DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.009

注塑机后模板铸造工艺设计

耿笑笑[1],张巨成[2],王　浩[1,3]

(1.北京科技大学材料 科学与工程学院,北京 100083;2.北华航天工业学院 材料工程学院,河北 廊坊 065000;3.常州凯达重工科技有限公司,江苏 常州 213151)

摘　要:针对后模板大型球铁件的铸件高大,侧凹凸起多等特点,采用三箱造型,取模方便且便于型芯安放。采用底注开放式浇注系统,温度均衡,利于实现同时凝固。针对铸件壁厚不均匀,热节多等问题,采用高强度树脂砂型,利用石墨化膨胀消除缩松、缩孔缺陷。对顶部厚大面采用直接实用冒口进行液态补缩,消除缩孔与表面塌陷。铸件空腔采用整体芯形成,组合芯造型,定位准确,并进行工装设计。结果表明,该工艺设计提高了铸件的生产效率和质量,节约了生产成本。

关键词:后模板;球墨铸铁;工艺设计

中图分类号:TG255　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)09-0922-05

Casting Process Design of Rear Template of Injection Molding Machine

GENG Xiaoxiao[1], ZHANG Jucheng[2], WANG Hao[1,3]

(1. School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. School of Materials Engineering, North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, Chin; 3.Changzhou Kaida Heavy Industry Technology Co., Ltd., Changzhou 213151, China)

Abstract: In view of the characteristics of large ductile iron castings with rear formwork, such as tall castings and more side concave and protruding, three boxes of modeling were adopted, which was convenient for mould extraction and convenient for core placement. The open pouring system with bottom gating system was adopted, and the temperature was balanced, which was beneficial to realize simultaneous solidification. In order to solve the problems of uneven wall thickness and many hot joints of castings, high strength resin sand mold was adopted to eliminate shrinkage porosity and pore shrinkage defects by graphitization expansion. The molting filling of the thick top surface was carried out by using a direct practical riser to eliminate the shrinkage hole and surface collapse. Casting cavity was formed by integral core, combined core modeling, accurate positioning, and tooling design. The results show that the process design improves the production efficiency and quality of castings and saves the production cost.

Key words: rear template; ductile iron; process design

注塑机又名注射成型机,是一种利用塑料成型模具将热塑性塑料或热固性塑料制成各种形状塑料制品的主要成型设备[1],后模板是注塑机上的一块后板,用以连接模板连杆机构,其工艺优劣直接影响注塑品的质量[2],并且后模板属于大型球墨铸铁件,体积大、结构较复杂,铸型膨胀较难控制,极易产生缩孔、缩松、气孔、夹渣、裂纹等缺陷,严重影响铸件的力学性能,因此对工艺设计有更高的要求[3]。本文以注塑机后模板为研究对象,进行铸造工艺方案设计,最后对已确定的工艺进行工装设计。

1　铸件结构特点和生产技术要求

本工艺设计铸件为 QT450-10 后模板,外形轮廓为 103 7.50 mm×930.00 mm×780.00 mm,重约 1 460 kg;在 103 7.50 mm×930.00 mm 厚大面上有 4 个直径为 90 mm 的导向孔并带有高出平面 25 mm、直径为 255 mm 的圆突台;侧面多侧凹和凸起,两侧有长为 355 mm、厚 60 mm 的对称 L 型高脚;内部为带倾斜面和孔的空腔;属于大型复杂铸件,铸件壁厚相差较大,最大厚壁为 338.64 mm,最小壁厚为 35.00 mm,主要壁厚为 60 mm。用 Solid works 软件建立后模板的三维图如图 1。主要生产技术要求如下:①铸件内部不允许有缩松,缩孔,铸件表面不允许有明显的夹渣等铸造缺陷;②非加工面未注铸件

收稿日期:2019-05-28

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFB0700505)

作者简介:耿笑笑(1993-),女,河北辛集人,硕士生.研究方向:铸造工艺设计,机器学习等研究.电话:18810368397,E-mail:gxx18831637860@163.com

通讯作者:王　浩(1979-),河北辛集人,博士,副教授.研究方向:材料优化设计.电话:13811892951,E-mail: hwang@ustb.edu.cn

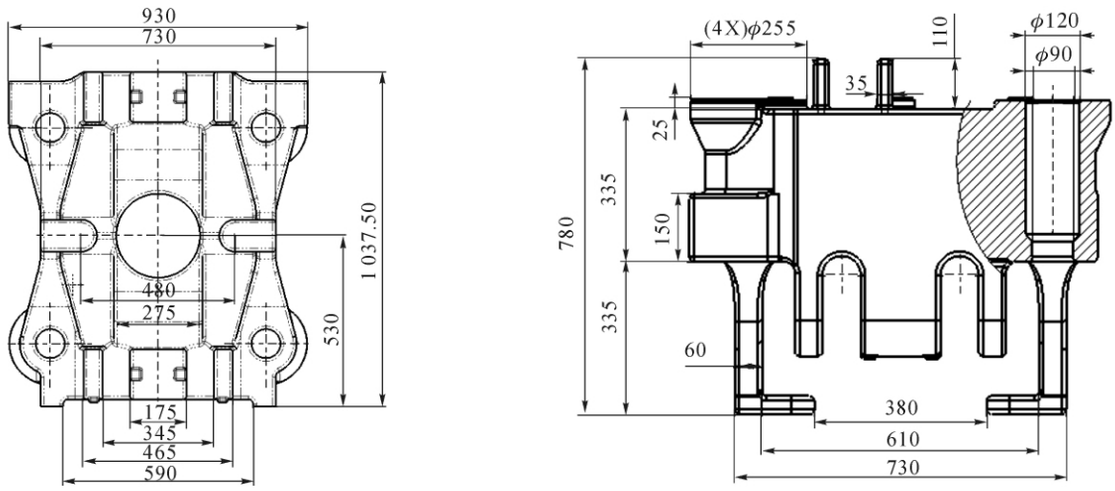


图 1 后模板三维图
Fig.1 3D drawing of rear template

圆角为 R10；③铸件公差等级为 CT11 级。

2 铸造工艺方案的确定

2.1 铸造方法选择

后模板属于大型球墨铸铁件，故铸型材料选用冷硬树脂砂，利用石墨化膨胀消除缩松，满足铸型刚度强度和尺寸精度的要求；铸件为大件，最大尺寸为 103 7.5 mm，且小批量生产，不适合机器造型，故采用手工造型，手工制芯；采用金属砂箱树脂砂造型，进一步保证刚度强度要求；模样采用木模，制作简单，周期短，成本低，投入少。

2.2 三箱造型

采用三箱造型[4]，分型面与浇注位置如图 2。使型腔的大部分置于中箱，取模方便，整模造型，避免因错型造成尺寸偏差和在铸件非加工面上留下分型披缝；下型面便于下芯，芯子容易固定，定位准确且合型、检验方便；采用底注式浇注，从薄处引入金属液，温度均衡，容易实现同时凝固；铸件的厚大部位朝上，以便安置实用冒口进行液态补缩，但厚大平面朝上容易集聚渣子气体，形成气孔、渣孔，且大平面为需要加工的工作面，为消除砂眼夹杂，要设出气孔并采取过滤技术；薄壁部分朝下，易于充满，利于补缩成型，实现顺向凝固。

2.3 砂芯设计

由于空腔内凸台和凹陷处阻碍起模，故设计整体芯，且为了方便放陶瓷管做浇注系统，整芯中部可做成中空，为一号芯，质量为 371 kg，四角处设计吊攀，便于起吊下芯；4 个孔设置垂直芯，为二号芯，直径为 90 mm，质量为 6.153 kg，设置上芯，一、二号芯配合定位；顶面凸台和侧边凹陷由三号芯、四号芯构成，质量分别为 74.000、63.314 kg，在砂芯上设计吊攀，便于起吊下芯；五号芯质量为 24 kg，除形成顶面凸起部分外，其直径为 136.6 mm 的孔还可作为二号芯芯头的定位孔，保证二号芯定位准确，中间直径为 260 mm 的圆孔定位一号芯，使整体合箱准确，不易错型。芯头位置如图 3，砂芯组合图及爆炸图如图 4。

2.4 浇注系统

采用底注开放式浇注系统[2]；将阻流截面积设在直浇道下，充型平稳，型腔快速充满，渣子上浮，避免塌箱和产生砂眼；开设多个内浇道，金属液分散引入，缩短充型流动距离，均匀温度场；在直浇道窝与横浇道相连的部位设置陶瓷过滤器，进一步加强阻渣效果；采用大孔出流理论[5]，避免冲砂，提高充型速度。直浇道高度、浇注时间与金属液上升速度、

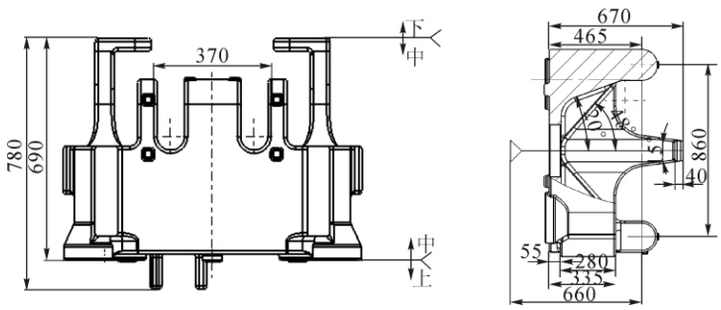


图 2 分型面与浇注位置
Fig.2 Parting surface and pouring location

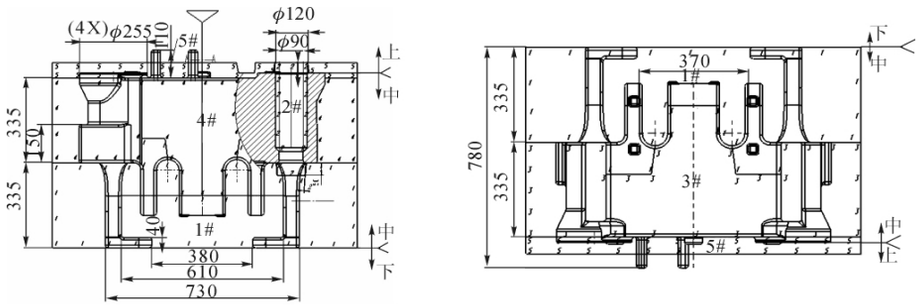
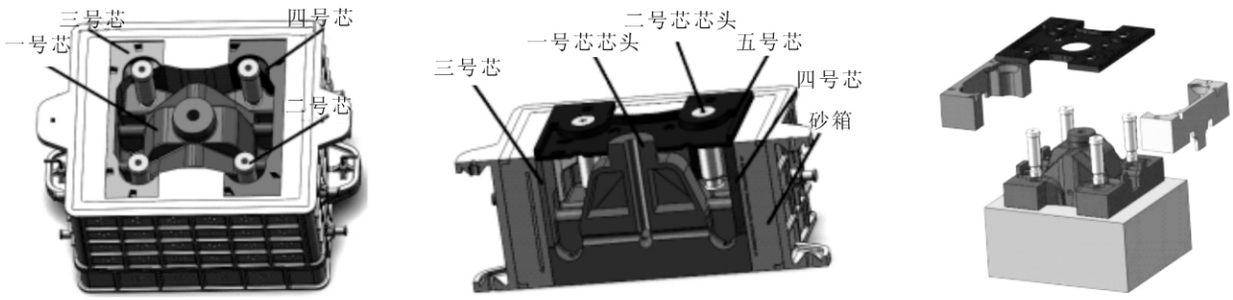


图 3 芯头位置
Fig.3 The core position of head



(a)俯视图 (b)剖面图 (c)爆炸图

图 4 砂芯组合图及爆炸图
Fig.4 Sand core combination diagram and explosion diagram

阻流截面积、浇道系统各单位截面积与形状计算[6]如下：

(1)直浇道高度

$$H_m \geqslant L \cdot \tan\alpha \tag{1}$$

其中，H_m 为最小剩余压力头；L 为直浇道中心到铸件最高且最远点的距离；α 为压力角，即铸件最高最远端距直浇道中心最高处的连线与水平面的夹角。取 α=8°，L=710 mm，计算得 $H_m \geqslant$99.78 mm。

(2)浇注时间与金属液上升速度

$$t=S_2\sqrt[3]{\delta \cdot G_L} \tag{2}$$

其中，t 为浇筑时间(s)，S_2 为系数，决定于铸件厚度，G_L 为浇注质量(kg)，已知铸件质量 $G_C \approx$1 460 kg，工艺出品率取 80%，得 $G_L \approx$1 825 kg，S_2=2，α=60 mm，计算得 t=95.68 s，球墨铸铁件的浇注时间减少 1/2~1/3，所以最终浇注时间 t=47.84 s。

金属液上升速度的计算公式如下：

$$V_L=\frac{C}{t} \tag{3}$$

其中，V_L 为金属液上升速度，C 为铸件在浇注位置时的高度(mm)，t 为浇注时间(s)，取 C=780 mm，t=47.84 s，计算得 V_L=16.30 mm/s。

(3)阻流截面积

根据阻流截面设计法可知：

$$S_{阻}=\frac{G_L}{0.31\mu t\sqrt{H_P}} \tag{4}$$

其中，μ 为流量系数，考虑到铸件上有出气口，可减小浇注时对铸型阻力，故 μ=0.53；H_P 为平均静压头高度，因为采用底部注入，所以平均静压头 H_P 的计算公式如下：

$$H_P=H_0-\frac{H_C}{2} \tag{5}$$

式中，H_0 为浇口杯顶面到分型面的距离，取 H_0=789.78 mm；H_C=690 mm，计算得 H_P=444.78 mm。

综合以上公式，计算可知 $S_{阻}$=41.53 cm²。结合大孔出流理论可扩大为 46.5 cm²。

(4)浇道系统各单位截面积与形状

采用开放式浇注系统，铸件浇口比为 $S_{内}$:$S_{横}$:$S_{直}$=2:1.5:1，$S_{直}$ 为最小阻流面积，$S_{横}$=69.75 cm²，$S_{内}$=93 cm²。直浇道采用陶瓷管，设置 5°的斜度，故直浇道上截面直径为 84 mm，下截面直径为 77 mm，，在直浇道底部设置半球形直浇道窝；横浇道采用陶瓷管，共设置 4 个，故单个横浇道截面积 $S_{横}$=17.43 cm²，直径为 48 mm；内浇道采用陶瓷管，共设置 4 个，故单个内浇道截面积 $S_{内}$=23.5 cm²，直径为 56 mm。在直浇道窝与横浇道相连的部位设置陶瓷过滤器，保证整套浇注系统具有较强的阻渣作用。浇注系统三维图如图 5。

2.5 直接实用冒口设计

直接实用冒口进行液态补缩是目前球铁件的主要生产工艺[7]。采用明冒口，冒口为铸件提供液态收缩时所需金属液，并且起到积聚杂质的作用，当铸件凝固到一定阶段时，内浇道凝固封闭，铸件利用石墨

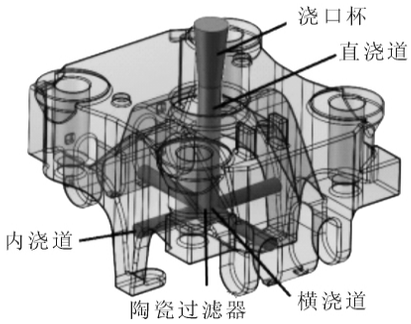


图 5 浇注系统三维图
Fig.5 3D drawing of casting system

化膨胀内部产生压力，从而消除晶间疏松和缩松，获得致密铸件。

（1）冒口模数

$$M_r=f_1f_2f_3M_c \tag{6}$$

其中，M_r、M_c 为冒口、铸件模数，f_1 为冒口平衡系数，f_2 为收缩模数系数，f_3 为安全系数，取 f_1=1.2，f_2=0.5，f_3=1.2，M_c=24.61，可得 M_r=19.20。

（2）冒口体积

$$V_r=\frac{FV_C}{n-F} \tag{7}$$

其中，V_r 为冒口体积，V_C 为铸件体积，F 为铸件补缩率(%)，n 为冒口补缩率(%)，取 V_C=4.75×10^7，F=8%，n=17%，可得 V_r=4.22×10^7。

（3）冒口颈模数

$$M_n=\left(\frac{f_2}{f'}\right)M_C \tag{8}$$

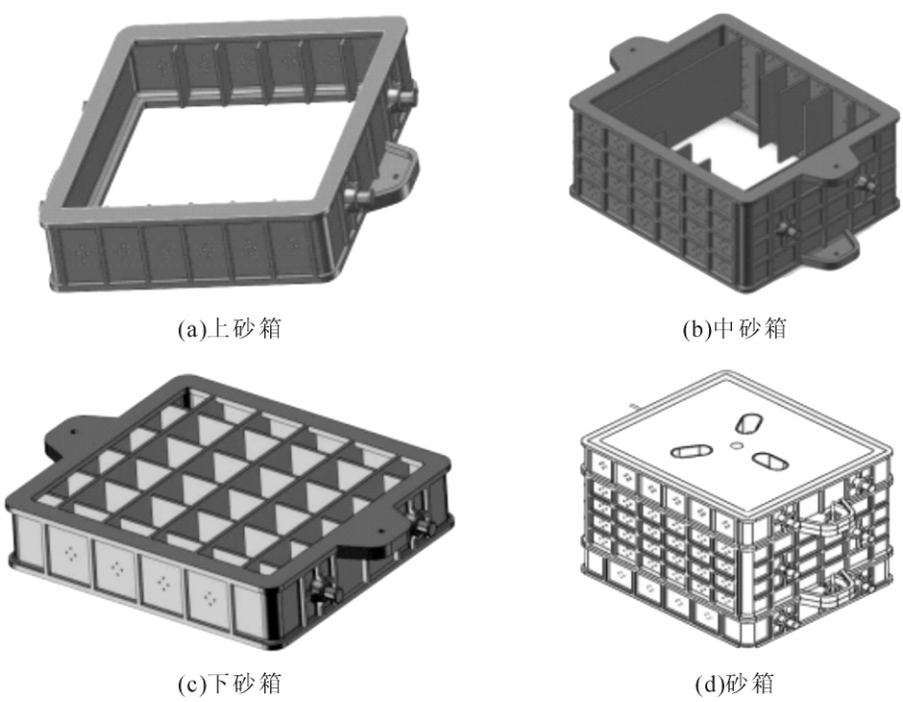
其中，f'为流通效应的模数增大系数，取 f'=1.7，M_C=24.61，得 M_n=7.2。

3 工艺装备设计

后模板属于大型球墨铸铁件，砂箱选择通用砂箱，材质为 QT400-15，采取整铸式手工造型，整体轮廓呈长方形，砂箱内框尺寸为 1 500 mm×1 300 mm ×1 257 mm，结合浇注系统高度，设上箱高度为 280 mm，中箱高度为 697 mm，下箱高度为 280 mm。砂箱总长 1 993 mm，宽 1 400 mm，高 1 257 mm。为满足刚度要求，设加强筋，保证石墨化膨胀不变形；在浇注时需排放烘干或浇注时产生的气体，在砂箱壁上均匀地布置直径为 15 mm 的圆柱形排气孔，交错排列以减少对箱壁强度的削弱作用；设置箱带，增加砂箱的整体强度和刚度；砂箱的定位装置是定位销、定位套；因砂箱自重很大，可以依靠自身重力紧固，无需锁紧装置。砂箱三维图如图 6 所示。且本铸件为小批量生产，在使用过程中不能发生严重的变形，即具有较大的强度、刚度以及良好的机械加工性能，兼顾到经济性原因，模样选用木模，材料选择红松，定位销定位。完成后模板的工装设计。

4 结语

对大型后模板，三箱造型降低了造型和型芯装配高度，操作空间大且易于调整。采用底注开放式浇注系统，从薄处引入金属液，温度均衡，容易实现同时凝固，适合此类壁厚相差较大的铸件，采用高强度



(a)上砂箱　(b)中砂箱　(c)下砂箱　(d)砂箱

图 6 砂箱三维图
Fig.6 3D drawing of sand box

树脂砂型，针对铸件特点，空腔采用整体芯形成，组合芯造型，并在顶部厚大面设置直接实用冒口进行液态补缩，最后进行工装设计，保证铸件刚度强度要求。

参考文献：

[1] 任祥祥. 注塑机模板的优化设计及参数建模软件开发[D]. 济南：山东大学, 2016.

[2] 牛传勇，吴炜煌，张宏明，等. 注塑机后模板铸造工艺的优化[J]. 铸造，2018，67(6):534-538.

[3] 白明雪，朱协彬，陈志浩，等. 大型球墨铸铁件表面缺陷产生原因及防止措施[J]. 铸造技术，2018，39(3):569-572.

[4] 陈宗民，秦聪祥，赵而团. 减速箱箱座砂型铸造工艺和金属模样设计[J]. 铸造技术，2018，39(12):2741-2744.

[5] 魏兵，袁森，张卫华，等. 铸件均衡凝固技术及其应用[M]. 北京：机械工业出版社，1998.

[6] 机工学会铸造专业学会. 铸造手册 (第 5 卷)——铸造工艺 (精) (第 2 版)[M]. 机械工业出版社，2003.

[7] 周亘. 球墨铸铁件冒口补缩失败原因分析——球墨铸铁缩松、缩孔问题探讨(二)[J]. 现代铸铁，2004(4):7-14.

转让出售信息

抢

本公司位于山东省蒙阴县境内，厂区占地65亩，钢结构厂房。铸造车间5 400 m²，机加工车间2 300m²，制壳车间1 800m²，打磨车间1 800 m²，4台1t中频电炉。40 t粘土砂砂处理线一条，钢丸覆膜砂浇注线一条。

铸造环评手续、土地证件齐全，另有2个闲置厂房，本公司现对外转让出售，欢迎洽谈，联系电话:15854853968。

临沂市环境保护局