DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.07.014

ProE 与 UG 交互预处理在 ProCAST 网格划分中的应用

贾　如,刘建辉,李凤春
(中国工程物理研究院 机械制造工艺研究所,四川 绵阳 621900)

摘　要:针对 ProCAST 软件建模能力不强,与常用三维造型软件无专用接口的问题,提出建立整合曲面模型的方法。通过交互使用 ProE 和 UG 建立了整合曲面模型,研究了其与 ProCAST 的数据转换方式。结果表明,该方法综合了 ProE 和 UG 的建模优点,显著提高网格划分效率和质量,尤其适用于复杂铸件。

关键词:整合曲面模型;网格划分;ProE;UG;ProCAST

中图分类号:TP391　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)07-0688-04

Application of ProE and UG Interaction Preprocessing in ProCAST Meshing

JIA Ru, LIU Jianhui, LI Fengchun
(Institute of Mechanical Manufacturing Technology, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract: A method of integrated surface model was established to solve the problem that ProCAST software modeling ability was poor and there was no special interface with common 3D modeling software. The integrated surface model was established and the data conversion method with ProCAST was studied by using ProE and UG interactively. The results show that this method combines the advantages of ProE and UG, significantly improve meshing efficiency and quality of mesh generation, and it is especially suitable for complex castings.

Key words: integrated surface model; meshing; ProE; UG; ProCAST

基于有限元方法的铸造过程数值模拟软件 ProCAST 一直被广泛应用和研究。ProCAST 能进行充型、凝固和冷却过程流场、温度场、应力场模拟及缩孔缩松预测模拟,适用于重力铸造、低压铸造和离心铸造等多种铸造过程仿真[1,2]。但是 ProCAST 只能进行简单几何体建模,必须借助三维造型软件对复杂铸件构建实体模型,然后通过格式转换导入到 MeshCAST 进行网格划分。常用的三维造型软件有 ProE 和 UG 等,很多学者分别针对这两款软件与 ProCAST 的接口及网格划分进行了研究。例如,赵运龙等借用 ProE 的有限元模块生成的 ANSYS 命令流文件作为接口,实现 ProE 建立的面网格向 ProCAST 的导入[3];王宝顺等提出采用 ProE 曲面建模,并输出 IGES 格式文件,可以大大降低几何模型在 MeshCAST 中产生畸变的几率,并降低网格划分时的出错概率[4,5];李小龙等使用 UG 建模并通过网格转换程序,成功将 UG 中剖分的体网格转换成 ProCAST 能使用的体网格[6]。众多研究表明,ProE 预处理后导入 ProCAST 的方式能较好的避免 UG 建模时体交叉产生的网格破损,是三维模型在 MeshCAST 中进行网格划分最为简单可靠的方式。UG 由于具有强大的同步建模技术及特征技术,广泛应用于汽车、航空等领域进行复杂建模;ProE 主要适用于中小型企业快速建立较为简单的模型。面对具有复杂结构或非规则曲面内腔的铸件,仅靠 ProE 软件建模的劣势凸出。基于 ProE 和 UG 之间无专用接口,鲜有交互使用两种建模方式实现 ProCAST 网格划分的研究。因此,如何将 ProE 与 UG 的优势结合,解决其交互使用难点,对快捷有效地进行三维建模和网格划分具有重要意义。

1　ProE 与 UG 数据接口方式的实现

ProE 和 UG 分属美国参数技术公司和 UGS 公司,均可实现三维零件模型创建、曲面创建和装配模型的创建[7],但两者与 ProCAST 之间均无专用接口,只能通过标准格式文件进行数据交换,如 IGES、STEP、STL 等。同时,ProE 和 UG 之间只有通过转化为标准格式文件才能交互使用。从数据交换完整性而言,DXF 格式适合转换二维图形;IGES 格式适合转换三维曲面,无法转换实体信息;Parasolid 和

收稿日期:2019-03-31

作者简介:贾　如(1992-),女,四川绵阳人,硕士,助理工程师.研究方向:铝合金成形工艺.电话:0816-2485670,E-mail:2271904845@qq.com

STEP 格式常用于转换三维实体。本文基于 ProE 曲面转换功能，结合 UG 的实体建模功能，通过整合实体模型向整合曲面模型的转换，实现在 MeshCAST 中网格优质高效形成。

由 UG 直接生成的 IGES 文件，导入 MeshCAST 中出现大量面破损和重合，这种现象主要由两方面原因导致：建模不当和接口不适合。建模不当指 UG 建模时应避免出现体交叉，同时不影响模拟结果的倒角可以不作出；接口不适合主要指 IGES 格式不是 UG 与 ProCAST 的最佳接口转换方式。以往的研究证明[4,5]ProE 通过转换为 IGES 格式后导入 ProCAST 的方式能较好的避免建模时体交叉产生的网格破损。本文采用 UG 软件构件复杂砂芯实体模型，导出为 IGES 曲面模型格式，再通过 ProE 软件将其转换为实体模型格式，建立浇冒系统后，导出为 ProCAST 能识别的 IGES 文件，格式转换流程如图 1。将这种由 ProE 与 UG 交互处理生成的曲面模型称作整合曲面模型。大量实验验证表明，整合曲面模型导入到 MeshCAST 后几乎可完全避免面破损的产生，可高效率完成对模型的网格划分。

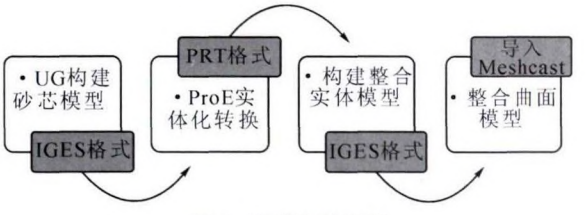


图 1　格式转换流程
Fig.1　Format conversion process

2　整合曲面建模及与 ProCAST 接口方式的研究

2.1　UG 实体模型的创建

UG 软件是美国 UGS 公司开发的，具有基于特征、全参数、全相关等特点的三维 CAD\CAE\CAM 软件，可以满足机械设计领域的建模要求。由于有的复杂零件内腔形状不规则，直接构建砂芯轮廓难以实现，采用 UG 软件的实体减去功能，将零件内腔形成独立实体，再根据设计要求，通过曲线与草绘绘制图形，然后通过拉伸、旋转、扫描等方法，逐步完成所需的砂芯实体模型。为保证实体模型的完整性，先将模型复制到图层，再单独导出为 IGES 格式。用 ProE 将 UG 生成的 IGES 文件转换为 PRT 格式，形成砂芯。值得注意的是，由 UG 生成的 IGES 格式文件经过 ProE 实体化后，无法进行体删减，这就导致后期使用 ProE 建模时，新建体和 UG 转换体产生的交叉将不能融合。所以用 UG 实体建模时应注意过度部分的处理。

2.2　整合曲面模型构建

整合曲面模型构建并非直接采用 ProE 的曲面建模方式，而是采用建立实体模型后抽取曲面的方式实现。这是由于曲面建模要求曲面两端封闭，需要反复对曲面进行修剪，若铸件结构或浇冒系统比较复杂，直接曲面建模的效率将显著低于曲面转换的方式。在 ProE 的实体建模环境下，实体模型不仅描述了实体的轮廓和表面，还定义了实体的体积，也就是说，实体模型包含了曲面信息[9]。根据设计要求，通过曲线与草绘绘制图形，然后利用复制、镜像、偏置等特性以及编辑命令、修改二维图形，最后通过拉伸、旋转与扫描等方法生成主片体等方法，逐步建立并修改组图，最终完成所需的实体模型[10]。再通过 ProE 的曲面抽取方式，将整合了由 UG 转化的砂芯和 ProE 直接构建的浇冒系统的实体模型转化为曲面模型，即得到整合曲面模型。图 2 为某铸件的整合曲面模型，棕色部分为用 UG 构建的非规则曲面结构，灰色部分则采用 ProE 建模。

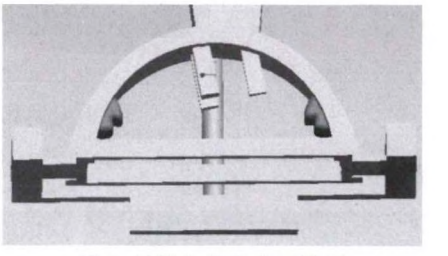


图 2　某铸件整合曲面模型
Fig.2　Integration surface model of a casting

2.3　整合曲面模型与 ProCAST 数据转换格式研究

铸造模拟有限元分析软件 ProCAST 主要由 4 部分组成：网格生成模块 MeshCAST、前处理模块 PreCAST、求解模块 DataCAST、后处理模块 ViewCAST。对于有限元软件而言，网格划分是关键，常常花费大量时间，但成功率不到 10%。有些研究者直接在 UG 中进行网格划分，通过数据文件解算后转换成 MeshCAST 能识别的格式。这种方式首先要求 UG 建模不出现体交叉，否则无法正确进行网格划分，其次复杂的解算后不能保证在 MeshCAST 中完全无网格破损。经过大量的实验证明，通过曲面导入到 ProCAST，再利用 MeshCAST 自身的网格划分功能是构建有限元网格最为稳妥的方法。

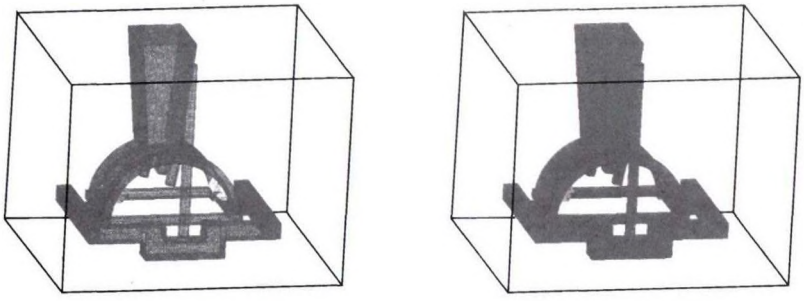
ProE 与 MeshCAST 的接口方式分为以下 3 种：由 Pro/ENGINEER 生成的 IGES 格式文件可以由 MeshCAST 读入，并且可以进一步进行几何检查几何修复剖分表面网格剖分体网格等操作，是一种可行的接口方式，该方式的优点在于可以充分利用

MeshCAST 的 Repair Tools 和 SurfaceMesh 菜单提供的几何和表面网格修复功能使生成的网格最大限度地符合下游解算需求;STL 格式转化后导入 MeshCAST,即使结构简单的铸件也存在较多问题,难以完成表明面网格划分;SETP 格式文件导入 MeshCAST 后系统弹出提示并跳出,证明在 ProE 和 ProCAST 之间采用该接口是不成功的。因此 IGES 是 ProE 与 MeshCAST 最佳接口方式。

为了得到 MeshCAST 所能识别的 IGES 文件,必须从实体模型中抽取曲面,并切除实体。实验证明整合曲面模型导入 MeshCAST 后有效避免面缺陷,能顺利进行后续表面网格划分。相比于单一使用 ProE 建模的方式,更适用于复杂结构铸件建模;相比于单一使用 UG 建模的方式,无需网格转换程序,只需简单的格式转换即能实现三维模型向 Mesh CAST 的传输,高效完成网格划分。图 3 为整合曲面模型传输到 MeshCAST 中建立的表面网格和体网格,全过程使用自动创建面网格和体网格的方式,仅需自动修复少量尖角即可获得高质量网格。

3 网格模型传递实例验证

为进一步验证整合曲面模型在 ProCAST 中的应用效果,采用导入整合曲面模型后直接划分网格的方法,模拟浇注图 2 所示的铸件。材质为 ZL101,粘土砂造型,浇注温度 710 ℃,浇注时间 5 s,凝固方式为空冷。图 4 为该铸件的充型过程和凝固过程。结果表明,采用整合曲面模型建模方式,能提高网格划分效率和质量,尤其适用于复杂结构铸件。



(a)表面网格　　(b)体网格

图 3 铸件表面网格和体网格

Fig.3 Casting surface mesh and body mesh

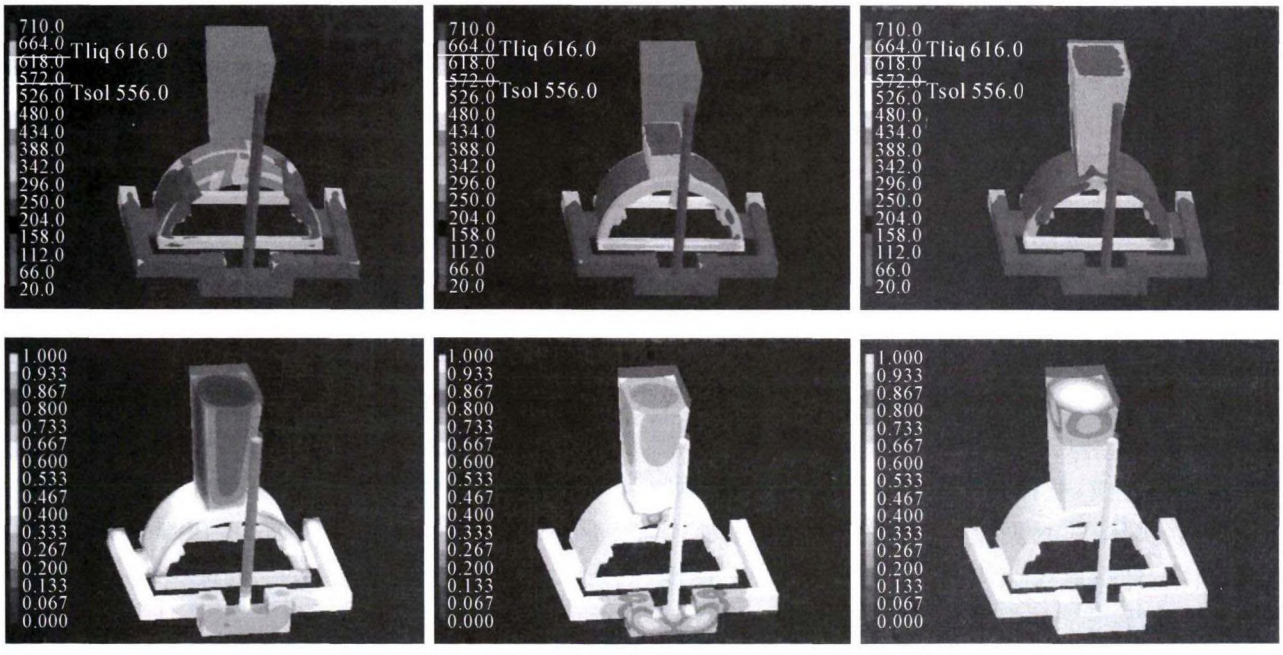


图 4 充型变化率、固相变化率

Fig.4 Vary filling rate and solid phase change rate

4 结论

提出整合曲面建模方法,该方法交互使用 UG 和 ProE 软件,既利用 UG 出色的同步建模技术与特征技术构建复杂结构,又利用 ProE 实体模型无交叉体的优势构建铸件形状规则结构,从而高效构建复杂铸件三维模型。通过输出 IGES 文件,可以实现整

(下转第 695 页)

(1)合箱前，地坑中的杂物清除干净，铺设砂床，放置引气材料。下箱分型面制作出防“跑火”沟槽，并且四周相通。

(2)合箱时，直浇道处设置盲肠浇口，即在直浇道的正下方增设一只盲管，正式浇口从侧面引出，可以防止拔塞浇口的滴漏堵塞，同时规范拔塞浇口的操作程序。

(3)合箱后，将下箱四周捣实。下箱与地担、围板之间，每间隔 1.5 m 处用锁箱装置锁箱，共 5 套锁箱装置，防止浇注时涨箱、抬箱。

3.5　铸件浇注重的测算

合箱时，如果铸件壁厚增厚，下芯皮缝增大，须及时反馈熔注工段，以便调整铁液准备量。新产品浇注前须准备一定量的备用铁液，防止铸件超重。

4　结论

(1)采用地坑组芯造型生产大型鼓风机机壳，安全顺利是关键，切实做好产前准备工作，检查落实工作到位。

(2)选择陶瓷管浇道，开放式浇注系统，完全底注方式，使用泡沫陶瓷过滤器，可以起到净化铁液和挡渣的作用。根据下机壳铸件的结构和壁厚，设置不同尺寸的鸭嘴冒口用于补缩，在铸件厚大部位放置冷铁，调节凝固过程，防止缩松缺陷。

(3)组芯造型生产机壳，需要预防的主要质量缺陷是：铸件粘砂，尺寸偏差，浇注时炮火、漏底和抬箱，通过工艺手段，做好预防措施，可以避免这些问题的产生。

(4)在保证质量和安全的情况下，机壳的生产有良好的经济效益，以本文下机壳为例，其工艺出品率是 89%，砂铁比是 4.1，我厂这几年累计生产各类机壳近 1.4 万 t，综合废品率不超过 1%。

参考文献：

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

[2] 王文清，李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2004.

(上接第 690 页)

合曲面模型与 ProCAST 间的数据交换。这种方法导出的曲面模型在 MeshCAST 中几乎无面重合、交叉等缺陷，网格划分出错概率也大大降低。相比于单一使用 ProE 建模的方式，更适用于复杂结构铸件建模；相比于单一使用 UG 建模的方式，无需网格转换程序，只需简单的格式转换即能实现三维模型向 MeshCAST 的传输，高效完成网格划分。

参考文献：

[1] 胡红军，杨明波，罗静，等. ProCAST 软件在铸造凝固模拟中的应用[J]. 材料科学与工艺，2006，14(3): 293-295.

[2] 杨亚杰. 铸造模拟软件 ProCAST [J]. CAD/CAM 与制造业信息化，2004(Z1): 109-111.

[3] 赵运龙，王承志. 前后处理软件与 ProCAST 接口方式的研究[J]. 沈阳理工大学学报，2006，25(3): 19-21.

[4] 王宝顺，董建新，张麦仓，等. Pro /E 曲面建模在 ProCAST 网格划分中的应用[J]. 铸造技术，2009，30(7): 926-928.

[5] 陈仲昌，谢发勤，吴向清. Pro/E 曲面建模与 MeshCAST 网格划分的实现[J]. 铸造技术，2007，28(10): 1353-1355.

[6] 李小龙，周敦世，冯亮. UG 与 ProCAST 间的网格转换与处理[J]. 铸造技术，2015, 36(3): 722-731.

[7] 单泉，狄长春，吴高阳. Pr o/ Engineer wildfire 3. 0 中文版标准实例教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[8] 伍胜男，熊飞龙. UG 接口技术研究与探讨 [J]. 计算机与网络, 2010, 32(3): 247.

[9] 杜平安，甘娥忠，于亚婷. 有限元法(原理、建模及应用)[M] . 北京: 国防工业出版社，2004.

[10] 黄天佑. 铸造手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》由西安理工大学魏兵教授编著。共 8 章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书 320 页，特快专递邮购价 226 元。

邮购咨询：李巧凤 029-83222071，技术咨询：13609155628