

政治经济学第十一讲

社会资本的再生产与“实现”问题

陈伟凯

2020 年 11 月 24 日

中国人民大学经济学院

“实现”问题

再生产图式的设定

简单再生产

扩大再生产

“实现”问题

纽交所石油期货首次跌成负数，美媒：但零售油价格不会相呼应

2020-04-21 13:57 环球时报

标签: [石油](#) [油价](#) [石油期货](#)

综合福克斯财经新闻和美国有线电视新闻网（CNN）报道，随着新冠病毒疫情削弱了美国各地的石油需求，截至2020年4月20日收盘，纽约商品交易所5月交货的轻质原油期货价格下跌55.90美元，收于每桶-37.63美元，跌幅为305.97%。

报道指出，这是石油期货从1983年在纽约商品交易所开始交易后首次跌入负数交易。这无疑石油市场有史以来最糟糕的一天。

纽交所石油期货首次跌成负数，美媒：但零售油价格不会相呼应

2020-04-21 13:57 环球时报

标签: [石油](#) [油价](#) [石油期货](#)

综合福克斯财经新闻和美国有线电视新闻网（CNN）报道，随着新冠病毒疫情削弱了美国各地的石油需求，截至2020年4月20日收盘，纽约商品交易所5月交货的轻质原油期货价格下跌55.90美元，收于每桶-37.63美元，跌幅为305.97%。

报道指出，这是石油期货从1983年在纽约商品交易所开始交易后首次跌入负数交易。这无疑石油市场有史以来最糟糕的一天。

美库欣储油空间再近极限！4月负油价惨案会重演吗？

2020年11月20日 15:39:58

来源：财联社

0人参与 0评论







A dairy farmer in Pennsylvania watches 5,500 gallons of milk swirl down the drain.

Why dairy farmers across America are dumping their milk



By Danielle Wiener-Bronner, CNN Business

Updated 6:31 AM ET, Wed April 15, 2020

New York (CNN Business) — A few weeks ago, Jim and Katie DiGangi started dumping up to 20,000 gallons of milk a day.

The couple runs Darlington Ridge Farms in Wisconsin. They've never had to dump milk before, and the practice has been "completely devastating," said Katie. "It's very challenging for our family."

Dumping milk is pretty much what it sounds like: Disposing of milk before it is delivered to processors and turned into dairy products. Recently, farmers like the DiGangis have had to resort to milk dumping because of a precipitous drop in demand from schools, restaurants and other food service providers, which have been mandated to close their doors to stop the spread of the coronavirus pandemic.

The sudden shift in demand means that dairy farms across the country have an excess of milk. Between 2.7 million and 3.7 million gallons of US milk could be dumped per day as a result of the crisis, the Dairy Farmers of America, a major dairy co-operative, estimated. But farmers can't just stop milking their cows.

$$G - W \cdots P \cdots W' - G' \quad G - W \cdots P \cdots W' - G'$$

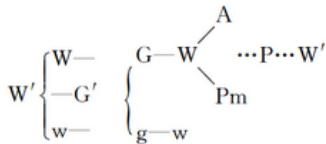
$$G - W \cdots P \cdots W' - G' \quad G - W \cdots P \cdots W' - G'$$

“各个单个资本的循环是相互交错的，是互为前提的、互为条件的，而且正是在这种交错中形成了社会总资本的运动。单个资本的形态变化现在则表现为社会资本形态变化系列的一个环节。

”[1] 第 392 页

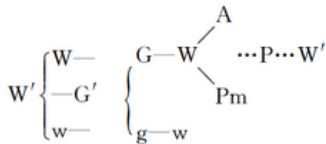
社会总商品资本循环

$$W' - G'G - W \dots P \dots W'$$



社会总商品资本循环

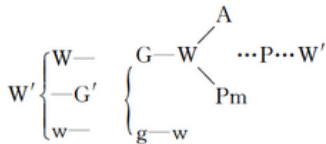
$$W' - G'G - W \dots P \dots W'$$



- 价值补偿与实物补偿

社会总商品资本循环

$$W' - G'G - W \dots P \dots W'$$



- 价值补偿与实物补偿
- 社会总商品的实现问题

再生产图式的设定

马克思. 资本论 (第二卷). chinese. 资本论 ISBN: 9787010041162. 2004, 第三篇

HARRIS D J. On Marx's Scheme of Reproduction and Accumulation. In: *Journal of Political Economy* 80.3 (1972): pp. 505-522

SARDONI C. The Marxian Schemes of Reproduction and the Theory of Effective Demand. In: *Cambridge Journal of Economics* 33.1 (2008): pp. 161-173. DOI: 10.1093/cje/ben031

1. 总产品的划分

1. 总产品的划分

- 价值形态: $c + v + m$ 三部分

1. 总产品的划分

- 价值形态： $c + v + m$ 三部分
- 实物形态：生产资料 and 消费资料 **两部类**

1. 总产品的划分

- 价值形态： $c + v + m$ 三部分
- 实物形态：生产资料 and 消费资料两部类

2. 资本主义生产方式和两阶级（剩余价值率）

1. 总产品的划分

- 价值形态： $c + v + m$ 三部分
- 实物形态：生产资料 and 消费资料两部类

2. 资本主义生产方式和两阶级（剩余价值率）

3. 商品按价值交换

1. 总产品的划分

- 价值形态： $c + v + m$ 三部分
- 实物形态：生产资料 and 消费资料 **两部类**

2. 资本主义生产方式和两阶级（剩余价值率）

3. 商品按价值交换

4. 周转周期相同（固定资本）

1. 总产品的划分
 - 价值形态: $c + v + m$ 三部分
 - 实物形态: 生产资料 and 消费资料两部类
2. 资本主义生产方式和两阶级 (剩余价值率)
3. 商品按价值交换
4. 周转周期相同 (固定资本)
5. 没有对外贸易

简单再生产

简单再生产：示例

简单再生产

第Ⅰ部类： $4000c + 1000v + 1000m$

第Ⅱ部类： $2000c + 500v + 500m$

简单再生产：示例

简单再生产

第Ⅰ部类： $4000c + 1000v + 1000m$

第Ⅱ部类： $2000c + 500v + 500m$

简单再生产：示例

简单再生产

第Ⅰ部类： $4000c + 1000v + 1000m$

第Ⅱ部类： $2000c + 500v + 500m$

简单再生产：示例

简单再生产

第Ⅰ部类： $4000c + 1000v + 1000m$

第Ⅱ部类： $2000c + 500v + 500m$

简单再生产：示例

简单再生产

第Ⅰ部类： $4000c + 1000v + 1000m$

第Ⅱ部类： $2000c + 500v + 500m$

社会产品实现条件：

$$I(v + m) = IIc$$

或

$$v_1 + m_1 = c_2$$

简单再生产：示例

简单再生产

第Ⅰ部类： $4000c + 1000v + 1000m$

第Ⅱ部类： $2000c + 500v + 500m$

社会产品实现条件：

$$I(v + m) = IIc$$

或

$$v_1 + m_1 = c_2$$

社会总资本内部具有一定的比例关系，或劳动力在两大部类间的分配要符合一定的比例

- 两部类三部分：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

- 两部类三部分：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

- 资本有机构成：

$$k_i = \frac{c_i}{v_i}$$

- 两部类三部分：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

- 资本有机构成：

$$k_i = \frac{c_i}{v_i}$$

- 剩余价值率

$$e_i = \frac{m_i}{v_i}$$

- 生产资料

$$c_1 + c_2 = c_1 + v_1 + m_1$$

简单再生产：平衡条件

- 生产资料

$$c_1 + c_2 = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 + v_2 + m_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

简单再生产：平衡条件

- 生产资料

$$c_1 + c_2 = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 + v_2 + m_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

- 平衡条件

$$c_2 = v_1 + m_1$$

简单再生产：平衡条件

- 生产资料

$$c_1 + c_2 = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 + v_2 + m_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

- 平衡条件

$$c_2 = v_1 + m_1$$

按比例分配劳动

简单再生产的平衡条件等价于

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k_2}{1 + e_1} \quad (1)$$

若社会总可变资本为 5000，剩余价值率 $e_1 = e_2 = 2$ ，两部类的资本有机构成分别为 $k_1 = 5, k_2 = 2$ ，请写出处于简单再生产平衡状态下两部类的资本组成。

若社会总可变资本为 5000，剩余价值率 $e_1 = e_2 = 2$ ，两部类的资本有机构成分别为 $k_1 = 5, k_2 = 2$ ，请写出处于简单再生产平衡状态下两部类的资本组成。

解.

易知 $v_1/v_2 = 2/3$ ，故 $v_1 = 2000, v_2 = 3000$ ，由 k_1, k_2 可得

$$I: 10000c + 2000v + 4000m$$

$$II: 6000c + 3000v + 6000m$$



扩大再生产

扩大再生产：示例

1. 第一年：

$$I: 4000c + 1000v + 1000m$$

$$II: 1500c + 750v + 750m$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累，推导以后各年的资本组成。

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m$$

$$II: 1600c + 800v + 800m$$

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m$$

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

3. 第三年:

$$I: 4840c + 1210v + 1210m$$

$$II: 1760c + 880v + 880m$$

年增长 10%,

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

3. 第三年:

$$I: 4840c + 1210v + 1210m = 4840c + 484\Delta c + 1210v + 121\Delta v + 605$$

$$II: 1760c + 880v + 880m$$

年增长 10% ,

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

3. 第三年:

$$I: 4840c + 1210v + 1210m = 4840c + 484\Delta c + 1210v + 121\Delta v + 605$$

$$II: 1760c + 880v + 880m = 1760c + 176\Delta c + 880v + 88\Delta v + 616$$

年增长 10% ,

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

3. 第三年:

$$I: 4840c + 1210v + 1210m = 4840c + 484\Delta c + 1210v + 121\Delta v + 605$$

$$II: 1760c + 880v + 880m = 1760c + 176\Delta c + 880v + 88\Delta v + 616$$

年增长 10% , 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

1. 第一年:

$$I: 4000c + 1000v + 1000m = 4000c + 400\Delta c + 1000v + 100\Delta v + 500$$

$$II: 1500c + 750v + 750m = 1500c + 100\Delta c + (750v + 50\Delta v) + 600$$

若第一部类资本家将 $\alpha_1 = 50\%$ 的剩余用于积累, 推导以后各年的资本组成。 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 20\%$ 的剩余用于积累

2. 第二年:

$$I: 4400c + 1100v + 1100m = 4400c + 440\Delta c + 1100v + 110\Delta v + 550$$

$$II: 1600c + 800v + 800m = 1600c + 160\Delta c + 800v + 80\Delta v + 560$$

第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

3. 第三年:

$$I: 4840c + 1210v + 1210m = 4840c + 484\Delta c + 1210v + 121\Delta v + 605$$

$$II: 1760c + 880v + 880m = 1760c + 176\Delta c + 880v + 88\Delta v + 616$$

年增长 10% , 第二部类资本家将 $\alpha_2 = 30\%$ 的剩余用于积累

4. 第四年:

$$I: 5324c + 1331v + 1331m$$

$$II: 1936c + 968v + 968m$$

年增长 10%

扩大再生产：模型

第一年：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

第二年：

$$I: (c_1 + \Delta c_1) + (v_1 + \Delta v_1) + m'_1$$

$$II: (c_2 + \Delta c_2) + (v_2 + \Delta v_2) + m'_2$$

平衡条件：

扩大再生产：模型

第一年：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

第二年：

$$I: (c_1 + \Delta c_1) + (v_1 + \Delta v_1) + m'_1$$

$$II: (c_2 + \Delta c_2) + (v_2 + \Delta v_2) + m'_2$$

平衡条件：

- 生产资料：

$$(c_1 + \Delta c_1) + (c_2 + \Delta c_2) = c_1 + v_1 + m_1$$

扩大再生产：模型

第一年：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

第二年：

$$I: (c_1 + \Delta c_1) + (v_1 + \Delta v_1) + m'_1$$

$$II: (c_2 + \Delta c_2) + (v_2 + \Delta v_2) + m'_2$$

平衡条件：

- 生产资料：

$$(c_1 + \Delta c_1) + (c_2 + \Delta c_2) = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 - \Delta c_1 + v_2 + m_2 - \Delta c_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

扩大再生产：模型

第一年：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

第二年：

$$I: (c_1 + \Delta c_1) + (v_1 + \Delta v_1) + m'_1$$

$$II: (c_2 + \Delta c_2) + (v_2 + \Delta v_2) + m'_2$$

平衡条件：

- 生产资料：

$$(c_1 + \Delta c_1) + (c_2 + \Delta c_2) = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 - \Delta c_1 + v_2 + m_2 - \Delta c_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

扩大再生产：模型

第一年：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

第二年：

$$I: (c_1 + \Delta c_1) + (v_1 + \Delta v_1) + m'_1$$

$$II: (c_2 + \Delta c_2) + (v_2 + \Delta v_2) + m'_2$$

平衡条件：

- 生产资料：

$$(c_1 + \Delta c_1) + (c_2 + \Delta c_2) = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 - \Delta c_1 + v_2 + m_2 - \Delta c_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

扩大再生产：模型

第一年：

$$I: c_1 + v_1 + m_1$$

$$II: c_2 + v_2 + m_2$$

第二年：

$$I: (c_1 + \Delta c_1) + (v_1 + \Delta v_1) + m'_1$$

$$II: (c_2 + \Delta c_2) + (v_2 + \Delta v_2) + m'_2$$

平衡条件：

- 生产资料：

$$(c_1 + \Delta c_1) + (c_2 + \Delta c_2) = c_1 + v_1 + m_1$$

- 生活资料

$$v_1 + m_1 - \Delta c_1 + v_2 + m_2 - \Delta c_2 = c_2 + v_2 + m_2$$

$$v_1 + m_1 = c_2 + \Delta c_1 + \Delta c_2 \text{ 或 } v_1 + m_1 - \Delta c_1 = c_2 + \Delta c_2$$

设增长率为

$$\frac{\Delta c_i}{c_i} = g_i = \frac{\Delta v_i}{v_i}, i = 1, 2$$

则条件 $v_1 + m_1 = c_2 + \Delta c_1 + \Delta c_2$ 等价于

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{(1 + g_2)k_2}{1 + e_1 - g_1 k_1} \quad (2)$$

平衡增长路径下，两部类的增长率相等， $g_1 = g_2 = g^*$ ，这对的 α_1 与 α_2 有什么要求吗？

平衡增长路径下，两部类的增长率相等， $g_1 = g_2 = g^*$ ，这对的 α_1 与 α_2 有什么要求吗？

$$g_i = \frac{\Delta c_i + \Delta v_i}{c_i + v_i} = \frac{\alpha_i m_i}{c_i + v_i} = \alpha_i \frac{m_i/v_i}{c_i/v_i + 1} = \alpha_i \frac{e_i}{k_i + 1}$$

若 $e_1 = e = e_2$ ，则有

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{1 + k_1}{1 + k_2} \quad (3)$$

无论是在简单再生产还是扩大再生产条件下，社会生产的两大部类以及各个部门之间，都必须保持一定的比例关系。

平衡是通过不断的经济震荡和周期性的经济危机自发地强制地实现的，伴随着生产力的巨大浪费和破坏。

1. 固定资本

1. 固定资本
2. 扩大再生产模型中还有什么隐含的假定吗？

1. 固定资本
2. 扩大再生产模型中还有什么隐含的假定吗？

部类之间的资本不能流动！

预习第十二讲：利润与剥削

徐禾. 政治经济学概论. chinese. 2017, 第七章

约翰·罗默. 在自由中丧失. chinese. 当代马克思主义
经济学研究译丛 ISBN: 9787505837850. 2003, 第四章

问答

References

- [1] 马克思. 资本论（第二卷）[M]. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局, 译. 人民出版社, 2004.
- [2] HARRIS D J. On Marx's Scheme of Reproduction and Accumulation. In: *Journal of Political Economy* 80.3 (1972): pp. 505-522.
- [3] SARDONI C. The Marxian Schemes of Reproduction and the Theory of Effective Demand. In: *Cambridge Journal of Economics* 33.1 (2008): pp. 161-173. DOI: 10.1093/cje/ben031.
- [4] 徐禾. 政治经济学概论[M]. Fourth. 中国人民大学出版社, 2017.

- [5] 约翰·罗默. 在自由中丧失[M]. 段忠桥, 刘磊, 译. 经济科学出版社, 2003.

简单再生产：按比例分配劳动

证明.

由 $k_2 = c_2/v_2$, $e_1 = m_1/v_1$ 及 $c_2 = v_1 + m_1$ 可得

$$k_2 v_2 = v_1 + e_1 v_1 = (1 + e_1) v_1$$

故

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k_2}{1 + e_1}$$



▶ 返回