

基于 Open Cascade 的铸钢件冒口工艺三维模型设计

李胜民 王志贤 殷亚军 周建新 沈旭 计效园

(华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室)

摘要 基于 Open Cascade 的铸钢件冒口工艺三维模型设计,通过对铸钢件模数的求取,并根据不同冒口类型选择不同的冒口设计系统,实现了铸钢件冒口系统的快速设计。首先读取铸钢件三维模型,计算铸钢件的整体模数;然后选择不同的截取体类型,并通过参数化的设计进行截取体的形状和位置的确定,进而求得铸件的局部模数;之后通过得到的局部模数和选择的冒口类型,自动建立冒口的三维模型;最后以实际铸钢件为例,说明该冒口设计系统的可行性。结果表明,该冒口设计系统可以提高冒口设计的效率,节约设计时间。

关键词 Open Cascade;冒口工艺设计;模数法;铸钢件

中图分类号 TG244⁺4;TP311

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2022.05.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



3D Geometry Design of Steel Casting Riser Processes Based on the Open Cascade

Li Shengmin, Wang Zhixian, Yin Yajun, Zhou Jianxin, Shen Xu, Ji Xiaoyuan

(State Key Laboratory of Material Processing and Die & Mould Technology,

Huazhong University of Science and Technology)

Abstract: 3D geometry design of steel casting riser processes based on OpenCascade was carried out. Meanwhile, different riser design systems were selected according to modulus calculation of steel castings and different riser types, realizing rapid design for steel casting riser system. Firstly, the 3D model of steel casting was read and the whole modulus was calculated. Then, different interception types were set and the profile as well as the location-are were determined through the parameterized design of the system, thus obtaining the local modulus of the casting interception. Next, the 3D model of the riser was automatically established by combining the local modulus and the selected riser type. Finally, taking actual steel castings as an example, the feasibility of the riser design system was verified. The results indicate that the riser design system can improve riser design efficiency, shortening the design period.

Key Words: Open Cascade, Riser Design, Modulus, Steel Casting

铸造工艺设计中的冒口系统一般根据经验和相关数据库来设计,设计出的冒口有时偏离实际较大,需要进行多次试验,会降低工艺出品率,也会耗费大量的人力和时间^[1~3]。上世纪 80 年代,铸造 CAD 的概念被首次提出,并将其定义为几何造型、数值模拟、工艺数据库的综合应用。随后,Pro/E、UG、CATIA、SolidWorks 等软件开始进入市场,计算机辅助铸造技术开始大规模应用^[4,5]。目前,虽然 AutoCAD、Pro/E、UG、SolidWorks 等软件的适用范围很广,但是灵活度不高,针对性较弱,铸造企业在使用过程中仍然有大量的改进工作量。

基于此,本课题提出了基于 Open Cascade 的铸钢

件冒口工艺三维模型设计,以冒口模数法为设计原则,能够智能化、参数化地设计冒口,并能够与冒口系统数据库紧密结合,自动筛选符合要求的冒口类型和冒口参数,并能实现冒口定位的参数化,显著缩短了铸造冒口系统工艺设计周期。

1 Open Cascade 环境构架与三维绘制方法

1.1 基于 Open Cascade 的三维建模系统框架

采用 wxWidgets 作为系统界面的开发工具,整个冒口设计过程的框架见图 1。在该框架中,首先导入铸

收稿日期:2021-11-08;修改稿收到日期:2021-11-23

基金项目:广东省重点领域研发计划资助项目(2020B010186001)

第一作者简介:李胜民,男,1998 年出生,硕士研究生,武汉(430074),E-mail:lishengmin1@qq.com

通信作者:殷亚军,男,1985 年出生,副教授,武汉(430074),E-mail:yinyajun@hust.edu.cn

引用格式:李胜民,王志贤,殷亚军,等. 基于 Open Cascade 的铸钢件冒口工艺三维模型设计[J]. 特种铸造及有色合金,2022,42(5):631-635.

LI S M, WANG Z X, YIN Y J, et al. 3D Geometry design of steel casting riser processes based on the open cascade[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(5):631-635.

件的三维模型,计算出铸件的体积、面积和轮廓尺寸等参数,进而获得铸件整体模数。通过设置不同类型的截取体,并参数化设置截取体的大小和位置,进而可以得到铸件局部模数,并根据选择的冒口类型和数据库,得到冒口系统的各项参数,并根据实际情况参数化设置冒口的位置和各参数后,最终将冒口系统应用到铸件上。

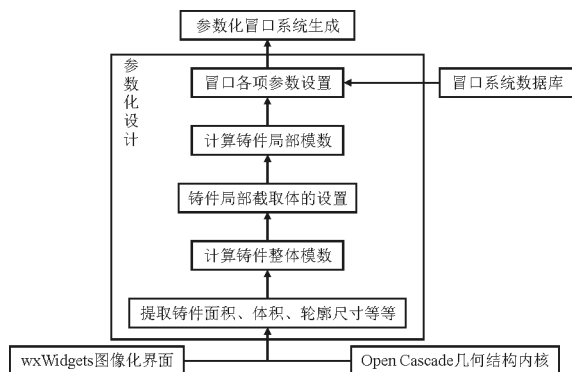


图 1 系统框架图

Fig.1 Schematic diagram of system framework

1.2 典型冒口绘制过程

Open Cascade 平台提供二维和三维几何体的生成、显示和分析。所谓几何造型内核实际上就是一个类库,里面定义了图形数据的存储格式以及大量的图形算法。其中主要的函数功能见图 2。

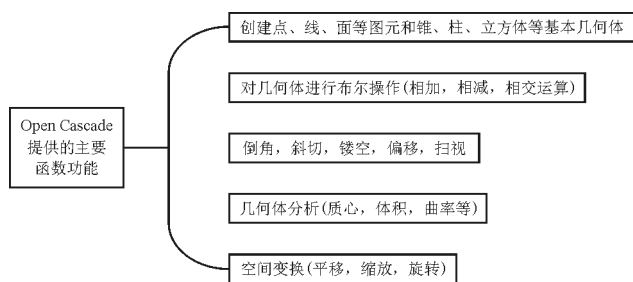


图 2 Open Cascade 主要函数功能

Fig.2 Main functions of Open Cascade

Open Cascade 虽然提供了应用程序编程接口(API)使用库类中的类和算法,但是如果每次设计过程都用 Open Cascade 基础函数设计冒口,过程较为繁琐。针对此问题,本系统通过 Open Cascade 中的几何造型函数算法和类的提取和再设计,封装了一套设计冒口的方法函数。该方法能够直接设计出冒口,只需要选择冒口类型即可得到一个标准的冒口模型。接下来以腰圆形冒口几何造型为例说明冒口绘制过程。该过程主要过程为:通过 Open Cascade 的基础方法函数获得腰圆的草图对象,然后通过“线面转换”函数将腰圆草图转换为面对象,再通过拉伸函数将腰圆面拉伸成柱体,最后通过选择柱体底面的边做面倒圆变换,最终达到生成腰圆形冒口的目的。在该过程中,可以实现每一步构造过

程的参数化驱动,为自主开发匹配数据库的冒口系统奠定基础,图 3 为腰圆柱冒口的基本构造过程。

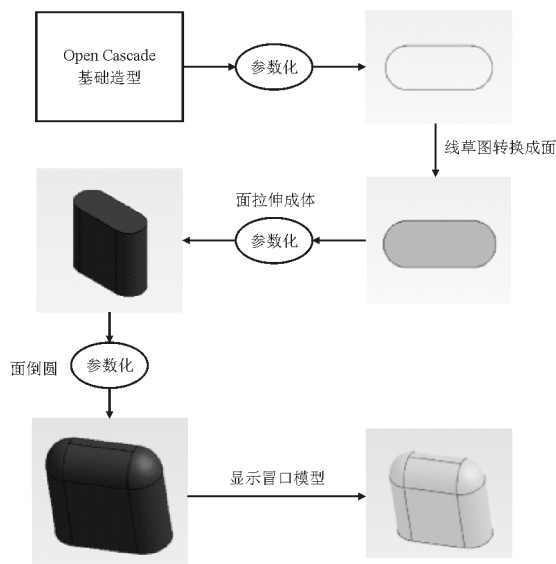


图 3 冒口模型生成过程

Fig.3 Generation process of riser model

2 冒口三维模型设计方法

2.1 三维模型局部模数提取

在生产过程中,冒口的设计符合顺序凝固原则,主要设计方法有模数法、热节圆比例法、补缩液量法、冒口三次方程法^[6]、双曲线方程图解法^[7]以及周界商法^[8]等。

选用模数法进行冒口系统的设计。基于模数法理论,在设计冒口时需要先求出铸件局部模数,求取局部模数的定义如下:

$$M = \frac{V}{(S_w - S_p)} \quad (1)$$

式中, V 为截取体的体积; S_w 为截取体的表面积; S_p 为截取体表面积中无效散热面的面积。

在求取铸件局部模数时,可以根据铸件的类型来选择设置不同类型的截取体工具,进而求取铸件的局部模数,该过程见图 4。

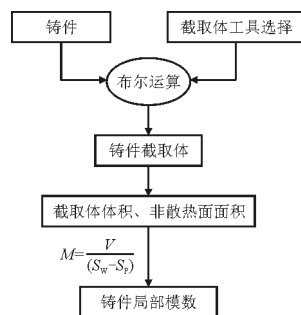


图 4 获得铸件局部模数的过程图

Fig.4 Flow chart of obtaining local modulus of casting

其中,截取体工具的类型有:立方体截取体、圆柱形截取体、扇形截取体以及自定义截取体。

表 1 为以长方体截取体和圆柱形截取体为例说明截取体工具的类型对铸件局部模数的影响。

表 1 不同截取体对铸件局部模数的影响

Tab.1 Effect of different interceptors on local modulus of castings

截取体	长/mm	宽/mm	高/mm	半径/mm	截取体体积/mm ³	非散热面积/mm ²	铸件局部模数	冒口模数范围
立方形	40	20	30		117 628.41	333.84	44.64	49.10~58.03
圆柱形			35	25	117 681.28	348.32	49.66	54.63~64.56

2.2 参数设置冒口设计

根据冒口设计模数法原则,铸件局部模数 M_c 与冒口模数 M_r 之间的关系公式为:

$$M_r = f_r \cdot M_c \tag{2}$$

式中, f_r 为系数,当 $f_r = (1.1 \sim 1.3)$ 时,冒口中的金属液能够实现对铸件更好的补缩效果。

已知铸件局部模数,可以获得该局部模数对应的冒口的范围。由于相同冒口模数可能对应不同的冒口类型和冒口参数等原因,造成冒口设计时需要搜索数据库中大量符合该范围的数据,并筛选其中符合的冒口类型后,才能完成冒口设计,过程繁琐。减小工作量,缩小冒口数据库中信息的搜索范围,设计中会先在数据库中已有的冒口类型里选择冒口系统设计需要的类型,然后根据计算得到的冒口模数范围,系统能自动从冒口系统数据库中搜索出适合的冒口类型参数以供选择。图 5 为冒口工艺设计方法流程图。通过该过程的运行,可以将冒口的类型、各长度参数值以及冒口位置定位,此过程和冒口数据库数据匹配密切,减少了搜索时的干扰且缩小了数据搜索范围,数值精确,最终实现参数化操作。

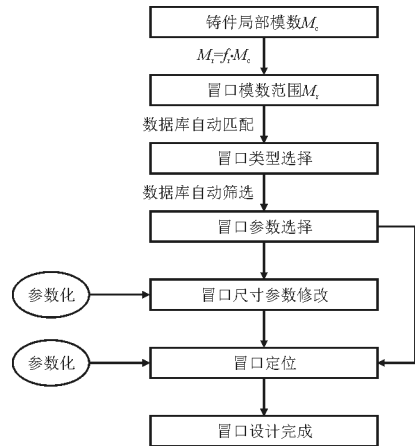


图 5 冒口工艺设计方法流程图

Fig.5 Flow chart of design system for riser process

3 应用案例

以某轨道动力滚动车上的型杆为例进行,铸件材质

为 ZG230-450,单件毛重为 2 kg,浇冒口总质量为 5 kg,浇注温度为 1 560~1 590 ℃,浇注时间为 8~11 s,冒口高为 100 mm,铸件模型见图 6。

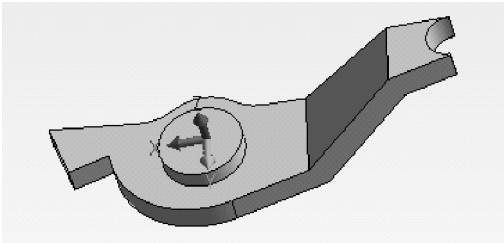
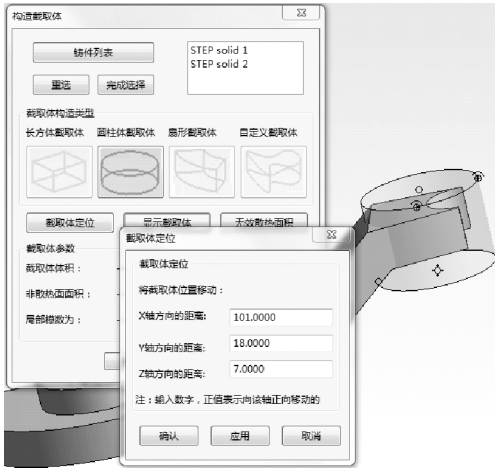


图 6 铸件模型

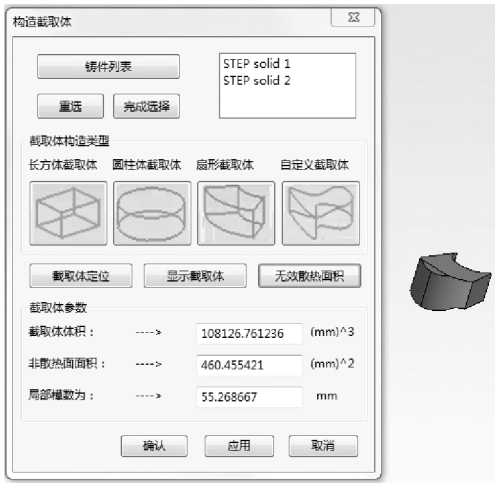
Fig.6 Casting model

零件信息提取模型导入到系统中,提取零件信息获得铸件整体体积、面积、轮廓长度、质量,获得铸件整体模数。

铸件局部模数求取,首先选择适当类型的截取体工具,本例中选取圆柱形截取体,图 7 为截取体构造过程。设置截取体的尺寸和位置,见图 7a,并获得铸件截取



(a) 截取体工具设置



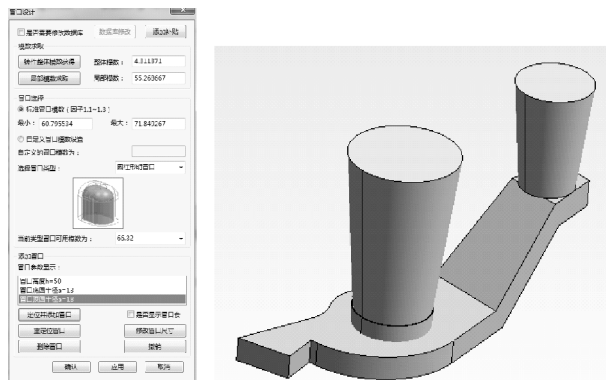
(b) 显示铸件截取体

图 7 截取体构造过程

Fig.7 Construction process of intercepted body

体,选择铸件获得截取体的体积,选择铸件截取体的非散热面,得到铸件局部截取体的非散热面积,进而获得铸件局部模数,见图 7b)。

冒口设置通过以上方法,进行冒口类型的选择和参数设置,选用冒口类型为圆柱形明冒口,以上操作完成后,进行冒口定位,最终冒口系统见图 8。



(a) 冒口设计界面参数

(b) 冒口设计结果

图 8 冒口设计界面参数及结果

Fig.8 Interface parameter and result of riser design

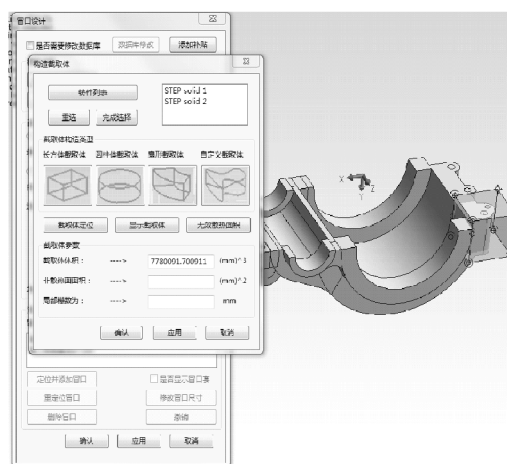
以某企业型号为 DC-32 典型铸钢件捣固车上箱体为例,铸件的密度、总面积、轮廓尺寸、铸件体积、质量、钢水总质量等信息见图 9。



图 9 铸件信息

Fig.9 Casting information

冒口系统模块设计分为两个部分,第 1 个为铸件局部模数的求取,第 2 个为冒口系统的设计。铸件局部模数求取时,工艺设计只需根据铸件类型选择最方便的截取体工具,并进行尺寸设置和定位,然后选择截取体工具和铸件,点击“获取铸件截取体”按钮,即可获得铸件局部截取体。图 10 为铸件截取体设置工具和铸件局部截取体。根据模数法原理,模数为体积与有效散热面积的比值,所以在进行铸件局部模数求取前,需要先选择铸件截取体上的非散热面,点击“无效散热面”按钮,系统即可根据模数法计算公式计算出截取体的体积、无效散热面积、局部模数。



(a) 设置铸件截取体工具图



(b) 获取铸件局部截取体图

图 10 铸件局部模数计算图

Fig.10 Calculation diagram of local modulus of casting

根据铸件局部模数获得冒口模数范围后,系统根据冒口模数范围进行冒口数据库匹配,检索冒口数据库中所有具有该范围冒口模数的冒口类型;设计人员选择冒口类型后,系统根据所选冒口类型再次匹配到该类型冒口数据库,获取该冒口模数范围内的所有冒口模数的值后反馈到界面供设计人员选择;当冒口模数确定后,系统将该冒口模数对应的冒口尺寸反馈到操作界面进行冒口的建模和定位,冒口设计操作界面及效果见图 11。若在进行冒口系统设计之前,工艺设计认为需要修改系统冒口数据库的冒口尺寸参数,可以点击冒口设计界面上“数据库修改”即可打开系统冒口数据库的冒口 excel 表格,对冒口数据库数据修改即可,见图 11c。对生成的冒口模型,定位系统可以方便地进行冒口定位,见图 12。

工艺设计可以根据定位习惯进行冒口定位,选择将冒口安放到特定面上,只需点击定位界面上的“选择安放面”按钮,点击所要安放的平面,所选平面即成高亮状

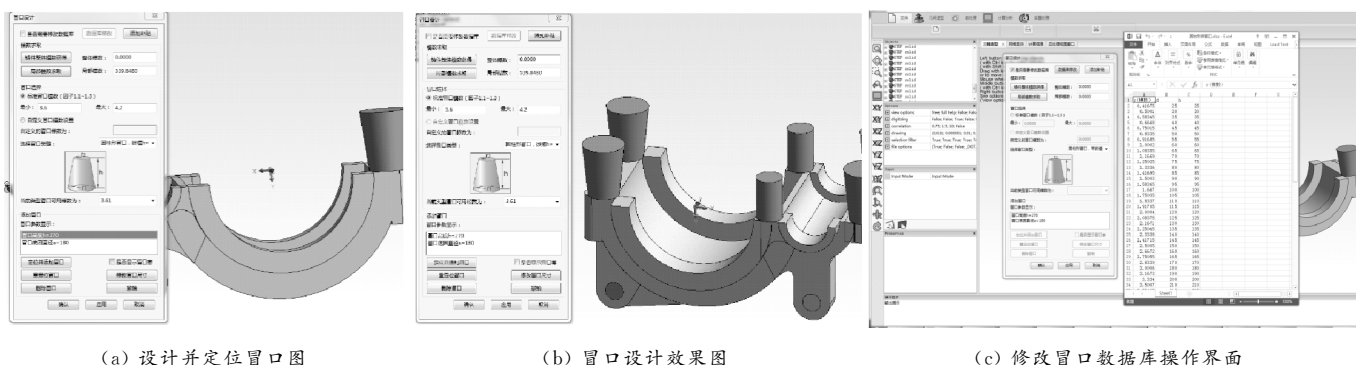
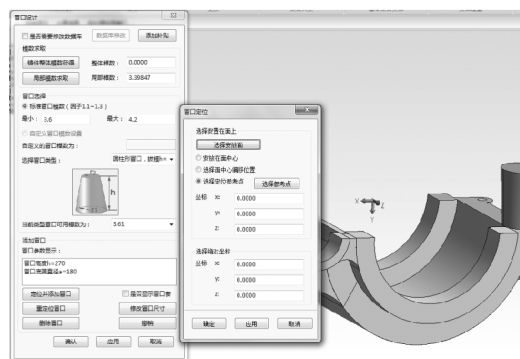


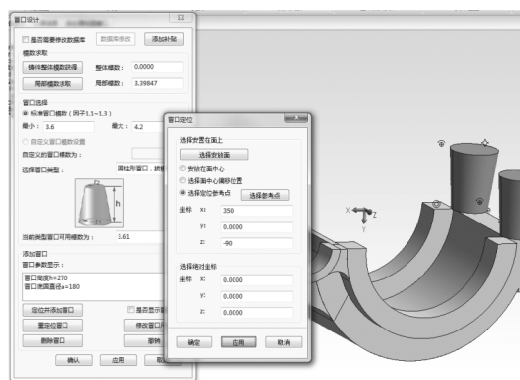
图 11 冒口设计操作界面及效果

Fig.11 Operation interface and effect of riser design

态,见图 12a。由于安放平面为不规则平面,若将冒口安放到面中心,冒口位置与热节距离较远,可能不会很好地补缩,所以将冒口安放在求取铸件局部模数时的热节处。然后以大圆弧所在圆的圆心为参考点,选择参考距离即可进行冒口的定位,见图 12b。



(a) 定位安放面的选择



(b) 冒口定位效果

图 12 冒口定位图

Fig.12 Schematic diagram of riser location

4 结 论

基于 Open Cascade 的铸钢件冒口工艺三维模型设计研究,实现了铸件整体模数、冒口模数的精确求取,能快速设计冒口工艺,能够实现参数化驱动,工艺设计遵守经典冒口设计原则,实现理论与经验方法的有机结

合,自主开发益于实现 CAD/CAE 的集成。通过实例验证,该系统能够获得良好的设计效果,缩短了冒口设计的设计周期,保证铸件工艺设计的质量、提高了生产效率。

参 考 文 献

- [1] WLODAWER R. Directional Solidification of Steel Castings[M]. Switzerland: Elsevier Ltd., 1966.
- [2] HEINE R W. Riser design for mold dilation[J]. AFS Transactions, 1965, 73: 34-40.
- [3] RUDDLE R W. Riser design aids in steel foundry practice [J]. AFS Transactions, 1975, 83: 577-584.
- [4] 廖敦明,商飞鹏,周建新,等. 基于 SolidWorks 的铸钢件工艺 CAD 系统冒口模块的开发[J]. 铸造, 2003, 52(12): 1 177-1 181.
- [5] 唐红涛. 数字化铸造工艺设计与管理平台的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [6] 高锡源. 计算冒口尺寸的三次方程法及其应用[J]. 铸造技术, 1997 (4): 7-10.
- [7] CAINE J B. A theoretical approach to the problem of dimensioning risers[J]. AFS Transactions, 1948, 56: 492-502.
- [8] 赵清和. 周界商法冒口的补缩效率[J]. 铸造, 2002, 51(6): 372-374.

(编辑:刘晨辉)

欢迎关注
“特种铸造”
微信公众号



- 微官网
- 行业动态
- 联系我们
- 微商城
- 铸造前沿
- 免费推广
- 本刊会议
- 经典案例
- 铸造职场
- 收录动态
- 铸造学堂
- 产品库
- 稿件系统
- 专利与发明
- 企业库