

政府支持企业 R&D 的政策模拟研究： 基于改进的 Nelson—Winter 模型

张焕波^{1,2}, 王 铮^{2,3}

(1. 清华大学 公共管理学院, 北京 100084; 2. 中国科学院 政策与管理科学研究所, 北京 100080;
3. 华东师范大学 地理信息教育部重点实验室, 上海 200062)

摘要:技术是经济发展的重要动力,政府在推动企业 R&D 中采取何种有效政策值得深入研究。在改进 Nelson—Winter 经典演化经济模型的基础上,引进政府税收因素,研究了政府鼓励创新性 R&D 政策和鼓励模仿性 R&D 政策在不同行业的效果。模拟结果发现,对于垄断性行业,政府鼓励创新性 R&D 要优于鼓励模仿性 R&D;而对于竞争性行业,政府鼓励模仿性 R&D 要优于鼓励创新性 R&D。

关键词:技术创新;企业 R&D;政策模拟

DOI:10.3969/j.issn.1001-7348.2010.23.023

中图分类号:F204

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)23-0100-05

0 引言

技术是经济发展的重要动力,政府 R&D 战略对一个国家的技术发展起着更为关键的作用^[1]。政府如何加大对企业 R&D 的支持力度,如何选择 R&D 战略,发挥国家科技计划对企业科技投入的引导作用是一个重要课题。目前对 R&D 战略的研究大都集中在企业层面,例如研究企业技术活动的分类^[2]、企业 R&D 国际化战略^[3]、R&D 区位选择^[4]、R&D 项目的多区域管理和技术溢出等^[5]。也有一些研究关注政府对 R&D 的战略管理,但是这些研究对于政府的作用认识不充分,只强调政府在提供有利于技术进步的环境、设施和人才方面的作用^[1]。相当多的文献研究政府对技术资助的效果^[6]。实际上,R&D 活动具有外溢效应,外溢效应不仅发生在不同行业的公司之间,还发生在同一行业的不同公司之间^[7]。正是由于 R&D 活动的这种溢出性,及单纯的市场经济存在的“市场失灵”,才要求政府进行干预。正如 Bell^[8]所言,政府的引导和支持在技术进步中处于核心地位。因此,研究什么样的政策会对国家整体技术、经济产生影响,为国家 R&D 战略选择提供理论支持,显得非常必要。Nelson 和 Winter^[9]通过建立一个演化经济模型,分析了在不同竞争程度的行业里,在使用不同技术的情况下,生产技术增长快慢、模仿难易,以及是否抑制投资,对企业行为和表现的影响。但是 Nelson—

Winter 模型中的技术增长只是单一正态型的,实际上更多的技术增长是 S 型的。因此,在考虑政府的技术选择时,需要补充 S 型的技术增长方式。同时,Nelson—Winter 模型中没有考虑政府的因素,要研究政府对技术选择的影响,就需要进一步改进。为此我们将政府税收引入进来,作为政府引导政策的工具变量。刘筱、王铮和赵晶媛^[10]发现,政府在高技术产业集群服务上有不同的供应模式选择,相应地,其治理模式分为 3 种类型:市场主导型、政府主导型和混合治理型,在不同的产业集群阶段,政府的作用不同。那么政府在 R&D 技术的战略选择上是否要针对不同的行业采取不同的方式呢?创新性 R&D 和模仿性 R&D 是技术进步的两种基本途径,企业在选择技术战略时会对两者进行权衡。同样,国家的 R&D 战略也需要充分权衡创新性 R&D 和模仿性 R&D 的关系。不同的技术类型,不同的产业类型,实施的引导政策是有区别的。本文将从技术和竞争程度两方面对行业进行分类,研究政府 R&D 技术选择政策对行业技术发展的影响,从而为行业的 R&D 技术支持提供理论依据。

1 模型

1.1 Nelson—Winter 模型

Nelson—Winter 模型是演化经济学中最重要的基础模型。它是一个行业模型。在这个行业里,许多企业生产

收稿日期:2010-03-10

基金项目:国家自然科学基金项目(70673099);北京市科委软科学研究项目(Z0005171043391)

作者简介:张焕波(1978—),男,山东青岛人,中国科学院科技政策与管理科学研究所博士,清华大学公共管理学院博士后,研究方向为技术政策、政策模拟;王铮(1954—),男,云南陆良人,中国科学院科技政策与管理科学研究所研究员,研究方向为可计算经济学、政策模拟。

单一、均质的产品。在任何特定的时间, 每个企业运用一种技术。一切企业将把其最佳技术运用到它现有资本量所允许的最高水平, 并在要素市场上购买需要补充的投入。假定要素的供给弹性是完全的, 并且在所讨论的周期里, 要素的价格不变。因此, 每个企业使用的技术决定它的单位成本。我们将 Nelson—Winter 模型分为价格模块、技术模块和投入模块 3 个部分进行说明。

1.1.1 价格模块

整个市场只存在一种产品, 每个企业都生产同一种产品, 每个企业的生产函数为:

$$Q_i = A_i K_i \quad (1)$$

A_i 表示企业 i 在 t 期的技术水平; K_i 表示企业 i 在 t 期的资本。这里假定企业的投入要素只是资本和技术, 并且规模报酬不变。技术随着 R&D 研发的投入会发生变化, 资本也存在折旧, 企业会考虑投资。关于投资行为将会在后面的投资模块详细讨论。假设行业里共有 n 个企业, 市场上总的产品供应即为:

$$Q_t = \sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{i=1}^n A_i K_i \quad (2)$$

在模型里, 规定产品总需求是不变的, 用 D 表示。有了总的产品供应和总需求, 就可以算出短期均衡价格, 公式如下:

$$p_t = D(Q_t) = \frac{D}{Q_t^\eta} \quad (3)$$

其中 η 是产品的需求弹性。根据公式(1), 可以知道单位资本生产的产品就是技术 A_i , 那么单位资本的利润为 $p_t A_i$ 。单位资本的成本为 c , r_m 和 r_n 分别为单位资本投入的创新性 R&D 资金和模仿性 R&D 资金。资本利润率为:

$$\pi_i = p_t A_i - c - r_m - r_n \quad (4)$$

企业的总利润为:

$$\prod_i = \pi_i K_i \quad (5)$$

1.1.2 技术模块

企业的技术通过两种途径获得, 一是企业自己研发更为先进的技术, 另一种是企业模仿行业里最先进的技术。无论是创新性 R&D 还是模仿性 R&D, 都需要投入研发资金。公式(4)里的 r_m 和 r_n 分别为单位资本投入的创新性 R&D 资金和模仿性 R&D 资金。企业的资本越多, 并且研发资金比例越大, 企业研发成功的可能性就越大。在模型中, 技术进步分为两步: 首先根据一定的概率函数判断本期研发(包括创新性 R&D 和模仿性 R&D)是否成功, 用于创新性 R&D 或模仿性 R&D 的资金投入越多, 进行创新性 R&D 或模仿性 R&D 成功的概率就越大, 公式表示如下:

$$P(d_m = 1) = d_m r_m K_i \quad (6)$$

$$P(d_n = 1) = d_n r_n K_i \quad (7)$$

其中, P 为概率函数, d_m 和 d_n 为模仿性 R&D 和创新性 R&D 的阻力系数。然后将研发成功所得到的创新性 R&D 技术(\hat{A}_i)、模拟技术(\tilde{A}_i)与上一期技术(A_{i-1})进行比较, 取最大者为本期技术。

$$A_i = \max(A_{i-1}, \hat{A}_i, \tilde{A}_i) \quad (8)$$

在模型中, 企业模仿性 R&D 成功后, 可以获得当前时期行业里最高的技术:

$$\tilde{A}_i = A^* \quad (9)$$

关于创新性 R&D, 在模型中我们考虑了两种技术增长方式。一种是以对数函数增长, 并且有增长的极限, 到了极限, 技术不再增长^[11], 我们称之为对数有限增长型, 公式表达如下:

$$\hat{A}_i = \frac{A_{max} - A_0}{1 + \exp(\beta - \varphi * t)} + A_0 \quad (10)$$

其中: A_{max} 为最大生产技术, A_0 为初始技术, β 为增长期调节参数, φ 为技术潜在增长率。另一种技术增长方式以正态分布形式增长, 它是无限增长的^[12], 我们称之为正态无限增长型, 正态分布函数的期望值为上一期技术水平 A_{i-1} , 公式表达如下:

$$\hat{A}_i \mapsto N(A_{i-1}, \sigma_2^2) \quad (11)$$

正态分布函数的期望值为上一期技术水平 A_{i-1} 。因此, 在这种技术增长方式里, 即便企业技术研发成功, 其得到的技术也有可能用不上。在现实的企业研发中, 存在大量这样的情况。除了技术本身需要研发成功外, 还要在市场上获得认可, 只有能进入商品化的技术, 才算真正成功的技术。

1.1.3 投资模块

在模型中, 企业投资分为理想投资和限制投资。企业的理想投资会受到市场份额、需求弹性、资本成本等因素的影响。而理想投资不能大于限制投资。限制投资与企业的利润、资本成本有关。行业里的企业会根据期望价格选择期望投资, 然后通过期望投资和限制投资的权衡来实现最优化投资。期望价格与市场份额、需求弹性及资本成本有关, 表达式如下:

$$\hat{p}_i = \frac{c}{A_i} \frac{\eta}{\eta - \lambda_i} \quad (12)$$

c 为资本成本, η 为产品需求弹性, λ_i 为企业 i 的市场份额。可以看出期望价格随着资本成本 and 市场份额的上升而上升, 随着产品需求弹性的增大而下降。在模型中, 期望投资会对期望价格和市场价格进行比较, 进而得出期望投资。其表达式如下:

$$I_{id} = 1 + \xi - \frac{\hat{p}_i}{p} \quad (13)$$

ξ 为资本折旧率。期望投资是理想的, 但要受限于企业本身的盈利能力和借贷能力。当利润大于零时, 限制投资表达式为:

$$I_{ip} = \xi + (1 + b)\pi_i \quad (14)$$

当企业利润小于等于零时, 限制投资表达式为:

$$I_{ip} = \xi + \pi_i \quad (15)$$

实际投资将会在期望投资和限制投资之间权衡, 公式如下:

$$K_{i+1} = \{1 - \xi + \max(0, \min(I_{ip}, I_{id}))\} K_i \quad (16)$$

1.2 模型改进

在 Nelson—Winter 模型中没有政府行为, 这里我们将

税收作为政府政策调整的工具。政府按照一定的税率向企业收税,并将总的税收收入平均分配到企业。在政府鼓励创新性 R&D 的情况下,返回的税收只用于企业创新性 R&D。同样,在政府鼓励模仿性 R&D 的情况下,返回的税收只用于企业模仿性 R&D。假定对每个企业征收相同的税率 r_{tax} ,企业利润公式就可修改如下:

$$\pi_i = p_i A_i - c - r_{im} - r_m - r_{tax} \quad (4')$$

每个企业所缴纳的税收为:

$$R_i = r_{tax} * k \quad (17)$$

政府将所收的税再平均分配到每个企业,表达式为:

$$g = \sum_{i=1}^n R_i / n \quad (18)$$

当政府实行支持创新性 R&D 的政策时,企业获得的资金全部用于创新性 R&D,其表达式为:

$$p(d_m = 1) = d_m * r_m * (k + g) \quad (6')$$

当政府实行支持模仿性 R&D 的政策时,企业获得的资金全部用于模仿性 R&D,其表达式为:

$$p(d_m = 1) = d_m * r_{im} * (k + g) \quad (7')$$

1.3 参数

该模型的参数和初始变量采用了 Nelson—Winter 模型的部分数值,对数有限增长里的参数 β 和 φ 引自 Thieme(2000)的模型^[11]。政府税率依据模型的利润,我们定为 0.01。依据这些参数值,一个时期可以被认为相当于一年的一个季度。详细的参数和变量值见表 1。

表 1 参数值

参数	值	参数	值
A_{it}	0.16	β	7
K_{it}	12.89	C	0.16
r_{in}	0.0223	D	67
r_{im}	0.00112	η	1
d_{in}	0.125	ξ	0.03
d_{im}	1.25	φ	0.01

2 情景设定

Nelson 和 Winter(1982)在其《经济变迁的演化理论》一书中,通过 Nelson—Winter 模型考察了 5 组不同的产业结构,行业里的企业个数分别是 2、4、8、16、32。其中企业个数越多,说明竞争程度越激烈。需要说明的是,在每种情景里,Nelson 和 Winter 在其模型中都将企业分为相同数目的两类,一半企业在创新性 R&D 和模仿性 R&D 中都有支出,另一半企业只在模仿性 R&D 上支出。为了便于观察政府不同支持政策的作用,这里的所有情景中,所有企业都在创新性 R&D 和模仿性 R&D 的研究与开发上支出。这里考虑两组产业结构,行业里的企业个数分别是 4 和 32。对 4 个企业的模拟可以分析在垄断程度较高的产业里政府的引导政策,对 32 个企业的模拟可以分析竞争程度较高的产业里政府的引导政策(Nelson, Winter, 1982)。实际上,一个行业里有 4 个主要企业,也会存在较激烈的竞争,一个行业里有 32 个企业也会存在一定的垄

断。但在同一模型框架里,数量上的差别能够反映竞争程度的差别。除了产业结构上的差异,我们还考察了技术上的差别。一种情况下,产业里企业的技术是呈对数有限增长的。这里的对数有限增长型的技术曲线实际上就是一般意义上的 S 型技术增长曲线。起初,技术发展较慢,到了中期,发展速度加快,而到了后期,技术又开始缓慢发展直到停止,在形状上近似于 S 型,因此称为 S 型曲线。S 型技术增长曲线适用于大多数技术发展情况^[13]。但是应当看到,在较为长的时期,某些行业的技术往往是不同技术的交替叠加,也就是说,从某一小段来看,是 S 型,但是放在更长的时期来看,技术一直是不断前进的^[14]。因此我们考虑另一种情况,即产业里企业的技术是正态无限增长的。实际上在 1982 年的 Nelson—Winter 演化经济模型里,技术就是正态无限增长的。同时,政府的政策分为两种情况,一是政府鼓励创新性 R&D,二是鼓励模仿性 R&D。这样共有 8 种情景:

情景 1a:垄断性产业,技术呈对数有限增长,政府鼓励创新性 R&D;

情景 1b:垄断性产业,技术呈对数有限增长,政府鼓励模仿性 R&D;

情景 2a:垄断性产业,技术呈正态无限增长,政府鼓励创新性 R&D;

情景 2b:垄断性产业,技术呈正态无限增长,政府鼓励模仿性 R&D;

情景 3a:竞争性产业,技术呈对数有限增长,政府鼓励创新性 R&D;

情景 3b:竞争性产业,技术呈对数有限增长,政府鼓励模仿性 R&D;

情景 4a:竞争性产业,技术呈正态无限增长,政府鼓励创新性 R&D;

情景 4b:竞争性产业,技术呈正态无限增长,政府鼓励模仿性 R&D。

3 结果

通过模型的模拟,我们得到大量结果。每个企业的生产技术、资本积累、生产产量、市场份额等每一期的数据都可以算出。还有反映资本集中情况的赫芬达集中指数(Herfindal Concentration Index)及反映市场集中情况的生产差距(Production Gap)。其中,资本积累、生产产量、市场份额的赫芬达集中指数、生产差距指数等指标反映的特性与 Nelson—Winter 模型是一致的,在这里我们不再赘述。在改进的模型中,我们的主要目的是考察不同的政府技术扶持政策对该行业技术发展的影响。因此,我们对每个行业的平均技术进行比较,以此分析政府应采取何种政策。根据前面的情景设定,我们分别对 4 种不同性质的行业进行分析。在分析中,我们模拟了 140 期。依据选择的参数值,一个时期可以被认为相当于一年的一个季度。因此,计算机运行模拟了 35 年的情况。由于自主体模拟中的随机性,我们对每种情况都运行了 5 次,取 5 次平均数为

最终结果。

图 1 是垄断行业里技术呈对数有限增长的情况,图 2 是垄断行业里技术呈正态无限增长的情况。阿拉伯数字后面的 a 表示政府用税收鼓励创新性 R&D, b 表示政府用税收鼓励模仿性 R&D。从图 1 中可以发现,对于技术呈对数有限增长的垄断行业,政府采取鼓励创新性 R&D 的政策还是鼓励模仿性 R&D 的政策,差别不是很明显。尤其是在技术进入平稳期后,两者已经没有差别;在技术发展期,政府鼓励创新性 R&D 稍微好于鼓励模仿性 R&D,但差别很小。从图 2 中可以发现,对于技术呈正态无限增长的垄断行业,政府鼓励创新性 R&D 要远远优于鼓励模仿性 R&D。对于模拟结果的解释,我们认为在垄断行业里,有能力进行创新性 R&D 的企业不多,如果鼓励模仿性 R&D,而创新性 R&D 成功的概率就会更少。模仿是指模仿行业里最先进的技术,而整个行业最先进的技术由于研发的速度慢,模仿性 R&D 的效率不高,因而从整体上会妨碍整个行业技术的发展。因此,对于垄断性行业,应该鼓励创新性 R&D,尤其是对那些技术不断发展进步的高新技术行业更是如此。

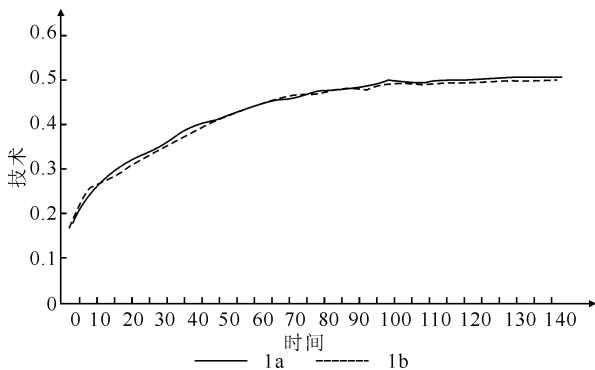


图 1 技术增长有限的垄断行业技术发展

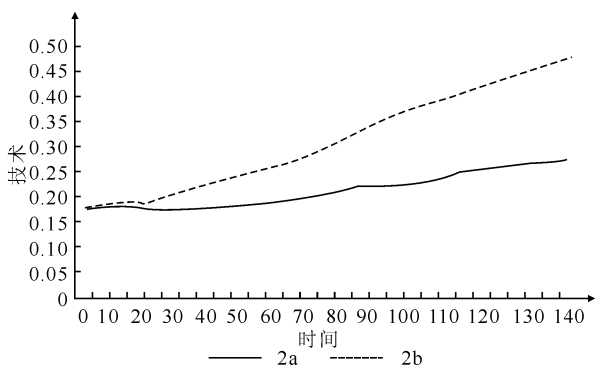


图 2 技术增长无限的垄断行业技术发展

图 3 是竞争行业里技术呈对数有限增长的情况,图 4 是竞争行业里技术呈正态无限增长的情况。同样,阿拉伯数字后面的 a 表示政府用税收鼓励创新性 R&D, b 表示政府用税收鼓励模仿性 R&D。从图 3 可以发现,对于技术呈对数有限增长的竞争行业,政府鼓励模仿性 R&D 优于鼓励创新性 R&D,尤其是当技术进入迅速发展期后,两者的差别已经非常显著;在技术发展平稳期,政府鼓励模仿性 R&D 仍然优于鼓励创新性 R&D,但差别不是很大。从图 4 可以发现,对于技术呈正态无限增长的竞争行业,政

府鼓励模仿性 R&D 要远远优于鼓励创新性 R&D。因此,可以得出这样的结论,即对于竞争性行业,无论技术是有限增长还是无限增长,政府鼓励模仿性 R&D 要远远优于鼓励创新性 R&D。对于模拟结果的解释,我们认为在竞争性行业里,进行技术创新性 R&D 的企业多,技术创新性 R&D 成功的概率较大,即便政府再鼓励创新性 R&D,对于整个行业而言,技术的提升幅度也不是很大。而如果用这部分资金来鼓励模仿性 R&D,就会使得成功的技术迅速溢出,使得整个行业技术不断进步。因此,对于竞争性行业,无论是技术发展缓慢的传统产业,还是那些技术不断发展进步的高新技术行业,政府鼓励模仿性 R&D 对于整个行业技术的促进作用要远大于鼓励创新性 R&D。

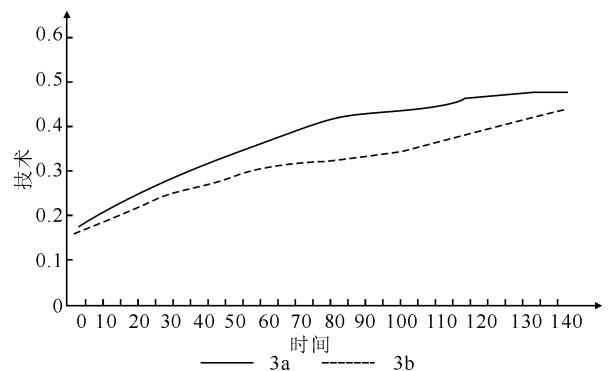


图 3 技术增长有限的竞争行业技术发展

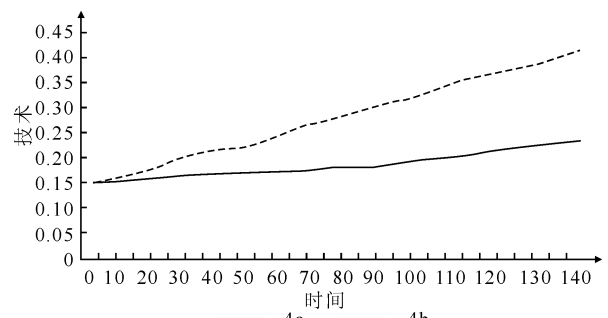


图 4 技术增长无限的竞争行业技术发展

4 结论与讨论

通过对经典演化模型的改进,引进政府税收因素,我们模拟了鼓励模仿性 R&D 和鼓励创新性 R&D 两种不同的鼓励政策在 4 种不同行业里对技术的不同影响,可以得到以下结果:

(1) 相同的政府技术鼓励政策在不同行业的效果是有差别的,因此政府在制定技术支持政策时要考虑不同行业的特点。

(2) 对于垄断性行业,政府鼓励创新性 R&D 要优于鼓励模仿性 R&D,尤其是对于那些技术不断发展进步的高新技术行业,鼓励创新性 R&D 对于整个行业技术的提升远远高于鼓励模仿性 R&D。

(3) 对于竞争性行业,无论技术是有限增长还是无限增长,政府鼓励模仿性 R&D 要远远优于鼓励创新性 R&D。

需要说明的是,政策模拟作为一种公共政策分析工

具,可以从定量角度来理解一些社会问题,但由于模型假设的理想化,与现实存在一定的差距,因此得到的结论只能作为一种参考,这些结论都是有条件的。例如模型假设行业生产均质的产品,而现实经济中企业会追求产品差异化。模型中通过 R&D 提高本企业技术,从而降低成本,这只是一种成本差异。因此,在应用这些理论结果时,需要考虑到其局限性。但作为一种政策模拟探讨,考虑太多因素又会增加模拟的复杂度。因此,如何将模拟研究与社会实际有效结合,在今后的研究中需要继续深入。

参考文献:

- [1] LEE T J. Technological learning by national R&D: the case of Korea in Candu-type nuclear fuel [J]. *Technovation*, 2004, 24: 287-297.
- [2] MEDCOF J W. A. Taxonomy of internationally dispersed technology units and its application to management issues [J]. *R&D Management*, 1997, 4: 301-318.
- [3] ZEDTWITZ M V. International R&D strategies in companies from developing countries—the case of China [R]. UNCTAD Jan 2005.
- [4] VOELKER R., Stead R. New technologies and international location choice for research and development units: evidence from europe [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1999, 2: 199-209.
- [5] CHIESA V. Global R&D project management and organization: a taxonomy [J]. *The Journal Prod, Innov. Management*, 2000, 17: 341-359.
- [6] 许治, 吴辉凡. 政府公共研发对企业研发行为的影响: 国外研究评述 [J]. *科研管理*, 2006(2): 45-51.
- [7] 蒋德鹏, 盛昭瀚. 技术的演化与锁定 [J]. *管理科学学报*, 2001(1): 58-63.
- [8] BELL M. The evolution and integration of research and development vis-a-vis industrial enterprises [A]. *Proceedings of the workshop on the integration of science and technology in the development planning and management process in the ESCWA region* [C]. New York: United Nations, 1994.
- [9] 理查德. R. 纳尔逊, 悉尼. G. 温特. 经济变迁的演化理论 [M]. 胡世凯, 译. 北京: 商务印书馆, 1997.
- [10] 刘筱, 王铮, 赵晶媛. 政府在高技术产业集群中的作用: 以深圳为例 [J]. *科研管理*, 2006, 24(4): 36-43.
- [11] THIEMER A. A Nelson/Winter-model of schumpeterian competition [EB/OL] http://appl.wirtschaft.fh-kiel.de/lehre/thiemer/home_h-m, accessed 26th April, 2006.
- [12] YILDIZOGLU M. <http://beagle.u-bordeaux4.fr/yildinelwin/node1.html>, accessed 21th August, 2006.
- [13] MARCHETTI C. Branching out into the universe, in diffusion of technologies and social behavior [M]. New York: Springer-Verlag, 1991.
- [14] GERSTENFELD A. Technological forecasting [J]. *The Journal of Business*, 1971, 1: 10-18.

(责任编辑: 高建平)

Research on the Policy Simulation of Governmental Prompting on R&D in Enterprise: Based on the Modification of Nelson-Winter Model

Zhang Huanbo^{1,2}, Wang Zheng^{2,3}

(1. School of Public Policy & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Institute of Policy & Management, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China;

3. Key Lab of CEDD, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Technology is an important power of national economic development. Government should adopt effective policies to accelerate enterprise R&D. This paper modifies Nelson-Winter model by introducing into tax. Basing on the modified model, it researches the promoting policies of innovate R&D and imitative R&D. It finds out that the promoting policy of innovate R&D is much better than that of imitative R&D in monopolistic industry, but the promoting policy of imitative R&D is much better than that of innovate R&D in complete industry.

Key Words: Technology Innovation; R&D in Enterprises; Policy Simulation