



# 市场设计：拍卖与匹配，从理论到现实

谢双-第 9 组

华中师范大学

2026 年 6 月 1 日



# 提纲

提纲

分类总览

拍卖市场

稳定匹配

肾脏交换

设计自己的市场

总结





# 市场设计的两大分类

## 拍卖：价格驱动的配置

- 核心问题：谁以什么价格获得资源，以及价格如何被发现
- 关键工具：竞价规则、价格发现、激励约束、竞争约束
- 展示案例：5G 频谱拍卖中的 SMAS、价格逐轮上升与竞争协调

## 匹配：规则驱动的配置

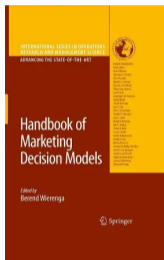
- 核心问题：在不能用价格时，谁应当和谁配对，以及配对规则如何保证稳定
- 关键工具：稳定性、偏好、延迟接受、交换环
- 展示案例：肾脏交换中的稳定匹配

## 分类逻辑

“拍卖 / 匹配”的划分，来自 *The Handbook of Market Design* .



# 理论来源：两本关键著作与 2012 年诺奖



*The Handbook of Market Design* (2013)  
Nir Vulkan、Alvin E. Roth、Zvika Neeman 主编



2012 年诺贝尔经济学奖  
Lloyd Shapley & Alvin E. Roth  
表彰稳定匹配理论与市场设计实践

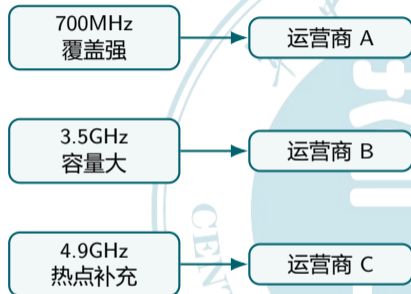


# 5G 频谱拍卖：为什么需要拍卖？

- **稀缺资源**：无线电频谱有限，而 5G 需要连续、优质的频段。
- **行政分配的问题**：很难准确判断哪家运营商最重视、也最有能力使用这部分频谱。
- **拍卖的作用**：让不同运营商用报价表达估值，用规则完成资源配置。
- **核心目标**：兼顾配置效率、竞争秩序和财政收入，而不是单纯追求高价。

## 课堂提示

拍卖市场的重点不是“贵不贵”，而是“价格如何在规则里被发现”。



不同频段性质不同，  
估值也不同。

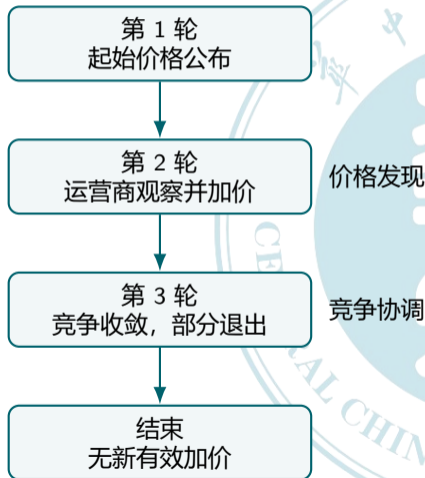


# 拍卖里面的设计，SMAS：同步多轮上升拍卖

- 多个频谱区块同时竞价，价格按轮次逐步上升。
- 竞买人每一轮都能观察价格变化，再决定继续报价还是退出。
- 机制价值不只是“价高者得”，而是**逐步发现价格**、协调竞争。
- 这说明拍卖是一种**规则设计**，而不只是一次报价。

## 承上启下

当价格可以使用时，市场设计依赖价格发现；  
当价格不能使用时，就必须转向匹配规则。





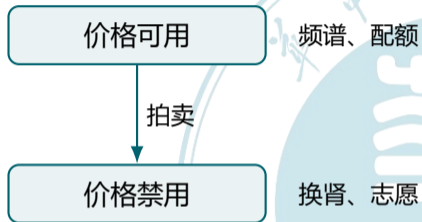
# 从拍卖到不含钱机制

## 拍卖适用的前提

- 资源可以合法买卖
- 参与者可以用价格表达估值
- 规则的核心是让价格逐步被发现

## 有些市场为什么不能拍卖？

- 器官、学位、医生岗位等场景常有法律或伦理约束
- 这时“价高者得”不可接受，甚至是非法的
- 但资源依然稀缺，因此仍然需要规则完成配置



## 本节任务

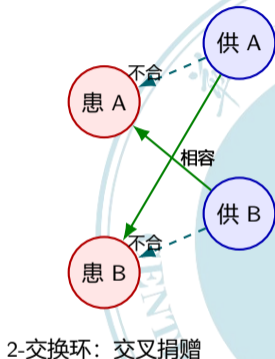
下面进入“不含钱机制”：核心问题不再是谁出价更高，而是谁和谁配对才稳定。

# 肾脏交换的起源：合作博弈

- 肾脏交换的思想源于**合作博弈**中的“稳定匹配”与“交换环”概念。
- 和拍卖一样，都在解决资源配置问题；差别在于这里配置的不是“价格竞争下的归属”，而是“无价格条件下的配对”。
- 医患对：患者有家属愿捐肾，但因血型或配型不合无法直接移植；器官买卖被禁止，只能进入交换池。
- 两对不相容的医患对交叉交换，就是最基本的**2-交换环**。

## 代表性理论

Shapley & Scarf “房屋交换”模型（1974），Roth 等人将其应用于器官交换。



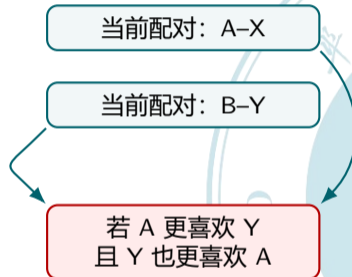


# 稳定匹配：什么叫“稳定”？

- 匹配市场里，参与者往往不能用价格重新交易，只能按照规则配对。
- 一个匹配如果会被某两方私下推翻，就说明这个结果**不稳定**。
- 所谓**阻挡对**，就是一对互相更愿意彼此匹配的参与者。
- 稳定匹配的目标是：**不存在阻挡对**。

## 换句话说

稳定性 每个人都最满意；而是“没有人能通过私下另找对象来改善自己的处境”。



A 与 Y 构成阻挡对  
当前配对因此不稳定



# Gale-Shapley 算法:

## 算法概述

**Gale-Shapley 算法**, 也称**延迟接受算法** (Deferred-Acceptance Algorithm), 由数学家 David Gale 和经济学家 Lloyd Shapley 于 1962 年提出, 旨在为双边匹配市场寻找**稳定匹配**. 两人因该理论贡献, 与将理论推向实践的 Alvin Roth 共同获得 2012 年诺贝尔经济学奖

## 为什么叫“延迟接受”?

- **核心思想**: 在一方向另一方发出匹配申请时, 接受方不会立即给出最终决定.
- 接受方会暂时**“保留”最满意的申请**, 并拒绝其他选项.
- 被拒绝的一方向其偏好列表上的**下一个对象**发起申请.
- 重复进行, 直到所有人都配对完成, 每个人都满意.

## 立即接受 vs 延迟接受

- **立即接受**: Rachel 和 Ross 互相错过了. Ross 和 Julie 确定了关系. 当 Rachel 想表白时, Ross 脱单了——但彼此明明更想和对方在一起 → 形成**阻挡对**, 匹配**不稳定**.
- **延迟接受**: 只 date 不确定关系 → 最终 Ross 与 Rachel 在一起, 匹配**稳定**.

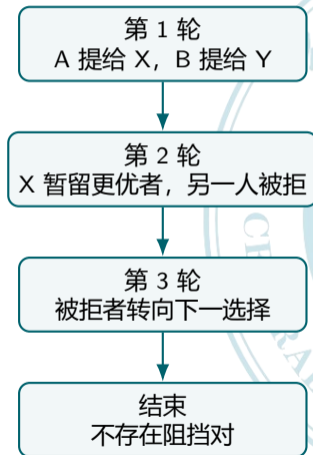


# Gale-Shapley: 延迟接受的基本逻辑

- ① 一方按照自己的偏好顺序提出匹配请求.
- ② 另一方对收到的请求“暂时接受最喜欢的一个”，其余拒绝.
- ③ 被拒绝的一方进入下一轮，向自己的下一选择提出请求.
- ④ 重复进行，直到没有新的请求为止.

## 意义

这个算法告诉我们：在没有价格的情况下，也可以通过一套轮次规则找到稳定匹配。

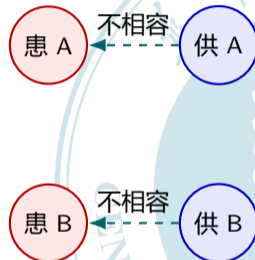


# 肾脏交换：为什么是典型匹配市场？

- 患者已经找到愿意捐肾的亲属或配偶，但由于血型或组织配型不合，无法直接移植。
- 器官买卖被法律禁止，不能通过价格解决问题。
- 因此，关键不在于谁出价更高，而在于能否找到**相容、稳定、可执行的**配对。

## 和稳定匹配的关系

每个“医患对”都可以看成一个参与单元，医院要做的是在这些单元之间寻找不会被私下重组打破的匹配关系。



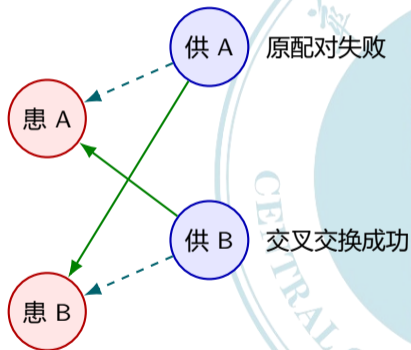
“有供者，但不能直接捐”  
是肾脏交换的起点。

# 医患对与 2-交换环

- 对子 A 中，供者 A 不能直接捐给患者 A.
- 对子 B 中，供者 B 也不能直接捐给患者 B.
- 但如果供者 A 适合患者 B，供者 B 适合患者 A，就可以进行交叉交换.
- 这就是最基本的 **2-交换环**.

## 直觉

原来每一对内部都失败，重新连边后却都成功，这正是“规则重组资源”的力量.

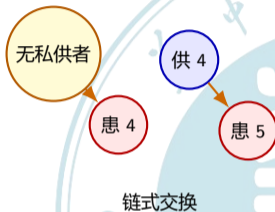
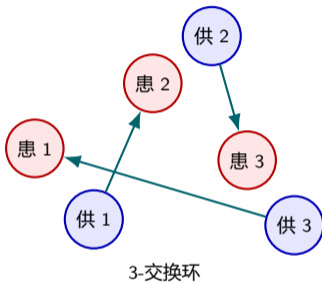




# 从 2-交换到 3-交换与链式交换

## 为什么 2-交换不够？

- 医学相容性限制很强，很多时候两两交换找不到可行解。
- 当交换池更大时，可能需要 3 个甚至更多参与者才能完成循环。



## 链式交换

- 如果有无私供者加入，就能启动一条更长的捐赠链。
- 链式交换扩大了匹配空间，也解释了为什么平台规模很关键。

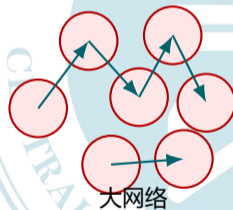
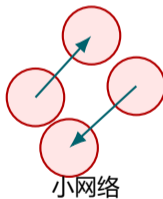
# 网络规模为什么决定匹配效率？

## 小网络

- 参与者少，可行边少
- 只能发现少量 2-交换
- 许多患者仍无法完成移植

## 大网络

- 跨医院、跨地区联合
- 可以发现更多 3-环与长链
- 资源重组空间显著扩大



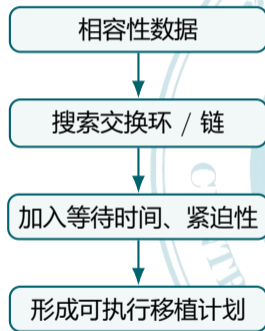
## 结论

每增加一个节点，都可能带来新的交换环与新链条。



# 机制设计、算法与现实约束

- **稳定匹配提供理论基准**：告诉我们无钱环境下可以通过规则找到稳定结果。
- **肾脏交换的实践**：还要结合图论环搜索、整数规划和医学优先级。
- **现实约束**：手术需要同步、环长不能太长、信息必须真实。
- **现实成果**：美国、荷兰等国家已通过全国交换池显著提高移植成功率。





# 室友匹配：一个“无价格”的匹配市场

## 市场本质

- **资源**：宿舍房间 ( $k$  人间)，学生偏好室友。
- **价格失效**：只能用偏好排序配对。
- **核心问题**：如何分配室友，使没有两个人愿意脱离当前配对、组成新组合？

## 机制：Gale-Shapley 学生提议版

- ① 所有学生自由，向偏好列表中未拒绝过自己的最高顺位发出邀请。
- ② 收到邀请者比较新邀请与当前临时室友，保留更喜欢的一个。
- ③ 被拒者下一轮继续邀请，直到无人可邀。

自由学生向第一选择发邀请

接收方保留最偏好者

被拒者转向下一顺位

重复至稳定

结果：稳定、无阻挡对、  
对提议方策略防患。

## 设计原则

厚度（大数据偏好收集）、安全（只需真实报告）、稳定性（无阻挡对）。



# 室友匹配：4 人示例

## 偏好列表

学生	偏好顺序
A	$B > C > D$
B	$A > C > D$
C	$B > D > A$
D	$A > B > C$

## 算法运行

- 第 1 轮：A→B, B→A, C→B, D→A.
- B 接受 A (拒 C), A 接受 B (拒 D).
- 第 2 轮：C→D, D→B. D 接受 C, B 拒 D.
- 第 3 轮：D→C, 维持 C-D. 终止.

## 稳定性检查

- A-B 互为第一选择，不会拆散.
- C 最想 B, 但 B 已与 A 稳定.
- D 最想 A, 但 A 已与 B 稳定.
- C 与 D 虽非最佳, 但没有两人同时更想与对方配对.

## 现实案例：MIT 的室友匹配

- MIT 每年为数千名新生运行偏好匹配系统：学生填写作息、整洁度、学习习惯等问卷.
- 系统根据相容性得分生成偏好排序，再通过类延迟接受算法进行室友配对.



# 拍卖 vs 匹配：两类市场的对比

维度	5G 频谱拍卖	肾脏交换匹配
核心机制	SMAS, 多轮竞价与价格发现	稳定匹配、延迟接受、交换环搜索
是否使用价格	是, 价格是主要配置信号	否, 货币交易被禁止
核心目标	在竞争约束下把频谱配置给更重视它的主体	在医学约束下找到稳定且可执行的配对
网络结构	频段、运营商与覆盖约束共同决定价值	跨医院交换网络决定可行环与链
社会价值	支撑 5G 基础设施建设与通信竞争	提高移植成功率, 缩短等待时间
典型挑战	合谋、策略性等待、竞争约束	同步手术、信息真实、环长限制



# 结语：市场设计的共同逻辑

## 三句总结

- ① 拍卖说明：当价格可以使用时，规则的任务是让价格被逐步发现。
- ② 稳定匹配说明：当价格不能使用时，规则的任务是让配对保持稳定。
- ③ 肾脏交换说明：机制设计不是抽象理论，它可以直接改变现实结果。

## 课堂提示

可以把今天的内容记成一句话：**拍卖用价格发现资源，匹配用规则发现关系。**

谢谢！