

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.05.018

汽车摆臂钩成型 CAE 分析及注塑模具设计^{*}

赵战锋

(温州职业技术学院机械工程系,浙江温州 325035)

摘要:应用成型 CAE 分析技术,优化了汽车摆臂钩塑料件的注塑成型工艺方案。确定了分型设计方案和模腔布局。依据模腔布局,设计了一模两腔模具结构。针对 C_1 、 C_2 、 C_3 三个难脱模特征,对应地设计了三种特殊的脱模机构,特别是针对 C_3 圆弧弯钩特征的脱模,其机构设计创新性地采用油缸驱动圆弧镶件脱模,同时采用斜导柱驱动锁块对圆弧镶件进行锁止的复合抽芯机构,解决了型芯内设计空间不足的问题,保证了成型件工作的稳定性,减少了机构设计所需的空間,降低了模具制造成本。

关键词:注塑模具;CAE 分析;注塑工艺;优化;机构设计

中图分类号: TQ320.66+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)05-0095-06

Molding CAE Analysis and Injection Mold Design of Automobile Swing Arm Hooks

Zhao Zhanfeng

(Department of Mechanical Engineering, Wenzhou Vocational & Technical College, Wenzhou 325035, China)

Abstract : The injection molding process of swing arm hooks plastic parts was optimized by using molding CAE analysis technology. The parting design and cavity layout were determined. The mold with two cavities was designed according to the cavity layout. Three kinds of special demoulding mechanism were designed according to the three difficult demoulding characteristics of C_1 , C_2 and C_3 . Especially for the characteristics of C_3 arc bending hook, its mechanism design innovatively adopts cylinder driving arc insert demoulding, the demoulding mechanism with the feature of using slanting guide pillar driven block to lock arc insert design is adopted. The design solves the problem of insufficient design space in the core, ensures the stabilities of the forming parts, reduces the space needed for the mechanism design and the manufacturing cost of the mold.

Keywords : injection mold ; CAE analysis ; injection process ; optimization ; mechanism design

汽车机构零件中塑料零件的占比非常大,依据汽车中塑料件的用途可分为三个方面^[1-3]:一是汽车外饰件,包括前、后灯总成,轮毂外饰件、行李支架、踏板总成等;二是内饰件,内饰件需采用注塑工艺成型,以满足消费者的高档次消费需要,如仪表台、仪表板、空调出风口面板、中控台面板、媒体中控台等;三是满足功能需要的结构性塑料件,如发动机机舱内的空调机构、冷却机构、进气机构以及电路结构件、后备箱内饰塑料件等。由于塑料件本身的结构设计越来越复杂,因而相应的注塑模具设计及注塑工艺也越来越复杂^[4-7]。汽车功能性塑料件的模具结构设计方式已逐步发展成为由成型 CAE 分析为主导方式下的模具设计方式,以应对塑料制品模具成型的高效、精益化实际需求^[8-10]。

1 产品注塑分析

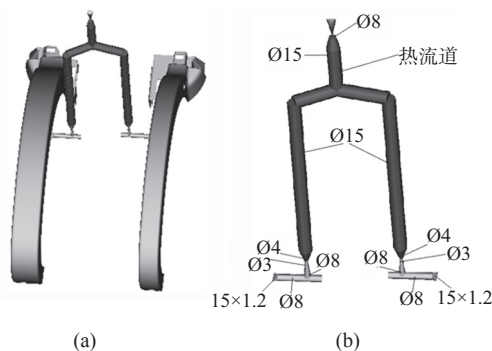
汽车摆臂钩塑料件为一套两个,分别为摆臂 A 和摆臂 B,摆臂 A 的外形尺寸为 538 mm × 229 mm × 39 mm,摆臂 B 的外形尺寸为 538 mm ×

229 mm × 25 mm。考虑到两者的结构基本相同,故以摆臂 A 为例进行注塑模具设计。摆臂 A 的结构如图 1 所示。产品为薄壁件,壁厚 2 ~ 2.8 mm,材料选用牌号为 API-C15 的聚丙烯 (PP)(金发公司),其平均收缩率为 1.2%。考虑到 PP 塑料件成型后的收缩时间长达几个月,故指定 6 个月内的收缩率为 1.6%,客户指定注塑型腔布局为一模两腔。摆臂 A 产品的主体特征构成中,其截面为三面环包型槽,如图 1 中 G-G 剖视图所示,其几何中心曲线主要由直线和圆弧相切构成(H-H 剖视图)。产品有以下五个特征:(1) 扫略路径上 R55 所在处的圆弧大角度转向所形成的弯勾形特征 C_1 ; (2) $\varnothing 14$ 的斜孔特征 C_2 ; (3) $\varnothing 11$ 的侧边孔特征 C_3 ; (4) 复杂的挂台特征 C_4 ; (5) 产品整体为非规则形异形件,无明确的水

^{*} 浙江省教育科学规划 2017 年度研究课题 (2017SCG191)

联系人: 赵战锋, 硕士, 讲师, 模具设计师, 主要从事材料成型工艺及模具技术教学和研究工作

收稿日期: 2017-03-06

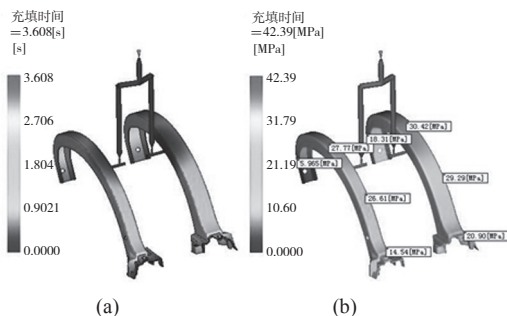


a—浇注模型; b—浇口及流道系统

图3 浇口设计

析,主要结果如图4所示。在注塑时间分布上,注塑到达两个产品末端相同位置的时间接近,料流流动较为平衡,两个产品注塑压力均低于35 MPa,不会出现烧焦等问题,产品末端注塑压力相差不大,气孔较少,熔接痕较少,前沿温度差控制在20℃内,无紊流等;剪切应力在材料的性能范围内。翘曲量相对较小,主要产生在产品的末端,引起原因主要为收缩

不均,其翘曲量为5.741 mm,在材料的收缩变形控制域内,可以接受;进一步通过加强冷却等改进作用不大,主要通过改善保压手段来进一步降低绝对变形量较为可行。



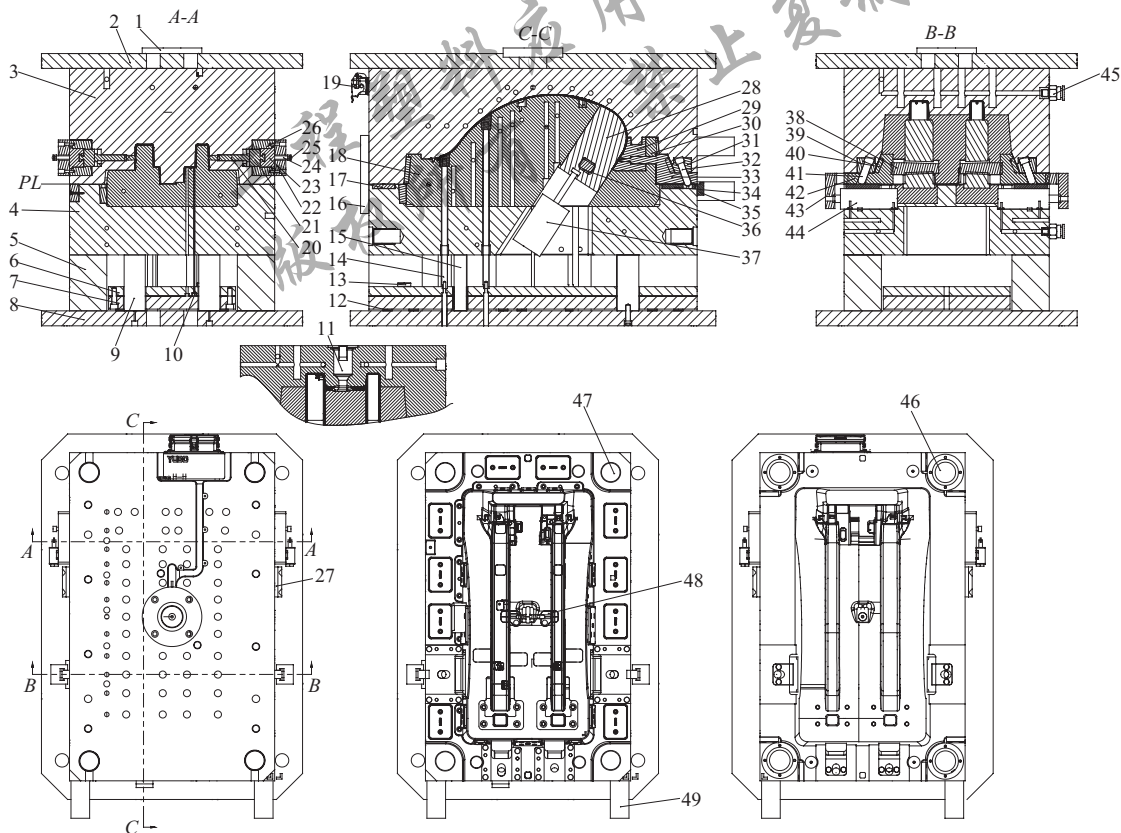
a—注塑时间; b—注塑末端压力

图4 CAE分析结果

3 模具设计

3.1 模具整体结构设计

基于前述CAE注塑分析结论,在保证注塑质量的前提下,产品的模具结构设计如图5所示。



1—定位圈;2—上面板;3—A板;4—B板;5—模脚;6—顶针面板;7—顶针推板;8—底板;9—支撑柱;10—顶杆;11—热流道嘴;12—垃圾钉;13—限高块;14—圆形镶件;15—中托司;16—锁模片;17—平衡块;18—型芯主镶件;19—加热控制模块;20—C₃侧圆镶件;21—C₃侧抽芯滑块;22—C₃侧滑块座压条;23—C₃驱动滑块;24—限位螺杆;25—行程触头;26—C₃侧滑块座;27—C₃油缸;28—C₁圆弧镶件;29—C₂成型镶件;30—C₂尾端支撑块;31—C₂斜导柱压块;32—C₂斜导柱;33—C₂滑块体;38—锁销耐磨块;39—锁销滑块压紧块;40—锁销滑块耐磨板;41—锁销斜导柱;42—锁销滑块体;43—中间联结板;44—锁销滑块驱动油缸;45—快速接头;46—导套;47—导柱;48—流道镶件;49—保护柱;PL—分型面

图5 模具结构

模具布局一模两腔,采用两板模结构。模架采用 LKM4545-A250-B250-C150 标准模架改装模架。浇注系统采用如图 3 所示的冷热流道结合系统,热流道嘴采用 Yudo TINA EP08 型热流道嘴,共设置有三个,一个为主流道热流道嘴,另外两个为分流道热流道嘴,分别对摆臂 A 和摆臂 B 进行浇注。成型件设计中,型腔成型件采用整体式,即从 A 板 3 上直接铣削加工出型腔,以增强型腔的强度;而型芯成型件则采用镶件镶拼方式,即将产品的型芯主镶件 18 等单独加工,而后通过螺钉等零件紧固安装于 B 板 4 所开设的型芯镶件槽内,在保证结构强度的同时以降低零件加工难度。冷却系统采用水冷方式,管道直径为 8 mm,能调控 A 板 3 和 B 板 4 的温度介于 25~70℃之间,同时,需控制型芯温度比型腔温度低 5℃以上。模具必须有良好的排气,排气槽深 0.025~0.038 mm,开设于产品分型线边缘。导向系统采用导柱导套导向方式,同时,为保证模腔闭合的密封性,采用平衡块 17 来保证型腔、型芯的配合;导柱、导套周围设计加工有虎口,以保证型腔、型芯闭合的稳定性。产品最终由顶杆 10 顶出,顶杆 10 的直径为 8 mm,共设计有 8 根;冷流道的顶出设计有拉料杆顶出,拉料杆直径为 8 mm。

C₁~C₃ 三个特征分别采用对应的侧抽芯滑块机构进行抽芯脱模,C₄ 则由顶杆顶出脱模。

C₁ 特征的脱模由 C₁ 脱模机构完成,C₁ 脱模机构组件包括 C₁ 圆弧镶件 28,C₁ 成型块锁销 36,C₁ 油缸 37,锁销耐磨块 38,锁销滑块压紧块 39,锁销滑块耐磨板 40,锁销斜导柱 41,锁销滑块体 42,中间联结板 43 及锁销滑块驱动油缸 44。

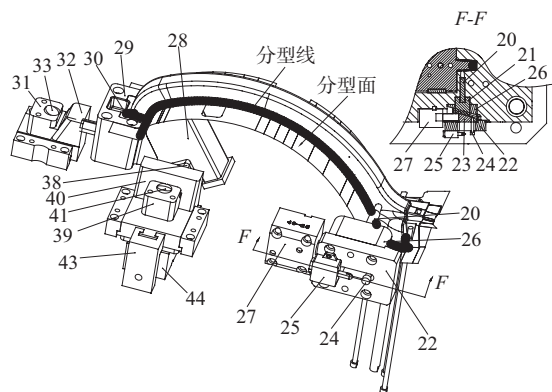
C₂ 特征脱模的脱模机构组件包括 C₂ 成型镶件 29,C₂ 尾端支撑块 30,C₂ 斜导柱压块 31,C₂ 斜导柱 32,C₂ 滑块体 33,耐磨板 34 及 C₂ 滑块行程限位块 35。

C₃ 特征脱模的脱模机构组件包括 C₃ 侧圆镶件 20,C₃ 侧抽芯滑块 21,C₃ 侧滑块座压条 22,C₃ 驱动滑块 23,限位螺杆 24,行程触头 25,C₃ 侧滑块座 26 及 C₃ 油缸 27。

C₄ 特征脱模时直接由型芯主镶件 18 上脱模,毋须另外设计脱模机构。

3.2 侧抽芯脱模机构

考虑到浇口位置的设计,及 C₁~C₄ 特征脱模的简单性,产品分型设计中的分型线及分型面设计、C₁~C₃ 特征的脱模机构设计等布局三维图如图 6 所示。



- 20—C₃ 侧圆镶件; 21—C₃ 侧抽芯滑块; 22—C₃ 侧滑块座压条;
23—C₃ 驱动滑块; 24—限位螺杆; 25—行程触头; 26—C₃ 侧滑块座;
27—C₃ 油缸; 28—C₁ 圆弧镶件; 29—C₂ 成型镶件;
30—C₂ 尾端支撑块; 31—C₂ 斜导柱压块; 32—C₂ 斜导柱;
33—C₂ 滑块体; 34—耐磨板; 35—C₂ 滑块行程限位块;
36—C₁ 成型块锁销; 37—C₁ 油缸; 38—锁销耐磨块;
39—锁销滑块压紧块; 40—锁销滑块耐磨板; 41—锁销斜导柱;
42—锁销滑块体; 43—中间联结板; 44—锁销滑块驱动油缸

图 6 脱模机构

(1) C₁ 脱模机构工作原理。如图 6 所示,C₁ 油缸 37 驱动 C₁ 圆弧镶件 28 动作完成 C₁ 弯勾特征的脱模与该处型芯的复位,锁销耐磨块 38 则执行对 C₁ 圆弧镶件 28 复位后的锁闭,防止注塑时注塑压力挤压 C₁ 圆弧镶件 28 而使其松动;开模时,由锁销滑块驱动油缸 44 驱动锁销滑块体 42 及锁销滑块耐磨板 40 向外抽出,解除对 C₁ 圆弧镶件 28 的锁闭,而后再由 C₁ 油缸 37 驱动 C₁ 圆弧镶件 28 动作;同样,依靠模具 A 板 3, B 板 4 的闭合力,锁销斜导柱 41 驱动锁销滑块体 42 复位,从而实现对先复位的 C₁ 圆弧镶件 28 进行锁闭。

(2) C₂ 特征脱模机构工作原理。按图 6 中所示的分型面分型时,C₂ 特征所在的产品末端形成倒弯勾,不容易加工,故单独设计了成型件 C₂ 成型镶件 29,而 C₂ 尾端支撑块 30,C₂ 斜导柱压块 31,C₂ 斜导柱 32,C₂ 滑块体 33,耐磨板 34,C₂ 滑块行程限位块 35 等组成滑块侧抽芯机构,由 C₂ 斜导柱 32 驱动 C₂ 滑块体 33 来实现 C₂ 特征的脱模。

(3) C₃ 特征脱模机构。该机构为油缸转向驱动滑块型脱模机构,如图 6 中的 F-F 剖面所示。机构组件包括 C₃ 侧圆镶件 20,C₃ 侧抽芯滑块 21,C₃ 侧滑块座压条 22,C₃ 驱动滑块 23,限位螺杆 24 及行程触头 25,C₃ 侧滑块座 26 和 C₃ 油缸 27,其工作原理为:C₃ 侧圆镶件 20 安装于 C₃ 侧抽芯滑块 21 上,C₃ 侧滑块座压条 22 与 C₃ 侧滑块座 26 构成滑块座,

C_3 侧抽芯滑块 21 只能在 C_3 侧滑块座 26 内沿 C_3 侧圆镶件 20 的抽出方向移动,而 C_3 驱动滑块 23 在 C_3 油缸 27 的驱动下,沿垂直于 C_3 侧圆镶件 20 的抽芯方向移动, C_3 侧抽芯滑块 21 与 C_3 驱动滑块 23 通过斜 T 型槽联接,从而能有效地缩减模具的长宽尺寸设计,亦能保证 C_3 特征的脱模。 C_3 驱动滑块 23 的移动由限位螺杆 24、行程触头 25 进行行程控制,从而控制 C_3 侧圆镶件 20 的抽芯距离。

4 模具工作原理

结合图 5、图 6,模具的工作周期为 90 s,其工作过程为:

(1) 注塑。模具在 PL 分型面处闭合,注塑机按注塑工艺参数通过热流道嘴对模腔进行注塑,注塑完毕,等待开模。

(2) C_3 特征脱模。开模前, C_3 油缸 27 驱动 C_3 侧圆镶件 20 先完成 C_3 特征的脱模。

(3) C_2 特征脱模。开模时,在注塑机动模板的驱动下,模具在 PL 分型面处打开,打开过程中, C_2 斜导柱 32 驱动 C_2 滑块体 33 完成 C_2 特征的脱模;同步地,锁销斜导柱 41 驱动锁销耐磨块 38 解除对 C_1 圆弧镶件 28 的限位限制。

(4) C_1 特征脱模。模具打开后, C_1 油缸 37 动作,驱动 C_1 圆弧镶件 28 斜抽芯,为后续产品的完全顶出让出空间。

(5) 完全顶出。模具动模继续后退,注塑机顶杆 10 将推动顶针面板 6、顶针推板 7 向上运动,从而推动安装于其上的顶杆 10 将产品从型芯主镶件 18 上完全顶出, C_4 特征亦在此步骤中同步被顶杆 10 等顶出而实现脱模。

(6) 复位。复位时,顶针面板 6、顶针推板 7 先退回复位,而后 C_1 圆弧镶件 28 复位,最后是 PL 分型面闭合;在 PL 分型面闭合过程中,锁销耐磨块 38 锁住 C_1 圆弧镶件 28, C_2 斜导柱 32 驱动 C_2 滑块体 33 复位。 PL 分型面闭合后, C_3 油缸驱动 C_3 侧圆镶件 20 复位,模具完全闭合,等待下一个注塑循环的开始。

5 结论

(1) 针对摆臂产品形状特殊的情况,应用成型 CAE 分析技术对浇口的开设进行优化设计,采用冷、热流道相结合的浇注系统,确定了产品的注塑成型工艺方案。

(2) 结合成型 CAE 分析结论,设计了满足产品成型所需的一模两腔两板模模具结构及各难脱模

特征相应的脱模机构。脱模机构设计包括:用于 C_1 特征脱模的滑块锁止油缸驱动抽芯型脱模机构、用于 C_2 特征脱模的斜导柱驱动型滑块机构,以及用于 C_3 特征脱模的油缸驱动转向抽芯型前模脱模机构。特别是 C_1 特征脱模机构的设计,解决了型芯内设计空间不足的问题,借用斜导柱滑块驱动锁止销对成型滑块进行锁止,以保证成型件工作稳定性,有一定的创新性。

(3) 借助于成型 CAE 技术,减少了模具生产过程中的改模成本,应用诸如 C_2 特征脱模的滑块抽芯机构集成功能模块组件技术,简化了模具结构,满足了模具生产制作高效、周期短、精益化生产的实际需求,极大地提高了模具生产效率,技术应用思路可为同类塑料件的模具设计提供有益的借鉴。

参考文献

- [1] 杨挺. 汽车工业中塑料材料应用的现状及展望[J]. 化工新型材料, 2013, 41(5):1-4.
Yang Ting. Present status and prospects of plastic materials used in automobile industry[J]. New Chemical Materials, 2013, 41(5):1-4.
- [2] 韩崇瑞, 韩振宁, 董超. 试论汽车工业中塑料材料应用的现状及发展前景[J]. 化工设计通讯, 2016, 42(7):47-48.
Han Chongrui, Han Zhenning, Dong Chao. Present situation and development prospect of plastics material application in automobile industry[J]. Chemical Engineering Design Communications, 2016, 42(7):47-48.
- [3] 张文兵, 高慧, 沈建新, 等. 汽车配件“四爪卡子”注塑模具的设计[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(12):71-74.
Zhang Wenbing, Gao Hui, Shen Jianxin, et al. Injection mould design of auto plastic part “Four Claw Clip”[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(12):71-74.
- [4] 付娟. 汽车零部件注塑模具的 CAE 分析及设计研究[J]. 橡塑技术与装备, 2016(12):76-77.
Fu Juan. CAE analysis and design of automotive parts injection mold[J]. China Rubber / Plastics Technology and Equipment, 2016(12):76-77.
- [5] 海争平. 汽车进气弯管侧向抽芯注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(2):83-87.
Hai Zhengping. Design of side-core pulling injection mold for automobile air intake elbow[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(2):83-87.
- [6] 刘色荣, 林有希, 卢月美, 等. 工艺参数对模内覆膜注塑件翘曲变形的影响[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(7):46-51.
Liu Serong, Lin Youxi, Lu Yue mei, et al. Effect of molding processing parameters on warpage deformation of in-mould decoration parts[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(7):46-51.

- [7] 田学军. 注塑模具浇注系统设计及工艺分析[J]. 机床与液压, 2011, 39(12):31-34.
Tian Xuejun. Design and process analysis of feed system for plastic injection mould[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2011, 39(12):31-34.
- [8] 陆龙福. 基于 Moldflow 的汽车门扶手注塑模具设计[J]. 塑料, 2016(6):65-68.
Lu Longfu. Design of injection mould for automobile door arm based on moldflow[J]. Plastics, 2016(6):65-68.
- [9] 贺柳操, 卞平, 肖国华. 双头螺纹花洒旋转式抽芯脱模机构及其注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2016, 44(10):42-45.
He Liucuo, Bian Ping, Xiao Guohua. Design of injection mold and core demoulding mechanism for double thread rotary sprinkler pump[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(10):42-45.
- [10] 和菊芬, 肖国华, 尤建国, 等. 一种注塑模具三向抽芯斜顶机构设计[J]. 模具技术, 2016(2):15-18.
He Jufen, Xiao Guohua, You Jianguo, et al. The design of an injection mould for three core pulling mechanism[J]. Die and Mould Technology, 2016(2):15-18.
- [11] 张建卿, 李云义. 一种多结构滑块注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(4):78-81.
Zhang Jianqing, Li Yunyi. Design for a kind of shaped cover plastic mold with consecutive extracting slider[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44 (4):78-81.
- [12] 张维合. 汽车风箱左盖注塑模设计[J]. 中国塑料, 2014(4):114-118.
Zhang Weihe. Design of injection molds for cars' airtank-lefts[J]. China Plastics, 2014(4):114-118.
- [13] 欧阳波仪. 汽车仪表罩倾斜式多种脱模机构及其注塑模具设计[J]. 塑料工业, 2016, 44(9):70-75.
Ouyang Boyi. Inclined multiple ejection mechanisms for automobile instrument cover and injection mold design[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(9):70-75.
- [14] 杨安, 肖国华, 韩立艳, 等. 汽车油封盖内螺纹脱模机构及注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 41(4):68-72.
Yang An, Xiao Guohua, Han Liyan, et al. Design of car oil seal cover internal thread demoulding mechanism and injection mould[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 41(4):68-72.

欢迎订阅 2017 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘, 请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国合成树脂供销协会会刊, 荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2017 年定价 15 元/期, 全年 180 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊, 荣获多项省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘 (CA) 千种表。2017 年定价 15 元/期, 全年 90 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存, 如需订阅, 请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号 (1973 年) 至 2016 年底共 44 卷 326 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售; 同时也将《化学分析计量》自创刊号 (1992 年) 至 2016 年底

共 25 卷 115 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元; 《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 250 元。

邮局汇款:

收款地址: 济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位: 《工程塑料应用》杂志社

邮编: 250031

电话: (0531)85878223 85878057 85878278

传真: (0531)85947355

银行汇款:

户 名: 山东非金属材料研究所

开户银行: 济南市工商银行经十一路支行

账 号: 1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>