



中国科学技术大学
UNI. OF SCI. & TECH. OF CHINA



生产运作管理

第04章 生产与服务设施选址与布局

红专并进 理实交融

管理学院
Management School

*To generate ideas and tools to enrich management theory and
practice, to develop talents and leaders to serve China*





课堂思考问题

- ❖ 一、为什么肯德基与麦当劳总在一起？
- ❖ 二、新中国为什么定都北京？
- ❖ 三、半截屏风式办公室有何好处？





借鉴KFC的选址策略

- ❖ 一、商圈的划分与选择
- ❖ 二、聚客点的测算与选择



一、商圈的划分与选择

何谓商圈？商圈即各种店铺最密集的经营场所。最常见的商圈类型有市级商业型、区级商业型、定点消费型、社区消费型、社区商务两用型及旅游消费型等。根据经营的项目确定了商圈的类型后，接下来就需要用百分制的打分方法对商圈的等级、交通及前景三个方面进行评估、论证，判断在这个商圈内适合不适合自己的开店、能开多大规模的店。**KFC**对快餐店选址是非常重视的，其选址成功率几乎是百分之百，是肯德基的核心竞争力之一。



1. 划分商圈

商圈等级评估打分:

	城市人口	年人均收入	年均消费	商圈年营业额
黄金商圈	>30万	>1.5万	>5000	>2亿
白银商圈	20-30万	1-1.5万	4000-5000	1-2亿
黄铜商圈	<20万	<1万	4000<	<1亿



1. 划分商圈（续）

商圈交通评估打分：

参数	分值	备注
公交线路	1分	有一条公交线路即可算1分
地铁	3分	有一条地铁即可算3分
长途汽车路线	6分	有一条长途汽车站线路通过应算6分，分值的大小还可以根据路线延伸区域的远近来确定，越远分越高。
火车路线通过	8分	有一条火车线路通过应算8分，分值的大小还可以根据路线延伸区域的远近来确定，越远分越高
大型停车场、宾馆	2分	



1. 划分商圈（续）

❖ 商圈前景预测打分

优势类型	说明	分数
权属优势	政府牵头进行规划开发	4分
传统优势	对传统的集市加以改造而成	5分
品牌优势	商圈内的知名品牌店铺能达到30%时	3分
产业优势	商圈周围有密集的工业品或农产品生产基地	3分



2. 选择商圈

在选择商圈时，要考虑：

- (1) 餐馆自身的市场定位，
- (2) 商圈的稳定度和成熟度。



二、聚客点的测算与选择

人流量 评估	行走习惯 评估	马路隔离带 影响	车流 评估	人群主体评 估	不可预见因 素评估
本地人 流、 外地人 流等	包括气候 、交通规 划、习俗 等等		私家 车、 自行 车等	职业、年龄 、性别比例 等	天气影响、 未来规划发 展



二、聚客点的测算与选择（续）

- (1) 要确定商圈内最主要的聚客点;
- (2) 考虑人流的主要动线是否会被竞争对手截住。
- (3) 聚客点选择影响商圈选择



二、聚客点的测算与选择（续）

例如肯德基客户，基本步行人流评估：

- 若肯德基店年营业额须达到**500万**；
- 则每天营业额**13698元**；
- 如果按项目所在地市民在肯德基的消费为每人**20元**；
- 则每天需要消费人数： **$13698 \div 20 = 684$** 人，才能满足基本要求。



二、聚客点的测算与选择（续）

从项目所在地的人流量以及当地消费水平等综合角度评判分析：

- 项目前面主干道（肯德基面对主干道）的人流量，门口每天正常人流量可达**13000**人左右（步行人流）；
- 按照顾客流失法理论，假定有**90%**的流失比率，进店消费达**10%**；
- 可得出在此地开设店铺的每日必要人流量为 **$684 \div (1 - 90\%) = 6840$** 人；
- **$13000 > 6840$** 。



第四章 生产与服务设施选址与布局

❖ 设施选址

- 设施选址的基本问题与影响因素
- 全球化对设施选址的影响
- 单一设施选址
- 设施网络中的新址选择

❖ 设施布局

- 设施布局的基本问题
- 设施布局的意义及影响因素
- 设施布局的四种类型
- 设施布局方案选择
- 扩展：仓库布局问题



Issue 1: 设施选址问题



设施选址的基本问题

❖ 设施选址（Facility Location）：

- 如何运用科学的方法决定设施的地理位置，使之与企业的整体运作系统有机结合，以有效地、经济地达到企业的经营目的。Amazon选址西雅图。

❖ 设施选址的基本问题：

- 选位→定址
 - 针对单一的设施位置
 - 在现有设施网络中布新点



设施选址的影响因素

❖地区选择时的主要影响因素

- 是否接近于市场
- 是否接近于原材料产地
- 与外协厂家的相对位置
- 劳动力资源
- 基础设施条件
- 气候条件
- 政策法规条件

❖选择具体位置时的主要影响因素

- 可扩展性
- 地质条件
- 周围环境（生活方便：自然的、水、电、通讯）
- 环境保护



设施选址的影响因素（续）

❖侧重点

- 制造型企业：地区因素
- 服务型企业：靠近顾客群，与竞争对手的位置
- 仓储型企业：运输费用、接近市场



全球化对设施选址的影响

❖ 企业生产运作的全球化趋势

- 在全球设置生产基地
- 在全球采购物料
- 产品由多国协作生产
- 产品跨国流动日趋频繁



全球化对设施选址的影响（续）

❖ 促使企业生产运作全球化的原因

- 科技革命带来生产力的高度发展 → 物质技术基础
- 跨国公司有了长足的发展 → 微观基础
- 全球性市场经济体制的实现 → 制度基础
- 国际经济组织的建立和其作用的不断增强 → 组织与法律框架

- 全球经济一体化: **WB** (World Bank)、**IMF** (International Monetary Fund)、**WTO** (World Trade Organization)
- 区域经济一体化: **OECD** (欧洲+美加为主)、**APEC**、**EU** (European Union)、**NAFTA** (North America Free Trade Area)、**ASEAN** (Association of Southeast Asian Nations, 又称“亚细安”, 10+3合作机制=ASEAN+中日韩)、**OPEC** (Organization of the Petroleum Exporting Countries) 等



全球化对设施选址的影响（续）

❖ 全球化对设施选址的影响

- 调整生产基地，把生产基地转移到销售机会好、生产成本低、政策支持力度大的国家或地区
- 避开贸易壁垒，实现生产或销售的本地化。



选址问题的重要性及难点

❖ 重要性:

➤ 选址决策一旦确定，将难以改变

■ 调查结果显示：美国各类小企业失败的原因，15%要归咎于选址失败

❖ 难点

➤ 影响因素往往存在矛盾，如原料供应地↔市场所在地

➤ 不同因素的影响程度很难度量

➤ 不同决策部门的利益不同，目标不完全一致

➤ 判断标准是时变的。

■ **Good currently \neq Good in the future**



案例：各国迁都故事

- ❖ 韩国，2030年，汉城——南部新城，避战？？
- ❖ 德国，1999，波恩→柏林：政治
- ❖ 缅甸，2005，仰光→内比都：军事上易守难攻，发展新首都经济
- ❖ 巴西，1960，里约热内卢→巴西利亚：平衡经济发展
- ❖ 尼日利亚，1979，拉各斯→阿布贾：首都过于臃肿
- ❖ 科特迪瓦：1983，阿比让→亚穆苏克罗：分离城市职能
- ❖ 哈萨克斯坦，1997，阿拉木图→阿斯塔纳：地质、国际、经济原因
- ❖ 还有多少国家想迁都？



(1) 单一设施选址

- ❖ 单一设施选址问题：即独立地选择一个新的设施地点，其运营不受企业现有设施网络的影响。
 -
- ❖ 单一设施选址问题的不同情况
 - 新成立企业
 - 企业扩大规模
 - 企业迁址
- ❖ 一般步骤
 - 明确目标→收集相关数据→确定可行方案集并分别详细分析→选定最优方案



加权平均法

No.	Factors	Weight	Schemes		
			A	B	C
1	建设成本	0.2	100	50	80
2	交通运输	0.18	70	50	90
3	原料供应	0.16	85	85	60
4	资源供应	0.14	65	40	75
5	发展空间	0.1	80	100	50
6	环境保护	0.08	50	100	75
7	协作条件	0.08	90	60	80
8	政治因素	0.06	100	80	90
Score			80.5	65.8	75.1
Ranking			1	3	2

难点（1）因素选择；（2）权重确定（若每个方案都至少有一项优势因素，那么不同权重可能会得到所有可能的排序结果）



物料周转量法 (Load-Distance Method)

❖ 物料周转量 $LD = \sum_i l_i d_i$

- l_i : 单位时间内, 新址到关联点*i*间的物料负载量
- d_i : 新址与关联点*i*间的物理距离
- LD : 新址的物料周转量



物料周转量法（续）

❖ 使用方法：

- 枚举法：穷举所有可能的备选方案，分别计算 LD ，最小者为优
- 重心法：不确定备选方案，在直角坐标系（平面、空间）中对所有关联点的空间位置和运量进行分析，根据**重心原理**计算出新址的坐标

$$(X, Y, Z) = \left(\frac{\sum_i l_i X_i}{\sum_i l_i}, \frac{\sum_i l_i Y_i}{\sum_i l_i}, \frac{\sum_i l_i Z_i}{\sum_i l_i} \right)$$

式中， X_i, Y_i, Z_i 分别表示第 i 个地点的 x, y, z 坐标



物料周转量法（续）

- ❖ 优点：方便易用，逻辑性强
- ❖ 难点：如何预测单位时间内的负载量（建立在需求预测基础之上）
- ❖ 缺点：
 - 仅考虑到运输因素
 - 不同路线，即使距离相同，单位运输成本也不同（运输方式、路况等）
 - 重心法：物理距离并非直线距离。接近最优，非最优



运输模型——线性规划（LP）

- ❖ 不考虑产销平衡，对待选址设施而言，要求流入物料与流出物料要按生产转化率比例的。如：此设施为一装配厂，流入物料可能是多种零件，流出物料可能是某种产品，各零件与产品间有着较为固定的比例关系。 l_i 已知。



运输模型——线性规划（续）

$$\min_{x, y, z} C = \sum_{i=1}^n c_i l_i d_i$$

$$s.t. \quad x \in (\min\{x_i\}, \max\{x_i\})$$

$$y \in (\min\{y_i\}, \max\{y_i\})$$

$$z \in (\min\{z_i\}, \max\{z_i\})$$

$$\text{where } d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}$$



运输模型——线性规划（续）

- ❖ 若考虑**产销平衡**，意味着 l_i 也是决策变量。并且要以此新址为分界点将物料方向分为流入与流出。 b 为此设施下游总需求。



运输模型——线性规划（续）

$$\min_{x,y,z,l} C = \sum_{i=1}^n c_i^{in} l_i^{in} d_i^{in} + \sum_{j=1}^m c_j^{out} l_j^{out} d_j^{out}$$

$$s.t. \quad \sum_{i=1}^n l_i^{in} = \sum_{j=1}^m l_j^{out} = b$$

$$x \in (\min\{x.\}, \max\{x.\})$$

$$y \in (\min\{y.\}, \max\{y.\})$$

$$z \in (\min\{z.\}, \max\{z.\})$$

$$l. \in (0, l_{\max}]$$

$$\text{where } d. = \sqrt{(x. - x)^2 + (y. - y)^2 + (z. - z)^2}$$



(2) 设施网络中的新址选择

❖ 两种不同的设施网络

- 不同设施相互独立 ⇔ 单一设施：比如肯德基各连锁店
- 不同设施相互联系（这一部分考虑）
 - 比如增加一个配送中心





(2) 设施网络中的新址选择（续）

❖ 选择要点以便分析:考虑不同类型设施网络的特点

- 产品型：以产品为中心，分别建立不同设施。首先考虑原料产地或供应商，然后是产品运输成本，如食用油
- 市场型：各设施分别面向一定的市场区域。主要考虑运输问题。对于快速交货企业，时间是首要考虑。如啤酒
- 生产工艺型：以某一个生产环节为中心，分别建立不同设施或工厂，各厂有自己的工艺与技术，如钢材



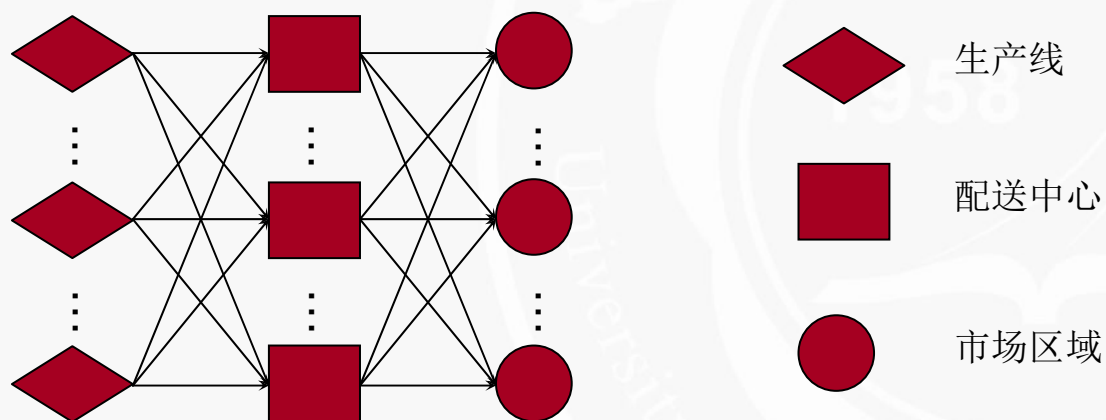
(2) 设施网络中的新址选择（续）

- ❖ 因新设施的增加，使得整个系统的物料流动发生变化。
- ❖ 需要考虑三个方面
 - 位置：如仓库
 - 工作任务的重新分配：如配送中心
 - 生产能力



❖ 问题

- 现有 m 条生产线， n 个分布在不同地区的市场， $(K-1)$ 个配送中心。由生产线制造出的产品必须通过配送中心送达各市场。
- 各生产线单位时间最大产能为 a_i ($i=1,\dots,m$)，各市场的单位时间最大容量以及售价分别为 b_j 、 p_j ($j=1,\dots,n$)，各配送中心配送能力无限。
- 若要增设一个配送中心，则应如何选址以使利润率最大？





❖ 分析

➤ 任一个配送中心都有 $(m+n)$ 个关联点，其中上游 m 个，下游 n 个。不妨设第 k ($k=1, \dots, K$) 个配送中心与每个上、下游关联点单位时间物料流动量为 l_{ik}^{in} 、 l_{jk}^{out}

➤ 则单位时间利润率为

$$\Pi = \sum_{j=1}^n p_j \sum_{k=1}^K l_{kj}^{out} - \sum_{k=1}^K \left(\sum_{i=1}^m c_{ik}^{in} l_{ik}^{in} d_{ik}^{in} + \sum_{j=1}^n c_{kj}^{out} l_{kj}^{out} d_{kj}^{out} \right)$$

■ 决策变量：新配送中心位置 (x, y, z) ，重新分配任务后各配送中心的物料流量（含流入与流出）

■ 约束条件：

- 上游产能限制
- 下游市场消化能力限制
- “流入=流出”限制（已蕴含产销平衡）



❖ 建模（线性规划）

$$\max_{x,y,z;l} \Pi = \sum_{j=1}^n p_j \sum_{k=1}^K l_{kj}^{out} - \sum_{k=1}^K \left(\sum_{i=1}^m c_{ik}^{in} l_{ik}^{in} d_{ik}^{in} + \sum_{j=1}^n c_{kj}^{out} l_{kj}^{out} d_{kj}^{out} \right)$$

subject to :

$$d_{iK}^{in} = \sqrt{(x - x_i^{up})^2 - (y - y_i^{up})^2 - (z - z_i^{up})^2};$$

$$d_{Kj}^{out} = \sqrt{(x - x_j^{down})^2 - (y - y_j^{down})^2 - (z - z_j^{down})^2};$$

$$\sum_{k=1}^K l_{ik}^{in} \leq a_i, i = 1, \dots, m;$$

上游产能约束

$$\sum_{k=1}^K l_{kj}^{out} \leq b_j, j = 1, \dots, n;$$

下游市场容量约束

$$\sum_{i=1}^m l_{ik}^{in} = \sum_{j=1}^n l_{kj}^{out}, k = 1, \dots, K.$$

产销平衡约束



Issue 2: 设施布局问题



基本问题

- 一、概念：设施布置是指在一个给定的设施范围内，对多个经济活动单元进行位置安排。
- 二、设施布置的目的：将企业内的各种物质设施进行合理安排，使它们组合成一定的空间形式，从而有效地为企业的生产运作服务，以获得更好的经济效益。



基本问题（续）

三、设施布置要考虑的四个问题：

- (1) 应包括哪些经济活动单元？
- (2) 每个单元需要多大空间？
- (3) 每个单元空间的形状如何？
- (4) 每个单元在设施范围内的位置？



基本问题（续）

四、影响企业经济活动单元构成的因素

- (1) 产品结构和工艺特点
- (2) 企业的规模
- (3) 企业的专业化与协作化水平
- (4) 企业的技术水平



基本问题（续）

五、生产和服务设施布置主要考虑因素

- (1) 企业厂房的布置应满足生产过程的要求，以避免互相交叉和迂回运输，从而缩短生产周期，节约生产费用。
- (2) 生产联系和协作关系密切的车间应相互靠近。
- (3) 充分利用现有运输条件，如铁路、公路、港口、供电、供水等公共设施。
- (4) 按照生产性质、防火和环保要求，合理划分厂区。
- (5) 总平面布置力求占地面积最小。
- (6) 应考虑有扩建余地。



设施布局四种类型

- ❖ 工艺式布局
- ❖ 产品式布局
- ❖ 混合布局
- ❖ 定位式布局



设施布局四种类型（1）

❖ 工艺式布局：→ 装配式生产

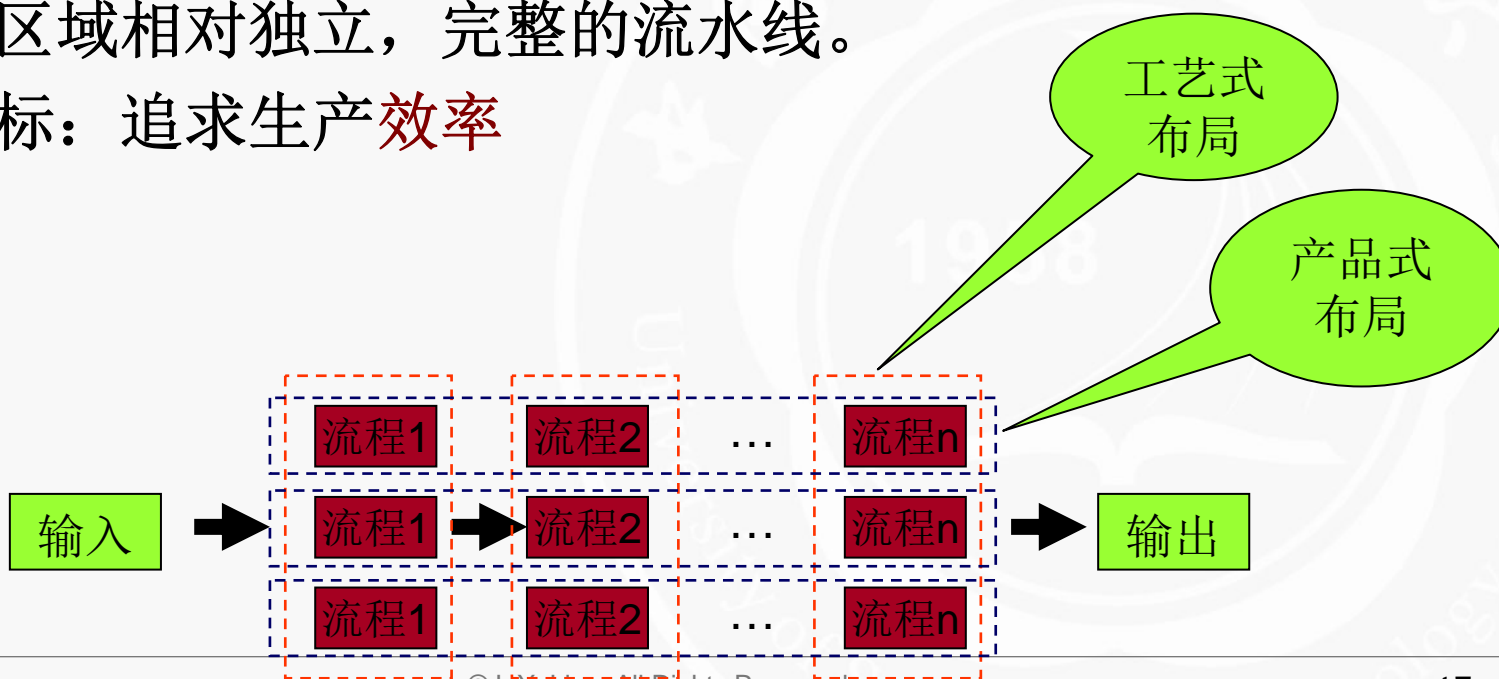
- 按照**生产工艺专业化**要求，将执行同类功能的设施和人员安排在同一区域。→ 完成生产流程中的某一环节
- 各区域相互协作，物料流动较频繁。
- 目标：追求产品**柔性**



设施布局四种类型（2）

❖ 产品式布局：→ 流程式生产

- 按照**产品对象专业化**要求，将同类产品的全部或大部分工艺过程集中在一个区域内，实行**封闭式生产运作**。→ 完成某产品的整个生产流程
- 各区域相对独立，完整的流水线。
- 目标：追求生产**效率**





设施布局四种类型（2）

❖ 工艺式布局和产品式布局反映了两种极端情形。

❖ 二者比较

	工艺式布局	产品式布局
优点	1、设备应用面广，闲置率低； 2、便于工艺管理 3、部分设备故障不影响全局 4、柔性高，产品适应性强 5、产成品库存低	1、加工线路短，节约运输资源 2、产品等待时间短，运作周期短，流动资金占用少； 3、流程简单，效率高，便于产品管理，保证完工周期和质量 4、在制品库存低
缺点	1、加工线路长，运输成本高（物料转移） 2、运作周期长，流动资金占用多 3、流程复杂，效率降低，不利于产品管理，不利于完工周期与质量上的保证 4、在制品库存高	1、设备专用性强，闲置率高 2、不利于工艺管理 3、设备故障影响整条生产线 4、柔性低，产品适应性差 5、产成品库存高
适用范围	单件小批运作方式	大量大批运作方式
举例	医院设施布局	冶金企业设施布局



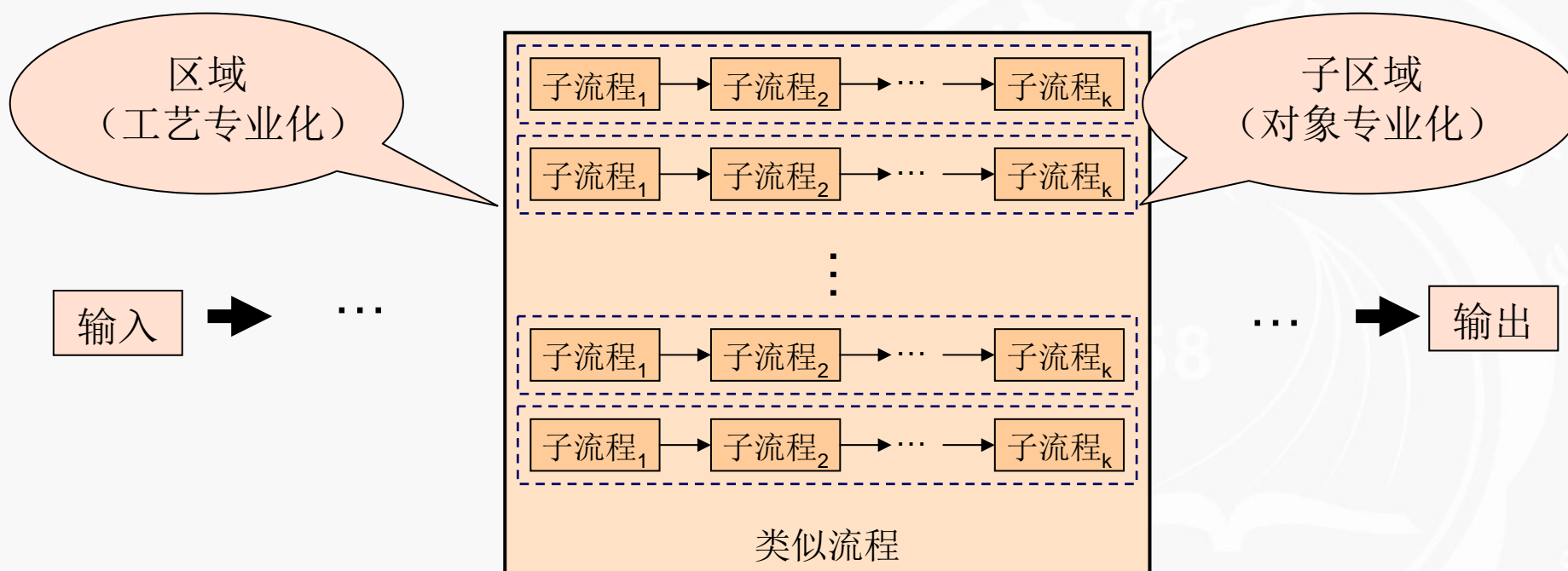
设施布局四种类型（3）

❖ 混合布局

- “工艺式+产品式”布局，优势互补，扬长避短
- 现代生产型企业多采用这种布局方式
 - 按工艺专业化要求划分区域，每个区域负责完成某类中间环节（中间产品）
 - 再按对象专业化要求划分子区域，每个子区域均是此中间产品的完整流水线



设施布局四种类型（3）（续）

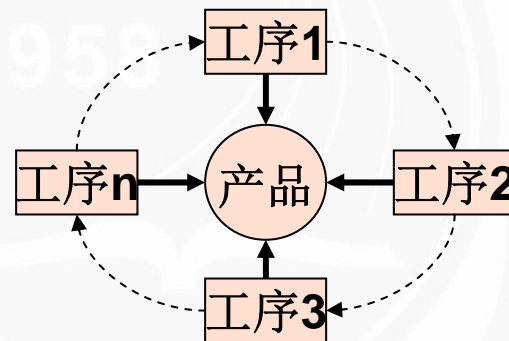




设施布局四种类型（4）

❖ 定位式布局

- 将产品或加工对象固定放置，将设备和使用的材料按加工顺序以及移动的难易程度环绕作**同心圆布局**
- 在整个加工过程中，以产品为圆心（固定），设备按加工顺序移动
- 适用范围：产品难以移动、加工件数少、工序时间长、设备可移动性相对较强。
- 例如：轮船、飞机







► 题外话：2007年1月中国新船订单首次超过韩国而位居世界第一

- 新船订单达到140万修正总吨（CGT），占世界份额的50%；韩国：60万CGT，21.4%；日本：30万CGT，10.7%
- 英国Clarkson公司数据：1-2月份，中国新船订单380万CGT，韩国200万CGT
- 背后问题：先进造船能力不足、自主研发能力弱、船舶配套对外依存度高、造船生产效率低。主要依靠低成本吸引订单。附加值过低。



设施布局的程序

❖ 收集资料

- 基础资料：厂区地形、面积、自然条件、地质、水文等
- 运作单位：基本运作单位、辅助运作单位、运作服务单位
- 生产运作系统图：相互联系及物料流动。

❖ 模型布局

- 平面塑料模板→模拟平面布局
- 沙盘模型→模拟立体布局（最为常见）
- 虚拟现实（VR）模型→数字化仿真模型

❖ 方案选择

- 对上述布局方案进行定性、定量分析
- 从若干方案中择优



方案选择

❖ 产品式布局

- 由于按照产品对象专业化布局，流水线间相对独立。因此，尽可能按流水线布局即可。

❖ 工艺式布局

- 涉及频繁的物料流动，运输成本需要特别考虑
- 基本方法：
 - 作业相关图（REL）→ALDEP（Automated Layout Design Program）
 - 从至表试验法→CRAFT（Computerized relative allocation of facilities technique）
 - 物料周转量法



作业相关图法（REL图）

❖ **Mood**提出，又称“活动相关图”

❖ 主要思想：

- 通过各设施间活动关系的密切程度确定相对位置
- 关系密切程度（六等级）：A、E、I、O、U、X
- 列出导致不同程度关系的原因
- 一一确定待布局设施相互关系
- 根据重要程度，按等级高的部门相邻的原则，安排出合理方案



作业相关图法（续）

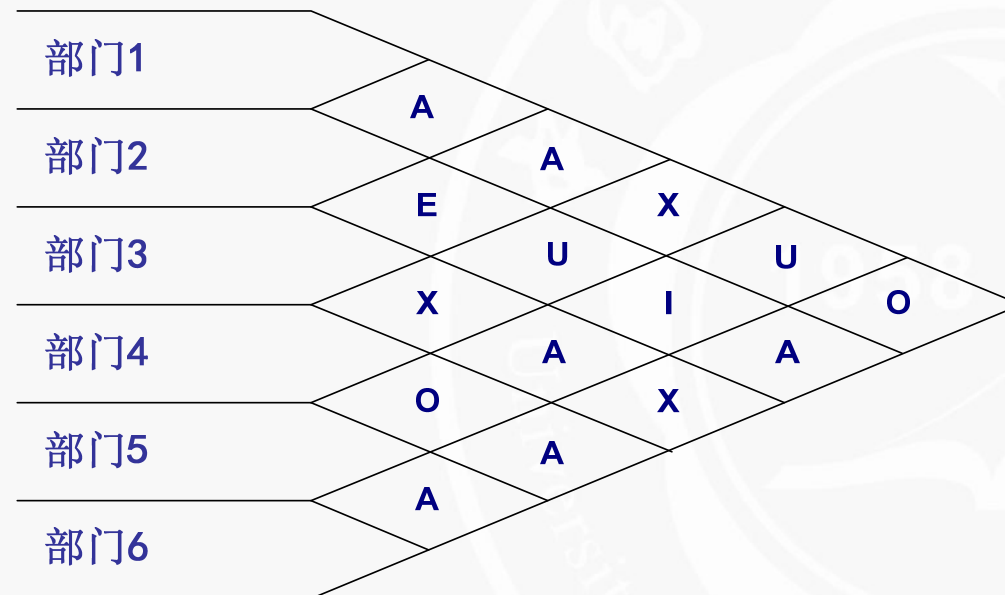
代号	密切程度	分数
A	Absolutely Important	6
E	Extra Important	5
I	Important	4
O	Ordinary	3
U	Unimportant	2
X	Ignorable/negligible	1

代号	关系密切原因
1	使用共同的原始记录
2	共用人员
3	共用场地
4	人员接触频繁
5	文件交换频繁
6	工作流程连续
7	做类似的工作
8	共用设备
9	其他



某快餐店设施布局

- ❖ 一个快餐店欲布置设施。该快餐店共分成6个部门，计划布置在一个 2×3 的区域内。
- ❖ 已知这6个部门的作业关系密切程度（如图）。请根据图作出合理布置。





活动相关图的使用（1）

❖ 计算相关程度积分法

➤ 如部门1 ($2A+1O+1U+1X$) = $2*6+3+2+1=18$

➤ 其它部门得分：

■ 部门2=23； 部门3=19； 部门4=13； 部门5=21； 部门6=22；

➤ 将积分最高者（部门2）放在中心区域，再按积分的高低和相关程度顺序在它周围布置

6	2	5
1	3	4

➤ 对这个拟优方案集可应用后面的物料周转量法进一步评估。



活动相关图的使用（2）

❖ 直接相关分析法

➤ Step 1: 列出关系密切程度（只考虑A和X）

■ A: 1—2 1—3 2—6 3—5 4—6 5—6

■ X: 1—4 3—6 3—4

➤ Step 2: 确定主联系族。从A出现最多的部门（6）出发，将所有与此部门具有A关系的部门放一起

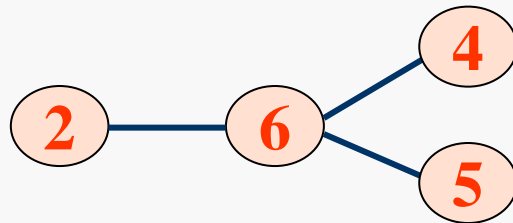


图1 主联系族

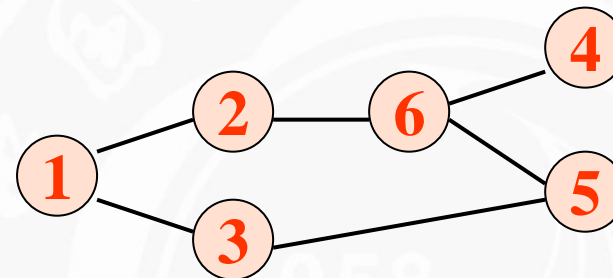


图2 联系簇

➤ Step3: 考虑其它“A”关系部门，尽量加在主联系族上。否则画出分离的子联系族。本例中，所有的部门都能加到主联系簇上去，如图2所示。



► **Step 4:** 考虑X关系，画出“X”关系联系图，如图3所示。

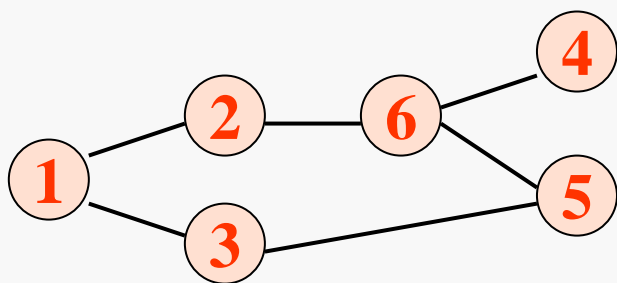


图2 联系簇

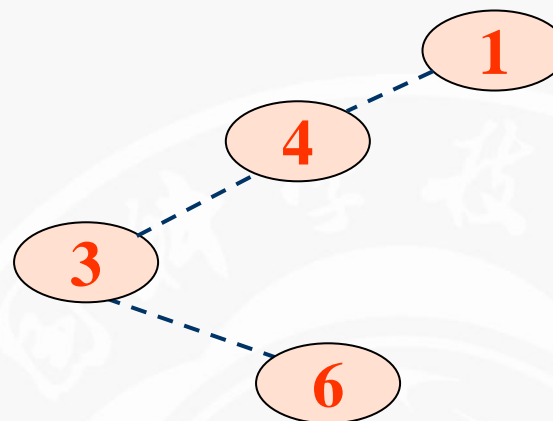


图3 X关系联系簇

► **Step 5:** 根据联系簇图和可供使用的区域，用实验法安置所有部门，如图4所示。

1	2	6
3	5	4

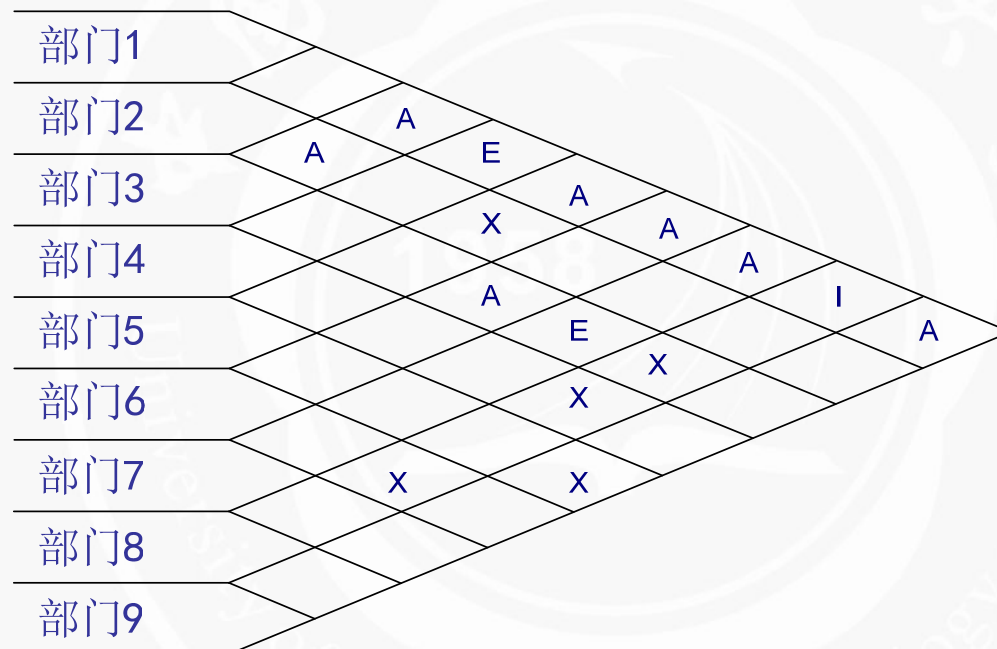
图4 最后布局



作业相关图——习题

- ❖ 把下列活动相关图中的九个汽车服务部门分配到 3×3 的九个位置中去。按照城镇规章，部门4的位置必须安排在右上角。请用作业相关图作出合理布局。

		4





从至 (From-To) 表试验法 (1)

❖ 首先绘制工艺线路图

- ▶ 例：某机械加工车间有8台设备及毛坯库、检验台，共10个运作单元。各运作单元将在 1×10 区域布局。设有10个零件由此车间加工



从零件到工序表

每一列反映了某一零件的加工流程，序号反映先后关系

此列反映各运作单元在加工过程中被使用次数

零件号→	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	合计
①毛坯库	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
②铣床	2			4	6		3			2	5
③车床	3	2	2	3	3,5,8		2	2	2		10
④钻床	4	3	3	5	4	3				3	7
⑤镗床					2						1
⑥磨床					7,9		5				3
⑦压床	5										1
⑧内圆磨床		4									1
⑨锯床				2		2	4				3
⑩检验	6	5	4	6	10	4	6	3	3	4	10



从至表(To) 表试算法 (2)

记录从某运作单元到另一单元的次数 (即从至数)

所在格相对于对角线的格数 (横向纵向即可) 反映了当前布局下运作单元间的距离

▶ 绘制零件从至表

To From	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	合计
①		2	5		1				2		10
②			1	2		1			1		5
③		2		4		1				2	9
④			1				1	1		4	7
⑤			1								1
⑥			1							2	3
⑦										1	1
⑧										1	1
⑨			1	1		1					3
⑩											
合计		4	10	7	1	3	1	1	3	10	40



从至 (From-To) 表试验法 (3)

调整

- ❖ 按此顺序布局不合理，需调整，原则：
 - 尽量使带数字的格靠近对角线
 - 数字大的越靠近越好。



从至 (From-To) 表试验法 (4)

⑤↔⑩, 主调列, 行跟随

To From	①	②	③	④	⑩	⑥	⑦	⑧	⑨	⑤	合计
①		2	5						2	1	10
②			1	2		1			1		5
③		2		4	2	1					9
④			1		4		1	1			7
⑩											
⑥			1		2						3
⑦					1						1
⑧					1						1
⑨			1	1		1					3
⑤			1								1
合计		4	10	7	10	3	1	1	3	1	40



从至 (From-To) 表试验法 (5)

①↔②, 主调行, 列跟随

To From	②	①	③	④	⑩	⑥	⑦	⑧	⑨	⑤	合计
②			1	2		1			1		5
①	2		5						2	1	10
③	2			4	2	1					9
④			1		4		1	1			7
⑩											
⑥			1		2						3
⑦					1						1
⑧					1						1
⑨			1	1		1					3
⑤			1								1
合计	4		10	7	10	3	1	1	3	1	40



从至 (From-To) 表试验法 (6)

❖ 前后零件移动总距离比较

	上三角		下三角	
原方案= 135	格数×从至数 $1 \times (2+1+4) = 7$ $2 \times (5+2+1) = 16$ $3 \times (1+1+1) = 9$	$4 \times (1+1+1+2) = 20$ $6 \times 4 = 24$ $7 \times (1+2) = 21$ $8 \times 2 = 16$	格数×从至数 $1 \times (2+1) = 3$ $2 \times 1 = 2$	$3 \times (1+1) = 6$ $5 \times 1 = 5$ $6 \times 1 = 6$
	小计: 113		22	
现方案= 108	格数×从至数 $1 \times (5+4+4) = 13$ $2 \times (1+2) = 6$ $3 \times (2+1+1) = 12$	$4 \times 1 = 4$ $5 \times 1 = 5$ $7 \times 2 = 14$ $8 \times (1+1) = 16$	格数×从至数 $1 \times (2+1+2) = 5$ $2 \times (2+1) = 6$	$3 \times (1+1+1) = 9$ $5 \times 1 = 5$ $6 \times 1 = 6$ $7 \times 1 = 7$
	小计: 70		38	

节约20%，收效明显



从至（From-To）表试验法（7）

- ❖ 这里提到的**From-To**表只考虑了距离，也即考虑单位运输成本是一样。但实际中有可能不同设施间的**运输工具**不同，成本结构也不同。可用于扩展**From-To**表
- ❖ **From-To**方法是一种试验法
 - 只适用于平面设施较少的情况
 - 只能用于寻求布局上的改进，但难以得到最优
- ❖ 对于设施较多的情况，则须应用计算机辅助求解优化问题——物料周转量法。



物料周转量法*

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} L_{ij} D_{ij}$$

- N : 生产单位数量
- L_{ij} : 生产单位 i 与 j 之间的负载量
- D_{ij} : 生产单位 i 与 j 之间的距离
- c_{ij} : 生产单位 i 与 j 单位运输成本

- ❖ 将众多方案的实际数据代入上式，取最小者
- ❖ 对于自然设施，如水源、矿藏等：
 - 这些自然设施也须纳入考虑
 - 这些设施不可移动→约束



物料周转量法*

❖不足：只考虑了物流因素，而忽略了其它因素，如人员流、信息流

➤如：传统文件的频繁递送——行政楼如何布局？

➤在办公大楼中，主要物流因素是硬拷贝文件

■ 以此来按照物料周转量法来布局办公大楼显然是不合理的

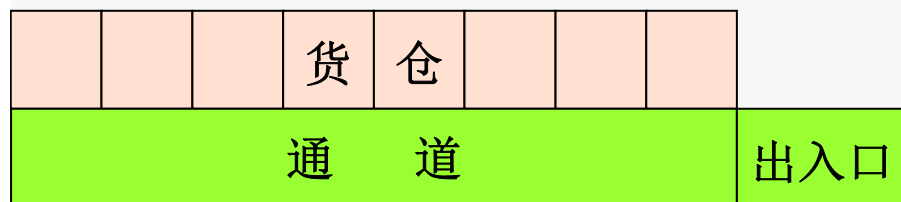
■ 应围绕信息交换和处理的各种因素，如：工作相似性；设备共享；工作须面对面沟通配合等



扩展：仓库布局问题（1）

❖ 所考虑的仓库类型

- 仓库有一个出入口
- 仓库内部划分成若干标准化货仓
- 仓库内共要存储 N 种物品
- **Q:** 如何确定各种物品在仓库内的位置，使总搬运量最小？



单排货区问题



双排货区问题



仓库布局问题（2）

❖ 单排队区问题（Single-Row Storage）

➤ 参数汇总（Notations）

- N : 物品种类数
- b : 每个货仓长度
- S_i : 第 i 种物品在单位时间内搬运次数 ($i=1,2,\dots,N$)
- A_i : 第 i 种物品所需要的货仓数 ($i=1,2,\dots,N$)
- D_i : 第 i 种物品的平均搬运距离 ($i=1,2,\dots,N$)
- W_i : 第 i 种物品平均每次的搬运重量 ($i=1,2,\dots,N$)
- C_i : 第 i 种物品在单位时间内的总搬运量 ($i=1,2,\dots,N$)
- C : 所有物品在单位时间内的总搬运量



仓库布局问题 (3)

❖ 假设 (Assumptions)

- 仓库能力：仓库容量无穷大，即货仓数无限制
- 同种物品必须按顺序排放

❖ 目标 (Objective)：安排这N种物品的布局方式，使C最小

$$\min C = \sum_{i=1}^N C_i = \sum_{i=1}^N W_i D_i S_i$$



仓库布局问题 (3)

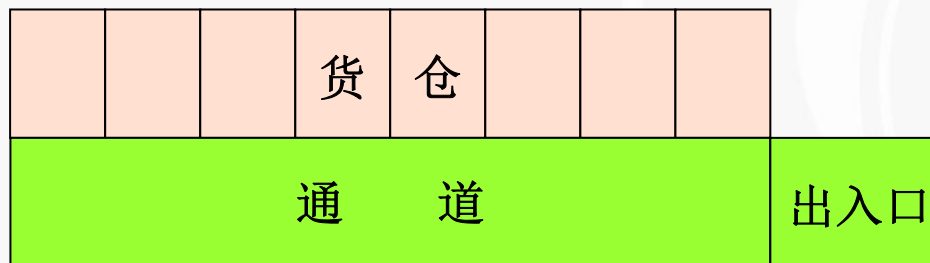
❖ 若将存储同种物品的货仓称为一个货区，并按顺序编号为 L_1, L_2, \dots, L_N 。

➤ 仓库布局问题→排序问题

■ 决策变量是： L_1, L_2, \dots, L_N

■ $\{L_1, L_2, \dots, L_N\} = \{1, 2, \dots, N\}$ ，且 L_1, L_2, \dots, L_N 互不相等

➤ 货区是个相对位置的概念：每个货区 L_j 所包含的货仓数显然决定于最终存放其中的物品种类。





仓库布局问题 (4)

❖ 分析: L_j 货区

➤ 其中将存储第 L_j 种物品

➤ 包含的货仓数为 A_{L_j}

➤ 它距出入口最近距离为 $b \sum_{k=1}^{j-1} A_{L_k}$

➤ 其中物品平均搬运距离为

$$D_{L_j} = b \left[\sum_{k=1}^{j-1} A_{L_k} + \frac{(1 + A_{L_j})}{2} \right]$$



仓库布局问题 (5)

❖ 规划模型

$$\min_{L_j} C = b \sum_{j=1}^N W_{L_j} S_{L_j} \left[\sum_{k=1}^{j-1} A_{L_k} + \frac{(1 + A_{L_j})}{2} \right]$$

$$s.t. \quad L_j \in \{1, 2, \dots, N\};$$

$$L_i \neq L_j \text{ for } i \neq j.$$

- ◆ 难点：如何寻求最优解
- ◆ 试考虑：双排货仓 (**Double-Row Storage**) 问题



作业

- ❖ (1) 简述设施选址的影响因素。P16
- ❖ (2) 简述全球化对设施选址的影响。P18
- ❖ (3) 运输模型（考虑产销平衡）。P29
- ❖ (4) 设施网络中的新址选择问题模型。P34
- ❖ (5) 简述生产和服务设施布置主要考虑因素。P41
- ❖ (6) 简述设施布局四种类型。P42
- ❖ (7) 掌握作业相关图法和从至表试验法。P61
- ❖ (8) 仓库布局问题模型。P71