

第1章

UG NX 12.0 注塑模具设计基础

UG NX 12.0 是紧密集成的面向制造业的 CAD/CAM/CAE/CAID 高端软件，不仅被当今许多世界领先的制造商用来从事概念设计、工业设计、详细的机械设计以及工程仿真等工作，而且在模具制造行业，尤其是注塑模具 CAD/CAM/CAE 领域更是被广泛应用。

要想成为一名合格的注塑模具工程师，只会简单的 3D 分模是远远不够的，还必须了解和掌握有关模具专业的基础理论知识。





Note

1.1 基本概念

1.1.1 塑料的成分和种类

塑料是以树脂为主要成分,添加一定数量和一定类型的助剂,在加工过程中能够形成流动的成型材料。塑料的基本性能主要取决于树脂的类别,添加某些添加剂可以有效地改进塑料的性能。

按凝固过程是否发生化学变化分类,塑料可分为两类。

1. 热塑性塑料

这类塑料主要成分的树脂为线型或支链型大分子链的结构,受热软化熔融,冷却后变硬定型,并可多次反复熔融、冷却而始终具有可塑性,分子结构和性能无显著变化,可回收再次成型。这类塑料成型工艺简单,具有相当高的物理和力学性能,并能反复回炉,所以热塑性塑料在产品品种、质量和产量上发展都非常迅速。其缺点是耐热性和刚性较差。代表性塑料有聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚碳酸酯(PC)、聚氯乙烯(PVC)、聚甲醛(POM)、聚酰胺(PA)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)树脂。

2. 热固性塑料

这类塑料加热初期具有一定的可塑性,软化后可制成各种形状的制品。但是随加热时间延长,分子逐渐交联形成网状体形结构,固化而失去塑性,冷却后再加热也不会再软化,再受高热即被分解破坏,具有较高的耐热性和受压不易变形的特点,但成型工艺较复杂,不利于连续生产和提高生产率,不能重复利用。主要有酚醛树脂(PF)、环氧树脂(EP)、氨基树脂、醇酸树脂。

按用途分类,塑料可以分为四类。

(1) 通用塑料:产量大、用途广、价格低廉。主要品种有聚烯烃、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛、氨基塑料。

(2) 通用工程塑料:产量大、力学强度高、可代替金属用作工程结构材料。主要品种有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚苯醚(PPO)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)及其改性产品。

(3) 特种工程塑料(高性能工程塑料):产量小、价格昂贵、耐高温,可作结构材料。主要品种有聚砜(PSU)、聚酰亚胺(PI)、聚苯硫醚(PPS)、聚醚砜(PES)、聚芳酯(PAR)、聚酰胺酰亚胺(PAI)、聚苯酯、聚四氟乙烯(PTFE)、聚醚酮类、离子交换树脂、耐热环氧树脂。

(4) 功能塑料:具有特种功能,如耐辐射、超导电、导磁、感光等。主要品种有氟塑料、有机硅塑料。

1.1.2 常用塑料的特性与用途

1. 热塑性塑料的性能与应用

热塑性塑料一般为线型聚合物,可反复受热软化、熔融和冷却硬化,在软化、熔融状态下可进行各种成型加工。由于热塑性塑料在成型加工过程中几乎没有化学反应,因而能反复成型加工。下面介绍几种常用塑料的特性与用途。

(1) 聚乙烯(PE)。纯净的聚乙烯外观为白色蜡状固体粉末,微显角质状,无味无臭无毒。由于制品具有较高的结晶度,除薄膜外,其他制品都不透明。



聚乙烯的各项力学性能指标中,除冲击韧度较高外,其他力学性能绝对值在塑料材料中都是较低的。聚乙烯本身无极性,决定了它有优异的介电及电绝缘性。它的吸湿性很小,电性能不受环境湿度改变的影响。聚乙烯介电常数小,体积电阻率高,由于是非极性材料,其介电性能不受电场频率的影响。

聚乙烯具有优良的化学稳定性。室温下能耐酸、碱和盐类的水溶液,如盐酸、氢氟酸、磷酸、甲酸、醋酸、氨、氢氧化钠、氢氧化钾以及各类盐溶液,即使在较高的浓度下对聚乙烯也无显著作用。但浓硫酸和浓硝酸及其他氧化剂会缓慢侵蚀聚乙烯。温度升高后,氧化作用更为显著。

聚乙烯在大气、阳光和氧的作用下也发生老化,表现为伸长率和耐寒性降低,力学性能和电性能下降,并逐渐变脆、产生裂纹,最终丧失其使用性能。

聚乙烯是通用塑料之中产量最大,应用最广的塑料品种。聚乙烯专用于高频绝缘,还可制成各种工业用品及日常用品,如生活用品中的水桶、各种大小的盆、碗、灯罩、瓶壳、茶盘、梳子、淘米箩、玩具、文具、娱乐用品等,也可制作自行车、汽车、拖拉机、仪器仪表中的某些零件。

(2) 聚丙烯(PP)。聚丙烯在常温下为白色蜡状固体,外观与高密度聚乙烯相似,但比高密度聚乙烯轻和透明,无臭无味无毒,是现有塑料中最轻的一种。

聚丙烯在室温以上有较好的冲击性能,刚度和硬度比聚乙烯高。优良的耐弯曲疲劳性是聚丙烯的一个特殊力学性能,聚丙烯包片直接弯曲成型的铰链或注射成型的铰链,能经受几十万次的折叠弯曲而不损坏。聚丙烯摩擦因数小于聚乙烯,自身对磨时摩擦因数为0.12,对钢的摩擦因数是0.33。聚丙烯的缺点是韧性不够好,特别是温度较低时脆性明显。

聚丙烯的耐热性稍高于聚乙烯,无载下最高连续使用温度可超过120℃,轻载下可达120℃,低载下可达100℃,较重载荷下可达90℃。聚丙烯耐沸水、耐蒸汽性良好,在135℃的高压锅内可蒸煮1000h不破坏,特别适用于制备医用高压消毒用品。聚丙烯的相对分子质量对耐热性也有影响,相对分子质量提高,热变形温度会下降,但耐寒性改善。

聚丙烯属于非极性聚合物,具有优良的电绝缘性,电绝缘性不受环境湿度的影响。介电常数和介电损耗角正切值很小,几乎不受温度和频率的影响。因此,可在较高温度和频率下使用。

聚丙烯具有优良的化学稳定性,除强氧化剂、浓硫酸、浓硝酸、硫酸与铬酸混酸等对它有侵蚀作用外,其他试剂对聚丙烯无作用。

聚丙烯的注射制品表面光洁,具有高的表面硬度和刚性,耐应力开裂,耐热。聚丙烯可制下列用途的制品:医疗器械中的注射器、盒、输液袋、输血工具。一般用途机械零件中轻载结构件,如壳、罩、手柄、手轮,特别适用于制作反复受力的铰链、活页、法兰、接头、阀门、泵叶轮、风扇轮等。汽车零部件,如转向盘、蓄电池壳、空气过滤器壳、离合器踏板、发动机零件等。

(3) 聚氯乙烯(PVC)。聚氯乙烯树脂是白色或淡黄色的坚硬粉末,纯聚合物吸湿性不大于0.05%,增塑后吸湿性增大,可达到0.5%,纯聚合物的透气性和透湿率都较低。

聚氯乙烯一般都加有多种助剂。不含增塑剂或含增塑剂不超过5%的聚氯乙烯称为硬聚氯乙烯,含增塑剂的聚氯乙烯中,增塑剂的加入量一般都很大以使材料变软,故称为软聚氯乙烯。助剂的品种和用量对材料物理力学性能影响很大。

由于聚氯乙烯是极性聚合物,其固体表现出良好的力学性能,但它力学性能的数值主要取决于相对分子质量的大小和所添加塑料助剂的种类及数量,尤其是增塑剂的加入,它不但能提高聚氯乙烯的流动性,降低塑化温度,而且使其变软。

聚氯乙烯是无定形聚合物,它的玻璃化转变温度一般为80℃,80~85℃开始软化,完全流动时的温度约是140℃,这时的聚合物开始明显分解。在现有的塑料材料中,聚氯乙烯是热稳定性特别差的材料之一,工业上生产的各品级和牌号的聚氯乙烯都加有热稳定剂。聚氯乙烯的最高连续使用温度在65~80℃。



Note



Note

聚氯乙烯具有较好的电性能,是体积电阻和击穿电压较高、介电损耗较小的电绝缘材料之一,其电绝缘性可与硬橡胶媲美。随着环境温度的升高,其电绝缘性能降低;随着频率的增大,电性能变坏,特别是体积电阻率下降,介电损耗增大。聚氯乙烯的电性能还与配方中加入的增塑剂、稳定剂等的品种和数量有关,与树脂的受热情况也有关。当聚氯乙烯发生热分解时,产生的氯离子会使其电绝缘性降低,如果大量的氯离子不能被稳定剂所中和,会使电绝缘性能明显下降。另外,树脂的电性能还与聚合时留在树脂中的残留物的数量有关。一般悬浮法树脂较乳液法树脂的电性能好。

聚氯乙烯的耐化学腐蚀性比较优异,除浓硫酸、浓硝酸对它有损害外,其他大多数无机酸、碱类、无机盐类、过氧化物等对聚氯乙烯无侵蚀作用,因此可以作为防腐材料。

聚氯乙烯可用来生产凉鞋、壳体、管件、阀门、泵等制品。聚氯乙烯注射时必须使用螺杆注射机,改变不同的模具,即可生产不同制品。

(4) 丙烯腈—丁二烯—苯乙烯 (ABS) 树脂。丙烯腈—丁二烯—苯乙烯树脂呈微黄色,外观是不透明粒状或粉状热塑性树脂,无毒无味,其制品五颜六色,并具有 60% 的高光泽度。ABS 同其他材料的结合性好,表面易于印刷及涂层、镀层处理。

ABS 具有优秀的力学性能,其冲击韧性极好,可在低温下使用。即使 ABS 制品被破坏也只能是拉伸破坏而不会是冲击破坏。ABS 的冲击韧性随温度的降低下降缓慢,即使在 -40°C 的温度时,仍能保持原冲击韧性的 1/3 以上。

ABS 的耐磨性优良,尺寸稳定性好,具有耐油性,显示了较好的综合性能,因而被广泛地用作工程塑料。其耐热性一般,可在 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内使用。

ABS 由于具有优良的综合性能,用途十分广泛,通过注射成型可制得各种机壳、电器零件、机械零件、汽车零件、冰箱内衬、灯具、家具、安全帽、杂品等。

(5) 聚四氟乙烯 (PTFE)。聚四氟乙烯是氟塑料中综合性能最好、产量最大、应用最广的一种。它属于结晶型线性高聚物。

聚四氟乙烯主要的特性是具有优异的耐热性,它的长期使用温度为 $-250\sim 260^{\circ}\text{C}$ 。聚四氟乙烯的化学稳定性特别突出,无论是强酸、强碱及各种氧化剂等腐蚀性很强的介质对它都毫无作用,甚至沸腾的王水和原子工业中用的强腐蚀剂五氟化钠对它也不起作用,有塑料王之称。聚四氟乙烯的摩擦系数非常小,且在工作温度范围内摩擦因数几乎保持不变。聚四氟乙烯具有极其优异的介电性能,在 0°C 以上其介电性能不随温度和频率而变化,也不受潮湿和腐蚀气体的影响,是一种理想的高频绝缘材料,但聚四氟乙烯力学性能不高,刚性差。

聚四氟乙烯成型困难。它是热敏性塑料,极易分解,分解时产生腐蚀性气体,有毒,因而必须严格控制成型温度。它流动性差,熔融温度高,成型温度范围小,需要高温、高压成型。模具要有足够的强度和刚度,而且应镀铬。

由于聚四氟乙烯具有一系列独特的性能,有些还是工程中使用的其他塑料无法相比的,因而在科研、国防和其他工业部门占有重要的地位。如机械设备中的传动轴油封、轴承、活塞杆、活塞环,电子设备中的高频和超高频绝缘材料,洲际导弹点火导线的绝缘,化工设备中的衬里、管道、阀门、泵体等都可用它制造。此外它还还可用作防腐、介电、防潮、防火等涂料以及医疗器械中的结构零件。

(6) 聚对苯二甲酸乙二醇酯。聚酯树脂是由多元酸与多元醇缩聚反应的产物,它是一大类树脂的总称。聚酯树脂的分子结构可分为不饱和的、体型的和线型的三种。前两类是热固性塑料;后者是热塑性塑料。这里介绍后一种线型的聚酯树脂——聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)。

聚对苯二甲酸乙二醇酯结晶度高,具有较高的拉伸强度、刚性和硬度,优良的耐磨性和电绝缘性能。它吸水性小,耐候性也较好,但耐冲击性能较差,成型收缩率较大。聚对苯二甲酸乙二醇酯能在较宽的温度范围内保持良好的力学性能,长期使用温度可达 120°C ,能在 150°C 下短期使用。它易受



强酸、强碱的侵蚀,但对大多数有机溶剂和油类具有良好的化学稳定性,在工程技术中得到广泛应用。

聚对苯二甲酸乙二醇酯可采用注射、吹塑等成型方法制造塑料制品。目前聚对苯二甲酸乙二醇酯除了用于合成纤维之外,制成的塑料主要用于生产薄膜、瓶。聚酯瓶具有质量轻、强度高、透明度高、化学稳定性和气密性好的优点,主要用作各种包装容器。增强改性的 PET 注射制品应用于汽车、电器、机械等方面。

2. 热固性塑料的性能及应用

(1) 酚醛树脂。酚醛树脂加入各种添加剂所得的各种塑料统称为酚醛塑料。它是应用广泛的一种塑料,在成型时需要在一定温度、压力等条件下产生交联硬化。硬化后的酚醛树脂呈琥珀色,耐矿物油、硫酸、盐酸的作用,但不耐强酸、强碱及硝酸。酚醛树脂质脆,表面硬度高,刚性好,尺寸稳定,耐热性好,在 250℃ 以下长期加热只会稍微焦化,所以即使在高温下使用也不软化变形,仅在表面发生烧焦现象。它在水润滑条件下具有很小的摩擦因数(0.01~0.03)。

酚醛塑料目前以压缩模塑为主,还可采用挤出、层压、注射等成型方法生产塑料制品。其成型性较好,但应注意预热和排气,以去除塑料中的水分和挥发物以及固化过程产生的水、氨等副产物,还应注意模具温度的控制,以保证塑料制品的成型及其质量。

(2) 氨基塑料。氨基塑料是以具有氨基(-NH₂)的有机化合物与甲醛缩聚反应得到的树脂为基础,加入各种添加剂的塑料。氨基树脂因生产所用原材料不同,目前有脲甲醛树脂(UF)、三聚氰胺甲醛树脂(MF)和脲三聚氰胺甲醛树脂。三聚氰胺甲醛树脂又称蜜胺树脂。其中脲甲醛在氨基树脂中占的比例大。

按照组成塑料的氨基树脂种类,氨基塑料分为两类。

① 脲甲醛塑料。以脲甲醛树脂为基础可以制成脲甲醛压塑粉、层压塑料、泡沫塑料和胶黏剂。脲甲醛压塑粉俗名电玉粉。这种塑料价格便宜,具有优良的电绝缘性和耐电弧性,表面硬度高、耐油、耐磨、耐弱碱和有机溶剂,但不耐酸。它着色性好,制品外观好、颜色鲜艳、半透明如玉,但耐火性差,吸水性大。脲甲醛压塑粉可制造一般的电气绝缘件和机械零件,如插头、插座、开关、旋钮、仪表壳等;可制造日用品,如碗、纽扣、钟壳等;还可作为木材胶合剂,制造胶合板和层压塑料。

② 三聚氰胺甲醛塑料。它是以三聚氰胺甲醛树脂为基础制成的塑料。其耐水性好,耐热性比脲甲醛塑料高,采用矿物填料时可在 150~200℃ 下长期使用;电性能优良,耐电弧性好;表面硬度高于酚醛塑料,不易污染,不易燃烧。但三聚氰胺甲醛树脂成本高,在氨基塑料中占的比例较小。

三聚氰胺甲醛压塑粉主要用于压制耐热的电子元件、照明零件及电话机零件等。以石棉纤维为填料的三聚氰胺甲醛塑料常用于制造开关、防爆电器设备配件和电动工具绝缘件。

氨基塑料常采用压缩模塑、挤出、层压成型,也可用注射成型。由于这类塑料含水分和挥发物较多,易吸水而结块,成型时会产生弱酸性的分解物和水,嵌件周围易产生应力集中,有流动性好,硬化速度较快,尺寸稳定性差等特点。因此,成型前必须预热干燥,成型时注意控制成型温度等工艺参数,注意排气及模具表面的防腐蚀处理(镀铬)。

(3) 环氧树脂。环氧树脂(EP)是含有环氧基的高分子化合物。环氧树脂的品种很多,其中产量最大,应用最广的是双酚 A 型环氧树脂。

未硬化的双酚 A 型环氧树脂是糖浆色或青铜色的黏稠液体或固体。能溶解于苯、二甲苯、丙酮、环氧辛烷、乙基苯等有机溶剂,可长期存放而不变质,粘接性能很高,能够粘金属和非金属,是万能胶的主要成分。加入胺类或酸酐类等固化剂,可产生交联而固化。固化后的双酚 A 型环氧树脂化学稳定性好,能耐酸和有机溶剂,介电性能好,耐热性较高(约 204℃),尺寸稳定,力学强度比酚醛树脂和不饱和的聚酯树脂更高,但质脆,耐冲击差,使用时可根据需要加入适当的填料、稀释剂、



Note

增韧剂等成为环氧塑料，以克服缺点提高性能。

环氧树脂主要用作胶黏剂、浇铸塑料、层压塑料、涂料、压制塑料等，广泛用于机械、电气等工业部门。它可以粘接各种材料，灌封与固定电子、电气元件及线圈，浇铸固定模具中的凸模或导柱导套，经过环氧树脂浸渍的玻璃纤维可以层压或缠绕成型制作各种制品，如电绝缘体、氧气瓶、飞机及火箭上的一些零件，环氧树脂制成板几乎占据了印制电路板的全部。加入增强剂的环氧树脂塑料，可压制成结构零件，还可以作为防腐涂料。

3. 设计塑料制品的一般程序

掌握恰当的设计程序是实现塑料制品正确设计的重要条件。由于塑料的复杂性及其应用的多样性，不同塑料制品可以采取不同的设计程序。一般而言，塑料注射制品设计程序如下。

(1) 详细了解制品的功能、环境条件和载荷条件。在设计制品之前，应列出塑料制品应具备的功能，使用的环境条件、载荷条件（动、静载荷），了解零部件之间的联系和对制品功能的影响。

制品功能确定得越准确越详细，制品设计考虑的限制因素就越全面，设计出的制品就能更好地满足使用要求。其中尤为重要是了解塑料制品应具备的特殊性能，例如光学透明性、耐化学性、耐高温性、耐冲击性和耐辐射性等。

(2) 选定塑料品种。塑料品种的选择是复杂的，应根据制品的用途和成本要求及塑料性能等来确定。选定的塑料需具有工程设计及制品功能所要求的性能。

① 工程设计要求的塑料性能，如比例极限、模具与温度的关系、疲劳极限、泊松比、断裂应力、膨胀系数、摩擦因数、模具收缩率等。

② 制品功能要求的塑料性能，如硬度、冲击韧度、抗弯强度、耐化学与耐气候老化性、伸长率、热挠曲程度、屈服和损坏时的抗拉强度、电性能等。

(3) 制订初步设计方案，绘制制品草图。初步设计的主要内容为制品的形状、尺寸、壁厚、加强肋、孔的位置等。在初步设计时应考虑制品在注射成型加工、模具的设计和制造方面的问题。

(4) 样品制造和试验。试验样品的制造可以按照初步设计的要求设计加工模具，按确定的塑料和成型工艺方法制造样品。也可以用其他简便方法制造样品，然后进行各种模拟试验或实际使用条件的试验。样品制造和试验通常要进行多次。

如果初步设计有几种设计方案，在初步试验的基础上，通过评价选择最佳设计方案。

(5) 制品设计。在大量试验的基础上，综合考虑塑料制品的性能、工艺性和经济性等，选择最佳制品设计方案，进行制品设计，绘制正规制品图样，图样上必须注明塑料制品的牌号。

(6) 编制文件。编制塑料制品设计说明书和技术条件等文件。

1.2 塑料注射成型的原理与特点

注射成型是指将粒状或粉状塑料原料置于能加热的机筒内，使其受热塑化后通过螺杆或柱塞施加压力，使其熔体经机筒末端的喷嘴注入所需形状的模具中填满模腔，经冷却定型后脱模，即得到所需形状的制品。通常把塑料原料、注射机和模具称为注射成型三要素，而把成型压力、成型温度和成型周期称为注射成型的三原则。

1.2.1 注射成型的基本原理

热塑性塑料和热固性塑料中的绝大多数可适用于注射成型工艺，现以热塑性塑料为例简述注射成



型原理。

将树脂等物料通过料斗送入机筒中，机筒中设有由注射液压缸带动的柱塞或螺杆，将物料送到机筒的加热区，物料在加热区软化并被加热到要求温度。在柱塞或螺杆推移下，热熔体被注入闭合的模具中。注模系统固定在注射机的装模板上。锁模系统保证注模的闭合，并提供注射机必要的锁模力。注射机装有时间调节系统，可以控制注射周期的操作程序。注射机原理如图 1-1 所示。

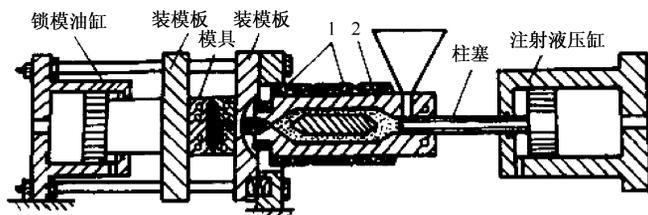


图 1-1 注射机的原理图

1—电加热器 2—加热机筒

熔体塑料充满型腔后，再给模具注入冷水冷却，使塑料凝固成型，然后开启模具取出制品即可。注射机随后复位，进行下一次注射。注射成型周期长短取决于制品的壁厚、大小、形状、注射机的类型以及所采用的塑料品种和工艺条件等。

注射成型生产周期短，生产效率高，能制造形状复杂、尺寸精确或带嵌件的制品。制品规格化、系列化、标准化，具有良好的装配性和互换性。注射机操作简便易行，模具更换方便，制品翻新快，可多腔成型，对各种塑料的成型适应性强。注射成型易于实现自动化，具有高速化生产、经济效益好等特点，是一种比较先进的成型工艺。

1.2.2 注射成型在塑料加工中的地位

从表 1-1 和注射成型的原理与特点可以看出，注射成型是目前塑料加工中普遍采用的一种重要成型方法，几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料都可以这样成型。注射成型可以在比较高的生产效率下生产各种形状的满足各种要求的高精度、高质量的塑料产品。注射模塑制品占塑料制品总量的 20%~30%。用注射成型方法制造的制品主要是各种工业配件，比如仪器仪表的零件和壳体、各种齿轮、螺钉、螺母、轴承、手柄、密封圈、阀件、活门、纱管、开关、接线柱、管道、管接头、容器等。总之，在塑料加工行业领域注射成型占有重要地位。

塑料注射成型是利用塑料三种状态，借助于注射机和模具制造出所需要的塑料制品。尽管所用的注射机不尽相同，但要完成的工艺内容和基本过程还是相同的，下面以卧式螺杆注射机的加工过程为例予以说明。

1. 合模与锁紧

一般以合模作为注射成型过程的始点，合模过程中动模板的移动速度需符合慢—快—慢的要求，而且有低压保护阶段。低压保护的作用一方面是保证模具平稳地合模、减小冲击、缩短闭模时间，从而缩短成型周期；另一方面是当动模与定模快要接近时，避免模具内有异物或模内嵌件松动脱落而损坏模具。最后为高压低速锁模阶段，该阶段的作用是保证模具有足够的锁紧力，以免在注射、保压时产生溢边等现象。

2. 注射装置前移

当合模机构闭合锁紧后，注射座整体移动液压缸工作，使注射装置前移，保证喷嘴与模具流道口



Note



贴合，为注射阶段做好准备。

表 1-1 塑料适宜的各种成型方法

塑料种类	成型方法	模压	传递模塑	层合		注射	挤塑	吹塑	压延	板材		压铸	搪塑	回转成型	发泡成型	
				高压	低压					热成型	冷成型					
ABS						最	最	可	可	最	可					最
A/S						最	可	可								
CA						最	最	可	可	可					可	
EP		最	最	可	最	可						最				
EVA		可				最	最	最	可	可						最
MF		最	最	最		可										
PA		可				最	最	可								
PC		可				最	最	可		可	可	可			可	
PDAP		最	可		最	可					可					
PE		可				最	最	最		可						最
PF		最	最	最		最						可				可
PMMA		可				最	最	可		最		可			可	
POM						最	最	可								
PP						最	最	最		可	可				可	可
PPO						最	最	可			可					
PS						最	最	最		最						最
PTFE		最				可	可								可	
PUR		可	可			最	可	可		最		最				
PVC		可			最	可	最	最	最	最	可		可	可	可	最
UF		最	最	最		可						可				可
UP		最	可		最	可						可				

注：最——最适用的方法，可——可以采用的方法。CA——乙酸纤维素，EVA——乙烯-醋酸乙烯共聚物，MF——三聚氰胺甲醛树脂，PDAP——聚邻苯二甲酸二烯丙酯。

3. 注射与保压

完成上述两个工作过程后，注射装置的注射液压缸工作，推动注射机螺杆前移，使机筒前部的熔料以高压高速注入模腔内。熔料注入模腔后，由于模具的冷热传导，使模腔内物料产生体积收缩。为了保证塑料制品的致密、尺寸精度、强度和刚度，必须使注射系统对模具施加一定的压力进行补料，直到浇注系统（关键是浇口处）的塑料冻结为止。

4. 制品冷却和预塑化

随着模具的进一步冷却，模具浇注系统内的熔料逐渐冻结，尤其当浇口冻结时，保压已失去了补料作用，此时可卸去保压压力，使制品在模内充分冷却定型。

同时，螺杆传动装置带动螺杆传动，料斗内的塑料经螺杆向前输送，在机筒加热系统的外加热和螺杆的剪切、混炼作用下，塑料依次熔融塑化，并由螺杆输送到机筒端部，产生一定的压力。这个压





力是根据加工塑料来调节注射机液压系统的背压阀和克服螺杆后退的运动阻力建立的,统称为预塑背压,其目的是保证塑化质量。由于螺杆不停地转动,熔料也不断地向机筒端部输送,螺杆端部产生的压力迫使螺杆连续向后移动。当后移到一定距离,机筒端部的熔料足够下次注射量时,停止预塑。由于制品冷却和预塑同时进行,一般要求预塑时间不超过制品冷却时间,以免影响成型周期。

5. 注射装置后退

注射装置是否后退根据所加工塑料工艺而定。有的在预塑化后退回,有的在预塑化前退回,有的注射装置根本不退回(如热流道模具)。注射装置退回的目的是避免喷嘴与冷模长时间接触使喷嘴内料温过低影响下次注射和制品质量。有时为了便于清料,也使注射装置退回。

6. 开模和顶出制品

模具内的制品冷却定型后,合模机构就开启模具。在注射机的顶出系统和模具的顶出机构联合作用下,将制品自动顶落,为下次成型过程做好准备。

可将注射机的上述动作按时间先后程序绘成循环框图,如图 1-2 所示。

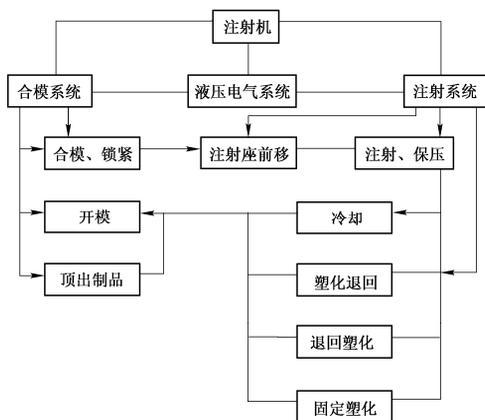


图 1-2 注射机工作过程

1.3 注射模具设计理论

1.3.1 注射模具的基本结构

注射模具具有使用寿命长,可成型复杂形状的塑料制品等优点。注射模具的结构是由注射机的形式和制品的复杂程度等因素决定的。尽管注射模具有各种结构形式,但均可分为动模和定模两大部分。注射时动模与定模闭合构成型腔和浇注系统,开模时动模与定模分离,取出制品。定模安装在注射机的固定模板上,直接与喷嘴口或浇口套接触,一般为型腔组成部分。动模则安装在注射机的移动模板上,并随模板移动,与定模部分分开或合拢,一般抽芯和顶出机构在这个部分。如图 1-3 所示为典型的注射模具,它通常由以下几部分组成。

1. 模具型腔

模具型腔是模具中直接成型塑料制品的部分,通常由凸模(成型制品内部形状)、凹模(成型制品外部形状)、型芯或成型杆、镶块等组成。模具的型腔由动模和定模联合构成,如图 1-3 所示模具



Note



的型腔由 13、14 组成。为保证塑料制品表面光洁美观和容易脱模，凡与塑料接触的型腔表面，其表面粗糙度一般应较小，最好小于 $Ra0.2\mu\text{m}$ 。



Note

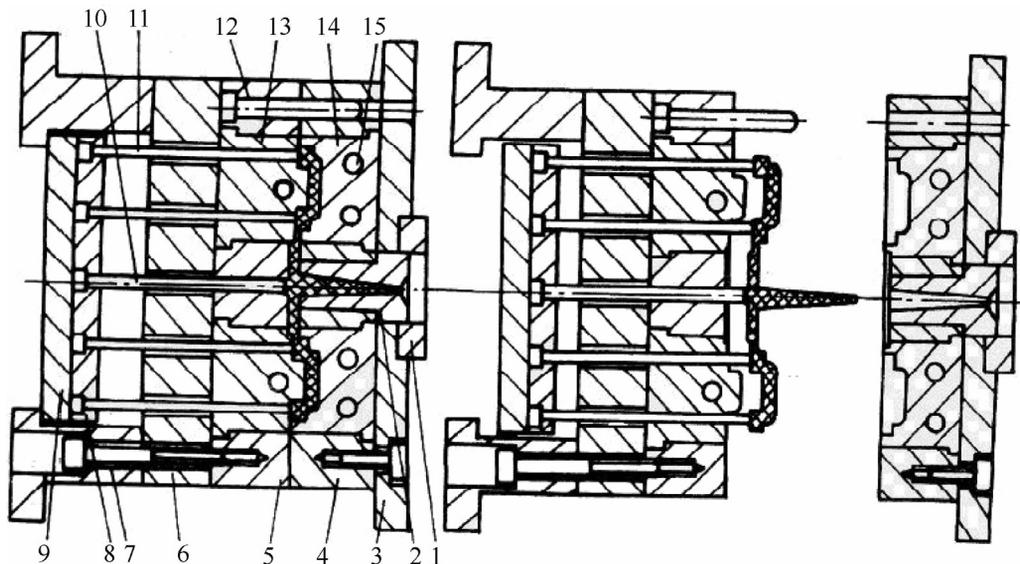


图 1-3 单分型面注射模具

1—定位圈 2—浇口套 3—定模底板 4—定模板 5—动模板 6—动模垫板 7—模脚 8—顶出板
9—顶出底板 10—拉料杆 11—顶杆 12—导向柱 13—凸模 14—凹模 15—冷却水信道

2. 浇注系统

浇注系统是指塑料熔体从注射机喷嘴进入模具型腔的流道部分，由主流道、分流道、浇口、冷料穴所组成，如图 1-4 所示。

(1) 主流道是模具中连接喷嘴至分流道或型腔的一段信道。主流道顶部呈凹球面，以便与喷嘴衔接。进口直径稍大于喷嘴直径，一般为 $4\sim 8\text{mm}$ 以避免溢料，并沿进料方向逐渐增大，放大角度一般为 $3^\circ\sim 5^\circ$ ，以便于流道赘物的脱模。

(2) 分流道是多模腔中连接主流道和各浇口的信道。为使熔料以等速度充满各型腔，分流道在模具上应呈对称、等距的排列分布。分流道截面的形状和尺寸对熔体的流动，制品脱模和模具制造的难易都有影响。常见的分流道是梯形或半圆形截面，并开设在带有脱膜杆的一半模具上。在满足注射工艺和加工制造要求的前提下，应尽量减小流道的截面面积和长度，以减少分流道赘物。

(3) 浇口是接通分流道（或主流道）与型腔的信道。常见的浇口有：直浇口、侧浇口、盘形浇口、环形浇口、轮辐浇口、扇形浇口、点浇口、潜伏浇口、护耳浇口等。浇口的作用是控制料流，使从流道注入的熔料充满模腔后不倒流，便于制品与流道分离。根据以上作用，浇口截面面积宜小不宜大，宜短不宜长。浇口位置一般选定在制品最厚且不影响外观的地方。

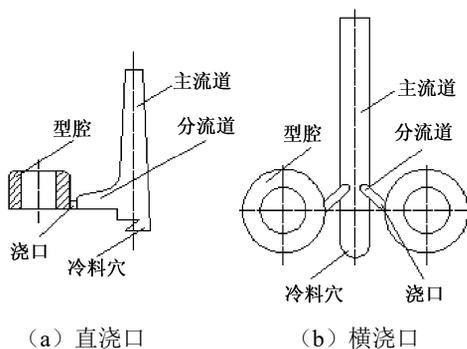


图 1-4 浇注系统示意图



(4) 冷料穴是设在主流道末端的一个空穴,用以捕集喷嘴端部两次注射之间所产生的冷料,从而防止分流道或浇口的堵塞,并避免因冷料进入型腔而形成制品的内应力。冷料穴的直径一般为8~10mm,深6mm。为了便于脱出主流道赘物,冷料穴底部常用具有曲折钩形或下陷沟槽头的脱模杆承托。

3. 导向部分

模具的定模和动模部分分别安装在注射机的固定模板和移动模板上。在注射成型过程中,处于往复闭合和开启状态。为确保动模和定模合模时准确对中而设置导向零件,通常有导向柱(见图1-3所示的12)、导向孔或在动模定模上分别设置互相吻合的内外锥面。有的注射模具的顶出装置为避免在顶出过程中顶出板歪斜,也设有导向零件,使顶出板保持水平运动。

4. 分型抽芯机构

带有外侧凹或侧孔的制品,在被顶出以前,必须先侧向分型,拔出侧向凸模或抽出侧型芯,然后才能顺利脱出。

5. 顶出装置

顶出装置又称脱模装置。制品在模具内冷却定型后,为了取出制品,模具上一般设置顶出装置。有的在开模过程中将制品从模具中顶出,有的在开模后顶出制品。这与所用的注射机和模具上设置的顶出装置类型有关。图1-3所示的顶出装置由顶杆11、顶出板8、顶出底板9及主流道拉料杆10组成。

6. 冷却加热系统

为了满足注射工艺对模具温度的要求,模具设有冷却或加热系统。冷却系统一般是在模具内开设冷却水道;加热系统则在模具内部或周围安装加热组件,如电热棒、电热板、电热圈等。

7. 排气系统

为了在注射过程中将型腔内的空气排出,常在分型面处开设排气槽。但是小型制品排气量不大,可直接利用分型面排气,许多模具的顶杆或型芯与模具的配合间隙均可起排气作用,故不必另外开设排气槽。

8. 模具安装部件

模具安装部件有两个作用,一是可靠地把模具安装在注射机的模板上;二是利用安装部件调节模具厚度,使模具厚度符合所用注射机要求。

1.3.2 塑料注射模具设计依据

塑料注射模具设计的主要依据,就是客户所提供的塑料制品图和实样。模具设计人员必须对制品图样和实样进行详细的分析,同时在设计模具时逐一核对以下项目。

1. 尺寸精度和相关尺寸的正确性

根据塑料制品在整个产品中的具体要求和功能,来确定其外观质量和具体尺寸属于哪一类型。一般有三种情况:一是外观质量要求高、尺寸精度要求低的塑料制品。比如玩具的外形件,其外观必须美观,具体尺寸除装配尺寸外,其余尺寸只要视觉较好、形状逼真即可;二是功能性塑料制品,尺寸要求严格、尺寸公差必须在允许的范围之内否则会影响制品的性能,如塑料齿轮;三是外观与尺寸都有严格要求的塑料制品,如照相机用塑料件、塑料光学透镜等。对于要求严格的尺寸,如果某些尺寸公差已经超出标准要求,就要进行具体分析,看能否在试模过程中进行调整以达到要求。



Note

2. 脱模斜度是否合理

脱模斜度直接关系到塑料制品在注射过程中, 是否能够顺利成型取出。因此要求制品具有足够的脱模斜度。

3. 制品壁厚及其均匀性

制品壁厚应该适当而且均匀。否则会直接影响制品的成型质量和成型后的尺寸。

4. 塑料种类

各种不同的塑料有共性, 也有其各自的特性。在设计模具时必须考虑塑料特性对模具的影响和要求, 以便采取相应的设计方案。因此必须充分地了解塑料名称、牌号、生产厂家及收缩率等情况。例如: 在成型含有玻璃纤维增强的塑料时, 模具型腔和型芯要有较高的硬度和耐磨性; 而在成型阻燃性塑料时, 其型腔和型芯必须具有防腐蚀的性能, 以防止在注射过程中挥发的腐蚀性气体腐蚀模具。另外, 不同生产厂家的塑料色彩和收缩率也不尽相同。

5. 表面要求

塑料制品的表面要求, 指塑料制品的表面粗糙度及表面皮纹要求。模具成型表面的粗糙度对于成型透明制品和非透明制品有所不同。成型透明制品要求型腔和型芯的表面粗糙度相同; 成型非透明制品时, 型腔、型芯的表面粗糙度可以有所不同。成型装饰面的模具部位应具有较高的粗糙度要求。而对于非装饰面, 在不影响脱模的情况下, 其模具表面可以粗糙一些。

塑料制品表面粗糙度要求, 应按照制品表面质量要求来确定, 可根据《塑料模具型腔表面粗糙度样块和塑料样板技术要求及评定方法》(HB6841—1993) 来选定。

塑料制品表面皮纹要求, 应按专业厂家提供的塑料皮纹样板选择。在设计具有表面皮纹要求的模具时, 要特别注意侧面皮纹对制品脱模的影响, 其侧面的脱模斜度应为 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。

6. 塑料制品的颜色

在一般情况下, 颜色对模具设计没有直接影响, 但在制品壁厚较厚、制品较大的情况下, 易产生颜色不匀, 而且制品颜色越深, 其制品缺陷暴露得也越明显。

7. 塑料制品成型后是否有后处理

某些塑料制品在成型后需进行热处理或表面处理。需进行热处理的制品在计算成型尺寸时, 要考虑热处理对其尺寸的影响。需进行表面处理的制品, 如需表面电镀的制品, 若制品较小而批量又很大时, 则必须考虑设置辅助流道, 将制品连成一体, 待电镀工序完成后, 再将制品与辅助流道分开。

8. 制品的批量

制品的生产批量是设计模具的重要依据之一, 因此客户对月批量、年批量、总批量必须提供一个范围, 以便在设计模具时, 使模具的腔数、大小、材料及寿命等方面能与批量相适应。

9. 注射机规格

在接收客户订货时, 客户必须对所用注射机提出明确的规格, 以作为模具设计时的依据。在所提供的注射机规格中应包括以下内容。

- (1) 注射机型号及生产厂家。
- (2) 注射机最大注射容积 (最大注射量)。
- (3) 注射机锁模力。
- (4) 注射机喷嘴球面半径及喷嘴孔径。



- (5) 注射机定位孔直径。
- (6) 注射机拉杆内间距。
- (7) 注射机容模量（允许的模具最大、最小闭合高度）。
- (8) 注射机的顶出方式（液压顶出或机械顶出以及顶出点位置、顶杆直径）。
- (9) 注射机开模行程及最大开距。
- (10) 必要时还要提供注射机顶出行程及顶出力。

10. 其他要求

客户在提出订货时，除了提供必要的设计依据之外，有的客户甚至还对模具提出一些具体要求，如腔数及同一模中成型制品的种类、浇口形式、模具形式（三板模或三板模）、顶出方式及顶出位置、操作方式（手动、半自动、全自动）、型腔型芯的表面粗糙度等，甚至对型腔型芯所用钢材的牌号及热处理硬度都提出具体要求。

以上这些内容，模具设计人员必须进行认真地考虑和核对，以便满足客户的要求。

1.3.3 塑料注射模具的一般设计程序

模具设计人员，必须按客户所提供的上述依据和要求认真进行模具设计。模具设计，就是将上述要求逐一具体化，并以图样或技术文件的形式表示出来。其设计过程基本按以下程序进行。

1. 对塑料制品图及实样的分析和消化

在进行模具设计之前，首先对产品图或实样进行详细的分析和消化，其内容包括以下几个方面。

- (1) 制品的几何形状。
- (2) 制品的尺寸、公差及设计基准。
- (3) 制品的技术要求（即技术条件）。
- (4) 制品所用塑料名称、牌号。
- (5) 制品的表面要求。

2. 注射机型号的确定

主要根据塑料制品的大小及生产批量。设计人员在选择注射机时，主要考虑其塑化率、注射量、锁模力、安装模具的有效面积（注射机拉杆内间距）、容模量、顶出形式及顶出长度等。倘若客户已提供所用注射机的型号或规格，设计人员必须对其参数进行校核，若满足不了要求，则必须与客户商量更换。

3. 型腔数量的确定及型腔排列

型腔数量主要依据以下因素进行确定。

- (1) 制品重量与注射机的注射量。
- (2) 制品的投影面积与注射机的锁模力。
- (3) 模具外形尺寸与注射机安装模具的有效面积（或注射机拉杆内间距）。
- (4) 制品精度。
- (5) 制品颜色。
- (6) 制品有无侧抽芯及其处理方法。
- (7) 制品的生产批量（月批量或年批量）。
- (8) 经济效益。



Note



Note

以上这些因素有时是互相制约的,因此在确定设计方案时,必须进行协调,以保证满足其主要条件。

型腔数量确定之后,便进行型腔的排列,亦即型腔位置的布置。型腔的排列涉及模具尺寸、浇注系统的设计、浇注系统的平衡、抽芯(滑块)机构的设计、镶件及型芯的设计以及热交换系统的设计。以上这些问题又与分型面及浇口位置的选择有关,所以在具体设计过程中,要进行必要的调整,力求完美。

4. 分型面的确定

分型面在一些国外的产品图中已作具体规定,但在很多的模具设计中要由模具设计人员来确定。一般来讲,在平面上的分型面比较容易处理,有时碰到立体形式的分型面就应当特别注意。其分型面的选择应遵照以下原则。

- (1) 不影响制品的外观,尤其是对外观有明确要求的制品,更应注意分型面对外观的影响。
- (2) 有利于保证制品的精度。
- (3) 有利于模具加工,特别是型腔的加工。
- (4) 有利于浇注系统、排气系统、冷却系统的设计。
- (5) 有利于制品的脱模,确保在开模时使制品留于动模一侧。
- (6) 便于金属嵌件的安装。

5. 侧向分型与抽芯机构的确定

在设计侧向分型机构时,应确保其安全可靠,尽量避免与顶出机构发生干扰,否则在模具上应设置先复位机构。

6. 浇注系统的设计

包括主流道的选择、分流道截面形状及尺寸的确定、浇口位置的选择、浇口形式及浇口截面尺寸的确定。

当采用点浇口时,为了确保分流道的脱落,还应注意脱浇口装置的设计。

在设计浇注系统时,首先选择浇口的位置。浇口位置选择的适当与否,将直接关系到制品的成型质量及注射过程能否顺利进行。浇口位置的选择应遵循以下原则。

- (1) 浇口位置应尽量选择分型面上,以便于模具加工及使用时清理浇口。
- (2) 浇口位置与型腔各个部位的距离应尽量一致,并使其流程为最短。
- (3) 浇口的位置应保证熔料流入型腔时,对着型腔中宽敞、厚壁部位,以便于熔料的流入。
- (4) 避免熔料在流入型腔时直冲型腔壁、型芯或嵌件,并能尽快流入到型腔各部位,并避免型芯或嵌件变形。
- (5) 尽量避免使制品产生熔接痕,或使其熔接痕产生在制品不重要部位。
- (6) 浇口位置及流入方向,应使熔料在流入型腔时,能沿着平行型腔方向均匀地流入,并有利于型腔内气体的排出。
- (7) 浇口应设置在制品上最易清除的部位,同时尽可能不影响制品的外观。

7. 排气系统的设计

排气系统对确保制品成型质量起着至关重要的作用,其排气方式有以下几种

- (1) 利用排气槽。排气槽一般设在型腔最后被充满的部位。排气槽的深度因塑料不同而异,基本上是以制品不产生飞边所允许的最大间隙来确定。
- (2) 利用型芯、镶件、推杆等的配合间隙或专用排气塞排气。



- (3) 有时为了防止制品在顶出时造成真空变形, 必须设计进气销。
- (4) 有时为了防止制品与模具的真空吸附, 而设计防真空吸附组件。

8. 冷却系统的设计

冷却系统的设计是一项比较烦琐的工作, 既要考虑冷却效果及冷却的均匀性, 又要考虑冷却系统对模具整体结构的影响。冷却系统的设计包括以下内容。

- (1) 冷却系统的排列方式及冷却系统的具体形式。
- (2) 冷却系统的具体位置及尺寸的确定。
- (3) 重点部位如动模型芯或镶件的冷却。
- (4) 侧滑块及侧型芯的冷却。
- (5) 冷却组件的设计及冷却标准组件的选用。
- (6) 密封结构的设计。

9. 顶出系统的设计

制品的顶出形式, 归纳起来可分为机械顶出、液压顶出、气动顶出三大类。在机械顶出中有推杆顶出、推管顶出、推板顶出、推块顶出及复合顶出。

制品顶出是注射成型过程中最后一个环节, 顶出质量的好坏将最后决定制品的质量, 在设计顶出系统时应遵守下列原则。

(1) 为使制品不致因顶出产生变形, 推力点应尽量靠近型芯或难于脱模的部位, 如制品上细长的中空圆柱, 多采用推管顶出。推力点的布置应尽量均匀。

(2) 推力点应作用在制品承受力最大的部位, 即刚性好的部位, 如肋部、突缘、壳体形制品的壁缘等处。

(3) 尽量避免推力点作用在制品的薄平面上, 防止制品破裂、穿孔等。如壳体形制品及筒形制品多采用推板顶出。

(4) 为避免顶出痕迹影响制品外观, 顶出装置应设在制品的隐蔽面或非装饰表面。对于透明制品尤其要注意顶出位置及顶出形式的选择。

(5) 为使制品在顶出时受力均匀, 同时避免因真空吸附而使制品产生变形, 往往采用复合顶出或特殊形式的顶出系统, 如推杆、推板或推杆、推管复合顶出, 或者采用进气式推杆、推块等顶出装置, 必要时还应设置进气阀。

10. 导向装置的设计

塑料注射模上的导向装置在采用标准模架时已经确定下来。一般情况下, 设计人员只要按模架规格选用就可以了。但根据制品要求须设置精密导向装置时, 则必须由设计人员根据模具结构进行具体设计。

一般导向分为动、定模之间的导向、推板及推杆固定板的导向、推件板与动模板之间的导向、定模座板与推流道板之间的导向。

一般导向装置由于受加工精度的限制或使用一段时间之后配合精度降低, 会直接影响制品的精度, 因此对精度要求较高的制品必须另行设计精密导向定位装置。

有的已经标准化的精密定位组件, 如锥形定位销、定位块等可供选用, 但有些精密导向定位装置需根据模具的具体结构进行专门设计。

11. 模架的确定和标准件的选用

以上内容全部确定之后, 便根据所定内容设计模架。在设计模架时, 尽可能地选用标准模架, 确



Note



Note

定出标准模架的形式、规格及标准代号。

标准件包括通用标准件及模具专用标准件两大类。通用标准件如紧固件等。模具专用标准件如定位圈、浇口套、推杆、推管、导柱、导套、模具专用弹簧、冷却及加热组件、二次分型机构及精密定位用标准组件等。

必须指出的是，设计模具时应尽可能地选用标准模架和标准件。因为标准件有很大一部分已经商品化，可以在市场上随时买到，这对缩短制造周期、降低制造成本是极其有利的。

模架尺寸确定之后，对模具有关零件要进行必要的强度或刚性计算，以校核所选模架是否合适，尤其对大型模具，这一点尤为重要。

12. 模具钢材的选用

模具成型零件（型腔、型芯）材料的选用，主要根据制品的批量、塑料类别来确定。对于高光泽或透明的制品，主要选用 40Cr13 等类型的马氏体耐蚀不锈钢或时效硬化钢。含有玻璃纤维增强的塑料制品，则应选用 Cr12MoV 等类型的具有高耐磨性的淬火钢。当制品的材料为 PVC、POM 或含有阻燃剂时，必须选用耐蚀不锈钢。制品为一般塑料，通常用预硬调质钢，若制品批量较大，则应选用淬火回火钢。

13. 绘制装配图

模架及有关内容确定之后，便可以绘制装配图。在绘制装配图过程中，对已选定的浇注系统、冷却系统、抽芯机构、顶出系统等做进一步的协调和完善，从结构上达到比较完美的设计效果。

当采用标准模架时，其装配图的绘制可参照《塑料压缩模选用及绘图指南》（HB/Z17—1992）中有关装配图的绘制方法进行。

14. 模具主要零件图的绘制

在绘制型腔或型芯图时，必须注意所给定的成型尺寸、公差及脱模斜度是否相互协调，其设计基准是否与制品的设计基准相协调。同时还要考虑型腔、型芯在加工时的工艺性和使用时的力学性能及可靠性。

当采用标准模架时，除标准模架以外的结构件，大部分可以不绘制结构件图。当必须绘制图样时，可参照《塑料压缩模选用及绘图指南》HB/Z17—92 中有关零件图的绘制方法进行。

15. 设计图样的校对

模具图设计完成后，设计人员将设计图及有关原始资料及计算草稿一同交校对人员进行校对。

校对人员应针对客户所提供的有关设计依据及客户所提要求，对模具的总体结构、工作原理、操作的可行性等进行比较系统的校对。

16. 设计图样的会签

模具设计图样完成之后，必须交给客户认可。客户同意后，模具才可以备料投入生产。当客户有较大意见需做重大修改时，在重新设计后必须再交客户认可，直至客户满意为止。

综合以上的模具设计程序，其中有些内容可以合并考虑，有些内容则要反复考虑，因为其中有些因素常常相互矛盾，必须在设计过程中通过不断论证、互相协调才能得到较好地处理。特别是涉及模具结构方面的内容，一定要认真对待，往往要做几个方案同时考虑，对每一种结构尽可能列出其各方面的优缺点，再逐一分析，进行优化。因为结构上的原因会直接影响模具的制造和使用，甚至造成整套模具报废，所以模具设计是保证模具质量关键性的一步，其设计过程就是一项系统工程。



1.4 模具的一般制造方法

1.4.1 模具的机械加工设备简介

用来加工模具结构零件的机械,大致上可区分为6类。

1. 普通切削加工用机床

(1) 车床是机床中最具代表性的机械,也是所有机械工厂不可缺少的设备。车床有卧式车床、高速车床、精密车床、立式车床、转塔车床、台式车床等。在模具加工中,除特殊情况外,一般都使用卧式车床。

车床的大小以床身上最大工件回转直径、刀架上最大工件回转直径、两项尖间最大距离来表示。床身上最大工件回转直径及刀架上最大工件回转直径,是指不与床身和刀架接触,主轴能够支承的工件最大直径。

在模具零件加工中,广泛使用车床进行圆形凸模、凹模镶套、导柱、导套等圆柱形物体的切削加工,以及车锥形、镗孔、平端面、车螺纹、滚花等。

(2) 钻床和车床一样,是最常见的机床设备。常用的钻床有台钻、立式钻床、摇臂钻床等。在模具加工中,广泛使用钻床来钻孔、铰孔、扩孔、攻螺纹、孔端倒角。

钻床的大小用主轴锥孔号码、从立柱表面到主轴中心的最大距离和主轴至工作台面的最大距离表示。台钻的主轴上装有钻夹头,能安装直径较小的直柄钻头。立式钻床用于加工较大的工件,它可以使用直径较大的锥柄钻头。

摇臂钻床的摇臂能沿立柱上下升降及绕立柱回转,在摇臂上有水平导轨和主轴头。工件固定在工作台上不动,主轴头按各个孔的位置移动钻削。

(3) 镗床除了能将已加工过的孔通过镗削扩大到所必需的尺寸之外,也可进行钻孔、铰孔、倒角。镗床广泛应用于有精度要求的大型模具导向孔和四角导向面的加工。另外还能用来加工圆筒形制品拉深模的凹模腔。

镗床分为卧式镗床和立式镗床两种。镗床的规格用主轴直径、主轴中心至工作台面的最大高度、最大镗削长度来表示。

(4) 铣床使用的刀具种类很多,能够进行铣平面、铣槽、切断、铣端面、铣齿、铣螺旋槽、铣凸轮、铣不规则曲面等各种加工。铣刀的齿数多,切削速度快,生产效率高,所以常用铣床代替刨床的工作。

通常使用的铣床,按床身结构可分为升降台式和固定台式。升降台式的工作台,可以上下、左右以及前后移动,通用性较大。固定台式的工作台,不能上下移动,主要是作为大量生产同一制品为目的的生产性机床。

在塑料模具加工中,使用升降台式的铣床方便。在升降台式铣床中,根据主轴(铣刀轴)的方向,分类如下。

① 卧式铣床的主轴水平,在升降台上有纵向工作台和床鞍。升降台可上下移动,床鞍可前后移动,纵向工作台能左右移动。这种卧式铣床,能用作模具的平面加工、沟槽加工、凸模及电火花加工用电极的成形加工等。

② 万能铣床在卧式铣床的工作台和床鞍之间装有回转盘,使工作台可以旋转一定的角度,应用



Note

范围扩大，能够切削螺旋槽。但在模具加工中，不能充分发挥其效能。

③ 立式铣床的主轴垂直于工作台，床身较高。主轴头通常是固定的，但也有能上下移动和转动的。立式铣床可以进行平面铣削、侧面加工、铣槽、成形铣削、钻孔、镗孔等工作，在模具制造中应用广泛。

(5) 牛头刨床、龙门刨床、龙门铣床。

① 牛头刨床的滑枕在床身导轨上往复运动，刨刀固定在滑枕的前端，床身导轨前面的升降台能上下移动，安装工件的工作台能左右送进。这种机床的结构简单，操作方便，但加工速度和精度比铣床等要差，主要用于小型模板的平面加工和倒角等。

② 龙门刨床的切削运动是工件做往复运动、刀具进行送进。从结构上看，有由两个支柱和带移动刀架的横梁构成的龙门式和以一个立柱支承横梁的单柱式，后者的加工对象是特别宽的工件。龙门刨床主要用于大而重的模具零件的平面加工。

③ 龙门铣床的结构和龙门刨床相似，工作台在床身底座上，以缓慢速度送进。在刀具方面，以多刃的铣刀取代龙门刨床的刨刀。在性能方面，相当于一台大型床身的铣床，可用作大型模具的平面切削、钻孔、立铣加工等。

2. 精密切削加工用机床

坐标镗床是以加工高精度孔为目的的机械设备，它能正确地加工出由直角坐标确定位置的孔，是加工精密模具不可缺少的机床设备。在加工连续模的凸模固定板、卸料板、凹模座等零件时，可直接加工，不必画线。加工精度以 mm 为单位。设备要设置在恒温室中。能用坐标镗床进行的各种加工如图 1-5 所示。

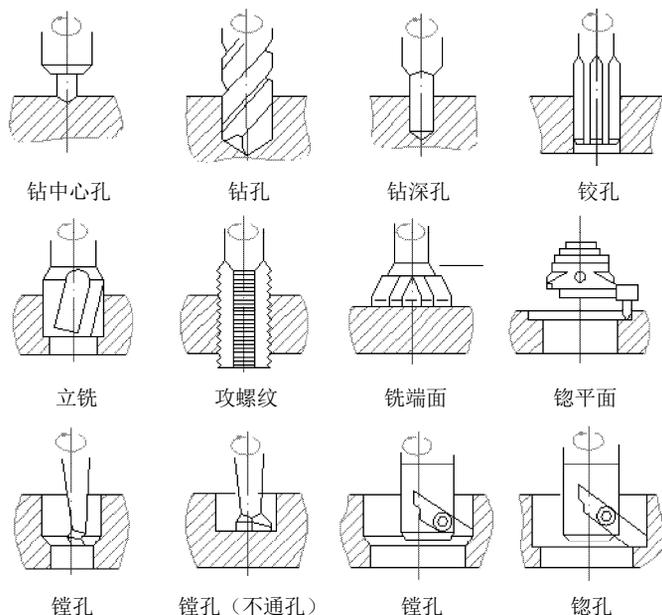


图 1-5 坐标镗床加工举例

3. 成形切削加工用机床

(1) 靠模机相当于立式带锯床。通常在工件平面加工好之后，用宽度狭小的锯片，沿着画线形状进行直线或曲线切割加工，直至切出模具零件的轮廓形状。



在送进材料时,除了小型轻质的材料用手动送进之外,还有使用随动阀的液压送进装置和用光电仿形方式的自动送进装置。前者由液压牵引机构带动移送材料的引链,操作人员不必用力推送材料,只要控制方向即可。后者是在材料的涂黑表面上画出白色轮廓线,通过直流电动机控制工作台,使黑白分界线部位始终对准太阳电池的中心,位于分界线旁边的锯片刀齿进行自动仿形切断。

(2) 仿形铣床有工具头和仿形头两个轴。仿形头前端的触针(仿形指)在模型上滑动,而工具头前端的刀具则随着触针做同步运动。由于模型和模具的形状尺寸成1:1对应关系,所以必须正确地制作模型。

冲裁模一类的模具零件只有轮廓要仿形,这种仿形方式叫二维仿形;底面有起伏的立体仿形叫三维仿形。二维仿形用的触针最好是圆柱状,三维仿形用的触针前端呈球状,所用的刀具为圆头雕刻铣刀或雕模刀。

仿形的动作操作有液压式和电气液压式等。仿形加工和数控加工相比,在加工精度和自动程度方面不如数控加工,但其加工形状在给定模型的情况下,可称为最合理的加工方法。

(3) 雕刻机与刻模机的加工性能完全相同,刻模机与仿形铣床也无明确区别,这些机床的名称是混雕刻机。在刻模、雕刻加工中,触针沿着模型移动,可以雕刻出按模型缩小的工件。作为缩小的机构,一种是把触针和刀具固定在一根缩尺上,另一种是把触针和刀具固定在缩放仪上。前者用于非常浅的雕刻,后者是现在的雕刻机主体。平面雕刻机用作线形雕刻,即加工凹凸文字、标记等。立体雕刻机在雕刻立体凹凸形状的同时,也兼有平面雕刻机的功能。

(4) 数控铣床不受模型多变的影响,适宜在重复生产和批量生产中应用。最近由于计算机使自动编程工作得到了迅速发展,大大地缩短了制作纸带的时间,使数控铣床的应用更加广泛。

用数控铣床加工时,从分析加工图样开始建立切削计划(夹具、刀具、加工顺序、加工条件),将考虑好的工艺规程写成工艺规程卡片,根据这些工艺规程在计算机中编写加工程序,信息处理装置(数控装置)根据该程序驱动设备。

(5) 多任务序自动数控机床有各种各样的形式,从在单台数控立式铣床上附加自动交换工具装置(ATC),到在数控卧式镗床上,除ATC装置外再附加转位工作台、托板变换器以及托板箱等。对于模具类工件,在大部分能一次加工完毕的情况下,用立式多任务序自动数控机床较为有利。

ATC是将加工所必需的各种刀具预先安置在机床的刀具库内,加工过程中根据计算机的指令自动进行必要刀具的出入、交换工作。因而在模座加工中,当必须依次使用钻头、丝锥、立铣刀、铰刀、镗刀、端面铣刀等时,其效果最好。

ATC不需要从机械到机械之间的阶段变换,因此,可以减少或取消机械变换中所必需的夹具或安装工具。由于多任务序自动数控机床的工具定位精度极高,而且重复精度也很高,所以以前采用坐标镗床加工的导柱孔,也可以用多任务序自动数控机床加工。

4. 普通磨削加工用机床

外圆磨床和万能磨床的外形很相似,但外圆磨床主要是用于圆柱体、圆锥体及凸肩部位的磨削。

万能磨床和外圆磨床相比较,其主轴台和砂轮座能各自回转,除了能加工角度大的锥体之外还附有磨内孔的装置。外圆磨床的工作内容单纯,适宜于强力磨削、批量生产。万能磨床的工作内容则比较丰富,常用来加工圆形凸模、导正销、导柱、导套等。

内圆磨床的砂轮轴是悬臂结构,加工的孔越深、砂轮轴越长,则工作条件越差,设计模具时必须考虑这一点。

平面磨床的砂轮轴,有水平和垂直两种形式,工作台有往复运动形式和旋转运动形式。水平工作台往复式磨床的磨削速度慢、加工面美观、磨削精度高,在通常的平面磨削中被广泛使用;装上各种



Note



Note

夹具和砂轮修正器后,还能用作模具的成形磨削加工。但由于它的砂轮轴是悬臂结构,刚性不足,故不宜用于重力磨削。

水平轴、圆工作台旋转式磨床,适用于圆形、环形工件的平面磨削。但旋转工作台的外周和砂轮的外周都离工作台的旋转中心不远,所以工件的旋转速度慢。因此,在设计时要加快工作台的转速,使速度维持一定。立轴、工作台往复式及旋转式平面磨床的加工面粗糙度较差,适用于重力磨削,是高效率生产用机种。

5. 精密磨削加工用机床

坐标磨床是以消除材料的热处理变形为目的而发展起来的。由于它能磨削孔距精度很高的孔以及各种轮廓形状,所以在模具制造中得到广泛应用。磨孔时,工件静止不动,砂轮作行星式的自转和公转,能磨削直径从 1mm 到 100mm 左右的孔,最适宜于磨削高精度要求的凸模、凹模轮廓形状,也能磨削长方形槽孔、锥孔和底面。

6. 成形磨削加工用机床

(1) 成形磨床也是模具加工用的精加工机床。因为是成形磨削(横向切入),所以对砂轮轴和支柱有刚性要求。另外,为了获得最合理的砂轮成形速度和磨削条件,要求砂轮轴可以变速,工作台的送进速度能在较大范围内变动。包括通用的平面磨床在内,成形磨床有许多种。

① 通用(成形)平面磨床是在普通的平面磨床上安装各种砂轮成形装置、夹具、投影仪等,进行模具的成形磨削。这种方法操作复杂,并需要熟练的技术。

② 缩放仪式砂轮成形磨床安装有一套仿形装置。砂轮成形时,将触针沿放大的靠模板作仿形移动,同时,金刚石工具根据仿形动作,将砂轮修整成和靠模板相似的形状。

③ 光学曲线磨床的屏幕上有工件的放大图,把加工件和砂轮的外形也放大投影到屏幕上,将工件的投影与放大图作直接对比同时进行磨削,直到工件符合放大图所示的形状为止。所以,只要放大图画得准确,砂轮的磨损影响小,就能获得较好的精度,特别适宜于金刚石砂轮进行高硬度材料的仿形磨削。

(2) 数控成形磨床是用数控穿孔带自动进行高精度成形磨削用机床。数控成形磨床在利用程序加工件数多、形状复杂、要求精度均匀等情况下使用效果较好。

1.4.2 电火花加工方法

电火花加工是利用电火花的热能,对工件进行熔化、蒸发和飞散的非接触加工。图 1-6 所示是电火花加工装置原理图。电极和工件相对保持几微米到几十微米的间隙,中间充满着绝缘性的工作液(通常为煤油),在电极和工件间不断地发生火花放电,通过放电作用,以高密度的能量去除工件上的金属。在断续放电方法中,使用电容器并以晶体管为开关,将通往脉冲发生器的电流以断续的方式进行交替放电。伺服机构使电极和工件保持一定的间隙。这样的放电形式,能于 1s 内在电极和工件的相对表面间进行几十次到几十万的反

复放电加工。单次放电过程中,瞬间通过放电间隙的电流经过电阻极大的空气介质,电能转换为热能。电火花中心的温度高达数千摄氏度,并且不能迅速释放出去同时高温空气产生高压,瞬间通过放电间

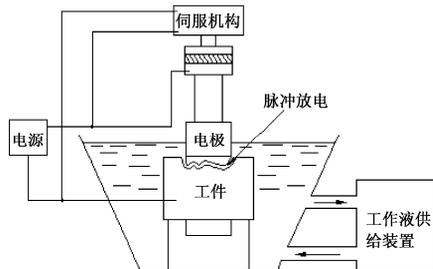


图 1-6 电火花加工装置原理图



隙的电流产生强烈的磁场,把电火花压缩为细线束状,即使一次放电的能量十分微小,但由于集高温高压于极其狭小的空间内,所以仍然可以汽化和甩开金属。

1. 电火花加工技术的主要特点

(1) 能以柔克刚,所用的工具电极不需比工件材料硬,所以便于加工其他方法难以加工或无法加工的特殊材料,包括各种淬火钢、硬质合金、耐热合金等,不必像切削加工那样担心刀具不够硬而无法切削。

(2) 加工时工具电极与工件不接触,两者之间的宏观作用力极小,所以便于加工小孔、探孔、窄缝零件,不致因工具或工件的刚度太低而无法加工。对于各种型孔、立体曲面、复杂形状的工件,均可采用成型电极一次加工,不必担心同时加工面积过大而引起切削力过大等问题。

2. 电火花加工技术的主要用途

- (1) 加工各种金属及其合金材料、特殊的热敏感材料、半导体和非半导体材料。
- (2) 加工各种成型表面。例如,各种模具型腔、模孔、成型刀具、样板、螺纹等。
- (3) 各种工件与材料的切断。包括材料的切断、特殊结构零件的切断、切割微细窄缝及微细窄缝组成的零件(如金属栅网、激光器件等)。
- (4) 工件的磨削。包括磨削小孔、深孔、内圆、外圆、平面等和成型磨削。
- (5) 表面强化。包括超高速淬火、渗氮、渗碳、电极材料的转移等。
- (6) 刻写、打印铭牌和标志等。

1.4.3 电火花线切割加工方法

电火花线切割也是直接利用电能对金属进行加工的,但其加工方式与电火花加工不同,它能弥补电火花加工在加工精密、复杂和细小模具零件时的不足,比电火花机床操作更方便,效率更高,广泛应用于各种模具的加工中。

电火花线切割加工和电火花穿孔加工的原理是一样的,即利用火花放电使金属熔化并去除掉,从而实现各种形状金属零件加工。不过在线切割加工时是用连续移动的金属丝(称为电极丝)代替电火花穿孔加工的电极,线电极与高频脉冲电源的负极相接,工件则与电源的正极相接,利用线电极与工件之间产生的火花放电而腐蚀工件,如图 1-7 所示,同时使工件按照所需形状移动,这样便能将一定形状的工件切割出来。与电火花穿孔加工相比,电火花线切割加工具有如下特点。

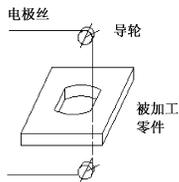


图 1-7 电火花线切割的原理图

1. 不需要制造电极

电火花穿孔加工要花较多的时间制造电极,而线切割加工是用金属丝(钼丝等)作为电极,故不必另制电极。

2. 不必考虑电极丝的损耗

电火花加工中电极损耗是不可避免的,而在线切割加工中电极丝是以一定的速度移动着的。始终是用未经电蚀加工的部分进行加工,故可不考虑电极丝的损耗。

3. 能加工出精密细小、形状复杂的零件

电火花线切割用的电极丝非常细(直径为 $0.04\sim 0.2\text{mm}$),对于形状复杂的微细模具、零件或电极(例如 $0.05\sim 0.07\text{mm}$ 的窄缝,小圆角半径的锐角, $R\leq 0.03\text{mm}$ 等),不必采用镶拼结构即能直接



Note



加工出来，而且具有较高的精度。

电火花线切割机床有三种：靠模仿形的、光电跟踪的、数控的。其中数控线切割机床应用最广。大多数电火花线切割机床是小型通用的，可加工尺寸范围是 150 mm×100 mm×60mm(长×宽×厚)，在表面粗糙度 Ra 为 0.8~1.6μm 的情况下，加工精度可达±0.01mm，生产率为 20~30mm²/min。



Note

1.5 UG NX 12.0 Mold Wizard 概述

UG NX 12.0 Mold Wizard (模具向导) 是注射模具设计的专用应用模块，是一个功能强大的注射模具设计软件。

1.5.1 UG NX 12.0 Mold Wizard 简介

Mold Wizard 是按照注射模具设计的一般顺序模拟设计整个过程的，它只需根据一个产品的三维实体造型，就能建立一套与产品造型参数相关的三维实体模具。Mold Wizard 运用 UG 中知识嵌入的基本理念，根据注射模具设计的一般原理来模拟注射模具设计的全过程，提供了功能全面的计算机模具辅助设计方案，极大地方便了用户进行模具设计。

Mold Wizard 在 UG V 18.0 以前是一个独立的软件模块，先后推出了 1.0、2.0 和 3.0 版，到了 UG8.0 版以后，正式集成到 UG 软件中作为一个专用的应用模块，并随着 UG 软件的升级而不断得到更新。

UG Mold Wizard 模块支持典型的塑料模具设计的全过程，即从读取产品模型开始，到如何确定和构造脱模方向、收缩率、分型面、模芯、型腔，再到设计滑块、顶块、模架及其标准零部件，最后到模腔布置、浇注系统、冷却系统、模具零部件清单 (BOM) 的确定等。同时还可运用 UG WAVE 技术编辑模具的装配结构、建立几何连接、进行零件间的相关设计。

在 Mold Wizard 中，模具相关概念的知识 (例如型芯和型腔，模架库和标准件) 是用如 UG/WAVE 和 Unigraphics 主模型的强大技术组合在一起的。模具设计参数预设置功能允许用户按照自己的标准设置系统变量，比如颜色、层、路径等。UG NX 12.0 具备以下优点：

- 过程自动化；
- 易于使用；
- 完全的相关性。

注意：虽然在 UG NX 12.0 中集成了注射模具设计向导模块，但不能进行模架和标准件设计，所以读者仍需要安装 UG NX 12.0 Mold Wizard，并且要安装到 UG NX 12.0 目录下才能生效。

1.5.2 UG NX 12.0 Mold Wizard 菜单选项功能简介

为方便后面的学习，在这一小节，将会把 UG NX 12.0/Mold Wizard 模块中所有的菜单选项功能做一个简单的介绍，各主要命令的详细介绍将会在后面的章节中讲到。

安装 UG NX 12.0 Mold Wizard 到 UG NX 12.0 目录下后，启动 UG NX 12.0，进入到图 1-8 所示的界面。单击屏幕左侧的“角色”选项 ，在弹出的选项板中选择“高级”选项，如图 1-9 所示。

单击“应用模块”选项卡“特定于工艺”面板中的“注塑模”按钮 ，系统进入注射模具设计环境，并弹出图 1-10 所示的“注塑模向导”选项卡。



Note

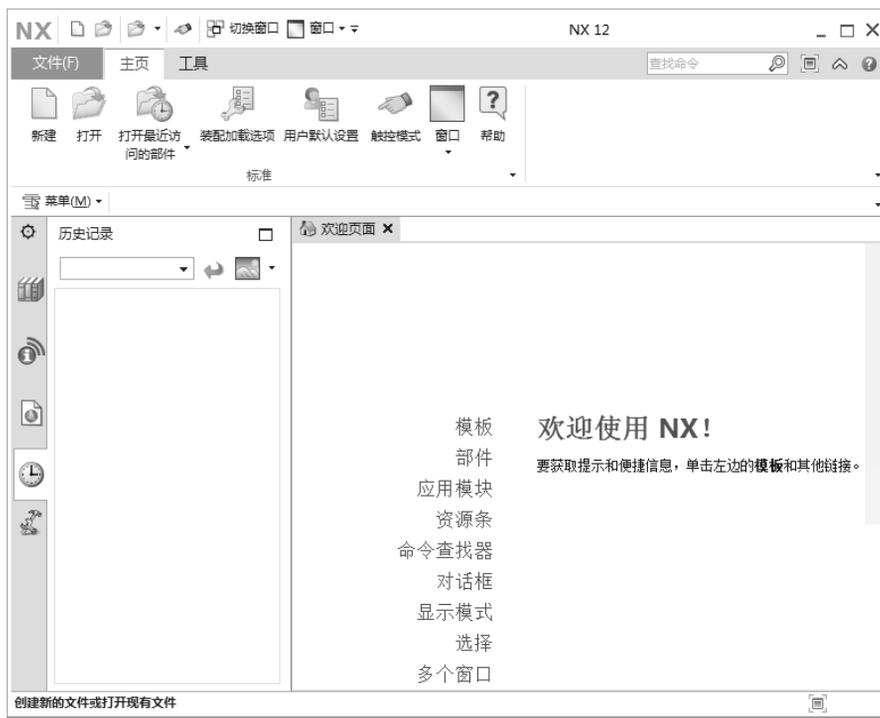


图 1-8 UG NX 12.0 界面



图 1-9 “角色”对话框



图 1-10 “注塑模向导”选项卡

下面简单介绍以下功能区中各菜单选项的功能。

1. 初始化项目

此命令是用来导入模具零件，是模具设计的第一步，导入零件后系统将生成用于存放布局、分模图素、型芯和型腔等信息的一系列文件。



2. “主要”面板

(1) 多腔模设计 : 在一个模具里可以生成形成多个塑料制品的型芯、型腔, 此命令适合于一模多腔不同零件的应用。

(2) 模具 CSYS : Mold Wizard 的自动处理功能是根据坐标系的指向进行的。例如一般规定 ZC 轴的正向为产品的开模方向, 电极进给沿 ZC 轴方向, 滑块移动沿 YC 轴方向等。

(3) 收缩率 : 收缩率是一个补偿当冷却时产生收缩的比例因子。由于产品在充模时, 由相对温度较高的液态塑料快速冷却, 凝固生成固体塑料制品, 就会产生一定的收缩。一般情况下, 必须把产品的收缩尺寸补偿到模具相应的尺寸里面, 模具的尺寸为实际尺寸加上收缩尺寸。

(4) 工件 : 也叫毛坯, 是用来生成模具型芯、型腔的实体, 并且与模架相连接。工件的命令及尺寸可使用此命令定义。

(5) 型腔布局 : 用于指定零件成品在毛坯中的位置。在进行注射模设计时, 如果同一产品进行多腔排布, 只需要调入一次产品体, 然后运用该命令即可。

(6) 模架库 : 是塑料注射成型工业中不可缺少的工具。模架库是型芯和型腔装夹、顶出和分离的机构。在 Mold Wizard 中, 模架库都是标准的。标准模架库是由结构、形式和尺寸都标准化、系统化, 并具有一定互换性的零件成套组合而成的模架库。

(7) 标准部件库 : 是把模具的一些常用的附件标准化, 便于替换使用。在 Mold Wizard 中, 标准部件库包括螺钉、定位圈和浇口套、推杆、推管、回程管以及导向机构等。镶块、电极和冷却系统等都有标准部件库可以选择。

(8) 顶杆后处理 : 其实顶杆后处理也是一种标准件, 用于在分模时把成品顶出模腔。该命令的目的是完成顶杆后处理长度的延伸和头部的修剪。

(9) 滑块和浮升销库 : 零件上通常有侧向(相对于模具的顶出方向)凸出或凹进的特征, 一般正常的开模动作都不能顺利地分离这样的零件成品。这往往需要在这些部位建立滑块, 使滑块在分模之前先沿侧向方向运动离开, 然后模具就可以顺利开模分离零件成品。

(10) 子镶块库 : 一般是在考虑加工问题或者是模具的强度问题时添加的。模具上常常有一些特征, 特别是有简单形状而比较细长的, 或者处于难加工位置, 为模具的制造添加了很大的难度和成本, 这时就需要使用镶块。镶块的创建可以使用标准件, 也可以添加实体创建, 或者从型芯或型腔毛坯上分割获得实体再创建。

(11) 设计填充 : 创建不同的流道和浇口, 浇口是液态塑料从流道进入模腔的入口。浇口的选择和设计直接影响塑件的成型, 同时浇口的数目和位置也直接影响到塑件的质量和后续加工。要想获得好的塑件质量, 塑料的流动速度、方向都是要认真考虑的, 而浇口的设计对此影响很大。

(12) 流道 : 是浇道末端到浇口的流通道。流道的形式和尺寸往往受到塑料成型特性、塑件大小和形状以及用户要求的影响。

(13) 电极 : 是模具制造中的一种特殊加工方法。注射模具通常具有非常复杂的型芯和型腔外形, 因此数控车削、数控铣削以及线切割、电火花加工等特殊加工方法在模具制造过程中经常被采用。Mold Wizard 中电极正是为电火花加工设计电极用的。

(14) 腔 : 腔体(建腔)用于在型芯型腔上需要安装标准件的区域建立空腔并留出空隙, 使用此功能时, 所有与之相交的零件部分都会自动切除标准件部分, 并且保持尺寸及形状上与标准件的相关性。

(15) 物料清单 : 也称作明细表, 是基于模具装配状态产生的与装配信息相关的模具部件列表。创建的材料清单上显示的项目可以由用户选择定制。



Note



(16) 视图管理器 ：用于对视图进行管理。

3. “注塑模工具”面板

就是用于修补零件中各种孔、槽以及修剪补块的工具，目的是能做出一个分型面，并且此分型面可以被 UG 所识别。此外，该工具可以简化分模过程，以及改变型芯型腔的结构。

4. “分型刀具”面板

分型也叫分模，它是创建模具的关键步骤之一，目的是把毛坯分割成为型芯和型腔的一个过程。分模的过程包括了创建分型线、分模面，以及生成型腔、型芯的过程。

5. “冷却工具”面板

冷却用于控制模具温度。模具温度明显地影响收缩率、表面光泽、内应力以及注射周期等，模具温度控制是提高产品质量，提高生产效率的一个有效途径。

6. “模具图纸”面板

用于创建模具工程图。与一般的零件或装配体的工程图类似。



Note

1.5.3 Mold Wizard 参数设置

与 Pro/E 软件相似，UG NX Mold Wizard 4.0 以前的版本中也有进行参数设置的文件 Mold_defaults.def，该文件存放在 Mold Wizard 安装目录下。在 UG NX 12.0 Mold Wizard 中，这个文件就被取消了，被集中到“用户默认设置”面板中。

选择“菜单”→“文件”→“实用工具”→“用户默认设置”命令，系统打开图 1-11 所示的“用户默认设置”对话框。

用户可以按照控制面板中的说明进行自己的设置，这一部分内容就不再详细介绍了。



图 1-11 “用户默认设置”对话框