

# 自然科学促进经济社会发展的历史建模分析

程晓舫, 张 栋, 刘景平

(中国科学技术大学 科学技术哲学部, 安徽 合肥 230026)

**摘 要:** 自然科学在促进经济社会发展的过程中, 充当经济社会发展的先导, 不是从20世纪开始的。选择生活质量、劳动、资源、剩余和社会力5个要素建立经济社会的历史发展模型, 通过模型的演绎和对数千年自然科学和经济社会发展史的考察和推导发现, 在整个经济社会发展的历史进程中, 自然科学的作用始终是先导性的。

**关键词:** 自然科学; 经济社会; 历史建模; 资源

**中图分类号:** G301

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-7348(2010)07-00148-05

## 0 引言

自然科学与经济社会的互动关系, 一直是科学哲学和经济学共同关注的话题。

自然科学是指“研究自然界的物质形态、结构、性质和运动规律的科学。”<sup>[1]</sup>近代以来, 尤其是20世纪中叶

以来, “自然科学的发展对社会经济产生着越来越大的影响。……科学的发展及其在技术上的应用从根本上改变了社会生产的面貌, 促使现代生产的全部物质技术基础发生了深刻的变化。”<sup>[2]</sup>“……特别是近30年的实践证明, 现代科学技术已经走在社会生产的前面, 开辟了生产力发展的新领域, 引导着生产力的发展方向。这充分说明了科

思维科学、决策论、领导科学、管理科学、逻辑学、运筹学、博弈论等学科或理论的既有研究成果。

助发现的创新方法的综合研究方向提出了一个重要的方法论原则, 即将创新方法视为一种横断现象来研究。这也是助发现方法论的远期理想: 把创新方法论构建成类似于系统论、信息论的横断科学。显然, 创新方法综合研究的难点在于: 如何有机地整合这些资源。它涉及的学科的普遍性程度不同、研究对象不同、层次不同, 如何整合? 从最宏观的意义上看, 创新是人类活动在各个层面、各个领域、各个时期均存在的普遍现象。作为横断现象的创新活动, 存在某种程度或某种视角下共通的东西。对这种共通的东西的研究, 会推动横断科学的建构。把创新方法作为横断现象来研究, 创新方法综合研究将不是百科全书式的复合。换言之, 助发现的创新方法论从经验归纳出发, 并始终关注创新方法研究可能的普遍化。

当然, 横断科学理想的实现需要一个长期的过程和天才的哲学反思, 其中最核心的就是提炼出适用于普遍创新现象的基本概念。从内容上看, 助发现的创新方法论包括了科学方法、思维方法、心理学方法、制度方法、

文化方法和卓越人物的智慧等诸多异质性的要素, 从中提炼出普适性的专有概念非常困难。基于这种提炼的理论建构必须是实用主义的, 能在实际的创新活动中给予具有可操作性的指导——这是创新方法论能够存在的根本。

## 参考文献:

- [1] [美] 贝纳德·巴伯. 在科学社会学发展中的某些模式和过程[M]. \\\超越科学大战——科学与社会关系中迷失了的话语. 北京: 中国人民大学出版社, 2006: 79.
- [2] [英] 波普尔. 科学发现的逻辑[M]. 沈阳: 沈阳出版社, 1999: 7-8.
- [3] 刘大椿. “自然辩证法”研究述评[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2006: 271-274.
- [4] [美] 苏珊·哈克. 理性地捍卫科学: 在科学主义与犬儒主义之间[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 85-86.
- [5] [法] 利奥塔尔. 后现代状态: 关于知识的报告[M]. 北京: 三联书店, 1997: 110.

(责任编辑: 万贤贤)

收稿日期: 2009-05-18

基金项目: 合肥市科技局软科学研究项目(2007-1001)

作者简介: 程晓舫(1957-), 男, 江苏张家港人, 中国科学技术大学科学技术哲学部教授, 研究方向为科学技术与社会; 张栋(1984-), 男, 安徽颍上人, 中国科学技术大学科学技术哲学部博士研究生, 研究方向为科学技术与社会; 刘景平(1964-), 女, 吉林舒兰人, 中国科学技术大学博士研究生, 研究方向为科学技术与社会。

学技术对生产力的发展起着先导作用”<sup>[3]</sup>。

人类已经经历过原始经济、农业经济和工业经济等几种经济形态, 真正能够称为经济社会的则只有农业经济社会和工业经济社会。与原始社会相比, 在这两种经济社会中, 人类的生活质量不仅开始有了稳定的改善, 而且使生活质量得到改善的经济活动所依托的资源类型是单一的。如果把自然资源划分为再生和非再生两种类型, 则农业经济社会依托的是自然资源中的再生资源, 工业经济社会依托的是自然资源中的非再生资源。由此我们可以给出经济社会的定义: 所谓经济社会, 是指在依托某类资源下所开展的经济活动, 能够使人类的生活质量得到稳定的改善。依此定义考察原始经济, 则不具备定义所规定的特征——原始经济时代人类的经济活动有两种资源(再生与非再生)可以利用, 但生活质量却得不到稳定的改善。

近30年来, 人们普遍关注自然科学在促进经济社会发展中所起的先导作用, 它是否一直贯穿于经济社会发展的始终? 农业经济和工业经济所依靠的自然科学知识是否在这种经济形态确立之前就已经具备? 这些问题是本文关注的重点。

## 1 发展模型及对有关理论问题的阐释

### 1.1 经济生活模型的建立

人类社会的发展离不开对资源的开发和利用。原始社会时期, 人类的劳动仅能满足最低的生活需求, 如果我们把人类的生活质量设定为 $k$ 、资源为 $A$ 、人类的劳动计量为 $t$ , 则 $kt = At$ , 我们把这种经济生活模型称为生存模型。随着人类开发利用资源能力的提高, 在满足最低生活需求之外, 人们获得了剩余, 用 $B$ 表示。此时, 我们可以建立经济生活的剩余模型为:

$$kt = At + B \quad (1)$$

将经济活动定义为通过劳动使生活质量得到改善, 用数学语言来表述就是 $\frac{\partial k}{\partial t}$ , 它的意义阐释是: 付出劳动努力 $\partial t$ , 能够使生活质量 $k$ 得到改善 $\partial k$ 。显然, 剩余模型(1)中存在有 $\frac{\partial k}{\partial t}$ , 但其效果不佳:

$$\frac{\partial k}{\partial t} = -Bt^{-2} < 0 \quad (2)$$

人类从事经济活动的目的, 是要使生活质量得到正向改善, 即要求 $\frac{\partial k}{\partial t} \geq 0$ , 也只有达到这一目的, 我们才称人类开始进入经济社会。观察式(1), 正向改善生活质量的切入点只能从针对剩余 $B$ 实施劳动 $t$ 而展开, 并且需要对这种劳动进行控制, 我们把这种控制称为社会力 $x$ 。考虑社会力之后, 可将式(1)改写为:

$$kt = At + Bt^x \quad (3)$$

式(3)即为发展模型。建立在式(3)基础上的经济活动的数学表述为:

$$\frac{\partial k}{\partial t} = Bt^{x-2}(x-1) \quad (4)$$

很明显, 只要能够做到 $x \geq 1$ , 就能够达到 $\frac{\partial k}{\partial t} \geq 0$ 的目的。所以,  $x \geq 1$ 是经济社会的基本标志, 表明经济活动受制于道德(内在)与政权(外在)的约束。该特征也因此成为判断原始经济、农业经济和工业经济能否称为经济社会的分水岭。

令 $x=0$ , 式(3)就转化为式(1), 表明社会力的初值为0。结合到原始经济时代的经济活动并不存在完善的道德与政权约束, 因此可以说原始经济不构成一种经济社会。

经济依托资源而展开, 因为资源的不同属性, 造就了经济社会所具有的不同的基本特征: 自然界中存在非再生资源 $A_0$ 和再生资源 $A_1$ , 依托非再生资源的经济造就出工业经济社会, 依托再生资源的经济造就出农业经济社会。

我们注意到: 非再生资源的总量是有限的, 这样的总量有限, 不但对各类的非再生资源有效, 而且对各类非再生资源的总量也是有效的。一旦某种非再生资源得到开发和利用, 则意味着这种非再生资源的总量随着劳动的进行开始进入减少的过程, 因此将非再生资源置于经济发展的进程中来考察, 总量减少是非再生资源在经济活动中所具有的秉性; 再生资源的总量也是有限的, 但是只要再生资源链条不遭到破坏或断裂, 再生资源的总量在经济活动的过程中始终是恒定的, 这就是再生资源在经济活动中所具有的秉性。如果把这两类资源添置到发展模型中的资源项后, 得到的经济社会实际上遵循的发展模型为:

$$kt = A_0 + A_1t + Bt^x \quad (5)$$

对农业经济社会而言, 其发展模型为:

$$k_1t = A_1t + Bt^x \quad (6)$$

对工业经济社会而言, 其发展模型为:

$$k_2t = A_0 + Bt^x \quad (7)$$

注意到劳动计量与人类社会的历史发展时序有着正相关的关系, 因此可以借鉴人类社会发展的历史对上述模型进行实证研究。

### 1.2 关于两类资源的自然科学知识发展的时序

从经济社会发展史看, 人类首先经历了农业经济, 其次经历了工业经济。于是可以对自然科学分类发展的模型作如下阐释: 如果“自然科学始终是经济社会发展的先导”这个命题成立, 那么关于再生资源的自然科学也将先于非再生资源的自然科学得到发展。

由式(6)、式(7), 可以分别得到再生和非再生这两类资源对改善生活质量的效果(亦即就生活质量 $k$ 求取两类资源 $A_0$ 和 $A_1$ 的偏导数), 对这两个偏导数进行比较, 并消去生活质量改善项 $\partial k$ , 可得到两类自然科学知识在时序发展上的关系为:

$$\frac{\partial A_0}{\partial A_1} = \frac{\partial k_1 / \partial A_1}{\partial k_2 / \partial A_0} = t \Rightarrow \begin{cases} \leq 1, 0 < t \leq 1; \\ > 1, t > 1. \end{cases} \quad (8)$$

其中,  $\partial A_0$ 是关于非再生资源的自然科学知识,  $\partial A_1$ 是关于再生资源的自然科学知识。式(8)给出了两类自然科学发展的模型阐释: 就两类资源而言, 人类首先发展的是关于再生资源的自然科学知识, 其次才是关于非再生资源的自然科学知识。

关于两类资源的自然科学知识的发展时序恰巧与农业经济和工业经济的发展时序相呼应,接下来我们要证明的是自然科学对这两种经济社会的发展是否存在着“先导”关系,亦即关于这两种经济社会的相关的自然科学知识是否先于经济社会的诞生时期而出现。

### 1.3 基于史料的实证研究

对起点在公元前 2 100 年前后,有可靠历史记录的经济活动和自然科学 4 000 余年的大事记录<sup>[4]</sup>进行了统计,着重考察自然科学与相关经济活动之间的时序关联。

#### 1.3.1 研究方法

关于时段的切分。对经济历史,对原始经济、农业经济、工业经济和知识经济作了如下时间段的划分:公元前 300 年之前为一时间段,人类处在原始经济时代;大约公元前 300 年前后,在中国的战国后期以及稍后的秦汉时期,铁器逐渐得到广泛使用,昭示着农业经济的开元;公元 1840 年英国发生工业革命,人类开始进入工业经济的纪元;二战结束之后的 1945 年,人类又开始进入以“知识为基础的知识经济时代”<sup>[5]</sup>。

对于自然科学,把 16、17 世纪近代科学的诞生年代作为大事统计的一个重要的时间切分点。

关于自然科学与资源类型的对应。自然科学被划分为数学、物理、化学、天文、地理、生物 6 个领域,可以认为历史上天文、地理、生物等自然科学与再生资源有较大的关联,物理、化学等自然科学与非再生资源有较大的关

联。

#### 1.3.2 对“先导”命题的阐释

按照上述时段对自然科学和经济活动的大事分别进行了统计,得到图 1 所示的统计结果。

由图 1 显示:对于经济的大事记录而言,在人类社会的农业经济时代,呈现上升趋势,而在近代科学诞生之前上升趋势减缓,1841—1945 年基本趋于水平发展之状态,经济活动的大事记录呈现出下降的趋势。这是因为在 20 世纪前半叶爆发了两次世界大战,二战后的 50 多年间,经济活动的大事记录在数量上又缓慢地超过了之前任何一个时间段。关于自然科学的大事记录在 16、17 世纪之后迅速增加,并且始终高于经济活动的大事记录,而且二者的差别呈现出逐渐加大的趋势。

从图 1 还可以得出这样的结论:①农业经济的确立,使人类最终脱离了完全依赖自然界的原始经济活动范畴。表现为经济活动大事记录从 0 逐渐上升到 500 件左右;②只有保持自然科学知识的持续增长,才能为经济社会确立以后的人类经济活动的稳步推进提供有力保障。表现为伴随着自然科学大事记录的持续上升,经济活动大事记录始终稳定在 500 件左右。

(1)对非再生资源自然科学成为工业经济发展先导的实证。以近代科学形成年代为时间切分,对农业经济社会出现到工业经济社会诞生这个时段中自然科学分科知识的大事记录进行统计(见图 2)。

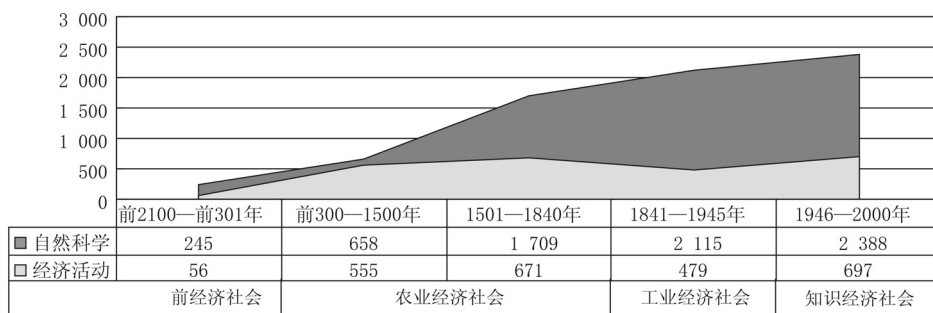


图 1 经济社会与自然科学大事记录对比

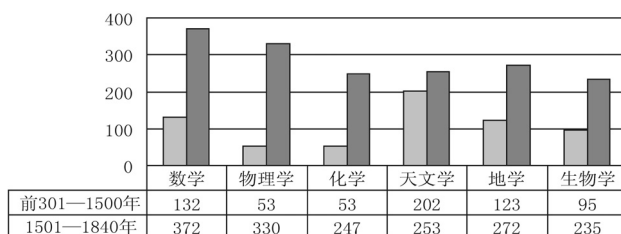


图 2 公元前 301—1500 年与 1501—1840 年基础自然科学分科记事对比

由图 2 表明:在近代科学诞生之后到工业革命发生之前,关于非再生资源的自然科学分科知识(物理和化学)取得了快速的发展,它们为 1840 年工业经济的发生和以后的发展作了先导性的知识储备。这表明自然科学在促进经济社会发展过程中的先导作用,可由今天前推至 16—18 世纪,因为在农业经济时代,自然科学就已经为即将到来的工业

经济做好了先导性准备。

马克思也曾注意到自然科学是经济社会的先导这种现象,他认为在资本主义工业生产方式下,“第一次产生了只有用科学方法才能解决的实际问题。”<sup>[6]</sup>“科学渗透到生产过程中,它与生产力的基础要素相结合,从而转变为直接生产力,给予社会生产以有力的推动。”<sup>[2]</sup>

由此得到推论: 为农业经济而准备的关于再生资源的自然科学知识, 应当在原始经济时代就已经形成了, 然而从有可靠历史记录的经济、科技大事中我们无法找到原始经济时代的确凿数据。

(2) 再生资源自然科学成为农业经济发展先导的实证。青铜时代“鼎盛期即中国青铜器时代, 包括夏、商、西周、春秋及战国早期, 延续时间约 1 600 余年”<sup>[8]</sup>。大约在中国的战国末年(约公元前 300 年前后)青铜器在人类生活中的地位逐渐下降。凭借着相对易于获得的铁器, 人类开始进入农业经济时代。那么, 作为农业经济基础的再生资源自然科学知识是否先导性地产生于原始经济时代呢?

与原始经济有所不同, 农业经济社会中的人类, 其“食物来源的大半或全部都是靠栽培植物和畜养动物, 而不是靠狩猎或采集去获得的。……这一转变不是源于突如其来的灵感……人们确实是早在农业革命之前就已普遍知道促使植物生长的方法。”<sup>[8]</sup>“原始人对于自然界的情况知道得很多, 因为他们不能不关心周围的一切, 否则他们就无法生存。……早期人类对于自然界有着大量的第一手知识……而且这些知识至今仍在我们的生活中起着基础作用。”<sup>[8]</sup>“他们知道: 种子萌芽, 长出幼苗, 有了水分和阳光, 植物才会茂盛; 植物在某种土壤里能生长得很好, 而在另一种土壤里却不行。对现代原始人来说, 这一类知识的获得是很自然的事情, 因为他们的生存就取决于对周围环境的实际了解。我们没有理由可以去怀疑, 反倒有大量证据可以佐证, 史前时期的人类是在与现代原始人相仿的环境下获得有关动植物的知识的。”<sup>[8]</sup>正是人类在原始经济时代获得的大量的有关动植物的知识, 构成了农业经济知识的先导。这一点, 也可以从图 2 中关于自然科学分科大事记的统计中得到间接证明——在农业经济前期, 与再生资源相关的天文、地理、生物等领域, 其大事记录多于与非再生资源相关的物理、化学等领域。

于是, 我们又将“自然科学是经济社会发展的先导”这个命题前置至原始经济时代, 因为在原始经济时代, 自然科学就已经为即将到来的农业经济做好了先导性准备。

### 1.3.3 现象与困惑

至此, 我们对自然科学在促进经济社会发展的过程中始终起先导作用的命题, 已经作了表观上的分析; 所以说是表观回答, 是因为在图 1 上还有着这样的困惑: 在人类从原始经济(只能依靠自然界的再生资源)迈向农业经济(依托于自然界的再生资源)的历史进程中, 为什么还经历过利用非再生资源的石器和青铜器时代? 也就是说“如果有关植物生长的基本原理早在农业革命之前的数千年就已为人类所知, 那么为什么人类还要推迟如此之久才将这些知识付诸实践呢?”

解答上述困惑必须依靠更为早期的史料, 而这正是我们所缺乏的。既然建立了经济社会发展的历史模型, 我们试图通过数学模型的演绎, 对上述困惑加以阐释。

## 1.4 模型对困惑的阐释

试图用数学模型对困惑进行阐释的依据在于: ①原始

经济时代, 人类存在着利用两类资源来改善生活质量的双重选择; ②社会力  $x$  从原始经济时代的“无( $x=0$ )”增长到经济社会的“有( $x \geq 1$ )”。

### 1.4.1 保持经济活动的持续性导致非再生资源的使用

原始社会早期, 人类劳动的主要形式是采集、狩猎, 劳动对象多是野果和野兽, 也即是再生资源  $A_t$ , 只能基本满足人类最低的生存需要, 此时人类社会实际遵循的模型为  $kt = A_t t$ 。从这个关系式可以发现, 人类处于采集狩猎阶段时  $\frac{\partial k}{\partial t}$  不存在, 即不存在经济活动。

原始社会后期出现了剩余, 人类社会遵循的剩余模型为:

$$kt = A_t t + B \quad (9)$$

正是剩余的出现, 导致经济活动  $\frac{\partial k}{\partial t}$  的产生。基于剩余的经济活动的数学表达式为:

$$\frac{\partial k}{\partial t} = -Bt^{-2} < 0 \quad (10)$$

式(9)形成的剩余, 其构成主要来源于再生资源, 这样的剩余具有再生资源存续时间有限的属性, 这就导致经济活动无法持续性地开展。因此延长剩余的存续时间, 就成为解决经济活动持续性的关键。

在原始经济时代, 人类也可同时利用非再生资源, 即存在这样的经济生活模型:

$$kt = A_0 + A_t t \quad (11)$$

我们很自然地就注意到, 针对非再生资源也存在着经济活动, 其数学表述为:

$$\frac{\partial k}{\partial t} = -A_0 t^{-2} < 0 \quad (12)$$

从数学上讲, 关于剩余的经济活动式(10)与基于非再生资源的经济活动式(12)彼此等价。但从保持经济活动的持续性来看, 由于非再生资源较之再生资源属性的剩余显然具有长得多的持续时间, 于是非再生资源理所当然地成为保持经济活动持续性的首选。

### 1.4.2 稀有而珍贵的非再生资源成就着社会力的成长

为了达到经济活动使生活质量得到正向改善的目的, 亦即函数表述式(12)能够改变不等号的方向, 人类根据式(4)的描述开始建立和提升社会力。社会力的实质表现为对人的一种约束或控制, 在社会力从无到有的建立过程中, 将其以某种显现方式予以表征, 显然有助于社会力的建立。而非再生资源, 特别是稀有而珍贵的非再生资源当然也就成为显现社会力的首选。由此, 我们看到了从石器到青铜器的演变过程, 并最终出现所谓的“青铜铸就王权”——青铜器造价昂贵而且稀少, “因而不能用来大规模制造武器和工具。这就使得君主及其所属的政治、军事集团实际上垄断了武器, 从而加强了该社会集团的特权地位, 使他们处于社会金字塔的顶端。”<sup>[8]</sup>

因此我们从模型推论中看到, 农业经济社会之前曾经出现过的非再生资源的应用(石器至青铜器时代), 其作用有二: 一是保持经济活动的持续性; 二是在建立社会力的过

程中作为社会力的一种表征。这就是对青铜时代之所以介于原始经济时代和农业经济社会之间的模型阐释。同时我们也注意到,正是因为原始经济并不构成一种经济社会,因此这个经济时代中出现的非再生资源的应用,没有相应的自然科学作为先导。

#### 1.4.3 对图 1 曲线的模型阐释

自然科学研究和社会力的建立都需要人们的思考与实践,前者为经济活动提供着资源利用的基础,后者为经济活动提供着目标保障的基础。在人类从原始经济迈向农业经济的进程中,建立社会力以达到通过经济活动正向改善生活质量的目的,是这一进程的主要任务。我们因此看到图 1 所示的这一历史阶段中出现的这样的统计曲线:经济活动的大事记录上升斜率大于自然科学大事记录的上升斜率。模型上的体现就是由剩余模型(1)进化到发展模型(3)。

## 2 结语

选择生活质量、劳动、资源、剩余和社会力 5 个要素建立起发展模型。在定义了经济活动和经济社会的数学表述后,模型演绎揭示:人类所经历过的原始社会、农业社会和工业社会中经济活动的本质性差异在于原始经济活动缺少完善的社会力( $x \geq 1$ )约束,而农业经济社会和工业经济社会的称谓则完全是由资源类型所决定的。

通过自然科学分类知识与资源类型之间的关联,我们建立起自然科学与经济社会之间的关系。鉴于经济活动中人类劳动的积累构成了人类社会的发展历史,在考察了自然科学分类知识和经济社会发展时序的关系后,本文证实:

自然科学在促进人类经济社会发展的历程中的作用始终是先导性的。

模型演绎证明:原始经济时代从石器至青铜器这个过程中,关于非再生资源的使用,解决的是经济活动的持续性和使经济活动达到改善生活质量的目的,这时自然科学没有为经济活动提供先导。

致谢:感谢中国科学技术大学科学技术哲学部的徐飞教授对本文的建议和提供的相关资料。

#### 参考文献

- [1] 辞海编辑委员会.辞海[M].上海:上海辞书出版社,2002:2282.
- [2] 黄顺基,吴廷澍,黄天授,等.自然辩证法教程[M].北京:中国人民大学出版社,1985:387-384.
- [3] 赵修渝.自然辩证法概论[M].重庆:重庆大学出版社,2001:158-159.
- [4] 丁长青.中外科技与社会大事总览[M].南京:凤凰出版传媒集团,江苏科技出版社,2006.
- [5] 刘跃奎.知识经济概论[M].济南:济南出版社,2003:31.
- [6] 马克思.机器、自然力和科学的应用[M].北京:人民出版社,1978:206.
- [7] 一鸣九洲.寻访青铜文明[J].科学之友,2007(4).
- [8] [美]斯塔夫里阿诺斯.全球通史:从史前史到 21 世纪:第 7 版(上册)[M].董书慧,等,译.北京:北京大学出版社,2005:12-13, 24.73.

(责任编辑:赵贤瑶)

## Historic Model of Economic and Social Development Accelerated by Natural Science

Cheng Xiaofang, Zhang Dong, Liu Jingping

(Department of Philosophy of Science, University of Science & Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract:** During the economic and social development accelerated by natural science, natural science acts as a pilot of the development of economic society, not from the beginning of the 20th century. Five essential factors, such as the quality of life, the labor, the resources, the capital and the social power and so on are selected to establish the historic developmental model of the economic society. According to the model deduction and the inspection of thousands years of the developmental history of the natural science and economic society, throughout the development of human society, the function of natural science is piloted all the time.

**Key Words:** Natural Science; Economic Society; Historical Model; Resources