



Pro/ENGINEER 与 ProCAST 接口方式的探讨

齐齐哈尔铁路车辆（集团）有限责任公司 于百库

摘要：本文详细探讨了 Pro/ENGINEER 与 ProCAST 的接口方式，并根据作者的分析 and 实践应用，得出最佳接口方案，解决了复杂铸件几何模型到有限元分析模型的数据传递。最后通过砂型铸造实例分析，印证了这一结论。

关键词：Pro/ENGINEER、ProCAST、接口

一. 前言

Pro/ENGINEER 与 ProCAST 是我公司在实施并行工程¹中引进的三维设计与铸造工艺模拟仿真软件，作为世界范围 CAD/CAE 业界的杰出代表，探讨两者的接口关系，无疑具有重要的现实意义。本文通过笔者一段时间来的研究，对两者的接口方式进行详细的比较分析，得出最佳接口方案，解决了复杂铸件几何模型到有限元分析模型的数据传递。

二. Pro/ENGINEER 与 ProCAST 的接口方式

一般来讲，三维设计软件与有限元分析软件的接口文件方式可分为两大类：一类是专用接口，是指分析软件专门针对某种造型软件数据格式制定，如 ProCAST 针对 UG 的 PARASOLIDS 格式文件接口；另一类是通用接口，即通过标准格式文件进行数据交换，如 IGES、STEP、STL 等。根据功能的不同，又可以分为实体（包括线框与表面）格式和有限元（FEM）格式。

Pro/ENGINEER 与 ProCAST 之间没有专用接口，只有通用接口。为遵从 ProCAST 的工作习惯，将有限元格式细分为表面网格（Surface Mesh）方式和四面体网格（Tetrahedral Mesh）方式。

1. Pro/ENGINEER 文件输出方式

1.1 实体格式

Pro/ENGINEER 输出默认的实体格式文件，对零件为 .prt，对装配为 .asm。这两种实体格式均不能被 ProCAST 接受，因而只能通过输出标准接口格式文件与 ProCAST 进行数据传递。生成标准实体格式文件的命令次序为：

File→Export→Model...→选择文件格式→输入文件名→输出对话框→OK

对砂型铸造，由于至少包括砂型及铸件，必须使用装配方式，以下如无特殊说明，均指装配环境。

1.2 有限元格式文件

Pro/ENGINEER 产生体网格文件与表面网格文件过程大同小异：首先

¹ 国家 863/CIMS 主题“并行工程”攻关成果应用工程：齐车公司铁路货车产品开发并行工程，课题编号：863-511-9930-007。

要在 Foundation 或 Assembly 环境下建模、定义材料特性、装配；然后进入 FEM 环境，经过定义模型、生成模型（体网格选取 Tet Mesh，表面网格选取 Shell Mesh）、输出模型等过程产生有限元模型。

2. ProCAST 文件读入与处理方式

对于不同类型的输入文件，ProCAST 处理并不一样。对实体类型文件及表面网格，先由网格剖分模块 MeshCAST 读入，剖分体网格，输出 ProCAST 格式文件 (.mesh)，再传给前处理模块 PreCAST 进行前处理。而体网格文件，可以由 MeshCAST 处理，也可以被 PreCAST 接受，直接做前处理。

i. MeshCAST 的文件读入与处理方式

ProCAST 的网格剖分模块 MeshCAST 对文件的处理方式如下图所示：

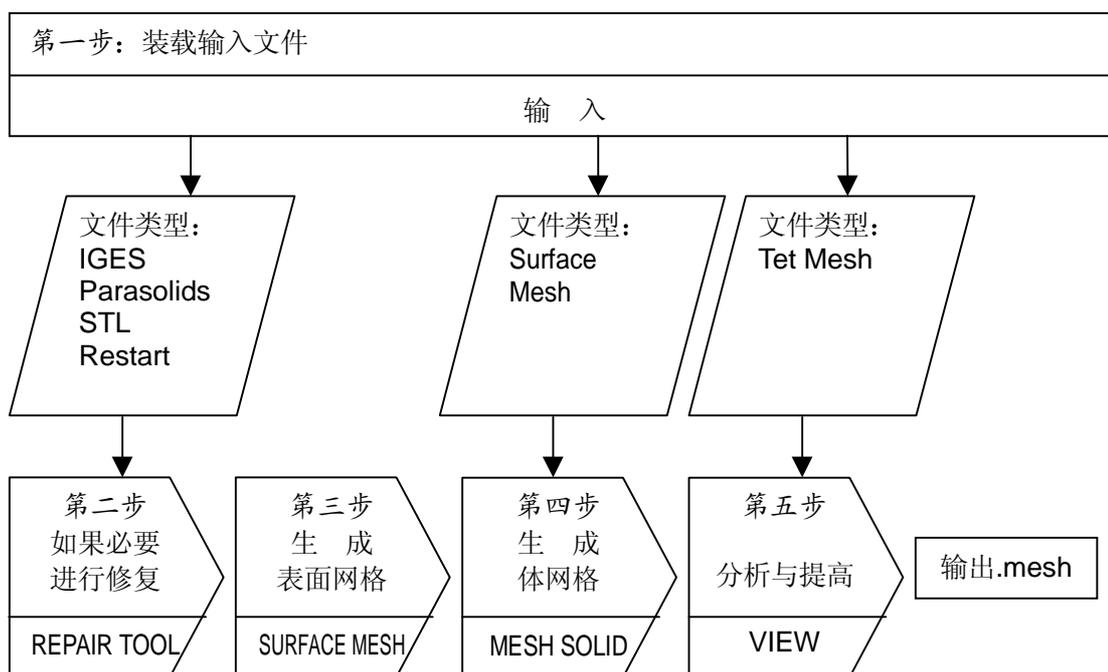


图1 MeshCAST 文件读入与处理方式

ii. PreCAST 的文件读入方式

一般来讲，PreCAST 最佳的输入文件是由 MeshCAST 产生的.mesh 格式文件，但一些著名的分析软件，如 ANSYS、Patran、I-deas 等生成的四面体网格文件，或其它软件生成的以上格式文件，也可以由 PreCAST 直接读入，然后进行分析前处理。

三. Pro/ENGINEER 与 ProCAST 的接口方式

根据以上分析，可以列出 Pro/ENGINEER 与 ProCAST 的接口方式如下：

表1： Pro/ENGINEER 与 ProCAST 的接口方式

类别	ProCAST 可接受文件类型		是否 Pro/ENG INEER 可以输出	说 明
	文件类型	文件格式		
实体格式	IGES	.igs	可以	
	STEP	.step	可以	

ProCAST 可接受文件类型			是否 Pro/ENG INEER 可以输出	说 明
类别	文件类型	文件格式		
	PARASOLIDS	.xmt_txt		
	STL FILE	.stl	可以	
表面网格	PATRAN	.out	可以	
	IDEAS	.out	可以	
	ARIES	.out		
	ProCAST	.sm		
体网格	PATRAN	.patran .out	可以	可以同时被 MeshCAST 与 PreCAST 接受
	IDEAS	.ideas .unv	可以	
	ARIES	.out		直 接 由 PreCAST 读入
	ANVIL	.out		
	ANSYS	.ans	可以	
ProCAST	.mesh			
其它方式	CREATE 3-D			PreCAST 状态 下
	MERGE FILES	.mesh	间接	
	CREATE SHELL			
	VIRTUAL MOLD			

3.1 Pro/ENGINEER 与 ProCAST 的接口方式的比较分析

为使分析简单明确，避免由于铸件复杂导致的无谓歧义，我们采用如图 2 所示简单铸件。

3.1.1 实体方式

IGES 格式

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 Surface Mesh 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。缺点是对复杂铸件修复工作量大，而且几何不直观，需要与 Pro/ENGINEER 频繁地交互操作。

3.1.2 STL 格式

MeshCAST 只接受 ASCII 形式的 STL 格式文件，不接受二进制的 STL 格式文件。但即使如图所示简单铸件读入后，仍存在较多的问题，剖分表面网格一直没有成

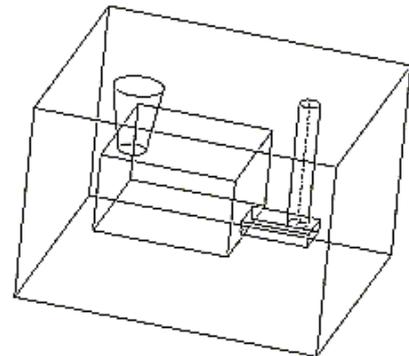


图 2：简单铸件

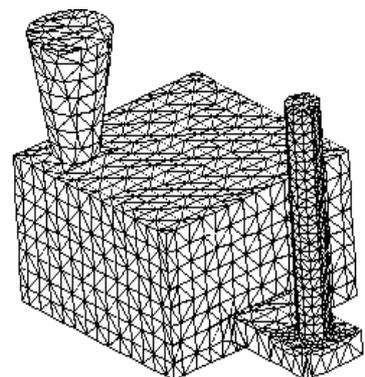


图 3：有限元网格模型

功。

3.1.3 STEP 格式

MeshCAST 读入 Pro/ENGINEER 输出的 STEP 格式文件时系统提示：
Error in get_next_step_parm at Entity #465... 跳出，如此表明，
Pro/ENGINEER 与 ProCAST 之间采用 STEP 接口方式是不成功的。

3.2 体网格

Pro/ENGINEER 输出的有限元网格如图 3 所示，为图样清晰，
图示不包括铸型。

3.2.1 Patran 格式

Pro/ENGINEER 输出的 Patran 格式文件扩展名为 .pat，如果由
MeshCAST 读入，需要更名为 .Patran，如果由 PreCAST 读入，需要
更名为 .out。在输入文件名时如果连同扩展名一起输入，可以不更名，
该结论同样适用于以下需要更名的情况。

Pro/ENGINEER 输出的 Patran 格式文件即可以由 PreCAST 读入，也
可以由 MeshCAST 读入，之后写成 ProCAST 格式 (.mesh)。是一种
较好的接口方式。

该方式的优点在于由 Pro/ENGINEER 一次生成体网格，减少两者之
间数据传递。缺点在于 Pro/ENGINEER 采用全参数化建模，长处在于
建模，剖分网格功能并不强大，生成体网格比较困难，特别在装配
环境下需要处理铸件----铸型交界面时，生成体网格非常困难。此外，
由 PreCAST 直接读入时，无法对单元进行检测。

3.2.2 ANSYS 格式

Pro/ENGINEER 输出的 ANSYS 格式文件 (.ans) 只能由 PreCAST 读
入，测试表明，该种接口方式是可行的。与前者相比，由于不能由
MeshCAST 读入，无法进行单元检测。

3.2.3 Ideas 格式

Pro/ENGINEER 输出的 Ideas 格式文件扩展名为 .unv，如果由
MeshCAST 读入，需要更名为 . Ideas，如果由 PreCAST 读入，则无
需更名。

经测试，Pro/ENGINEER 输出的 Ideas 格式文件在由 MeshCAST 读入
和 PreCAST 读入时，均在提示出错后系统跳出。其中在 NT 环境下
系统提示为：

Segmentation fault

在 UNIX 环境下系统提示为：

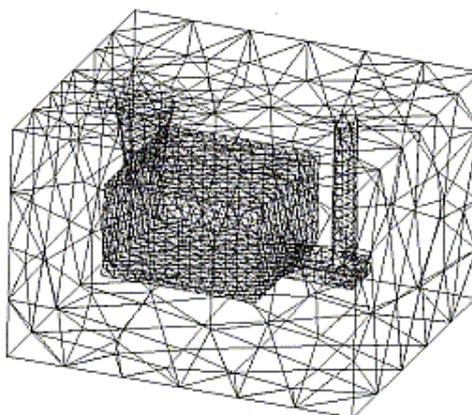
Accessing Program files (usr/people/procast/lib)

Bus error(core dump)或 Memory fault

3.3 表面网格

测试表明，Pro/ENGINEER 输出的 Patran 格式和 Ideas 格式文件均可以由
MeshCAST 读入，并经过体网格
剖分后写成 ProCAST 格式
(.mesh)。

采用该方式最大的优点在于避免
Pro/ENGINEER 全参数化所带来的
体网格生成困难，并且将体网格剖



分留给 MeshCAST，使其生成的网格更适合 ProCAST 解算。缺点是在处理铸件--铸型交界面，仍然比较困难。笔者曾进行过测试，对复杂铸件，在装配铸型之前剖分表面网格，非常顺利，而一旦装配上铸型，在交界面经常出现问题，甚至根本无法通过。值得说明的有两点：首先所有表面网格文件在由 MeshCAST 读入时，必须统一更名为.out 形式；另外，既然采用表面网格文件作为接口方式，铸件--铸型交界面实际上就是铸件的外表面，我们就不能不设想铸型只用外轮廓，铸件用实体。这样不但铸型设计简单，而且建立有限元模型时，无须处理铸件--铸型交界面，这就是笔者下面所定义的 Shell 形式。

3.4 Shell 形式

3.4.1 特殊的表面网格

如前所述，在铸件工艺设计完成后，不装配铸型，而只装配与其外形一致的轮廓体（本示例中为简单的长方体），然后进入 FEM 环境，按有限元模型生成次序输出表面网格模型（Patran 格式或 Ideas 格式均可）。

按此方式生成的表面网格可以由 MeshCAST 读入，但无法进行体网格剖分。研究发现，在铸件与铸型外轮廓相交汇处（本例为浇口和明冒口）存在重叠网格，图 5 显示浇口处的重叠网格。

但好在 MeshCAST 的 View 菜单的 Edit Menu 功能，可以去除重叠网格，而且重叠网格仅存在于浇口和明冒口处，数量有限，手工消除是可以承受的。具体操作过程如下：

- Step 1：利用 View→Check Surface 功能及 CLIP、Hidden Surface、Active Node 等工具找到重叠网格的节点号及单元号
- Step 2：手工绘制需要去除的重叠网格图形
- Step 3²：利用 View→Edit Menu → Element → Del 逐一去除多余单元。

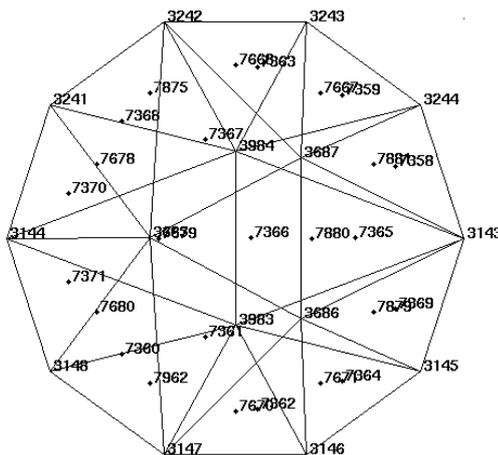


图 5：浇口处的重叠网格

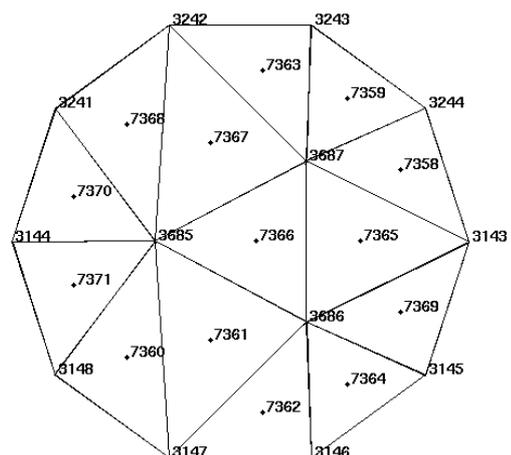


图 6：去除重叠网格后的浇口网格

3.4.2 shell 形式

采用上述方法，最大的弊病是需要手工消除重叠网格，当存在冷铁、保温材料等多材质的情况，手工工作量太大，甚至根本无法完成。

² 如果清楚文件的数据结构，可以考虑直接编辑.unv 及.pat 格式表面网格文件

如果能从重叠网格产生原因入手，清除重叠网格的产生根源，就能够从根本上杜绝重叠网格的产生。

重叠网格产生的原因很清楚，就是交汇处的表面同时被两种材质（本例中为铸件与铸型）的外轮廓所拥有，而 Pro/ENGINEER 采取实体造型，无法将任何一方的表面删除，剖分表面网格就造成了重叠交叉。

如果将铸件与铸型合成一个实体，显然就可以避免上述问题。但此时又产生一个新问题，Pro/ENGINEER 无法区分铸件与铸型，也就无法指定界面两侧的材质³。换言之，合并后所生成的只是单一的、实心的实体。为此我们设想表面网格仅需要表面即可，而在仅有表面的情况下是可以区分界面两侧的材质。由此我们尝试，将铸件与铸型外轮廓的实体表面提取出来，形成一个包括铸件与铸型外轮廓表面的特殊壳体，再剖分表面网格，我们将其定义为 Shell 形式。此方式获得了成功，具体操作步骤如下：

- Step 1: 铸件工艺设计完成后，通过 Create Surface 提取铸件外表面，并 Cut 掉原来铸件；
- Step 2: 通过 Create Surface 加上铸型外表面；
- Step 3: 进入 FEM 环境，按有限元模型生成次序输出 Shell 模型（Patran 格式或 Ideas 格式均可）；
- 由 MeshCAST 读入，剖分体网格。

需要说明的有一点：仅包括曲面情况下，划分表面网格需要指定 Quilt Thick 参数，可根据铸件的大小给出一个较小的值即可。

采用该方式的优点在于不但简化了铸型设计，而且建立有限元模型时，无须处理铸件--铸型交界面。此外，由此方式产生的表面网格，在 MeshCAST 读入时自动确认为两种材质，多种材质情况亦然，无须在 Pro/ENGINEER 中事先指定材质。

3.5 其它方式

3.5.1 VIRTUAL MOLD 方式

该方式适合铸型外形简单的情况，实体造型及有限元网格剖分时不必处理铸型。采用该方式，在具体应用中存在的问题是：常常找不到铸件、铸型之间的交界面（Interface），也就无法给定换热系数（Heat）。

3.5.2 MERGE FILES 方式

MERGE FILES 方式首先要求文件的格式必须为 ProCAST 的表面网格（.sm）或体网格（.mesh）。对于该方式，我们进行了多次测试，体网格、表面网格，Patran 格式、Ideas 格式，对面网格先 Merge 再剖分体网格、先剖分再 Merge，等等，但最多只能保证生成的体网格可以由 PreCAST 读入，而且同样找不到交界面。

四. 本结论

4.1 以采用的接口方式

- 实体方式：IGES 格式；
- 表面网格：Patran 格式、Ideas 格式、Shell 方式；

³ 在有些 CAx 系统中，如 I-deas，允许将一个零件中界面两侧指定为不同材质

- 体网格: Patran 格式、ANSYS 格式。

4.2 推荐方式

通过相当数量的实践表明:

Pro/ENGINEER 输出的 Patran 格式优于 Ideas 格式和 ANSYS 格式, 换言之, Pro/ENGINEER 的有限元内核更接近于 Patran 方式。

表面网格优于体网格与实体方式, 而 Shell 方式是表面网格中最优方式。

综上所述, 我们认为最佳接口方式为采用 Shell 方式输出 Patran 格式表面网格, 由 MeshCAST 剖分体网格。

五. 杂铸件的验证

按 4.2 所的结论, 对我公司比较典型的铸钢件----QCZ85 摇枕----进行了接口实验:

Step 1: 用 Pro/ENGINEER 的基本造型功能建立 QCZ85 摇枕产品模型和工艺模型, 图 7

所示为摇枕 1/4 工艺模型, 其中颜色加亮部分为冷铁。

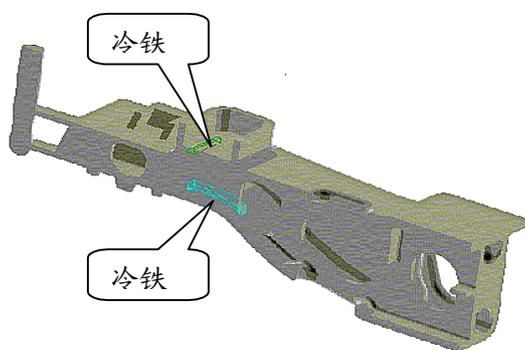


图 7: 摇枕工艺图

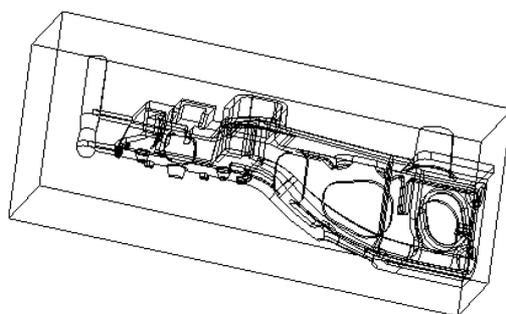


图 8: 摇枕及砂型 Shell 形式

Step 2: 通过 Create Surface 提取铸件及冷铁外表面, 并 Cut 掉原来铸件及冷铁。再次使用 Create Surface 加上铸型外表面, 形成摇枕的 Shell 形式, 如图 8 所示。

Step 3: 进入 FEM 环境, 按有限元模型生成次序输出 Shell 形式表面网格模型, 如图 9 所示 (本例采用 Patran 格式)。

Step 4: 由 MeshCAST 读入, 剖分体网格, 获得成功。而且在进行网格平滑处理 (smooth) 后, 完全消除了坏单元。

反之, 对 Step 2, 如果按常规方式处理, 在不装配砂型情况下, 可以剖分表面网格。而一旦装配砂型, 再进行有限元网格剖分, 则无论是表面网格, 还是体网格, 在某些部位一直无法通过。

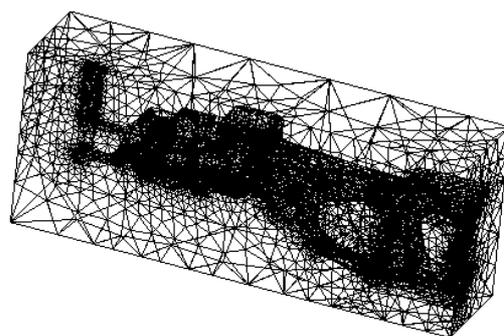


图 9: 摇枕及砂型表面网格

参考文献

UES Software,Inc. MeshCAST Tutorial & Exercise Manual V1.6.1

Pro/ENGINEER 中文介绍指南 质美誉印社, 1999

王勖成 有限元法基本原理和数值方法 清华大学出版社, 1997