

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.09.017

智能手机外壳精密注塑模设计

南江萍

(西安交通工程学院机械与电气工程学院,西安 710300)

摘要: 为了满足智能手机换代的需要,设计了一副能适用于前、后两代智能手机外壳成型的精密注射成型模具。前代塑件注塑模为三板模,一模两腔布局。模腔成型件材料选用 S136 合金钢,使用 4 个点浇口和 2 个潜伏式浇口对模腔进行浇注,模腔分型线整周均布开设有多处深度为 0.01 mm 的排气间隙,模腔成型件四角增设了 4 个定位锥台及 2 个小导柱,型腔镶件、型芯镶件使用不同温度的冷却水进行温度调节,使用多个且均布的万能斜顶、顶杆等顶出元件对塑件进行均衡顶出,减小了塑件的顶出变形。针对后代外壳模具的开发,只需将前代外壳的成型模腔更换为后代外壳成型模腔,即可实现后代外壳的生产,可有效地提高智能手机新产品的开发效率。

关键词: 智能手机外壳;精密注射成型;薄壁

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)09-0097-05

Design of Precision Injection Mold for Smartphone Shell

Nan Jiangping

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Xi'an Traffic Engineering Institute, Xi'an, 710300, China)

Abstract : In order to meet the needs of the smartphones replacement, a precision injection molding mold was designed that can be applied to mold the shell of current generation and next generation smartphone shell. The injection mold of the current generation shell was a three-plate mold with a two-cavity layout. S136 alloy steel was selected as the material of cavity forming parts. Cavities were gated using 4 point-gates and 2 submarine gates. There were many exhaust gaps with a depth of 0.01 mm on the parting line of the cavity. 4 positioning cones and 2 small guide pins were added to the four corners of the cavity forming part. Cooling water with different temperature was used for temperature adjustment of cavity inserts and core inserts. The plastic parts were uniformly ejected by using a plurality of uniformly distributed all-powerful lifters, ejector, which reduced the ejection deformation of the plastic parts. For the development of the next generation shell mold, it is only necessary to replace the current generation shell's molding cavity with the next generation shell's molding cavity, the production of the next generation shell can be realized, which can effectively improve the development efficiency of new smartphone products.

Keywords : smartphone shell ; precision injection molding ; thin-wall

在智能手机产品研发和制造过程中,出于产品换代速度快的特点,产品零部件的制造一般多采用更新换代的灵活制造策略^[1-4],其优点是,针对后代产品的制造,只需在前代产品生产工装设备的基础上,进行部分工装设备的改造或工装设备中部分部件的改造,即可实现后代产品硬件的快速生产^[5-7]。例如,在智能手机外壳注射成型生产中,为适应新品手机快速上市的需要,除了在塑件结构上进行必要的结构改进外,塑件成型模具的制造也采用灵活的

制造策略,即前代产品的外壳成型模具只需更换少部分核心成型部件即可实现后代外壳的成型生产。笔者结合某智能手机外壳的生产,设计了一副能适用于前、后两代智能手机外壳成型的精密注射成型模具。

1 智能手机前、后两代外壳结构

某智能手机前、后两代外壳结构如图 1 所示。前代外壳的基本尺寸为 112.7 mm×63 mm,后代外壳的基本尺寸为 113 mm×60 mm。两代塑件

基金项目: 陕西省教育厅专项科研计划项目 (20JK0744)

通信作者: 南江萍,硕士,副教授,从事电气智能控制、信息设备制造研究

收稿日期: 2022-07-18

引用格式: 南江萍. 智能手机外壳精密注塑模设计 [J]. 工程塑料应用, 2022, 50(9):97-101.

Nan Jiangping. Design of precision injection mold for smartphone shell[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(9):97-101.

材料均使用聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)合金材料,收缩率为0.45%~0.51%。鉴于装配的需要,在图1a所示的前代外壳结构中,塑件结构相对较为复杂,主要体现为塑件内壁上设置有较多的子特征,包括设置在塑件左、右两侧内壁上的多个倒勾特征,内壁凹槽特征,上、下端内壁上的筋特征及螺丝过孔特征等。塑件本体侧壁壁厚0.65 mm,屏幕面壁壁厚0.5 mm。在拔模角度设置中,位于外观面一侧的拔模角度取 0.6° ,内表面一侧的拔模角度取 0.4° 。在加强筋设置中,其平均壁厚为0.3 mm,高度1.2~1.8 mm,根部的圆角半径为0.12~0.18 mm,平行加强筋之间的距离控制在1.5 mm以上。在螺柱设置中,螺柱孔平均壁厚为0.55 mm,螺柱与屏幕面壁底面结合处设置有平均厚度为0.3 mm的加强筋。塑件尺寸精度要求为MT4级。以上结构特点是保证前代外壳发挥其使用功能的基本保证,是塑件需要采用精密注射成型的原因^[8-12],同时也是塑件模具设计的难点。

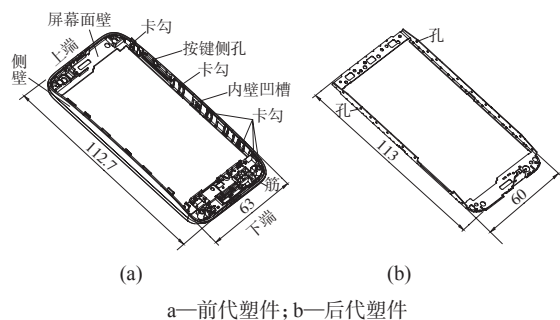


图1 智能手机前、后代外壳结构

图1b所示的后代外壳结构特点为:其外形尺寸与前代塑件相近,结构比前代塑件简单,上、下端内壁没有加强筋、螺柱等特征,左、右两侧内壁无倒扣特征,只是左、右两侧外壁上有多处侧孔,这些侧孔都为简单侧直孔。

在两代外壳结构中,前代外壳的结构较为复杂,后代外壳的结构相对较为简单,没有内壁倒扣等需要实施内侧抽芯的特征,因而,两代外壳的模具可设计成沿用型模具,即后代模具的设计只需更换模腔成型件,并舍弃前代模具的一些内侧抽芯机构,这样可有效提高智能手机新产品的开发效率。以下着重介绍前代外壳的模具结构设计。

2 成型模腔设计

前代外壳精密模具设计的核心在于合理地设计成型模腔,以及成型模腔成型所需的各分系统。模腔布置如图2所示。为保证模腔成型的精密性,对其进行如下设计:

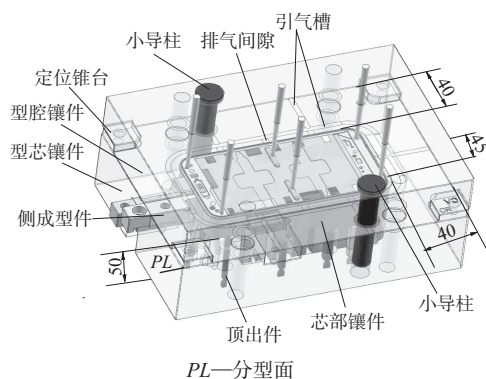


图2 模腔布置

(1) 单个模腔的分型面PL面采用平面分型面,在降低加工难度的同时,也利于排气间隙的开设。

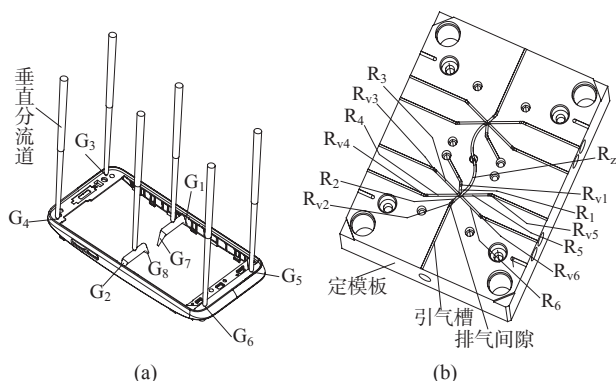
(2) 模腔成型件材料选用 $0\sim 200^\circ\text{C}$ 温度区间内热膨胀系数相对较小的S136(热膨胀系数 $11.2\times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$)以最大程度保证成型件的成型尺寸精度。S136的应用特点是耐磨损、耐腐蚀、使用寿命长、热处理硬度可达HRC50~55,抛光性能好,能保证塑件外观的高光洁度。为保证成型件强度,模腔四周单边留40 mm宽度,型腔一侧顶面留45 mm厚度,型芯一侧底面留50 mm厚度。

(3) 为保证型腔镶件、型芯镶件复位闭合精度,型腔镶件、型芯镶件的四角使用4个定位锥台进行定位,且使用两个小导柱进行导向,以确保型腔镶件、型芯镶件复位精度为0.01 mm。

(4) 塑件的壁厚相对较薄,为薄壁塑件,模腔充填时,模腔内气体的充分排出是保证塑件成型尺寸精确的前提,因而型腔镶件、型芯镶件都须采取充分排气措施,型腔镶件分型线的周围,必须设置多个排气间隙,排气间隙深度为0.01 mm,腔内气体经引气槽引出模腔外;在型芯镶件一侧,借助多个顶出件的安装间隙进行排气。

(5) 采用多点浇注。因塑件壁厚非常薄,料流在模腔内的流动较为困难,为保证模腔得到充分充填,模腔采用均布式6个浇口进行充填,如图3所示,其中,浇口 G_1 和 G_2 为潜伏式浇口,进浇口直径为0.8 mm;浇口 $G_3\sim G_6$ 为点浇口,进浇口直径为0.8 mm。为平衡浇口 G_1 和 G_2 与塑件自动分离时的受力,设置了潜伏式浇口 G_7 和 G_8 ,以防止 G_1 和 G_2 拉坏塑件。潜伏式浇口 G_1 和 G_2 分别由两条垂直分流道间接供料,点浇口 $G_3\sim G_6$ 分别由各自对应的垂直分流道直接供料。在各浇口的流道设置中,先由主流道 R_z 给6个水平分流道 $R_1\sim R_6$ 供料,再由各水平分流道给各自对应的垂直分流道 $R_{v1}\sim R_{v6}$ 供料。

供料; 流道必须排气, 水平分流道 $R_1 \sim R_6$ 的末端设置有深度为 0.01 mm 的排气间隙及相应的深度为 0.5 mm 的引气槽。



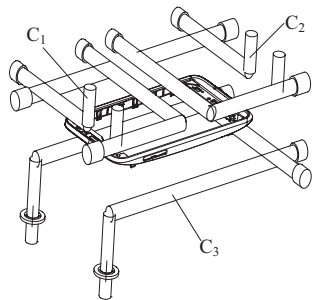
$G_1 \sim G_8$ —浇口; R_2 —主流道; $R_1 \sim R_6$ —水平分流道;

$R_{v1} \sim R_{v6}$ —垂直分流道

a—浇口; b—流道;

图3 浇口设置

(6) 使用差异化冷却方式对模腔进行冷却, 如图4所示, 型腔镶件使用 C_1 和 C_2 两条冷却水管道进行冷却, 型芯镶件使用一条冷却水管道 C_3 进行冷却, 这样设置可确保型腔镶件中的外观面能获得更为快速的冷却, 先收缩而脱离型腔镶件成型面, 在获得高光外观效果的同时, 确保内表面后收缩而留于型芯镶件上; 同时, 也便于型腔镶件、型芯镶件采用不同温度的冷却水进行调节。冷却水管道使用 $\varnothing 10$ mm 管道, 对于管道 C_1 和 C_2 , 其进、出口温差小于 3°C , 对于管道 C_3 小于 5°C 。

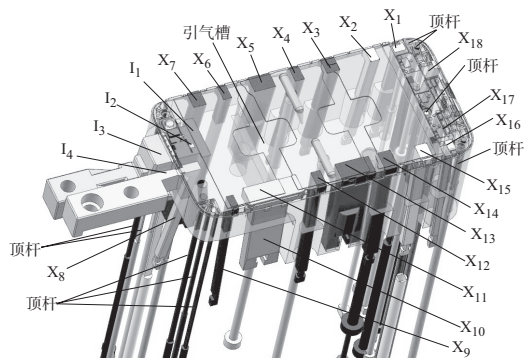


$C_1 \sim C_3$ —冷却水管道

图4 冷却水管道

(7) 为尽可能减小塑件的顶出变形, 采用多个顶出元件均衡顶出塑件。鉴于塑件为薄壁塑件的缘故, 在顶出时, 由于塑件各区域间的顶出受力不同, 塑件上各顶出区域之间的变形将会产生较大差异, 从而导致塑件最终被顶出脱模时产生很大的变形, 而造成成型塑件整体尺寸超差, 使塑件变成残次品, 因而, 在塑件脱模机构设置中, 除针对卡勾、侧槽等特征设置必要的斜顶顶出机构外, 在塑件前、后端内壁

区域, 针对筋特征、孔特征等设置了圆顶杆、方顶杆等类型顶出元件, 以最大可能减小塑件因局部区域顶出力差异而造成的变形, 如图5所示。针对局部区域, 设置了 $I_1 \sim I_4$ 等镶件实施局部抽芯脱模。为减小顶出脱模时塑件在型芯镶件上的真空吸附力, 型芯镶件中央部位设置了两处引气槽, 通过对应的排气间隙将大气气压引入真空区域以平衡顶出时的真空吸附力。另外, 多个顶出机构元件的设置, 增加了型芯镶件一侧的排气间隙, 有利于注塑时封闭模腔内气体的迅速排出。



$X_1 \sim X_{18}$ —斜顶; $I_1 \sim I_4$ —镶件

图5 脱模机构

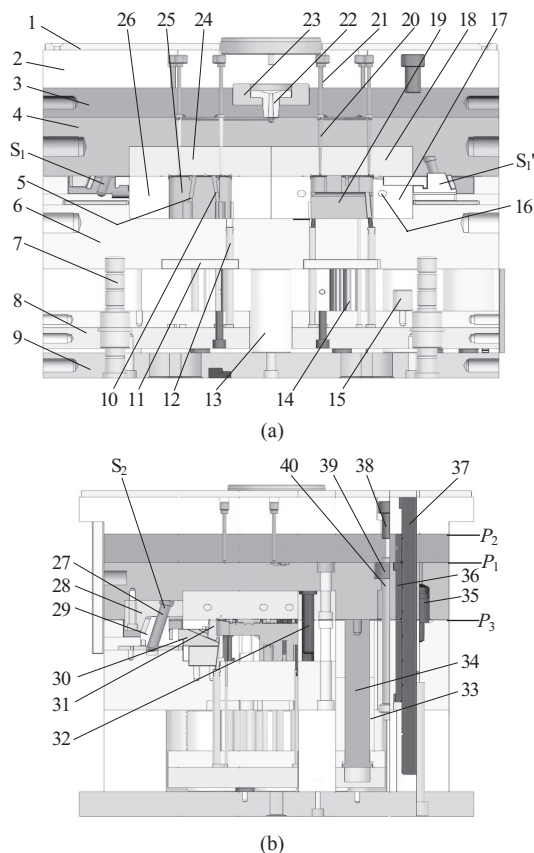
(8) 为了保证塑件关键尺寸的成型精度达到 MT4 级, 模腔成型件中的型腔镶件、型芯镶件、芯部镶件及斜顶头等的关键尺寸精度应控制在 IT5 ~ IT6。

3 模具结构与工作过程

3.1 模具结构

模具结构如图6所示^[13-15]。模具模腔布局为一模两腔。模架使用三板模模架, 有三次分型打开 (开模面 P_1, P_2, P_3)。在模具中, 包括斜顶 10 在内的两个模腔中的所有斜顶都采用万能斜顶结构形式, 即斜顶 10 由杆式斜顶座 12 顶出, 杆式斜顶座 12 的顶端设置有 T 型槽, 斜顶 10 通过其下端的 T 型截面导轨安装在杆式斜顶座 12 顶端的 T 型槽内, 且可以滑动, 这样设置可以在保证斜顶 10 的侧抽芯行程前提下, 有效缩减模具的整体周围尺寸, 节省成本。由于杆式斜顶座 12 顶出时稳定性的需要, 需要设置黄铜耐磨板 11 对其进行导向, 黄铜耐磨板 11 上开设对应的导向孔与杆式斜顶座 12 的圆杆部分的配合为滑动间隙配合, 而其顶杆 14 等其它顶出元件穿过黄铜耐磨板 11 上对应的孔时须采用避空方式穿过。在两个模腔的成型件中, 第一个模腔的成型件包括零件 17 ~ 19, 第二个模腔的成型件包括

零件 24~26,两个模腔的成型件都使用独立形式镶件,便于成型模腔的修配和更换。为充分保证料流的流动性,浇口套 22 使用套环 23 固定在流道板 3 上,可有效缩短流道长度。



- 1—隔热板;2—面板;3—流道板;4—定模固定板;
5,10—斜顶;6—动模固定板;7—推板导柱;8—推板;
9—底板;11—黄铜耐磨板;12—杆式斜顶座;13—支撑柱;
14—顶杆;15—限位块;16—水道;17,26—型芯镶件;
18,24—型腔镶件;19,25—芯部镶件;20—流道;
21—拉料杆;22—浇口套;23—套环;27—斜导柱;28—锁紧块;
29—滑块;30—中间驱动块;31—抽芯小型芯;32—小导柱;
33—复位弹簧;34—复位杆;35—开闭器;36—副导柱;
37—主导柱;38—短拉杆;39—弹簧;40—长拉杆;
 $P_1 \sim P_3$ —开模面; S_1, S_2 —斜导柱滑块机构

a—侧视图;b—前视图

图6 模具结构

在模具中,其中一个模腔设置的两个斜导柱滑块机构为 S_1 和 S_2 , S_1 用于塑件左侧外壁按键侧孔的侧抽芯, S_2 用于塑件前端内壁的竖直抽芯;对应另一个模腔的两个斜导柱滑块机构为 S_1' 和 S_2' 。模架中使用 8 个导柱(4 个副导柱、4 个主导柱)进行导向,其中 4 个副导柱 36 用于增强定模固定板 4 和动模固定板 6 的导向,4 个主导柱 37 用于流道板 3、定模固定板 4 和动模固定板 6 运动的基础导向。模

具的顺序开闭使用常规的控制元件开闭器 35、短拉杆 38、弹簧 39、长拉杆 40 进行控制。

3.2 工作过程

模具工作过程为:

(1) 注塑。模具闭合,经注塑、保压、冷却等过程后,等待开模。

(2) P_1 面打开。模具动模后退,弹簧 39 撑开,模具首先在 P_1 面处打开,打开时,流道废料与塑件分离。

(3) P_2 面打开。动模继续后退,模具在 P_2 面处打开,流道废料从流道板 3 上脱落。

(4) P_3 面打开。动模继续后退,模具在 P_3 面处打开,塑件从型腔镶件 18,24 中脱出,留于动模一侧成型件上;同步地,4 个滑块机构完成侧抽芯动作。

(5) 顶出。动模继续后退,推板 8 被注塑机顶杆顶住,随着动模的继续后退,塑件被斜顶、顶杆等从芯部镶件 19,25 上顶出而完全脱模。

(6) 复位闭合。塑件脱模完毕,注塑机动模板推动模具动模按上述过程反复合位,复位后,模具开启下一注塑循环。

4 结论

针对智能手机外壳换代的需要,设计了一副能适用于前、后两代智能手机外壳制造的精密注射成型模具。在成型模腔设计中,成型件选用热膨胀系数小、耐磨、抛光性能好的 S136 合金钢,型腔镶件、型芯镶件闭合时增加定位锥台和小导柱增强定位,模架设置主导柱、副导柱两套导向机构增强定位,模腔流道末端增设排气间隙,采用多浇口浇注系统以确保模腔获得充分充填,型腔镶件加强冷却以获得差异性温度控制,多个顶出元件均衡顶出,以减小塑件的顶出变形,成型件关键尺寸制造误差控制在 IT5~IT6 级。

参考文献

- [1] 曹轶杰,陈进武,张文凤,等.基于 Moldflow 和 UG 的手机前盖模具设计[J].塑料工业,2020,48(1):46-50.
Cao Yijie, Chen Jinwu, Zhang Wenfeng, et al. Design of injection mold for mobile phone cover based on UG and Moldflow softwares[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(1):46-50.
- [2] 邹金红,杨敏敏,罗华云.基于某款手机后盖模具设计及工艺优化研究[J].塑料工业,2020,48(1):73-77.
Zou Jinhong, Yang Minmin, Luo Huayun. Based on a mobile phone back cover mold design and process optimization research[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(1):73-77.
- [3] 刘玲,王晓晶.基于 CAD/CAE 的手机后盖注射模具优化设计[J].工程塑料应用,2011,39(12):78-80.

- Liu Ling, Wang Xiaojing. Optimal design of injection mold for mobile phone back cover based on CAD/CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(12):78–80.
- [4] 曹争. 基于 Moldflow 的手机后壳精密注塑模设计 [J]. 塑料工业, 2017, 45(5):65–68, 72.
- Cao Zheng. The design of precision injection mold of mobile shell based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(5):65–68, 72.
- [5] 周建安. 手机背夹电池内盖包胶注射模具设计 [J]. 中国塑料, 2019, 33(3):97–100.
- Zhou Jianan. Design of injection encapsulation mold for inner cover of back clamp battery used for cell phone[J]. China Plastics, 2019, 33(3):97–100.
- [6] 王鑫, 杜林芳, 蔡龙飞, 等. 手机保护套模内热切模具设计 [J]. 中国塑料, 2020, 34(4):90–95.
- Wang Xin, Du Linfang, Cai Longfei, et al. Mold design for mobile phone cases based on hot-cutting in-mold[J]. China Plastics, 2020, 34(4):90–95.
- [7] 彭响方, 林海杰, 孙树秋, 等. 基于 CAD/CAE 技术的超薄手机外壳模具设计 [J]. 工程塑料应用, 2007, 35(8):56–59.
- Peng Xiangfang, Lin Haijie, Sun Shuqiu, et al. Design of injection mould for ultra-thin mobile phone cover based on cad/cae technology[J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(8):56–59.
- [8] 范勇达. 手机壳注射模设计 [J]. 模具制造, 2018, 18(7):27–31.
- Fan Yongda. Design of injection mold for cell phone shell[J]. Die & Mould Manufacture, 2018, 18(7):27–31.
- [9] 孙国智, 黄仲庸. 手机底壳塑料模具设计 [J]. 模具技术, 2021(5):37–41.
- Sun Guozhi, Huang Zhongyong. Design of plastic mould for mobile phone bottom case[J]. Die and Mould Technology, 2021(5):37–41.
- [10] 王鑫, 李立尧, 李程, 等. 手机保护壳模内装饰注塑模具设计 [J]. 中国塑料, 2018, 32(12):138–142.
- Wang Xin, Li Liyao, Li Cheng, et al. Design of in-mold decorated injection mold for mobile phone protective case[J]. China Plastics, 2018, 32(12):138–142.
- [11] 张洪军, 胡翠雯, 何紫媚, 等. 基于 Creo 的模具成型零件设计及数控仿真加工 [J]. 机械工程师, 2020(9):8–9, 13.
- Zhang Hongjun, Hu Cuiwen, He Zimei, et al. Design and numerical control simulation of mold forming parts based on Creo[J]. Mechanical Engineer, 2020(9):8–9, 13.
- [12] 高贾顺. 一种手机镜片模具模仁表面雾化加工新方法 [J]. 装备制造技术, 2018(11):160–163.
- Gao Jiaoshun. New method for surface atomization of the mold cavity of the mobile lens[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2018(11):160–163.
- [13] 狄金叶, 黄海龙, 宋杰, 等. 基于 CAE 技术的后壳体点浇口热流道模具设计 [J]. 塑料工业, 2017, 45(4):56–60.
- Di Jinye, Huang Hailong, Song Jie, et al. Design of hot runner mould for post shell point gate based on CAE technology[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(4):56–60.
- [14] 梁士红. 顺序分型点浇口自动脱料塑封定子注塑模设计 [J]. 塑料, 2015, 44(3):92–94.
- Liang Shihong. Designing of sequence parting point-gating automatic stripping injection molding for plastics packed stator[J]. Plastics, 2015, 44(3):92–94.
- [15] 刘红燕. 助力筒带 2 种多次抽芯机构热流道注射模设计 [J]. 中国塑料, 2021, 35(1):103–109.
- Liu Hongyan. Design of hot runner injection mold with two types of multiple core-pulling mechanisms for booster cylinder[J]. China Plastics, 2021, 35(1):103–109.