



B题：环形穿梭车系统的设计与调度

队 员：汪进文、周明龙、田源（901138）

学 校：北京理工大学





组 别：研究生组

指导教师：邓志红 教授





目 录

C O N T E N T		问题重述
		模型假设
		模型建立与求解
		模型优缺点分析



问题重述



模型假设



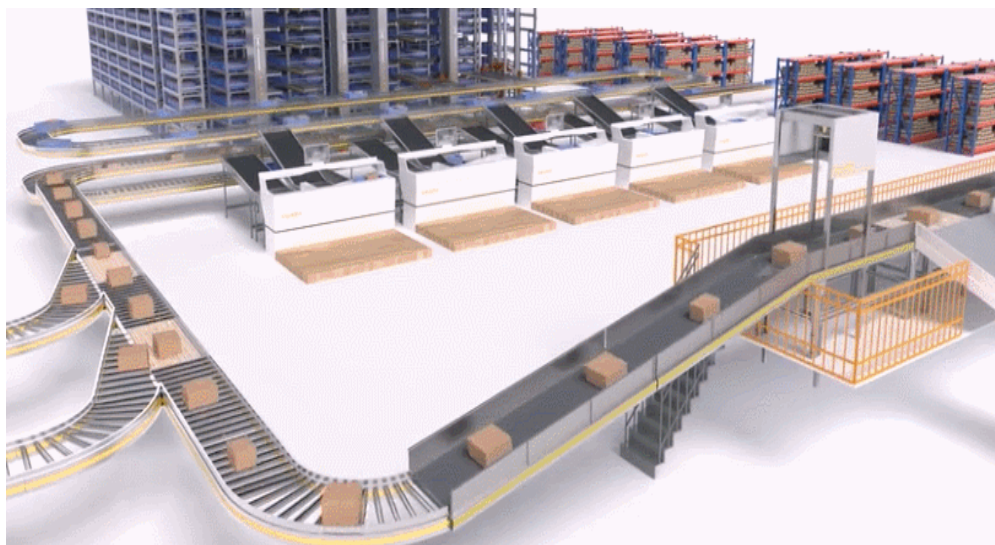
模型建立与求解



模型优缺点分析

1.1 问题背景与提出

环形穿梭车系统集光、机、电、信息等高新技术为一体，广泛应用于自动化物流系统，实现输送目的地任意性，**简化生产工艺流程，提高搬运效率。**

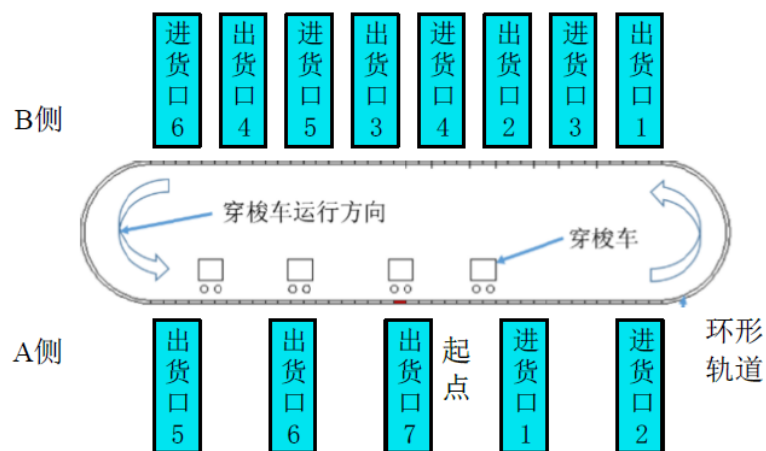


环形穿梭车运行系统

多台穿梭车执行搬运任务时，易造成交通**堵塞**，**降低运输能力，增大完工时间**

1.2 问题要求与分析

- **问题1和问题2**：为**车辆调度**问题，根据题目给定环形穿梭车系统描述，建立一般化调度模型，使系统在完成任务的基础上总完工时间最短。
- **问题3**：为**系统运行效率评价**问题，先找到系统评价指标，再对评价指标进行融合得到综合特征评价指标，最后得到系统评价值。评价指标融合方法有主观和客观多指标融合方法。
- **问题4**：为**系统优化设计**问题，先分析各参数对系统运行效率的影响，然后对参数值组成的目标函数进行寻优，可用带约束的优化方法进行求解。最后根据求解值提出系统参数改进建议。



环形穿梭车运行系统



问题重述



模型假设



模型建立与求解



模型优缺点分析



2.1 模型假设

- 假设穿梭车**无起停加减速时间**，为立起立停，即也无最小制动距离等；
- 假设穿梭车**位置检测时间、安全检测时间、通讯时间等常数定值时间可不计**；
- 假设穿梭车、道口在整个调度运行周期中**不发生故障等意外停止运行情况**，或此情况对调度优化过程不产生影响。



问题重述



模型假设



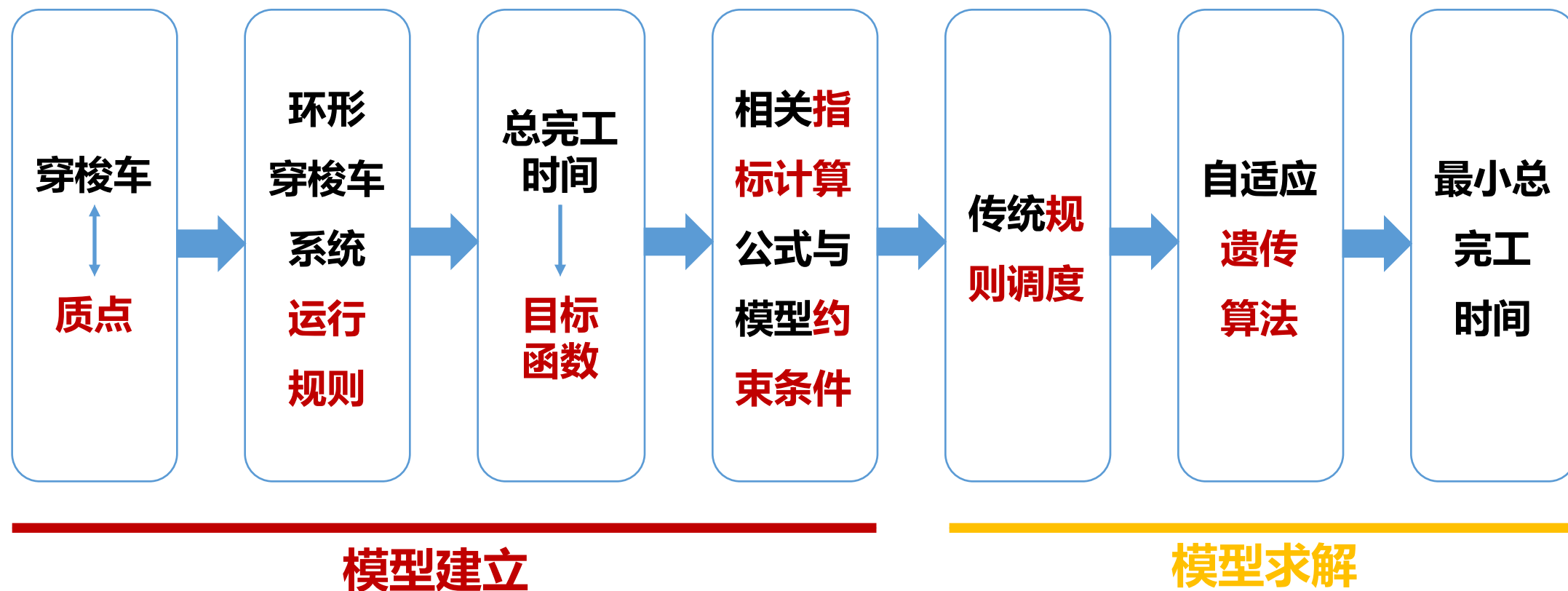
模型建立与求解



模型优缺点分析

3.1 问题1模型建立与求解

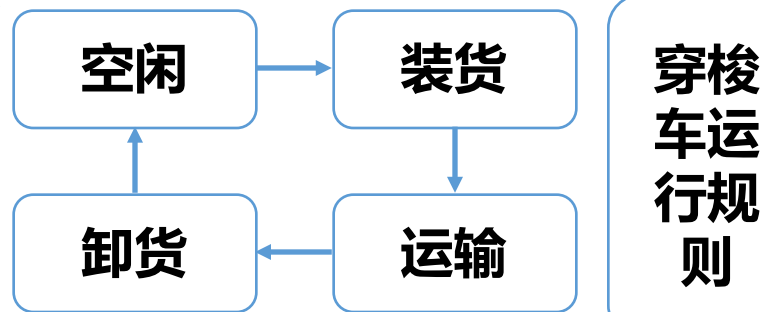
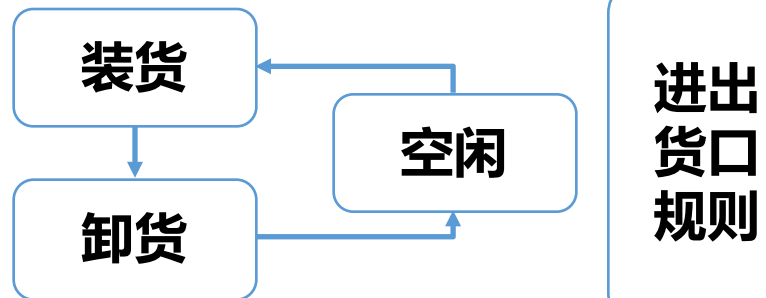
➤ 问题分析与求解思路



3.1 问题1模型建立与求解

➤ 模型建立方法

系统运行规则



不允许
超车

$$\begin{cases} l_{car}(n, n+1) > 0 \\ \sum_{n=1}^{N-1} l_{car}(n, n+1) = l_1 + l_2 \end{cases}$$

约束条件

等待时间
等待次数

$$\begin{cases} t_{wait,i} \geq 0 \\ n_{wait} \geq 0 \end{cases}$$

装卸货总时间

$T_{L/U}$

运行总时间

T_{run}

堵塞总时间

T_{wait}

指标计算

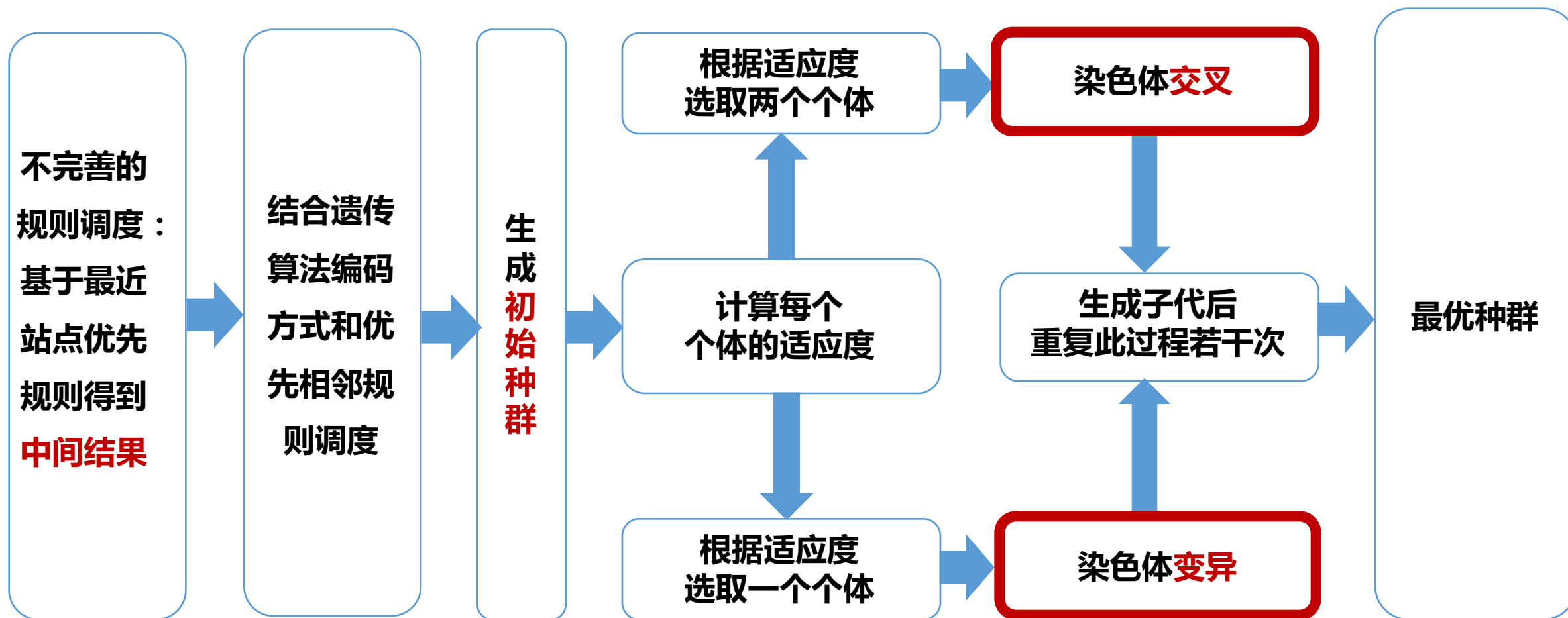
$$T_{task} = T_{L/U} + T_{run} + T_{wait}$$

$$\min T_{task}$$

目标函数

3.1 问题1模型建立与求解

➤ 模型求解方法



3.1 问题1模型建立与求解

➤ 模型求解结果及优化

表1.1 $N=3$ 时穿梭车调度编号表（部分）

处理顺序	进货口1	进货口2	进货口3	进货口4	进货口5	进货口6
1	3	1	3	1	2	2
2	1	2	2	3	1	1
3	2	1	3	1	2	2
4	2	2	2	1	3	1
5	1	3	3	3	3	2
6	3	1	2	3	2	1

表1.2 $N=3$ 时进货口对应目标出货口编号表（部分）

处理顺序	进货口1	进货口2	进货口3	进货口4	进货口5	进货口6
1	4	2	5	5	7	6
2	4	1	7	7	6	5
3	2	4	6	6	7	6
4	1	3	6	7	7	7
5	3	1	6	6	7	6
6	2	4	5	7	6	5

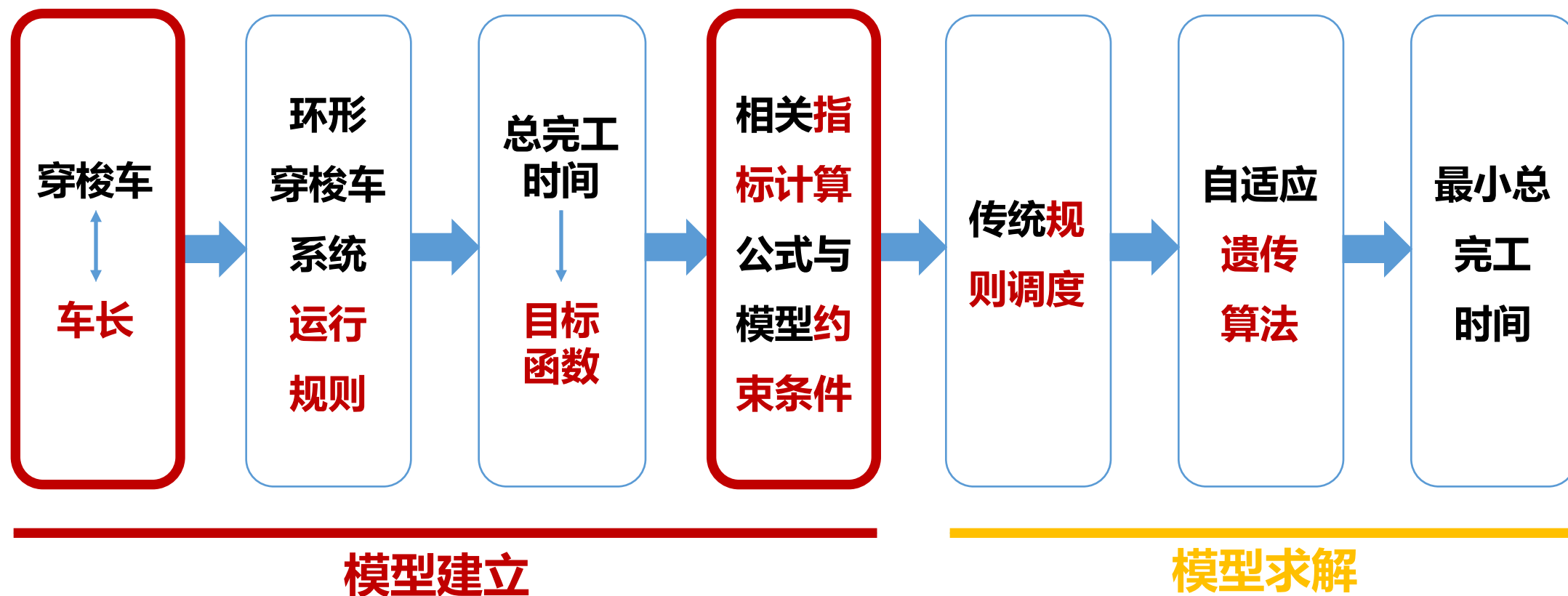
表1.3 总完工时间求解结果表

小车数	总完工时间
3	10800s
6	6943s
9	5805s

- $N=3$ 时，系统属于穿梭车数量不足，整体拥堵时间较小；
- $N=6$ 时，系统穿梭车数量较合适但仍未饱和，整体拥堵时间为适中；
- $N=9$ 时，系统穿梭车数量已差不多饱和，整体拥堵时间较大。

3.2 问题2模型建立与求解

➤ 问题分析与求解思路



3.2 问题2模型建立与求解

➤ 模型建立方法

系统运行规则

装货

卸货

空闲

进出货口规则

空闲

装货

卸货

运输

穿梭车运行规则

不允许
超车

$$\begin{cases} l_{car}(s, s+1) > l_{safe} \\ \left[\sum_{s=1}^{N-1} l_{car}(s, s+1) \right] + Nl = l_1 + l_2 \end{cases}$$

约束条件

等待时间
等待次数

$$\begin{cases} t_{wait,i} \geq 0 \\ n_{wait} \geq 0 \end{cases}$$

装卸货总时间

$T_{L/U}$

运行总时间

T_{run}

堵塞总时间

T_{wait}

指标计算

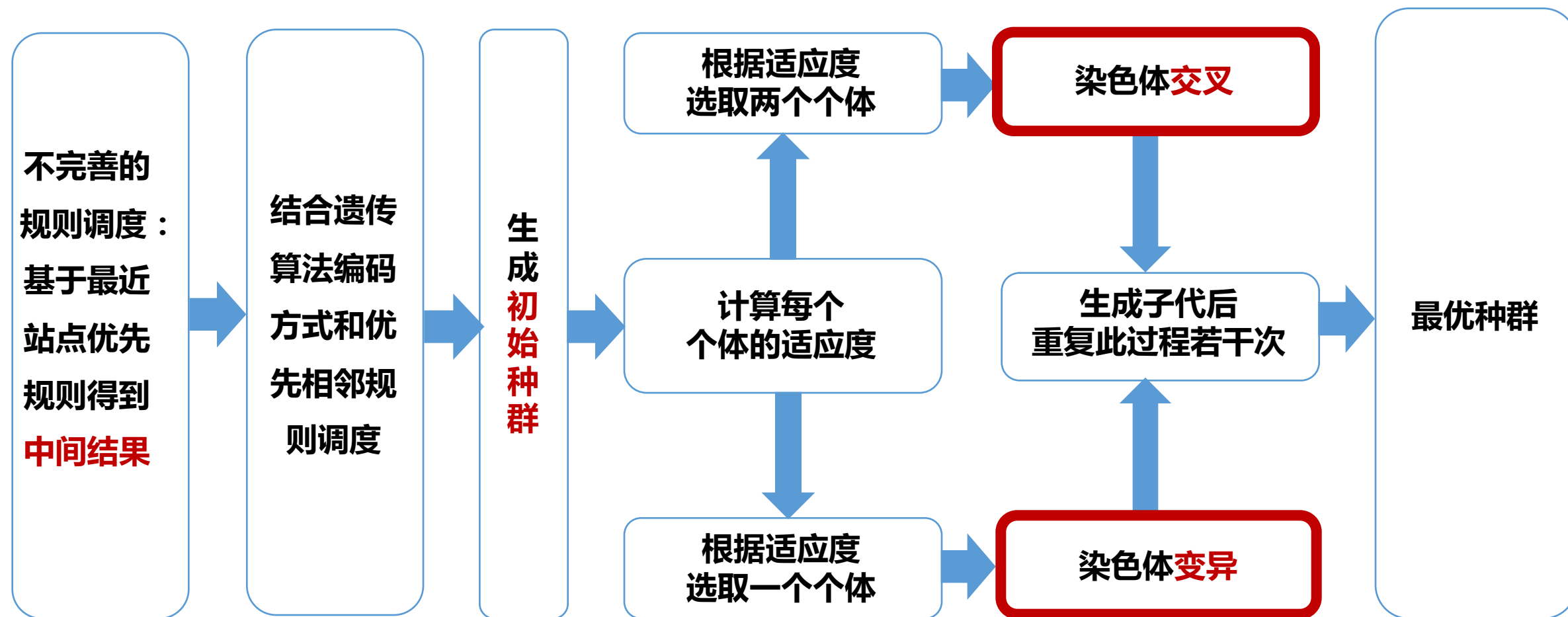
$$T_{task} = T_{L/U} + T_{run} + T_{wait}$$

$$\min T_{task}$$

目标函数

3.2 问题2模型建立与求解

➤ 模型求解方法



3.2 问题2模型建立与求解

➤ 模型求解结果及优化

表2.1 N= 3时穿梭车调度编号表（部分）

处理顺序	进货口1	进货口2	进货口3	进货口4	进货口5	进货口6
1	3	1	3	1	2	2
2	1	2	2	3	1	1
3	2	1	3	1	2	2
4	2	2	2	1	3	1
5	1	3	3	3	3	2
6	3	1	2	3	2	1

表2.2 N= 3时进货口对应目标出货口编号表（部分）

处理顺序	进货口1	进货口2	进货口3	进货口4	进货口5	进货口6
1	4	2	5	5	7	6
2	4	1	7	7	6	5
3	2	4	6	6	7	6
4	1	3	6	7	7	7
5	3	1	6	6	7	6
6	2	4	5	7	6	5

表2.3 总完工时间求解结果表

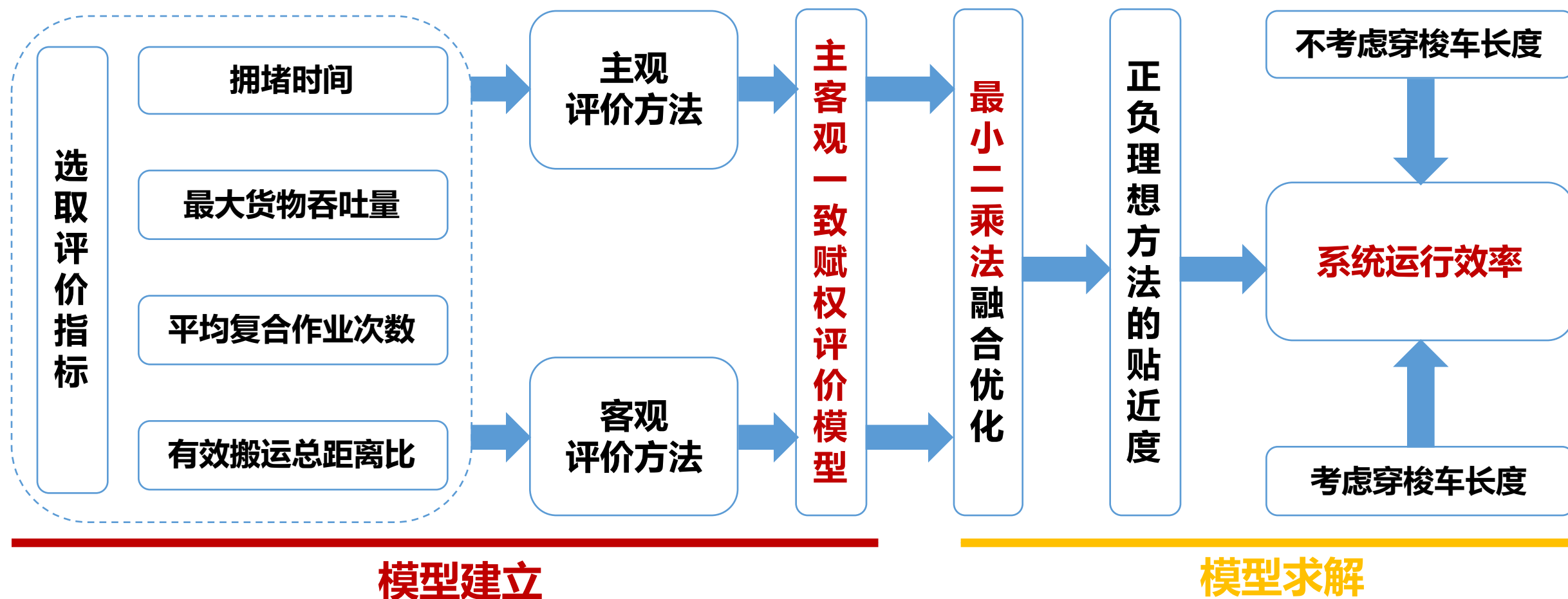
小车数	考虑车长 总完工时间	不考虑车长 总完工时间
3	11137s	10800s
6	7122s	6943s
9	5843s	5805s

- N=3 时，系统属于穿梭车数量不足，整体拥堵时间较小；
- N=6 时，系统穿梭车数量较合适但仍未饱和，整体拥堵时间为适中；
- N=9 时，系统穿梭车数量已差不多饱和，整体拥堵时间较大。

考虑了车长，增加了堵塞情况

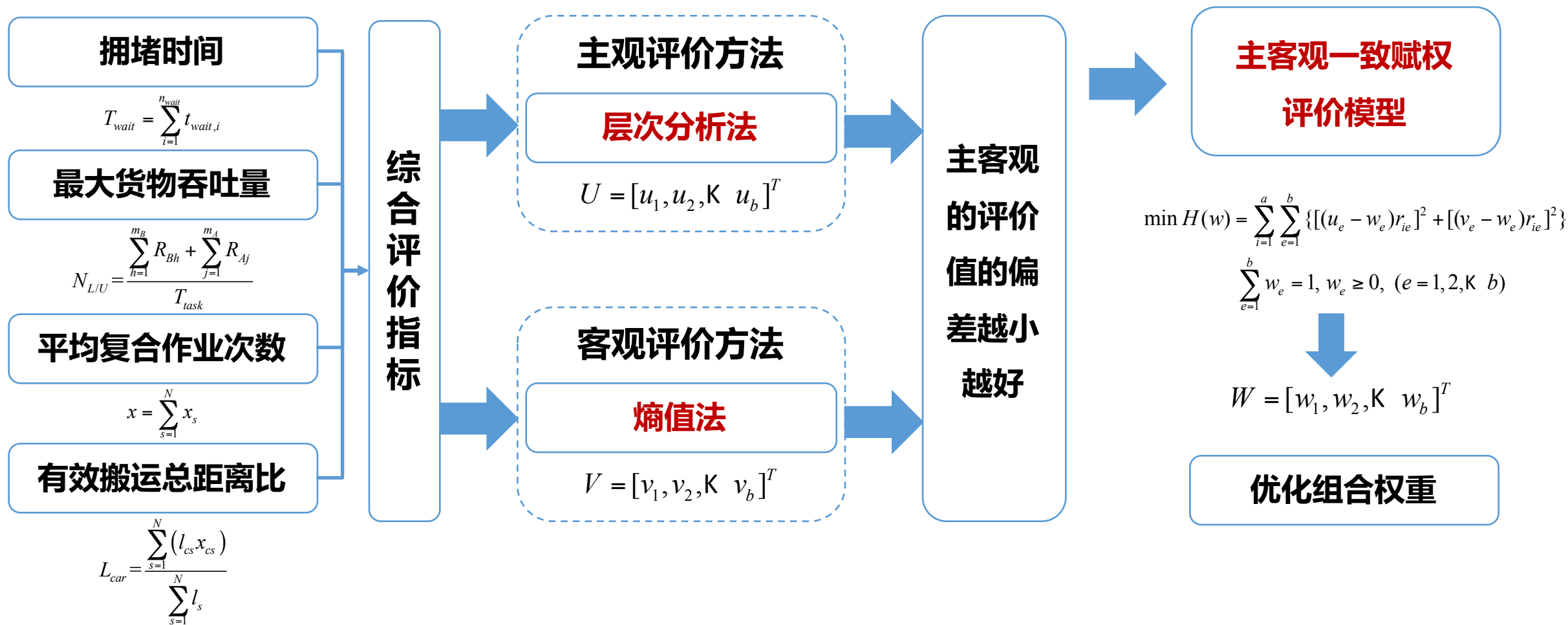
3.3 问题3模型建立与求解

➤ 问题分析与求解思路



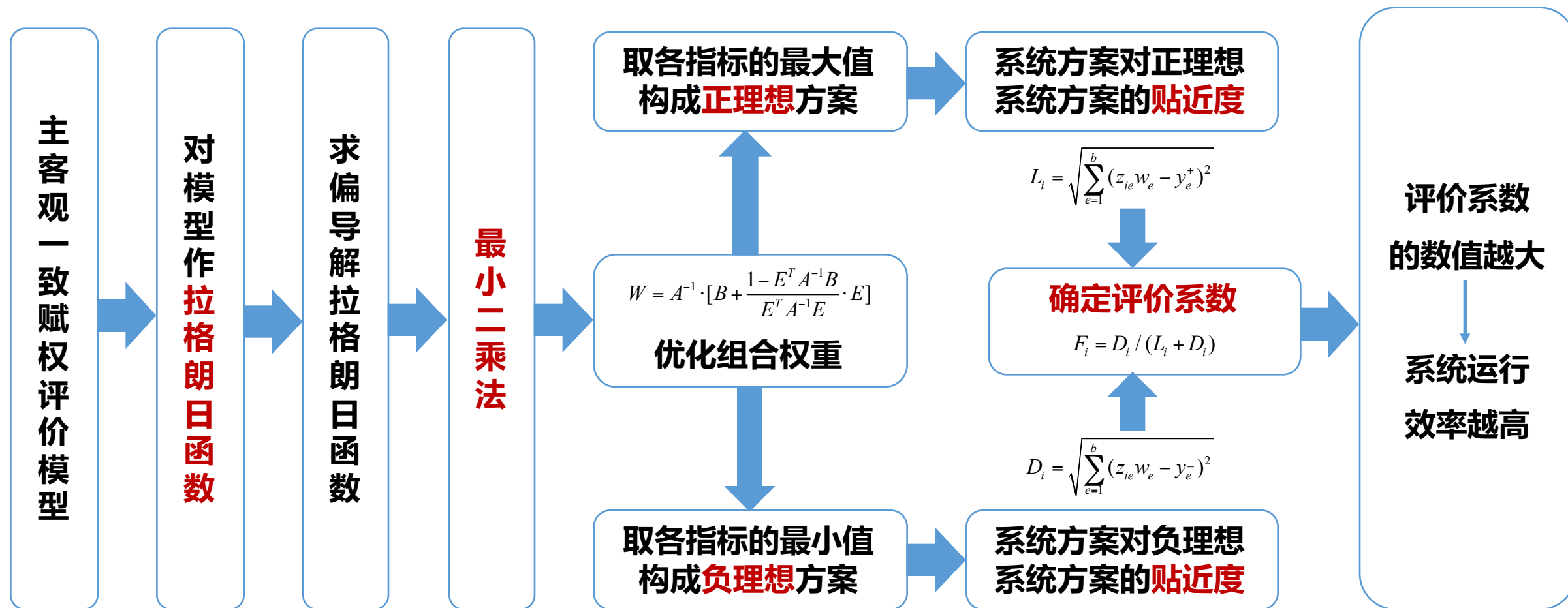
3.3 问题3模型建立与求解

➤ 模型建立方法



3.3 问题3模型建立与求解

➤ 模型求解方法





3.3 问题3模型建立与求解

➤ 模型求解结果及优化

表3.1不同情况下各项指标

情况	拥堵时间	最大货物吞吐量	复合作业次数	穿梭车搬运距离比
1	1331.2	0.0402	156	0.2068
2	4711.1	0.0643	110	0.2827
3	8777.2	0.0769	96	0.2203
4	1874.2	0.0401	132	0.3728
5	4959.0	0.0627	109	0.2806
6	8273.0	0.0764	95	0.2389

层次分析法权重

$$U = [0.4512 \quad 0.2609 \quad 0.1689 \quad 0.1190]$$

熵值法权重

$$V = [0.2915 \quad 0.3751 \quad 0.1718 \quad 0.1616]$$

优化组合权重

$$W = [0.3713 \quad 0.3180 \quad 0.1704 \quad 0.1403]$$

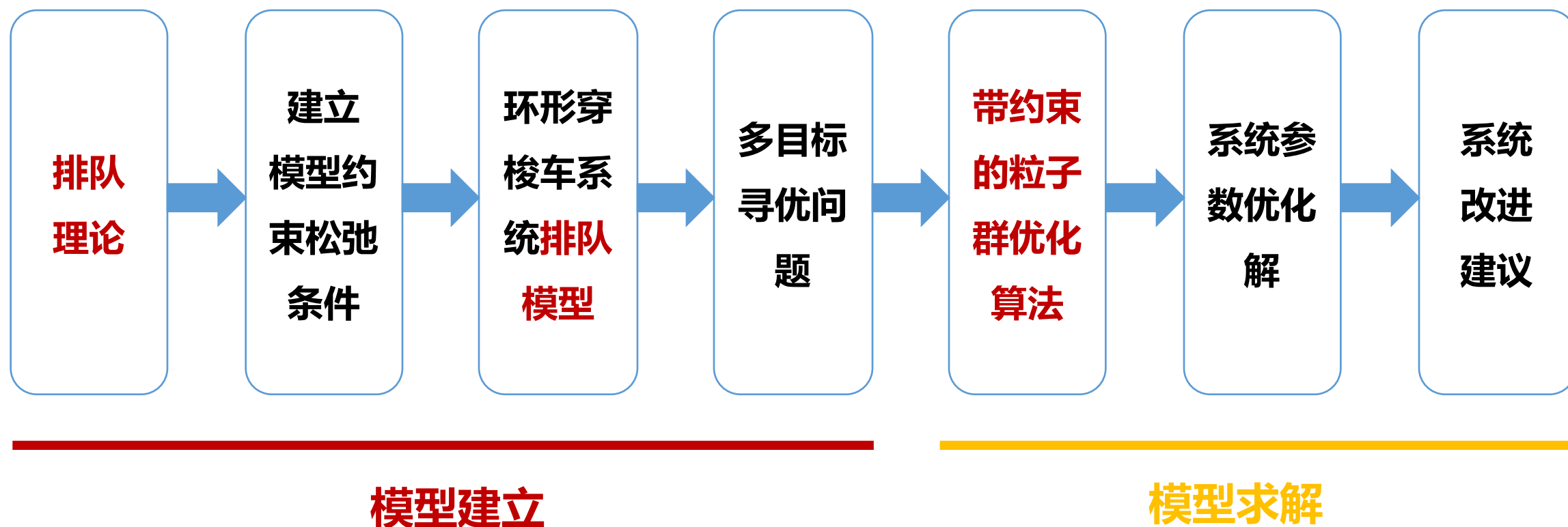
表3.2 评价系数计算结果

情况	L	D	F
1	0.1135	0.1225	0.5191
2	0.0742	0.0897	0.5475
3	0.0810	0.1402	0.6337
4	0.1195	0.0984	0.4514
5	0.0691	0.0940	0.5761
6	0.0802	0.1323	0.6226

结果：情况3，即不考虑穿梭车长度且N=9时，评价系数最大，环形穿梭车系统运行效率最高

3.4 问题4模型建立与求解

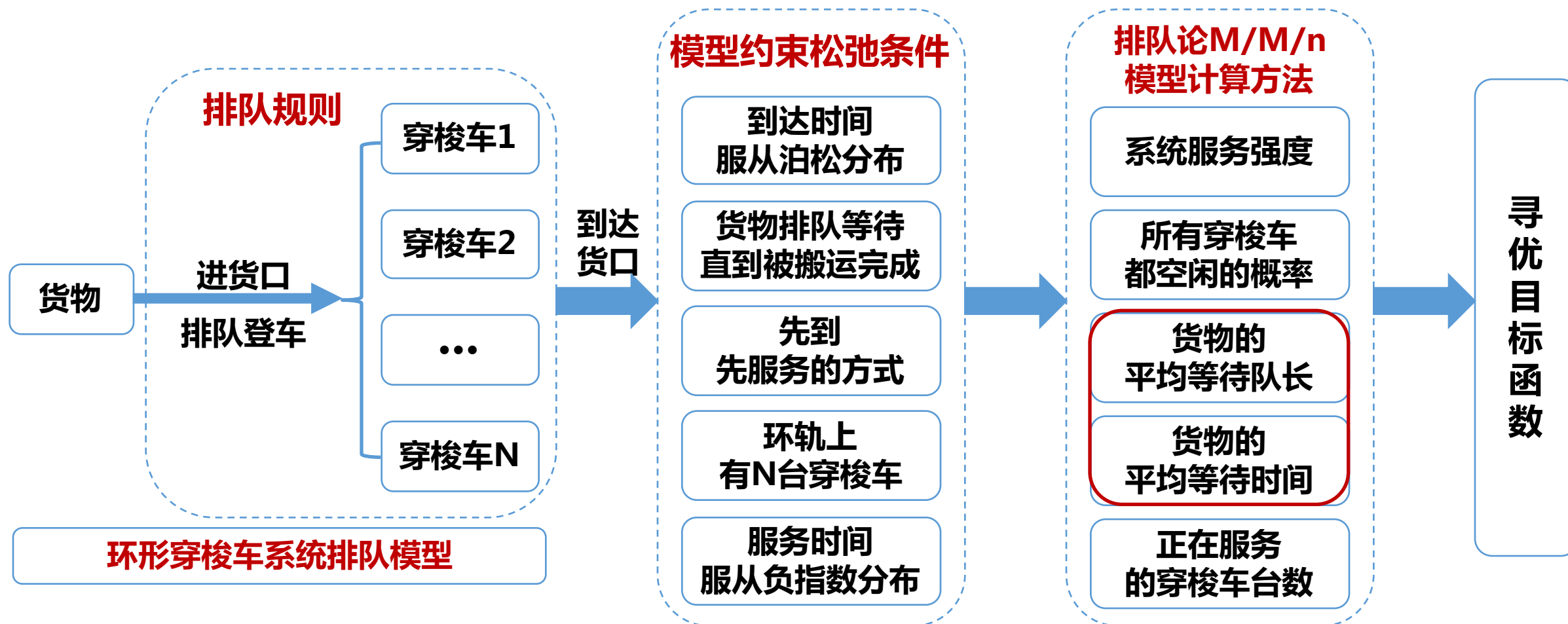
➤ 问题分析与求解思路



3.4 问题4模型建立与求解

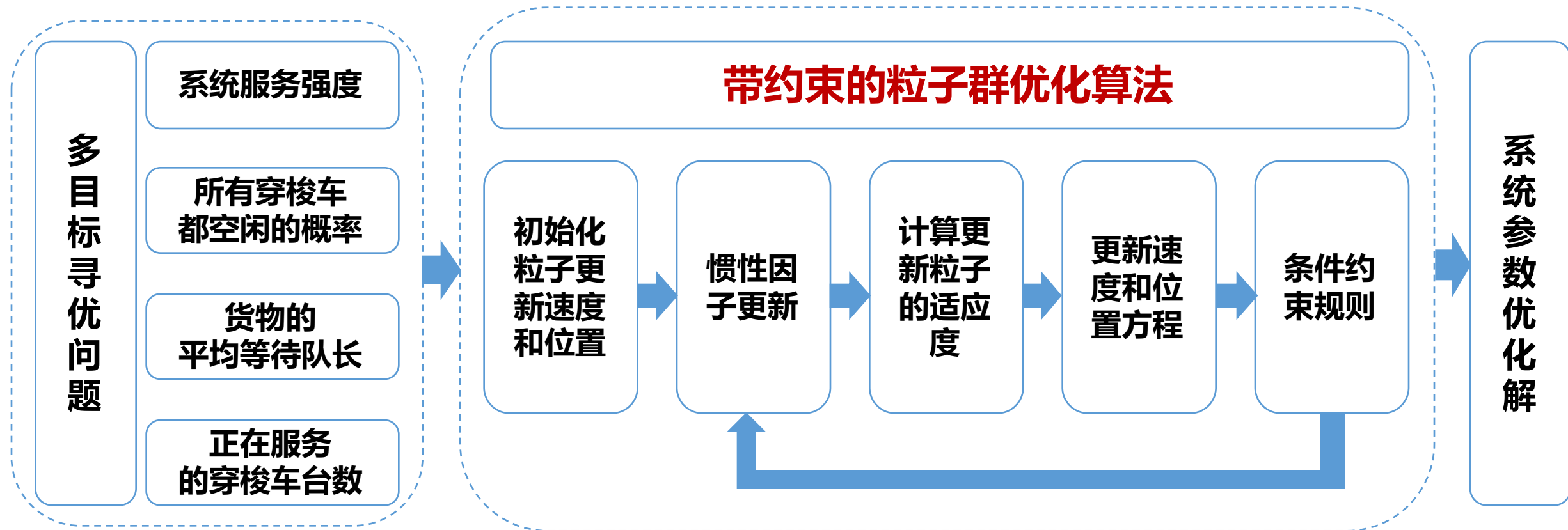
➤ 模型建立方法

$$\min F(l_1, l_2, v, N) = \min \left\{ \frac{1}{\rho}, P_0, L_q, \frac{1}{L_p} \right\}$$



3.4 问题4模型建立与求解

➤ 模型求解方法



3.4 问题4模型建立与求解

➤ 模型求解结果及优化

表4.1 优化参数结果

参数	$l1/m$	$l2/m$	$v/m/s$	N/\uparrow
大小	113.5	7.1	1.2	6

表4.2 寻优目标函数结果

目标函数	ρ	Lp	Lq	$P0$
大小	0.92	5.5	4.32	0.0038

较大

较小

➤ 改进建议

- ✓ 减缓穿梭车运行速度
- ✓ 增加轨道长度
- ✓ 穿梭车数目为6

增加**负载跑距离**
和**复合作业次数**，
提高环形穿梭车
运行系统的效率

后续
优化
建议

- 穿梭车长度优化
- 穿梭车加速度优化
- 进货口与出货口数目优化
- 进货口与出货口位置分布



问题重述



模型假设



模型建立与求解



模型优缺点分析



4.1 模型优点分析

➤ 系统建模：

- ✓ 模型**复杂度低**，调度表的物理意义清晰

➤ 模型求解：

- ✓ 传统规则调度同遗传算法的结合**改善了初始种群的生成**，提高了收敛速度

➤ 模型评估：

- ✓ 考虑了**多个性能评价指标**，评价结果更加科学合理
- ✓ 使用**带约束的粒子群算法**求解多目标寻优问题，很好逼近了系统模型参数最优解



4.2 模型缺点分析

➤ 系统建模：

- ✗ 忽略了穿梭车加速和减速过程，可能对最终总完工时间有一定的影响

➤ 模型评估：

- ✗ 可能存在其他评价指标未被考虑，使得评价结果存在一定的偏差
- ✗ 粒子群算法中使用较大迭代次数和粒子数，导致计算时间较长



谢谢各位专家的建议与指正

Thanks For The Advice And Opinion

队 员：汪进文、周明龙、田源（901138）

学 校：北京理工大学

组 别：研究生组

指导教师：邓志红 教授

