

# 基于 Hadoop 框架的镁合金航空零件 压铸模快速设计

张艳琴<sup>1</sup>, 张占领<sup>2</sup>, 郭怀宫<sup>3</sup>

(1. 郑州城市职业学院电子信息工程系, 河南郑州 452370; 2. 郑州科技学院机械工程学院, 河南郑州 450064;

3. 北京金辉国际投资有限公司, 北京 100080)

**摘要:** 利用大数据技术软件, 结合三维设计软件平台, 采用VC++及Win7操作系统开发压铸模快速设计系统, 以国产航空航天飞机上陀螺仪支架为例, 介绍了该系统引导下, 进行压铸模快速设计的基本流程。新的压铸模快速设计系统不仅能较大幅度提高复杂压铸模设计效率, 还具有自主学习功能, 对优化铸件产品结构以及复杂镁合金压铸模设计有较大参考价值。

**关键词:** Hadoop; 镁合金; 压铸模; 快速设计

大数据为现代化工业发展保驾护航<sup>[1]</sup>, 现代化工业实际上是站在科技臂膀之上的新工业, 与传统工业有着天壤之别。在信息技术空前发展的时代, 工业大数据以其跨越地域性、跨越工业生产的周期性、跨越季节性等特征, 实现了数据来源的广泛性、数据类型的多样性、数据内容结构的复杂性、数据挖掘的潜力性等价值, 成为工业发展的基础。压铸生产工艺复杂, 专业化程度高, 不同的生产厂商的生产工艺也不尽相同, 使得对压铸模 CAD 系统软件的研究较少<sup>[2]</sup>。德国 SMS 公司配合其设备设计制造, 开发了一套较为强大的铝合金模具 CAD 软件<sup>[3]</sup>, 但国内外对镁合金压铸模具设计的相关文献较少。

## 1 基于Hadoop框架的压铸模快速设计系统开发

根据国内某航空航天制造有限公司的功能需求, 开发一套“基于Hadoop框架的镁合金航空零件陀螺仪支架压铸模快速设计系统”, 该系统能根据陀螺仪支架产品二维或三维图, 根据大数据分析以及陀螺仪支架铸件相关缺陷对模具结构的影响, 给出设计建议, 并快速设计出陀螺仪支架压铸模具, 生成相应系列的压铸模具三维图以及对应的压铸模具装配图。

其具体内容: (1) 镁合金陀螺仪支架成形工艺研究: 根据公司现有生产条件, 详细分析从镁合金锭料到成品陀螺仪支架的各个工艺流程, 总结各工艺成形的特点和规律; (2) 陀螺仪支架各工步和压铸模具设计方法研究: 根据陀螺仪支架的成形特点和规律, 建立产品图, 根据产品图设计其成形模具; (3) 参数化设计方法研究<sup>[4]</sup>: 根据陀螺仪支架的结构特点和镁合金锭料及压铸模具的设计方法, 分析在设计过程中可以进行参数化的设计参数, 利用Proe Parametric 的参数和关系对典型规格的陀螺仪支架模型进行参数化; (4) Hadoop构架下Proe Parametric 二次开发方法和数据库的选用与接口的研究: 研究在 Hadoop框架下Proe 二次开发工具的 API 函数, 分析文件管理、对话框设置、菜单创建和管理参数检索和修改、模型再生和 CAD 图纸自动生成等技术的实现方法; 分析系统数据库结构, 选择合适的数据库管理软件, 学习数据库的编程实现; (5) 基于 Pro/TOOLKIT 的陀螺仪支架压铸模具快速设计系统的开发: 结合公司对软件的功能需求, 划分软件的各个功能子模块, 利用 C++、Pro/

作者简介:

张艳琴(1977-), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向计算机辅助设计。电话: 13393746260, E-mail: 77656484@qq.com

中图分类号: TP249.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2021)

06-0664-06

基金项目:

河南省科技攻关项目(172102210534); 河南省高等学校重点科研资助项目(20B520034)。

收稿日期:

2021-01-21 收到初稿,

2021-03-02 收到修订稿。

TOOLKIT 和数据库完成软件开发。

## 2 基于Hadoop框架的压铸模快速设计

### 2.1 镁合金压铸件成形工艺分析

本研究选用零件是陀螺仪支架，是国产某飞机上重要平衡用零件，具体形状如图1。零件原材质为A7104硬质铝合金，因结构复杂且成形困难，对力学性能要求较高，又无法采用锻造工艺，只能用铝合金锻棒再冷加工的方式成形零件，制造成本较高<sup>[5]</sup>。为了扩大镁合金在航空航天技术中的应用范围，本课题组采用镁合金替换原零件材质并对该零件的成形工艺进行研究，首先要设计出该零件的压铸模。实验用材料基本确定为AZ91D商用镁合金。压铸模成形铸件的重量为0.14 kg，加工成零件后重量为0.11 kg，原铝合金件为0.180 kg，实际减重为79 g。

由于是壳体零件，除了装配内部零件，需要在零件凸台上加工几个凹槽和几个螺纹孔外，其余的部位均保持铸态表面即可，不需要加工。为了一次性获得较好的铸件表面质量，对压铸模型腔表面的表面粗糙度要求较高， $R_a$ 需达到0.8~6.4  $\mu\text{m}$ ，总体要求较高。

该零件整体形状为U字型框架结构，壁厚较均匀，平均壁厚为4.5 mm，底部有一个带凸缘的底盘，壁厚没有超过4.5 mm，壁厚过大时，铸件易产生外表面凹陷，壁厚不均匀又易产生内部缩孔与裂纹，因此，该铸件非常适合压力铸造。该铸件成形难点在于铸件U形框架和顶部多了一个半封闭且有台阶的圆盖以及带凸缘的底面包围，造成内腔的型芯无法整体脱模，若采用传统的脱模方式（图2），但该零件的底盘凸缘以及壳体内部被圆盖挡住的部分均无法成形，造成加工余量太大，失去了压铸模成形的意义。又考虑到该零件长度较长，故采用斜滑块式动模型芯脱模机构（图3），通过大数据引导以及精确的行程计算，能保证铸件顺利脱模。



图1 镁合金陀螺仪支架铸件三维造型图

Fig. 1 3D modeling of magnesium alloy gyroscope bracket casting

### 2.2 压铸设备选择及模具总体机构

为提高生产效率，压铸模型腔采用一模两件，压铸设备选用德国原装进口的DAK450-54卧式压铸机，该机参数可以通过系统查询，其锁模力5 000 kN，顶杆力241 kN，压射力548 kN，工作液压16 MPa，冲头直径60 mm，压铸体积942  $\text{cm}^3$ ，比压193 MPa，压铸面积459  $\text{cm}^2$ ；最大铸面积1 666  $\text{cm}^2$ 。本压铸机为具有金属液进入型腔时转折少，压力损耗小，有利于发挥增压机构的作用；设有偏心和中心两个浇注位置，或在偏心与中心间可任意调节，供设计模具时选用；操作程序少，生产率高，设备维修方便，也容易实现自动化；金属液在压室内与空气接触面积大，压射时容易卷入空气和氧化夹渣，压铸成形过程中需要通入惰性气体保护等优势，适于成形镁合金。通过系统计算校核，镁合金铸件的最大投影面积为258  $\text{cm}^2$ ，整体浇注镁合金重量可达0.42 kg，该机压射速度和压力均能保证镁合金铸件的使用强度。模温机采用德国产30 kW控制该模具温度。内浇道直径设计为6 mm，模具横流道采用分叉式，其截面设计为扁梯形。

### 2.3 系统引导镁合金压铸模快速设计

#### 2.3.1 系统引导压铸模设计流程

系统引导压铸模快速设计流程（图4）：系统引导构建铸件三维造型，设置镁合金材质收缩率，系统引导成形零部件设计包括压铸模分型面设计、浇注系统设计以及凹模和凸模型芯设计等，压铸模相关尺寸计算校核，系统引导调用压铸模标准模架，系统引导调

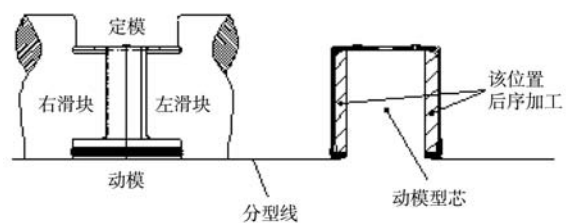


图2 传统压铸模脱模方案

Fig. 2 Demoulding mechanism of traditional die casting die

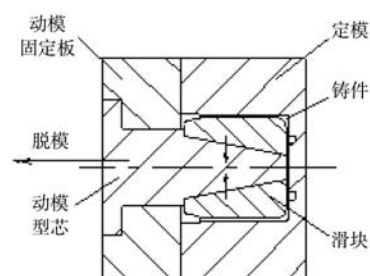


图3 斜滑块式动模型芯脱模方案

Fig. 3 Demoulding mechanism of inclined slider type moving model core

用压铸模标准件，最后完成压铸模总装图。压铸模的整体设计时间从30天缩短到1天左右，大大提高压铸模设计效率。

### 2.3.2 系统引导设置压铸模分型面

分型面是决定压铸模结构形式的一个重要因素，其类型、形状及位置与压铸模的整体结构、浇注系统的设计、铸件的脱模和模具的制造工艺等有关，不仅直接关系模具结构的复杂程度，也关系铸件的成形质量。取零件最大外径截面为分型面，为了开模时保持铸件随动模移动方向脱出定模，有利于浇注系统和排气系统的布置，不影响铸件尺寸精度及外观质量要求，便于清除毛刺及飞边，利于排气及顺利脱模，分型面选用直线双分型面。

### 2.3.3 系统引导压铸模成形零部件设计

成形零件的工作尺寸是指压铸模凹模和型芯直接构成铸件的尺寸。影响成形零件工作尺寸的因素很多，特别是由于金属液收缩率影响较大，传统的尺寸计算工作量较大，容易出现差错。利用系统引导，先设定AZ91D镁合金收缩率（0.8%）、分型面、浇注系统，最终系统会自动生成压铸模的型腔和型芯，完成整个成形零部件设计。在设计过程中，都有系统引导，逐步生成，避免了人工计算误差，成形零部件尺寸更精准。

### 2.3.4 系统引导压铸模标准模架调用

根据国家压铸模标准模架以及公司常用模架，系

统通过族表的方式进行模架库组件，采用VC++及Win7操作系统进行对话框创新，压铸模设计人员可以通过输入模架库参数，选择调用合适的标准模架，专业技术人员亦可以根据企业的生产情况以及国家压铸模标准模架的扩容，实时进行更新。采用大数据技术也可以推荐给模具设计技术人员人工智能推荐和铸件想匹配的模架，用户也可以在工作过程中，根据公司自身情况，不断修改标准模架细节，大数据分析软件会实时记录，自我学习以及分析，以方便压铸模设计人员更好、更快捷的设计。

### 2.3.5 系统引导压铸模标准零件调用

与系统标准模架库创建方式一样，系统已经创建了压铸模标准零件库，把常见的导向机构用标准零件，脱模机构用标准零件，模具间零件固定用标准零件等创建了子目录，设置了调用零件库调用对话框，子目录也设置了对话框，用户可以根据所有零件尺寸参数进行输入调用。同时，大数据分析软件也会实时进行存储，自我学习，为以后用户的设计提供智能推荐。图6是对导向定位机构以及脱模机构中带头导柱和推杆的调用界面以及相关的文本框。从图6可以看出，对客户来说，客户只需对标准件进行调用，不再需要重复建模，大大节约压铸模的设计时间，减轻了用户的工作强度。

### 2.3.6 系统引导压铸模三维总装图构建

系统引导压铸模成形零部件、标准模架以及标准零件创建完成后，用户可以很方便地虚拟组装成压铸

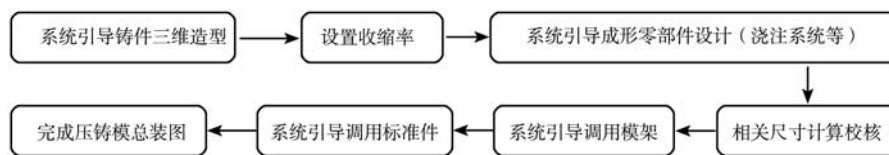


图4 系统引导压铸模设计流程

Fig. 4 Specific process of system guided die casting die design



图5 系统引导压铸模标准模架调用对话框

Fig. 5 Dialog box for calling standard die base of die casting die guided by system

模总装配图（图7）。根据陀螺仪支架压铸件的个性需求，可以在压铸模总装图的基础上，修改模具非标准件。从图7可以看出，为了实现压铸件的顺序脱模，在模具常用推出机构的基础上，设计了八字推杆，实现了凸模型芯的二次退出，在分型面处，设置了限位拉板及拉钩，实现了双分型面的顺序打开。图8是陀螺仪支架压铸模三维透视图。从图8可以看出，一个较复杂的模具的组成零件较多，若用传统的压铸模设计方法，不仅工作量较大，零件间很容易出现干涉，极易出现设计差错，对压铸模设计人员专业技术要求极高，但通过系统引导，采用现代的设计方法，既准确，又快捷，对从业人员要求也不是很高，极大方便了复杂压铸模设计。

### 2.3.7 系统引导压铸模二维工程图构建

系统引导压铸模总装配图完成后，为了安装方便，可以通过系统引导完成压铸模二维工程图的创建，且二维工程图可以自动生成，包括工程图的三个视图。为了便于对二维工程图进行编辑，可以通过系统本身携带的编辑工具进行再编辑，亦可通过系统引导，转化成标准二维工程图零件格式。可以通过AUTOCAD等专业二维软件进行编辑，对于非标准零件的加工图纸，也可以用同样的方法进行处理，非常

方便、快捷。图9是通过系统引导完成的陀螺仪支架压铸模二维工程图。从图9可以看出，整套压铸模比较复杂，但是，避免了更为复杂的侧向抽芯机构，尽量避免了压铸模整体的复杂程度，简化了模具机构。这些都得益于大数据技术压铸模设计系统的正确引导，采用大数据分析技术，可以在压铸模设计的关键节点提供正确决策，在压铸模试模时，保证一次性试模成功。

具体压铸模工作过程：压铸模闭合，镁合金液经浇口套29高速高压进入模型型腔，保压一段时间后，动模左移，分型面Ⅰ先打开，点浇口拉断，浇注系统分离，动模继续左移，定距螺钉32拉住定模板停止左移，分型面Ⅱ打开，直至铸件脱离定模型腔，动模停止移动，推出机构Ⅰ推动卸料板21，推动铸件右移，型芯斜滑块26往模具中心移动，直至中心型芯脱模，推出机构Ⅰ推动八字推杆推动推出机构Ⅱ，通过动模型芯19退出铸件，最后取出铸件，经复位机构引导模具闭合，进入下一个工作循环。整个模具工作工程，双分型面顺序打开，双推出机构顺序脱模。

### 2.4 模具开发的产品

模具生产出来后，对模具在压铸机上进行了调试，并对零件进行了试制，镁合金铸件充型完整，

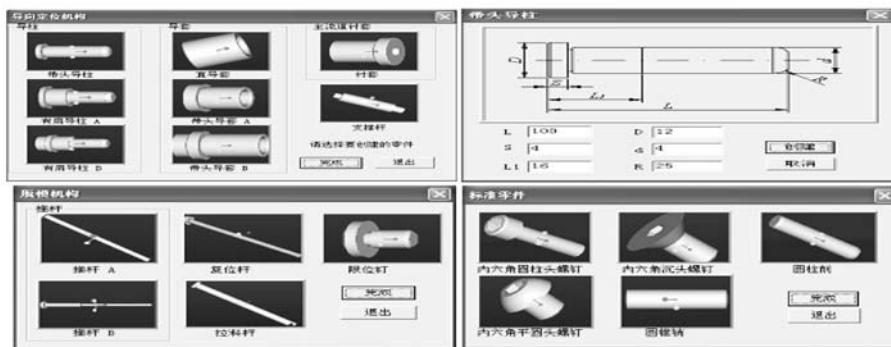


图6 系统引导压铸模标准零件调用对话框

Fig. 6 Dialog box for calling standard parts of die casting die guided by system

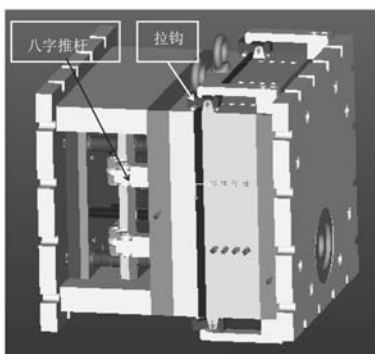


图7 陀螺仪支架压铸模装配图

Fig. 7 Assembly drawing of die casting die for gyroscope bracket

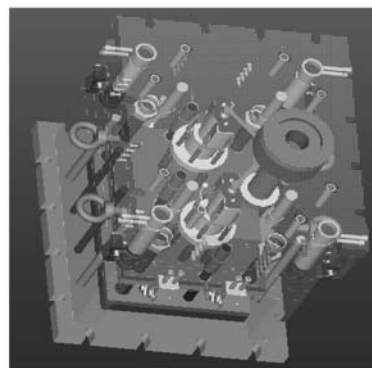
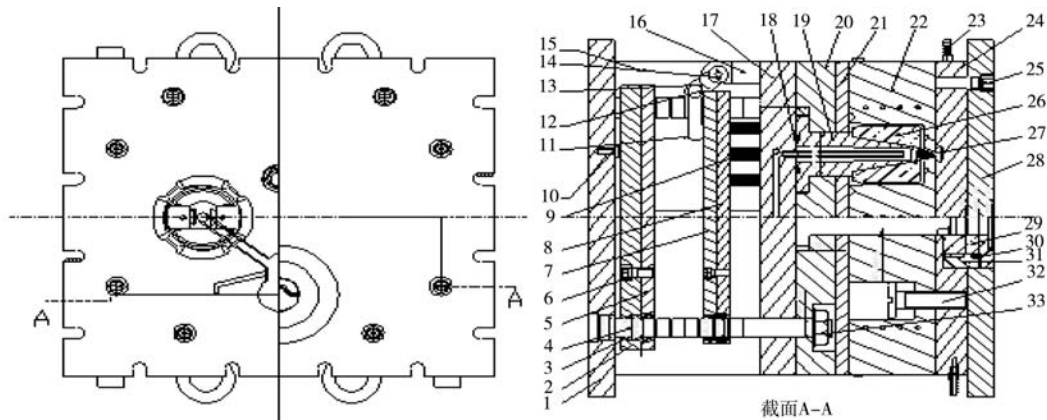


图8 陀螺仪支架压铸模三维透视图

Fig. 8 Three dimensional perspective of die casting die for gyroscope bracket



1. 动模座板 2. 推板 I 3. 导套 4. 推板导柱 5. 推板固定板 I 6. 内六角螺钉 7. 推板 II 8. 推板固定板 II 9. 复位弹簧  
10. 挡钉 11. 八字推杆 12. 销钉 13. 支架 14. 铰链 15. 销钉 16. 八字推杆固定块 17. 动模支撑板 18. 加热冷却管 19. 动模型芯  
20. 动模固定板 21. 卸料板 22. 定模板 23. 管接头 24. 定模支撑板 25. 内六角螺钉 26. 动模型芯滑块 27. 点浇口 28. 定模座板  
29. 浇口套 30. 定位销 31. 直流道 32. 定距螺钉 33. 固定螺栓

图9 陀螺仪压铸模二维图

Fig. 9 Two dimensional drawing of die casting die for gyroscope

经简单钻孔加工并表面处理后就可以装配使用（图10）。在试制过程中证明模具结构紧凑，开合模顺利，两滑块运动到所需距离不会相碰，模具可以正常工作。采用压铸工艺生产该零件，提高了生产效率，减少了机加工工序。

### 3 大数据技术引导压铸模设计系统使用要点

（1）利用大数据技术软件，结合三维设计软件平台，采用VC++及Win7操作系统开发压铸模设计专用系统，需要熟悉压铸技术生产工艺流程、三维设计软件的操作流程、三维软件的接口技术以及软件编程的熟练程度，只有这样，才能开发出适合中国国情以及企业自身情况的压铸模快速设计系统，对专业技术人员的技术水平要求较高。

（2）基于大数据分析开发的镁合金压铸模快速设计系统具有自主学习功能，要求专业技术人员尽量定期总结经验，把一些经验、心得、关键技术要求等加入到数据库中，数据库越大，自主学习的能力就越强，长期地坚持压铸模设计，系统会越做越方便，实力较强的企业可以组建自己的企业云，或购买专业的云平台，整合整个压铸模设计行业的云资源，效果会更好。

（3）压铸生产工艺对压铸件的结构要求较高，特别是对零件壁厚、铸孔、铸造圆角半径、起模斜度、加工余量等要求较高，对于零件平均壁厚较大、铸孔较小、铸造圆角半径过小、起模斜度过小、加工余量较大的铸件，因铸件生产合格率较低，加工成本较

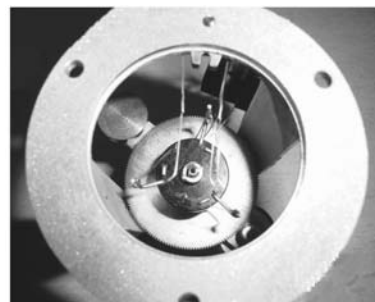


图10 模具开发的产品图

Fig. 10 Produced part using developed mold

高，均不适合压铸模设计，否则失去了模具设计的意义。

（4）基于大数据分析开发的镁合金压铸模快速设计的关键环节是压铸模成形零部件的设计，一定在系统引导下细心设计，一个环节出错，整个模具的开模就很难成功，对于初学者一定要多练习，熟练掌握这个操作流程。

（5）选择镁合金材质时，对镁合金液的流动性、线收缩率、裂纹倾向性、结晶温度范围、高温强度以及与金属型腔相互之间物理化学作用的倾向性要求较高，一定要选用商用比较好的、适合压铸生产的材质，否则，会产生裂纹、缩孔、缩松、粘模等各类缺陷，进而影响铸件质量。

（6）为提高压铸件生产效率及铸件质量，在压铸生产中，需要对压铸模型腔和型芯进行加热和冷却处理，一定要在压铸模内设计加热和冷却系统，镁合金液高温遇水会发生爆炸，选用加热和冷却介质时，尽量用油。

## 4 结束语

由于模具CAD工作的推广与普及,新概念、新方法和新工具的广泛采用,使镁合金压铸模具设计过程有了重大变革。研究团队根据市场调研结果发现,塑料模具及冲压模具CAD集成系统研究的较多,也日渐成熟,但是针对镁合金的压铸模CAD集成系统,国内

外研究的较少,基于大数据Hadoop框架下的镁合金陀螺仪支架压铸模设计系统,研究的几乎没有见到相关文献,而镁合金是金属中最轻的金属,未来应用前景广阔,基于Hadoop框架的镁合金陀螺仪支架压铸模智能设计研究及软件开发对压铸模设计技术发展有较大的借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 吴星,宋伟奇.基于CAD/CAM的计价器上下盖压铸模具设计与数控加工[J].铸造,2019,68(12):1387-1393.
- [2] 李超,董凯,卢山.基于Pro/TOOLKIT及ANSYS的压铸模CAD/CAE/CAM技术[J].热加工工艺,2014,43(3):67-69.
- [3] 樊振中,袁文全,王端志,等.压铸铝合金研究现状与未来发展趋势[J].铸造,2020,69(2):159-166.
- [4] 张侃樑.三维压铸模具标准件CAD系统的设计[J].铸造,2011,60(11):1111-1114.
- [5] 贾志欣,王子平,李继强,等.基于CAE分析的复杂壳体压铸模具设计[J].铸造,2020,69(8):873-877.

---

## Rapid Design of Die Casting Die for Magnesium Alloy Aviation Parts Based on Hadoop Framework

ZHANG Yan-qin<sup>1</sup>, ZHANG Zhan-ling<sup>2</sup>, GUO Huai-gong<sup>3</sup>

(1. City University of Zhengzhou Department of Electronic Information Engineering, Zhengzhou 452370, Henan, China;  
2. University for Science & Technology Zhengzhou College of Mechanical Engineering, Zhengzhou 450064, Henan, China;  
3. Beijing Jinhui International Investment Co., Ltd., Beijing 100080, China)

### Abstract:

Using big data technology software and 3D design software platform, the rapid design system of die casting die is developed by using VC++ and win7 operating system. Taking domestic aerospace gyroscope bracket as an example, the basic process of rapid design of die casting die under the guidance of the system is introduced. The new rapid design system of die casting die can not only greatly improve the design efficiency of complex die casting die, but also has the self-learning function, which has great reference value for the optimization of the casting product structure and the design of complex magnesium alloy die casting die.

### Key words:

Hadoop; magnesium alloys; die casting die; rapid design