

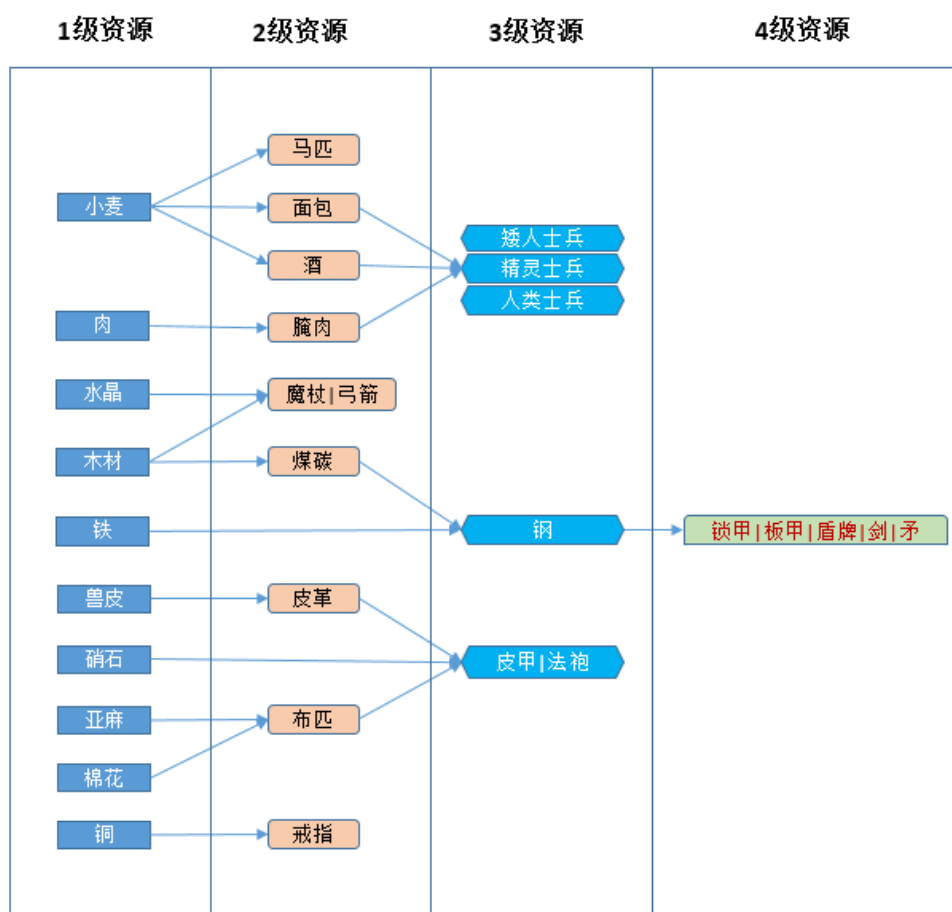
## 一、资源层级

在讨论经济系统内各种资源生产、消耗的过程之前，先给出资源层级的定义（这个定义对后面资源单价的计算部分有重要作用）：

（1）只消耗时间就可以生产的资源为 1 级资源。包括各种矿石、木材、粮棉麻、兽肉皮等。

（2）非 1 级资源的层级 =  $\text{Max}\{\text{生产该资源所需要所有资源的层级}\} + 1$ 。

对当前设计的各种资源进行梳理（有稍微的修改）后可以得到如下的资源生产链图示。



## 二、经济发展指标

在玩家进行游戏的各个阶段，其发展程度的考量指标有很多，但在把左右建筑、资源、人员折算成通用货币（金币）后（统称为资产），则可以用以下三个指标来概括：

- 1、资产存量；
- 2、资产生产速度；
- 3、资产消耗速度。

虽然 2 和 3 可的总体效果为资产的净生产速度，但是这显然不足以衡量玩家发展的动态规模（如  $2-1=1$  和  $2000-1999=1$  的区别）。下面对以上三种指标的处理进行分析描述。

1、资产存量。这里所说的资产，包括且不限于：

- （1）、各种已建造建筑（为方便起见，不考虑正在建造中的建筑）；
- （2）、所有材料产品（矿产、农林作物、副业加工成品、高级材料）；

(3)、所有人员（工人、士兵、英雄）；

(4)、交易市场中的货物订单等。

## 2、资产的生产速度。

(1)、开采获得的资源（只消耗时间获取的资源，包括各种矿石、木材、粮棉麻、肉革）的产出速度；

(2)、加工获得的成品（需要消耗原材料，通过加工生产才能获得的资源，包括农业加工产品、兵工装备、军队人员）的产出速度；

(3)、交易购入物资（可能包括任意以上所述资产）的速度。

## 3、资产的消耗速度。

(1)、生产高级资源过程中所需的低级资源的消耗速度。

(2)、军队的损失速度。

(3)、交易市场中货物的售出速度等。

在健康合理的交易环境下，在交易市场中的产出和消耗是相抵消的，而且这一部分的比例也会随玩家的喜好有很大的不同，因此后面暂时不考虑交易市场部分的产消。

## 三、发展阶段

我们把一个平均玩家的游戏过程人为地分为大致五个阶段，如果从时间跨度上进行衡量，这五个阶段是：

1、0-3 小时。村庄级别。解锁基础建筑的使用和少数几种资源的生产。

2、1-3 天。小镇级别。解锁内容待定。

3、4-10 天。小城市级别。解锁内容待定。

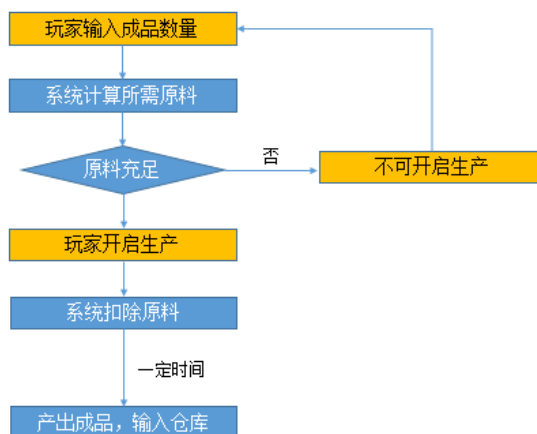
4、11-25 天。大城市级别。解锁内容待定。

5、2 月。国家级别。解锁内容待定。

## 四、生产链模型

不论是哪个过程，都可以看做是一个该阶段所允许使用的建筑齐全的稳定的产消过程，即在每一个阶段中，自始至终，所能生产和消耗的资源都是固定的。并可以知道，每种建筑的产出是单一且固定的，且在阶段中的产消速率基本稳定。

设在某阶段中，能够进行生产的资源有 $n$ 种，分别是 $R_i(i = 1 \dots n)$ ，生产各种资源的建筑的数量为 $N_i$ 。在继续讨论下去之前，先描述一下具有加工生产功能的建筑的生产过程——玩家选择成品数量，并开启生产过程，系统扣除所需原材料，一定时间后产出若干成品。用流程图表示出来就是：



即系统自行进行所需原材料的计算、扣除、转移等操作。如果是这样的话，就不存在运输链的概念，即建筑的摆放不会因材料转运的关系而影响生产效率。而且，生产时间与生产规模呈正比关系。即单个生产建筑生产 1 个单位的资源  $i$  时，所需时间为  $T_i$ 。

设生产单位数量的资源  $i$  所需要的资源资源  $j$  的数量为  $C_{ij} \geq 0$ 。在每一个时刻，各种资源是否处于生产状态中，取决于该种资源所需的其他材料资源数量的最小值，如果这个最小值大于 0，则该种资源就可以进行生产，否则不生产。用  $W_i(t)$  来记录在时刻  $t$  时，资源  $i$  的生产状态，则有：

$$W_i(t) = (\text{Min}\{R_j | C_{ij} > 0\} > 0) ? 1 : 0$$

则有：

$$\frac{dR_i}{dt} = \frac{N_i}{T_i} \cdot W_i - \sum_{k=1}^n \left( \frac{N_k}{T_k} C_{ki} W_k \right), i = 1 \dots n$$

这就是粗略模型下生产链中各资源数量关于时间的函数所应该满足的方程组。为了模拟的方便，可以写成离散形式：

$$R_i(t + \Delta t) = R_i(t) + \Delta t \left[ \frac{N_i}{T_i} \cdot W_i - \sum_{k=1}^n \left( \frac{N_k}{T_k} C_{ki} W_k \right) \right], i = 1 \dots n$$

对于固定的阶段，资源种类集合、 $N_i$ 、 $T_i$ 、 $C_{ij}$  都是已知量（实际上是设计量），当给定阶段初的资源初始量后，就可以根据上面的方程模拟演化出阶段结束时各资源的储量，由此及建筑建造升级花费就可以确定下一阶段的建筑集合（数量、等级等规模数据），然后从上阶段结束时的储量中减去下一阶段新增建筑的资源消耗，则得到下一阶段的资源初始值，进行下一阶段的经营模拟。

因此，为了保证生产的顺利进行，必须：

- （1）、给定一定数量的起步资源；
- （2）、设定生产各种资源时的产品和材料的比例关系，而这可以从前面的模拟结果中得到启发；
- （3）、设定生产 1 单位各种资源所需的时间，这个可以用（2）的结果做参考，倾向于用（2）的原始比例。

## 五、资源定价

如果能够对时间进行定价（实际上这是可以的，不妨令单位时间的价值为  $V^T$ ），通过投入产出恒等规律，则可以得到各种资源的单价  $V_i^R$  所应该满足的线性方程：

$$V_i^R = T_i \cdot V^T + \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot V_j^R, i = 1 \dots n$$

即：

$$(I - C)\overline{V^R} = \overline{T} \cdot V^T$$

其中  $\overline{V^R}$  和  $\overline{T}$  都是列向量。根据前面对资源层级的定义：

- （1）只消耗时间就可以生产的资源为 1 级资源。包括各种矿石、木材、粮棉麻、兽肉皮等。

- （2）非 1 级资源的层级 =  $\text{Max}\{\text{生产该资源所需要所有资源的层级}\} + 1$ 。

每种资源进行生产的时候都不需要等于或高于自己资源层级的资源，在对消耗矩阵  $C$  进行适当的行变换（只要保证同层级相邻）后，可保证  $C$  至少是下三角的，即主对角线及

其以上的元素都为  $\mathbf{0}$ ，从而有：

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \mathbf{C}^k = \mathbf{0}$$

根据矩阵论的相关结论，可知  $\mathbf{I} - \mathbf{C}$  是可逆的，从而：

$$\overrightarrow{V^R} = (\mathbf{I} - \mathbf{C})^{-1} \vec{T} \cdot V^T$$

## 六、其他

模型的设计是粗糙的，其只能定性或粗略定量地模拟资源链运行的情况，同时给出一个关于资源定价的参考。