

基于UG NX的压铸模具设计流程

沈华刚^{1,2} 李 伟¹ 吴相省^{1,3}

(1. 郑州科技学院机械工程学院, 郑州 450064; 2. 河南省工程技术研究中心, 郑州 450064; 3. 三一重工股份有限公司, 长沙 410100)

摘 要 以ADC12压铸铝割草机曲轴箱体为例, 介绍基于UG NX压铸模具CAD快速成型系统, 阐述了铝合金压铸模设计的一般流程。通过三维建模对曲轴箱体进行分型面设计, 结合材料特性确定型腔布局与浇注系统方案, 利用UG NX完成型芯、型腔、模架的标准化设计与选型, 设计顶出机构与侧抽芯机构。该系统通过模块化建模, 显著缩短开发周期, 为压铸模具的快速开发提供参考。

关键词 CAD快速成型系统; 压铸模设计; 标准化设计; 模块化建模

中图分类号 TP311; TG249.2

文献标志码 A

DOI: 10.15980/j.tzzz.T20250189

Design System for Die-casting Molds Based on UG NX

SHEN Huagang^{1,2}, LI Wei¹, WU Xiangsheng^{1,3}

(1. Department of Mechanical Engineering, Zhengzhou College of Science and Technology, Zhengzhou 450064; 2. Henan Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450064; 3. Sany Heavy Industry Co., Ltd., Changsha 410100)

Abstract: Taking crankshaft box of ADC12 die-casting aluminum lawn mower as instance, CAD rapid prototyping system based on UG NX die-casting mold was introduced, and the general process of aluminum alloy die-casting mold design was expounded. The parting surface of crankshaft box was designed through 3D modeling, and cavity layout as well as gating system scheme were determined combined with material characteristics. Meanwhile, the standardized design and selection of core, cavity and framework were completed by UG NX to design ejection and side core-pulling mechanism. The system significantly shortens the development cycle through modular modeling, providing technical reference for rapid development of die casting molds.

Key Words: CAD Rapid Prototyping System, Die-casting Mold Design, Standardized Design, Modular Modeling

压铸件是现代工业体系中不可或缺的基础构件, 被广泛应用于汽车轻量化车身、新能源汽车三电壳体^[1]以及3C电子结构件等领域。计算机辅助技术的引入, 让压铸生产逐渐摆脱对人工依赖, 设计、充型和生产排程都可以在计算机中模拟^[2], 减少了材料与时间浪费。浇排系统的布局、冷却水路的走向^[3]以及顶出机构的可靠性, 直接决定最终产品的尺寸精度和表面缺陷率。从产业逻辑来看, 压铸件是下游需求的直接落脚点, 计算机技术是提升工艺可控性的工具, 模具系统则是把数字模型变成实物零件的执行终端。面向未来, 企业在压铸领域的竞争力将更多地取决于材料选型、模具开发和数字化管控等综合水平。李平安等^[4]利用33种热作模具钢的18种性能检测数据建立了热作模具钢性能数据库; 杨光等^[5]建立了汽车模具标准件的选件专家

系统; 汪小平等^[6]建立了压铸工艺参数与缺陷判断的专家系统; 潘振鹏等^[7]建立了应用于压力机锻模具热作模具材料选材方面的专家系统。

压铸模具设计系统二次开发研究取得了很多有益的结果, 但在压铸模架的开发、顶出机构与侧抽芯机构的开发方面报道较少。为此, 本研究从压铸模具设计流程出发, 借助人工智能与大数据技术构建基于UG NX的压铸模具设计系统, 提高压铸模具设计效率。此系统主要应用C语言及UG NX二次开发技术完成压铸模具快速设计工作。针对压铸模具设计过程中数据量庞大且较为复杂的情况, 其能帮助实现压铸模具的快速设计, 并通过分析压铸模具设计的过程数据对整个设计做出优化改进, 在此基础上, 按照压铸模具设计流程使用模块化思想对系统进行设计开发, 旨在为

收稿日期: 2025-05-06; 修订日期: 2025-06-12

基金项目: 河南省科技攻关资助项目(232102211074); 河南省教育厅高校重点研究资助项目(24B460025)

第一作者: 沈华刚, 男, 1980年出生, 副教授, E-mail: 583768867@qq.com

引用格式: 沈华刚, 李伟, 吴相省. 基于UG NX的压铸模具设计流程[J]. 特种铸造及有色合金, 2026, 46(10): 1596-1600.

SHEN H G, LI W, WU X S. Design system for die-casting molds based on UG NX [J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2026, 46(10): 1596-1600.

相关生产企业的模具开发提供参考。

1 压铸件结构及工艺分析

1.1 压铸零件的分析

ADC12 压铸铝曲轴箱见图 1。轮廓尺寸为 146.5 mm×133.7 mm×47.2 mm,平均壁厚为 4.2 mm,曲轴箱压铸件壁厚均匀,这样可以减少压铸过程中铸造应力和变形,曲轴箱的体积为 156 185.6 mm³,表面积为 76 869.8 mm²,质量为 441.7 g,收缩率为 0.5%。表面光滑,粗糙度约为 Ra 1.6 μm,尺寸精度控制在±0.2 mm 以内,起模斜度为 1.5°,曲轴箱的倒扣需要通过侧抽芯机构完成。在制造过程中,通过提高压射速度和模具温度,确保材料快速充填。压铸过程中压射压力为 80 MPa,模具温度控制在 200~250 ℃,压射速度达到 4 m/s,可以确保材料快速充填,减少冷隔。另外,通过优化冷却系统可以减小曲轴箱的尺寸偏差;压铸系统增加排气槽以减少压铸件表面气孔^[8],优化顶出系统和定型工装来减少曲轴箱表面变形,提高锁模力并修复模具分型面可以减少曲轴箱表面毛刺^[9]。

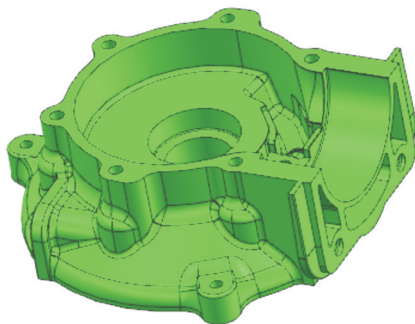


图 1 曲轴箱
Fig.1 Crankcase

1.2 压铸材料分析

ADC12 为 Al-Si-Cu 系合金(Si 质量分数为 9.6%~12.0%),Si 元素显著提升熔融金属的流动性,减少冷隔、缺料等缺陷^[10]。压铸后表面光洁度高,可直接进行电镀、喷涂或阳极氧化处理,满足曲轴箱的表面质量,降低二次加工成本。Cu 元素(质量分数为 1.5%~3.5%)与 Si 的共同作用增强合金耐环境腐蚀能力^[10]。压铸模具寿命长(可达 10 万模次以上),单件成本低。高压压铸(压力 60~100 MPa)充型时间仅 12 s 左右,压铸件尺寸精度达 CT6~CT10 级,减少后期机加工需求^[11]。

1.3 压铸设备与模具设计要求

(1)压铸设备 曲轴箱压铸件常用一模一腔,曲轴

箱投影面积为 15 386 mm²,按 30% 估算出浇注系统面积约为 4 615 mm²,总投影面积约为 20 000 mm²,锁模力为 1 200 kN,因此选用 DCC150 型 1 500 kN 级压铸机。

(2)模具设计要求 模具寿命≥20 万模次,需采用 H13/SKD61 等耐热钢,热处理硬度(HRC)为 48~52,模芯配合公差需≤0.02 mm,避免应力集中,顶针孔需用铰刀精铰至 H7 级公差,φ3.5 mm 以下顶针采用 D 型阶梯顶针(台阶段差≥0.5 mm),顶针位置必须高出凹槽平台 0.1 mm,所有顶针必须各备 10 支以供更换,模具上下模必须做防开卡器,开卡器材料选用 40Cr 调质处理(HRC35-40),滑块座油槽规范三面加工型槽(槽宽为 1.5 mm,深为 0.8 mm,间距为 5 mm)或环形槽(φ2 mm 球头铣刀,同心圆间距为 3 mm),表面粗糙度为 Ra0.8 μm,油路贯通率为 100%^[12]。分型面与浇注系统 R 角处理标准:B 级面进流区为(0.5R±0.05),采用精密 EDM 加工;A 级面分型线直线分型为±0.01 mm,采用五轴高速铣,浇口内移 0.3 mm(需 Moldflow 验证填充压力≤80 MPa),设置 0.5°引流锥角,降低剪切速率。在 T0 试模前完成 3 次设计评审,重点检查顶针系统配合间隙(≤0.015 mm)、防开卡器动作测试(≥500 次无卡滞)、油路流量测试(≥15 mL/min)。

2 系统应用

压铸模智能快捷成型系统设计流程见图 2。在产品开发与制造过程中,首先需对产品的结构进行分析,明确压铸件的技术要求,包括压铸件的材料选定、结构特点、尺寸精度、表面质量要求等,同时考虑产品的壁厚均匀性、起模斜度、圆角过渡等工艺实现的可能性,以避免缩孔、变形等潜在缺陷。压铸模具结构设计的关键环节包括确定分型面的位置,合适的分型面位置可以简化模具复杂度并优化产品成形质量;某些压铸件如果拥有倒扣结构,需要设计滑块与斜顶等侧向抽芯机构;选定模架与导向机构可以保障模具的开合精度;设计合适的顶出机构可以确保产品脱模的完整性;设计合理的浇注系统结构以控制熔融金属的流动;设计合理的排溢系统以消除气孔;规划

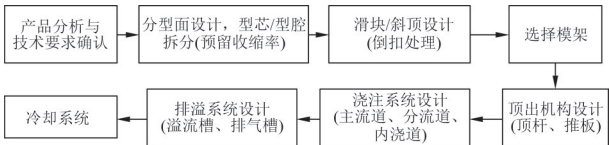


图 2 压铸模具智能快捷成型系统设计流程
Fig.2 Flowchart of intelligent rapid prototyping system design for die-casting molds

冷却系统可以降低模具温度并提升生产效率;最后进行模具零件的详细设计,并选用高性能的模具钢并进行必要的表面处理,生成模具的立体图和二维工程图。

2.1 压铸模具分型面的设计

曲轴箱分型面处于零件最大截面处具有以下优点:便于脱模,减少卡模风险;模具结构更简单,降低模具制造难度;保证了关键尺寸精度、提升表面质量;优化充填与排气效果,减少气孔类缺陷发生,提高产品内部质量。

2.2 模具型芯型腔的生成

曲轴箱压铸模具型芯、型腔生成:导入、修复产品模型→压铸件起模分析,设置压铸件起模角度为 1.5° ,设置材料收缩率为 0.5% ,调整模具坐标系→生成分型面,修补孔洞后创建完整分型区域,通过定义型芯/型腔面生成型芯工件→执行分型操作,分割出型芯和型腔,检查模具相关零件有无干涉现象,最后生成曲轴箱压铸模具型芯和型腔,见图3。

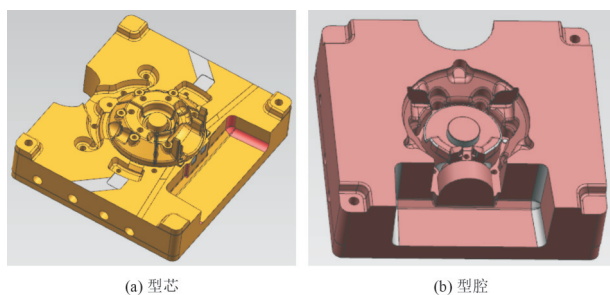


图3 型芯和型腔结构

Fig.3 Structure of core and cavity

2.3 侧抽芯机构的生成

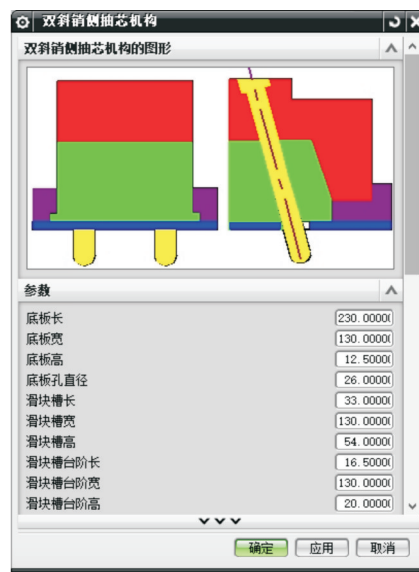
斜导柱抽芯机构包括斜销(传递开合模力,驱动滑块运动)、滑块(承载活动型芯,沿导滑槽往复运动)、楔紧块(合模时锁紧滑块,防止金属液压力导致位移)、限位装置(确保开模后滑块停留位置准确,便于合模复位)。依据压铸件侧孔/侧凹位置确定抽芯方向,避免与分型面干涉;通过公式 $F=AP+\mu F_N$ 估算抽芯力,其中, A 为铸件与侧型芯接触投影面积; P 为包紧力; μ 为摩擦因数; F_N 为法向正压力。结合合金种类和铸件收缩率调整参数设计抽芯距 $h=Stan\alpha$,确保型芯完全脱离铸件^[13]。机构设计中,斜销倾角通常取 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$,抽芯力大或距离短时取小值,直径与长度需满足受力要求,工作段与滑块间隙留 $0.5\sim 1\text{ mm}$;滑块采用T型槽或燕尾槽导滑,导滑面宽度 $\geq 6\text{ mm}$ 以确保稳定性;锁紧块斜角比斜销大 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$,限位装置选用弹簧+挡块或钢珠结构。加工与装配环节,斜销与滑块

孔配合需均匀($H11/h11$ 或双边间隙为 $0.5\sim 1\text{ mm}$),导滑槽表面粗糙度 $\leq Ra1.6$;斜销固定端采用 $H7/m6$ 过渡配合,锁紧块需预紧以承受金属液压力。

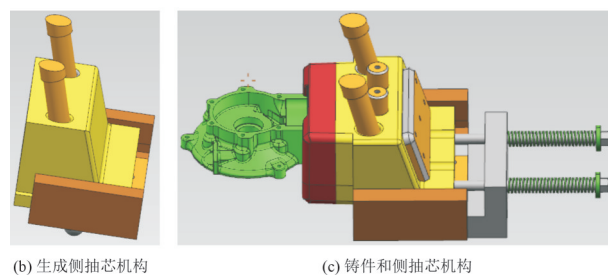
利用C语言进行UG NX二次开发时,侧抽芯机构的基本思路包括以下步骤。

①在NX中建立一个NX部件文件,用C#以NX Open API方式连上NX会话,并建立一个NX部件文件。②编写侧抽芯机构NX部件文件,对其建立压铸模具单斜导柱侧抽芯机构和压铸模具双斜导柱侧抽芯机构的几何特征,并将其保存为用户自定义特征(UDF)。③使用NX Open API来定义UDF的界面,利用NX Open API的类和方法定义UDF属性界面、参数化界面等,包括用到Feature类操作特征,使用Expression类处理特征中出现的表达式,以及Part类来处理部件文件^[14]。④保存UDF并将其添加到部件中,利用NX Open API提供的接口,将设计好特征存储为UDF,将其加入部件中用于后续实例化、应用等。⑤在装配体中遍历所有的零件,可以采用递归的方式遍历装配体中的所有零件,先获取装配体中的组件集,再遍历每一个零件,执行相应的操作^[15]。

图4为调用基于UG NX压铸模具CAD智能快速



(a) 侧抽芯机构参数对话框



(b) 生成侧抽芯机构

(c) 铸件和侧抽芯机构

图4 系统生成的侧抽芯机构

Fig.4 Side core-pulling mechanism generated by system

成型系统的侧抽芯机构对话框,设置参数生成侧抽芯机构。

2.4 压铸模具模架的调用

常规压铸产品标准模架有国际标准:如DME(美标)、HASCO(德标)、FUTABA(日标)和国内标准如龙记(LKM)模架^[16],标准模架分为A/B/C型,适用于不同精度和强度的需求。结构上分二板模架和三板模架,二板模架结构简单,由动模板和定模板组成,分型面一次打开;三板模架增加流道板(中间板),分型面分为两次打开,实现浇注系统与产品的自动分离,适用于多点浇口或点浇口进浇的复杂零件。通过点击“UG NX压铸模具CAD智能快速成型系统”→“模架”进入模架管理对话框。根据产品尺寸选择模架供应商[如LKM(龙记)、FUTABA等]和类型[如DA(细水口三板模架、DA配置托板无推板)、DB(细水口三板模架、DB配置托板与推板)、F、G(细水口模架、F含水口推板、G不含水口推板)等。设置定模板(A板)、动模板(B板)、导柱的参数,生成压铸模架^[17]见图5。

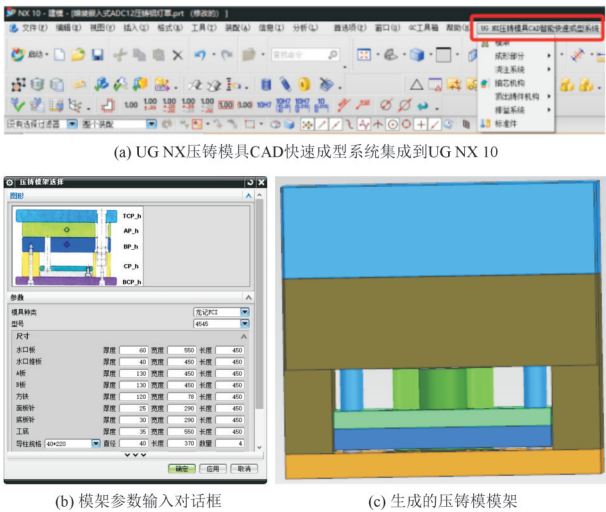


图5 系统生成的模架
Fig.5 Framework generated by system

2.5 压铸模具顶出机构

基于UG NX压铸模具CAD快速成型系统的顶出机构包括顶杆、推管、限位钉/限位圈、复位杆。其中顶杆包括圆顶杆、D形顶杆、扁顶杆、双节圆顶杆、司筒和支撑柱。系统的顶出机构见图6。

顶杆多为旋转体,开发旋转体的思路是:①引入UG OPEN API的库文件,利用Planes.FindObject() as Plane方法创建草图平面。②利用sketchBuilder.Commit()方法实例化草图对象并绘制草图。③利用workPart.Directions.FindObject() as Direction设置旋转轴,

利用revolveBuilder.Angle.RightHandSide设置旋转属性,最后利用CreateRevolveBuilder()方法创建旋转体。点击菜单“顶出铸件机构”→“顶杆元件”,弹出界面见图6a,选择圆顶杆,填入图6b界面参数即可生成圆顶杆。

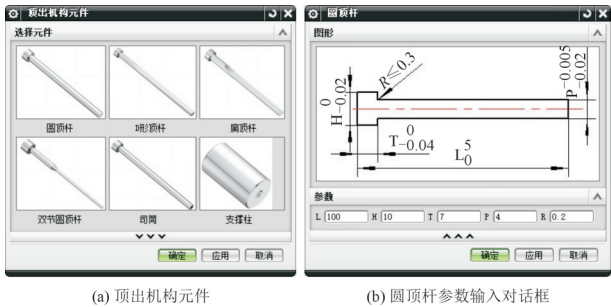


图6 系统的顶出机构
Fig.6 Ejector mechanism of system

2.6 压铸模三维装配图

通过分析铸件的倒扣、加强筋等结构获取产品数据,设置铸件的收缩率(0.5%)调整模型尺寸,预留加工余量,对产品进行分型,选择标准模架,设计抽芯机构、浇注系统、顶出系统,最后得到曲轴箱压铸模具的三维装配图,见图7。

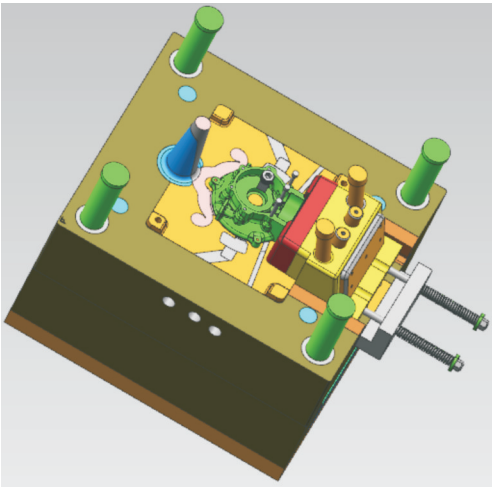


图7 压铸模三维装配图
Fig.7 Assembly diagram of 3D mould

2.7 压铸模二维工程图

生成压铸模三维立体图之后,在UG中可以将其转化为二维工程装配图,其中主视图采用全剖或半剖视图,展示模具内部结构(如浇注系统、冷却水道、铸件、型芯、型腔),俯视图显示模具闭合状态下的上模与下模结构,左/右视图补充表达侧向抽芯机构或复杂装配关系。装配图中要标注装配尺寸,写出技术要求,填写明细表与标题栏。曲轴箱压铸模具的二维装配图见图8,

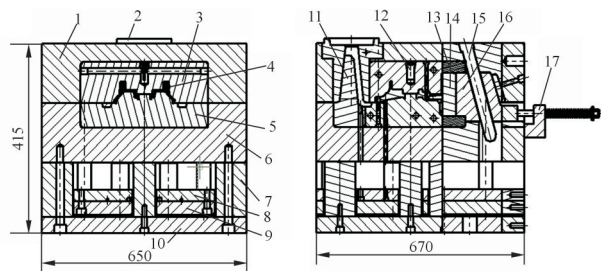


图8 二维装配图

Fig.8 2D assembly diagram

- 1.定模板 2.浇口套 3.型腔 4.铸件 5.型芯 6.动模套板 7.垫块 8.推板固定板 9.推板 10.动模座板 11.分流锥 12.螺钉 13.侧型芯1 14.侧型芯2 15.斜销 16.侧滑块 17.限位块

同时对于非标零件绘制零件图。

3 结 论

以ADC12压铸铝曲轴箱为例,介绍了基于UG NX的压铸模具设计流程,使用UG NX分型面实现曲轴箱分型面的设计,进行曲轴箱模腔布局及浇注系统规划;利用UG NX压铸模具CAD快速成型平台完成型芯、型腔和模架的标准化设计以及顶出机构和侧抽芯机构的设计。实践证明,采用该种快速成型系统可使产品开发周期大大缩减,且大幅提高了设计效率、设计质量。

参 考 文 献

- [1] 季恺.新能源汽车电驱动壳体压铸工艺设计研究[J].现代制造技术与装备,2023,59(12):26-28.
- [2] 韩伟,卢健能,江丽珍,等.铝合金连接支架压铸数值模拟及工艺优化[J].特种铸造及有色合金,2025,45(5):718-722.
- [3] 陈余秋,张帅,张琦,等.锥形件压铸模冷却流道排布研究[J].金属加工(热加工),2013(3):66-69.
- [4] 李平安,褚作明,刘航,等.热作模具钢选材用材专家系统[J].金属热处理,2001(11):13-14,19.
- [5] 杨光,刘剑,刘根生,等.汽车模具标准件选件专家系统中的知识表示方法[J].河北工业大学学报,2004(6):89-93.
- [6] 汪小平,彭玉成,吴炳尧.压铸工艺参数设计及缺陷判断的专家系统[J].特种铸造及有色合金,1994(3):16-19.
- [7] 潘振鹏,王桂棠,蒋周洪,等.压力机锻模具材料优化专家系统[J].机械工程材料,1999,(3):35-39.
- [8] 舒吉平,龚海军,彭军,等.铝合金曲轴后端盖压铸模浇注与排溢系统优化设计[J].材料科学与工艺,2023,31(3):71-80.
- [9] 余效平,韩源吉,李轲,等.改善曲轴箱压铸产线模具跑铝水问题的研究及应用[C]//重庆市机械工程学会铸造分会.重庆,2024.
- [10] 林继兴,童先,楼英超,等.铜含量对近共晶Al-11.6Si合金组织与性能的影响[J].金属热处理,2015,40(6):155-158.
- [11] 宋永康,郭凯飞,田茂松,等.压铸工艺研究进展[J].铝加工,2024(6):8-11.
- [12] 温勇亮,陈燕林,戴二林.汽车中控屏固定支架压铸模设计[J].模

具工业,2024,50(1):51-54.

- [13] 杨宪章.压铸模斜销侧向抽芯机构参数设计分析[J].金属加工(热加工),2010(19):24-26.
- [14] 王保华,苑明海,林元祖,等.基于UG的UDF在粉末冶金模具二次开发中的应用[J].河南科技大学学报(自然科学版),2004(4):10-13.
- [15] 陈鲁,郝大陆,杨志鹏,等.基于UG二次开发的整车车身模型BOM重构的研究与应用[J].模具工业,2020,46(3):6-11.
- [16] GB/T 44530-2024压铸模模架[S].
- [17] 于彦东,满志强,姚秀荣.压铸模标准模架参数化设计[J].电脑学习,2001(6):7-8.

(编辑:张正贺)

《特种铸造及有色合金》征订启事

《特种铸造及有色合金》杂志是中国科学技术协会主管、中国机械工程学会铸造分会和武汉机械工艺研究所共同主办的全国性科技期刊,是对国内外公开发行的中文核心期刊,中国科技论文统计与分析用刊,INSPEC、CA、MA、AJ、JST、Scopus等国内外权威数据库及检索系统收录期刊,并获得全国优秀科技期刊一等奖、国家期刊奖、新中国60年有影响力的期刊、湖北省十大有影响力的自然科学期刊等。

本刊主要报道各种(黑色和有色合金)特种铸造方法、各种有色合金及复合材料成形的理论、工艺、设备、材料、测试与控制、计算机应用等方面的科技成果、生产技术和现场经验,并报道各相关学科和交叉学科,如挤压铸造(液态模锻)、半固态加工、电子封装、高熵合金、非晶合金(金属玻璃)、焊合、粉末冶金、合金化、热处理、表面处理等方面的学术研究和最新技术信息以及上述内容的国内外发展动向、行业活动、学术会议、消息动态等。

本刊诚征国内外广告,业务范围:铸造及有色合金材料、辅助材料、铸造及相关设备、铸造生产线、测控与控制设备、仪器仪表、计算机应用软件、铸造展会等。

本刊为月刊,标准(大)16开,邮发代号38-109。邮发订价每期20元,全年240元。全国各地邮局均可订阅,也可直接向本刊编辑部邮购,本刊还提供过刊、压铸宝典和年会专刊邮购服务。

特种铸造及有色合金杂志社(武汉)有限公司

地址:武汉市江岸区建设大道融玺1001大厦11楼

邮编:430019

电话:027-85358206,85486024,

85358127

投稿网址:www.special-cast.com

邮箱:tzzz@special-cast.com

