

Optimizing Local Content Requirements Under Technology Gaps

在技术差距下优化LCR

Manufacturing & Service Operations Management, 2019

作者:

- Shiliang Cui, 助理教授, Georgetown University, 研究方向: 运营经济, 如研究服务设置和公司的全球供应链战略下的消费者行为。
- Lauren Xiaoyuan Lu, 教授, University of North Carolina at Chapel Hill, 研究方向: 全球供应链、零售供应链管理。

目 录

问题来源
研究内容
问题解决效果
启示

1 问题来源

Local content requirements (LCR, 本土内容要求)：由政府实施的、要求国外原始设备制造商 (OEM) 使用**一定价值比例**的当地产品或服务的**政策**。这类政策在多行业、国家都有使用。

- **手机行业**：2016年，为促进本国4G手机元器件产业发展，印度尼西亚政府把针对国外智能手机制造商的LCR从20%提升至**30%**。
- **汽车行业**：2011年，俄罗斯将针对外国汽车原始设备制造商 (OEM) 的LCR从30%提升到**60%**。
- **零售行业**：印度要求外国占股超过51%的品牌零售商，至少**30%**的制造材料要向当地供应商购买。
- **可再生能源行业**：加拿大、法国、意大利等发达国家，在可再生能源行业都规定了LCR。
- 2008年以来，全球有超过100项新的LCR，其中84项在发展中国家，34项在发达国家。

制定LCR政策的主要原因，是**保护本国供应商**。对于一些中间产品，相比全球市场上能找到的最优供应商，本国供应商的制造技术更低、更不划算。

所以发展中国家制定LCR政策更多，因为他们的工业在全球市场上竞争力更低。

1 问题来源

当今大部分LCR都是面向**由多种元器件组成的复杂最终产品**制定的，如汽车、电子设备。而在本地供应商和国际供应商中，这些**元器件各有不同的采购价格和技术差距**。

- **产品层LCR**

大部分LCR政策都在产品层制定，也就是针对产品做比例要求，即所有元器件中采购自本国的元器件总价比例达到要求。至于实际从本国采购哪类元器件，政府不做规定，企业可以自行决定。

- **元器件层LCR**

近来也有政府引入元器件层的LCR，或者增加针对某类元器件的特别要求。

如印度尼西亚政府要求智能手机制造商达到30%的LCR，但有5种计算场景：100%基于硬件计算；75%基于硬件，25%基于软件....只要在任意一种计算场景下达到30%即可。

这样的方式**提升了政府灵活性**，可以针对元器件产业制定特定政策。

1 问题来源

那么，这两种政策制定方式，会带来不同结果吗？由此出发，本文探讨3个问题：

- (1) 对于多元器件产品，政府应该如何优化LCR政策？**
- (2) 政府应该制定产品层LCR还是元器件层LCR？**
- (3) 市场大小、竞争程度、公司税率、技术差距，这些会如何影响LCR政策？**

1 问题来源

Research Gap

本文的研究内容与两个领域有关：

- **政府对全球供应链管理的影响**

例如之前有许多文章通过数学规划方法，调查不同的**交易政策**对供应商网络设计决策的影响，说明**政府介入**对于企业供应链决策有重要影响，但关于LCR政策的研究很少，已有的文献只是把政策当成一个外生因素引入模型，**这篇文章是第一次把会影响企业采购决策的政府政策作为内生因素考虑。**

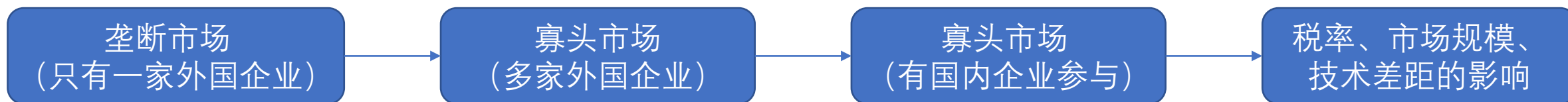
- **关于LCR的经济学研究。**

经典的LCR经济学文献发现，如果要求外国OEM采购技术更差但价格更高的当地器件，会导致社会福利降低。但这些经济学文献并没有考虑到OEM生产运营层面，而且也只关注了产品层LCR政策。**本文则对比了产品层LCR和器件层LCR，这是最主要区别。**

问题定义：当国外的原始设备制造商在发展中国家生产和销售多元器件产品时，发展中国家的政府如何优化LCR政策，以最大化社会福利。

2 研究内容 | 整体思路

整体思路：先考虑外国企业**垄断市场（只有一家企业）**的情况，再拓展到**寡头（少数几家企业）**的情况，最后分析其他参数的影响。



0.模型基本假设

1.定义需求参数

2.定义元器件采购价格和技术差距参数

3.表述产品层LCR政策

4.站在企业角度最大化利润，求解OEM企业的最佳采购组合

5.站在政府角度最大化社会福利，求解最佳的产品层LCR

6.表述元器件层LCR政策，和产品层的结果对比

2 研究内容 | 垄断市场

0.基本模型假设（保留关键因素，尽量简化）：

在一个发展中国家，只有一家外国OEM垄断市场。这家OEM的最终产品由2种元器件组成，**当地供应商和国际供应商**都可以提供这2种元器件，但在采购成本和技术上有差距。一种元器件是**高技术差距（high-gap）**，另一种是**低技术差距（low-gap）**。

以**社会福利最大化**为目标，政府制定了LCR政策来要求这家OEM必须从当地供应商处购买一定数量的元器件。

考虑**两种类型的政策**：

- 产品层LCR，针对整个产品，设定一个最低比例
- 元器件层LCR，针对两种元器件，分别设定最低比例

为了简化问题，假设OEM生产的产品只在当地销售，不出口。本地供应商的生产采购也完全在本地进行，不向国外购买。

2 研究内容 | 垄断市场

1.需求

最终产品的**潜在市场规模A**，**单价p**，**需求q**服从线性函数 $q(p)=A-p$ 。也就是单价越低，需求越大。

2.元器件采购价格和技术差距

两种元器件编号为 $i=1,2$ ，为简化问题此处忽略最终产品的装配成本。

c_i 表示向最便宜的**全球供应商**采购第 i 种元器件的**单价**；

c_iT_i 表示向最便宜的**本地供应商**采购第 i 种元器件的**单价**； $T_i>1$ 。

T_i 表示本地供应商和全球供应商在第 i 种元器件上的**技术差距**。

$T_1<T_2$ ，也就是第2种元器件是高技术差距。

C_1 和 C_2 关系不做规定，可以大于或小于。

由此有2种情况。

Table 3. Relations Between the Components

$T_1 < T_2$	$c_1 < c_2$	$c_1 > c_2$
Component 1	Low gap, low value	Low gap, high value
Component 2	High gap, high value	High gap, low value

对最终产品规定一个最低比例值l，

a_i 表示第i种元器件**向当地供应商购买的数量比例**。

那么最终产品的LCR值计算公式为

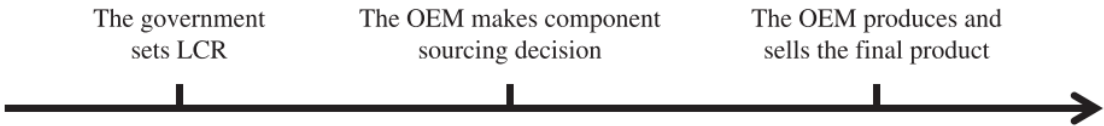


$$\frac{c_1T_1\alpha_1 + c_2T_2\alpha_2}{c_1T_1\alpha_1 + c_1(1 - \alpha_1) + c_2T_2\alpha_2 + c_2(1 - \alpha_2)} \geq l,$$

分子是向当地供应商采购的元器件总价值，分母是产品总价值。

我们假设企业会完全遵循LCR政策，因为违反政策往往会导致高财务处罚。企业的目标是在遵守政策的前提下，最大化自己的利润。事件发生顺序是：

Figure 1. Sequence of Events



s 表示企业刚好满足LCR政策时，**一单位最终产品的总采购成本**。

r 表示**企业税率**（向当地政府缴纳的税率），在0%到50%之间。

2 研究内容 | 垄断市场

4.OEM企业的最佳采购组合

企业的目标是在遵守政策的前提下，最大化自己的利润，等价于**最小化刚好满足政策I时的总采购成本**。

$$s(l) = \min_{\alpha_1, \alpha_2 \in [0, 1]} \{c_1 T_1 \alpha_1 + c_1 (1 - \alpha_1) + c_2 T_2 \alpha_2 + c_2 (1 - \alpha_2)\} \quad \text{目标：最小化总采购成本}$$

subject to (1):

变量： α_1, α_2

$$\frac{c_1 T_1 \alpha_1 + c_2 T_2 \alpha_2}{c_1 T_1 \alpha_1 + c_1 (1 - \alpha_1) + c_2 T_2 \alpha_2 + c_2 (1 - \alpha_2)} \geq l, \quad (2) \quad \text{约束：满足政策I}$$

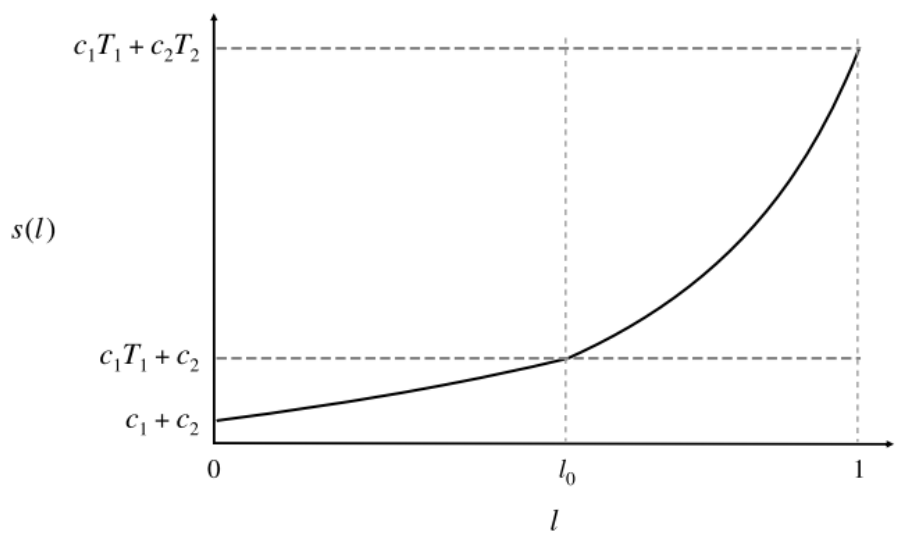
用 l_0 表示这种采购组合下的比例： $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0$ ，也就是第一种元器件100%在当地采购，第二种元器件100%在全球采购。 $l_0 \triangleq c_1 T_1 / (c_1 T_1 + c_2)$

引理1： 如果 $l < l_0$ ，那么通过**向当地供应商采购一定量的第一种元器件**，就可以满足政策要求；如果 $l > l_0$ ，那么就需要**向当地供应商采购全部的第一种元器件，以及一定量的第二种元器件**，来满足政策要求。

换句话说，为了满足政策要求，企业必须向当地供应商采购，**先从低技术差距的元器件开始**，如果采购了全部低技术差距的元器件依然不够满足 l ，再向当地采购高技术差距的元器件。
先向当地供应商采购哪种元器件，不是由单价 c 决定，而是由技术差距 T 决定。

定理1： OEM企业的**最优采购成本随政策变化**如右图， l 是政策要求， $s(l)$ 是满足政策要求的最低产品成本/每单位。

Figure 2. The OEM’s Optimal Total Unit Sourcing Cost, $s(l)$, Increases in the LCR Level l



政府的目标是最大化由该产品供应链产生的社会福利 W , 它包含以下项:

$$\left. \begin{aligned} &= \text{Foreign OEM's Corporate Tax} \\ &+ \text{Local Suppliers' Revenue} \\ &\quad (\text{or Foreign OEM's Local Sourcing Cost}) \\ &+ \text{Consumer Surplus} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (4)$$

①国外OEM缴纳的企业税=税率*每单位利润*销量。 $\gamma[p^* - s(l)] \cdot q^*$

②当地供应商的收入=国外OEM的当地采购成本=政策要求比例*每单位成本*销量 $l \cdot s(l) \cdot q^*$

③消费者剩余=消费者愿意支付的最高价格与市场价格之间的差距=需求曲线与最优价格线之间的面积。 $\frac{1}{2}(A - p^*) \cdot q^*$

所以, 社会福利表达为, 并不是随着 l 单调增或减的函数:

$$W(l) \triangleq \gamma[p^* - s(l)] \cdot q^* + l \cdot s(l) \cdot q^* + \frac{1}{2}(A - p^*) \cdot q^*. \quad (5)$$

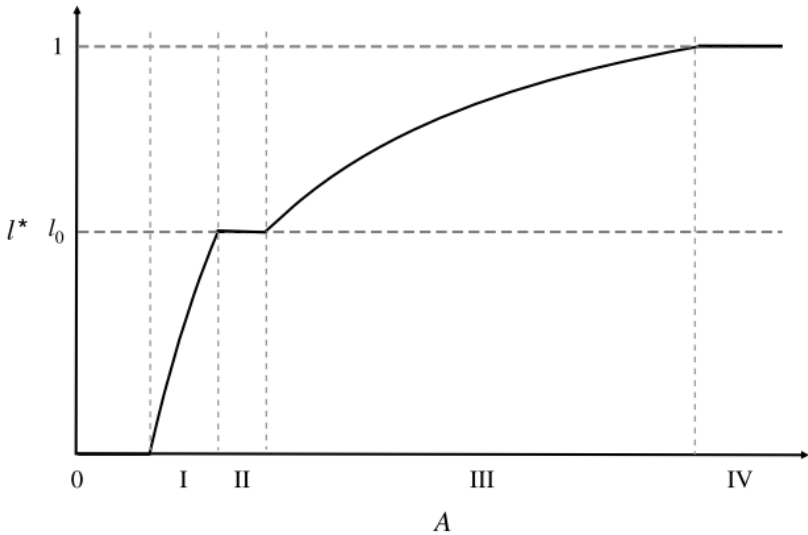
如果 l 太高, 那么单价变高, 市场需求降低, 税额、消费者剩余会降低; 如果 l 太低, 当地供应商收入会降低。

求解社会福利最大化。横坐标是市场规模，纵坐标是最优 l 。
整体是**弱递增**的，共有五种情况。

Table 5. The Government’s Optimal Product-Level LCR

Cases	Intervals (increasing in A)	l^* (as a function of A)	$\alpha_1(l^*)$	$\alpha_2(l^*)$
0.	$A \leq c_1 + c_2$	0	0	0
I.	$A \in (c_1 + c_2, F_{K,T_1} \cdot c_1 T_1 + c_2)$	$G_{A,K,T_1} < l_0$	$\in (0, 1)$	0
II.	$A \in [F_{K,T_1} \cdot c_1 T_1 + c_2, F_{K,T_2} \cdot c_1 T_1 + c_2]$	$c_1 T_1 / (c_1 T_1 + c_2) = l_0$	1	0
III.	$A \in (F_{K,T_2} \cdot c_1 T_1 + c_2, F_{K,T_2} \cdot (c_1 T_1 + c_2 T_2))$	$G_{A,K,T_2} > l_0$	1	$\in (0, 1)$
IV.	$A \geq F_{K,T_2} \cdot (c_1 T_1 + c_2 T_2)$	1	1	1

Figure 3. Structure of the Optimal LCR Level as a Function of A



Case 0：市场规模太小，需求不足，外国企业不会进入，无生产，社会福利为0。
Case II：已经从当地采购全部的低技术差距元器件，这时候如果政府要再提升LCR，就需要扩大市场规模。
推论1：市场规模递增时，政府的最优政策水平 l^* 递增，随之，OEM企业采购成本 $s(l^*)$ 递增。
推论2：在政府的最优政策水平 l^* 下，最佳社会福利 $W(l^*)$ 随市场规模 A 递增。

在产品层LCR政策下，企业有自由进行最佳的采购组合。

现在讨论元器件层LCR，也就是针对两种元器件分别设定最低采购比例 l_1 和 l_2 。

这时，**企业依然希望最小化成本，政府希望最大化社会福利。**

求解得到最大化社会福利的最佳采购比例 (a_1, a_2) ，会得到**和之前相同的结论**：政府倾向在第一种元器件已经全部在当地采购后，才开始要求第二种元器件也在当地采购。

所以，**两种策略能实现的最高福利是相等的**。换句话说，如果政府只规定产品层LCR，那企业自由选择的最佳采购组合 (a_1, a_2) ，也就是政府规定元器件层LCR的最优选择。任意一种产品层LCR实现的社会福利，都有一种对应的元器件层LCR也可以实现。

2 研究内容 | 垄断市场

6. 元器件层LCR

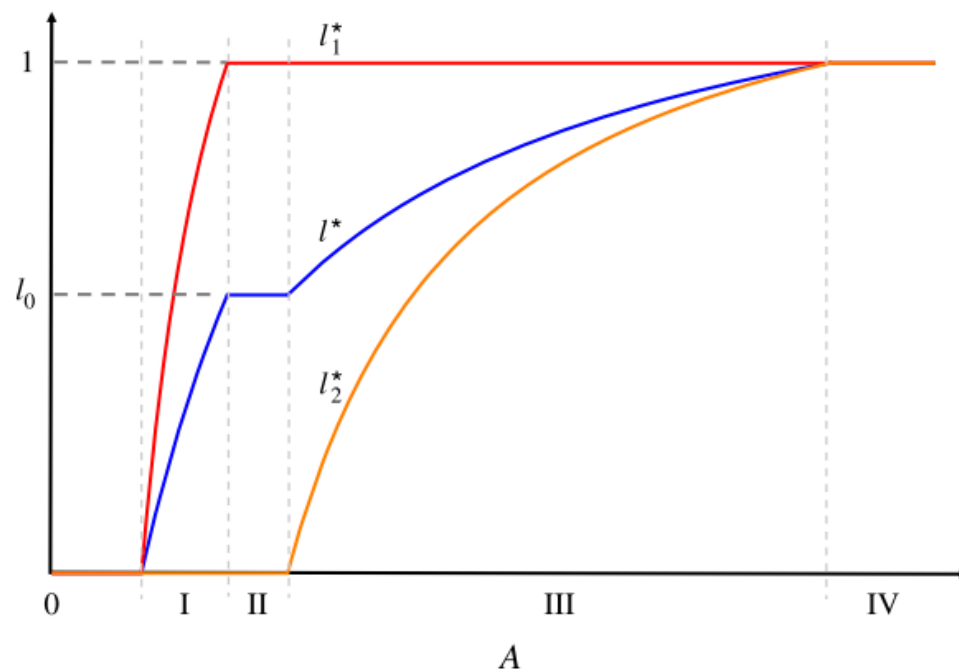
在相同市场规模下，两种策略的最优值对比。

蓝色：产品层LCR的最优比例

红色：元器件层LCR的，第一种元器件最优比例

黄色：元器件层LCR的，第二种元器件最优比例

Figure 4. (Color online) Comparison of the Optimal Product-Level LCR l^* and Component-Level LCR (l_1^*, l_2^*)

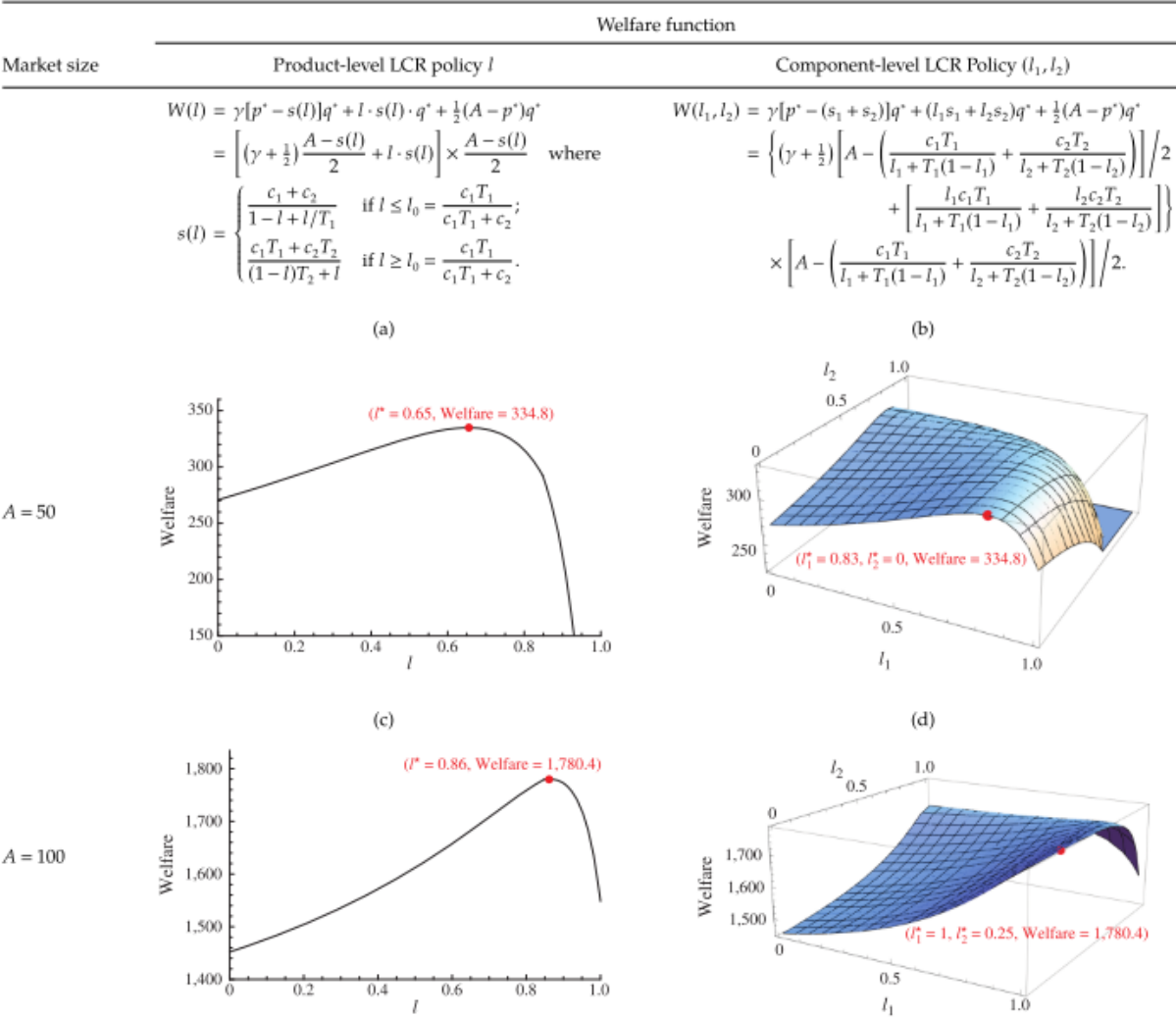


两个实例（市场规模=50和100），说明两种策略能实现的最高社会福利是相同的。

产品层LCR：横坐标 l ，纵坐标社会福利

元器件层LCR：三维坐标。 l_1, l_2 ，社会福利

Table 10. (Color online) Numerical Illustration of the Welfare Equivalence Property



Note. $c_1 = 7, T_1 = 4, c_2 = 5, T_2 = 6$, and $\gamma = 25\%$ are used. In addition, $A = 50$ for (a) and (b), while $A = 100$ for (c) and (d).

2 研究内容 | 垄断市场

为了进一步说明两种策略的一致性，进一步假设**政府可以自由决定企业的采购总价 s** 以最大化社会福利，会发现，政府也会希望采购总价 s 越低越好，和企业的目标是一致的。

尽管企业以最小化成本为目标，政府以最大化社会福利为目标，看起来矛盾，但两者其实有共同的降低成本的动机。

引入元器件层LCR，试图为企业“选择”采购决定，并不会比产品层LCR带来更大的社会福利。

第一项管理启示

2 研究内容 | 寡头市场

以上我们讨论了只有一家外国OEM企业垄断市场的情形，企业可以获得利润，可能吸引更多企业进入。

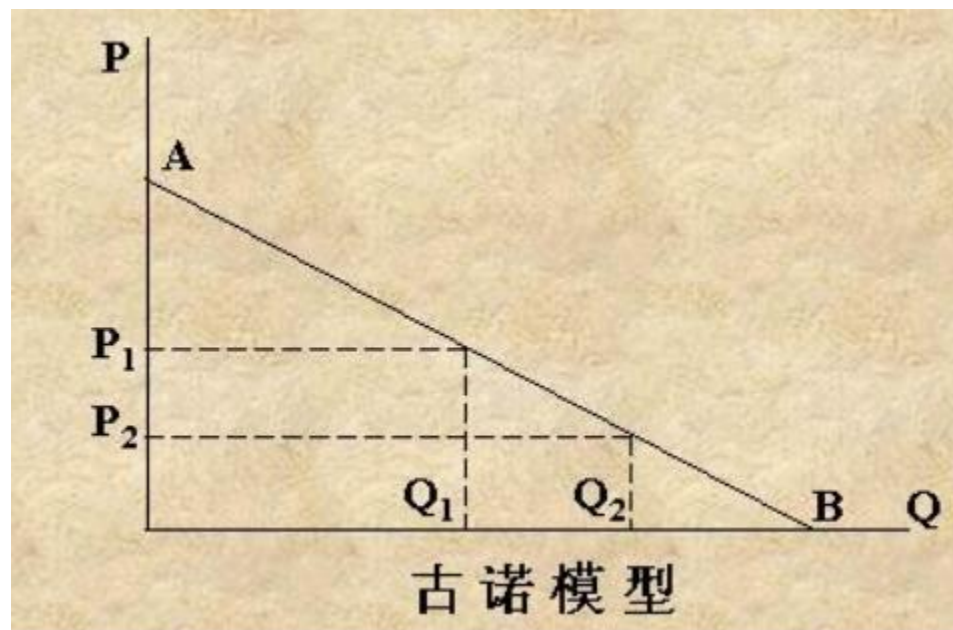
接下来讨论：

①有多家外国OEM企业进入市场

②有当地OEM企业进入市场

古诺模型 (Cournot Model) 又称古诺双寡头模型

- 假定一种产品市场只有两个生产者，两者的产品完全相同；**需求曲线为线性**，且双方对需求状况了如指掌；每一方都根据对方的行动来做出自己的决策，并都通过调整产量来实现最大利润。
- 古诺模型的结论可以很容易地推广到三个或三个以上的寡头企业的情况中去。当市场容量为1，有 **n 个企业**，竞争至均衡状态，每个企业都会选择生产 $1/(n+1)$ 数量的产品。



2 研究内容 | 寡头市场

多家外国企业

之前讨论的垄断模型可以看成是寡头模型 $n=1$ 的特殊情况。

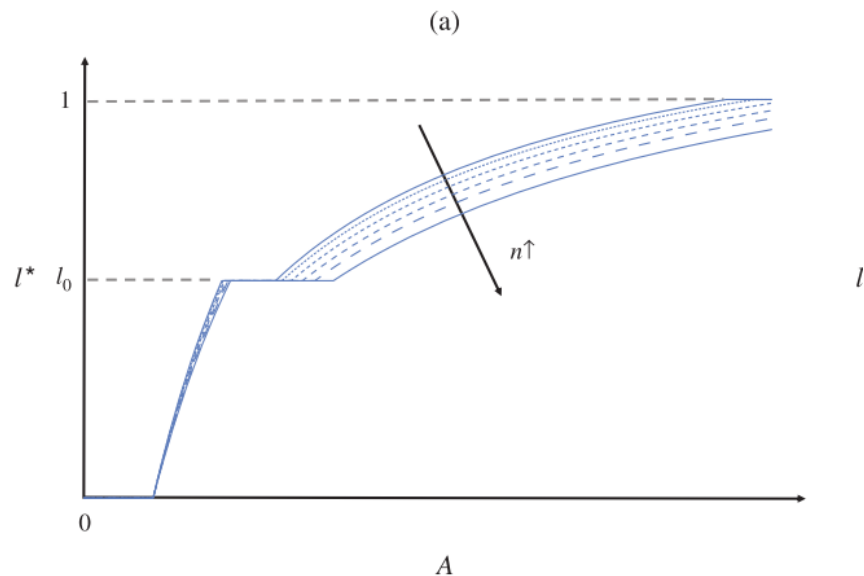
根据古诺模型的结论，进一步推出竞争均衡时每个企业的生产数量、价格和利润。社会福利函数写为：

$$W(l) = \gamma \cdot \sum_{j=1}^n \pi_j^* + l \cdot s(l) \cdot \sum_{j=1}^n q_j^* + \frac{1}{2}(A - p^*) \sum_{j=1}^n q_j^*. \quad (11)$$

求最优产品层LCR，并且发现它和垄断模型的结论结构一致。此时的最优LCR有以下特点。

命题5

- (1) 企业数量 n 给定时，最优产品LCR值随市场规模 A 单调递增。
- (2) 市场规模 A 给定时，最优产品LCR值随 n 单调递减。
- (3) 随着 n 趋近无穷大，最优产品LCR值向一个非零下界收敛。
- (4) 产品层LCR和元器件层LCR能达到的最大社会福利是相同的。



命题5

(1) 企业数量 n 给定时，最优产品LCR值随市场规模 A 单调递增。

第二项管理启示

解读：最优LCR的结构并没有受到竞争的影响。不论竞争企业数量是多少，**当国内市场规模增加时，政府都应当提高LCR值。**

(2) 市场规模 A 给定时，最优产品LCR值随 n 单调递减。

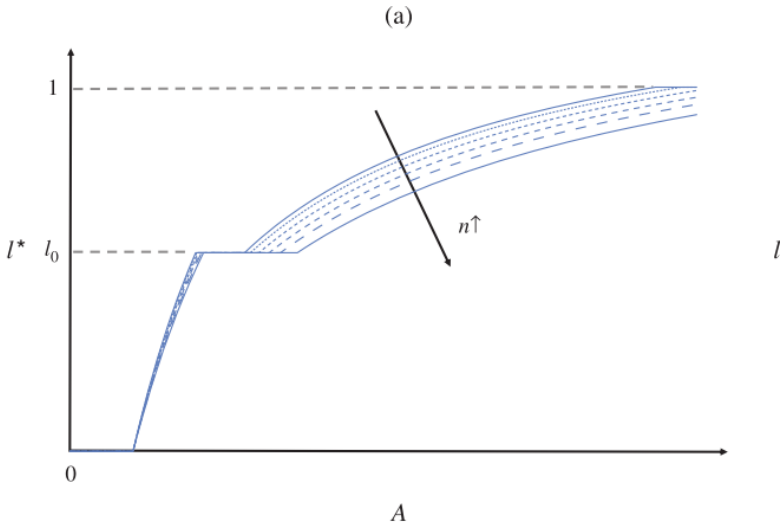
第三项管理启示

解读：**当国外竞争者数量增加，政府应当调低LCR值。**这一结论有些反直觉，因为 n 增加时，市场总销量增加，如果调高LCR值会增加当地供应商收入。但是社会福利=当地供应商收入+国外供应商缴税+消费者剩余，后两项在调低LCR值时会增加。所以政府是在两者之间做权衡。

(3) $A > c_1 + c_2$ 时，随着 n 趋近无穷大，最优产品LCR值向一个非零下界收敛。解读：即使市场已经高度竞争，制定LCR规则还是可以提升福利。

(4) 产品层LCR和元器件层LCR能达到的最大社会福利是相同的。

解读：后续研究只关注产品层LCR。



2 研究内容 | 寡头市场

多家外国企业（有进入成本）

以上是直接考虑是市场中有 n 家企业的情况，现在考虑新的国外企业加入，假设进入国内市场都有一笔**固定进入成本**，那么在预期利润低于进入成本时，国外企业就不再加入，市场中竞争的企业数量会达到均衡值。

命题6（考虑进入成本）

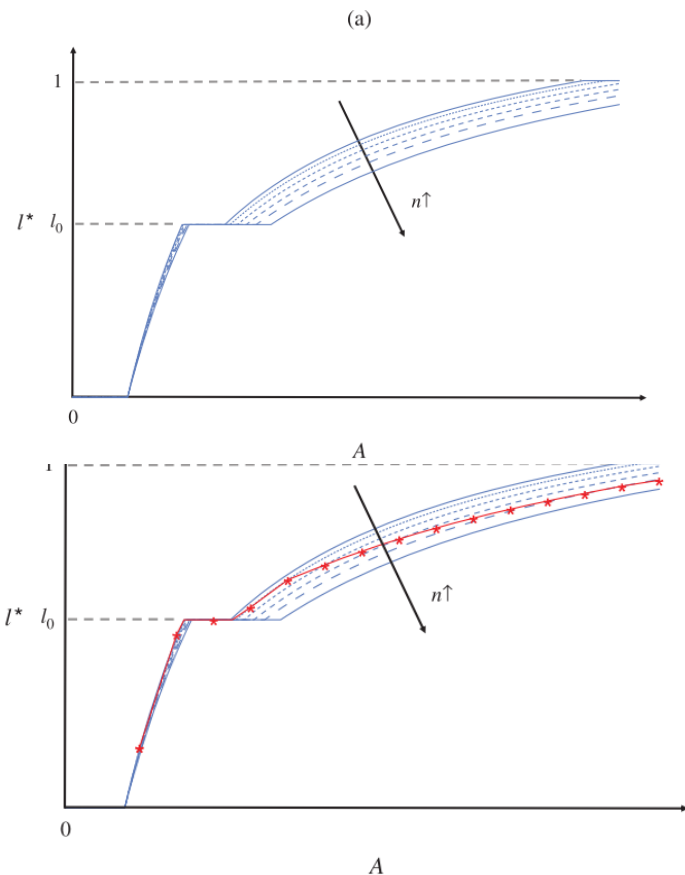
- (1) 市场规模 A 固定时，随着企业数量 n 增加，每家企业的利润趋近于0。
- (2) 市场中竞争的企业数量均衡值，随市场规模 A 递增。

解读：这里会发现市场规模对 l^* 的两个相反影响

- 市场规模增大时，如果 n 固定， l^* 会增加（命题5结论）
- 市场规模增大时，会吸引更多企业进入，导致 l^* 下降（命题5、命题6结论）

通过数值案例，会发现前者的影响更大，也就是**市场规模增大时，政府仍然应该提高 l^*** ，即使在考虑了新企业进入的影响之后。

进一步论证第二项管理启示



2 研究内容 | 寡头市场

有当地企业进入市场

考虑有当地企业进入市场时的竞争。 n 家国外企业， m 家当地企业。

假设：当地企业只向当地供应商采购，不考虑国外供应商。

此时**社会福利函数**= n 家国外企业缴税+ m 家当地企业缴税+ **m 家当地企业的税后利润**+当地供应商收入+消费者剩余

此时求社会福利函数最大化，难以获得结构性的结论，所以采用数值分析。 $n=1,3,10$; $m=0,1,3$ 。

(1) m 固定时， l^* 随 n 递减。

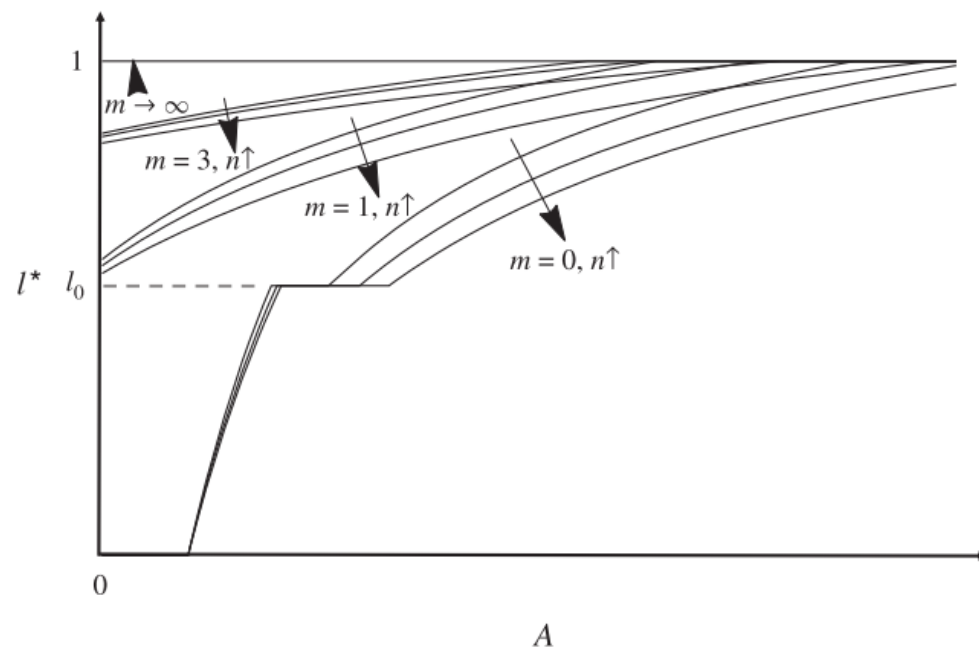
(2) n 固定时， l^* 随 m 递增。

(3) n 和 m 固定时， l^* 随市场规模 A 递增。

解读：越多外国企业竞争， l^* 应当下降（之前的结论），但**越多国内企业竞争， l^* 应当上升**。也就是当有国内企业参与竞争时，政府更希望进行国内采购，因为它不仅增加本地供应商收入，也提高了国外企业成本，使当地企业成本更有竞争力。

第四项管理启示

Figure 6. The Optimal LCR Policy with $n \in \{1, 3, 10\}$ Foreign OEMs and $m \in \{0, 1, 3\}$ Local OEMs



3 问题解决效果

本文探讨3个问题：

- (1) 对于多元器件产品，政府应该如何优化LCR政策？
- (2) 政府应该制定产品层LCR还是元器件层LCR？
- (3) 市场大小、竞争程度、公司税率、技术差距，这些会如何影响LCR政策？

根据上述分析，获得以下管理启示：

- (1) 从社会福利的角度出发，在元器件层引入LCR可能是不必要的。但是，如果政府用器件层LCR代替了产品层LCR，政府应该提升低技术差距元器件的LCR，降低高技术差距元器件的LCR。
- (2) 当市场规模增加时，政府应该考虑提升LCR。
- (3) 当有更多的外国OEM在发展中国家运营时，政府应当考虑降低LCR。
- (4) 当有本地OEM出现时，政府应当考虑提升LCR。

4 启示

研究不足之处：

(1) 模型没有明确包含供应商之间的竞争，只是用采购价格区分了当地供应商和国际供应商。可以考虑的更详细做法是

- 生产相同元器件的供应商之间存在直接竞争，生产互补元器件的供应商之间存在间接竞争。
- 考虑供应商之间的质量差异，当地供应商可能生产低价但低质量的产品，OEM企业需要在质量和价格之间权衡。
- 本文假设了当地供应能力充足。如果不足，政府不得不放松LCR政策要求。

(2) 可以考虑不同的外国企业进入方式。本文只考虑了外国直接投资，还有出口、合资公司等。

(3) 可以关注LCR和其他政策之间的相互影响。如政府可以提供津贴鼓励当地供应商减少技术差距，或鼓励外国供应商向国内转移技术能力。政策往往组合使用，如税收减免、低息贷款。政府如何基于产业和产品特点优化政策，达到最佳社会福利。

(4) 需求函数是否有其他表达方式