

# Study on the Growth Curve Modeling of High Level Scientific and Technological Creative Talents in China

Wan Wentao<sup>1,\*</sup>, Zhu Mingming<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The College of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang, China

<sup>2</sup>The College of Political Science and Public Administration, Wuhan University, Wuhan, China

## Email address:

wanwentao2012@163.com (Wan Wentao), zhumingming2006@126.com (Zhu Mingming)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Wan Wentao, Zhu Mingming. Study on the Growth Curve Modeling of High Level Scientific and Technological Creative Talents in China. *Science Innovation*. Vol. 5, No. 1, 2017, pp. 44-50. doi: 10.11648/j.si.20170501.18

**Received:** January 19, 2017; **Accepted:** March 3, 2017; **Published:** March 10, 2017

**Abstract:** Based on the four disciplines of physics, chemistry, physiology or medicine and economics, this paper selected the authors of the articles as the sample, which were published in China domestic authoritative journals. According to the method of modeling comparison, on the one hand, the study finds that the innovation experience of Chinese high level scientific and technological creative talents changes in Logistic curve with age; and the creative capacity varies in bell-shaped curve with age; furthermore, the peak ages of the four disciplines talents' creative capacity are 35.76 (physiology or medicine), 36.36 (chemistry), 38.18 (economics) and 39.49 (physics), respectively. On the other hand, the study discovers that the policy effect of "equal treatment with the first author" is distinct in China; the creative ability peak value of the scientific and technological creative talents in the discipline which demands higher degree of mathematics appears later.

**Keywords:** Scientific and Technological Talents, Creative Capacity, Growth Curve, Modeling

---

## 中国高层次科技创新人才成长规律建模研究

万文涛<sup>1\*</sup>, 朱明明<sup>2</sup>

<sup>1</sup>教育学院, 江西师范大学, 南昌, 中国

<sup>2</sup>政治与公共管理学院, 武汉大学, 武汉, 中国

## 邮箱

wanwentao2012@163.com (万文涛), zhumingming2006@126.com (朱明明)

**摘要:** 本研究在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域, 以在中国国内权威期刊上发表学术论文的作者为样本, 经过建模研究发现: 中国高层次科技人才的创新经验随年龄的增长呈Logistic曲线变化; 创新能力随年龄的增长呈“钟形”曲线变化; 创新能力的峰值年龄依次为35.76岁(生理学或医学)、36.36岁(化学), 38.18岁(经济), 39.49岁(物理学)。本研究还发现: 在中国, “通讯作者与第一作者同等对待”的政策效应显著; 在数学化程度越高的学科领域科技人才的创新能力巅峰值出现得越晚。

**关键词:** 科技人才, 创新能力, 成长规律, 建模

---

## 1. 引言

1977年,美国学者朱克曼(Harriet Zuckerman)出版了《科学界的精英——美国的诺贝尔奖金获得者》一书,从此开启了科技创新人才成长规律研究的先河。随着研究工作的步步深入,研究方法和关注焦点都在逐步进化。

从研究伊始一直到今天,不断有人运用经验总结法来研究科技创新人才的成长遵从哪几条规律。譬如,朱克曼认为诺贝尔奖得主的成长遵循以下几个规律:良好的社会经济出身,优秀的家庭学习传统;求学名校,师从名师;青年早慧,成就卓著;优势积累效应等[1]。中国学者王通讯曾归纳出人才成长的八大规律:师承效应规律、扬长避短规律、最佳年龄规律、马太效应规律、期望效应规律、共生效应规律、累积效应规律、综合效应规律[2]。中国学者李君、唐伟研究认为航天领军人才的成长遵循事业牵引、潜质驱动、良才先行、因材施教、实践历练、知识融通、差异路径、协同成长等八大规律[3]。

在新世纪的最初几年,统计分析方法开始流行起来,关注的焦点是科技创新人才的成长究竟该划分为哪些阶段。譬如,Lesner和Hillman研究认为,个体的创造力发展经历了创造性的内部丰富阶段、创造性的外部丰富阶段和创造性的自我评估阶段[4]。Subotnik和Jarvin将创新人才的成长过程划分为三个阶段:潜能转为能力阶段,能力转为专长阶段,专长转为学术生产力和技艺阶段[5][6]。Olszewski-Kubilius等人在Subotnik和Jarvin的研究基础上将创新人才的成长过程划分为潜能期、从潜能到能力期、从能力到专长期、从专长到卓越期[7]。王强等研究认为,科技创新人才的发展过程可划分为幼儿期、求学期、创造期、成熟期和老年期五个阶段[8]。王竹萍研究认为,一个普通的学生成长为具有创新能力的专门人才必须经历五个阶段:创新意识萌芽阶段、创新思维形成阶段、创新学习提高阶段、创新能力涌现阶段、创新人格顶峰阶段[9]。郭木梁统计分析认为,高层次创新型人才的成长要经历四个阶段:方向选择阶段、经验积累阶段、整合创新阶段、成就卓著阶段[10]。

相对于传统的分析方法,有些学者指出科技人才的成长曲线能够较好的反映个体的成长变化和趋势[11][12]。近几年来,已经有人在数据统计的基础上开展建模研究,关注的焦点就是求出科技创新人才的成长曲线。譬如,梁立明和赵红州通过对世界重大科学发现与作者年龄之间的关系进行统计分析发现,科学创造年龄定律呈现威布尔分布,且科学创造存在最佳年龄区[13]。郭新艳以在中文核心期刊上发表论文的60位作者为样本,运用Logistic模型研究发现:科技人才的产出能力随年龄增长呈倒“U”型曲线变化,综合能力随年龄增长呈Logistic曲线变化[14]。考虑到郭新艳的研究样本数量有限,未能进行模型检验,未能正确理解“产出能力”与“综合能力”之间的关系等因素,笔者曾以美国诺贝尔科学奖得主为样本,较严格地运用Logistic模型研究发现:诺贝尔科学奖得主的创新能力随年龄的增长呈“钟形”曲线变化,创新经验随年龄的增长则呈Logistic曲线变化[15]。

2009年,美国伊利诺依州立大学的林曾教授在分析美国四年一度的大学教授发表“同行双向匿名评审论文”数

据之时,发现年龄对科研能力有明显的正面影响,科研能力的巅峰不只是出现在一个年龄段而是多个年龄段;美国教授还有“夕阳无限好、大器晚成”的特点[17]。受林曾教授的启发,笔者拟对中国高层次科技创新人才的成长情况做一番统计分析和建模研究,看看是否也能够获得新的发现。

## 2. 样本选取

### 2.1. 样本抽取范围

本研究在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域,分别选择了影响因子最高的中文学术期刊,具体是《地球物理学报》、《分析化学》、《生物多样性》、《证据科学》、《中西医结合学报》、《经济研究》,从这些期刊在1998年至2012年15年间所刊载的全部学术论文中,运用随机数表法抽取出了2625篇论文,将这些论文的全部作者作为中国高层次科技创新人才的样本。

### 2.2. 样本数据处理方法

在所抽取出的论文中大多数为合著论文。对某一合著论文来说,我们假定全部作者的贡献率总和为1,每位作者对相应论文的贡献率分别按公式(1)计算:

$$P_n = \frac{2(K-n+1)}{K(K+1)} \quad (1)$$

其中, $n$ 为作者排名; $K$ 为合著作者总人数。 $P_n$ 为第 $n$ 位作者对相应论文的贡献率。

考虑到在中国普遍认同“通讯作者与第一作者同等看待”的做法,我们对样本数据做如下特别处理:通讯作者的排名提前至并列第一,与第一作者平均分享第一和第二作者对相应论文的贡献率;其余作者的排名依次后延一位,对相应论文的贡献率仍参照公式(1)计算。

表1 各学科作者贡献率分年龄段统计情况。

年龄段	学科领域			
	物理学	化学	生理学或医学	经济学
≤25	13.93	38.33	46.27	31.87
26-30	80.13	73.4	104.63	157.57
31-35	62.47	58.6	109.27	224.97
36-40	66	75.7	108.9	160.47
41-45	64.47	52.13	86.6	173.27
46-50	44.03	36.9	48.7	149.8
51-55	28.4	26.6	24.17	74.1
56-60	32	18.83	17.17	42.03
61-65	14.47	12.83	14.67	15.47
≥66	14.53	6.97	11.37	13.87

### 2.3. 样本统计情况

针对样本论文,我们全面查找了每一位作者在论文发表时的年龄(有极少数作者的年龄未能查出)。在查出某位作者的年龄之后,我们就在相应学科相应年龄段下记录该作者对相应论文的贡献率。最终分学科分年龄段统计,所获得的作者贡献率统计情况如表1所示。在样本论文中,

未查出年龄的作者的贡献率总和为189.14, 占全部样本贡献率总和的7.21%。

### 3. 建立模型

#### 3.1. 模型假设

对表1数据做无量纲处理, 将各学科作者贡献率分年龄段统计的数据, 分别除以各学科作者贡献率总和, 可以得到表2所示的数据。这些数据实际上反映的是: 在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域, 一个统计意义上的高层次科技人才创新能力相对值随年龄变化的情况。

对表2数据进行累加处理, 可得中国科技人才创新经验随年龄变化的情况, 如表3所示。再据此绘制出中国高层次科技人才创新经验随年龄变化的累积曲线, 如图1所示。从图1中可以看出, 这四条曲线都有些类似于Logistic曲线, 但又不是非常类似于Logistic曲线。尽管如此, 我们还是尝试着假定: 在物理学、化学、生理学或医学、经济学等学科领域, 中国高层次科技人才的创新经验随年龄增长的累积曲线均为Logistic曲线。表达式均为:

$$x = \frac{K}{1 + e^{-wkt+b}} \quad (2)$$

其中,  $w$ 、 $b$  都为待定系数,  $t$  代表年龄,  $K$  为创新经验累积数值的极限值。

表2 科技人才创新能力随年龄变化情况 (实测值)。

年龄段	学科领域			
	物理学	化学	生理学或医学	经济学
≤25	0.0331	0.0958	0.0809	0.0305
26-30	0.1906	0.1834	0.1830	0.1510
31-35	0.1486	0.1464	0.1911	0.2156
36-40	0.1570	0.1891	0.1905	0.1538
41-45	0.1533	0.1302	0.1515	0.1661
46-50	0.1047	0.0922	0.0852	0.1436
51-55	0.0675	0.0665	0.0423	0.0710
56-60	0.0761	0.0470	0.0300	0.0403
61-65	0.0344	0.0321	0.0257	0.0148
≥66	0.0346	0.0174	0.0199	0.0133

表3 科技人才创新经验随年龄变化情况 (实测值)。

年龄段	学科领域			
	物理学	化学	生理学或医学	经济学
≤25	0.0331	0.0958	0.0809	0.0305
26-30	0.2237	0.2791	0.2639	0.1816
31-35	0.3723	0.4255	0.4550	0.3972
36-40	0.5293	0.6146	0.6455	0.5510
41-45	0.6826	0.7449	0.7970	0.7170
46-50	0.7874	0.8370	0.8822	0.8606
51-55	0.8549	0.9035	0.9244	0.9316
56-60	0.9310	0.9505	0.9545	0.9719
61-65	0.9654	0.9826	0.9801	0.9867
≥66	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

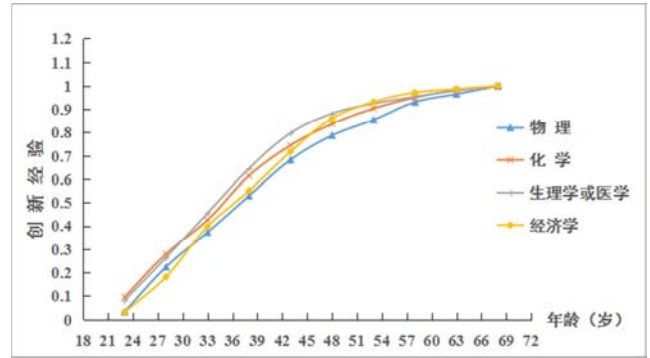


图1 中国高层次科技人才的创新经验累积曲线 (实测值)。

#### 3.2. 参数估计

为了估计参数, 并对模型进行检验, 我们将模型(2)线性化变换为:

$$\ln\left(\frac{K}{x} - 1\right) = -wkt + b = at + b$$

令等式最左边为  $z$ , 则有

$$z = at + b \quad (3)$$

很明显,  $z$  与  $t$  之间呈线性关系, 可用最小二乘法估计模型参数  $a$  和  $b$ 。

为估计参数  $K$  我们做了以下操作[18]: 第一步, 对给定的  $K$  的初始值 (取  $K_0 = \max\{x_i\} + 0.01$ ) 用最小二乘法来估计出参数  $a$  和  $b$ , 并计算出  $z$  的理论值与实测值之间的误差平方和。第二步, 对  $K$  值进行计算机搜索计算, 使误差平方和达到最小, 最终确定最佳  $K$  值。搜索区间在  $(K_0, K_m)$ , 其中  $K_m$  为样本中变量的最大值与变量前三个最大值的标准差的3倍之和, 即  $K_m = \max\{x_i\} + 3S$ 。

根据本研究所获得的样本数据, 我们用计算机搜索出了最佳  $K$  值和相应的参数  $a$  和  $b$ , 如表4所示。

表4 模型参数。

学科领域	最佳 $K$ 值	$a$	$b$
物理学	5.04	-0.151577643	5.986259432
化学	5.04	-0.142212153	5.171308124
生理学或医学	5.01	-0.16222909	5.80172132
经济学	5.02	-0.17800438	6.795507212

#### 3.3. 模型检验

在确定最佳  $K$  值和相应参数  $a$  和  $b$  之后, 我们可以计算  $z$  与  $t$  之间的相关系数  $r$ , 以及拟合相关指数  $R^2$  和平均相对误差  $RPe$ , 所得结果如表5所示。从表4中可以看出,  $z$  与  $t$  之间的相关系数  $r$  分别为-0.979 (物理学), -0.994 (化学)、-0.981 (生理学或医学)、-0.991 (经济学), 所有相关系数的显著性概率值  $p < 0.01$ , 都达到显著水平, 这说明在这四个学科领域,  $z$  与  $t$  之间都具有高度的线性

回归关系。同时，这也说明在这四个学科领域，模型（2）在统计理论意义上都具有高度的可靠性和有效性。

表5 检验数据。

学科领域	$r$	$R^2$	$RPe$
物理学	-0.979**	0.959	5.70%
化学	-0.994**	0.988	0.52%
生理学或医学	-0.981**	0.962	0.10%
经济学	-0.991**	0.982	4.52%

\*\*  $p < 0.01$

在这四个学科领域里，拟合相关指数  $R^2$  分别为 0.959（物理学）、0.988（化学）、0.962（生理学或医学）、0.982（经济学），平均相对误差  $RPe$  分别为 5.70%（物理学）、0.52%（化学）、0.10%（生理学或医学）、

4.52%（经济学），这说明在物理学、经济学两个学科领域，模型（2）具有较高的拟合度和精确度；在化学、生理学或医学两个学科领域，模型（2）具有很高的拟合度和精确度。

## 4. 研究结果

### 4.1. 建模研究的结果

通过以上建模研究可以断定，在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域，中国高层次科技人才的创新经验随年龄增长的累积曲线属于 Logistic 曲线。根据表4数据和模型（2），可绘制出在这四个学科领域，中国高层次科技人才的创新能力理论值随年龄增长的曲线，如图2所示。

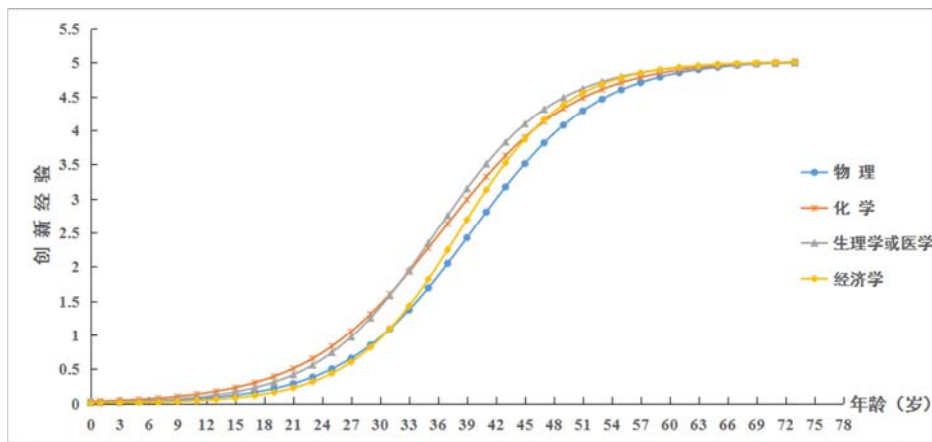


图2 科技人才创新经验随年龄变化的情况（理论值）。

如果在这四个学科领域内，对创新经验的曲线方程式进行求导，则可还原出高层次科技人才的创新能力随年龄变化的曲线。还原出的曲线方程式为：

$$y = \frac{wK^2 e^{at+b}}{(1 + e^{at+b})^2} \quad (4)$$

根据（4）式还可以进一步求导得出：峰值点处在  $x = K/2$  处，峰值大小为：

$$y_{\max} = \frac{wK^2}{4}$$

根据表4数据和模型（4），可绘制出在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域，中国高层次科技人才的创新能力理论值随年龄变化的曲线，如图3所示。

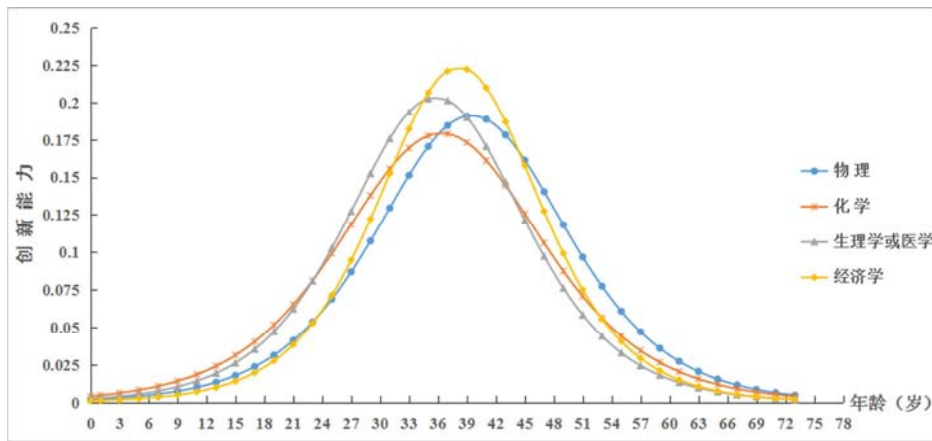


图3 中国高层次科技人才的创新能力变化曲线（理论值）。

根据图3, 我们还可以进一步得出如下结果:

(1) 在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域, 中国高层次科技人才的创新能力随年龄增长呈“钟形”曲线变化。之所以称为“钟形”曲线, 是由于这四条曲线都形似古代的钟。

(2) 中国高层次科技人才创新能力的发展大体可划分为七个阶段: 平缓上升期、能力崛起期、快速飙升期、创新巅峰期、快速下降期、下降转缓期、缓慢下降期。其中, 能力崛起期、创新巅峰期和下降转缓期是三个重要的转折时期。

(3) 各学科领域高层次科技人才的创新能力崛起的时机有先有后, 先后顺序依次是化学、生理学或医学、物理学、经济学。

(4) 各学科领域高层次科技人才的创新能力巅峰值出现的时间有先有后, 先后顺序依次是生理学或医学35.76岁, 化学36.36岁, 经济学38.18岁, 物理学39.49岁。

## 4.2. 两点进一步的发现

通过以上建模研究, 我们还进一步发现了以下两个方面的新情况:

(1) 在数学化程度越高的学科领域, 科技人才的创新能力巅峰值出现得越晚。在我们所关注的四个学科领域中, 物理学的数学化水平最高。杨振宁就认为是“一些数

学概念提供了支配物理世界的基本结构”[19]。相对而言, 在经济学领域, 当今的顶尖成果的数学化程度也比较高; 而化学、生理学或医学主要属于实验、实践科学, 数学化程度较低。很明显, 数学化水平由高到低的顺序依次是物理学、经济学、化学、生理学或医学。而在这四个学科领域, 数学化程度越高, 科技人才的创新能力巅峰值就出现得越晚。值得注意的是, 我们发现的这一情况, 与笔者以全世界的诺贝尔科学奖得主为样本建模研究发现的情况几乎完全相反。在那项研究中, 创新能力的峰值年龄分别是物理学35.27岁、化学37.92岁、生理学或医学38.70岁、经济学39.04岁[20]。

(2) 在物理学、化学、经济学等三个学科领域, 中国高层次科技人才创新能力(实测值)折线出现了两个以上的峰值。根据表2数据, 我们可以绘制出中国高层次人才创新能力(实测值)折线, 如图4所示。从图4可以看出, 在物理学领域, 科技人才在26-30、36-40、56-60三个年龄段上出现了创新能力峰值; 在化学领域, 科技人才在26-30、36-40两个年龄段上出现了创新能力峰值; 在经济学领域, 科技人才在31-35、41-45两个年龄段上出现了创新能力峰值。在生理学或医学领域, 科技人才只在31-35这一个年龄段上出现了一个创新能力峰值。但是, 这个创新能力峰值仅比两边的26-30、36-40两个年龄段上创新能力强高出一点点。

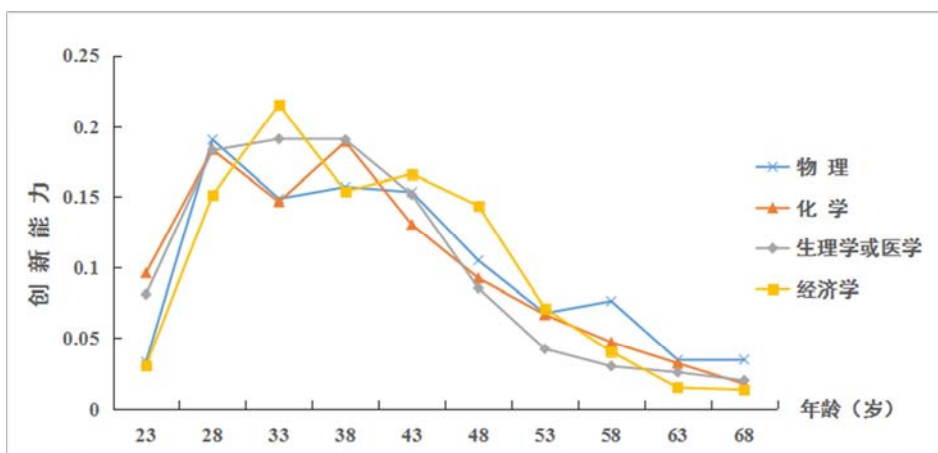


图4 中国高层次人才创新能力折线图(实测值)。

## 5. 几点讨论

### 5.1. 人生来就拥有一定的创新素养

人是生来就拥有自己独特的先天素质, 这是已经被反复证明了的客观事实。本研究所求取的中国高层次科技人才的创新经验累积曲线和创新能力变化曲线进一步表明: 人生来就拥有一定的创新素养。但是, 创新素养主要不是来自于先天遗传, 而是来自于后天培育。

根据模型(2)我们可以得出, 在 $t=0$ 时刻, 物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域的科技人才创新经验累积值(相对值)依次是0.0126、0.0285、0.0151、

0.0056, 都是大于零的, 这说明科技人才生来就拥有一定的先天的创新经验。但是, 这四个学科领域科技人才的创新经验累积总值(相对值)分别是5.04、5.04、5.01、5.02, 在 $t=0$ 时刻科技人才的创新经验先天值, 分别只占相应创新经验累积总值的0.25%、0.57%、0.30%、0.11%, 都处在一个很低的水平。从图2中我们也可以清楚地看出, 科技人才的创新经验主要靠后天发展得来。

根据模型(4)我们可以得出, 在 $t=0$ 时刻, 物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域的科技人才创新能力先天值(相对值)依次是0.0019、0.0040、0.0024、0.0010, 也都是大于零的, 这说明科技人才生来就拥有一定的先天的创新能力。但是, 四个学科领域的科技人才创

新能力峰值(相对值)分别为0.19099、0.17919、0.20319、0.22340,在 $t=0$ 时刻科技人才的创新能力先天值,分别只占相应创新能力峰值的0.99%、2.23%、1.18%、0.48%,都处在一个很低的水平。从图(3)我们也可以清楚地看出,科技人才的创新能力主要是后天培育的结果。

## 5.2. 创新能力更多地属于流体智力

前面我们通过建模研究已经发现:中国高层次科技人才的创新经验随年龄的增长呈Logistic曲线变化,创新能力随年龄的增长呈“钟形”曲线变化。我们认为,科技人才的创新经验和创新能力分别呈这两种不同的变化趋势,主要是客观原因造成的。

早在1904年, Spearman就提出了一般智力的概念。他认为一般智力是一个抽象的概念,在统计上与所有的认知任务和智力测验是相互紧密联系的[21]。但是后来 Cattell和Horn的研究发现,一般智力的概念并不能充分解释所有的智力测验,因而提出了流体智力和晶体智力的概念。流体智力被认为是在新异条件下进行推理的能力,而晶体智力与基于已有知识和经验的行为有关[22][23][24]。一般来说,儿童和青年的晶体智力和流体智力都是随着年龄的增长而逐步上升的;而到了中老年,人的流体智力下降很快,晶体智力则基本保持不变或下降很少。中国学者吕和平等人所做的一项测验表明[25]:老人的智力随年龄增长总体呈阶梯式下降趋势。在整个变化过程中,反映流体智力的编码测验量表分下降明显,反映晶体智力的认色辨数、分类、填图、填数、接龙等分测验量表分变化受年龄影响不明显。中国学者唐细容等人的一项控制同辈效应的横断研究表明[26]:在25-29、30-34、35-44、45-54、55-64、65-69、70-74等七个年龄段上,经校正的晶体智力指数依次为101.01、101.01、101.70、99.74、98.70、98.40、98.69,高低差为3.3;经校正的流体智力指数依次为106.71、105.39、103.73、99.17、95.39、94.02、91.17,高低差为15.54。

很明显,国内外学者所揭示的流体智力与晶体智力随年龄增长的变化规律,与科技人才的创新能力与创新经验随年龄增长的变化规律是相互契合的。我们有理由相信,创新能力更多的是属于一种流体智力,在到达峰值之后会随着年龄的增长迅速下降;创新经验更多的是属于一种晶体智力,在到达峰值之后仍能基本保持不变。

## 5.3. 高层次科技创新的生态效应显著

在中国,越是耕耘在数学化程度高的学科领域,高层次科技人才的创新能力巅峰值来得越晚。而对全世界的诺贝尔奖得主来说,情况则几乎是完全相反的。我们认为,这恰好说明了在世界范围内,高层次科技创新的生态效应是显著的。不得不承认,中国是一个科技水平相对落后的国家,在物理学这种数学化程度高、相对成熟的学科领域,中国科技工作者要赶超世界先进水平相对来说更困难一些,个体需要努力更长的时间才能取得突出的创新成就。而在化学、生理学或医学等数学化水平较低的实验、实践学科领域,勤劳智慧的中国新科技工作者更容易后来居上,

赶超世界先进水平,个体的创新能力峰值反而可以来得更早一些。

高层次科技创新的生态效应至少给予了我们两点启示:(1)科技发展水平相对落后的国家要想赶超世界先进水平,“错位发展”是切实有效的科技战略。在新兴的科学与技术领域,各国几乎都处在同一起跑线,科技发展水平相对落后的国家将战略重点放在新兴科技领域赶超效果会更好。(2)科技发展水平相对落后的国家要想全面赶超世界先进水平,根本就绕不开数学化水平高的、科技水平已经高筑的学科领域。在这些领域尤其要注意走“人才培养国际化”的道路,让更多的青年才俊得到更好的指导和发展。

## 5.4. “通讯作者与第一作者同等对待”的政策效应

我们研究认为,如图4所示,在物理学、化学、经济学等三个学科领域均出现的科技人才创新能力(实测值)的第一个峰值,是“通讯作者与第一作者同等对待”这一倾斜政策所带来的政策效应。我们在数据统计时发现,在读博士与指导教师联合发表论文的情况有很多。在物理学和化学两个学科领域,博士生一般在28岁左右毕业。在这两个领域博士生与导师联合发文,使创新能力折线在26-30这个年龄段上出现了第一个峰值。在经济学领域,博士生一般在33岁左右毕业,博士生与导师联合发文使创新能力折线在31-35这个年龄段上出现了第一个峰值。

在生理学或医学领域,“通讯作者与第一作者同等对待”这一倾斜政策也带来了显著的政策效应。在生理学或医学领域,博士生与导师联合发文的情况也很多,但是,这个领域的博士生一般在30岁左右毕业,可能出现的峰值数据被分别统计到了26-30、31-35这两个年龄段上,结果出现了26-30、31-35、35-40三个年龄段上创新能力差距很小的情况。

在物理学领域出现了第三个峰值,这说明在这个领域的中国科技创新人才也在一定程度上存在“夕阳无限好、大器晚成”的情况。在化学、生理学或医学、经济学等三个学科领域,中国科技创新人才没有出现“夕阳无限好、大器晚成”的情况。至于为什么会各学科领域不一致的情况,这还有待于继续开展深入研究。

## 6. 结论

本研究在物理学、化学、生理学或医学、经济学等四个学科领域,以在中国国内权威期刊上发表学术论文的作者为样本,经过模型假设、参数估计和模型检验等环节建模研究发现:

(1)中国高层次科技人才的创新能力随年龄增长呈“钟形”曲线变化,创新经验随年龄增长呈Logistic曲线变化。科技人才创新能力和创新经验的这种变化规律,与流体智力和晶体智力随年龄变化的规律相互契合。

(2)中国高层次科技人才创新能力的发展大体可划分为七个阶段:平缓上升期、能力崛起期、快速飙升期、创新巅峰期、快速下降期、下降转缓期、缓慢下降期。

(3) 在数学化程度越高的学科领域, 中国高层次科技人才的创新能力巅峰值来得越晚。创新能力巅峰值出现的先后顺序依次是生理学或医学35.76岁, 化学36.36岁, 经济学38.18岁, 物理学39.49岁。

(4) 中国的在读博士在权威期刊上发表论文的表现抢眼, 但是在毕业之后回落得比较明显。之所以出现这种情况, 与“通讯作者与第一作者同等对待”这一刺激政策密切相关。

## 致谢

本文为国家自然科学基金项目《不同育人模式下高层次创新人才成长规律建模比较及其对我国创新教育模式改革的启示研究》(71363029)的阶段性成果之一。

## 参考文献

- [1] [美] 哈立德·朱克曼. 科学界的精英——美国的诺贝尔奖获得者[M]. 周叶谦, 冯世刚, 译. 北京: 商务印书馆, 1979: 382-396.
- [2] 王通讯. 人才成长的八大规律[J]. 信息与决策, 2006, (5): 53-54.
- [3] 李君, 唐伟. 航天型号领军人才成长规律及基培养对策[J]. 航天工业管理, 2016, (12): 23-27.
- [4] 胡卫平. 青少年科学创造力的发展与培养[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2003: 20.
- [5] Subotnik, R. F., & Jarvin, L. (2005). Beyond expertise: Conceptions of giftedness as great performance. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness (2nd ed., pp. 343-357)*. New York, NY: Cambridge University Press.
- [6] Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness and gifted education: A proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12, 1-52.
- [7] Olszewski-Kubilius Paula, Subotnik Rena F., Worrell Frank C. (2015). Conceptualizations of Giftedness and the Development of Talent: Implications for Counselors. *Journal of counseling & development*, 2, 143-152.
- [8] 王强, 宋协青, 张子睿. 创新型科技人才培养模式的研究[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2001, (3): 229-231.
- [9] 王竹萍. 会计本科高等教育创新人才成长规律的研究[J]. 湖北经济学院学报(社会科学版), 2005, (5): 151-153.
- [10] 郭木梁. 基于人才矢量分析的拔尖创新人才成长规律研究[J]. 中国高教研究, 2006, (6): 40-41.
- [11] Kimberly Andrews Espy, Victoria J. Molfese, Lisabeth F. DiLalla. (2001). Effects of Environmental Measures on Intelligence in Young Children: Growth Curve Modeling of Longitudinal Data. *Merrill-Palmer Quarterly*, 1, 42-73.
- [12] Karl K. Stuebing and Kevin C. Davidson. (1991). Analysis of Change: Modeling Individual Growth. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 1, 27-37.
- [13] Anthony S. Bryk, Stephen W. Raudenbush. (1987). Application of Hierarchical Linear Models to Assessing Change. *Psychological Bulletin*, 1, 147-158.
- [14] 梁立明, 赵红州. 科学发现年龄定律是一种威布尔分布[J]. 自然辩证法通讯, 1991, 13(1): 28-36.
- [15] 郭新艳. 科技人才成长规律研究[J]. 科技管理研究, 2007, (9): 223-225.
- [16] 万文涛, 余可锋. 从美国诺贝尔奖得主的成长曲线看其创新教育[J]. 比较教育研究, 2008, (7): 36-40.
- [17] 林曾. 年龄与科研能力: 来自美国四年制大学理科教授的调查报告[J]. 科学学研究, 2009, 27(8): 1154-1164.
- [18] 钟云志. 我国数字图书馆研究论文逻辑增长模型的研究[J]. 情报杂志, 2005, (9): 61-62.
- [19] C. N. Yang, F. Dyson. (1983). *Selected Papers 1945-1980 With Commentary*. W. H. Freeman and Company, 74.
- [20] 万文涛. 大学科研团队的培育研究[M]. 南昌: 江西人民出版社, 2009: 52.
- [21] Spearman C. (1927). *The abilities of man: Their nature and measurement*. London: Macmillan.
- [22] Spearman C. (1927). *The abilities of man: Their nature and measurement*. London: Macmillan.
- [23] Cattell R. B. (1987). *Abilities: Their growth, structure, and action*. New York: Houghton Mifflin.
- [24] Horn J. L. (1968). Organization of abilities and the development of intelligence. *Psychological Review*, 75(3), 242-259
- [25] 吕和平, 陈玲, 任爱红, 郝春杰, 张苏亚, 王晓兰, 武晓洛. 老年人智力与年龄之间关系的研究[J]. 洛阳医学学报, 2002, (3): 210-212.
- [26] 唐细容, 蒋莉, 曾慧, 姚树桥. 成人认知功能的发展与老化: 一项控制同辈效应的横断研究[J]. 心理发展与教育, 2013, (3): 262-266.