

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2025.02.016

注塑模具浇注系统的快速设计系统开发

郝俊珂, 安东海, 马丙闯

(昌吉学院物理与材料科学学院, 新疆昌吉 831100)

摘要: 浇注系统是注塑模具中必不可少的一部分,设计过程需要考虑多方面的因素,如塑件壁厚、材质等。传统设计方法耗时、易出错,且优化修改过程复杂。借助于 Visual studio 和 UG NX 软件,结合浇注系统设计流程,研发了浇注系统的快速设计系统。该系统通过采用参数计算集成模块、规则推理技术、特征判断、两点建模法关键技术来实现。参数计算集成模块将浇注系统所用到的计算公式进行集成,大大节约了前期的计算时间;规则推理技术将设计师的经验融入设计过程之中,在一定程度上实现了智能化设计;特征判断浇注系统的几何特征,能够快速选择代码设计的操作函数类型。两点建模法只需指定两点的位置即可确定出主流道、分流道、浇口的建模轴向和长度,能够适用大部分类型和规格的注塑模具结构。这些关键技术通过设计对话框、菜单条、工具条,编程代码驱动动态链接库运行,完成建模。最后,以具体的实例展示了浇注系统的设计过程。结果表明,设计的注塑模具浇注系统提升了设计研发人员的建模速度,节约了前期的模具研发时间。

关键词: 注塑模具; 模具设计; 浇注系统; UG/OPEN 二次开发; 快速设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2025)02-0118-08

Rapid design system development for injection mould feed system

HAO Junke, AN Donghai, MA Bingchuang

(School of Physics and Materials Science, Changji University, Changji 831100, China)

Abstract : The feed system is an essential part of injection moulds, and its design process needs to consider multiple factors, such as the thickness and material of the plastic parts. Traditional design methods are time-consuming, error prone, and the optimization and modification process is complex. With the help of Visual studio and UG NX software, combined with the design process of the feed system, a rapid design system for the feed system was developed. The system was implemented through key technologies such as parameter calculation integration module, rule inference technology, feature judgment, and two-point modeling. The parameter calculation integration module integrates calculation formulas used in the feed system greatly saved the calculation time in the early stage. Rule based reasoning technology integrated the experience of designers into the design process, achieving intelligent design to a certain extent. Feature determined the geometric features of feed system and quickly selected the type of operation function for code design. The two-point modeling method only requires specifying the positions of two points to determine the modeling axis and length of the sprue, runner, and gate, which can be applied to most types and specifications of injection mould structures. These key technologies completed modeling by designing dialog boxes, menu bars, and toolbars, programming code to drive dynamic link libraries to run. Finally, the design process of the feed system was demonstrated with specific examples. The results show that the designed injection mould gating system improve the modeling speed of design and development personnel, saving early mould development time.

Keywords : injection mould ; mould design ; feed system ; UG/OPEN secondary development ; rapid design

浇注系统是注塑模具中重要的组成部分,它能使塑料熔体平稳而有序地填充到型腔中,获得组

织致密、外形轮廓清晰的塑件^[1]。因此,浇注系统的结构设计直接关系到塑件的最终质量。在模具设

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2021D01C005)

通信作者: 安东海, 博士研究生, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为材料加工成形

收稿日期: 2024-12-10

引用格式: 郝俊珂, 安东海, 马丙闯. 注塑模具浇注系统的快速设计系统开发[J]. 工程塑料应用, 2025, 53(2): 118-125.

HAO Junke, AN Donghai, MA Bingchuang. Rapid design system development for injection mould feed system[J]. Engineering Plastics Application, 2025, 53(2): 118-125.

计环节中,通常采用特征建模的方式进行浇注系统的设计。这种基于传统的建模方式存在的主要问题是效率低,不能满足现代化的快速建模的需要。在《中国制造2025》中指出要推进制造过程智能化、数字化,计算机辅助制造技术是实现数字化制造业的重要一环^[2-4]。UG, Solidworks, Pro/E等三维建模软件都开放了软件开发接口,为实现零件快速集成式建模提供了实施路径^[5-7]。

国内外学者对注塑模具的二次开发系统进行了相关研究。Wang等^[8]基于UG二次开发系统设计了一种基于实体法的自动分型设计算法,设计了一套注塑模具的型芯型腔自动分型系统。Özek等^[9]结合Solidworks软件的二次开发功能,采用神经网络智能化技术,计算并预测塑件在注塑过程中的缺陷。王静^[10]采用几何推理、深度学习与规则推理、特征识别、知识库管理等技术,对型腔结构、模架结构、顶出结构、冷却系统进行了智能设计,优化注塑模具设计流程。以上各系统,最终都提高了注塑模具的设计效率。

但是在注塑模具浇注系统研究方面,国内外学者的专门针对性研究较少。当前,针对浇注系统的二次开发系统研究主要集中在两方面。一方面是快速建模的二次开发技术。周慧兰等^[11]采用UG/Open二次开发工具完成热流道喷嘴快速设计系统,该系统将喷嘴作为整体特征进行参数化设计,大大提升了设计效率。但该套系统并未涉及冷流道的浇注系统设计。韩雅娟^[12]基于AutoCAD平台,实现浇注系统的智能化建模。与专门化的三维建模软件相比,软件建模能力受到一定限制。张作胜等^[13-14]将UG/Open UG/Journaling技术相结合,基于VB.NET平台编程,设计了一套注塑模具的浇注系统。其设计思路与市场现有的燕秀工具箱设计思路基本一致。该系统功能集中在建模上,操作界面较为复杂,不易实现模型的修改。另一方面是与CAE相结合的二次开发技术,注重注塑工艺的改善,不涉及浇注系统的建模速度提升。沈春华^[15]基于有限元分析软件Moldflow,开发了注射模具浇注智能化设计系统,可对浇注系统的浇口类型、位置、大小和流道系统进行智能化设计。王波等^[16]将数值模拟技术与遗传算法相结合,基于AMI软件二次开发技术,开发了注塑模具浇注系统的优化设计方案。该套系统为合理选择流道系统参数提供合理

的工艺参数值,包括符合翘曲量、熔接线、用料要求等的工艺方案。

在注塑模具浇注系统设计过程中,要求模具设计人员拥有丰富的经验知识。目前针对注塑模具浇注系统的快速设计研究基本实现了自动化、智能化设计,实现结构的创新性设计。而对现有注塑模具浇注系统设计经验性总结较少,导致模具设计质量差异较大。

笔者借助UG二次开发平台UG/OPEN,开发一套注塑模具浇注系统的快速设计系统。该系统结合参数计算模块、规则推理技术,通过总结现有设计经验,提高设计质量;采用两点建模法实现模型的快速建模与快速修改。该系统为现有注塑模具浇注系统设计的提供了一个新的思路。

1 UG NX二次开发简介

设计平台选用UG NX 12.0,二次开发工具包括UG/OPEN API, UG/OPEN Menu Script, UG/OPEN UIStyler^[17-19],程序代码设计采用Visual studio 2017。

UG/OPEN API是UG与外部程序之间的接口,它提供的是一系列函数与过程的集合^[20]。通过编译C程序实现调用函数,从而达到实现用户化的需求。在使用时,需要通过编译形成动态链接库*.dll文件实现所需功能。

UG/OPEN Menu Script是UG提供定制菜单的专用模块。目前有两种方法可以实现菜单的用户化:第一种是重新生成,并替换UG标准菜单;第二种是对标准UG菜单进行编辑。

UG/OPEN UIStyler是开发UG对话框的可视化工具。此工具可以避免复杂的图形用户接口编程,利用对话框中基本控件的组合生成不同的对话框,实现开发与用户的交互操作。

2 浇注系统二次开发方法

浇注系统由主流道、分流道、浇口、冷料穴四部分组成。其中,冷料穴的外形是由顶杆部分来决定的。因此,浇注系统的二次开发包括主流道、分流道、浇口的快速设计系统,如图1所示。

2.1 关键参数计算

2.1.1 主流道

主流道是连接注塑机喷嘴和分流道的一段通道。主流道的作用由标准件浇口套来完成。其结构形式主要有3种:A型、B型、C型,如图2所示。

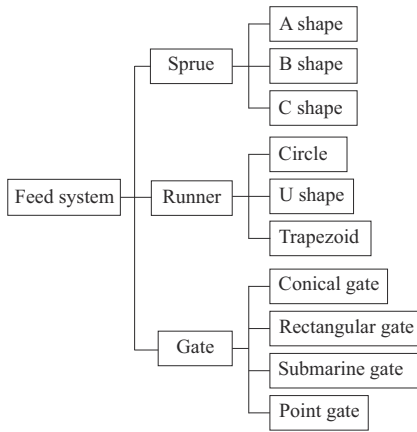


图1 浇注系统组成及类型

Fig. 1 Composition and type of feed system

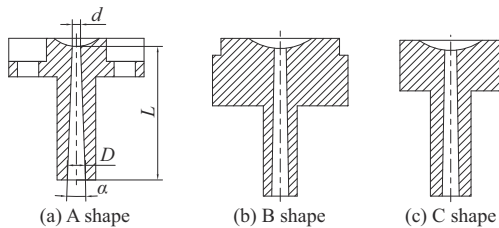


图2 浇口套结构类型

Fig. 2 Sprue bush structure type

主流道中锥角、直径、长度的关系可用式(1)表示。

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = (D - d)/2L \quad (1)$$

式中: α 为圆锥角度; D 为主流道大端直径; d 为主流道小端直径; L 为主流道长度。

2.1.2 分流道

分流道用于连接主流道与浇口,用于熔融流体的分流和转向控制。根据分流道的截面形状,分为3种类型:圆形、U形、梯形,如图3所示。

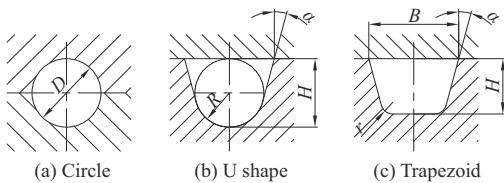


图3 分流道横截面形状

Fig. 3 Cross section shape of runner

确定分流道截面尺寸可以用流道当量直径进行计算:

$$D = 0.265 4 \sqrt{m} \sqrt[4]{L} \quad (2)$$

U形: $R=0.459D, H=2R$

梯形: $H=0.76D, B=1.14D$

式中: D 为分流道的当量直径; m 为流经分流道的熔体质量; R 为U形流道的半径; L 为分流道的长度; H 为梯形流道高度; B 为梯形流道宽度。

2.1.3 浇口

浇口是连接流道和型腔之间的一段短细通道,用于使塑料熔体快速充型,并且快速封闭浇口。本次二次开发设计中,设计的浇口类型有四种:点浇口、潜伏浇口、矩形浇口、圆锥形浇口,如图4所示。

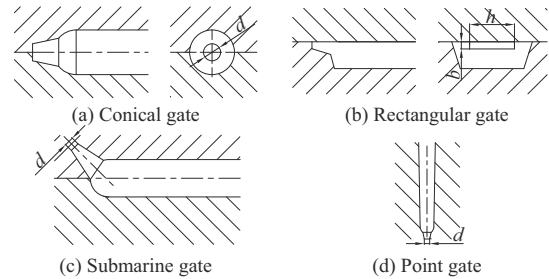


图4 浇口类型

Fig. 4 Gate type

浇口的尺寸与塑件壁厚、塑料种类有关。圆锥形浇口、潜伏浇口、点浇口的浇口直径见式(3)。

$$d = nk \sqrt[4]{A} \quad (3)$$

式中: d 为浇口直径; k 为系数,塑件壁厚的函数; $k = 0.206 \sqrt{t}$, t 为塑件厚度; n 为塑料成型系数,通常聚乙烯(PE)、聚苯乙烯(PS)的 n 为0.6;丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)、尼龙(PA)、聚丙烯(PP)的 n 为0.7。

矩形浇口的尺寸见式(4)和式(5)。

$$h = nt \quad (4)$$

$$b = \frac{n \sqrt{A}}{30} \quad (5)$$

式中: h 为浇口深度; t 为塑件厚度; b 为浇口宽度; A 为型腔表面积。

2.2 设计思路

为实现基于UG二次开发的浇注系统快速设计,其设计思路如图5的流程所示:①分析模具结构,找到分型面,确定浇注系统的设计位置;②依据塑件结构设计浇注系统,判断系统各部分的结构类型;③将2.1节的计算公式集成至参数计算模块之中,用户输入设计参数值,参数计算集成模块将返回浇注系统的几何参数值;④返回的几何参数用于浇注系统建模的输入值,并编写程序代码实现三维建模;⑤建模完成后,检查零件之间是否产生干涉。如果没有干涉,则完成模具的浇注系统建模;如果产生干涉,则重新对浇注系统进行分析。

2.3 浇注系统关键技术

2.3.1 参数计算集成模块

浇注系统各部分尺寸计算对于确定几何模型

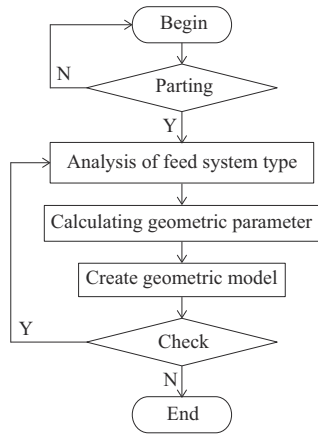


图5 浇注系统开发设计思路

Fig. 5 Design ideas for development of feed system

是必不可少的步骤,将前述部分计算公式集成为模块。输入参数的值,计算出需要的数据。与传统的建模方法相比,减少了系统分段计算的时间。

2.3.2 规则推理技术

在进行浇口类型选择时,需要全面考虑各方面因素。与常规设计方法中依赖设计者经验相比,在快速设计系统中,采用基于规则推理技术,将设计者的经验融入流程之中,即使是经验缺乏的设计师也可以快速完成浇注系统的设计工作,使系统具有智能设计功能。其中浇口类型需要根据模具结构、型腔结构、塑件材料等多方面因素考虑,这些知识可以用以下规则总结出:

如果模架结构为两板模,单型腔,不能自动脱料,那么选择浇口类型:直浇口;如果模架结构为两板模,多型腔,不能自动脱料,那么选择浇口类型:侧浇口;如果模架结构为两板模,多型腔,自动脱料,那么选择浇口类型:潜伏浇口;如果模架结构为三板模,多型腔,不能自动脱料,那么选择浇口类

型:点浇口。

2.3.3 特征判断

特征是指某一领域具有特定意义的可表达的实体或抽象体^[21]。用于完整描述建模的特征包括形状特征、精度特征、材料特征、技术特征、管理特征。其中形状特征是在进行二次开发过程中必须考虑的因素,分为主形状特征和辅形状特征。主形状特征用于确定整体结构外形,辅形状特征表示建模方法。

浇注系统主要由三个部分组成:主流道、分流道、浇口。每部分又包含了不同结构类型,因此,浇注系统类型的几何外形是多变的。如图6所示,分别对主流道、分流道、浇口的几何特征进行分析,结果表明:浇注系统的主形状特征都是规则的几何特征,辅形状特征采用6种常见的建模方式实现,且建模方式相互重叠。根据特征的分析,二次开发过程中用到的操作函数主要有7种,见表1。

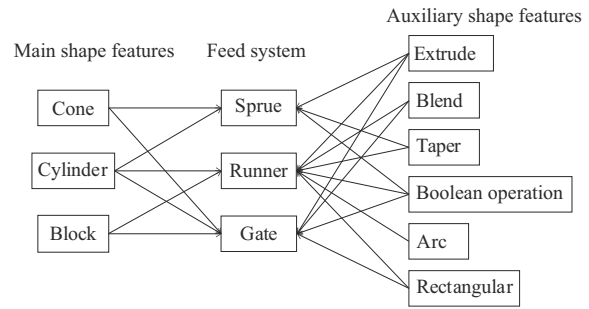


图6 浇注系统的几何特征

Fig. 6 Geometric features of feed system

根据浇注系统各部分特征,选择相应操作函数后编写程序。依靠.dll文件实现用户对话框与程序的动态链接,生成三维模型。进行布尔运算后,得到注塑模具上模板和下模板,用于后续加工制造。

表1 浇注系统建模主要函数及参数

Tab. 1 Main functions and parameters of feed system modeling

Functions	Parameters	Applications
UF_CURVE_create_line	UF_CURVE_line_p_t L, tag_t * line	Sprue, runner, gate
UF_CURVE_create_arc_3point	Tag_t point1, tag_t point2, tag_t point3, UF_CURVE_limit_p_t limit_p[2], tag_t support_plane, logical is_asso, tag_p_t arc_feature_id	Trapezoid runner, circle runner, U-shaped runner
UF_MODL_create_cylinder	UF_FEATURE_SIGN sign, tag_t targ_tag, double origin[3], char * height, char * diam, double direction[3], tag_t * cyl_tag	Sprue, circle runner
UF_MODL_create_extruded2	Uf_list_p_t objects, char * taper_angle, char * limit[2], double point[3], double direction[3], UF_FEATURE_SIGN sign, uf_list_p_t * features	Trapezoid runner, U-shaped runner, rectangular gate
UF_MODL_create_taper_from_tangent_faces	Tag_t direction_tag, char * angle_str, logical taper_all_instances, int num_faces, tag_t faces [], tag_t * feature_eid	U-shaped runner
UF_MODL_create_cone1	UF_FEATURE_SIGN sign, double origin [3], char * height, char * diam [2], double direction [3], tag_t * cone_obj_id	Sprue, conical gate, point gate, submarine gate
UF_MODL_create_blend	Const char * radius, uf_list_p_t edge_list, int smooth_overflow, int cliff_overflow, int notch_overflow, double vrb_tool, tag_t * feature_obj_id	Trapezoid runner, U-shaped runner, point gate

2.3.4 两点建模法

浇注系统的建模采用两点建模法,并结合参数化建模的方法。设计思路为:①输入参数值,确定零件的几何外形;②在分型面上指定两个点,从起点至终点的方向可以作为建模的矢量方向,两点的距离可以作为模型的长度值;③编写代码建模,通过这种建模方式,可以实现任意方向的建模。这使得模型方向不仅仅局限在x轴或者y轴方向上,使浇注系统的设计更加灵活。同时,传统设计中需要多次倒角、拔模、拉伸才能完成的建模过程,集成在同一模块中,提升了设计效率。图7以圆形流道建模过程为例,简述了两点建模法的应用过程。

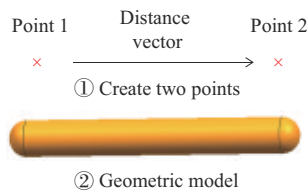


图7 两点建模法过程

Fig. 7 Two point modeling process

两点建模法操作函数的代码设计过程:首先需要获得两点的坐标,获取坐标点的函数为:Point3d point = point0->GetProperties()->GetPoint("Point");然后创建起点至终点的向量,函数为UF_VEC3_sub;获取起点至终点的距离,函数UF_VEC3_distance。下面对建模过程中用到的部分源程序进行简介。第一部分源程序创建圆柱,第二部分源程序创建拉伸。

//获取选择的点

```
Point3d pos1=point0->GetProperties()->GetPoint("Point");
```

//获取选择的点

```
Point3d pos2=point01->GetProperties()->GetPoint("Point");
```

//两个点转化为一个向量

```
double pointpos1[3]={pos1.X,pos1.Y,pos1.Z};
```

```
double pointpos2[3]={pos2.X,pos2.Y,pos2.Z};
```

```
double vec_diff[3];
```

```
UF_VEC3_sub(pointpos2,pointpos1,vec_diff);
```

//通过向量获取一个平移的矩阵

```
double origin[3]={pos1.X,pos1.Y,pos1.Z};
```

```
double distance;
```

```
UF_VEC3_distance(pointpos1, pointpos2, &distance);
```

//创建圆柱

```
ostringstream str; //转为字符串形式
```

```
str<<distance; //赋值
```

```
string newdistance=str.str(); //转为字符串
```

```
char *height=const_cast<char*>(newdistance.
```

```
c_str());
```

```
double dia =double0->Value();
```

```
ostringstream strdia;
```

```
strdia<<dia;
```

```
string newdia=strdia.str();
```

```
char*diam=const_cast<char*>(newdia.c_str());
```

```
tag_t cyl_tag;
```

```
UF_MODL_create_cylinder(UF_NULLSIGN,
```

```
NULL, origin, height, diam, vec_diff, &cyl_tag); //圆柱函数
```

//创建空链表list

```
uf_list_p_t list;
```

```
UF_MODL_create_list(&list);
```

```
UF_MODL_put_list_item(list,L1);
```

```
UF_MODL_put_list_item(list,arc_tag2);
```

```
UF_MODL_put_list_item(list,L3);
```

```
UF_MODL_put_list_item(list,arc_tag1);
```

//创建拉伸

```
char height[256];
```

```
sprintf(height,"%f",2*R);
```

```
char*limit[2]={"0",height};
```

```
double point[3];
```

```
double direction[3]={0,0,-1};
```

```
uf_list_p_t features;
```

```
UF_MODL_create_extruded2(list, "0", limit,
```

```
point, direction, UF_NULLSIGN, &features); //拉伸函数
```

3 浇注系统界面设计

3.1 设计菜单与定制工具条

采用单元化设计思路,将浇注系统分为3个单元:主流道单元、分流道单元、浇口单元。根据浇注系统的类型,各单元下设置二级子菜单。各个单元经过集合后形成浇注系统。UG/OPEN Menu Script通过编辑*.men文件生成二次开发的菜单,浇注系统的菜单设计如图8所示。用户通过菜单可以实现浇注系统的系统化设计过程,同时也方便用户通过*.dll文件直接调用二次开发程序。在菜单设计的过程中引入相应的标签图标,提高了菜单的可读性。

同时还可以通过编辑*.rtb文件定制工具条,将浇注系统建模过程组合为模块,如图9所示。

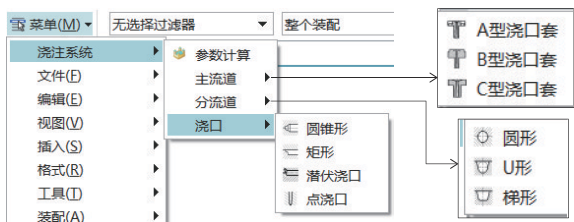


图8 定制菜单

Fig. 8 Customized menu



图9 定制工具条

Fig. 9 Customized toolbar

3.2 对话框设计

对话框设计通过UG/OPEN UIStyler工具完成,包括参数计算模块和几何建模模块。

3.2.1 浇注系统参数计算模块

图10为浇注系统参数计算模块。如图10所示,浇注系统参数计算模块将浇注系统的计算公式和规则推理技术结合在一起。通过已知值计算出分流道和浇口的几何外形。其中,在进行浇口计算时,首先选择规则条件,然后进行判断分析后,系统



(a) Calculating runner



(b) Calculating gate

图10 浇注系统参数计算模块

Fig. 10 Parameters calculation module for feed system

会推荐合适的浇口类型。

3.2.2 几何建模

几何建模部分对话框设计思路采用的是两点建模法。以U形浇口为例,设计完成的对话框如图11所示。指定流道的几何参数、建模矢量轴向,最终完成建模。

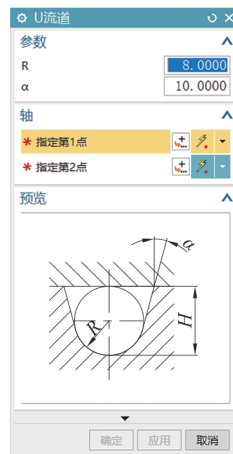


图11 U形浇口对话框

Fig. 11 U-shaped runner dialog box

3.3 浇注系统应用程序的初始化与终止

若要实现浇注系统上述功能,代码的编程运行是必不可少的。本次浇注系统二次开发工具为UG/Open API,操作函数主要使用UFun,该函数应用范围较广,可以涵盖所有几何对象的操作。

浇注系统所有模块程序必须正确地初始化和终止以保证获取和释放程序执行许可权限。获取执行权限的函数是UF_initialize();释放执行许可权限函数是UF_terminate()。主函数入口点为ufusr(),实现程序与用户的交互。其编写代码格式如下所示:

```
extern"C"DllExport void ufusr(char*param, int
*retcod, int param_len)
{
    UF_initialize();
    try
    {
        //添加用户代码
    }
    UF_terminate();
}
```

4 应用实例

前部分对浇注系统的二次开发设计思路进行了介绍,本节以卡环塑件为例,介绍使用二次开发方法分析设计卡环浇注系统的方法。

卡环的产品图如图12所示,该卡环塑件用于农业滴管带之间的连接,用作固定直通管和滴灌带,保证连接的可靠性。该零件壁厚不均匀,取平均壁厚2 mm,材质为PP,质量1 g,外形为锥形。对于该卡环的外表面,要求尽量平整。该塑件在使用过程中是易磨损件,需求量较大。在满足注塑机参数的前提下,型腔设计采用1出40的结构。

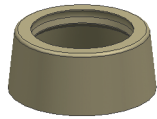


图12 卡环塑件

Fig. 12 Snap ring plastic parts

分流道截面形状采用梯形,为了缩短流道长度,采用二级分流道的结构。输入流道长度 $L=200$ mm和塑件质量 $m=40$ g,即可得出分流道的参数值。一级分流道高度 $H_1=5$ mm,宽度 $B_1=8$ mm;二级分流道高度 $H_2=5$ mm,宽度 $B_2=6$ mm。

浇口的设计采用规则推理技术,模架结构为两板模、多型腔、自动脱料,系统推荐为潜伏浇口。通过参数计算后,浇口小端直径 $d=1.1$ mm。

确定各部分几何参数后,进入参数化建模阶段。单击工具条上的“浇注系统”命令,设计顺序为:主流道→分流道→浇口。依次选择主流道中的二级菜单“C型浇口套”,分流道中的二级菜单“梯形”,浇口中的二级菜单“潜伏浇口”,依次打开各对话框,输入参数值,选择建模轴向,单击确定生成模型。生成的模型如图13所示。

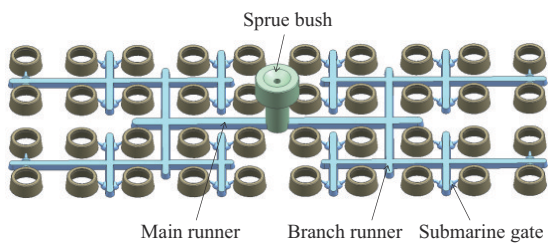


图13 浇注系统结构

Fig. 13 Structure of feed system

5 结论

(1)基于注塑模具浇注系统的设计原理,通过UG/OPEN开发的浇注系统可以满足快速设计要求,是对注塑模具结构设计过程的有效补充。

(2)注塑模具快速设计系统将计算公式与经验设计相结合。以浇注系统参数计算模块为平台,使设计过程趋向于智能化,且集成式的计算效率大于分段计算。

(3)传统浇注系统建模采用逐步特征建模的方式。如果参数变化或者塑件结构更改,则需要反复修改,模型重生成困难,建模速度较慢。本套浇注系统采用两点建模法,将建模过程中的多个特征命令集成为模块,简化了初始建模的步骤,提高了后期模型修改的效率。

参考文献

- [1] 肖石霞. JK3069 活动接触座注射成型浇注系统设计[J]. 模具技术, 2018(6):19-28, 60.
XIAO Shixia. Gating system design of injection mould for JK3069 active contact base[J]. Die and Mould Technology, 2018(6): 19-28, 60.
- [2] 樊泉懿. 面向设计中用的注塑模具数字资源平台的研究与开发[D]. 西安:西安工业大学, 2022.
FAN Xiaoyi. Research and development of injection mould digital resource platform for design reuse[D]. Xi'an: Xi'an Technological University, 2022.
- [3] 毛海军, 马艺涛, 党开放, 等. 注塑模具温度智能化控制研究进展[J]. 中国塑料, 2024, 38(1):100-105.
MAO Haijun, MA Yitao, DANG Kaifang, et al. Research progress in intelligent control of injection mold temperature[J]. China Plastics, 2024, 38(1):100-105.
- [4] 陈钢锋. 我国注塑模具关键技术的研究与应用进展[J]. 时代农机, 2018, 45(5):52.
CHEN Gangfeng. Research and application progress of key technologies for injection molds in China[J]. Times Agricultural Machinery, 2018, 45(5):52.
- [5] 曹澍, 罗康, 何雪明. 弧面分度凸轮机构参数化设计及NX二次开发[J]. 机械科学与技术, 2021, 40(7):1 031-1 036.
CAO Shu, LUO Kang, HE Xueming. Parametric design of globoidal indexing CAM mechanism and secondary development of NX[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2021, 40(7):1 031-1 036.
- [6] 王溢鸿, 吕彦明, 刘泽涛, 等. 基于UG二次开发的精锻航空叶片型面参数提取技术[J]. 锻压技术, 2020, 45(3):197-202.
WANG Yihong, LYU Yanming, LIU Zetao, et al. Extraction technology of precision forged aeroengine blade profile parameters based on the second development of UG[J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45(3):197-202.
- [7] WANG X G, YANG J, GUO J, et al. A general integrated method for design analysis and optimization of missile structure[J]. Algorithms, 2019, 12(12).DOI:10.3390/a12120257.
- [8] WANG J, LIU X M, JIANG L Z. Algorithm for automatic parting of injection mold based on solid parting method[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2023, 124(7):2 059-2 077.
- [9] ÖZEK C, ÇELİK Y H. Calculating molding parameters in plastic injection molds with ANN and developing software[J]. Materials

- and Manufacturing Processes, 2012, 27(2):160-168.
- [10] 王静. 注塑模具结构智能设计技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2020.
WANG Jing. Research on intelligent design technology of injection mold structure[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2020.
- [11] 周慧兰, 史莉, 王钊, 等. 基于UG/Open和Visual Studio2010的热流道喷嘴快速设计系统二次开发关键技术[J]. 现代制造工程, 2023(3):91-95.
ZHOU Huilan, SHI Li, WANG Zhao, et al. Rapid design CAD system of hot runner nozzle based on UG/Open and Visual Studio2010 development technology[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2023(3):91-95.
- [12] 韩雅娟. 基于知识的注塑模具浇注系统智能化设计技术研究[D]. 大连:大连理工大学, 2008.
HAN Yajuan. Research on the intelligent design technology of injection mould feed system based on knowledge[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2008.
- [13] 张作胜, 朱振国, 陈传胜. 基于UG/Open二次开发平台的Ribbon界面设计探讨[J]. 模具工业, 2021, 47(12):4-8.
ZHANG Zuosheng, ZHU Zhenguo, CHEN Chuansheng. Discussion on Ribbon interface design based on UG/Open secondary development platform[J]. Die & Mould Industry, 2021, 47(12):4-8.
- [14] 张作胜, 张勇, 朱振国, 等. 基于UG NX/OPEN二次开发Journaling技术的注射模浇注系统设计研究[J]. 安徽职业技术学院学报, 2021, 20(4):6-10.
ZHANG Zuosheng, ZHANG Yong, ZHU Zhenguo, et al. Research on the design of injection mold feed system based on UG NX/OPEN secondary development journaling technology[J]. Journal of Anhui Vocational and Technical College, 2021, 20(4):6-10.
- [15] 沈春华. 基于moldflow和ActiveX技术的注塑模具浇注系统智能化设计研究[D]. 太原:太原科技大学, 2011.
SHEN Chunhua. Research on intelligent design of injection mold feed system based on Moldflow and ActiveX technology[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2011.
- [16] 王波, 李钢, 刘向东. 基于遗传算法和AMI二次开发的注塑模具流道系统优化设计[J]. 机械制造与自动化, 2011, 40(1):99-101.
WANG Bo, LI Gang, LIU Xiangdong. Optimization design of runner system in injection mold based on genetic algorithm and secondary development technology of AMI software[J]. Machine Building & Automation, 2011, 40(1):99-101.
- [17] 王皓宇, 何定全, 杨继伟, 等. 基于NX二次开发的非参数圆孔实现参数化的方法研究[J]. 机械, 2023, 50(3):21-26.
WANG Haoyu, HE Dingquan, YANG Jiwei, et al. A parametric approach to nonparametric circular hole based on NX secondary development[J]. Machinery, 2023, 50(3):21-26.
- [18] DONG Y D, SU F, ZHU G Q, et al. Study and implementation of a variable parameter modeling for die casting mold generation[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 105(7):3 543-3 561.
- [19] WANG H H, LIU G J, ZHANG Q L, et al. Developing an energy-efficient process planning system for prismatic parts via STEP-NC [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 103:3 557-3 573.
- [20] 程晓斌. 钢结构焊接路径规划的UG二次开发系统技术研究[D]. 太原:中北大学, 2021.
CHENG Xiaobin. Research on UG extended development technology-based steel structure welding path planning system [D]. Taiyuan: North University of China, 2021.
- [21] 陈青, 陈军. 基于UGII的二次开发中特征的分类和描述[J]. 机械设计, 2003(1):64-66.
CHEN Qing, CHEN Jun. Classification and description of features in secondary development based on UGII[J]. Journal of Machine Design, 2003(1):64-66.