

# 人口老龄化会影响创新吗？

李三希、姚东旻

## 一、引言

自 1978 年改革开放以来到现在，中国经济已经实现了持续三十多年的强势增长，取得了举世瞩目的成就。1978 到 2011 年间，中国的平均经济增速高达 9.98%，总 GDP 排名由 1978 年的第 10 位跃居至 2010 年的第 2 位，占世界经济的比重由 1980 年的 1.9% 上升至 2010 年的 9.4%。伴随经济发展的同时，人民生活水平也日益提高，已经由低收入国家发展为中等偏上收入国家。

然而许多学者也意识到中国现在的发展模式存在自身的问题，因而是不可持续的。尤其是，被现代经济增长理论视为增长源泉的技术进步，在中国三十多年的发展中所做的贡献还远远偏低。陈彦斌、姚一旻（2009）从经济增长模式角度比较了中国和八国集团（G8）中的部分大国，发现中国的资本贡献率过高，而衡量创新和技术的重要指标 TFP 的贡献率过低。1978-2007 年间，TFP 对中国经济增长的贡献率为 21.2%。而作为发达国家的美、法、德等国家 TFP 对经济增长的贡献率在超过 60% 的年份都大于 30%，在超过 29% 的年份内贡献率都大于 50%。中国的出口增长一直依靠利用进口元器件、设备和技术进行加工的低附加值、低劳动成本的制造业。

中国已经意识到这些问题并且正在谋求经济增长方式的改变，试图减少对技术含量低、耗费资源大的制造业的依赖，加大对科学、技术以及创新的投入来拓展中国的相对优势，完成从“中国制造”向“中国创造”的转变。科学技术创新将成为中国未来经济增长的发动机。正因为技术进步在经济发展中是如此之重要，党的十八大强调指出：科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。国务院 2006 年 2 月 9 日发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》，目标就是要将中国建设成创新型国家。

然而，长期的计划生育政策，使得中国的整体人口结构越来越明显地呈现倒金字塔形：第六次全国人口普查表明我国 60 岁及以上人口已达 13.26%，其中 65 岁及以上人口总人口的 8.87%，这充分表明我国已经步入了老龄化社会。因此，一个自然而重要的问题就是，人口结构的老龄化会不会影响我国进入创新型国家行列这一目标的实现？

学术界对于人口老龄化对创新和经济增长的影响存在两种看法。悲观主义者认为由于精力、认知能力的下降，以及知识结构的陈旧，再加上创新激励的不足，

老年人往往缺乏创新力。因此老年劳动力比例的增加，会成为科技创新的一大阻碍。要保持高的创新力，就必须有足够多的有着前沿专业知识的年轻劳动力。老龄化不仅会严重阻碍中国实现进入创新型国家行列这一目标，而且会通过创新大大降低中国的经济增长。乐观主义者则认为老龄化对创新的负面影响可能没有想象中的那么大。一方面，老员工可以将自己的丰富经验传授和分享给年轻员工，从而促进年轻员工的创新力。另一方面，人口老龄化会给年轻人留出更多的人力资本投资的机会，从而刺激年轻人的创新，缓解老年人创新不足带来的负效用（Fougère, M. and M., Mérette）。

本报告将探讨人口年龄结构和创新之间的内在联系。第二节将从微观和宏观两个层面上回顾已有的实证证据，总结证据中人口老龄化对创新的影响。第三节着重讨论注老龄化对创新的影响机制，从认知能力、人力资本和创新激励三个方面来阐述老龄化对创新的影响渠道。第四节结合中国人口老龄化状况，针对中国老龄化对创新的影响进行理论和实证分析。

## 二、发达国家人口老龄化对创新影响的证据与启示

本节主要总结已有文献中研究人口老龄化对创新影响的实证证据。研究基本上都使用发达国家——尤其是美国和德国——的数据进行研究。实证证据来源于两个层面。微观层面的证据主要考察创新者个人年龄和专利之间的关系。2.1 节中详细讨论微观层面的证据。宏观层面的证据主要考察劳动力年龄结构对企业、区域和国家层面的全要素生产力（TFP）的影响。2.2 节着重讨论宏观层面的证据。2.3 节针对发达国家实证经验的发现提出了老龄化对中国创新的启示。

### 2.1 创新者年龄和专利之间的关系

本小节总结创新的一个主要指标——专利的数量与质量——和发明者年龄之间的关系。文献主要有两大发现。第一，年龄—发明曲线是一个倒U型曲线。许多重大发明都集中在30-50岁之间。第二，知识密集型的行业内的创新和伟大的创新，更多的是由年轻人来完成的。而在经验依赖型的领域，创新高峰比较晚，并且在职业生涯的晚期也会比较稳定。

#### 2.1.1 倒U型的年龄——发明曲线。

**发明者年龄和专利数量之间的关系。** 研究发明者年龄和专利数量之间关系的代表性研究是 Jones（2005b）。该文章收集了美国1975-1995年间包括每个专利申请者年龄等的相关专利数据。其对年龄和专利数目相关关系的研究表明，发明者的年龄中位数在1975-1995年间都非常稳定的保持在48岁。

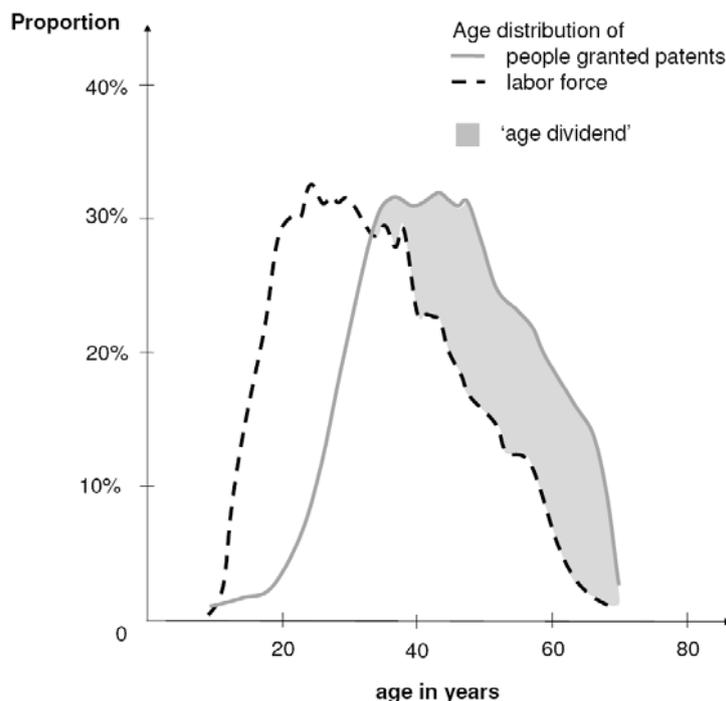


图 2-1-1 美国 1995 年专利持有者的年龄分布和美国整个劳动力的年龄分布（来源：Jones 2005）

从图 2-1-1 可知：年龄——发明曲线呈现出明显的倒 U 型特征，发明的高峰期在 30-50 岁之间。Henseke and Tivig (2008) 基于德国相关数据的研究结果也证实了同样的倒 U 型曲线的结论。他们发现发明者的平均年龄是 45.9 岁，中位数年龄是 44 岁。其所用数据来自 2003 年对 410 位德国发明家进行的逐个调研。Giuri et al. (2007, p. 1111) 以及 Mariani and Romanelli (2007, p. 1132) 使用一个名为 PatVal 的调查数据的研究也支持倒 U 型的结论。PatVal 数据库不仅包含每一个专利申请者从 1988 年-1998 年间的所有专利申请情况，还包含了专利申请者的年龄等等个人基本情况信息，因而能够精确地刻画个体创新能力如何随着年龄的变化而变化。

**发明者年龄和专利质量之间的关系。** Hoisl (2007a) 利用 PatVal 数据库中 3,000 个德国发明者在欧洲专利局申请的 35,210 个专利的数据重点研究了发明者年龄与发明质量之间的关系。文章假设高质量的发明更可能给将来的发明提供基础，且专利质量用一段时间内（比如专利公布的五年内）被引用的次数来度量。研究表明，专利质量遵循著名的倒 U 型规律。专利质量在 50 岁之前是增加的，超过 50 岁后缓慢的下降。

### 2.1.2 年龄——发明曲线的行业特征

文献的另一重大发现是年龄——发明曲线具有明显的行业特征：知识密集型的行业内的创新和伟大的创新，更多的是由年轻人来完成的。而在经验依赖型的

领域，创新的高峰期来的更晚，并且在职业生涯的晚期也会比较稳定。比如，Henseke and Tivig (2008) 基于德国相关数据的研究结果发现，在知识密集型行业中，比如信息、光学和生物行业，年龄-发明曲线严重向左倾斜，其中大多数发明都是 50 岁前完成，而最好的绩效出现在 35-40 岁之间。与之形成鲜明对比的是在经验密集型行业中，比如农业和冶金，高峰出现在 40 岁晚期，而在 60 岁左右还出现一个小高峰。而 Giuri et al. (2007, p. 1111) 以及 Mariani and Romanelli (2007, p. 1132) 利用 PatVal 的调查数据的研究结果也支持类似的结论。

## 2.2 年龄结构对 TFP 的影响

上节详述了个人年龄对创新的影响情况，而公司或者国家层面的研究并不把创新归于某个工人，而是归于一组具有一定年龄结构的工人。这使得我们能够识别个人在专利数目等等这些直接贡献之外的间接贡献。一个年老员工可能通过和年轻员工分享经验使得年轻员工更能够创造新产品 (see e. g. Hetze and Kuhn 2007; Kuhn and Hetze 2007)。同样，年轻员工通过与年老员工分享新思想和新知识也可能会促使年老员工把他们的经验转化为可专利化和可市场化的产品。这样，老年人和年轻人的技能共同转化为创新。这些间接的效果是我们在研究个人层面数据时没法兼顾的。下面将从劳动力年龄结构与企业、区域和国家层面生产力影响进行细致的分析与总结。

### 2.2.1 劳动力年龄结构和企业生产力

企业是生产力推动力的微观个体，且提升生产力的投资决策均是企业层面决策。因此有大量的文献从企业生产力层面来研究其与员工年龄结构之间的关系 (Skirbekk 2004; Schneider 2006)。和上一节类似，这类文献的两个主要发现也是年龄对生产力的效用遵循典型的倒 U 型关系以及具有明显的行业特征。此外，该类文献的另一个重要发现是年龄对不同性质的创新具有显著不同的影响：有年轻雇员的企业更能产生根本性创新，渐进性创新则不太依赖于员工的年龄结构。

#### 劳动力年龄结构和企业生产力的倒 U 型关系

对劳动力年龄结构和企业生产力之间关系的研究分为两类。第一类研究着重刻画企业的生产函数，认为企业的产出是企业的资本和物质投入，以及各种不同类型的劳动力投入的函数。多数研究得出年龄对生产力的效应是典型的倒 U 型关系，工人在三十或四十多岁时对公司的生产力贡献最大。和青壮年工人相比，老年工人对公司生产力的贡献相对较小 (Skirbekk 2004; Schneider 2006)。第二类研究刻画企业的全要素生产力和企业员工年龄结构的关系。Ilmakunnas et al. (2004, p. 262) 对芬兰的公司研究表明生产力先上升，到 40 岁左右达

到最大值，然后缓慢下降。同样的研究结果也见于 Malmberg et al. (2008)和 Daveri and Maliranta(2007)等。

### **劳动力年龄结构对企业生产力影响的行业特性**

有大量的证据显示高科技企业——也就是生产技术密集型产品的企业——的生产力和劳动力的年龄结构高度相关，而其他传统类型的企业的生产力则和劳动力的年龄结构无关。Daveri and Maliranta (2007)从员工工龄的角度出发，得出以下结论：在芬兰的高科技行业（比如电子行业）中，生产力先是随着工人进入此行业时间的增加而增长；当工人进入此行业的时间超过一定年限后，生产力开始下降。相比之下，在传统的行业，比如林业和机器制造业，并没有发现生产力在工人的工龄超过一定时间后下降的趋势。Ilmakunnas and Maliranta (2007)的研究发现，在信息和通讯技术行业（ICT 行业），解雇 49 岁以上的年老工人会提高生产力，而解雇青壮年劳动力则会降低生产力。并且，这一效应在 ICT 行业尤其突出，是其他传统行业的两倍。

### **劳动力年龄结构对不同性质的创新的影响**

企业的创新一般来说分为两类，一类是根本性创新，比如推出全新产品或者进行全新的市场创新；另一类是渐进性创新，即对已有的产品进行改善。Schneider (2008)利用 2004 年德国 1,000 家企业的数据对雇员平均年龄的增加与企业推出新产品的概率进行了深入研究。结果表明：根本性创新发生的概率在员工平均年龄为 40 岁时达到最大，而后会逐渐降低。而渐进性创新发生的概率则在 30 岁到 50 岁之间保持为一个常数。这表明，有年轻雇员的企业更能产生根本性创新，而渐进性创新则不太依赖于员工的年龄结构。

### **2.2.3 劳动力/人口的年龄结构和国家及区域的技术进步**

以上企业层面的研究将焦点放在年龄结构和企业生产力上。从国家层面研究劳动力结构对全要素生产率影响的经典文章是 Feyrer (2008)。文章对 87 个国家 1960 -1990 年大面板数据的研究表明，劳动力人口结构的变化和全要素生产率有很强且显著的相关性。40-49 岁的员工对全要素生产力的贡献最大，而其他年龄段的人口对 TFP 的贡献则相对较小或者几乎没有。如果现在 30-39 岁的人口比 40-49 岁的人口多 5%，那么十年以后，40-49 的人口比例就会增加 5%，而这会导致平均每个工人的人均年产出增加 16%。Werdning (2008)对 OECD 国家经济和人口数据的分析再次证明了各年龄段劳动力与其对全要素生产力贡献之间存在倒 U 形结构，且 40~49 岁年龄段劳动力对全要素生产力贡献最大（见图 2-2-3）。

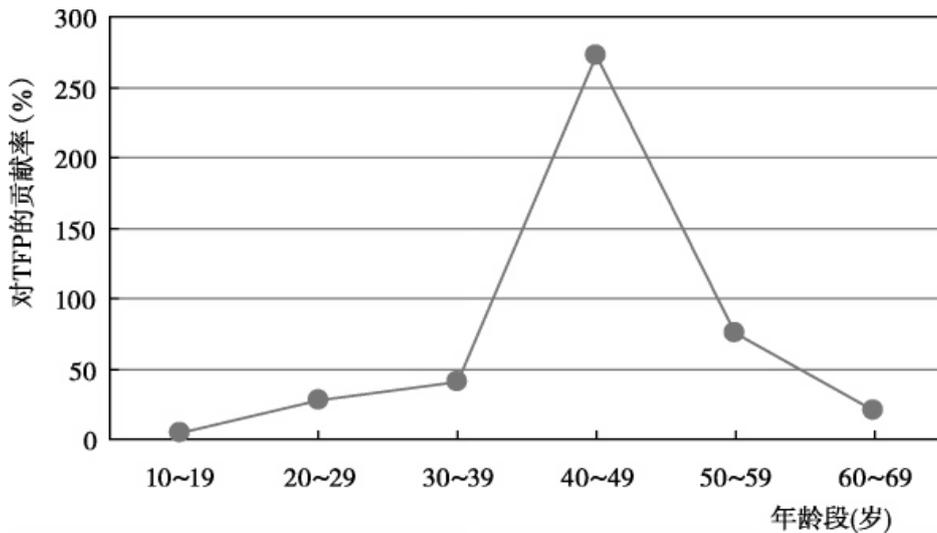


图 2-2-3

Prskawetz et al. (2007) 和 Fent et al. (2008) 研究了欧盟 25 个国家在 1995 年到 2005 年对新技术的采用。在这段时间内，欧盟的很多技术进步来源于美国的技术转移，因此对新技术的采用很大部分解释了技术的总进步。结果表明，15-29 岁的人口越多，就越容易采用前沿技术，而那些壮年和老年人口比例更大的国家采用前沿技术的比例则更低。

另一类文献则认为创新型企业的出现是技术进步的主要推动力。Bönte 等 (2007) 对德国各个地区的数据的研究发现，知识密集型（高科技）的新企业的创立和地区的年龄结构高度相关。而其他类型的企业的创立则和地区的年龄结构无关。特别的，他们发现，20 岁左右的人口比例越大，40 到 50 岁的人口比例越大，区域的创新就越大。这里创新用新成立的高科技企业的数目来表示。总结起来，从加总的层面来研究年龄结构和创新的影响使得研究能够包含个人对创新做出的更多的间接的贡献，包括知识传递和知识、经验的溢出效应。加总层面的主要发现：

- 第一， 年龄结构和创新之间存在倒 U 型关系。创新可以企业的生产力、对新技术的采用、公司创新的概率，创新型企业的创立或者国家的 TFP 等来衡量。这个结论在公司、国家和区域层面都有证据支持。
- 第二， 高科技企业的生产力和劳动力的年龄结构高度相关，而其他类型企业的生产力和劳动力的年龄结构基本无关。
- 第三， 根本性的创新更多的是年轻人完成的，而渐进性创新则和年龄结构基本无关。

### 2.3 对中国的启示

从实证经验的主要发现来看，虽然人口老龄化对创新有显著的影响，但影响只是针对高技术行业内的创新以及根本性的创新而言的。而对非高技术行业内的创新以及那些非根本性的创新，人口老龄化并没有显著的影响。鉴于中国现阶段还处于向创新型社会转变的过度时期，多数创新还是低质量的创新，非高技术行业所占比重仍然还很大，人口老龄化对中国现阶段总体创新的影响应该不会有发达国家那么大。但是随着中国向创新型社会的转变，老龄化对中国创新的影响可能会慢慢显著起来。

### 三、人口老龄化对创新的影响机制

第二节总结了人口老龄化对创新影响的实证证据。而这一节，我们着重探讨人口老龄化对创新的影响机制。通过现存的文献分析，我们梳理了三个基本假说以及相关证据，来试图阐明：老龄化确实可以通过以下三个机制影响个人的创新，一是老年人认识能力的下降，二是老年人人力资本的下降，三是老年人创新激励的缺乏。

#### 3.1 认知能力的视角

认知能力是指人脑加工、储存和提取信息的能力，即人们对事物的构成、性能与他物的关系、发展的动力、发展方向以及基本规律的把握能力。它是人们成功的完成活动最重要的心理条件。知觉、记忆、注意、思维和想象的能力都被认为是认知能力 (Ilmakunnas et al., 2004)。

老龄衰竭理论 (deficit theory of aging) 认为人们的体能和认知能力都会随年龄的增加而衰 (详见 Sturman, 2001 的综述), Verhaegen and Salthouse (1997) 的研究表明人们的推理能力, 记忆能力以及计算速度等都会在 50 岁后显著降低。Kanfer and Ackerman (2004) 的研究则表明人们的可变智力 (fluid intelligence) 会随着年龄的增加而降低。可变智力衡量的是人类发现复杂关系的能力, 也即人获得新概念和在新的环境中显示一般“聪明”与适应性的能力。因此, 可变智力的下降影会影响到知识的重组从而负面地影响新思想的形成。

年老员工不断降低的认知能力导致他们的创新能力更低, 除非他们长期的从业经验和高水平工作知识能抵消其心智能力下降而产生的负效应。然而不幸的是, 工作经验在最初几年能提升生产力, 但是当达到一定时间后, 经验就再也不能产生效益了 (Ilmakunnas 等 2004)。

#### 3.2 人力资本的视角

人力资本的概念最早由 20 世纪 60 年代美国经济学家 Schultz 明确提出, 指由投资形成的个体拥有的知识、技能和能力。Becker 发展了人力资本理论, 对人力资本的研究从微观经济学扩大到人的行为的广泛范畴的研究。他指出: 教育和经验是人力资本概念的关键特征, 教育增加个体的信息、知识、技能的存量; 经验包括工作经验, 也包括在职的实践性学习及培训等非正式教育。拥有更多或高质量的人力资本会获得更多想要的收益。

人力资本与创新密切相关。技术发明需要创新者的人力资本存量必须与技术前沿保持的足够紧密。创新者的人力资本存量离技术前沿越远, 则其有新创新、新发现的可能性也就越小 (Evenson and Kisllev, 1976; Kortum, 1997)。Nelson 和 Phelps (1966) 认为一个国家引进和使用新技术的能力来自国内的人力资本

存量；人力资本越高，技术进步进程越明显。当今技术进步异常迅速，这使得技术前沿不停向外移。因此，如果个人的人力资本保持不变，其创新的可能性也就越小。最典型的一个例子是高等教育；很显然，个人因高等教育积累起来的人力资本很快会远离技术前沿，因而在创新上能够发挥的作用会越来越小。为此，个人必须不停地进行人力资本积累，以紧跟技术前沿。

那么，人力资本积累和年龄的关系如何呢？就个体而言，人力资本存量表现出一定的变化规律：随着年龄的增长，人力资本存量由少到多，逐步增加，到某一年龄达到顶峰，然后再逐渐下降，最后耗竭殆尽。不同个体的人力资本存量都体现出这一变化规律，所不同的只是因自身素质以及环境不同，个体人力资本存量达到顶峰的值以及达到顶峰的年龄会有所不同。向志强(2003)将人力资本存量随年龄变化的规律称为人力资本存量的生命周期。

人力资本存量的变化规律由以下两个原因造成。一方面，老年人在人力资本积累中比年轻人更有劣势。人力资本存量的增加主要来自两个方面：首先，接受正规教育获得基础知识以及综合素质的提高，为形成其它类型人力资本奠定基础；然后，通过“干中学”以及在职培训等途径获取直接用于生产产品与服务的专业知识和技能。对于公司提供的正式训练，老年人有两类劣势。首先，有研究发现学习能力会随着年龄的增长而降低(Verhaegen and Salthouse, 1997)；因此，相对于年轻人而言，相同程度的正式训练给老年人带来的人力资本积累会更少。其次，老年人相对于年轻人而言会更少有动机去积累人力资本；这是因为学习是一种有成本的投资，而老年人受益的时间相对于年轻人而言会更短，因此他们的学习动机更弱。对于无成本的干中学而言，撇开学习能力不说，老年人通常不会被安排在紧随技术前沿的职位，而是被安排在那些不需要采用前沿技术的岗位(Friedberg, 2001.)因此，不管是通过正式的训练，还是非正式的干中学，老年人积累人力资本的速度都应该比年轻人要慢。

而另一方面，老年人人力资本流失的速度更快。第一，人的体力和精力受到生命周期的作用，随着年龄增长，学习新知识、新技能或从事繁复工作的能力逐渐下降；第二，科学技术创新将逐步淘汰原来掌握的知识和技能。知识前沿的不断外扩使得老年人原来积累起来的知识越来越过时。

然而，从人力资本角度来看，老龄化并不一定成为生产力增长率的拖延因素。首先，从第二次工业革命以后创新变得更加困难，教育正逐渐变成创新的有利条件。Martin(2008)研究发现教育成就(educational attainments)的世代效应(cohort effects)对TFP水平及其TFP增长率来说是重要的影响因素。其次，接受充足教育的人群其认知能力(对创新活动非常重要)的顶峰出现在他们事业生命中的较后期，而顶峰之后相对于没受教育的人群其认知能力较为稳定；最后，

年老员工基于经验和知识积累而具有比年轻员工所不具备的优势。由此，假若年老受教育员工仍作为劳动力，老龄化就并不会滞后经济的发展。此外，一个年老受过教育的劳动人口可能通过推进组织发展以对生产力增长率有不成比例的贡献程度。经验和知识丰富的员工可以对如何改善体系内部冲突以及部门间关系提供指导并提高生产力增长率，以抵消在其他方面减少的生产力 (Salthouse and Maurer, 1996)。

### 3.3 激励的视角

创新不仅取决于创新者的能力，而且取决于创新者的激励。有理由相信年轻人更有创新的激励。经济学中著名的职业生涯考虑 (career concern) 理论为此提供了很好的理论支撑。年轻人在职业生涯的初期会非常有动力努力把业绩做好。这是因为，如果他们在初期的业绩很好，他们就向市场发出一个信号，表明他们是能力很高的人。这样，很快他们就可以在在市场上找到高工资的工作，或者原来的公司为了留住他们会给他们匹配一个高工资。在余下的很长的一段职业生涯里面，他们都会因为初期的努力而获利。而老龄人则会有更少的职业生涯关注，因此会缺乏动机干活。这是因为，一方面，他们在之前的职业生涯的业绩表现已经给市场发出足够准确的信息来表明他们是不是高能力的；另一方面，他们的职业生涯也很快就结束了，因此他们只能在余下的很短的职业生涯里面获利 (详见 Gibbons and Murphy, 1992)。

## 四、中国的老龄化对创新的影响

本节着重探讨中国人口结构老龄化对创新的影响。本节采用专利数量作为创新的一个度量，实证分析老龄化是否并且在多大程度上影响了中国的创新。根据 Hu and Mathews (2008) 的文章，影响创新的其他重要因素还有研发投入，人力资本和人均 GDP。因此，我们还将分别考察这些因素对中国创新的影响。在进入回归分析之前，我们先总结一下中国的创新现状。

### 4.1 研发投入的现状

我们从中国的研发支出占 GDP 的比重、中国科技人力资源占总人口的比重以及研发支出中用于研究的比重三个方面考察中国的研发投入的现状。

#### 中国的研发强度

研发强度定义为研发支出占 GDP 的比例。中国的研发强度在快速增长，而发达国家的研发强度则比较平稳地维持在 2.2% 左右。中国的研发强度到 2009 年已经达到 1.7%，已经达到世界平均水平，稍高于亚洲的平均水平，远高于发展中国家的平均水平，并且正在逼近发达国家的平均水平。

相对于目前人们的生活水平中，中国的研发强度是比较高的。在金砖五国中，

中国的研发强度是最高的，而且增速也是最快的。其他四个国家中，巴西的研发强度比较平稳的维持在 1.1% 左右，俄罗斯的研发强度维持在 1.25% 左右，印度的研发强度维持在 0.75% 左右，而南非的则维持在 0.9% 左右。只有中国从 2002 年的 1.07% 快速增长到 2009 年的 1.70%。

### 中国科技人力资源

为提升科技水平，中国在调动丰富的人力资源以及增强劳动力的创造性方面付诸了巨大而有成效的努力。中国每百万人中拥有的研究人员总数，虽然还远远低于美国和欧盟，但是在快速增长，增长的速度远超美国、欧盟和日本（见图 4-1-1）。

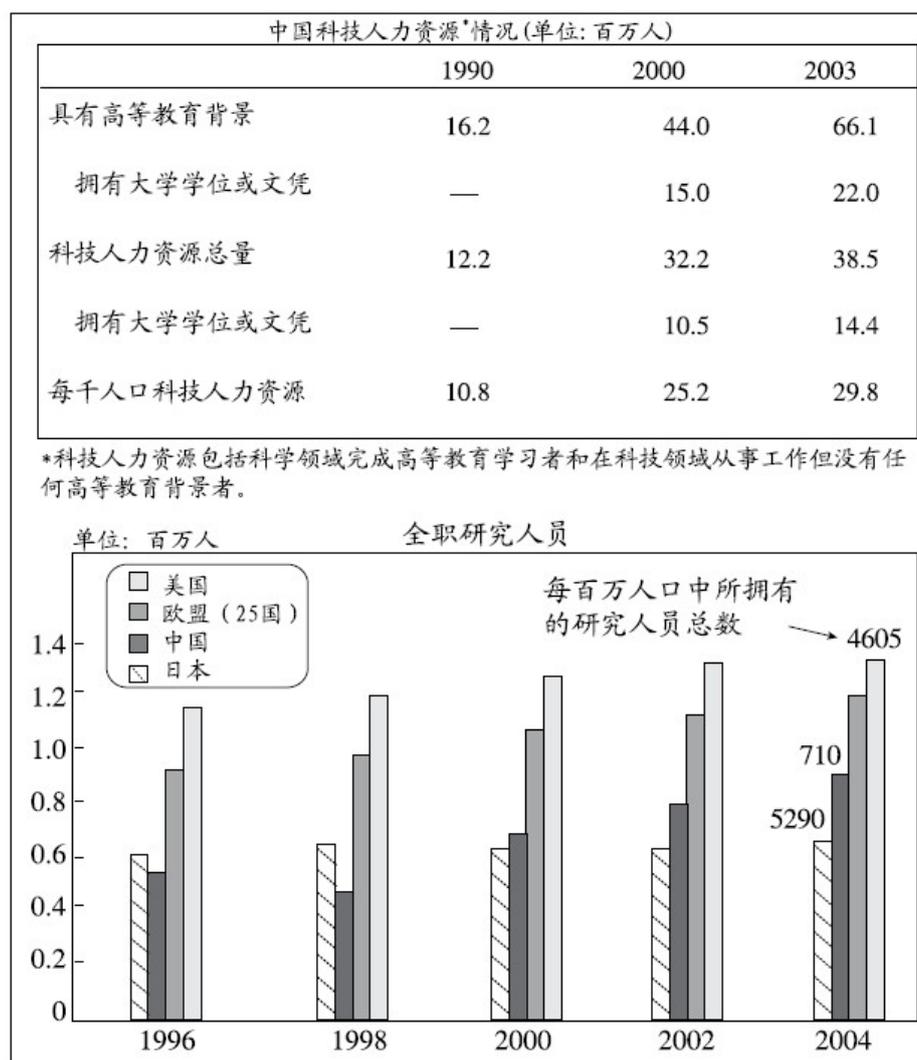


图 4-1-1. 中国科技人力资源及研究人员储备情况。数据来源：中国人口普查数据及教育统计；OECD

### 研究支出的比例

在研发支出中，研究所占比例过少，研究主要集中在实验开发，超过 70%。基础研究和应用研究投入仅占研发总支出的 25%，其中基础研究更是只有可怜的水平。

## 4.2 研发成果的现状

我国已实现了连年增长的科研投入,这说明部分度量了我国用于创新的资源正在连续增长。本小节考察研究成果之一,也就是专利的现状。

首先,从专利数量上来看,我国三项专利数目的申请数和授权数显著上升。但也必须清醒看到,从专利类型的分布看,主要还是实用新型专利和外观设计专利为主。而代表根本性创新的发明专利的申请量和授权量所占比例仍然很低,尤其是授权数量在三类专利中比重较低的不利状况多年来没有得到根本改善(见图4-2-1和图4-2-2)。

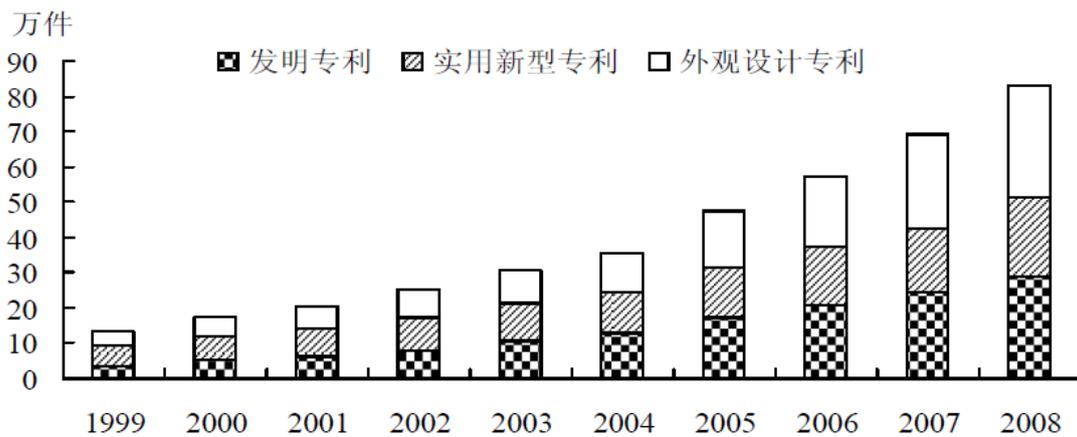


图 4-2-1 我国专利类型构成

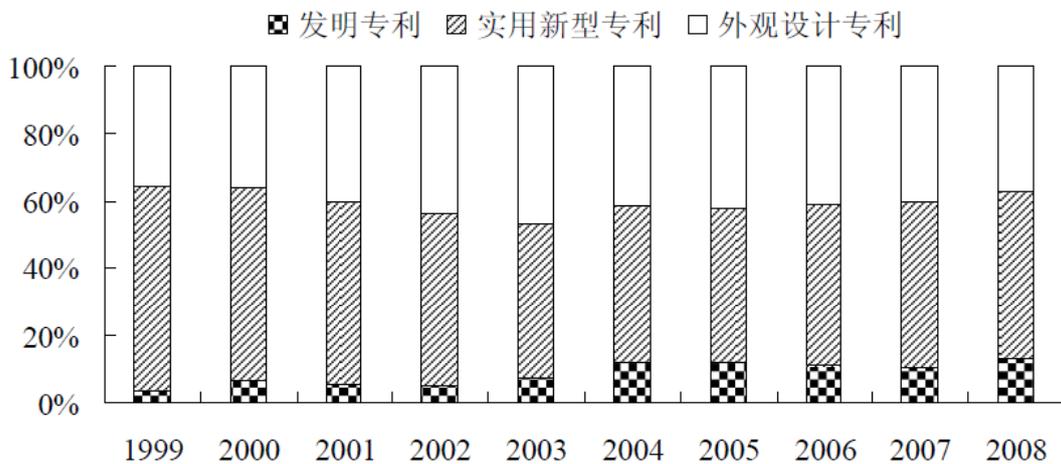


图 4-2-2 我国专利类型构成比例

其次,中国企业技术创新能力存在产业差异。陈小洪(2007)将我国的产业分为几类:有较强技术开发能力、综合实力亦较强的产业,如钢铁、石化;有较较强的技术开发能力,综合实力达到中等水平的产业,如通讯设备业;有中等或较强(根据产品不同有异)的技术开发能力,亦有一定的综合实力的产业,如发电设

备、电子 II 终端(TV、PC)业；有一定技术能力，但企业实力尚弱的产业，如液晶；轿车业代表企业技术能力有待提高，但企业实力相对较好。

### 4.3 中国老龄化对创新的影响

这节我们着重分析老龄化对创新的影响。除了老龄化以外，本节还考察研发投入、人均 GDP, 人力资本和贸易依存度对创新的影响。而我们之所以要引入这些因素，是因为贺京同、李峰（2007）利用经典估计贝叶斯平均方法对可能影响中国自主创新的因素进行了全面的分析，在上百万次回归的基础上，发现在事先列出的 20 个可能的解释变量中，本地区试验发展支出、人均 GDP、贸易依存度出对创新产出的解释能力最强。由于贺京同、李峰（2007）事先列出的二十多个变量没有包括人均资本存量，所以他的结果中没有人均资本存量。但是有大量证据显示人均资本存量能够显著影响创新（Frosch 2011），因此我们的研究也将包括这一变量。

我们运用随机效应模型对除西藏外的 30 个省市 2002 至 2009 年的平衡面板数据进行计量分析。针对科研创新这一指标，我们采用包含发明、实用性，外观设计专利授权数量作为代理变量，以此来表征各个时点，每一地区的“创新”状况。（根据中国统计资料的实际情况,遵循研究惯例,采用国内外众多学者（Feldman,1994;Bode,2004;吴玉鸣,2006 等）普遍采用的专利申请授权数作为技术创新能力的评价标准。）

大量实证研究发现,知识生产函数确实存在,而且作为一个经验模型,知识生产函数为研究地方化知识流动的特性及其对区域创新的影响提供了有效的经验模型框架。基于以上认识,本文采用改进的Griliches-Jaffe知识生产函数的柯布一道格拉斯形式，即：

$$Q_i = A_i \cdot K_i^\alpha \cdot H_i^\beta \cdot \varepsilon_i$$

其中，Q为科技创新产，本文中采用专利数量代表；K为R&D经费投入；H为人力资本； $\varepsilon_i$ 为随机误差项；i代表各观测单元（本文指30个省市）；常数项A表示，去除人力资本和科研投入之外的技术创新能力，在本文中，将引入人均GDP和贸易依存度两个因素来表征这一影响。

杰菲(Jaffe,1989)认为知识生产函数的适用范围非常广泛,除了可用于度量企业和科研机构的投入产出效率外,还可以拓展到区域和国家间创新水平和创新效率的比较研究。首先,不同创新系统间产出弹性的差异将随着系统本身内在特征的不同而变化,因此可以通过考察具有代表性的变量来找出这些差异的成因。其次,生产函数的常数项与研发产出有着相同的维度,如果能够将创新活动的产出表示为某一度量(比如专利授权数、新产品数等),则常数项的估计不受汇率和价格水平的影响,而产出弹性本身也是无量纲的,不会受到创新系统投入价格水平的不同

及其变化率变动的的影响。

在具体面板计量的过程中，有两个问题需要明确：第一，对于人力资本存量的估算；第二，对于随机效应模型的选择。

对于人力资本估算，本文采用教育年限法：仿照一般的方法(如彭国华, 2005)就业人员受教育程度构成：文盲半文盲；小学；初中；高中；大专及以上（大学专科；大学本科；研究生），其平均受教育年数分别定为1.5、6、3、3、3.5年，然后根据相应的数据计算出各年份的劳动力平均接受教育年数。<sup>1</sup>

把各年份平均接受教育年数转换成人力资本存量时，需要知道各个接受教育阶段的回报率，但是由于中国统计制度的不完善和相关统计数据的缺乏，在国内并没有一个得到普遍承认的分教育阶段的教育回报率的数据，本文仿照彭国华(2005)采用被广泛引用的国外学者Psacharopoulos(1994)及最新的Psacharopoulos et al(2004)对中国教育回报率的估计数据：中国教育回报率在小学教育阶段为0.18，中学教育阶段为0.134，高等教育阶段为0.151，则教育年数在0-6年之间的教育回报率为0.18，6-12年之间为0.134，12年以上为0.151。如果受教育年数平均为13.5，则人均人力资本的计算方法就为 $Lnh=0.18*6+0.134*6+0.151*1.5$ 。最后我们就可以利用以上数据计算出人力资本 $H=\exp(Lnh)*L$ 。

第二，关于随机效应模型的选取。事实上，由于对于创新过程，我们如同“黑箱”一般，对其机制并不十分了解，因而粗略的认定地区或时间对于创新有某种趋势效应，是不合适的，基于此种认知，我们使用随机效应来代表这中对于机制的“无知”。为了更精确地确定到底是使用固定效用模型还是随机效用模型，我们进行了Hausman检验，结果表明应该采用随机效用模型进行估计。

当然，在计量处理时需要用价格平减指数来调整各种名义变量，最后的计量结果如下表：

表1：计量结果

| 被解释变量 专利对数值 LPATENT |           |                   |          |        |
|---------------------|-----------|-------------------|----------|--------|
| 解释变量名称              | 解释变量代码    | 系数                | 标准差      | P值     |
| 实际科研投入对数值           | LR_RD     | 0.250311***       | 0.104988 | 0.0179 |
| 实际人均GDP对数值          | LR_PY     | 0.734178***       | 0.181833 | 0.0001 |
| 人力资本存量对数值           | LHC       | 0.857166***       | 0.134882 | 0.0000 |
| 常数项                 | C         | -7.840795***      | 2.343853 | 0.0010 |
| 老龄化比例               | AGE       | 0.049282          | 0.033726 | 0.1453 |
| 贸易依存度的对数值           | LOG(DDFC) | 0.180060***       | 0.074660 | 0.0166 |
| F-statistic         | 112.4453; | Prob(F-statistic) | 0.000000 |        |

<sup>1</sup>其计算公式为：劳动力平均接受教育年数=文盲半文盲的就业人口比重\*1.5+接受小学教育的就业人口比重\*7.5+接受初中教育的就业人口比重\*10.5+接受高中教育的就业人口比重\*13.5+接受大专及以上教育的就业人口比重\*17。

|   |                   |        |
|---|-------------------|--------|
| R-squared 0.706114; Adjusted R-squared 0.699834 |                   |        |
| Correlated Random Effects - Hausman Test        |                   |        |
| Test Summary                                    | Chi-Sq. Statistic | Prob.  |
| Cross-section random                            | 10.029328         | 0.0744 |

注：“\*\*\*\*”表示在显著性1%下显著；“\*\*\*”表示在显著性为5%下显著；“\*”表示在显著性为10%下显著。

根据计量结果，我们有如下发现：

第一，总体模型回归效果非常好，中国的省级面板数据可以证明创新生成函数的基本设定：人力资本存量，科研投入，对专利申请数量起到了显著正向作用；这些结果表明发展和完善中国的教育体系，以及持续对研发活动进行经费支持是提高我国创新能力的关键因素。

第二，针对其他因素影响专利申请的因素，我们引入了人均GDP和贸易依存度当作控制变量，发现其对模型的控制也是极其显著的，并且也符合我们的预设，经济越发达，对外交流程度越高，则越有利于专利的产生。因此，要提升中国的创新能力，还必须保持稳定的经济增长，坚持对外开放的政策。

第三，作为对于老龄化是否影响我国创新的探索，我们发现，从现有的数据出发，当很好的控制了科研投入，人力资本存量，人均GDP和贸易依存度之后，老龄化程度即使在10%的显著水平下，仍然不能支持老龄化对于专利数量有边际贡献的原假设，这一点和之前讨论的发达国家的经验明显不同。

我们从以下几个方面提供几个可能的解释，来理解老龄化对创新的影响为什么在中国和发达国家是不一样的。首先，从研发支出的比例上来看，中国研究所占比例过少，研发主要集中于实验开发，超过70%，而基础性研究研究只占6%。相应地，中国专利类型的结构明显劣于发达国家，还是实用新型专利和外国设计专利为主，而代表根本性创新的发明专利的申请量和授权量所占比例仍然很低。中国的专利数于2007年超过欧洲和韩国，排在世界第三位。但从质量来看，最具价值的发明专利比例严重偏低。据美国专利与商标办公室（USPTO）发明专利申请和授权统计中，中国所占比例均不足1%。换言之，中国的创新更多的是那些与年龄结构相关性不大的渐进性创新，而那些和年龄结构高度相关、更需要年轻劳动力的根本性创新在中国创新中的比例并不高。而之所以我国缺乏根本性的创新，原因在于我们还并没有达到知识和技术前沿，而是仍处于跟踪模仿和引进技术消化吸收阶段。

其次，相对发达国家而言，中国高科技产业占的比重仍然偏低，而经验密集型的产业，比如机械设备、冶金、石化和采掘业等占的比重仍然较大。而且高科技产业的研发强度也偏低据统计，与发达国家相比，我国高技术产业研发投入强度不足其 1/5（陈强、王艳艳2010）。不仅如此，即使是在高技术产业里面，中国也主要是通过组装进口原价来实现高附加值产品的生产。在中国出口的高科

技产品则主要集中在办公设备及电视机、通讯设备。相比较而言，诸如医药等科技含量更高的产品则很少。而且我国高技术产品出口额中有近67.6%是外商独资企业创造的，有16.3%是由中外合资企业创造的，两者相加达到83.9%。这说明我国生产的高技术产品中，真正拥有自主知识产权的非常少，与同期高附加值的高技术产品出口30%左右的份额、居世界第一的美国相比差距还很大。

除此之外，我国现阶段科技创新主体的特殊性，也是导致老龄化对其专利申请影响不显著的一个原因。2007年我国从事研究与试验发展活动的科学家和工程师为142.3万人，与1980年相比，提高了3.41倍。但是，我国的人才构成不合理，高层次创新人才极其缺乏。在发达国家，高层次人才占人才总数的比例约为15%至20%，但我国仅为5.5%。我国每百万人口中从事研发的科学家和工程师，只有日本的8%、韩国和美国（不包括工程师）的15%，这样的构成，导致了我国的创新人员主体在全体国民中占比极其微小，因此，受到全部人口老龄化的影响也自然微弱；另一方面，由于我国在十年文革期间，存在高等教育的间断，国民教育不具备连续性，此时正在科研一线的人员也大都是1979年恢复高考之后接受高等教育，进入科研队伍的人员，因此客观上促生了我国目前科研人员年龄结构趋同，从而更加减小了老龄化的影响因素。

根据前面发达国家的实证经验，高技术含量行业的创新和年龄结构高度相关，而其技术含量不高的行业的创新则和年龄结构的关系不大。鉴于我国高科技行业所占比重、高科技行业内研发强度以及高科技产业本身的技术含量都大大低于发达国家，老龄化对我国创新的影响不显著也就在情理之中了。

## 五、结论

本文通过文献对比和发达国家的实证经验比较，运用随机效应模型对除西藏外的30个省市2002-2009年面板数据进行计量分析，主要发现如下：

1. 根据发达国家的实证经验，创新和年龄结构之间存在明显的倒U型关系。这种关系在个人、公司、区域和国家层面都有丰富的证据支持。其中，知识密集型的行业内的创新和伟大的创新，更多的是由年轻人来完成的。而在经验依赖型的领域，创新高峰会晚一些，并且在职业生涯的晚期也会比较稳定。根本性的创新更多的是年轻人完成的，而渐进性创新则和年龄结构基本无关。

2. 影响中国创新的主要因素是人力资本存量、人均GDP、实际研发投入和贸易依存度。经济越发达，人们受教育水平越高，对研发支出的力度越大以及对外交流的程度越高，越有利于创新的产生。

3. 老龄化对中国的创新没有显著的影响。这可能是由于中国目前的创新还是以渐进性创新为主，根本性创新为辅，并且高科技行业所占整个制造业比重、研

发强度以及高科技行业本身的技术含量都偏低造成的。老龄化并不会显著影响渐进性创新和非高科技行业中的创新，因此也没有显著地影响到我国现阶段的创新。

考虑到目前我们的现状，未来老龄化可能会影响到中国的创新。理由如下：

1. 我国正在向创新型国家转变。这意味着我们以后的创新，需要更多的根本性创新，降低渐进性创新的比例。根据国际经验，老龄化对根本性创新的影响会更大。因此，随着我国专利结构的逐渐优化，老龄化的影响将会更显著。

2. 我国正在向知识密集型的方向进行产业升级。知识密集型产业的创新更多是由年轻人完成的。伴随我国产业的升级，势必加大对年轻创新人才的需求。我国日趋严重的老龄化现状可能将成为一个主要的障碍。

## 参考文献

- [1]Alexia Prskawetz et al .2006. The Impact of Population Ageing on Innovation and Productivity Growth in Europe .
- [2]Feyrer, J. 2007. Demographics and Productivity. Review of Economics and Statistics 89:100 - 109.
- [3]Feyrer, J. 2008. Aggregate evidence on the link between age structure and productivity. Population and Development Review 34(Supp.): 78 - 99.
- [4] Fougère, M. and M., Mérette.1999. Population ageing and economic growth in seven OECD countries. Economic Modelling, Vol 16, Issue 3, Pages 411 - 427
- [5]Giuri P, Mariani M, Brusoni S, et al. 2007. Inventors and Invention Processes in Europe: Results from the PatVal-EU Survey. Research Policy 36: 1107-1127.
- [6]Harhoff, D.and Hoisl,K. 2007 .Institutionalized incentives for ingenuity - patent value and the German Employees' Inventions Act. Research Policy, 36:1143 - 1162.
- [7]Henseke, G. and Tivig, T. 2008 .Demographic change and industry-specific innovation patterns in Germany. In Kuhn, M. and Ochsén, C. (eds), Labor Markets and Demographic Change. Wiesbaden:VS Research:122 - 136.
- [8]Hetze, P. And Kuhn, M. 2007 .Training und Wissenstransfer in alternden Belegschaften. Wirtschaftspolitische Blätter, 54, pp. 721 - 730.
- [9]Hoisl, K.2007. A Closer Look at Inventive Output-The Role of Age and Career Paths. Munich School of Management Discussion Paper No 2007 No. 12.
- [10]Iilmakunnas, P., M. Maliranta, and J. Vainiomaki. 2004. The roles of employer and employee characteristics for plant productivity. Journal of Productivity Analysis 21: 249-276. Kluwer, Holland.
- [11]Iilmakunnas, P. & Maliranta, M. 2007. Aging, labor turnover and firm performance.

ETLA Discussion papers. no1092.

- [12] Jones, B.F. 2005. Age and Great Invention. NBER Working Paper No. 11359.
- [13] Katharina H. Frosch. 2011. Workforce Age and Innovation: A Literature Survey. *International Journal of Management Reviews* 13:414 - 430.
- [14] Kuhn, M. and Hetze, P. 2007. Team composition and knowledge transfer within an ageing workforce. Rostock Center Discussion Paper No. 14.
- [15] Lindh, T. and B. Malmberg. 1999. Age Structure Effects and Growth in the OECD 1950 - 1990. *Journal of Population Economics* 12:431 - 449.
- [16] Maitland, S. B., R. C. Intrieri, K. W. Schaie, and S. L. Willis. 2000. Gender differences and changes in cognitive abilities across the adult life span. *Aging, Neuropsychology, and Cognition* 7(1): 32-53.
- [17] Malmberg, B., T. Lindh, and M. Halvarsson. 2008. Productivity consequences of workforce aging: Stagnation or Horndal Effect? *Population and Development Review* 34(Supp.): 238 - 256.
- [18] Mariani, M. and Romanelli, M. 2007. 'Stacking' and 'picking' inventions: the patenting behaviour of European inventors. *Research Policy*, 36:1128 - 1142.
- [19] Nelson, R. R. and Phelps, M. 1966. Investments in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth. *American Economic Review* 65:69-75.
- [20] Phelps, R. and J. Shanteau. 1978. Livestock judges: How much information can an expert use? *Organizational Behavior and Human Performance* 21: 209-219.
- [21] Prskawetz, A., Malmberg, B. and Skirbekk, V. 2007a. Demographic structure and firm productivity in Austria. *Wirtschaftspolitische Blätter* 54:595 - 608.
- [22] Prskawetz, A., Malmberg, B. and Skirbekk, V. 2007b. Firm productivity, workforce age and educational structure in Austrian industries in 2001. In Clark, R., Ogawa, N. and Mason, A. (eds), *Population Aging, Intergenerational Transfers and the Macroeconomy*. Northampton, MA: Edward Elgar, pp. 38 - 66.
- [23] Prskawetz, A. et al. 2007c. The relationship between Demographic change and economic growth in the EU. *Research Report* 32. Vienna: Vienna Institute for Demography.
- [24] Salthouse, T. 1984. Effects of age and skills in typing. *Journal of Experimental Psychology* 113: 345-371.
- [25] Salthouse T.A. 1985. *A Theory of Cognitive Aging*. North-Holland. Amsterdam.
- [26] Salthouse, T. and T. J. Maurer. 1996. Aging, job performance and career development. In: J. E. Birren, and K. W. Schaie (Eds.) *Handbook of the Psychology of Aging*. 4th ed., Academic Press Inc.
- [27] Schneider, L. 2006. Sind ältere Beschäftigte weniger produktiv? Eine empirische Analyse anhand des LIAB. Rostock Center Discussion Paper No. 3.
- [28] Schneider, L. 2008. Alterung und technologisches Innovationspotential - Eine

Linked-Employer - Employee-Analyse. Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft  
33: pp. 37 - 54.

- [29]Skirbekk, V. 2004. Age and individual productivity: A literature survey. In:  
G. Feichtinger (Ed.) Vienna Yearbook of Population Research. Vienna, Verlag der  
Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- [30]Verhaegen, P. and T. A. Salthouse. 1997. Meta-analyses of age-cognition  
relations in adulthood. Estimates of linear and nonlinear age effects and  
structural models. Psychological Bulletin 122(3): 231-249.
- [31]向志强, 2003, 人力资本生命周期与教育需求[ J ]。经济评论 ( 2 ): 32-35。
- [32]孙旭, 2008, 基于受教育年限和年龄的人力资本存量估算, 统计教育 105 (6): 19-23。
- [33]李婧、邢向阳、郝索, 2012, 中国经济增长可持续性的再研究, 统计与决策 365 (17):  
123-125.
- [34]陈小洪, 2012, 我国企业的技术创新: 现状、机制和政策, 中国软科学, 第五期: 22-33.
- [35]李宾、曾志雄, 2009: 《中国全要素生产率变动的再测算: 1978~2007 年》, 《数量经济  
技术与经济研究》第 3 期。
- [36]贺京同、李峰 (2007), 《影响自主创新的因素——基于 BACE 方法对中国省际数据的  
分析》, 《南开经济研究》, 2007 年第三期
- [37]陈彦斌、姚一旻 (2010), 《中国经济增长的源泉: 1978 2007 年》, 《经济理论与  
经济管理》, 2010 年第 5 期
- [38]陈 强、王艳艳 (2010), 《金融危机背景下我国科技政策的平衡分析》, 《科技进步与  
对策》, 2010 年第 27 卷, 第 15 期