

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.07.017

多功能笔多件模注塑模具设计*

魏剑^{1,2,3,4}, 高浩^{1,2,3,4}, 王孝鹏^{1,2,3,4}, 张雯娟^{1,2,3,4}(1. 三明学院机电工程学院, 福建三明 365004; 2. 机械现代设计制造技术福建省高校工程研究中心, 福建三明 365004;
3. 绿色铸锻及高端部件协同创新中心, 福建三明 365004; 4. 福建省铸锻零部件工程技术研究中心, 福建三明 365004)

摘要: 针对某多功能笔形状较复杂, 多件模脱模较难的实际生产问题, 借助 UG 注塑模向导设计了一种带有外部侧抽芯机构和内螺纹推出机构的一模八腔注塑模具。模具采用两板式结构, 外部侧抽芯机构采用滑块, 滑块外侧具有螺纹槽和侧型芯, 内螺纹的脱模推出采用叶轮+螺旋杆, 由推板最终推出制件。模具结构新颖, 使用效果良好, 对企业设计同类注塑模具具有一定的借鉴作用。

关键词: 多功能笔; UG 软件; 侧抽芯; 内螺纹推出机构; 注塑模设计

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)07-0086-05

Design of Family Mold for Multi-function Pen

Wei Jian^{1, 2, 3, 4}, Gao Hao^{1, 2, 3, 4}, Wang Xiaopeng^{1, 2, 3, 4}, Zhang Wenjuan^{1, 2, 3, 4}(1. School of Mechanical & Electronic Engineering, Sanming University, Sanming 365004, China;
2. Engineering Research Center in Fujian Province University for Modern Mechanical Design and Manufacturing Technology, Sanming 365004, China;
3. Fujian Provincial Collaborative Innovation Center for Green Casting, Forging and Advanced Manufacturing, Sanming 365004, China;
4. Fujian Provincial Engineering Research Center for Casting and Forging Parts, Sanming 365004, China)

Abstract: Aimed at the multi-function pen with complex shape to hard product release, one module and eight cavities injection mould was designed with a kind of side core-pulling mechanism with external and internal thread launch institutions by using UG injection mold wizard. Die adopts two plate structure, external side core-pulling mechanism adopts slider, slider lateral has a thread groove and side core, internal thread demoulding launch impeller+screw, finally introduced by pushing plate parts. The die structure is novel, it has proved that the use effect is good, which has the certain reference value to the design of similar injection mold of the enterprise.

Keywords: multi-function pen; UG software; side core-pulling; internal thread rolling mechanism; design of injection mold

随着人们生活水平的提高,多功能笔被赋予更多的期待。有的多功能笔具至少包含可相互套置的第一笔身、第二笔身及第三笔身。各段笔身可分别设有不同颜色的荧光笔芯,容置有修正液,或容置有不同颜色的原子笔、钢珠笔的笔芯,从而达到单一笔具的多功能使用。有的多功能笔包含笔筒及套置于笔筒的笔帽。笔筒设置可伸缩的筷子,在筷子上设有笔芯及护套,笔帽置入一控制电路,以构成激光指示、照明、体温测量,以及环保筷、书写笔具的功能。还有的多功能笔,将笔、圆规、量角器、直尺的功能结合为一身,避免了因文具过多所造成的携带不便和取放麻烦等问题,从而提高使用者的工作效率^[1-3]。采用改性工程塑料制作各种多功能笔,囿于产品功能要求多,其结构特征位较多,导致注塑时一模多腔充填流动不平衡,因而需要在模具结构设计时采用合理的配置来解决该问题^[4]。数值模拟作为提升制

品质量的一种通用的计算机优化方法,在设计过程通过调整可控变量及可控变量的变动范围使制品质量对制造过程的不确定因素不灵敏^[5]。笔者拟结合某多功能笔的注塑成型要求,应用 UG 软件设计一种带有外部侧抽芯机构和内螺纹推出机构的一模八腔注塑模具。

1 塑料件工艺性分析

图 1 为某多功能笔的零件图,其分成四段,分别是笔尖段、第二段、连接段和铅笔段,外径 10 mm,厚度为 1 mm,高度有 45.5,44.5,45 及 30 mm,侧壁有 Ø1.5 mm 圆孔,衔接处还有 10 mm 长的 M9×1.5 的螺纹。笔尖段的形状为曲面筒状,下端

* 福建省教育厅科技项目 (JK2014048), 三明学院校内项目 (H160042), 三明学院科研课题 (B0905/Q)

联系人: 魏剑, 讲师, 主要从事 CAD/CAM 机械设计工作

收稿日期: 2017-05-03

有外螺纹,第二段和连接段两端各有内外螺纹,铅笔段有内螺纹,笔尖段上端直径小而下端直径大,为使出模时由下向上,小端布置在上,外螺纹段在下,其他段的外螺纹段均布置在下,铅笔段内螺纹段在下。

塑料件要求使用通用聚苯乙烯 (PS) 中等流动性品级制成,其收缩率取平均值 0.6%。PS 制品脆性较大,易产生内应力开裂,耐热性较差 (60 ~ 80℃),无味无毒;有较好的韧性和一定的冲击强度,化学性稳定,耐水,耐油性能都较好,是一种典型的无定形材料,多用于文具。使用 UG 软件测量塑料件体积,然后参照 PS 密度,计算得出塑料件的质量约为 5 g。此外,客户要求塑料件具有足够的刚度、强度及硬度,抗疲劳性能,精度为 3 级,外观表面完整, $R_a=1.25 \mu\text{m}$, 结构无明显变形,无裂纹、欠注、凹痕等缺陷。

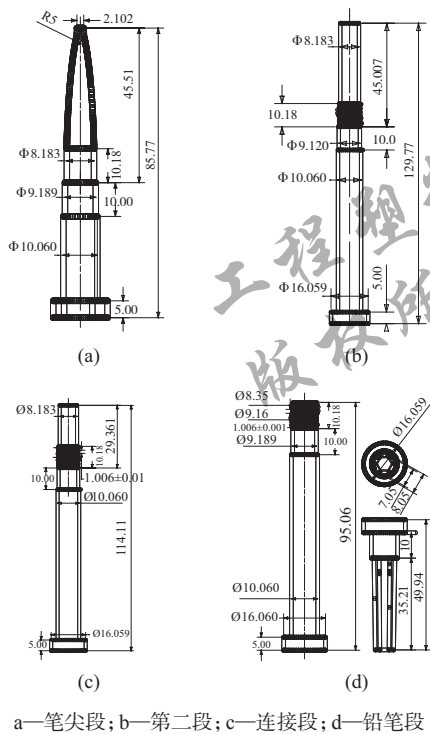


图1 多功能笔零件图

综上所述,该多功能笔各段内外结构特征既有共性又有个性,如每段侧壁有 $\Phi 1.5 \text{ mm}$ 圆孔,符合侧抽特征,第二段和连接段两端各有内外螺纹,笔尖段仅有外螺纹,铅笔段仅有内螺纹,满足第二段或连接段要求的模具结构均可考虑采用。因而,模具设计型腔布局采用一模多腔,充填流动不平衡和脱出机构是该模具设计方案需要重点解决的技术问题。

2 模具设计要点

模具设计过程首先应该根据零件成型工艺特

点确定分型面的位置,分型面要求其尽可能简单、顺滑,便于顶出脱模和加工制造。其次模具的布局,一模多腔在充填过程一定会出现流动不平衡,但由于塑料件体积小,质量轻,充填时间较短,参考文献 [4] 中的解决方法进行解决。针对该塑料件内外螺纹结构特点,考虑侧壁孔需要侧抽,因而设计中采用带有外部侧抽芯机构和内螺纹推出机构的模具,防止侧抽机构运动干涉,避免塑料件在成型过程产生变形等现象。

2.1 分型面设定

作为模具上取出塑料件和浇注系统凝料的可分离的接触面,分型面的位置设计对塑料件的脱模和美观程度有直接影响。一般取塑料件外形最大轮廓处设计平直分型面。因塑料件内外螺纹和侧孔的限制,采用瓣合开模方式的要求,分型面位置如图 2 所示。

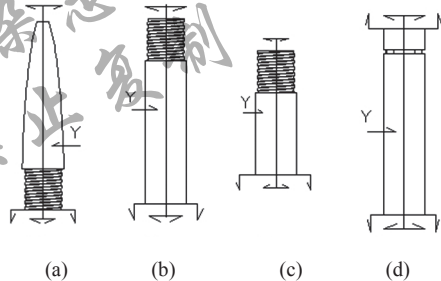


图2 分型面设定

2.2 型腔布置

多功能笔的市场需求量较大,模具的设计采用组合件生产,以保证效率。理论上确定型腔数目有 4 种方法:一是按照注塑机的最大注射量确定;二是按照注塑机额定锁模力来确定;三是按制品的精度要求确定;四是按经济性确定^[6]。型腔的布置主要要求是熔融塑料能够通过分流道同时到达浇口进入型腔,按照分流道的布置形式分为 O 形、I 形、H 形、X 形以及混合形排列等多种形式,其中 I 形和 H 形排列在多型腔的模具中,由于转弯流道较长,压力损失较大,比较适用于流动性较好的塑料。因此采用一模八腔组合模具,即将四段做在一个模具中,一次成型两支笔,具体布置如图 3 所示。

多件模是从一个模具中开出来不一样的塑料件,所以件的体积概念一般小于腔。在项目初始化一个塑料件后,通过继续项目初始化可以加载多个塑料件,在加载时,并不是一次将工件加上去覆盖所有塑料件的,而是通过多件模工具在各个塑料件之

间进行切换逐个进行加载的。多件模工具在多件模的设计中贯穿始终,无论是补片,分型线设置,型芯型腔设计,脱模机构,顶出机构等的设计都离不开多件模的应用。

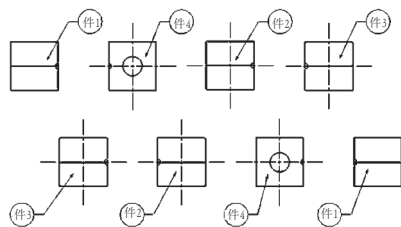


图3 型腔位置示意图

2.3 分流道设计

由于该塑料件采用一模八腔的成型方案,故需设置分流道。分流道是指主流道和浇口之间的一段进料通道。分流道能使流动的熔体平稳地改变流向,在多型腔模具中还起着向各型腔分配进料的作用。分流道的设计应尽量使流道内的热量损失少、压力损失少以及容积小。

一模八腔。由于多功能笔各段结构尺寸不同,形成了非平衡流道的浇注系统设计。考虑四段结构的差异性以及流动不平衡问题,利用装配工具栏,链接等工具。先在建模环境下建好空间直线,然后使用实体或曲面建模工具建好流道,之后再将所建立的流道链接进注塑模装配环境,然后再打开装配工具栏,将所建立的流道系统移进流道装配文件夹。这样流道就建好了,起到了化繁为简,化难为易的作用。如图4所示,一模八腔的平衡式结构注塑模具,在充填的过程中,由于剪切生热的作用,会造成平衡流道的非平衡充填现象。故在标准H型流道的基础上,抬高一级流道,使熔体从一级分流道进入二级流道时方向发生约 90° 转向,从而使聚合物熔体横截面上剪切引起变化的重新分布,实现了以相同的温度、黏度和压力等物理性质一致的塑料熔体能够充填各个型腔,改善各型腔内熔体的平衡充填。

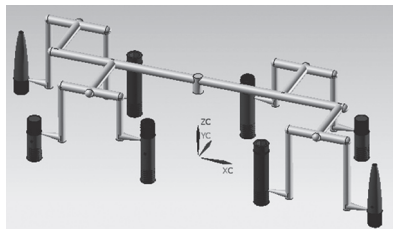


图4 一模八腔非平衡流道布置图

浇口位于浇注系统流道的末端,连接流道与型腔,其形状、位置和尺寸对产品的质量影响很大。根

据浇口的基本作用,浇口的截面要小,长度要短。PS流动性好,对剪切速率敏感,又考虑到平衡进料,便于脱离,痕迹小,易修整,而点浇口能较自由地选择浇口位置。故采用点浇口,熔体可由型腔任意位置一点或多点进入型腔,其具体位置按Moldflow分析选择。运用Moldflow软件分析各段的浇口在不同位置的成型优劣,浇口位置越接近1.000说明成型越好,最后得到笔尖段、第二节、连接段、铅笔段的最佳浇口位置如图5所示。

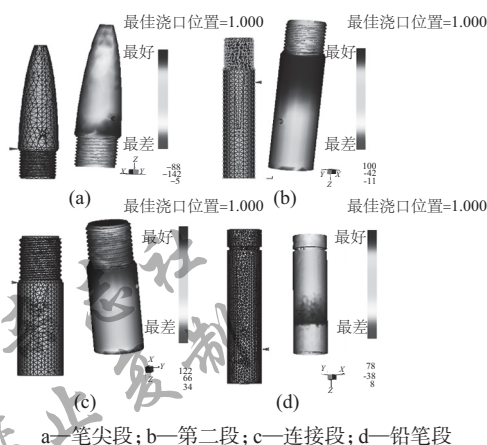


图5 最佳浇口位置

从图5可知,笔尖段、第二段、连接段、铅笔段的最佳浇口位置分别为Moldflow6.1所划分节点的N767点、N909点、N1345点、N3458点附近位置。因为各段均为轴对称,在同截面上的浇口位置的浇注效果是相同的,由于各段均有螺纹,为保证螺纹旋合的有效性,在纵向选择对比点,最终模拟确定最佳浇口位置。

2.4 模架和标准件的选型

该副模具采用A系列的模架,而A系列的模架有四种类型:A1, A2, A3, A4。经过比较这四种模架的组成、功能及用途、分型面积的大小和所选注射机的型号,塑料件的最大直径为10 mm,排一模八件,同时查文献知注塑机SZ-60/450,所以选择动、定模均采用两块模板,设置推件板推出机构的A4正装有肩基本型模架,其尺寸规格为350 mm×600 mm。

2.5 冷却系统的设计

本设计中,PS熔体注射的计算温度取为 190°C ,模具温度为 60°C ,需要设置模具冷却系统。

为提高冷却效率和使型腔表面温度分布均匀,在冷却系统的设计中应遵循如下原则:一是合理确定冷却管道直径、中心距及与型腔壁的距离;二是

降低进水与出水的温度差,比如可通过改变冷却管道的排列形式或减小冷却回路的长度;三是浇口处应加强冷却,可通过将冷却回路的入口设在浇口附近。四是应避免将冷却管道开设在塑料件熔合纹部位,并注意干涉及密封等问题,不应穿过镶块,若必须通过镶块,则应加镶套管密封,也不能通过其他孔道等;五是冷却水道应便于加工和清理,进出水管接头应尽可能设在模具同一侧,宜设在注塑机背面,同时做好密封^[7]。

为了获得较好的冷却效果,结合型芯直径在 10 mm 左右,采用镀铜将整个型芯件做成镀铜镶件冷却,又考虑到一模八件的相互影响与不平衡,再加上多点浇口循环回路冷却的方式,以达到较好的冷却效果和成型质量。

冷却水冷却方式直接冷却镀铜型芯镶件,又配合脱型芯螺纹的要求需要设计水流的压力。即在动模支承板中铣出水道,向水道内通冷却水。冷却水孔直径一般在 5~13 mm。冷却水管直径的大小常凭经验确定,综合考虑模具大小、锁模力及制品壁厚查文献[8]表 12-2、表 12-3、表 12-4,选定标准水管直径为 6 mm,最低流速为 1.66 m/s,流量为 $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$,为方便加工等实际情况,在选定标准的基础上,将水道设计在动模固定板上且截面为 15 mm × 20 mm 的方形。

根据经验,冷却管道中心线与型腔壁的距离应为冷却管道直径的 1~2 倍,现取 2 倍的直径值,即 12 mm;为配合脱螺纹的动力和冷却的需要,最终选定水道截面为 15 mm × 15 mm 的方形,再根据现有空间的限制最终采用两条水道,如图 6 所示。

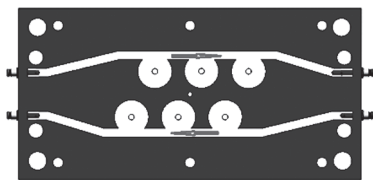


图 6 冷却水道

如上所述,该制品为无定形厚壁制品,故采用无定形厚壁制品冷却时间计算公式做近似计算。无定形壁厚制品冷却时间计算公式:

$$t = \frac{S^2}{\pi^2 K} \ln \left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{\theta_0 - \theta_w}{\theta_1 - \theta_w} \right) \right] \quad (1)$$

式中: S 为制品最大壁厚, mm; K 为塑料的热扩散系数, mm^2/s ; θ_0 为塑料熔体的注射温度,取

190℃; θ_1 为制品最厚部位中心层达到的脱模温度,用塑料热变形温度代替,取 100℃; θ_w 为模具温度,取 60℃。

3 模具结构与工作过程

针对多功能笔,设计了一种带有外部侧抽芯机构和内螺纹推出机构的一模八腔注塑模具,其三维结构爆炸图如图 7 所示,模具装配图如图 8 所示。

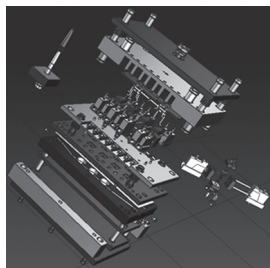


图 7 模具整体结构爆炸图

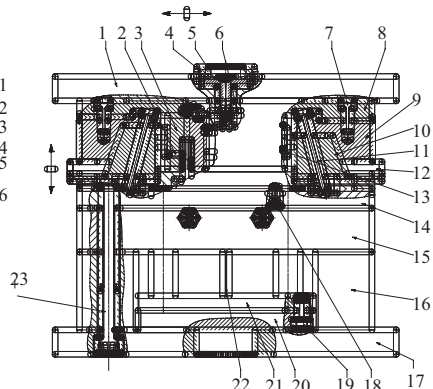
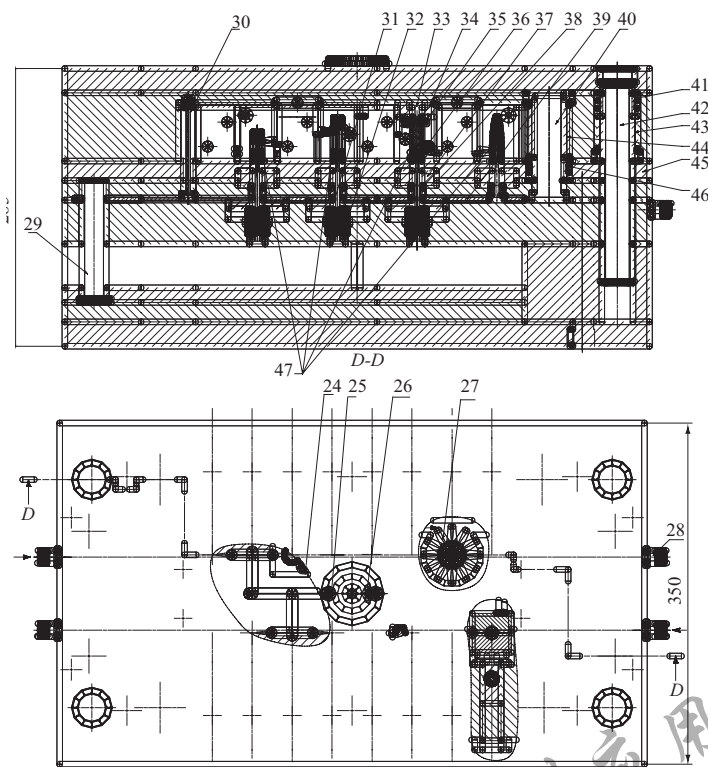
以连接段为例说明推出过程,该制件同时有内、外螺纹和侧孔,螺纹均为连续螺纹,故采用螺纹型芯镶件、型腔来成型。为了保证制件精度,推出方式采用旋转推出的方式,旋转推出需要设置叶轮和螺旋杆,另外还需要设置止转装置,故在不影响制件功能及外观的基础上在制件合适的位置做出工艺孔,采用侧抽芯按脱模顺序同外螺纹一起推出。

推出系统如图 9 所示,滑块与型腔镶件连为一体(下面直接称型腔),滑块外侧具有螺纹槽和侧型芯(斜销与开模方向夹角为 15°),用来成型制件外螺纹和起到止转的作用,内螺纹的脱模推出采用油缸 + 齿条的变种方式即叶轮 + 螺旋杆,由推板最终推出制件。

整个推出过程为:冷却时间结束时,给冷却水加压带动型芯叶轮转动使螺纹型芯脱出,此时型腔滑块和侧型芯起固定和止转的作用,保证螺纹型芯后撤;然后在开模运动的带动下斜销及动模板的运动使外螺纹型腔向两侧拉开,同时侧型芯也随着带离制件;此时制件已经基本上和模具脱开,浇道凝料也在型腔的运动下与制件脱开并在拉料杆的带动下脱离;最后,由推板推出所有的制件并手工拉出浇道凝料;然后合模进入下一个循环。

4 结语

多功能笔是市场上广泛存在的一种典型塑料件,随着功能设置不同拥有不同结构,一般情况下各段连接采用螺纹结构。由于塑料件体积小,采用一模多件,由于多件模脱模较难实际生产问题的存在,借助 UG 注塑模向导设计了一种带有外部侧抽芯机



- 1—定模座板; 2—侧型芯; 3—型腔镶件; 4—定位圈; 5—浇口套;
6—流道夹板; 7—滑块复位块固定螺钉; 8—定模板; 9—滑块复位块;
10—滑块; 11—斜销; 12—滑块导向槽; 13—侧型芯固定板;
14—动模板; 15—动模固定板; 16—垫板; 17—动模座板;
18, 23—连接螺钉; 19—底板固定板连接螺钉; 20—推杆底板;
21—推杆固定板; 22—拉料杆; 24—上型芯固定板连接螺钉;
25—紧固螺钉; 26—止转销; 27—叶轮; 28—冷却道接口;
29—复位杆; 30—夹板连接螺钉; 31—型芯复位弹簧;
32, 38, 41, 46—导套; 33—上型芯镶件; 34—上型芯固定板;
35—皮圈补块; 36—型芯镶件; 37—型芯导向块; 39—密封板;
40, 42—长导柱; 43, 44—长导套; 45—推板;
47—塑料件(图中未显示零件24, 25, 26, 27, 28)

图8 模具装配图

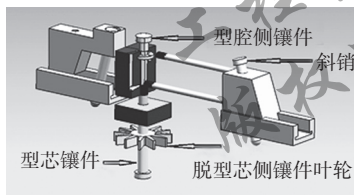


图9 推出系统

构和内螺纹推出机构的一模八腔注塑模具。模具采用两板式结构,外部侧抽芯机构采用滑块,滑块外侧具有螺纹槽和侧型芯,内螺纹的脱模推出采用叶轮+螺旋杆,由推板最终推出制件。生产实践证明,该模具结构新颖,使用效果良好,塑料件外观整洁,冷却快,生产效率高,对企业设计同类注塑模具有一定的借鉴作用。

参考文献

- [1] 郭俐卉,杨志宏. 多功能笔具结构: 中国,201420368496.3[P]. 2015-02-25.
Guo Lihui, Yang Zhihong. Multi-functional pen structure: CN 201420368496.3[P]. 2015-02-25.
- [2] 游丽华,许海清. 多功能随身笔结构: 中国,201420550308.9[P]. 2015-04-08.
You Lihua, Xu Haiqing. Multi-functional pen structure: CN 201420550308.9[P]. 2015-04-08.
- [3] 王晓瑾. 一种多功能笔的制作方法: 中国,201220684323[P].

2013-05-15.

Wang Xiaojin. A multi-functional pen making method: CN201220684323[P]. 2013-05-15.

- [4] 吴梦玲,张珑,孔凡新,等. 一模多腔平衡式注塑模具结构充填流动不平衡现象[J]. 塑料,2014,43(2):110-113.

Wu Mengling, Zhang Long, Kong Fanxin, et al. Phenomenon of unbalanced flow in balanced injection mold of multi-cavity structure[J]. Plastics, 2014, 43(2): 110-113.

- [5] 李海梅,申长雨,王亚明,等. 优化方法在注塑成型数值模拟中的应用[J]. 机械设计,2000,17(10):30-32,48.

Li Haimei, Shen Changyu, Wang Yaming, et al. Applications of optimization method for numerical simulation of injection mould forming[J]. Journal of Machine Design, 2000, 17(10): 30-32, 48.

- [6] 齐晓杰. 塑料成型工艺及模具设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

Qi Xiaojie. Plastic molding process and mould design[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2011.

- [7] 肖爱民,江洪,杨德勇. UG NX7.0 模具设计从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

Xiao Aimin, Jiang Hong, Yang Deyong. UG NX7.0 mold design from beginning to mastery[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2011.

- [8] 张维合. 注塑模具设计实用教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

Zhang Weihe. Practical tutorials for injection mold design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.