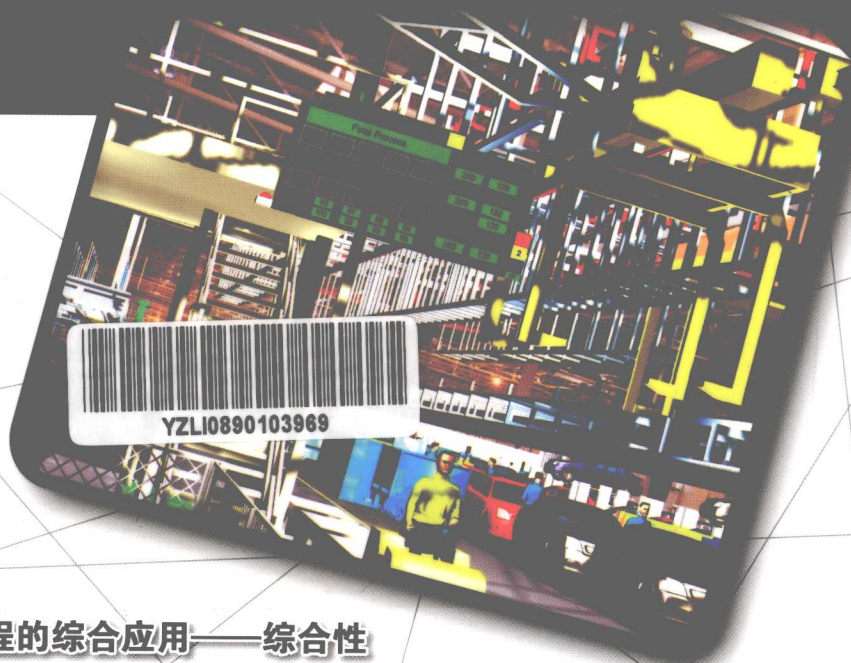


生产系统仿真

——Plant Simulation应用教程

周金平 编 著
汪 锐 审 校

Siemens PLM大学计划教程



- ※ 涉及生产系统全过程的综合应用——综合性
- ※ 面向工业工程经典问题的仿真模型——原创性
- ※ 集五门课程的仿真平台——集成化
- ※ 模型采用参数化设计——继承性



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

生产系统仿真

——Plant Simulation 应用教程

周金平 编著

汪 锐 审校



YZLI0890103969

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

生产系统研究的基本对象是生产系统的效率、质量、交期和成本,生产系统仿真则是对生产系统的各个组成环节建立仿真模型,通过仿真技术使系统性能优化、效率提升和浪费减少。系统仿真技术已经广泛地应用到生产系统各个领域。

本书针对生产系统中的经典问题进行相关分析,并建立基于 Plant Simulation 的仿真模型及相应的优化算法。全书共分 8 章:第 1 章详细介绍生产过程中的波动对生产系统效率的影响,重点分析生产线暂存区对产出率的影响;第 2 章建立订单型制造企业生产线和装配线的物料配送仿真模型,并对其中关键参数进行优化;第 3、4 章对设施规划中的两种经典布置方法进行详细分析及建模,通过模型可以非常快速地得到最优布置方案;第 5、6 章全面系统地介绍生产计划调度的各类 FSP 和 JSP 问题的求解方法,并提出一些改进的算法,以配合仿真方法的运用;第 7 章针对人机作业分析,进行仿真建模;第 8 章对工厂的仓储、车间等作业场所进行相关物流仿真。

本书可作为工业工程、机械工程、生产管理等相关专业的教材,适合高年级本科生和研究生使用。同时,本书内容非常适合高校建立创新性试验平台时使用,对从事生产系统仿真、生产计划与调度等的技术人员来说,本书更是一本难得的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

生产系统仿真: Plant Simulation 应用教程/周金平编著. —北京:电子工业出版社, 2011.11
ISBN 978-7-121-14699-2

I. ①生… II. ①周… III. ①离散系统(自动化)—系统仿真—高等学校—教材 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 199891 号

策划编辑:许存权

责任编辑:徐 静 特约编辑:刘文静 王 坤

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.5 字数: 550 千字

印 次: 2011 年 11 月第 1 次印刷

册 数: 4000 册 定价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

数字化制造是指制造技术、计算机技术、网络技术与管理科学的交叉、融合、发展与应用的一种先进制造技术，也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势。国内外的汽车、航空航天等高端制造业越来越多地采用数字化制造技术来重新制定企业未来发展战略。通过数字化制造系统，制造工程师可以在一个虚拟的环境中创建某个制造流程的完整定义，包括加工、装配线、加工中心、设施布局、人机工程学、资源等。在制造产品前，出于重用现有知识和优化流程的考虑，可以对产品的生产流程进行仿真优化、最佳工厂布局设计等。因此，生产系统仿真作为数字化制造核心领域之一，越来越受到高校、研究机构和企业的高度重视。

生产系统属于典型的离散事件动态系统，生产系统仿真建模方法大体上分为形式化建模（排队网络、Petri 网方法等）和非形式化建模（活动循环图、流程图和面向对象的方法）两类。面向对象的方法来源于面向对象的编程，强调运用人们日常的逻辑思维方法和原则，包括抽象、分类、继承、封装等。目前，很多系统仿真软件均采用了面向对象的方法来建立仿真模型，Plant Simulation 就是典型的面向对象的仿真软件。

作为数字化制造领域领先的系统软件，Siemens（西门子）公司的 Tecnomatix 系列软件在国内的高端制造业应用非常广泛，在高校的教学科研中也得到了普遍的使用。生产系统仿真软件 Plant Simulation（原 eM-Plant 软件）的应用除了在高端制造业外，在离散制造业尤其是中小型企业也得到了越来越广泛的应用，通过国内各专业学术期刊科研论文的检索就可以发现，国内高校和科研院所应用 Plant Simulation 作为仿真软件平台的不计其数。

2005 年一次偶然的机会接触到 Tecnomatix 的 eM-Plant 7.0 版物流系统仿真软件，通过台湾的一些高校网站找到了一些简单的中文资料，就开始了自学 eM-Plant 的过程，并以 ID“老马多拉”在 ITPUB 论坛上介绍该软件的使用。也就是从这一年开始，我校工业工程专业抛弃了其他的仿真软件，选用 eM-Plant 作为“工业工程基础”、“系统仿真”、“试验设计”、“设施规划与物流分析”和“生产计划与控制”等课程的仿真试验软件。2008 年，Siemens 公司推出 eM-Plant 的升级版本 Plant Simulation V8.2，我校也正式成为该软件的合法用户。

当重庆理工大学的施於人老师出版第一本介绍 eM-Plant 技术教程时，我非常有幸成为该书的技术外审专家。有缘于此，作者深感有必要编写一本生产系统仿真应用方面的教材，特别是 Plant Simulation 在生产系统仿真及工业工程领域的应用。这个想法得到了西门子工业软件（上海）有限公司的大力支持，尤其是得到了教育事业部的刘明孝经理的鼎力相助，在选题、内容确定和书稿出版等方面，无不凝聚着刘老师的心血。

本书的构思和写作前后花了近三年时间，包括仿真模型的建立和调试，其中内容的确认推敲了很久，有些内容是作者近期参与相关课题的内容，有些是对外培训时客户的实际案例，更多的则是实际讲授“设施规划与物流分析”和“生产计划与控制”等课程时的综合性试验、设计性试验内容。因此，本书的一个显著特点是没有长篇的理论介绍，而是将理论分散到建模过程中讲述，是生产系统各领域的综合应用；应用工业工程的方法来提升生产线产出率，进行企业内部物流配送优化、车间布置优化、流水线平衡、生产计划与排程优化、人机作业



分析和仓储仿真优化等经典工业工程问题的讲述与建模。

同时,为使读者更好地掌握 Plant Simulation,本书建立的仿真模型除第 1 章外,所有模型均采用了参数化设计的思路,只需简单的修改和扩充,就可以在现有模型基础上开发面向本科教学、研究生教学的仿真实验平台,也可以面向科研课题和企业实际应用进行快速扩充应用。基于这些模型,已将书中模型应用到纺织印染企业的生产计划与调度、快速公交 BRT 停靠站台优化仿真研究及 HP 打印机生产线 OBA 在线抽检生产系统仿真等实际应用案例中。

本书由广东工业大学机电学院工业工程系周金平编写,由西门子工业软件有限公司高级技术顾问、PLM 软件专家汪锐审校。本书的编写工作得到了广东工业大学教育教学改革工程项目(2010Y029; 2010Y030)和 2010 广东省特色专业建设项目的支持,广东工业大学苏平教授对本书第 5 章部分内容及算法提供了支持,饶中老师对第 7 章部分内容提供了素材。同时,本书参考了大量文献,再次谨向这些原文作者表示感谢!

感谢西门子工业软件(上海)有限公司刘明孝经理、汪锐工程师!

感谢广州安镁思软件有限公司的刘海军经理在软件培训等方面的无私帮助!

感谢广东工业大学机电学院的伍乃骐教授,是他将我引领到工业工程这个神奇的领域!

感谢电子工业出版社许存权编辑的支持和鞭策!

生产系统仿真是一门处于发展变化中的综合性学科,由于作者水平和学识有限,书中难免存在不足和错误之处,敬请读者朋友们批评指正,谢谢你们!

周金平

于广州小谷围岛

目 录

第 1 章 流水线暂存区的仿真试验设计	1
1.1 Flow Shop 暂存区模型	1
1.2 开始一个新项目	2
1.2.1 初始准备工作	2
1.2.2 建立基本生产线模型	3
1.2.3 设置模型的全局变量	4
1.2.4 Method 编程	5
1.3 机器设备的故障率对产出的影响	7
1.3.1 修改模型	7
1.3.2 试验实施过程	8
1.3.3 回归分析	10
1.3.4 获取数据	10
1.3.5 瓶颈分析	11
1.4 加工时间波动的影响	12
1.5 加工时间、故障率对产出率的联合作用	14
1.6 暂存区的设置	16
1.6.1 新建一个模型层	16
1.6.2 2^5 因子设计	17
1.6.3 多因子多水平因子设计	19
1.6.4 瓶颈工序暂存分析	20
1.7 加工时间波动、故障率和暂存区容量变化同时对产出率的影响	21
本章思考题	23
第 2 章 混流装配线物料配送仿真与优化	24
2.1 一般 MTO 企业混装线概述	24
2.2 建模前的准备工作	25
2.2.1 编辑动画图标	26
2.2.2 构建基本模型框架	28
2.2.3 清除原有模型对象	32
2.2.4 生成生产计划表	33
2.2.5 随机生成订单等数据	36
2.3 建立物料中转区	43
2.4 装配线及 AGV 配送路线建模	46
2.4.1 生成装配线模型的通用方法	48
2.4.2 生成装配线模型的调用方法	51



2.4.3 搬运小车 AGV 调度策略	54
2.4.4 仿真模型的初始化	58
2.5 AGV 配送小车的优化	60
2.5.1 线边暂存区参数优化	60
2.5.2 搬运小车 AGV 参数优化	60
2.5.3 线边暂存区参数优化	63
本章思考题	65
第 3 章 工艺原则布置仿真建模	66
3.1 二次分配问题概述	66
3.2 开始一个新项目	68
3.2.1 在模型层添加对象	69
3.2.2 全局变量设置	70
3.2.3 从至表数据处理	70
3.2.4 从至表数据校核	72
3.3 仿真建模思路	73
3.4 建立 QAP 模型	75
3.4.1 定义机器序列表	75
3.4.2 定义零件加工顺序表	76
3.4.3 生成机器及其前置暂存区	77
3.4.4 调入策略和离开策略	79
3.5 布置设计的优化	80
3.5.1 排序问题的 GA 工具——GASequene	81
3.5.2 遗传算法向导——GAwizard	84
3.5.3 其他因素的考虑	87
3.5.4 某些机床的固定约束位置要求	87
3.6 多行布置设计问题的仿真优化	89
3.6.1 多行布置模型	90
3.6.2 建立多行布置仿真模型	91
3.6.3 生成从至表	92
3.6.4 优化布置设计	99
3.6.5 优化结果分析	103
本章思考题	104
第 4 章 产品原则布置的仿真建模	106
4.1 开始一个新项目	107
4.2 模型工作流程	109
4.3 建立流水线平衡仿真模型	110
4.3.1 GASequene 设置	110
4.3.2 SeqInit 方法	111
4.3.3 GAOptimization 设置	111



4.3.4 InitJobs 作业初始化	112
4.3.5 Jobs 作业任务编码	113
4.3.6 工站表的设定	115
4.3.7 Evaluation 编码评估	115
4.3.8 适应度计算	118
4.3.9 Termination 进程结束控制	119
4.3.10 运行 GA 优化	120
4.4 其他案例仿真	121
4.5 混合装配线平衡问题	122
本章思考题	123
第 5 章 流水车间生产排程仿真	124
5.1 Johnson 启发式算法	125
5.1.1 新建一个模型层	125
5.1.2 Johnson 算法的实现	126
5.1.3 Johnson 算法仿真模型	129
5.1.4 使用甘特图工具	130
5.2 Palmer 启发式算法	132
5.2.1 Palmer 算法的仿真模型	133
5.2.2 建立 Palmer 算法的参数化仿真模型	135
5.3 基于遗传算法的 FSP 问题仿真建模	139
5.3.1 FSP 问题的仿真模型	140
5.3.2 仿真模型参数调整	141
5.3.3 Taillard 基准问题测试	144
5.3.4 基于 GA 的 Taillard 基准问题排程仿真	147
5.3.5 排程仿真模型的交互界面设计	150
5.3.6 用户界面封装	155
5.4 混合（柔性）FSP 问题仿真建模	156
5.4.1 HFSP 基本模型	158
5.4.2 基于 GA 和 FIFO 的 HFSP 求解	164
5.4.3 基于 GA 和 SPT 的 HFSP 求解	165
5.5 并行机调度问题仿真	170
5.5.1 最小化完工时间的并行机调度问题	170
5.5.2 最小化最大加权完工/拖期时间的并行机调度问题	184
5.5.3 带工艺约束的并行机调度问题	192
5.5.4 并行多机提前/拖期调度问题	200
5.5.5 允许机器空闲的并行多机提前/拖期调度问题	210
5.5.6 并行流水车间调度问题	212
本章思考题	213



第 6 章 作业车间生产排程仿真	214
6.1 基本方法	215
6.1.1 染色体编码	215
6.1.2 交叉算子的选择	216
6.1.3 启发式算法的遗传算子	216
6.2 Giffler-Thompson 启发式算法	216
6.2.1 建立 GT 算法仿真模型	217
6.2.2 运行 GT 算法仿真模型	224
6.3 基于工序编码的 JSP 问题求解	225
6.3.1 构建仿真模型	227
6.3.2 构建改进 OBR 型遗传算法模型	231
6.3.3 仿真实例	236
6.4 基于工件编码的 JSP 问题求解	238
6.4.1 算法简介	238
6.4.2 构建仿真模型	239
6.4.3 运行仿真模型	241
本章思考题	243
第 7 章 人机作业分析的仿真	244
7.1 人机作业分析概述	244
7.1.1 操作者闲余能量分析	246
7.1.2 一人多机作业的经济性分析	247
7.2 人工装卸作业的仿真实现	247
7.2.1 Plant Simulation 中的资源类对象	247
7.2.2 仿真模型基础工作	250
7.2.3 Method 编程	252
7.2.4 物流对象设置	252
7.2.5 资源对象设置	253
7.3 一人两机作业分析的仿真模型	253
7.3.1 建立第二台机床仿真模型	254
7.3.2 两台机床的连接	254
7.3.3 运行一人两机模型	255
7.3.4 一人两机模型的完善	255
7.4 一人三机作业分析的仿真模型	257
7.4.1 建立第三台机床仿真模型	257
7.4.2 连接机床 M2 和机床 M3	257
7.4.3 连接机床 M3 和机床 M1	257
7.4.4 运行一人三机模型	258
本章思考题	259



第 8 章 仓储作业的仿真	260
8.1 仓储策略概述	260
8.2 建立简易仓储模型	262
8.2.1 全局变量定义	262
8.2.2 生成仓储货架层	264
8.2.3 生成模型基本对象	265
8.2.4 出入库操作 Method	267
8.2.5 运行仿真模型	271
8.3 出入库操作界面	272
8.3.1 建立对话框模型	272
8.3.2 对话框模型方法	272
8.3.3 对话框界面设计	274
8.3.4 对话框功能 Method	276
8.4 图表化仓储状态	279
8.5 PortalCrane 对象的应用	281
8.5.1 PortalCrane 对象简介	281
8.5.2 PortalCrane 运载货物方式	284
8.5.3 完整的 PortalCrane 实例	287
8.6 机加工车间天车搬运物料仿真	290
8.7 拖挂车搬运仿真	294
8.7.1 建立 PortalCrane 仓储模型	295
8.7.2 生成拖挂车	296
8.7.3 装卸过程仿真	297
本章思考题	301
附录 A 模型参数设置	302
A.0 在模型中内嵌参数设置	302
A.1 设计对话框窗口的外观结构	303
A.2 设计一个简单对话框	305
A.2.1 添加一个菜单和菜单命令	307
A.2.2 添加一个静态文本串	309
A.2.3 添加一个文本框	309
A.2.4 添加一个下拉列表	310
A.2.5 添加一个分组框	311
A.2.6 添加一组单选按钮	312
A.2.7 添加一个复选框	312
A.3 建立一个带标签页的对话框	313
A.3.1 添加标签控件	314
A.3.2 为标签控件添加一个标签页	315



A.3.3 添加一个列表框	316
A.3.4 添加一个列表视窗	317
A.3.5 添加一个按钮	318
A.3.6 添加图像元素	318
A.4 对话框项目的执行程序	319
A.5 交互式对话框的活动程序	321
A.6 使用 AttributeExplorer 设置参数	322
A.6.1 输入要进行参数化处理的对象	323
A.6.2 输入要查看或修改的属性	324
A.6.3 选择如何显示对象及其名称	325
A.6.4 对象及属性查询	327
参考文献	329

第1章

流水线暂存区的仿真试验设计

生产物流指从原材料、燃料、外购件投入到生产系统中，再经过下料、发料、运送到各加工点和存储点，以在制品的形态，从一个生产单元流入另一个生产单元，按照规定的工艺路线，进行加工、储存，并借助一定的输送装置，从某个节点流入，又从某个节点流出，始终体现着物料实物形态的流转过程。柔性、快速响应需求能力、产品多样化和产品质量是衡量一个生产物流系统生产运作质量的主要指标。

生产物流系统是一个复杂的综合性系统，影响该系统的因素太多，导致生产管理人员难以驾驭这样的系统。但是通过系统仿真的方法，可以研究和解决生产及其物流过程中存在的很多问题，这些问题主要体现在：

- ① 系统生产率。
- ② 生产周期。
- ③ 在制品库存。
- ④ 机器利用率和人员效率。
- ⑤ 及时交货。
- ⑥ 设备布置合理性。
- ⑦ 生产成本。

.....

在本章中，以常规的 Flow Shop（流水作业生产线）为研究对象，通过仿真方法来了解与工站间缓冲区设置相关的一些问题。本章先建立基本流水线模型，通过仿真试验的方法优化工站间的暂存区大小，第2章再讨论准时制生产方式下装配线物料配送相关策略。

1.1 Flow Shop 暂存区模型

生产物流系统中生产线的组织方式有串行生产线、并行生产线及串行和并行组合成的混合生产线。生产物流系统中串行生产线属于最简单的离散事件动态系统，且广泛地存在于现实的工业生产中，如汽车装配线、啤酒饮料灌装线等。对这些生产线进行分析就可以发现，它们都是由一系列的加工工站及工站间的暂存区组成的，如图 1.1 所示。在串行生产线中，原材料是按照产品的工艺路线，按顺序经过每个工序和中间的存储区，最终形成成品输出系



统。在串行生产线中的各存储区容量的大小和存储区位置的设置及它们与生产率之间的关系一直是研究的一个方向^[9-16]。

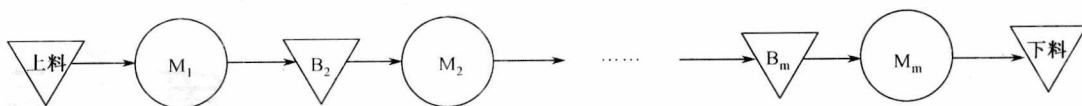


图 1.1 Flow Shop 流水线示意图

影响生产线产出率的因素有很多，物料批处理方式、工站间缓冲区设置、工站的加工时间变动、工站的故障率等^[3]。下面从仿真的角度来探讨这些因素对生产线产出率的影响。

1.2 开始一个新项目

启动 Plant Simulation (V8.2 或者 V9.0)，新建一个模型，初始状态如图 1.2 所示。

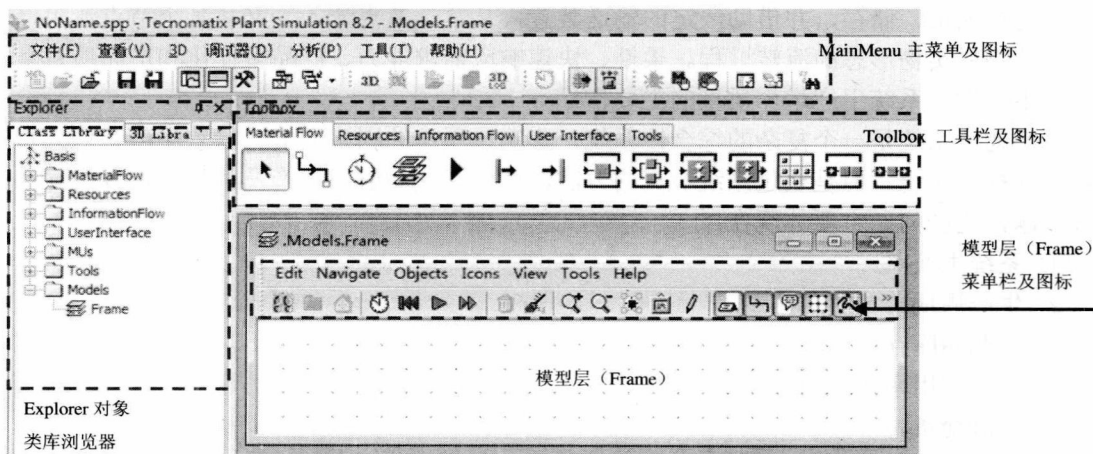
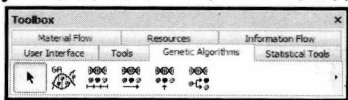


图 1.2 新建 Plant Simulation 模型

1.2.1 初始准备工作

1) 如图 1.3 (a) 所示，选择“文件→加入对象→遗传算法”，可以发现 Explorer 下方的对象类库 (Class Library) 中弹出了一个 GA 文件夹，Toolbox 工具栏增加一项 Genetic Algorithms (遗传算法) 标签页。



2) 右击 Basis，在弹出菜单中选择“保存/载入→增加对象→遗传算法”，在弹出的对话框中找到 Plant Simulation 的安装目录的 Tools，首先加载 GAWizard.obj 遗传算法向导对象，如图 1.3 (b) 所示。

3) 重复上一步加载 GanttWizard.obj 甘特图对象 (ExperimentManager 实验管理器对象是默认载入的)，加载完成后观察 Toolbox 和 Class Library 有什么变化，后续教程中加载其他外部对象的步骤与此一致。

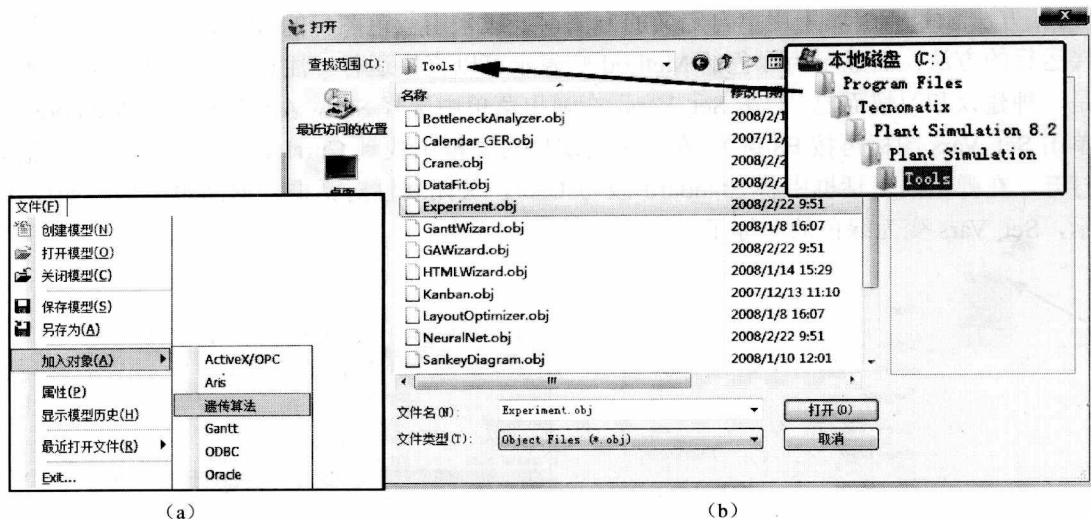


图 1.3 加载 Plant Simulation 外部应用模块

4) 如图 1.2 所示, Class Library 中的 Models 文件夹改名为 DOE_Sim (或者新建一个文件夹再改名), Frame 模型层改名为 SingleLine。

1.2.2 建立基本生产线模型

在 SingleLine 模型层中插入如图 1.4 所示的对象 (所有对象的参数均先不设置), 将各对象如图 1.4 (a) 所示用 Connector 对象连接起来。要显示各个对象标签名称, 选择模型层 SingleLine 的主菜单 “View→Option→Show Object labels”。

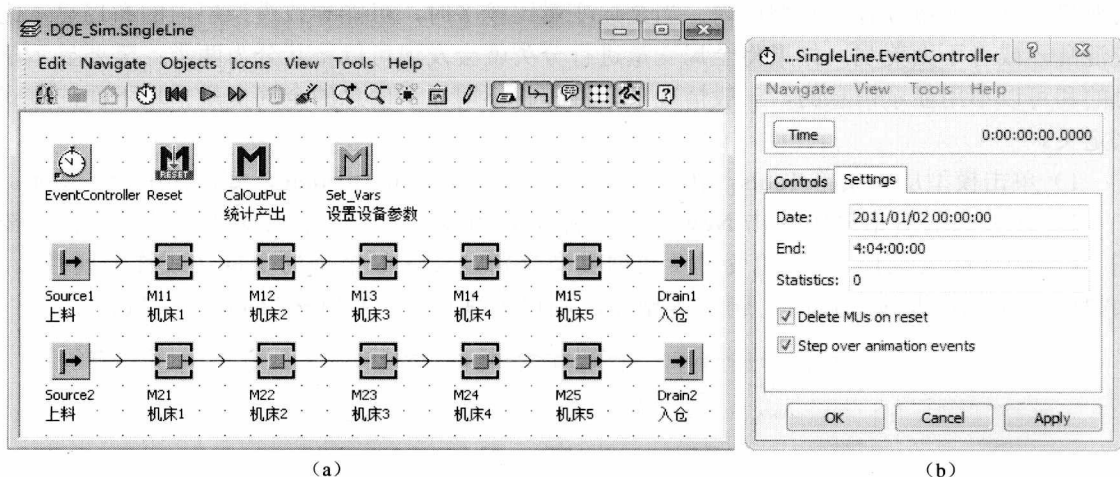


图 1.4 新建两条 Flow-Shop 生产线

1) EventController 按图 1.4 (b) 所示设置, 仿真时间为连续的 100h, 即 4d4h。

2) 方法 Reset 是系统初始化对象, 属于系统方法, 一般做法是插入一个 Method 后改名为 Reset, 然后图标就变为系统图标了。



3) 方法 Set_Vars 属于用户自定义的方法, 一般采用蓝色图标的方法 (Method) 表示不直接运行的方法; 而显示为绿色的 Method 则表示可以直接运行。注意, 这不是强制性规定, 只是一种建议和习惯而已。右击 Set_Vars, 在弹出菜单中选择 Show Attributes and Methods (或者单击 Set_Vars 图标再按 F8 键)。在对象的属性对话框中找到 CurrIcon 项, 单击该栏任意位置打开, 在弹出的对话框中将 Standard 改为 User, 关闭属性对话框, 返回模型层, 如图 1.5 所示, Set_Vars 变为绿色的图标了。

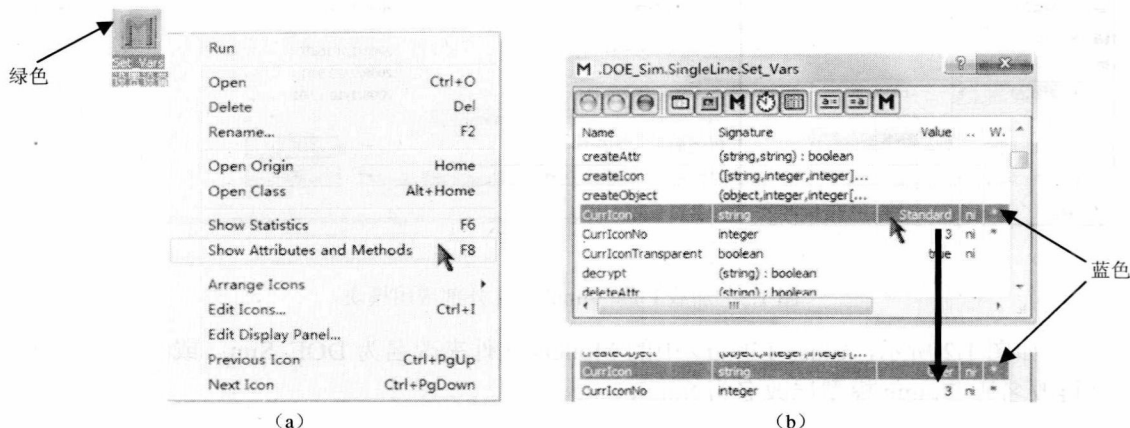


图 1.5 用户自定义方法的设置

1.2.3 设置模型的全局变量

在 Plant Simulation 中, 一般使用 Information Flow (信息流对象) 中的 Variable 对象来定义变量, 这些变量放置在模型层内。当全局变量比较多时, 可能导致模型层内的布局显示比较混乱, 或者不太美观。如果将全局变量进行分类就会发现可以将其分为两类: 需要显示信息的和可以不用显示信息的。一般情况下, 推荐将不用显示信息的全局变量采用下面的方式来定义。

1) 单击模型层主菜单 Tools, 在下拉菜单中选择 Custom Attribute, 如图 1.6 (a) 所示。

2) 在弹出的对话框中单击 New 按钮, 弹出如图 1.6 (c) 所示的变量定义对话框, 按图 1.6 (b) (或表 1.1) 所示的变量及数据类型分别定义这 5 个全局变量 (或称为属性)。如果定义完成后要进行修改、删除等操作, 则可分别选择 “Edit→Delete” 来执行。

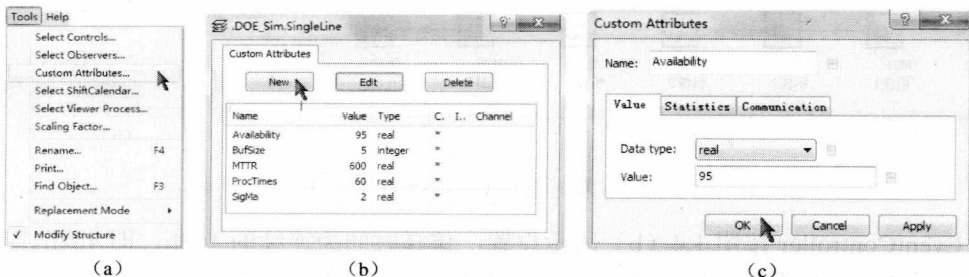


图 1.6 模型层中的全局变量的定义



表 1.1 模型层中的全局变量的含义

变量名称	初始值	数据类型	含 义
Availability	95	实数	机器可利用率
BufSize	5	整形数	暂存区(缓冲区)的容量大小
MTTR	600	实数	故障平均修复时间(s)
ProcTimes	60	实数	设备加工时间(s)
SigMa	2	实数	加工时间波动的标准差(s), 是 ProcTime 加工时间的百分比表示法

1.2.4 Method 编程

Method 编程有两条流水线, 上面一条称为 Line1, 用变量 Output_Line1 来统计 Line1 的产出; 下面一条称为 Line2, 用变量 Output_Line2 来统计 Line2 的产出, 用 Output_Line2 和 Output_Line1 的比值作为两条线产出比, 用 OutRate_Line2 表示。统计使用了方法 CalOutput, 因为后面其他流水线也要统计产出, 所以, 将 CalOutput 写成通用型程序。假设 Line1 为理想状态生产线(无故障、加工时间为常值及无其他波动), 因此, 也可以认为 OutRate_Line2 就是生产线 2 的产出率。

1) 双击 CalOutPut, 输入如下 SimTalk 语句(后面还要对它继续扩充):

```

is
    m,n:integer;                -- 整数变量
    Name:string;                -- 字符串变量
    Obj:Object;                -- 对象类型变量
do
    m := str_to_num(omit(?.Name,1,5));    -- 先取 Drain*后面的数字,
                                           再转换为整数类型
    Name := sprintf("Output_Line", m);    -- 生产线名称
    Obj := str_to_obj(Name);              -- 转换为对象变量
    Obj.val := ?.StatNumIn;
    if m>1 then                        -- 第二条线要计算产出率
        Name := sprintf("OutRate_Line", m);    -- 产出率
        Obj := str_to_obj(Name);              -- 转换为对象变量
        Obj.val := n*100/OutPut_Line1;        -- 计算产出率
    end;
end;
```

2) 双击 Drain1, 弹出如图 1.7 (a) 所示的对话框, 在 Entrance 后面的文本框中输入 CalOutput 后单击 OK 按钮退出, Drain2 的设置操作相同。或者双击 Drain1 打开, 单击 Entrance 后面的  按钮, 在弹出的 Select Object 选择对象的对话框中选择 CalOutput 对象, 如图 1.7 (b) 所示, 双击 OK 按钮返回。

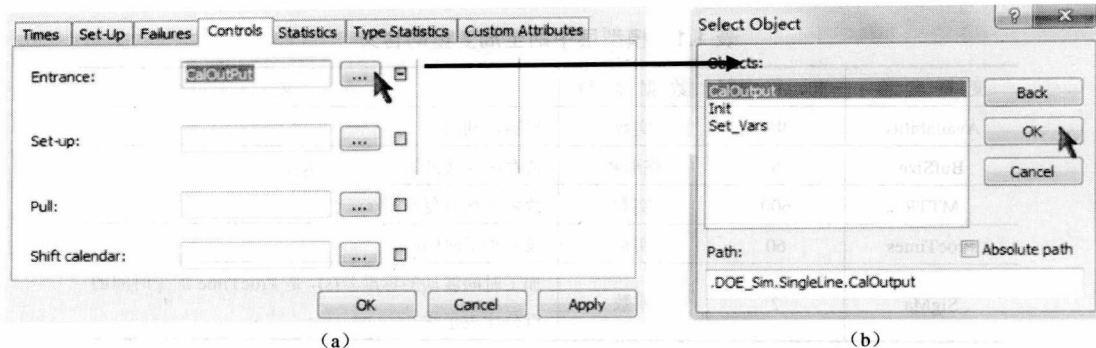


图 1.7 Drain1/Drain2 的入口控制方法

3) 双击 Set_vars, 输入如下 SimTalk 语句:

```
is
    m, i : integer;      -- 整数变量
    Name : string;       -- 字符串变量
    Obj : Object;        -- 对象类型变量
do
    for i:=1 to 2 loop
        for m:=1 to 5 loop
            Name := sprintf("M", i, m);
            Obj := str_to_obj(Name);      -- 转换为对象变量
            Obj.proctime := ProcTimes;    -- 设置加工时间为 ProcTimes 的常量
            if i=2 then
                Obj.FailureActive := True; -- 激活设备的故障生成
                Obj.MTTR := MTTR;
                Obj.Availability := Availability;
            end;
        next;
    next;
end;
```

4) 双击 Reset 打开, 在 do 和 end 之间插入 “Set_Vars;”。

5) 双击 Set_Vars 运行, 就可以对模型中的对象进行参数设置了。



模型中的 Source1、M11 等物流对象, Set_Vars 方法及 Output_Line1 变量等信息流对象如何添加到 Single Line 模型层中的相关操作, 请参考文献[7]相关的基本介绍。