

序言

多物理场耦合模型及数值模拟在各领域的研究及应用正在快速地发展。本书的读者可通过如下方式获得实用的信息，新的期刊、国际多物理场期刊(<http://www.multiphysics.salford.ac.uk/>)和 Comsol Multiphysics 软件包(www.comsol.com)，同时可以访问中文网站(comsol.cntech.com.cn)以获取更多的中文资料及在线的视频教程，Comsol 软件对于复杂过程的耦合建模能力给用户呈现了广阔的应用空间。

本书整理了我近年来对 Comsol Multiphysics 软件的应用体会，同时我也随着软件一起“成长”。我最早的博士研究生中有一位在 1995 年就开始使用 Matlab 软件的 PDE toolbox，该工具箱也就是 Comsol Multiphysics (原 Femlab)软件的前身，用于开发多相流电容层析成像重建算法。我们早在 2001 年就购买了 Femlab 2.0 软件，她对有限元建模具有卓越的图形用户界面和扩充功能，我们用她来处理电动流和微通道流的混合。我于 2002 年六月首次提供了基于 Femlab 2.2 的加强模块，随着一系列的深入技术交流，她最终发展为有限元方法的过程建模和仿真。自从我们开发了更为有效的模块以及新模块实例，这个模块已经运行过八次，每一模块都引入了新的功能，并且我的研究团队已学会如何使用。随着 2005 年 Comsol Multiphysics 3.2 的引进，Femlab 根本的改革牢牢地集中在多物理场模型建立的准确定位。图形用户界面的操作界面以及给人的感觉已经改变了，所以很多对 Femlab 一步一步的描述不再和现代软件版面设计相匹配。处理例子的最好方法也不再是最初我用 Femlab 的方法。我们的许多模型是对 Matlab 代码生成的混合 GUI 应用，随后是基本 Matlab 程序设计步骤。Comsol Multiphysics 的 GUI 中新的内建工具和许多新特征一起给出了足够的功能，那些对 Matlab 程序设计不是特别需要的。我把一些能想到的列出来：

1. 求解管理器：她被看作一个复杂的平台以建立初始条件，她能处理问题中的部分物理（单物理）模式得到解，或者在前一个解作为初始点时得到小的公差。在求解高非线性问题时，如果对解空间以足够近的初始值开始，你将一定仅得到一个解。Comsol Multiphysics 现在允许灵活地对多物理场模型建立初始估计/条件—物理模式或过程的不同组合，以及不依赖复杂 Matlab 程序设计的对先前近似解的公式改变。
2. 基于数据和自定义函数的内插函数。我过去常常制作 m-文件函数来建立嵌于 Femlab 模型中的内插函数或复杂函数，但 Comsol Multiphysics 允许内建函数定义（和她们的符号导数），这对有限元矩阵组件是需要的。在精确模拟我的模型中的物理/热力学性质上，这些已证明了具有很高的有效性。在一些例子中，热力学性质的曲线拟合对你的数据并不是正确的，但是通过内插函数（比如三次样条函数）就可以做到。现在这就简单了——你只要导入带有试验信息数据文件。
3. 附加的代数方程、常微分方程、瞬态方程和约束处理。Comsol Multiphysics 有大量工具用于处理辅助方程和条件，她们在 Femlab、Matlab 中允许使用高级编程语言，通过自定义程序来处理。我将详细说明 Femlab 中的工作区，以显示创建模型组建的能力，并且现在她们在 Comsol Multiphysics 的图形用户界面上是可处理的。

还有更多的对 Comsol Multiphysics 来说是独特的特征，以及很多对有限元方法的运用选择，她们中的许多内容我可能并没有在这本书中涉及，这是因为她们在“后台”或者她们对我所处理的这类建模并不需要。我要感谢 Comsol Multiphysics 在我数值模拟研究过程中

的突破，基于此我们已经能够开发整个新的研究和试验方法。我当前的研究重点在解决 PDE 系统的反问题方法，来解决科学和工程中的应用问题。第七章中给出了基本思路，由于我团队中的几个博士研究生和已经毕业的博士对反问题所作的研究，我们具备了足够的实力。有超过七篇以上的期刊文章是关于微流电流测定中的反问题，运用 PDE 从小试样中去求解复杂流和生物流的流变参数。其他包括从性能数据求解多相化学反应器和膜分离的设计参数，从营养吸收数据获得酵母代谢动力学，发射光谱中解释等离子体的结构动力学。这种方法上的一个工程可能比 Navier-Stokes 方程更真实地表示了对液体流的描述。因为多物理场过程的优良模型有助于协调建模和试验分析与设计。科学方法总是关于假设形成，检验，假设修正。在多物理场计算模型的科学研究中，模型是假定的。并且使用好的建模工具使修正变得更容易。

事实上，这是一本不同于过程建模和仿真的书——不同的建模方法和新例子学习。如果没有其他人的大量帮助，本书是不可能形成的。作为本书的中文版序言，我非常高兴向她的推动者表示敬意--本书的译者 Comsol 中国区总代理--中仿科技公司(CnTech Co.,Ltd)的周少林、盛卫心、马慧等优秀团队。并非常感谢同济大学的许震宇老师及赵超同学，按照本书完成了所有例题的勘定，并提供了所有模型的原始文件，在此一并感谢。本书所有实例的源文件都可以到中仿科技公司网站免费下载，同时或许您还会有意想不到的收获，因为上面同时发布了很多 Comsol 的 step by step 视频动画教程，详细网址是：www.CnTech.com.cn。中仿科技公司 CnTech Co.,Ltd 的梁琳意识到我的书在中国会有大量的读者，并且对她的翻译出版作了所有的计划安排，我对此深表感激。

顺便说一下，在 Yahoo 上的 Comsol 用户群对各水平的多物理场建模者是一个活跃的交流区和值得浏览的地方，在中国也有一个比较活跃的 Comsol 讨论社区，感兴趣的可访问中国仿真互动网技术交流论坛 www.Simwe.com/forum/ 登录 Comsol 版块浏览。

Will Zimmerman
Professor of Biochemical Dynamical Systems
University of Sheffield, 20 July 2007.