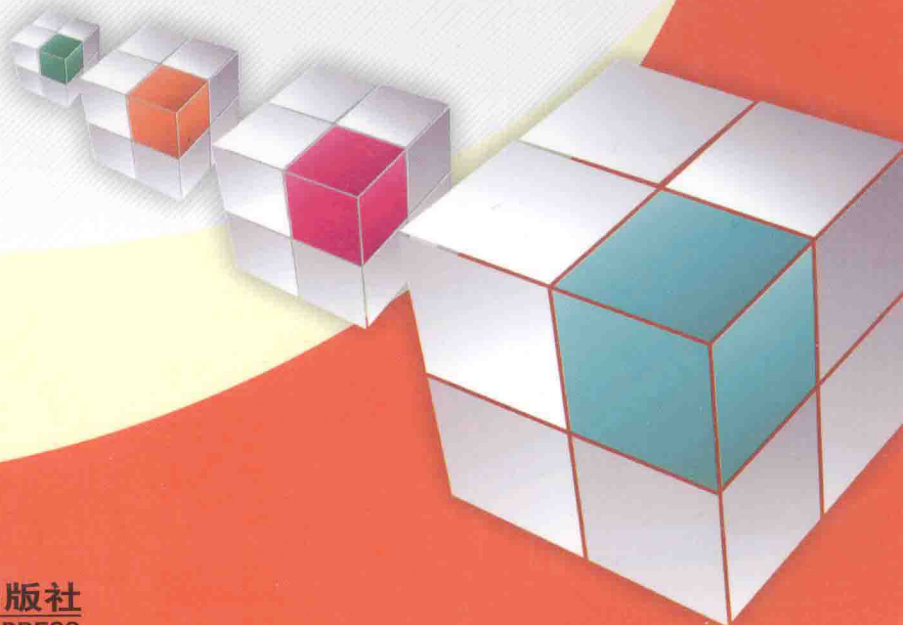
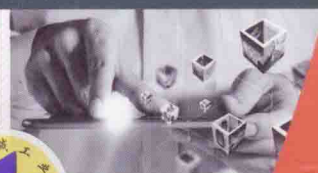




液压系统 AMESim 计算机仿真指南

梁全 苏齐莹◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

液压系统 AMESim 计算机仿真指南

梁 全 苏齐莹 编著



机械工业出版社

本书着重介绍利用 AMESim 仿真软件进行液压元件及系统模型的建立和使用该软件进行数字仿真的基本方法；通过循序渐进的方式，介绍了用 AMESim 进行系统仿真的基本操作过程和常用技巧；最后，通过液压系统及液压元件的建模实例，讲解了用 AMESim 仿真软件进行液压仿真的参数设置方法和建模技巧。

本书可供工程技术人员和大专院校相关专业师生，特别是从事液压系统仿真的科研人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压系统 AMESim 计算机仿真指南/梁全, 苏齐莹编著. —北京: 机械工业出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-111-47399-2

I. ①液… II. ①梁…②苏… III. ①液压系统-计算机仿真-软件包 IV. ①TH137-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 160194 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 黄丽梅 责任编辑: 黄丽梅 版式设计: 赵颖喆

责任校对: 陈立辉 封面设计: 陈沛 责任印制: 刘岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2014 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 20 印张 · 399 千字

0001 — 2000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-47399-2

定价: 58.00 元



凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

策划编辑电话: (010) 88379770

封面无防伪标均为盗版

前 言

科学技术的飞速发展，特别是电气、计算机技术在液压领域内的广泛应用，扩大了液压传动与控制技术的适用范围，提升了各种使用液压技术的机械设备的性能；反过来，机电液一体化程度的不断提高，对液压传动与控制系统的性能和控制精度等提出了更高的要求。传统的以完成设备工作循环和满足静态特性为目的的液压系统设计方法，已不能适应现代产品的设计和性能要求，而对液压系统进行动态特性分析和采用动态设计方法，已成为机械设计中的重要手段。但是，不论对液压系统进行静态分析还是动态分析，都需要借助一定的理论方法和工具，这个方法和工具就是“液压系统计算机仿真”。

“液压系统计算机仿真”已历经了大约半个世纪的演化和更新。在其发展的初级阶段，液压系统仿真所面临的主要问题是建立一个准确、适用、便于仿真的数学模型。这通常需要建模人员不仅要对所研究的液压元件或系统的基本原理和具体结构有深入的了解，同时还要具备深厚的数学功底。当数学模型建立完成后，面临的下一个重要、棘手的问题是如何对这些数学模型进行求解，这时就要求建模人员不仅要有深厚的数学功底，同时还要拥有高超的数值分析方面的经验和技巧，要能够编写出求解微分方程、状态方程的计算机程序，并能够绘制出动态、静态曲线图。由此可见，液压系统计算机仿真，表面上看只和液压相关，实际上却是一个机械、数学、计算机等多学科交叉结合的综合性工程研究领域。正是由于该研究领域对研究人员素质的多方面要求，使得从事该领域研究的人员寥寥无几，关于这方面的书籍更是凤毛麟角。而 AMESim 软件的诞生，将在一定程度上解决上面所面临的问题和矛盾。

AMESim (Advanced Modelling Environment for performing Simulation of engineering systems, 高级工程系统仿真建模环境)，是法国 IMAGINE 公司自 1995 年开始推出的一种新型的高级建模和仿真软件。该软件提供了一个系统工程设计的完整平台，使得用户可以在同一平台上建立复杂的多学科领域的仿真系统模型，并在此基础上进行深入的仿真计算和分析。尤其值得一提的是，AMESim 集成了机械、液压、气动、热、电和磁等领域的元件库，不同领域的元件库可以相互进行连接，这为液压系统计算机仿真提供了强大的支持。本书正是从 AMESim 基础知识入手，着重讲解用 AMESim 进行液压系统及元件仿真的方法和技巧；通过对液压元件和系统的计算机仿真，来指导液压元件或系统的设计，或者对已存在的液压元件和系统进行分析。

本书第 1 章介绍了当前流行的与液压系统计算机仿真相关的软件，并阐述了液压系统建模及仿真的发展方向。第 2~8 章介绍了 AMESim 仿真软件的基本操作方法和使用技巧，掌握这部分知识和能力，是进行深入学习的基础，希望读者在进行深入的仿真分析和研究之前，要熟练掌握这一部分内容。第 9、10 章介绍了用 AMESim 进行液压系统和元件计算机仿真的基本知识和经验技巧，是学习液压系统计算机仿真的基础。第 11 章通过实例演示的方式，介绍了用 AMESim 液压库元件和 HCD 库元件构建液压系统和元件的仿真模型，并进行仿真分析的经验和技巧，是全书的重点和精华，读者通过反复地练习这一章的实例，可以达到举一反三、融会贯通的目的，从而为建立更加复杂的仿真系统打下坚实的基础。

限于编者水平及时间有限，对于书中的疏漏和不妥之处希望广大读者批评指正。同时也希望能与液压领域相关的读者进行交流沟通，联系方式：liangquan6@126.com。

编 者

目 录

前言

第 1 章 液压系统仿真概述	1
1.1 仿真技术在液压技术领域中的应用	1
1.2 当前流行的液压仿真软件	1
1.2.1 FluidSIM	2
1.2.2 Automation Studio	2
1.2.3 HOPSAN	2
1.2.4 HyPneu	3
1.2.5 EASY5	3
1.2.6 DSHplus	3
1.2.7 20-sim	3
1.2.8 AMESim	4
1.3 液压系统建模及仿真技术发展方向	5
第 2 章 AMESim 简介	6
2.1 概述	6
2.2 AMESim 软件包	7
2.2.1 AMESim	7
2.2.2 AMECustom	8
2.2.3 AMESet	8
2.2.4 AMERun	8
第 3 章 AMESim 工作空间	10
3.1 AMESim 用户界面	10
3.1.1 主窗口	10
3.1.2 工具栏	10
3.1.3 库	13
3.2 AMESim 的 4 种工作模式	14
3.2.1 草图模式	15
3.2.2 子模型模式	15
3.2.3 参数模式	15
3.2.4 运行模式	16

3.3 技巧	16
3.3.1 插入一个元件	16
3.3.2 旋转一个图标	16
3.3.3 镜像一个图标	16
3.3.4 删除元件	16
3.3.5 端口	17
3.3.6 显示/消隐元件标注	17
3.3.7 在线帮助	18
3.3.8 键盘快捷键	18
3.4 入门	18
3.4.1 创建新草图	18
3.4.2 搭建系统	19
3.4.3 给元件分配子模型	20
3.4.4 设置参数	21
3.4.5 运行仿真	23
3.4.6 绘制曲线图	24
3.4.7 使用重放功能	25
3.4.8 存储和退出 AMESim	25
3.5 一个简单的机械系统	26
3.5.1 创建模型	26
3.5.2 创建一个线段	27
3.5.3 显示草图上的标签	28
3.5.4 设置参数	29
3.5.5 参数名、子模型和变量名的别名	32
3.5.6 设置参数并运行仿真	34
3.5.7 使用外部变量功能	35
3.5.8 绘制曲线	36
3.5.9 更新曲线	37
3.5.10 输出数据到 CSV 文件	37
3.5.11 使用旧的最终值	38
3.5.12 查看图形	39
3.5.13 继续运行	39
3.6 使用隐含变量的系统	40
3.6.1 一个图标的多个子模型	41
3.6.2 信号端口	41

3.6.3	隐含变量	44
3.7	含有代数环的系统	45
3.7.1	改变参数	45
3.7.2	简单说明	45
第 4 章	高级实例	47
4.1	四分之一车	47
4.1.1	状态计数功能	47
4.1.2	动态运行和稳态运行	49
4.1.3	保存数据和装载数据	54
4.1.4	为绘制的图形添加文本	55
4.2	使用 Experiment view	56
4.3	转动惯量	59
4.3.1	旋转速度和扭矩的符号转换	59
4.3.2	数据采样的别名	60
4.3.3	非连续和非连续输出	61
4.4	凸轮操作阀	62
4.4.1	描述	62
4.4.2	仿真这个系统	63
4.4.3	创建 X-Y 绘图	65
4.4.4	使用绘图管理器	66
4.4.5	修改绘制曲线的特性	67
第 5 章	批运行	69
5.1	简介	69
5.2	四分之一车模型	69
5.2.1	选择性保存	69
5.2.2	批运行	71
5.3	以一个投石器为例演示锁定状态	74
5.3.1	锁定状态简介	74
5.3.2	演示	74
5.3.3	锁定状态	77
5.3.4	错误类型	80
第 6 章	超级元件工具	81
6.1	简介	81
6.2	创建一个超级元件工具	81
6.3	使用标准图标创建一个 PID 控制器的超级元件工具	84

6.3.1	平面系统和一个包含超级元件系统的比较	84
6.3.2	创建一个超级元件	86
6.4	使用超级元件	90
6.4.1	取代超级元件的子模型	90
6.4.2	展开一个超级元件	90
6.4.3	更改超级元件的参数	91
6.4.4	绘制一个超级元件的变量	92
6.5	管理超级元件	94
6.5.1	不同类型的超级元件	94
6.5.2	多层超级元件	94
6.5.3	显示可用的超级元件和它们的分类	95
6.5.4	从用户分类中移除一个超级元件	95
6.5.5	修改一个超级元件	96
6.6	使用自己的图标构建一个 PID 控制器的超级元件工具	99
6.6.1	创建一个超级元件的分类	100
6.6.2	创建一个超级元件的图标	102
6.7	创建一个包含全局变量的通用超级元件	107
6.7.1	从 AMESim 的“demo”中获得该例子	107
6.7.2	创建一个包含全局参数的元件组的超级元件	108
6.7.3	为超级元件指定一个图标	109
6.7.4	保存这个超级元件	111
6.7.5	在新系统中使用这个超级元件	112
6.8	分配全局变量到通用超级元件	114
第 7 章	结果管理	115
7.1	创建后置处理变量	115
7.2	创建多回路后置处理变量	117
7.3	使用保存的数据比较曲线	119
7.4	使用多数据集工作	122
7.5	同所有其他的批运行结果相比较	125
7.6	利用 Experiments 比较结果集	125
7.7	使用“Post processing”和“Cross results”	126
第 8 章	线性分析	131
8.1	简介	131
8.2	线性分析之前	131
8.2.1	不同的分析用不同的工具	133

8.2.2	使用线性分析的好处	134
8.3	线性分析实例	136
8.3.1	实例 1: 简单的质量弹簧系统的线性分析	136
8.3.2	实例 2: 一个机械系统的模态形状分析	142
8.3.3	实例 3: 质量弹簧阻尼系统的频率响应分析	151
8.3.4	实例 4: 根轨迹分析	153
8.4	线性分析特征概述	156
8.4.1	为什么要做线性分析	156
8.4.2	线性分析的表现	157
第 9 章	液压仿真	172
9.1	第一个液压系统	172
9.1.1	简介	172
9.1.2	实例 1: 一个简单的液压系统	172
9.1.3	实例 2: 使用更加复杂的流体属性	178
9.1.4	实例 3: 使用更加复杂的管道子模型	182
9.1.5	实例 4: 带工作循环的阀	187
9.1.6	实例 5: 液压缸的位置控制	191
9.1.7	实例 6: 对一个液压循环的简单设计训练	195
9.2	流体属性的理论	200
9.2.1	密度和压缩性系数	201
9.2.2	空气释放和气穴	202
9.2.3	黏性	205
9.3	AMESim 流体属性	211
9.3.1	简介	211
9.3.2	实例	214
9.4	液压管道模型	214
9.4.1	简介	214
9.4.2	管道子模型的选择	217
9.4.3	3 个重要的量	218
9.4.4	选择的过程	220
第 10 章	HCD 库的使用	222
10.1	概述	222
10.2	实例指南	223
10.2.1	利用 HCD 库构造单向阀	223
10.2.2	使用 HCD 构造一个液压缸	232

10.2.3	创建一个减压阀	236
10.2.4	三位三通液压方向控制阀	239
10.2.5	缸体移动的液压缸	245
10.3	一些常用的规则	245
10.3.1	概述	245
10.3.2	因果关系	246
10.3.3	使用特殊参数的设置功能	247
10.3.4	使用质量动态块	247
10.3.5	设置零位置的腔体的长度	247
10.3.6	全部重建	247
第 11 章 液压系统计算机仿真实例		249
11.1	液压千斤顶的 AMESim 仿真	254
11.1.1	千斤顶工作原理	254
11.1.2	AMESim 仿真模型回路	255
11.1.3	参数设置	255
11.1.4	仿真结果	255
11.2	AMESim 节流阀和调速阀仿真模型比较	256
11.2.1	节流阀和调速阀的工作原理	256
11.2.2	仿真回路	256
11.2.3	参数设置	257
11.2.4	仿真分析	257
11.3	高低压双泵供油快速运动回路的仿真	258
11.3.1	基本原理	258
11.3.2	仿真回路	258
11.3.3	参数设置	258
11.3.4	仿真分析	259
11.4	节流调速回路	260
11.4.1	基本原理	260
11.4.2	AMESim 仿真回路	261
11.4.3	参数设置	262
11.4.4	仿真运行	262
11.5	位置控制系统 AMESim 仿真	264
11.5.1	基本原理	264
11.5.2	仿真回路	265
11.5.3	参数设置	266

11.5.4	仿真分析	266
11.6	孔口流量	269
11.6.1	基本原理	269
11.6.2	仿真模型	269
11.6.3	参数设置	269
11.6.4	仿真分析	270
11.7	压力限制器（直动式溢流阀）的建模与仿真	274
11.7.1	直动式溢流阀的原理	274
11.7.2	直动式溢流阀 AMESim 模型	275
11.7.3	参数设置	275
11.7.4	仿真分析	276
11.8	先导式溢流阀的 AMESim 仿真	277
11.8.1	基本原理	277
11.8.2	仿真回路	278
11.8.3	参数设置	278
11.8.4	仿真结果	279
11.9	三位阀的 AMESim 仿真模型	281
11.9.1	三位三通阀图形符号	281
11.9.2	三位三通阀的机械结构	281
11.9.3	AMESim 模型	282
11.9.4	参数设置	282
11.9.5	仿真曲线	283
11.10	三位四通阀的 AMESim 仿真	283
11.10.1	三位四通阀的图形符号	283
11.10.2	三位四通阀的机械结构	283
11.10.3	AMESim 模型	284
11.10.4	参数设置	285
11.10.5	仿真分析	285
11.11	定压减压阀 AMESim 仿真	286
11.11.1	基本原理	286
11.11.2	仿真模型	287
11.11.3	参数设置	288
11.11.4	仿真分析	288
11.12	顺序阀的 AMESim 仿真	289
11.12.1	基本原理	289

11.12.2	仿真模型	290
11.12.3	参数设置	291
11.12.4	仿真分析	291
11.13	插装阀的 AMESim 仿真	292
11.13.1	基本理论	292
11.13.2	插装阀主阀的仿真模型	293
11.13.3	参数设置	294
11.13.4	创建插装阀超级元件	294
11.13.5	插装阀组成的方向控制回路	301
参考文献		307

第 1 章 液压系统仿真概述

现代液压系统设计不仅要满足静态性能要求，更要满足动态特性要求。随着计算机技术的发展和普及，利用计算机进行数字仿真已成为液压系统动态性能研究的重要手段。而计算机仿真必须具有两个主要条件：一是建立准确描述液压系统动态性能的数学模型；二是利用仿真软件对建立的数学模型进行数字仿真。利用计算机对液压元件和系统进行仿真研究和应用已有 30 多年的历史。随着流体力学、现代控制理论、算法理论和可靠性理论等相关学科的发展，特别是计算机技术的迅猛发展，液压仿真技术也得到快速发展并日益成熟，越来越成为液压系统设计人员的有力工具。

1.1 仿真技术在液压技术领域中的应用

如果用户想使用液压仿真这门技术，首先要了解利用液压仿真我们能做什么。关于仿真技术在液压技术领域中的应用，归纳起来可以解决如下几方面的问题：

1) 对已有液压元件或系统，通过理论推导建立描述它们的数学模型，然后进行仿真实验，所得到的仿真结果与实物实验结果进行比较，验证理论的准确程度，反复修改数学模型，直到使得两实验结果非常接近，把这个理论模型作为今后改进和设计类似元件或系统的依据。

2) 对于已有的系统，通过建立数学模型和仿真实验，确定参数的调整范围，作为该系统调试时的依据，从而缩短调试时间和避免损坏设备。

3) 对于新设计的元件，可以通过仿真实验研究元件各部分结构参数对其动态特性的影响，从而确定满足性能要求的结构参数最佳匹配，给实际设计该元件提供必要的数据库。

4) 对于新设计的系统，通过仿真实验验证控制方案的可行性，以及结构参数对系统动态特性的影响，从而确定最佳控制方案及最佳结构和控制参数的匹配。

总之，通过仿真实验可以得到液压元件或系统的动态特性，例如过渡过程、频率特性等，研究提高它们动态特性的途径。仿真实验已成为研究和设计液压元件或系统的重要组成部分，必须予以重视。

1.2 当前流行的液压仿真软件

对液压元件或系统利用计算机进行仿真的研究和应用已有 30 多年的历史。随

着流体力学、现代控制理论、算法理论、可靠性理论等相关学科的发展,特别是计算机技术的突飞猛进,液压仿真技术也日益成熟,越来越成为液压系统设计人员的有力工具,相应的仿真软件也相继出现。目前,国内外主要有 FluidSIM、Automation Studio、HOPSAN、Hypneu、EASY5、ADAMS/Hydraulics、Matlab/Simulink、SIMUL-ZD、DSHplus、20-sim、AMESim 等 11 种液压仿真软件,本节对其中常用的液压仿真软件的特点和功能进行介绍,为从事液压传动与控制技术工作的工程技术人员提供帮助。

1.2.1 FluidSIM

FluidSIM 软件由德国 Festo 公司 Didactic 教学部门和 Paderborn 大学联合开发,是专门用于液压与气压传动的教学软件。FluidSIM 软件分为两个软件,其中,FluidSIM-H 用于液压传动教学,而 FluidSIM-P 用于气压传动教学。

FluidSIM 软件可用于自学、教学和多媒体教学液压(气压)技术知识。利用 FluidSIM 软件,不仅可设计液压、气动回路,还可设计与液压气动回路相配套的电气控制回路,弥补了以前液压与气动教学中,学生只见液压(气压)回路不见电气回路,从而不明白各种开关和阀动作过程的弊病。

1.2.2 Automation Studio

Automation Studio 软件是加拿大 Famic 公司开发的一款做气压、液压、PLC、机电一体化整合设计与仿真的软件。

从功能上讲,Automation Studio 软件比 FluidSIM 软件更加完善和全面,完全可以替代 FluidSIM 软件。该软件的特点是面向液压、气动系统原理图,不仅可以创建液压、气动回路,也可以同时创建控制这些回路的电气回路,仿真结果以动画、曲线图的形式呈现给用户,适用于自动控制和液压、气动等领域,可用于系统设计、维护和教学。

1.2.3 HOPSAN

HOPSAN 软件是瑞典林雪平大学流体机械工程部从 1977 年开始,历时 8 年推出的仿真软件。

HOPSAN 软件的建模方法是元传输线法、源于特征法和传输线建模,弥补了传统的键合图法只能描述元件间的连接关系,不能反映元件间的因果关系的缺点。在该软件中,机械系统和液压系统是采用特征方法处理的,通过这种方法,表示一个元件的微分方程式,可以在代表这个元件的子程序中完整求解。

HOPSAN 软件最重要的 3 个特点可归纳为:①动态的图形元件库和图形建模功能;②优化方法用于对系统行为的优化和参数的离线评估;③具有实时仿真和分布式计算功能。

1.2.4 HyPneu

HyPneu 软件是美国 BarDyne 公司的产品。该软件是一款集液压、气动分析为一体的流体动力与运动控制设计仿真与过程可视化的软件。软件包含了前、后处理及仿真计算与动画演示功能,可为工程设计人员提供分析和解决液压、气动领域问题的 CAE 手段,并提供了对工程验证、改型设计、新产品研发的辅助支持,以及作为液压、气动、机械、电子、电磁一体化系统分析的虚拟仿真平台,实现多学科多领域的联合仿真。

利用 HyPneu 软件可以在其图形化的界面内,使用软件元件库中丰富的元件,搭建用于仿真分析的原理图,进行稳态、动态、频域、热传、污染等类型的仿真分析,得到元件或系统的压力、流量、频率响应、功率谱、温度、抗污染能力等多种类型的仿真结果,并可由此分析元件特性、系统性能等。HyPneu 软件还可以通过与其他软件的联合仿真正接口,实现机、电、液、气等多学科的联合仿真,以完成更复杂、更全面的分析。

1.2.5 EASY5

EASY5 工程系统仿真和分析软件是美国波音公司的产品,它集中了波音公司在工程仿真方面 25 年的经验,其中以液压仿真系统最为完备,它包含了 70 多种主要的液压原部件,涵盖了液压系统仿真的主要方面,是当今世界上主要的液压仿真软件。

EASY5 建立了一批对应真实物理部件的仿真模型,用户只要如同组装真实的液压系统一样,把相应的部件图标从库里取出,设定参数,连接各个部件,就可以构造用户自己的液压系统,而不必关心具体部件背后的繁琐的数学模型。因此,EASY5 的液压仿真软件非常适合工程人员使用。

1.2.6 DSHplus

1994 年,IFAS (国际流体动力学会)开发了一套完整的液压-气动-控制仿真软件 DSHplus。该软件面向原理图建模,具有图形建模功能。元件参数通过对话框设定,在图形建模的基础上,DSHplus 重点描述系统的功能单元(模拟重要因素);采用的回路类推法让用户可轻松、方便地设计模拟模型;系统还拥有众多程序模块化的工具集,通过这些模块,工程人员可以方便地对系统进行优化、批处理。

1.2.7 20-sim

20-sim 是由荷兰 Controllab Products B.V. 公司与荷兰 Twente 大学联合开发的动态系统建模与仿真软件。

20-sim 支持原理图、方框图、键合图和方程式建模,并且支持几种建模方法

的综合应用,以便以最适合的方法对仿真系统中的每一个元素进行建模。20-sim 支持不同形式动态系统的建模,如线性系统、非线性系统、连续时间系统、离散时间系统和混合系统,还支持分层模型表示,也支持向量和矩阵运算。

1.2.8 AMESim

AMESim 是法国 IMAGINE 公司于 1995 年推出的基于键合图的液压/机械系统建模、仿真及动力学分析软件。该软件包含 IMAGINE 技术,为项目设计、系统分析、工程应用提供了强有力的工具。它为设计人员提供便捷的开发平台,实现多学科交叉领域系统的数学建模,能在此基础上设置参数进行仿真分析。

AMESim 软件中的元件间都可以双向传递数据,并且变量都具有物理意义。它用图形的方式来描述系统中各设备间的联系,能够反映元件间的负载效应和系统中能量、功率的流动情况。该软件中元件的一个接口可以传递多个变量,使得不同领域的模块可以连接在一起,这样大大简化了模型的规模;另外,该软件还具有多种仿真方式,如稳态仿真、动态仿真、批处理仿真、间断连续仿真等,这可以提高系统的稳定性和保证仿真结果的精度。

AMESim 采用标准的 ISO 图标和简单直观的多端口框图,涵盖了液压、液压管路、液压元件设计、液压阻力、机械、气动热流体、冷却、控制、动力传动等领域,能使这些领域在统一的开发平台上实现系统工程的建模与仿真,而成为多学科、多领域系统分析的标准环境,为用户建立复杂的系统提供了极大的便利;AMESim 仿真模型的建立、扩充或改变都是通过图形界面 (GUI) 来进行的,用户只专注于工程项目中物理系统本身的设计,不需要专门学习编程语言就可以直接进行建模和仿真分析;AMESim 给用户提供了标准、规范的二次开发平台,用户既能调用 AMESim 软件中模型的源代码,又能把自己编写的 C 或 Fortran 代码以模块的形式综合到 AMESim 软件包;AMESim 开发了 4 级的建模方式,分别为:方程级、方块图级、基本元素级和元件级;AMESim 提供了齐全的工具,为用户分析和系统优化提供了极大的便利;AMESim 具有多种仿真运行模式:动态仿真模式、稳态仿真模式、间断连续仿真模式以及批处理仿真模式,用户利用这几个模式能实现动态分析、参数优化和稳态分析;AMESim 软件可以使物理系统模型直接转换成实时仿真模型;AMESim 提供了 17 种优化算法,依照所建模型,用户能灵活地利用智能求解器挑选最适合模型求解的积分算法;为了缩短仿真时间和提高仿真精度,用户能在不同仿真时刻根据系统的特点动态切换积分算法和调整积分步长;为了与其他软件兼容 AMESim 软件提供了多种软件接口:如编程语言接口 (C 或 Fortran)、控制软件接口 (Matlab/Simulink 和 MatrixX)、实时仿真接口 (RTLVab、xPC、dSPACE)、多维软件接口 (Adam 和 Simpack、Virtual Lab Motion、3D Virtual)、优化软件接口 (iSIGHT、OPTIMUS)、FEM 软件接口 (Flux2D) 和数据处理接口 (Excel) 等。其方法是:让子系统在专用软件下搭建,利用接口对子系统的结果进