

基础自然科学与经济社会关联性的模型阐释

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:通过对经济社会形态的时间分段实证研究,揭示了基础自然科学与经济社会发展存在着关联性,并选择生活质量、劳动、资源、资本和社会力5个要素建立了经济社会的发展模型。对模型进行演绎的结果表明:实证研究揭示的基础自然科学发展规律,受控于人类对改善生活质量的若干种方式的选择。

关键词:基础自然科学;数学模型;发展规律

中图分类号:N05

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)19-0157-04

1 问题

“基础科学又称‘基础自然科学’,是研究自然界物质运动规律的科学。其主要任务是探索自然界未被发现和未被认识的规律,揭示各个层次物质结构和特性。一般分为数学、物理学、化学、生物学、地学、天文学六大类。”^[1]数学是描述自然现象及其规律的一种工具。

一直以来,基础自然科学都被认为是相对独立于经济社会之外的领域。图1给出公元前240年至公元2000年关于基础自然科学分科记事,从该图中我们确实难以十分清晰地看出基础自然科学与经济社会发展究竟存在着怎样的关联。

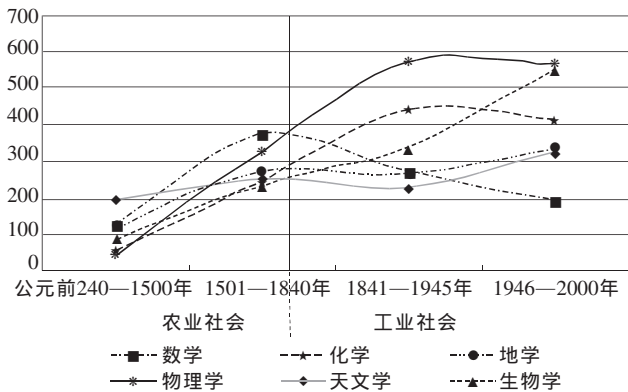


图1 公元前240—公元2000年基础自然科学分科记事变化趋势

然而,我们注意到基础自然科学的研究对象是自然界,经济社会发展的资源依托也在自然界,因此有理由推论:基础自然科学与经济社会发展在自然界的资源领域内

必然形成交集,从而在自然资源方面二者之间应当存在着关联性。

我们知道,自然资源可分为枯竭资源和再生资源两种。有研究表明“人类社会相继经历了以利用再生资源为主要特征的农业社会、以利用枯竭资源为主要特征的工业社会和以利用人类资源为主要特征的知识社会几个历史阶段。”^[2]我们猜测基础自然科学的发展与当时经济社会发展所依托的主导资源的开发利用有着密切的关系,与主导资源关系最为密切的学科必将得到最快的发展。所谓主导资源是指在经济社会的发展中,能使人类的生活需求得到最快改善的那种资源。

于是,上述猜测就成为我们要解决的第一个问题:基础自然科学的发展是否与自然资源的类型有着直接的相关性?

如果基础自然科学与资源类型有着直接的关联,根据农业社会发展在前、工业社会紧随其后的历史发展,则基础自然科学的发展就呈现出再生资源知识发展在前、枯竭资源知识发展随后的规律性。如果也承认基础自然科学相对独立于经济社会之外的表象,那么这种规律性显然不受经济社会发展的左右,于是就产生我们的第二个问题:是什么控制着基础自然科学的发展规律?

今天的人们已经意识到,“自然科学的发展对社会经济产生越来越大的影响。……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。”^[3]于是,如果我们建立了基础自然科学和社会形态演变在发展规律上存在的某种关联,我们就能够多多少少对基础自然科学的进一步

收稿日期:2008-08-07

基金项目:合肥市科技局软科学科研项目(合科合同(软)字2007(1001)号)

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硕士研究生,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。

发展做出某种预测,并根据这种预测有目的地规划和安排基础自然科学的研究。

2 实证

既然猜测自然资源是基础自然科学研究和经济社会发展的交集,那么我们首先就经济社会进行形态切分,并分别通过对农业经济社会和工业经济社会史料^[4]的考察,探索分科基础自然科学大事记录的分布状况,如图1所示。

2.1 研究方法

在自然科学大事记录中找出基础自然科学的分科大事记录,并按年代进行归类统计:公元前240年是自然科学大事记录的起始点,人类进入农业社会也大概是在此前后。近代科学诞生于16、17世纪,一般认为人类进入工业社会是在1840年,因而我们将过渡时间段定在1500年至1840年。“第二次世界大战后,以原子能、电子计算机和空间技术的发明和应用为其标志的第三次技术革命……已经开始将人类带入新的以知识为基础的知识经济时代。”^[5]因此我们将1945年作为经济社会形态切分的一个时间点。这是我们按年代进行归类统计的时间段划分依据。依据统计结果和科学史料,我们试图分析基础自然科学与两类自然资源的关系;通过分类资源与当时的经济社会形态形成关联。

2.2 实证研究

2.2.1 再生资源:天文学和地学的优先发展与农业经济社会

公元前240年之前尚无自然科学的大事记录。在公元前240—公元1500年自然科学的大事记录中,我们可以大致地找出基础自然科学分科经验积累的大事记录。在此期间,我们发现在所记录的大事中天文学的经验积累涉及历法制定、星表绘制和天象记录等;地学所记大事多涉及地图绘制、水文观测、水利建设、地貌成因分析和风土人情记录,此外还有两条关于海陆变迁的记录;生物学主要涉及动植物分类、动物饲养、植物栽培与嫁接;物理主要涉及力学、光学、声学等领域,此外还有关于磁石、磁现象和指南针的记录;化学处于萌芽阶段,所有记录都是关于炼金术和炼丹术的。其大事记录情况如图2所示。

据图2所示,公元前240—公元1500年之间,基础自然科学中天文学和地学的大事记录比较多。天文学的经验积累是直接为农业生产服务的。因为“耕种谷类需适应季节,又需要大量水源,因此历法几乎是必不可少的。”^[6]“要正确地制定历法就需要仔细地观测天象”^[7]，“天文观测为什么起源于幼发拉底河和尼罗河流域,原因之一就在于此。”^[6]制定历法是为了指导农桑,不违农时,是为农业生产服务;而农业生产是以再生资源为依托的,因此可以说农业社会中天文学的较快发展是与再生资源的开发利用紧密关联的。

农业社会中地学所涉及的地图绘制是为了方便地区间的贸易和联系或直接服务于国家管理,而这些都是围绕着农业生产而进行的活动;水文观测、水利建设则直接服

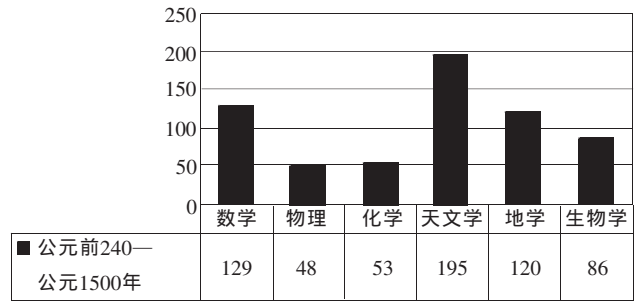


图2 公元前240—公元1500年基础自然科学经验积累大事记

务于农业生产。农业社会中地学关于地貌和海陆变迁的记录只占极少数。因而农业社会中的地学大体上与再生资源也具有紧密的关联性。

在农业社会中,与再生资源紧密相联的生物学也取得了比较快的发展,此时人们获得的生物学知识几乎都是关于动物和植物的,并没有涉及微生物或生命现象。

2.2.2 资源过渡:物理学和化学的勃兴为经济社会的转型做准备

17世纪是近代科学诞生的时代,基础自然科学也在这一时期开始出现分科大事记录。公元1501年至公元1840年大致是人类从农业社会向工业社会过渡的时期。在这一时期关于物理学和化学的大事记录在数量上已经超过了天文学(如图3)。

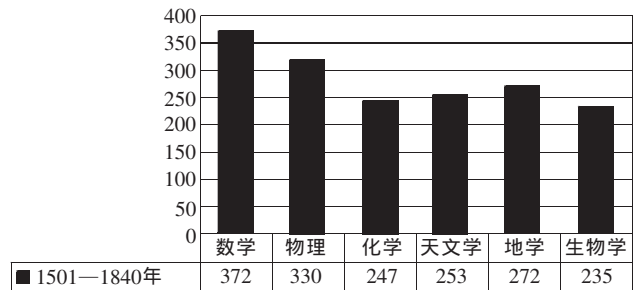


图3 公元1501—1840年基础自然科学分科大事记

从图4中我们也可以看到,较之公元前240年至公元1500年,这一时期关于物理学和化学的大事记录增加了近6.88倍和4.66倍,而关于天文学、地学的大事记录则增长较慢。

在这一时期中,近代物理学在伽利略手中诞生,到牛顿那里实现了大综合。近代化学也从炼金术中脱胎而来,在波义尔手中诞生。在18世纪,力学走向分析化;热学、电学也有了早期的发展。在化学中,经过普里斯特利和舍勒的工作,氧气被发现;拉瓦锡的“氧化说”更是引起了一场深刻、系统的概念革命^[7]。

2.2.3 枯竭资源:工业经济社会——物理学和化学的时代

1840年英国工业革命完成,成为第一个工业国家,人类开始进入工业社会。工业社会以枯竭资源为主导资源。在工业社会中,发展较快的基础自然科学知识是人们在开发利用枯竭资源的过程中获得的物理学和化学知识。

如图5所示,在公元1841—1945年,关于物理学和化学大事记录明显高于其它基础自然学科。19世纪是古典科学的全面发展时期。在这一时期,电磁学与光学实现了统

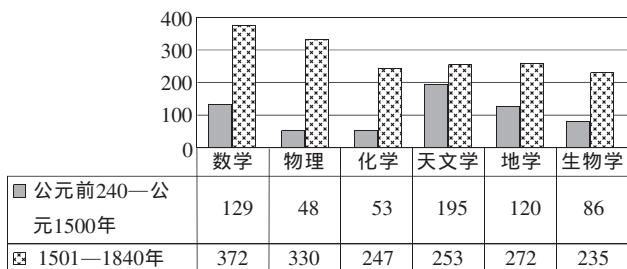


图 4 公元前 240—公元 1500 年与公元 1501—1840 年基础自然分科记事对比

一。热力学中的能量守恒定律和能量耗散定律也是在这一时期被人类认识的;在原子结构学说的基础上,还发展出了热力学的分子运动论。在化学领域,门捷列夫揭示了元素性质与原子量之间的周期性变化规律,给出了第一张元素周期表;通过维勒和李比希的工作,有机化学得到创立与发展;原子量的测定经过道尔顿和盖·吕萨克,在阿伏加德罗那里形成统一的科学标准。20 世纪前 50 年仍然是物理学较快发展的时期:在物理学中,相对论、量子力学作为物理世界更具普适性的基础理论,成功取代了牛顿力学。

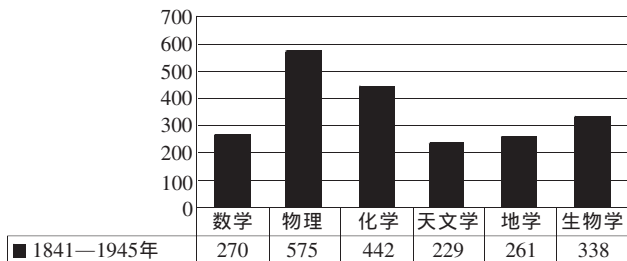


图 5 公元 1841—1945 年基础自然科学分科大事记

值得注意的是,在这一阶段关于生物学的大事记录数量第一次超过了天文学和地学。这预示了一个生物时代的到来。

2.2.4 资源过渡:生物学的异军突起似乎在为经济社会的再次转型做准备

从图 6 中我们可以看到,在最近几十年间关于物理学和化学的大事记录依然很多,但是关于生物学的大事记录数目已经超过了化学的,仅次于物理学的大事记录数目,位居第二。

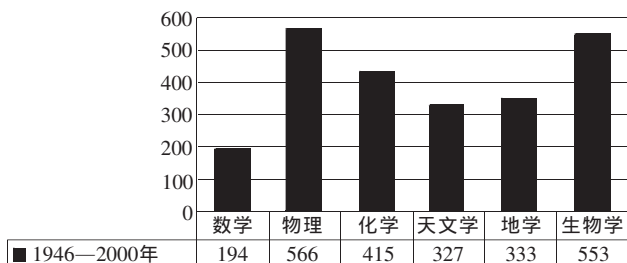


图 6 公元 1946—2000 年基础自然科学分科大事记

“生物学 (Biology) 指研究生物与生命现象的一门科学。”^[8]在农业社会中,人类的生物学知识仅限于对生物的研究,尚未涉及对生命现象的研究。生物学对生命现象的关注使得生物学的许多分支学科都具有了交叉学科的性质。事实上,从 19 世纪末 20 世纪初开始,生物学引入化学、物理学的研究成果与方法,并与医学等其它学科紧密结

合。例如“20 世纪初生理学的最显著特色是运用物理与化学的方法来研究生理问题。事实上,差不多可以说生理学已经分成为生物物理学与生物化学两个分支。”^[9]而且,“现代生理学和生物化学正在慢慢地闯入医学中。”^[6]

我们发现生物学的异军突起和主导资源由枯竭资源转化为知识资源有关,这一点我们将在另篇文章中再做阐释。

3 模型

从上面的讨论中,我们已经清楚地看到:基础自然科学与经济社会形态因两类自然资源—再生资源 and 枯竭资源存在着彼此的关联,这表明看似与经济社会毫无关联的基础自然科学研究其实并非是“世外桃源”,学问也并非如人们所见的那样——象牙塔里的学问。

我们的问题是,为何关于再生资源的基础自然科学优先于关于枯竭资源的自然科学得到发展?究竟是什么因素控制着这样的发展规律?

3.1 模型

人类社会早期,人们对资源的开发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 、人类的劳动积累为 t ,则 $kt=At$,我们把这种经济生活模型视为生存模型。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: $kt=At+B$ 。剩余的出现使得人们生活质量的提高成为可能,但是人们要想使生活质量得到持续性的提高,就必须处理好自己与剩余以及人与人之间的关系,我们把人们处理这种关系的能力称为社会力,用 x 表示。如果我们称此时人类的经济生活模型为发展模型,则发展模型的数学表述为:

$$kt=At+Bt^x \quad (1)$$

其中, t 是人们为了生存而不得不付出的劳动积累。鉴于劳动的积累与时间有关,在下面的讨论中,我们也可以称其为时间。

人类得以开发和利用的自然资源无外于再生资源 A_1 和枯竭资源 A_0 两种。枯竭资源的总量是有限的。这样的总量有限,不但对各类枯竭资源有效,而且对各类枯竭资源的总和也是有效的。因此,一旦某种枯竭资源得到开发和利用,则意味着这种枯竭资源的总量随时间开始进入减少的过程。所以,将枯竭资源置于时间进程中来考察,总量减少是枯竭资源开发和利用过程中所具有的禀性。正是因为枯竭资源具有如此的禀性,所以枯竭资源是不具有时间性的。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,再生资源的总量在时间进程上始终是恒定的,这就是再生资源所具有的禀性。如果把这两种资源添置到社会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:

$$kt=A_0+A_1t+Bt^x \quad (2)$$

3.2 资源——基础自然科学与经济社会发展的联结纽带

人类当然希望在付出自己的劳动之后,能够使自己的

生活质量得到改善,其数学表述为,

$$\frac{\partial k}{\partial t} = -A_0 t^{-2} + B(x-1)t^{x-2} \quad (3)$$

而利用自然资源显然是提高生活质量的具体手段,即:

$$\frac{\partial k}{\partial A_0} = \frac{1}{t} > 0 \quad (4)$$

和

$$\frac{\partial k}{\partial A_1} = 1 > 0 \quad (5)$$

(4)、(5)两式表明:人类所获得的关于枯竭资源和/或再生资源的知识的增长($\partial A_0 > 0$)和/或($\partial A_1 > 0$),都会对生活质量的改善起到正向的影响,即($\partial k > 0$)。(4)、(5)两式还表明:两类自然资源的知识增长对改善生活质量具有不同的效果。

(4)、(5)两式的偏导数中不含有社会劳动 t 项,因此所提供的生活质量的改善只是潜在意义上的改善,正因为如此,基础自然科学的研究与经济社会的实际情况存在着一定的距离。

对自然资源进行劳动的数学表征为:

$$\frac{\partial A_0}{\partial t} = \frac{\frac{\partial k}{\partial t}}{\frac{\partial k}{\partial A_0}} = \frac{-A_0 t^{-2} + B(x-1)t^{x-2}}{\frac{1}{t}} = -A_0 t^{-1} + B(x-1)t^{x-1} \quad (6)$$

$$\frac{\partial A_1}{\partial t} = \frac{\frac{\partial k}{\partial t}}{\frac{\partial k}{\partial A_1}} = \frac{-A_0 t^{-2} + B(x-1)t^{x-2}}{1} = -A_0 t^{-2} + B(x-1)t^{x-2} \quad (7)$$

式(6)、式(7)表明:付出劳动能否使开发利用自然资源有效的必要条件在于社会力是否大于阈值“1”,该结论与式(3)类似。

3.3 围绕资源开发利用的基础自然科学发展规律

我们关心的是,两类资源的基础自然科学知识,究竟是哪种最先得到关注和发展?为此,比较(6)、(7)两式,有:

$$\frac{\partial A_0}{\partial A_1} = \frac{\frac{\partial A_0}{\partial t}}{\frac{\partial A_1}{\partial t}} = \frac{-A_0 t^{-1} + B(x-1)t^{x-1}}{-A_0 t^{-2} + B(x-1)t^{x-2}} = t \Rightarrow \begin{cases} \leq 1, 0 < t \leq 1 \\ > 1, t > 1 \end{cases} \quad (8)$$

式(8)指出:关于两类自然资源的基础自然科学的知识发展,与社会力的大小是无关的。不论是社会力大于“1”还是小于“1”,关于再生资源的基础自然科学总是最先得到关注与发展,这就是基础自然科学的发展规律。

如果我们考虑到(4)、(5)两式反映的关于自然资源知识的增长与提升生活质量间的关联性,那么式(8)所揭示的基础自然科学发展规律完全受控于人类对改善生活质量若干种方式择优选择的本性,即优先选择付出同样劳动可使生活质量具有更大改善幅度的知识发展方式。正是这个原因左右着基础自然科学的发展规律。

4 结论

通过对 2000 多年来基础自然科学大事记录的考察,

我们得到基础自然科学分科发展的大致图景(如图 1 所示)。从中我们可以看出,数学的大事记录在 17—19 世纪达到峰值,之后缓慢下降;物理学和化学大致在 20 世纪中叶达到峰值;天文学在 17 世纪之后经历了一段时间的缓慢发展期,大约在 19 世纪中期之后逐渐复兴;地学和天文学的发展轨迹大致相当;生物学从 19 世纪后期开始迅速发展起来,至 20 世纪末有超越物理学的趋势。

将基础自然科学的大事记录按照经济社会形态进行切分并分别予以考虑,揭示出:看似与经济社会发展无关的基础自然科学的发展,在自然资源的研究和利用上与其有着密切的关联——与对再生资源的认识和利用有关的天文学和地学,与当时的农业社会发展密切相关;与对枯竭资源的认识和利用相关的物理学和化学,与当时的工业社会发展密切相关。

通过建立数学模型并对其进行演绎,我们发现基础自然科学之所以会呈现出上述发展规律,是因为人类有选用最优的方式改善生活质量的需求。在农业社会里,开发再生资源能更快地提高人们的生活质量,因此关于再生资源的基础自然科学得到了优先发展;进入工业社会后,枯竭资源成为主导资源,因此在开发枯竭资源过程中获得的基础自然科学知识,如物理学、化学发展迅速。

20 世纪后 50 年基础自然科学的发展,预示着一主导资源的转换和经济社会的转型,我们将在其它文章中进一步加以论述。

参考文献:

- [1] 辞海编辑委员会.辞海[M].上海:上海辞书出版社,2002:749.
- [2] 程晓舫,袁新荣,刘景平.用数学模型表现人类社会的发展阶段[J].安徽大学学报(哲学社会科学版),2007(1).
- [3] 黄顺基,吴延涪,黄天授,刘大椿.自然辩证法教程[M].北京:中国人民大学出版社,1985:387.
- [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,南京: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] [英]W.C.丹皮尔.科学史及其与哲学和宗教的关系[M].李珩,译.桂林:广西师范大学出版社,2001:2.
- [7] 吴国盛.科学的历程(第二版)[M].北京:北京大学出版社,2002:135-299.
- [8] 大辞典编纂委员会.大辞典[M].台北:三民书局股份有限公司,1985:3101.
- [9] SIR W.M.Bayliss,Principles of General Physiology,4th ed. London,1924,W.R.Fearon,Introduction to Biochemistry,2nd ed,London,1940.

(责任编辑:胡俊健)