行流道系统的平衡设计。
3. 通过调整浇口位置、数量来优化型腔内塑料的流动场。
4. 用修改型腔的内部结构（如调整壁厚、增删加强筋）来优化型腔内塑料的流动场。

分析的方法分为二类：二维分析和三维分析。二维分析以流动模型为基础，对型腔内几条有代表性的流动路径加以描述，可近似整个型腔的流动特性。其优点是流动模型简单，分析速度快，但需要正确选取流动路径，否则会对分析结果产生较大影响。三维分析是依据型腔的有限元模型进行充模流动分析，它无需过多的假设，用图形来显示分析结果的优劣。但三维分析工作量大，速度慢。设计人员可依据二种方法的分析结果来修改模具结构方案，再重新分析，直到满意为止。

对一模多腔或单腔多浇口的模具结构而言，为了达到充填时间、温度、压力的最佳状态，先用二维分析来初步确定经优化的注塑条件，再供三维分析作基础是很必要的。但对于一模一腔且是单点浇口的模具而言，由在选定注塑机后可初定充模压力，并可从数据库中取得塑料温度后，仅只一个关键变量——充填时间须加以确定，若设计人员有较丰富的注塑经验，也可直接进入三维分析，同样可以取得较佳的分析结果。

(三) MOLDFLOW 的分析流程及实例

图10给出了注塑模流动分析的流程框图。图11是后盖的有限元网格及三维分析结果的输出等量场图。该产品注塑参数如下：

- 材料：PC500（20%玻纤增强的聚碳酸酯）
- 模温：100℃，塑料进入主流道温度：310℃
- 充模时间：1s塑料进入型腔温度：310.3~311℃
- 充模完成瞬时腔内温度差：9.8℃（307.8~317.6℃）。
- 注射压力：226.4MPa。合模力：160t

五、计算机辅助制造的流程与应用

(一) CAM 的流程



图 12

图12给出了CAM 走刀编程的流程框图。其中的“切削位置源程序”是后置处理的输入形式，它按零件加工的全过程将各种必要的信息有序地排列在一起，通常是先出现首码，然后是刀位，最后是尾码。这些代码指的是：识别零件的信息。识别后置处理的信息、控制加工的辅助功能信息、控制加工的工艺参数信息以及为后置处理本身所提供的信息等。与此同时，在模型上生成了刀路轨迹，经过后置处理便生成了机器数据文件。这一过程所产生的是NC 机床的加工指令，以采用纸带或软盘为数据传递的介质，直接进入数控机床的控制箱实现NC加工（也可通过电缆实现数据传递来实施NC加工）。

(二) CAM的应用

从CAD到CAM, 不仅仅是一个数据的传递问题, 它涉及到CAD、CAE过程中的一系列设计、分析、编程的正确性与适用性。也就是说, 仅仅正确还不够, 还必须针对具体的加工机床具备适用性。它包括所用机床的代码和格式要与后置处理文件格式一致; 机床所允许采用的刀具也应与所设定的刀具一致等等。以后盖加工为例: 在 HERMLE720H铣床上, 接收指令G代码只能使用G17 (即 $x y$ 平面中的圆弧插补功能), 但因为模型曲面复杂、在刀路轨迹的生成中必然会要求进行G18 (xz 平面的圆弧插补) 与G19 (yz 平面的圆弧插补)。这样, 在上述二个平面中只能以线性插补来替代。此时所设定的刀路步进量便成为关键参数过大, 插补时便会产生过切现象。并且, 步进量还应与进刀量有一个恰当的匹配比例。此外, 屏幕显示的刀路 (见图13) 是刀具中心点的轨迹, 但实际切削点并不位于刀具中心, 这就产生了刀具半径补偿问题。

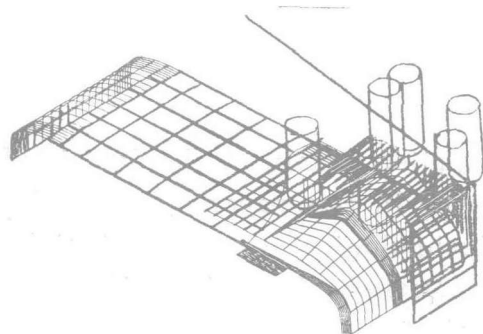


图 13

由于刀位是根据模型的几何数据求出的, 但又脱离了模型, 此时仅是刀具运动的包络线才构成模型的几何外型。而一般 APT 文件只输出单条轨迹, 所以这一误差往往就会在屏幕显示无干涉的情况下, 产生切削过程中的扎刀现象。因此小半径过渡曲面的切削中尤其要注意半径补偿问题, 可切削硬塑料或有机玻璃的试切削是一个简单有效的方法。

为保证模具精度, 此类加工均宜采用粗细二道 (电极也用二只)。加工中可先用平刀切除大量多余材料, 以提高效率, 再用球刀切削并留下均匀余量。精加工时视需要还得选用角度刀, 采用低转速、小进给量来清根。由于曲面的尺寸精度和光洁度要求较高, 在各曲面切削时都采用较密的行距。同时为使刀具磨损合理, 常将长编程轨迹分开加工表1所列即为后盖电极NC的刀具参数与工艺参数。

表 1

参数名称	刀类	加工阶段				主轴转速: (粗、中加工) 1000rPm (精加工) 1500rPm
		粗加工 (平刀)	粗加工 (圆刀)	中加工 (圆刀)	精加工 (圆刀)	
刀直径		10mm	10mm	8mm	6mm	对刀转速: 1000rPm
球半径		0mm	5mm	4mm	3mm	
刀长		40mm	40mm	40mm	40mm	接近刀速: 50rPm
刃长		5mm	5mm	4mm	3mm	切削刀速: 200rPm
进刀定义 (Z OFF)		-939	-939	-939	-939	提刀转速: 50rPm
刃数		2	2	2	2	回刀转速: 500rPm
Z OFF为UG II定义, 与z轴无关						步距刀速: 100rPm

六、结 束 语

CAD/CAM技术在各个工业领域中的应用正方兴未艾, 显然尚有许多难点、疑点有待探讨, 但却已经显示了强大的功能和显著的优越性, 除了本文已述及的为三维非规则曲面注

塑模的设计、制造提供了有效手段外，必将会以不可避免之势扩展到产品的设计、制造中去。CAD/CAM已经创造了巨大的社会效益和显著的经济效益，仅以上述所举后盖为例，以塑代金后，每只后盖节约的价值是25.48元，如以年产十万架计，仅此一项即可降低成本254.8万元。

CAD/CAM of Plastic Mold for 3-D Anomalous Surface

Qin Fei

Abstract

The CAD/CAM techniques are applied widely in the domain of every industries, It has been discribed in this paper by examples of camera's plastic mold, that are technological process, principles and applications of Computer Aided Design, Computer Aided Analyses and Computer Aided Manufacturing.