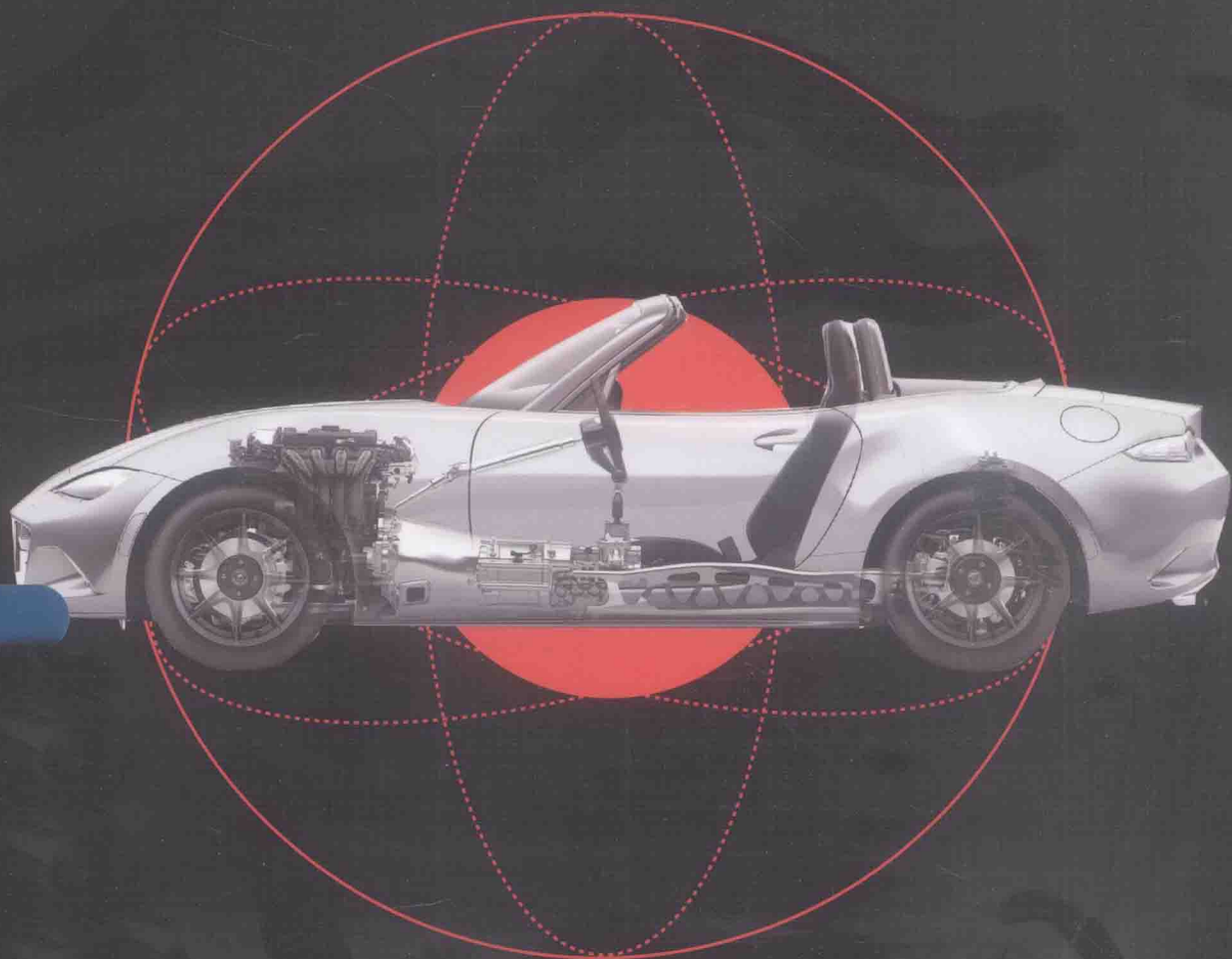


AutoMod 仿真技术 在汽车生产线上的应用

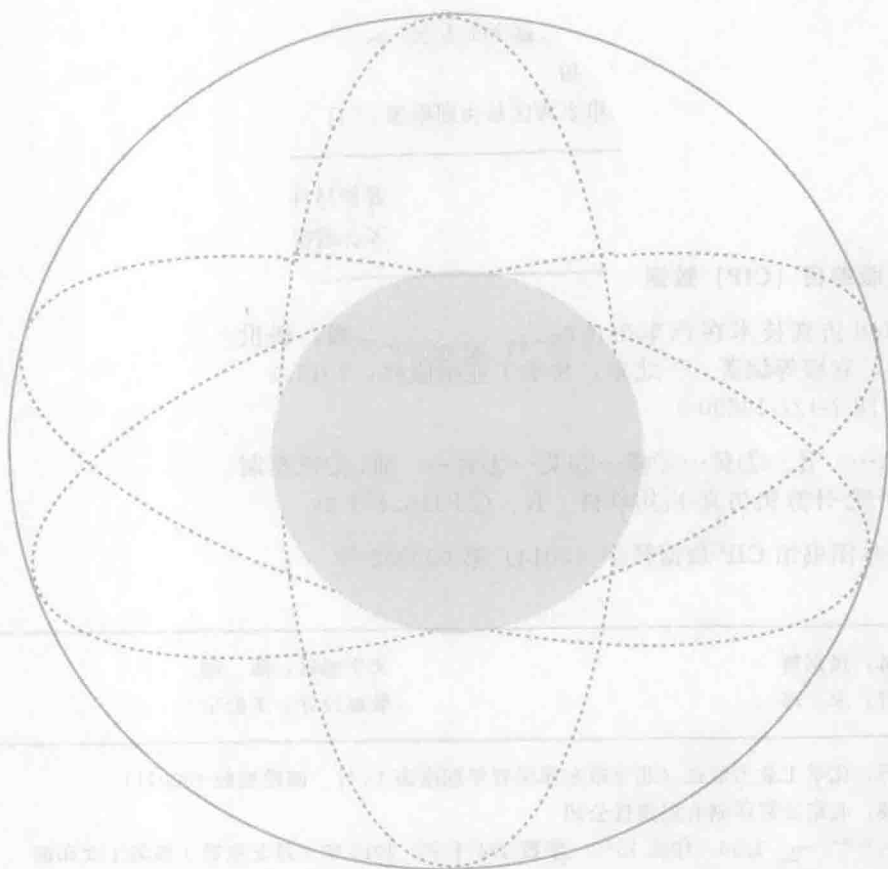
黄大巍 杨世锡 艾巍 袁媛 等编著



化学工业出版社

AutoMod 仿真技术在汽车生产线上的应用

黄大巍 杨世锡 艾 巍 袁 媛 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

ISBN 7-122-11111-1

定价：¥40.00

本书详细介绍了物流仿真软件 AutoMod 在汽车生产线（主要以焊装，涂装，总装车间为例）上的详细应用，深入浅出地剖析了 AutoMod 软件的使用方法，结合具体的仿真案例，解决了汽车工厂规划布局阶段或工厂改造阶段可能出现的各种具体问题。本书的所有案例均是具体已经实施的项目，每个模型都有实际存在的生产线及其图纸为依据，因此所有案例均可以保证与实际情况相符，真实准确。但由于篇幅有限，很多案例只能介绍整个系统的一小部分。由于真实系统极为复杂庞大，因此 AutoMod 的学生版很难运行全部案例模型，有兴趣的读者可以购买教育版或企业版。

本书共 14 章，分别介绍了 AutoMod 的主要模块，其中进程系统（Process System），输送带系统（Conveyor System），悬链系统（Power Free System），路径移动系统（Path Mover System），主要应用于系统建模，ACE 系统主要应用于建立实体模型，数据图表——Business Graphs 和 AutoStat 主要用于数据分析，AutoView 主要用于动画制作。

本书适用于有一定仿真基础知识，对汽车生产线有一定了解的人员，可以作为从事仿真分析、汽车生产、汽车工厂设计的专业人员的参考材料。

图书在版编目（CIP）数据

AutoMod 仿真技术在汽车生产线上的应用/黄大巍，杨世锡，艾巍，袁媛等编著：—北京：化学工业出版社，2014.3
ISBN 978-7-122-19690-3

I. ①A… II. ①黄…②杨…③艾…④袁… III. ①汽车制造厂-生产线-计算机仿真-应用软件 IV. ①F416.471-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 020332 号

责任编辑：张兴辉

文字编辑：陈 喆

责任校对：宋 玮

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 374 千字 2015 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：88.00 元

版权所有 违者必究

2008年当九院要成立项目组策划汽车生产线仿真课题小组时，黄大巍博士找到我，与我探讨课题如何开展时，可以感觉到，黄博士来自于此课题方面的压力，虽然黄博士在攻读博士期间，也从事一些仿真方面的研究工作，但仅仅局限于动力学及有限元等设备方面的仿真研究工作，而对于汽车生产线系统仿真方面的知识却知之甚少，通过交流，他说通过前期的调研和查阅大量的相关参考文献，决定选择美国应用材料 AutoMod 仿真软件进行汽车生产线系统仿真的研究工作，而 AutoMod 物流仿真软件在中国大陆的正式授权单位是北京伊特克科技有限公司，黄博士通过与伊特克公司技术人员接触后，发现伊特克公司虽然是美国应用材料的授权单位，也承接了国内的一些仿真项目，但对于此方面的资料及参考文献也非常有限，而这些参考文献对于初学者来说非常难以理解和掌握，这也是阻碍 AutoMod 在国内推广应用的最大障碍。

记得在软件培训结束后，公司课题组成员召开了一个简单的总结会，在会上黄大巍博士说 AutoMod 软件的功能虽然强大，但如何推广应用，尤其是在汽车工厂规划领域如何推广，是我院乃至课题组义不容辞的责任，当他讲到未来在几年内打算出版一本 AutoMod 在汽车工厂中应用的书时，我考虑到课题组除了研发课题以外，项目团队成员还有很多在手的项目在实施，我认为只是黄博士的随性而言，但是随着黄博士的课题组承接的汽车生产线仿真项目越来越多，使我相信课题组有能力出版一本关于 AutoMod 在汽车工厂设计中应用的书。很高兴在 2013 年的下半年，黄博士告诉我们已经完成了此类书的初稿。

非常希望这本书能够在汽车工厂设计中起到作用，也非常希望初学者能够熟悉和掌握此类软件，尽快地将所学到的软件知识应用到汽车工厂设计中，很荣幸黄博士邀请我为这本书撰写推荐序，同时也希望他们的付出能够为我国汽车工厂规划中的设计手段提升起到作用，填补国内在此领域的空白。非常感谢黄大巍博士、艾巍先生及袁媛女士的辛勤付出！

机械工业第九设计研究院有限公司

马汝成

黄大巍 南京理工大学机械工程学院教授

我们所面临的决策问题（不管是在制造业、服务业、金融业、医疗领域、建筑工程领域），越来越大、越来越复杂，以至于一些传统的数学分析及量化模式工具，难以应用于此类问题的求解，而需要更全面、一般性、可以考虑任意复杂程度、任意规模、直接面对系统行为、直观、有效的解决方法。模拟仿真技术将运筹学、概率学、数理统计分析、三维动画技术整合在一起，日益成为各个行业解决问题、分析问题的主要工具，它甚至被认为是其他解决问题工具遇到瓶颈时的最后法宝。

汽车产业作为我国的支柱产业之一，在过去十多年里呈现爆发式增长，产销规模在1998~2008年的10年间保持了20%以上的年均增幅。估计2013年我国汽车产能将突破2000万辆。随着生产规模的扩大、生产节拍的缩短、人力成本及土地成本的增加，对于汽车工厂机械化系统布局的合理性、缓存区容量的规划、生产线瓶颈点的考核、工厂物流系统调配、人力资源的安排等都提出了更为苛刻的要求。以大众、宝马、通用等主要合资企业为例，更高的开动率、更低的节拍、更加通畅的物流系统已经成为其新工厂的核心要求，而解决这些问题，仿真模拟成为了唯一的高效而准确的手段。

本书详细介绍了物流仿真软件AutoMod在汽车生产线（主要以焊装、涂装、总装车间为例）上的详细应用，深入浅出地剖析了AutoMod软件的使用方法，结合具体的仿真案例，解决了汽车工厂规划布局阶段或工厂改造阶段可能出现的各种具体问题。本书的所有案例均是具体已经实施的项目，每个模型都有实际存在的生产线及其图纸为依据，因此所有案例均可以保证与实际情况相符，真实准确。但由于篇幅有限，很多案例只能介绍整个系统的一小部分。由于真实系统极为复杂庞大，因此AutoMod的学生版很难运行全部案例模型，有兴趣的读者可以购买教育版或企业版。本书可以作为从事仿真分析、汽车生产、汽车工厂设计的专业人员的参考材料，同时也可作为高校从事模拟仿真专业的广大师生的教材使用。

本书共计14章，分别介绍了AutoMod的主要模块，其中进程系统（Process System）、输送带系统（Conveyor System）、悬链系统（Power Free System）、路径移动系统（Path Mover System），主要应用于系统建模，ACE系统主要应用于建立实体模型，数据图表——Business Graphs和AutoStat主要用于数据分析，AutoView主要用于动画制作。本书适用于有一定仿真基础知识、对汽车生产线有一定了解的人员。

本书由黄大巍、杨世锡、艾巍、袁媛、陈文义、刘世新、李允升、段锐、郎庆东、吴发勇、谭亮、曹辉、余小兵、孙德双、楼建军、林万里、何嘉棠、杨建业、王国徽等编写。全书由孟繁忠教授主审。

本书在撰写的过程中得到了各界同仁和朋友的大力支持、鼓励和帮助。感谢机械工业第九设计研究院有限公司刘松平院长、刘世新书记在撰写中给予的建议，感谢北京伊

特克有限公司员工在撰写中给予的大力支持，在写作的过程中参阅了有关公开出版的书籍和文章、国内外生产厂家及公司的相关资料，同时在此一并表示感谢！

书中不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

机械工业第九设计研究院有限公司 黄大巍

目录

CONTENTS

Chapter 1	第 1 章 AutoMod 软件及其在汽车领域的应用	1
1.1	仿真绪论	1
1.2	汽车制造工厂及生产线简介	2
1.3	AutoMod 仿真软件介绍	4
1.3.1	AutoMod 软件基本介绍	4
1.3.2	AutoMod 的强大功能	4
1.3.3	安装学生版	6
1.3.4	安装专业版	11
1.3.5	AutoMod 学生版与专业版之切换	11
1.4	AutoMod 在汽车领域的应用	12
1.4.1	汽车生产线数字化工厂简介	12
1.4.2	三维数字化工厂的意義	13
1.4.3	AutoMod 在焊装车间的应用	13
1.4.4	AutoMod 在涂装车间的应用	13
1.4.5	AutoMod 在总装车间的应用	15
1.4.6	AutoMod 在车身立体库的应用	16
Chapter 2	第 2 章 AutoMod 软件主要模块及基本操作	17
2.1	AutoMod 主要模块	17
2.2	AutoMod 基本操作	19
2.2.1	启动 AutoMod 软件	19
2.2.2	打开一个原有模型	19
2.2.3	创建新模型	20
2.2.4	保存/导出模型	20
2.2.5	编译运行模型	21
2.2.6	改变模型视角	22
2.2.7	启动/暂停模型	24
2.2.8	调整模型运行速度	25
2.2.9	3D 动画开关转换	25
2.2.10	基本操作快捷键	25
2.2.11	关闭 AutoMod 软件	27
Chapter 3	第 3 章 Process 进程系统	28
3.1	总装车间简介	28
3.1.1	典型总装车间工艺流程	28
3.1.2	典型总装车间机械化输送系统输入数据处理	29
3.2	进程系统 (Process System) 基本概念	30

3.2.1	进程 (Process)	30
3.2.2	实体 (Loads)	35
3.2.3	资源 (Resources)	36
3.2.4	队列 (Queues)	38
3.2.5	变量 (Variables)	40
3.2.6	逻辑文件 (Source File)	41
3.2.7	运行控制 (Run Control)	42
3.3	基本指令	43
3.4	范例学习	43

Chapter 4	第4章 多种车型在 Pbs 缓存区的优化配置——输送带系统 (Conveyor System)	49
4.1	总装车间 Pbs 缓存区介绍	49
4.2	输送带系统的基本概念	50
4.3	定义输送带系统	51
4.3.1	创建输送带系统	51
4.3.2	定义输送部件	51
4.3.3	输送带的属性	51
4.3.4	连接器 Transfer 的属性	54
4.3.5	定义停留站点 Stations	55
4.3.6	停留站点的属性	56
4.3.7	定义 Photoeye 光电监测器	57
4.3.8	Photoeye 光电监测器的属性	57
4.3.9	Photoeye 的放置	58
4.3.10	定义 Motor 电机	58
4.4	练习—建立总装车间的 Pbs 生产线模型	59
4.4.1	Pbs 生产线说明	59
4.4.2	系统建模	60
4.4.3	建立程序模型	61
4.4.4	输出仿真动画	62
4.4.5	输出仿真结果	63

Chapter 5	第5章 总装车间底盘线的仿真设计——悬链系统 (Power Free System)	66
5.1	总装车间底盘线介绍	66
5.2	悬链系统的基本概念	67
5.3	定义悬链系统	67
5.3.1	创建悬链系统	67
5.3.2	定义 Power & Free 部件	68
5.3.3	悬链的属性	68
5.3.4	连接器 Transfer 的属性	72
5.3.5	定义站点 Station	73

5.3.6	停留站点的属性	73
5.3.7	定义 Photoeye 光电监测器	74
5.3.8	Photoeye 光电监测器的属性	75
5.3.9	Photoeye 的放置	76
5.3.10	定义 Motor 电机	76
5.4	练习—建立总装车间的底盘生产线模型	76
5.4.1	Pbs 生产线说明	76
5.4.2	系统建模	76
5.4.3	建立程序模型	78
5.4.4	输出仿真动画	80
5.4.5	输出仿真结果	80

Chapter 6 第 6 章 路径搬运系统 (Path Mover System) 83

6.1	路径搬运系统在生产线上的应用	83
6.2	搬运系统 (Path Mover System) 基本概念	83
6.3	定义路径系统	84
6.3.1	创建路径系统	84
6.3.2	定义路径	84
6.3.3	路径的属性	85
6.3.4	定义连接器 Transfer	85
6.3.5	定义控制点 Control Point	86
6.3.6	控制点的属性	87
6.3.7	定义 Segment	87
6.3.8	Segment 的属性	89
6.3.9	定义 Vehicle	89
6.3.10	Vehicle 的属性	89
6.4	机车调度	90
6.4.1	机车调度表	91
6.4.2	车辆程式和函数	94
6.5	练习—建立汽车制造生产线中的移行车模型	94
6.5.1	移行车说明	94
6.5.2	建模步骤	95

Chapter 7 第 7 章 车身库的建立——自动化仓储系统 AS/RS System 102

7.1	车身库简介	102
7.2	定义自动化仓储系统	104
7.2.1	定义货架 Rack	104
7.2.2	定义 P&D Stand	106
7.2.3	定义 Zone	107
7.2.4	定义巷道堆垛机 SRM	108
7.2.5	定义 AS/RS 系统的调度表	110
7.3	范例练习—建立一个车身库	110

Chapter 8	第 8 章 车间整体布局——静态系统 (Static System)	123
	8.1 创建静态系统	124
	8.2 定义静态系统	124
	8.3 范例练习——将 CAD 图纸导入静态系统中	125
	8.4 范例练习二——将总装车间楼板-安全网模型导入静态系统中	127
Chapter 9	第 9 章 进入涂装车间——进程系统	128
	9.1 涂装车间简介	128
	9.1.1 典型涂装车间工艺流程	128
	9.1.2 典型总装车间机械化输送系统输入数据处理	128
	9.2 进程系统 (Process System) 的深化	129
	9.2.1 Order List	130
	9.2.2 Block	132
	9.2.3 Counter	132
	9.2.4 Function	133
	9.2.5 Subroutine	135
	9.2.6 Labels	135
	9.2.7 Tables	136
	9.2.8 Random Streams	137
	9.3 范例学习	138
	9.3.1 涂装缓存区案例	138
	9.3.2 焊装车间缓存区改造案例	145
Chapter 10	第 10 章 生产线上实体模型的建立——ACE 图形编辑器	159
	10.1 图形编辑器介绍	159
	10.2 ACE 图形编辑器	159
	10.2.1 开启 ACE	159
	10.2.2 ACE 操作界面	160
	10.2.3 创建窗口菜单	161
	10.2.4 定义初始形状	166
	10.2.5 设定图形颜色	166
	10.2.6 设置图形参数	168
	10.2.7 图形定位	173
	10.2.8 拉伸图形	174
	10.2.9 使用剪贴簿	174
	10.2.10 筛选	175
	10.3 使用 ACE 建立一个旋转滚床	176
Chapter 11	第 11 章 生产线上的动态机构系统 (Kinematic System)	180
	11.1 汽车生产线上的动态机构介绍	180
	11.2 创建动态机构系统	181

11.3	定义动态机构	182
11.3.1	定义动态机构 Kinematics	182
11.3.2	定义动态机构 Station	187
11.3.3	定义动态机构调度表	187
11.3.4	定义动态机构运行程序	188
11.4	案例练习—旋转滚床在汽车生产线上的应用	188

Chapter 12 第 12 章 数据图表——Business Graphs 197

12.1	Business Graphs 简介	197
12.2	图的类型	197
12.3	生成 Business 图	199
12.4	Business 图的基本选项	199
12.5	定义图的类型	200
12.5.1	条形图	200
12.5.2	时间轴	200
12.5.3	数据文件	201
12.6	定义图的统计内容	201
12.6.1	选择系统	202
12.6.2	选择实体和实体类型	202
12.6.3	选择统计和统计类型	202
12.6.4	选择统计	202
12.6.5	统计的定义	203
12.7	Business 图的更新选项	205
12.8	图的组成元素	205
12.9	使多个图/图表同步	205
12.10	使用程序编码定位及显示图	206
12.11	打印 business 图	206
12.12	生产线案例简介	206

Chapter 13 第 13 章 三维效果展示——使用 AutoView 记录动画 209

13.1	三维效果在系统仿真中的意义	209
13.2	AutoView 简介	209
13.3	制作动画	209
13.3.1	生成动画描述文件	210
13.3.2	在 AutoView 软件中打开模型	211
13.3.3	使用已保存的视角	211
13.3.4	创建已保存的视角	212
13.3.5	编辑视角定位文件	212
13.3.6	演示动画	215
13.3.7	制作视频	216
13.4	一个总装车间的案例	217

Chapter 14	第 14 章 AutoStat 分析模块	221
14.1	用 AutoStat 进行数据分析的意义	221
14.2	AutoStat 的功能介绍	222
14.3	AutoStat 的打开与设置向导	222
14.4	分析过程	224
14.5	多变量分析范例	230

参考文献	235
------	-----

第 1 章

AutoMod软件及其在汽车领域的应用

1.1 仿真绪论

仿真是对现实世界的过程或系统随时间运行的模拟。为了进一步研究系统本身以及系统内部各实体之间的关系，并对系统运行状况进行真实准确的预测，我们可以构建一个真实系统或实体模型进行试验。然而，实际系统往往极为复杂，且造价极为昂贵，因此，我们需要新的手段来描述系统运行状态，预测系统行为。模拟仿真即是以一种相对较少的数学假设来描述系统复杂行为的方法，在建立适当的仿真模型后，以电脑进行模拟，以清楚准确地了解系统的行为。

仿真有很多优点，也有一些缺点。

其优点是：

- ① 新的策略、操作车型、决策规则、信息流、组织程序等的研究可以干扰实际系统正在进行的操作。
- ② 新的硬件设计、物理布局、运输系统等测试可在不具备获得其必要资源的前提下进行。
- ③ 关于某些现象怎么发生或者为什么发生的假设可以测试其他可能性。
- ④ 可以压缩或扩展时间来加速或减缓被研究对象。
- ⑤ 可以获得有关变量的相互作用的深入了解。
- ⑥ 可以获得变量对系统性能的重要性的深入了解。
- ⑦ 可以进行瓶颈分析，进而发现哪个过程被延迟。
- ⑧ 仿真研究可以理解系统是如何运行的，而不是思考如何运行。
- ⑨ 可以回答“如果……就会……”这样的问题，这在新系统建立时特别有用。

其缺点是：

- ① 建模需要特殊培训。
- ② 仿真结果可能难以解释，因为大多数仿真输入都是随机变量。
- ③ 仿真建模和分析非常耗时，而且成本较高。
- ④ 有可能得到解析解的场合才能应用仿真^[3]。

1.2 汽车制造工厂及生产线简介

经过近 30 年的努力，特别是过去十多年国家汽车生产和消费政策的调整，我国汽车产业呈现爆发式增长，产销规模在 1998~2008 年的 10 年间保持了 20% 以上的年均增幅。

目前汽车生产包含四大工艺：冲压、焊装、涂装、总装。其工艺流程如图 1-1 所示^[2]。

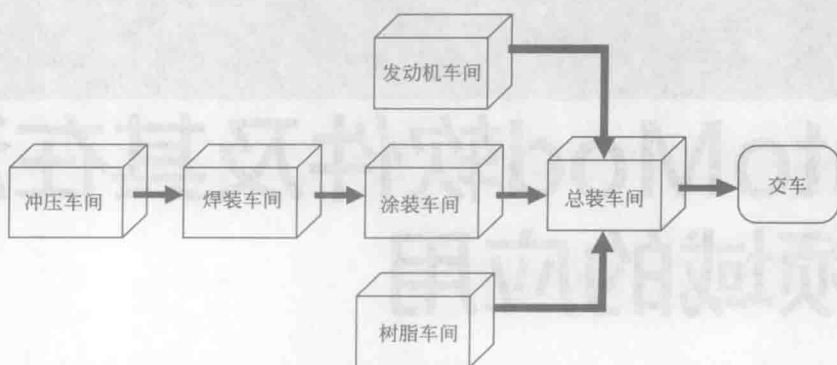


图 1-1 汽车生产线流程

(1) 冲压生产线

冲压是轿车生产的龙头工艺。冲压车间承担原材料卷料、板料的存放；卷料的开卷剪切；板料的剪切；100 余种大、中、小型冲压件的冲压生产；冲压件的存放；废料处理以及设备、模具的日常维修和保养等任务。图 1-2 为冲压车间。



图 1-2 冲压车间

(2) 焊装生产线

焊装被称为机械裁缝，负责把冲压好的工件焊接到一起，在制造业中被广泛应用。焊装的自动化、柔性化程度决定了焊接的发展前景与未来。汽车制造中焊接车间包括焊钳、焊机、输送线等。图 1-3 为焊装车间。



图 1-3 焊装车间

(3) 涂装生产线

车身钢板焊接完成后进入油漆车间，经过前处理（包含水洗、预脱脂、脱脂、表调、磷化、钝化这些基本工序）后，去除车身表面的油污，进入电泳及水洗，在车体钢板镀第一层漆膜，通过密封线，对车身的缝隙进行密封，进入中涂喷涂，对车体二次喷漆，然后进行面漆喷涂（分为色漆和清漆），对车体进行三次喷漆。最后是整理报交及发送线，没问题后可以发送至总装车间进行装配。图 1-4 为涂装车间。



图 1-4 涂装车间

(4) 总装生产线

就是将各种零件、部件、合件或总成，按规定的技术条件和质量要求连接组合成完整汽车产品的生产过程。总装车间主要包括：汽车总装配、整车检验和调整、汽车返修补漆、试车道路、零部件和总成的存放区。图 1-5 为总装车间。



图 1-5 总装车间

1.3 AutoMod 仿真软件介绍

1.3.1 AutoMod 软件基本介绍

AutoMod 仿真软件由美国 Brooks Automation 公司出品，是一款比较成熟的离散事件系统仿真软件，可以完成对制造系统、仓储系统、物料处理企业内部物流、港口、车站、空港、配送中心以及控制系统等的仿真分析、评价和优化设计等。

AutoMod 可以分为三大块，分别是 AutoMod 模块、AutoStat 模块、AutoView 模块以及一些应用程序构成的辅助模块。其中，AutoMod 模块提供给用户一系列的物流系统模块来仿真现实世界中的物流自动化系统，主要包括输送机模块（辊道、链式）、自动化存取系统（立体仓库、堆垛机）、基于路径的移动设备（AGV 等）、起重机模块等。AutoStat 模块为仿真项目提供增强的统计分析工具，由用户定义测量和实验的标准，自动在 AutoMod 的模型上执行统计分析。AutoView 模块可以允许用户通过 AutoMod 模型定义场景和摄像机的移动，产生高质量的 AVI 格式的动画。用户可以缩放或者平移视图，或使摄像机跟踪一个物体的移动。AutoView 可以提供动态的场景描述和灵活的显示方式。此外，AutoMod 有着丰富的文档材料帮助用户使用软件，安装程序将这些文档自动拷贝到 AutoMod 安装目录下。

1.3.2 AutoMod 的强大功能

AutoMod™ 仿真软件能够达到初次使用者与专业人员的要求。你可以轻松而精确地模拟任何规模、任何精细程度的系统——从手工作坊到全自动化的设施。使用 AutoMod 的独特功能可以提高成功率与生产力，此外，AutoMod 提供比例真实的 3D 虚拟现实动画，使仿真模型易于理解，这对新理念或新方法的交流具有极高的价值。AutoMod 还能以统计报告与图表的形式自动输出真实准确的数据。这些信息提供方方面面的系统信息，比如设备利用率、库存水平与部件在某设施中的总时间。可以用表格或者内置业务图形的方式来查看统计报告。图表有利于增强对你的系统的理解以及把效果展示给别人。另外，AutoMod 具有很高的灵活性，这使得它易于模拟无限多的应用——从手工操作、制造过程中的工作单元与叉车到航空售票处、租车服务处、“免下车”快餐点、布局与物流系统。

目前，使用 AutoMod 的企业主要有：

仓储与配送

汽车

包裹与信件处理

机场/行李处理

钢铁与铝材

半导体/电子

制造

航空航天

运输

物流

图 1-6 为发动机生产线仿真。

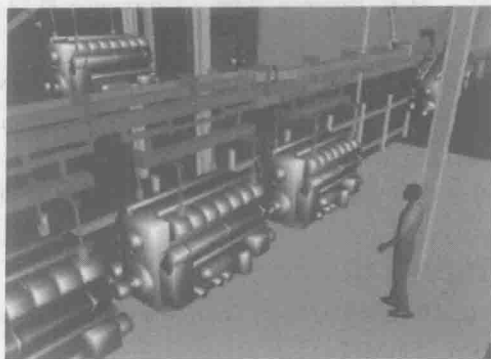


图 1-6 发动机生产线仿真

AutoMod 是唯一能满足你所有需求的仿真解决方案，它将仿真软件的易用性与仿真语言的所有能力、灵活性结合在一起。图 1-7 为焊装车间机器人仿真。



图 1-7 焊装车间机器人仿真

通过真实控制系统驱动 AutoMod 模型来模拟材料运送系统，或者通过将子模型结合在一起简化大型系统。图 1-8 为总装车间仿真。

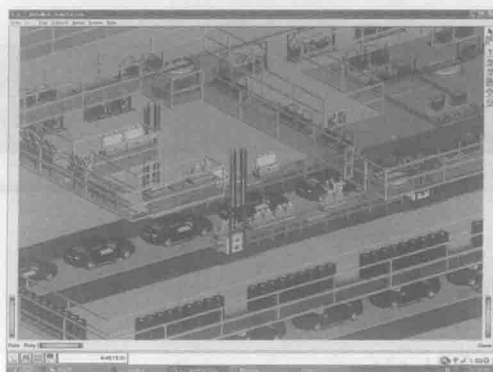


图 1-8 总装车间仿真