



## 7. 搬运系统仿真

周金平

广东工业大学

2009.9.5

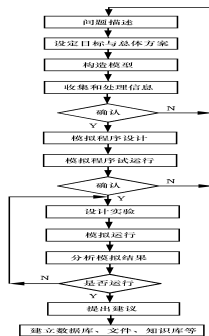





### 基本内容

- 1. 物流系统规划与设计
- 2. 仓储规模与库存管理
- 3. 物料运输调度
- 4. 物流成本估算

### 物流系统仿真的主要步骤

- 问题的描述
- 设定目标与总体方案。
- 建立仿真模型
- 收集和处理信息
- 确认模型参数
- 仿真模型的程序设计
- 仿真模型的试运行
- 确认模型正确
- 设计试验
- 仿真运行
- 分析仿真结果
- 向决策者提出建议
- 建立文件的数据库、知识库





4

### 1. 仿真模型确认

- 建立仿真模型的目的是要用仿真实验代替实际系统的实验，模型应能满足使用要求且费用较低。
- 不管在研究模型上作了多大的努力，模型总是仅仅近似于现实系统。
- 某一模型对某一个目标是有效的，也许对另一个目标是无效的。
- 确认模型时总是相对于一组判断准则而言，应仔细选择这些准则。
- 仿真模型的研究和确认应贯穿于建模的全过程。
- 大多数经典统计分析方法不可直接用于确认模型。

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---




---

---

---

---

---



5

### 2. 确认物流系统仿真模型的三步法

- 建立直观看来是正确的仿真模型
- 检验建模假设
- 仿真数据与实际数据的比较

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---




---

---

---

---

---



6

### 3. 仿真程序验证

- 首先将仿真主程序和少数关键子程序编好，同时进行详细的检验和验证，确保它们是正确无误；然后逐步扩展和完善。
- 由多位编程人员同时阅读和检查同一程序。
- 程序运行的追踪检查是用于调试离散事件仿真模型的一种最为有用的技术。
- 进行仿真试验前，应用简化考题验证仿真程序。
- 图形显示。

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

---


---

---



## Line对象

- Line对象用来模拟传送带以及和传送带相似的设备。
- Line对象的时间 (Times) 选项卡、故障 (Failures) 选项卡和离去策略 (Exit Strategy) 选项卡的设置、统计 (Statistics) 选项卡的设置前面已经讲述。
- 控制 (Controls) 选项卡的设置可以参阅后续Track对象的控制 (Controls) 选项卡的设置。
- 需要设置的选项卡有参数 (Attributes) 选项卡及曲线 (Curve) 选项卡。



Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

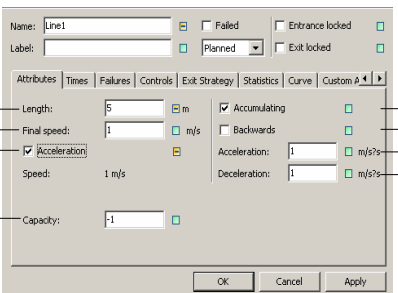
---


---

---



## 参数 (Attributes) 选项卡





Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

---


---

---



## 参数说明

- ①Length项用于设置Line对象的长度。默认的长度单位是m, 如果需要使用其他计量单位, 需要单击eM-Plant菜单栏Tools菜单下的Preferences命令 (参阅本书第2章第2.3节)。
- ②Final speed项用于设置最终传送速度, 是Line对象最终到达稳定状态时的传送速度。
- ③Acceleration项用于设置⑦和⑧的加速度项是否生效。不勾选该项, 则Line对象开始启动的传送速度就是在Final speed中设置的速度值。如果MU在Line对象加速的过程中到达Line对象, MU速度值等于当时Line对象的传送速度值。勾选该项, Line对象的传送速度将会从0开始, 按照加速度值大小, 逐渐加速到Final speed设置的值。勾选该项后, 可以设置右侧的加速 (Acceleration) 项和减速 (Deceleration) 项的值。



Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

参数说明

- ④Capacity项用于设置Line对象能够容纳MU的最大数目。如果设置了最大数目，那么在Line对象中滞留的MU达到这个数目后，就不再允许MU进入Line对象。-1表示没有限制。
- ⑤Accumulating项用于设置是否允许累积。勾选该项，如果MU无法离开Line对象，将仍然允许后续的MU继续沿着Line对象移动，到达出口端。不勾选该项，那么后续的MU将和前面的MU保持当前的距离，不再向前移动。
- ⑥Backwards项用于设置反向移动。勾选该项，Line对象将反向传送MU。如果Line对象原本是向前传送MU，通过Method对象中的程序将该参数的参数值设置为真（相当于勾选该项），Line对象将按照减速（Deceleration）项设置的减速速度减速，直到速度为零，然后反向移动，按照加速（Acceleration）项设置的加速度加速，直到达到Final speed设置的最终传送速度。

IEtech

Copyright by GDUT & IEtech

1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

参数说明

- ⑦Acceleration项用于设置加速度的值，默认单位为m/s。
- ⑧Deceleration项用于设置减速度的值。默认单位为m/s。
- 如果不勾选③Acceleration项，选项卡会略有变化，如图所示

IEtech

Copyright by GDUT & IEtech

1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

控制（Controls）选项卡

IEtech

Copyright by GDUT & IEtech

1996-2008 周金平

---

---

---

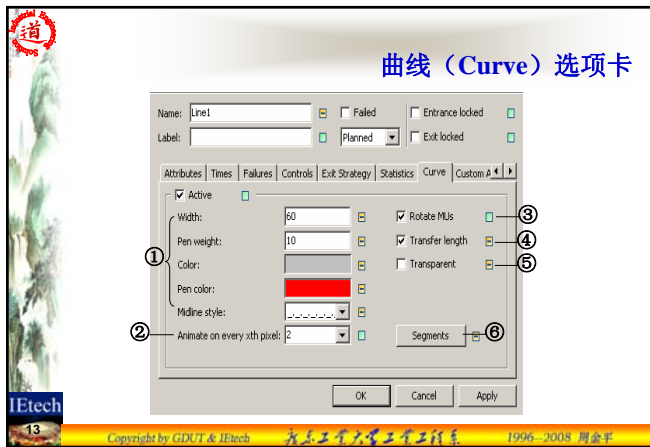
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### 参数说明

- ①Speed 速度变化事件。当Line对象的传送速度从0加速到设置的Final speed（最终速度）值时；或者是Line对象的传送速度从Final speed的值开始减速，降低到0时，触发该事件。
- ②Sensor用于设置传感器。它的功能和Trigger对象的有些类似，和Trigger对象不同的是，Trigger对象是在某个时间点，或者规律性地经过某段时间触发一个事件，而传感器被设置在Line对象或者Track对象中的某个位置，当有MU经过这个位置的时候触发传感器事件。另外，Trigger对象是一个独立的对象，而传感器只是定义在Line对象或者Track对象中的一个标记，不是一个独立的对象。可以把传感器想象成公路交通中的“红绿灯”。

---

---

---

---

---

---

---

---

### Track对象

- Track对象可以用于表示道路。Track对象是一个被动物流对象，它本身不会推动其上的MU向前移动。
- Track对象的时间（Times）选项卡、故障（Failures）选项卡、离去策略（Exit Strategy）选项卡的设置、统计（Statistics）选项卡的设置、曲线（Curve）选项卡的设置可以靠前述。
- 其余需要设置的选项卡为参数（Attributes）选项卡和控制（Controls）选项卡。

---

---

---

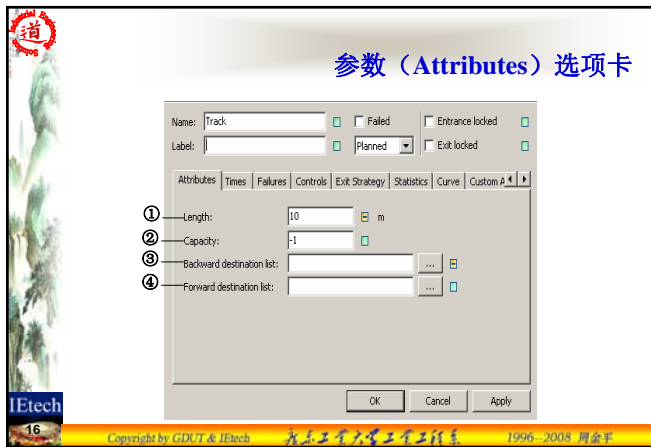
---

---

---

---

---



---

---

---

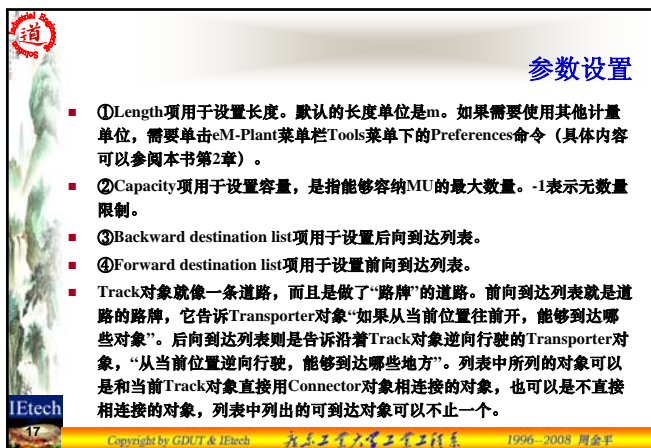
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---


---

---

---


---

---



### 参数说明

- 和其他不具备长度参数的物流对象相比，在Track对象、Line对象和TwoLaneTrack对象的控制（Controls）选项卡中存在以下三类变化。
- ◇Entrance事件多了前端（Front）、后端（Rear）触发的区分。
- ◇增加了反向入口事件（Backward entrance），而且反向入口事件也有前端（Front）、后端（Rear）触发的区分。
- ◇增加了反向出口事件（Backward exit），而且反向出口事件也有前端（Front）、后端（Rear）触发的区分。



Copyright by GDUT & IEtech    广东工业大学工业工程系    1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

---

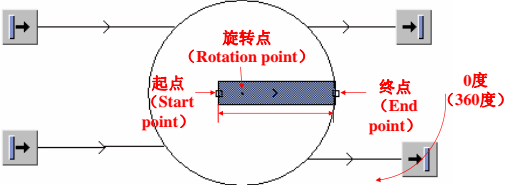
---


---



### TurnTable对象

- TurnTable对象是eM-Plant7.6版本后新增的物流对象。它是一个可以围绕指定位置转动的传送装置，可以从多个来源接受MU，将其旋转移移到指定的后续节点中，用它可以模拟塔吊等能够旋转的转台类设备。





Copyright by GDUT & IEtech    广东工业大学工业工程系    1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

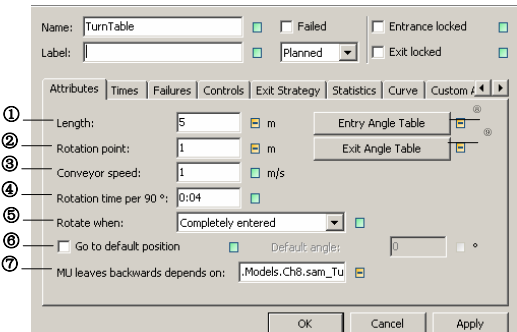
---


---

---



### 参数（Attributes）选项卡





Copyright by GDUT & IEtech    广东工业大学工业工程系    1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

---


---

---



### 参数设置

- ①Length项用于设置转台中的传送带的长度。
- ②Rotation point项用于设置旋转点的位置。旋转点的位置是以距离Start point（起点）多少米来定义的。图8-21中的值为1，即旋转点距离起点1米。
- ③Conveyor speed项用于设置传送带的传送速度。
- ④Rotation time per 90°项用于设置旋转90度角所需要的时间。
- ⑤Rotate when项用于设置何时旋转，定义转台什么时候朝目标开始旋转。有以下四个选项可选。
  - Completely entered 当MU完全进入TurnTable对象的时候，TurnTable对象开始旋转。
  - Rotation point reached 当MU移动到TurnTable对象的旋转点位置时，TurnTable对象开始旋转。
  - Centered MU移动到TurnTable传送带长度一半位置时，TurnTable对象开始旋转。
  - User-defined with Sensor MU移动到用户在TurnTable对象中设置的传感器位置时，TurnTable对象开始旋转。



Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---


---

---

---


---

---



### 参数设置

- ⑥Go to default position项，勾选该项，表示MU离开TurnTable对象后，如果没有新的MU准备进入Turntable对象，则可以要求TurnTable对象的传送带恢复到一个默认位置。勾选该项后，在右侧Default angle项的文本框中，输入一个角度值表示默认位置。角度值以终点（End point）为起始点，顺时针计算。
- ⑦MU leaves backwards depends on项用于设置MU离去时的朝向。该项的功能是，根据MU的某个参数的值（true/false）来判断，离开TurnTable对象时，是保持MU原有方向，还是将MU旋转180度。
- 该项设置只有在离去角度表（Exit angle table）项选择any的时候才会生效。在右侧的文本框中，输入MU的某个参数的名称，也可以输入一个Method对象的名称。



Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

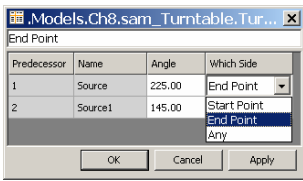
---


---



### 参数设置

- ⑧Entry angle table项用于设置进入角度表。单击Entry angle table按钮，将弹出进入角度表窗口。下面是一个进入角度表的内容，如图所示





Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---






---

---

---

---

---

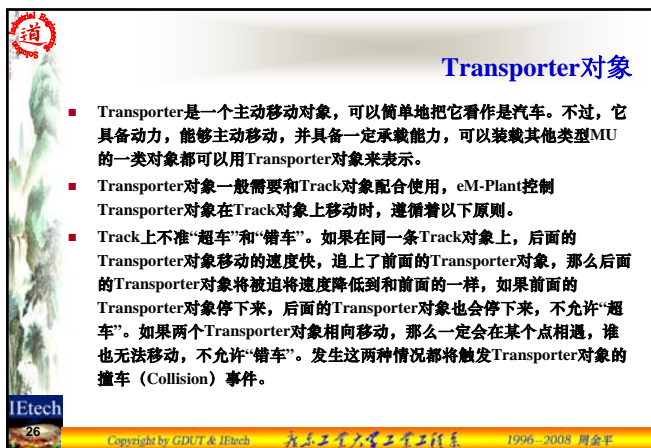
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

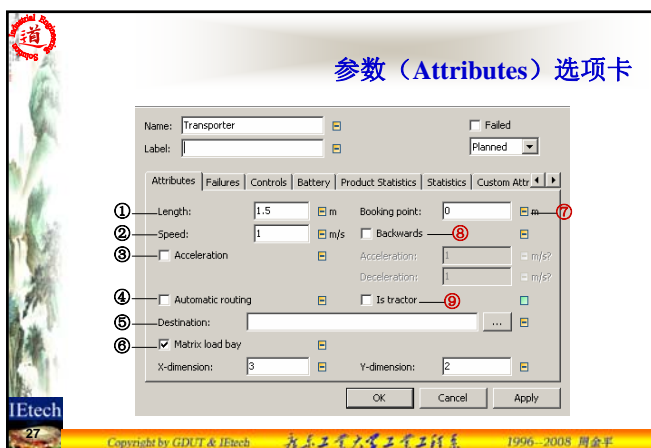
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---



---

---

---

---

---



参数设置

- ①Length项用于设置Transporter对象的长度。设置Transporter对象的长度有两个作用，一是Transporter对象的长度（Length）、速度（Speed）和Track对象的长度（Length）三个参数共同决定着Transporter对象在Track对象上移动的时间；二是Transporter对象的长度（Length）参数值必须大于将要装载的MU的长度（Length）参数值，否则不能装载MU。
- ②Speed/Final speed项用于设置Transporter对象的移动速度。如果没有勾选加速（Acceleration）复选框，那么Transporter对象将会“瞬时”达到这个速度并匀速移动；如果勾选加速复选框，那么该项的显示会变为最终速度（Final speed仿真画面中会显示加速过程。

IEtech

28

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平



参数设置

- ③Acceleration项用于设置加速。勾选该项后需要设置右侧的加速度（Acceleration）项的值和减速度（Deceleration）项的值。
- ④Automatics routing项用于设置自动路径选择。具体内容可以参阅本节“Transporter对象的寻路方式”部分。
- ⑤Destination项用于设置目的地。具体内容可以参阅本节“Transporter对象的寻路方式”部分。
- ⑥Matrix load bay项用于设置装载量。
- 勾选该项，表示采用X向（X-dimension）×Y向（Y-dimension）的方式计算能够装载MU的数目。

IEtech

29

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

参数设置

- ⑦Booking point项用于设置标记点。
- ⑧Backwards项用于设置Transporter对象向后移动。Transporter向后移动相当于倒车（而不是逆向行驶），车头仍然是朝前的。如果Transporter对象正在向前移动，而此时设置Backwards项的值为True（真），即向后移动，那么Transporter对象的速度将按照Deceleration参数的值逐步降低到0，然后向后移动，直至到达Final speed参数的值。
- ⑨Is tractor项用于设置车头。模型中有时需要使用车的带挂车，比如拖拉机。勾选该项，则表示将当前Transporter对象作为车头，把其他的Transporter对象“挂”在后面。一辆“拖拉机”有且只能有一个Transporter对象作为车头。

IEtech

30

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平




---

---

---

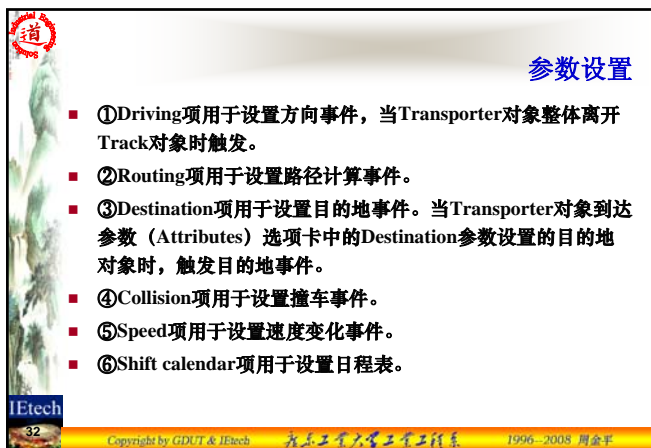
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---


---

---

---

---

道



### 参数设置

- ①Battery项用于设置电池选项是否生效。勾选该项后本选项卡中的各项设置生效。
- ②Charge项用于设置当前电量。
- ③Basic consumption项用于设置基本消耗。
- ④Capacity项用于设置最大充电容量（充满后的电量）。
- ⑤Charge current项用于设置充电电流。
- ⑥Charge control项用于设置充电事件。以下三类事件发生时触发充电事件：当前电量（Charge）低于安全余量（Reserve）时；Charge为0值时；当电充满到最大充电容量（Capacity）的值时。
- ⑦Driving consumption项用于设置行驶消耗，是指Transporter对象处于移动状态下的消耗，消耗量与行驶速度无关。
- ⑧Reserve项用于设置安全余量。

34

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道



### Transporter对象的寻路方式

- 如果一个Track对象有多个后续节点（可以想象成一段路有了岔路），有四种方式可以控制Transporter对象的走向，这些方法按优先级从高到低有以下排序。
  - (1) 出口（Exit）事件方式。将一个Method对象指派给Track对象控制（Control）选项卡中的Exit事件，在Method对象中编写判断选择后续节点的程序语句。
  - (2) 自动寻路方式。与自动寻路方式有关的参数有以下四个。
    - ◇Transporter对象参数（Attributes）选项卡中的自动路径选择（Automatics routing）复选框。
    - ◇Transporter对象参数（Attributes）选项卡中的目的地（Destination）参数。
    - ◇Track对象参数（Attributes）选项卡中的的前向到达列表（Forward destination list）。
    - ◇Track对象参数（Attributes）选项卡中的的后向到达列表（Backward destination list）。

35

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道



### Transporter对象的寻路方式

- 自动寻路方式的运作机制如下。
  - ◇Transporter对象Attributes选项卡的目的地（Destination）参数必须设置，否则Transporter对象将不能使用自动寻路的方式。
  - ◇Transporter对象将按照后续节点序号的顺序，依次搜索当前Track对象所有后续节点的前向到达列表和后向到达列表，一旦找到哪个后续节点的前（后）向到达列表中出现值和Destination参数值一致，则选择该后续节点作为通过路径。
  - ◇如果上一步中没有找到符合条件的后续节点，而Transporter对象Attributes选项卡中的自动路径选择（Automatics routing）复选框又被勾选，Transporter对象将自动沿着由Track对象或者TwoLaneTrack对象构成的，到达目的地（Destination）参数所指定的对象的最短路径移动。计算最短路径时，包括层次结构子模型中的路径长度。
  - ◇如果Automatics routing复选框也未勾选，那么Transporter对象将依次使用能够到达目的地对象的后续节点。

36

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---



### Transporter对象的寻路方式

- (3) 方向 (Driving) 事件方式。
- 将一个Method对象指派给Transporter对象Controls选项卡的Driving事件，在Method对象中编写判断选择后续节点的程序语句。
- (4) 自定义方法的方式。
- 在Transporter对象中，编写自定义方法，来决定Transporter对象如何选择后续节点。

IEtech

37

Copyright by GDUT & IEtech

广东工业大学工业工程系

1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

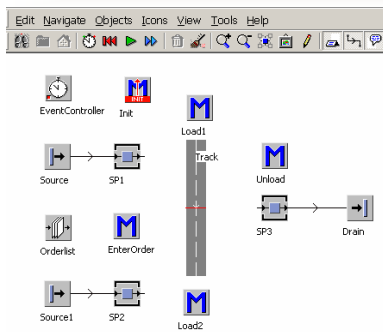
---

---

---



### 范例



IEtech

38

Copyright by GDUT & IEtech

广东工业大学工业工程系

1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

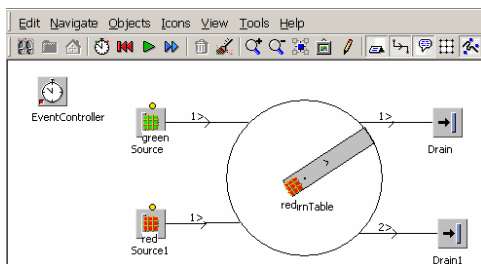
---

---

---



### 范例



IEtech

39

Copyright by GDUT & IEtech

广东工业大学工业工程系

1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

！

- 运输与装卸配合关系，可视为一排队系统，以系统总费用最低作为系统优化组合的主导因素，运用离散系统仿真的办法来寻找及恰当的组合与配合关系。

IEtech

40

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

### 装运问题的提出和系统定义

- 装运过程描述：装车设备在装车场为汽车装载，汽车到达装车场时若装车设备空闲就立即装载，否则汽车加入等待队列。装载完毕的汽车从装车场上坡运行到卸车点称重并卸车。卸车点在任时刻只允许一辆汽车卸车，其余汽车将排队等待，卸车完毕空车返回装车场。装车设备和汽车每班工作6小时，一上班时全部汽车在装车场等待。
- 要研究的问题是对于不同类型的汽车，每台装车设备和几辆汽车搭配时能得到较高的日产量和较低的装运费用。
- 可将系统范围确定为一个装车场，一台装车设备，数目不同的某种类型汽车，一定距离外的卸车点。
- 约束条件有：6小时一班的断续工作，汽车数目在1到10之间。

IEtech

41

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

### 系统的流程图

○	操作过程
◇	传送某种实体
□	产量和质量的检查
▢	等待
▽	存储

卸车点

装车场

系统流程图符号

系统流程图

IEtech

42

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

14

道

43

构造系统模型

■ 某辆汽车到达装车点

■ 某辆汽车装完车离开装车点

■ 某辆汽车到达卸车点

■ 某辆汽车卸完车离开卸车点

■ 每一事件发生时系统状态的变化以及与该汽车的下一事件之间的联系构成一个子模型，这四个子模型构成了装运系统的基本模型。

IEtech

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

道

44

数据准备

汽车运行时间（分）	出现频数	频率
1	0	0.0
2	10	11.0
3	34	37.4
4	39	42.9
5	7	7.1
6	1	1.1
7	0	0.0

$f(t)$

空载

满载

0

2

4

6

$t$

IEtech

Copyright by GDUT & IEtech 广东工业大学工业工程系 1996-2008 周金平

---

---

---

---

---

---

---

---

15