



Cai & Stoyanov 2016

Cai & Stoyanov 2016

这篇文章试图说明：国家之间的人口统计差异(demographic differences)是国际贸易中比较优势来源之一；由于许多技能与年龄相关，对于随着年龄贬值的技能，人口老龄化(population aging)减少了这种技能的相对供应 并增加了这种技能的相对价格；依靠年轻工人相对更有效率的技能的行业 在劳动力更年轻的国家生产力更高，而在人口老龄化的国家生产力更低；在神经学和经济学文献的基础上，作者构建了各种与年龄相关的技能强度的行业层面测量，并表明人口老龄化导致了密集使用年龄增值技能(age-appreciating skills ,随着年龄增值的技能)的行业的专业化，并侵蚀了年龄贬值技能(age-depreciating skills)更为重要的行业的比较优势；

1. introduction

随着老龄化导致劳动力的年龄结构向老年工人转变，许多国家的人口结构发生了重大变化；这些变化可能会 通过改变与年龄相关的技能的相对供给 对国家内部的经济活动结构以及它们之间的贸易模式产生深远的影响(have a profound influence on)；最近关于老龄化的研究表明(Recent research on aging suggests that)，年龄与某些认知能力之间存在负相关关系，许多研究表明(with a number of studies showing that)，认知能力下降早在 25 岁就开始了；这意味着，老龄化社会的某些认知技能的质量和存量下降得更快，因此，可能会在大量使用这些技能的行业中失去比较优势；**在本文中，作者研究了国家间人口年龄结构的差异如何影响全球贸易流；具体而言，作者发现了一个新颖的、经验上相当大的比较优势的来源：年龄相关技能(age-dependent skills)的相对供给和质量在不同人口构成的国家之间有所不同(the relative supply and quality of age-dependent skills that vary across countries with different demographic compositions)；**

本文将关注技能和生产力的**经济学与** 首先提出 不同技能随年龄变化 这一概念 的**心理学联系起来**；一系列关于认知能力和衰老的研究一致表明，演讲和语言能力随着年龄的增长而提高，而记忆、多任务处理和信息处理速度则随着年龄的增长而下降；此外，随着年龄的增长 体力下降 在医学文献中也有详细记载；了解这些技能对不同职业的重要性及各行业的职业构成，我们能够确定行业对每个年龄相关技能的需求；例如，在严重依赖年龄贬值认知技能(age- depreciating cognitive skills)的职业中，有各种类型的操作员，其中，协调、分散注意力和感知速度非常重要；因此，**在大多数工人作为机器安装工和操作员进入的行业，如纱线厂或木制品制造业，会大量使用年龄贬值技能；其它行业，如印刷或饮料和烟草，雇佣许多工人从事需要良好的书面和口头沟通技能的职业(如，技术作家或销售代表)，并大量使用年龄增值认知技能；**

一种机制是通过人口老龄化对年龄相关技能存量的影响而发挥作用；如果个人拥有一定数量的年龄相关技能，并向市场提供这些技能，那么，在其它条件下相同的情况下(all else being equal)，劳动力老龄化的国家将拥有较低的禀赋和较高的年龄贬值技能的相对价格，因此专注于生产大量利用年龄增值技能(年龄大时有优势的技能)的商品；人口统计的**第二个运作机制是对劳动生产率的影响**；如果老龄化影响的是与年龄相关的技能的质量而不是数量，那么，年龄较大的工人在需要年龄贬值技能的任务中的生产力就会降低，劳动力的年龄构成将决定一个行业的相对生产力；由于劳动力市场摩擦的存在，无法根据工人的年龄将其完美地划分到不同的行业，因此，行业将继承全国的年龄分布，在这种情况下，人口老龄化将改变各行业员工的年龄分布，并增加(或减少)依靠年龄年龄增值(或年龄贬值)技能的行业的劳动生产率(labor productivity)；

Heckscher–Ohlin 和李嘉图机制都暗示 人口老龄化(年轻化)的国家将专注于密集使用年龄增值(年龄贬值)技能的行业；图 1 到图三说明了这一预测，并绘制了 2000 年年龄中位数低于 20 岁(年轻)和高于 35 岁(老年)的国家各行业出口份额和技能密集度之间的关系图；正如所预测的(as we expect)，人口老龄化国家出口更多的是集中使用年龄增值认知技能的行业，而出口较少的是更依赖身体和年龄贬值认知技能的行业；相反的模式在人口较年轻的国家中观察到，这些国家更专注于依赖年龄贬值技能的商品；网络在线附录中的图 1A 同样显示，年龄增值(年龄贬值)技能强度高的行业倾向于雇佣年龄较大(较年轻)的工人；这种模式表明，随着工人年龄的增长，他们在需要年龄贬值技能的任务中的生产率下降，技能回报率下降，使得老年人更有可能转向重视年龄增值技能的行业；

技能发展(skill development)与老龄化之间的关系使我们 能够通过使用人口构成中可观测到的跨国差异作为代理，分析认知技能的不可观测禀赋对贸易流的影响；通过对行为和神经科学文献的调查，作者确定了已知会在个人生活过程中发生变化的认知技能；为了衡量这些技能的部门(行业)密集度(强度)，作者从 O*NET 数据库中检索了它们对不同工人职业重要性的指标；然后，作者使用从美国劳工统计局获得的每个四位数 NAICS 行业的职业构成，为每个四位数 NAICS 行业构建每个年龄相关技能重要性的加权平均度量；由于许多这些技能重要性变量高度相关，并其影响不能用作者使用的数据单独确定，因此 **作者使用主成分分析将所有年龄相关技能分为三大类：体能(physical abilities)、年龄增值认知能力和年龄贬值认知能力；**

作者利用包含了 1986 到 2010 年期间 86 个行业的丰富双边贸易数据，确认了关于老龄化对比较优势影响的主要理论预测；作者发现，人口老龄化(年轻化)的国家在 更密集使用年龄增值(年龄贬值)技能的商品世界贸易中占有更大的份额；在包括 136 各个出口国的基准回归中，研究表明，一个国家的年龄中位数与该行业在年龄相关技能方面的强度之间的相互作用是双边贸易流的重要决定因素，无论是经济上还是统计上；**这一发现对于纳入比较优势的标准决定因素(如，物质资本和人力资本禀赋)以及制度因素(如，金融发展和法律体系的质量)**都是稳健的；此外(moreover)，与物质和人力资本相比，年龄增长和年龄贬值的认知技能通常可以解释更多的贸易流量变化；此外(furthermore)，本研究中估计的年龄差异对贸易流的影响程度与近期文献中确定的比较优势的制度决定因素相当(具有可比性，comparable)，如，产品市场制度(Nunn,2007 ; Costinot,2009)、金融市场制度(Manova,2008)、劳动力市场制度(Cunat & Melitz,2012)；本文的主要发现对人力资本的不同定义是稳健的，并且适用于不同的时期；

历史人口统计数据的可用性使作者能够测试模型的动态预测；具体而言，**作者预计快速(缓慢)老龄化的国家会观测到年龄增值(年龄贬值)技能的相对价格下降，密集使用这些技能的行业的相对生产率将提高**，从而使它们在全球市场上更具竞争力；通过分析人口老龄化对比较优势变化的影响，这使作者能够解决**估计中许多遗漏变量的问题**，特别是，不随时间变化的制度因素的影响；作者还密切**关注实证模型中内生性的其它潜在来源**，并使用工具变量法(instrumental variable approach)和对国家的年龄相关技能有效禀赋的替代衡量(替代措施，alternative measures)来探索结果的稳健性；

作者在数据中发现了对模型动态预测的实质性支持：作者证明，1962 年到 2000 年间年龄中位数的增加与一个国家的生产和出口结构转向 更加密集的使用年龄增值技能的商品和远离更多依赖年龄贬值技能的商品 有关；这一结果表明(this results imply that)，**尽管人口老龄化导致老年工人固有技能的溢价降低，但可以通过扩大密集使用这些技能的产品的生产和出口来增加对这些技能的需求来缓解这个问题；**

这篇文章为快速增长的文献做出了贡献，这些文献正式测试了要素比例和贸易流量之间的关系(this paper contributes to)；具体而言，它与记录(documenting)物质和人力资本禀赋在比较优势中的重要作用的经典文献有关；**该文献的最新发展强调比较优势的非传统来源**，如，执行合同中的跨过差异(Levchenko, 2007; Nunn, 2007)，金融系统的质量(Beck, 2003; Manova, 2008)，劳动力市场摩擦的程度(Helpman and Itskhoki, 2010; Cunat and Melitz, 2012; Tang, 2012)，技能分散(Bombardini et al., 2012)和水资源(Debaere, 2014)；**作者的研究提出了一个新的比较优势因素，该因素源于国家之间认知和身体技能禀赋差异，从而为该文献做出了贡献；**利用各国人口构成的差异以及不同认知技能的年龄依赖性差异(the variation in age-dependence of different cognitive skills)，作者能够为一个国家不可观测的认知和身体技能方面的有效禀赋 构建一个可靠的代理指标；因此，**作者证明，人口统计可以影响认知和身体技能的有效禀赋的跨国差异，并且与物质和人力资本的差异一样，是比较优势的重要决定因素；**

据作者所知，关于认知技能在贸易中的作用的唯一研究是 Wolff(2003)做出的，他估计了美国出口中认知技能和身体技能的内容(含量，content)；Wolff 证明，美国在认知和互动技能方面具有比较优势，而在运动技能(motor skills)方面处于劣势；然而，如果没有其它国家关于要素禀赋的可靠数据，这些结果很难解释为对认知技能在 HO(Heckscher–Ohlin)模型中 的作用的实证检验；相比之下(in contrast)，作者的模型为 Wolff 关于交互和运动技能(motor skills)的发现提供了理论基础(theoretical underpinning)；由于交互能力随着年龄的增长而提高，而运动能力在下降，因此，像美国这样一个人口相对老龄化的国家，交互能力一定是丰富的，而身体能力(physical skill)则是稀缺的；因此，美国的人口统计构成可以解释为什么这个国家的交流技能贸易内容为积极因素，身体技能贸易内容为消极因素(a positive factor content of trade for communication skills and negative for physical skills)；作者还使用更加全面的数据表明，未能根据年龄年龄依赖性区分各种认知技能可能会混淆人口统计学对比较优势的影响；

作者的研究还涉人口老龄化对宏观经济影响的文献；本文也通过使用世代重叠框架研究了老龄化在国际资本和移民流动的作用，研究结论认为，北方国家更快速的人口老龄化会提高资本积累率，并刺激资本流向回报率更高的南方国家；Higgins (1997)和 Narciso (2013)对这一预测进行了实证研究，并证实人口统计结构对资流动具有显著影响；在国际贸易背景下，Helliwell (2004)用一个理论模型证明，人口统计的变化和把劳动密集型(生产)过程向人口年轻国家的强化外包有关，从而影响一个国家的比较优势；作者的理论框架也基于老龄化通过相对要素价格的变化对贸易的影响，但超越了两因素模型，并引入了多种与年龄相关的生产要素；

本文结构如下(The paper is organized as follows): 第二节讨论了检验理论模型主要预测实证策略(详细内容见附录)；第三节描述数据，第四节介绍基准实证结果以及拓展、稳健性检验及内生性问题的解决方案(robustness checks, and solutions to endogeneity problems)；第五节显示(shows)了一个国家劳动力年龄构成的变化对比较优势的影响；第六节得出结论(section 6 concludes)

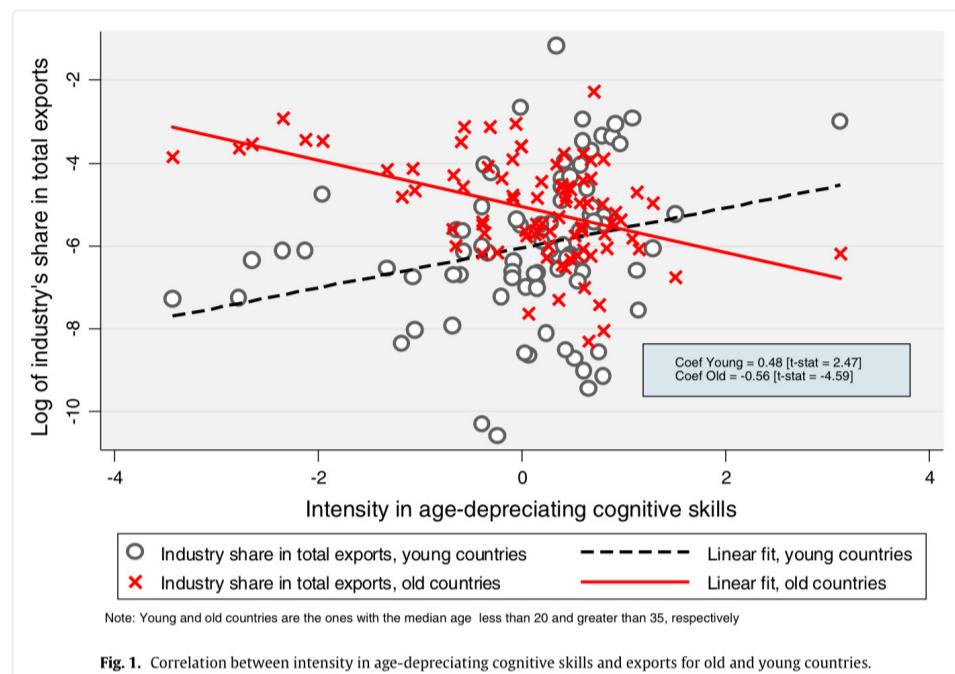


Fig. 1. Correlation between intensity in age-depreciating cognitive skills and exports for old and young countries.

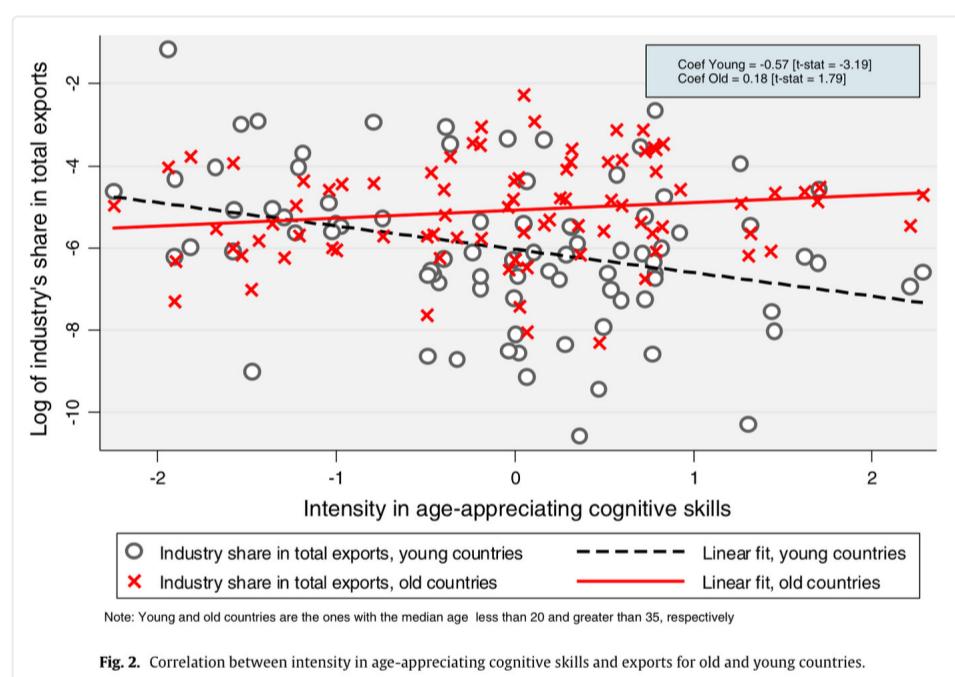


Fig. 2. Correlation between intensity in age-appreciating cognitive skills and exports for old and young countries.

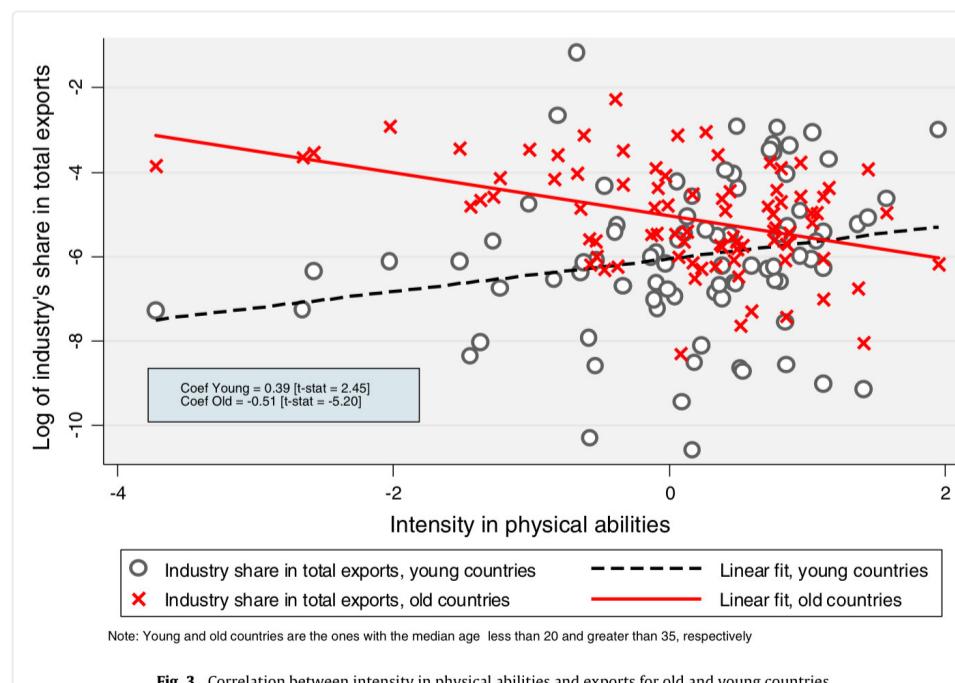


Fig. 3. Correlation between intensity in physical abilities and exports for old and young countries.

2. Theoretical background and empirical methodology

在存在与年龄相关的技能的情况下，人口构成可以通过两个不同的渠道影响一个国家的比较优势：首先，HO 渠道(Heckscher-Ohlin channel)，通过该渠道，人口老龄化会影响与年龄相关的技能的存量和相对供应；当某些技能在个人的一生中发生变化时，这些技能的存量会因人而异，因此，(这些技能的存量)也会因人口年龄结构不同的国家而异；**HO 模型意味着随着技能强度的跨行业差异，一个国家的年龄结构成为比较优势的来源**；例如，一个人口年轻的国家在集中使用年龄贬值技能的产品方面具有比较优势；在这种情况下，比较优势来源于技能溢价的跨国差异(comparative advantage stems from cross-country variation in skill premia)；

其次(second)，人口统计学可以通过李嘉图渠道(Ricardian channel)影响比较优势；不同年龄的工人在需要与年龄相关的技能的任务中的生产力可能不同，这可能会影响具有不同任务组合的行业的相对劳动生产率；**只要特定行业的技能或其它的劳动力市场摩擦阻止不同年龄的工人从一个行业自由移动到另一个行业，每个行业的工人年龄分布将类似于国家分布**；在这种情况下，人口老龄化将改变所有部门从业人员的年龄分布，并提高(降低)依赖年龄增值(年龄贬值)技能行业的劳动生产率；因此，人口老龄化国家将拥有更高的李嘉图生产力(Ricardian productivities)，在年龄增值技能密集的行业具有更强的比较优势；

作者将年龄相关技能引入到 Chor(2010)的李嘉图和 HO 比较优势理论模型(详见附录)；**在这种拓展中，人口老龄化通过减少相对供应和增加年龄贬值技能的相对价格(HO channel)以及通过直接影响依赖年龄相关技能(age-dependent skills)任务的劳动生产率(Ricardian channel)来影响国家的比较优势；该模型隐含的实证规范类(empirical specification)似于 Chor (2010) 和 Bombardini et al. (2012)**；

$$\ln X_{cpi} = \sum_{k \in K} \beta_k I_i^k \times Age_c + \sum_{f \in F} \phi_f f_i^f \times F_c^f + \delta'_{cp} \lambda + \gamma_c + \gamma_{pi} + \varepsilon_{cpi} \quad (1)$$

where:

X_{cpi} : 产业 i 从 c 国到 p 国的出口

K : 年龄相关技能的集合(K is the set of age-dependent skills)

F : 其它生产要素的集合

I_i^k : 产业 i 在生产要素 k 中的密集度(强度, intensity)

Age_c : c 国的人口统计结构(假设人口统计结构(数值)随着人口老龄化而增加)

F_c^f : c 国的要素 f 的禀赋

ϕ_f : 反应了比较优势的传统决定因素(conventional determinants)的重要性(如，人力资本禀赋、物质资本禀赋)

δ_{cp} : 双边贸易的费用

γ_c : 出口商固定效应

γ_{pi} : 进口商行业固定效应

方程(1)中，关于交互项 $I_i^k * Age_c$ 的系数 β_k 同时捕捉李嘉图和 HO 渠道；对于本研究来说，将这两种效应分开 既不重要也不可行；在任何一种情况下(In either case)，模型(1)的估计对于评估人口老龄化对贸易流和比较优势的影响是有效的；**这种影响否是通过技能溢价或劳动生产率的变化发生作用(Leslie 思考：我想研究的问题好像就是这个，文献 Nicole et al.(2016)正是将这种影响分开)，与本文的主要发现无关，即老龄化国家的生产和贸易模式经历了结构性变化，而不是(远离了， away from)依赖年龄贬值技能的行业；将一种影响与另一种分离需要微观数据和个人生产力的良好衡量指标，以评估老龄化、技能溢价和劳动生产率之间的关系，这超出了本文的范围(which is outside the scope of this paper)**，因此，作者将这些问题留给未来的研究；

交互项 $I_i^k * Age_c$ 是作者感兴趣的主要变量，而 β_k 的符号使作者能够检验关键理论的预测，即年轻国家在密集使用年龄贬值技能的行业中具有比较优势；**理论模型预测：对于随着年龄增长而恶化的技能， $\beta_k < 0$ ；对于随着年龄增长而提高的技能， $\beta_k > 0$ ；此外，方程(1)意味着，对于向第三国 p 出口商品 i 和 j 的任何一堆国家 c_1 和 c_2 ，以下成立(the following holds)：**

$$E \left[\ln \left(\frac{X_{c_1 pi}}{X_{c_2 pi}} \right) - \ln \left(\frac{X_{c_1 pj}}{X_{c_2 pj}} \right) \right] = \sum_{k \in K} \beta_k (I_i^k - I_j^k) \times (\text{Age}_{c_1} - \text{Age}_{c_2}) \quad (2)$$

如果 c_1 国比 c_2 国的人口更年轻，即 $(\text{Age}_{c_1} - \text{Age}_{c_2}) < 0$ ，且产业 i 的技能 k 比行业 j 的技能 k 更密集，即 $(I_i^k - I_j^k) > 0$ ，那么，作者预测 如果 k 是年龄贬值技能(年龄增值技能)， c_1 国将出口相对更多(更少)的商品 i (相比于 j)，当 $\beta_k < 0$ ($\beta_k > 0$) 时就是这种情况；

在作者的基准规范中(baseline specifications)，作者控制了两个标准的 HO 比较优势因素：物质资本和熟练劳动力的跨国差异；鉴于国家在密集使用其丰富要素的行业出口更多，作者预测对于所有标准生产要素都有 $\phi_f > 0$ ；方程(1)中的向量 δ_{cp} 捕捉国家 c 和国家 p 之间双边贸易摩擦(bilateral trade frictions)；出口商固定效应 γ_c 控制出口商的总生产率水平、规模、与其它国家的距离和其它行业间不变化的特征；进口商产业固定效应 γ_{pi} 控制进口国的产品价格和所有其它需求转移因素(包括可能由跨国人口差异驱动的需求转移因素)；

公式(1)中存在两个关于 $I_i^k * \text{Age}_c$ 变量的潜在内生性问题；第一个与一个国家人口的人口统计构成有关；一个国家的年龄中位数是相对产业(行业，industry)层面的贸易流量预先确定的，(年龄中位数)除了通过对供应或需求的影响之外，很难想到其它原因可以解释为什么年龄中位数会影响出口结构；然而，这可能与其它不可观测的国家的比较优势的决定因素有关，这些因素可能对不同技术密集度行业的生产率(生产力，productivity)产生不同的影响；在 4.3 节中，作者讨论了如何使用工具变量法和年龄相关技能的有效禀赋的替代衡量来解决人口统计构成的潜在内生性问题；其次，只要美国的就业构成不受其它国家之间双边贸易流的影响，根据美国行业的职业结构构建的技能强度(密集度)指标似乎是外生的；在 4.2 节中，作者提供了支持这一假设的证据；特别的，如果存在贸易流对就业结构的反馈，这种同时性对于美国贸易流来说尤其是个问题；然而，将美国从进出口名单中剔除并不影响作者的结果；此外，利用 2010 年数据构建的技能密度预测了 1970 年和 2010 年的贸易流量(skill intensities predict trade flows in 1970 just as well as in 2010)，这表明作者的结果不太可能反向因果关系(reverse causality)的影响；

同样重要的是要强调，尽管本研究的重点是人口老龄化对供给的影响，但是 如果消费者偏好随着年龄变化，人口统计构成原则也可以通过对需求的影响来影响贸易；作者在 4.2 节探讨了这种可能性，并发现 尽管消费行为确实随着年龄而改变，但几乎没有证据表明与年龄相关的偏好的变化 与制造业的生产技术或技能强度 系统性的相关；

为了检验关于人口(统计)变化(transformation)对贸易流影响的预测，作者在方程(1)中引入了出口商和进口商行业趋势，并以差分的形式对其进行了估计：

$$\Delta \ln X_{cpi} = \sum_{k \in K} \beta_k I_i^k \times \Delta \text{Age}_c + \sum_{f \in F} \phi_f P_i^f \times \Delta P_c^f + \delta_{cp}^T \lambda + \mu_c + \mu_{pi} + \varepsilon_{cpi} \quad (3)$$

where:

Δ ：时间差分算子(time-differences operator)

δ_{cp}^T ：随时间变化的国家对特征的子集(the subset of country-pair characteristics that vary over time)

$$\mu_c = \gamma_c t - \gamma_c (t-1)$$

$$\mu_{pi} = \gamma_{pi} t - \gamma_{pi} (t-1)$$

方程(3)因此假设：虽然贸易结构、年龄构成和要素存量在一个国家内会随时间而变化，但行业的要素强度是恒定的；因此，快速老龄化的国家应该在依赖年龄贬值技能的行业中失去比较优势，并专注于大量使用年龄增值技能的行业；因此，预计 β_k 对于年龄增值技能为正，而对年龄贬值技能为负；对于物质资本和熟练劳动力，Rybczynski 预测意味着 $\phi_f > 0$ ；

在作者的数据结构中添加面板位数的优点是，它允许作者在估计中解决额外的遗漏变量问题；尤其是(in particular)，对不随时间变化的出口商行业特征的时间差分(time differencing)控制，例如一些制度对行业水平生产力的影响；对于作者样本中的绝大多数国家，先前文献确定为比较优势的重要决定因素的许多制度因素随时间变化不大，无法在面板数据分析中进行研究；时间差分转换还将消除任何地理特征对不同行业生产力(生产率，productivity)的影响，例如靠近(proximity to)主要市场或自然资源；

3. Data

主要模型方程(1)的估计需要四组数据(four sets of data)：双边贸易流量的行业级数据、双边贸易成本的决定因素、行业在年龄相关技能和其它生产要素方面的强度(密集度)、国家层面对这些因素(年龄相关技能和其它生产要素)的充裕度的测量；方程(1)使用 2000 年的双边贸易数据估算的；为了估算方程(3)，作者利用了 1962 年到 2000 年间贸易结构、年龄构成和要素禀赋的变化；在下文中(in what follows)，作者描述了这项研究的数据来源，并讨论了关键变量的构建问题；

3.1 贸易数据

用于估计方程(1)的行业级双边贸易流量数据来自 UN-TRAITS 数据库，采用 6 位协调体系分类(at 6-digit Harmonized System classification)，并使用来自 Feenstra 等人(2002)的索引(concordance)汇总为 4 位北美行业分类体系(North American Industry Classification System, NAICS)；最终得到的数据是(the resulting data)是 2000 年的 235 个出口商、159 个进口商和 85 个行业的不平衡面板数据；虽然 UN-TRAITS 数据库提供了详尽的(comprehensive)国家和行业信息(coverage)，但它不报告(report)1989 年以前的数据；为了估计动态方程 3，作者使用 NBER-UN 国际贸易数据库获得的 1962 年和 2000 年之间的双边贸易流量，并使用 NBER 索引表将 4 位(数)SITC 数据转换为 4 位(数)NAICS；方程 3 估计了 80 个出口商、135 个进口商和 76 个行业(Eq.3 is estimated for 80 exporters, 135 importers, and 76 industries。)；

双边贸易成本由重力模型文献中使用的标准地理和制度变量(集)进行控制，方程(1)和(3)中的向量 δ_{cp} 包括距离的对数(距离定义为两国主要城市之间的距离)、共同陆地边界指标、共同官方语言二元变量、殖民地关系二元变量(分别为 1945 年之前和之后，separately for before and after 1945)、如果进口商和出口商曾经是同一个国家的一部分，那么一个二元变量的取之为 1(这些所有的变量都是来自 CEP II)；作者还使用两个二元变量，这是作者用 WTO 数据库中区域贸易协定(Regional Trade Agreements)构建的，用于两个国家之间是否存在自由贸易协定(free trade agreement)或关税同盟(customs union)；

3.2 认知技能和身体能力的强度

估计年龄相关技能对贸易流的影响是本文的主要重点(...is the main focus of this paper)，在下文中，作者详细讨论了如何构建年龄相关技能强度的行业层面衡量指标(how the industry-level measures of intensities in age-dependent skills were constructed)；

在线附录 A 描述了两类年龄相关技能：认知技能和身体技能，并回顾了分析这些技能在个人一生中(如何)演变的(相关)文献；对于认知技能，现有的实证证据表明，虽然一些认知功能会随着年龄的增长而下降，但其它的认知功能(cognitive function)会有所改善；几乎所有分析语言能力和沟通技能与年龄之间关系的研究都记录了各个年龄段员工的语言能力和沟通技能的提高；相比之下，有令人信服的证据表明，许多其它认知技能随着年龄的增长而显著退化；一系列基于来自不同国家的大规模纵向数据并使用不同认知测试的研究报告显示：记忆、分散注意和信息处理速度在 30–50 岁之后会下降；最后，衰老对几乎所有身体和心理运动技能方面的负面影响(如，肌肉力量、耐力、协调和灵巧度)在医学文献中都有详细的记载；

为了构建认知技能和身体能力强度的行业层面测量，作者使用了从美国劳工统计局(BLS)获得的每个行业的职业构成信息；职业就业份额通过通用职业分类(7 位标准职业分类)与从职业信息网络(O*NET)数据库中检索到的不同职业技能和能力的重要性信息相匹配；使用职业就业份额作为权重，作者构建了行业层面的特定技能强度衡量指标，作为该技能在行业内各职业中的重要性的加权平均；因此，对于某一特定技能，其使用强度在不同行业之间的差异来自于行业间职业构成的差异；同时，不同技能强度的行业内差异来自于这些技能在职业之间的重要性的差异；

为了量化不同职业的认知技能和身体能力的重要性，作者使用 O*NET 数据库；O*NET 在几个维度上对所有职业进行排名，这些维度与年龄贬值技能密切相关(be closely related to)；O*NET 数据库中的以下四个技能指标反映了职业之间言语(speech)和语言能力的重要性：口头理解、口头表达、书面理解和书面表达；记忆强度和注意力分散强度分别由记忆和时间共享(time sharing)重要性的 O*NET 指标构成；信息处理的速度由感知速度和闭合速度的指标来捕捉；对行业内不同职业的这些指标进行平均，作者获得了八个行业层面的认知技能强度的度量(measures)；考虑到认知技能指标之间的高度相关性(参见在线附录中的表 1 和 A2A)，作者使用主成分分析(principle component analysis, PCA)将四种语言指标归为一个单一的年龄增值认知技能指标(con_app_i)；同样地(similarly)，与年龄下降认知技能相关的四个指标也被归为一项衡量年龄贬值认知技能的指标(con_dep_i)；表 3A 中的面板 A 和面板 B 报告了 PCA 的结果；第三列显示由每个因子解释的总方差，最后一列报告因子负荷(factor loadings)；

对于身体能力，作者基于 O*NET 问题构建了九个行业层面的技能强度衡量指标(测量)；用于捕捉了动态柔韧性、动态力量、爆发性、程度柔韧性、全身协调性、全身平衡、耐力、静态强度和躯干强度 的重要性；与认知技能一样，所有九项指标都通过 PCA 合并为一项体能(physical abilities)指标($physical_i$)；

年龄相关技能的行业水平强度是相对于参考认知技能(reference cognitive skill)构建的，其选择由两个考虑因素决定的；首先，它不应该受到老龄化的影响，否则它可能会混淆年龄相关变量的影响；其次，因为 con_app_i 和 con_dep_i 高度相关，很可能是由于两组认知技能高度互补，为了打破 con_app_i 和 con_dep_i 之间的多重共线性，参考技能也应该与年龄相关技能正相关；作者选择归纳推理作为基准参考因子(benchmark reference factor)；虽然一些研究发现老年人在推论测试中表现更差，Salthouse (2010)(以及许多后续的研究)表明，这一发现只是反映了老年人信息处理速度较慢，因为推理测试通常是在严格的时间限制下进行的；Salthouse (2010)证实，当测试参与者有足够的时间来回答问题时，推理和处理复杂问题的能力会随着年龄的增长而下降；在 4.2 节中，作者展示了他们的结果相对于其它参考技能(如演绎推理、思想流畅性、信息排序)的稳健性；

表 1 列出了身体和两种认知技能的十种最密集和十种最不密集的职业；许多年龄增值技能最密集的职业都与销售有关，其中(销售)口头和书面沟通能力至关重要；年龄贬值技能的榜首由各种机器设置者和操作员主导，对他们来说，协调性、注意力分散和感知速度是最重要的；需要注意的是，年龄贬值密集度最低的职业是高技能(high-skill)职业，这些职业在身体技能方面并不密集；这导致 con_dep_i 和 $physical_i$ 度量之间的强正相关 以及与人力资本度量之间的负相关(表 2)；因此，要素强度之间的多重共线性仍然是一个问题(multicollinearity between factor intensities remains a problem)，并将成为实证分析中的一个问题(will be a concern in the empirical analysis)；

3. 其它数据

作者对一个国家年龄结构的主要衡量标准是从联合国获得的年龄中位数；作为一个可以选择的替代方法，作者也使用年轻工人在劳动力中的份额，即 20–40 岁年龄的劳动力在 20–65 岁年龄劳动力中所占的比例；人口年龄结构的信息来自世界银行维护的世界发展指标数据库(World Development Indicators database)；

熟练劳动力和物质资本密集度的行业层面的测量源于(be derived from)1998 年美国制造商普查；资本密集度是指资本存量与总就业的比率(Capital-intensity is constructed as the ratio of capital stock over total employment)，技能密集度指非生产工人在总就业中所占的份额；

关于一个国家物质资本存量的数据来自宾夕法尼亚大学世界表(以 2005 年价格衡量)；2000 年的人力资本存量数据来自 Barro 和 Lee(2013)，并以中等和高等教育人口占总人口的比例来衡量(is measured as a share of population with secondary and tertiary education)；完整样本包括 136 个出口国、155 个进口国和 83 个行业；

4. Results

4.1 基准结果(Baseline results)

表 3 报告了方程(1)的估计结果，其中国家的年龄中位数用年龄贬值技能存量的代理；为了可比性，所有表都报告了标准化系数 (standardized coefficients)；第一列证实了 HO 模型对资本和熟练劳动的主要预测：资本和熟练劳动力充裕的国家在密集使用这些要素的行业中出口更多；添加 $I_i^k * Age_c$ 交互作用到(2)–(5)列的主要规范中，作者发现所有的系数都与理论模型一致且统计显著的，从而支持了 国家之间的年龄差异是国际贸易中比较优势的来源 的假设；(2)–(5)列的估计结果表明，老龄化国家在在密集使用年龄增值认知技能的行业出口更多，而在密集使用身体和年龄贬值认知技能的行业出口较少；

表 3 的第(6)列报告了完整规范的结果，其中回归中包含了所有的技能测量(度量)；这种拓展对两类认知技能的系数估计没有实质性影响，但身体技能的系数变得不显著(不重要, insignificant)；然而，后一种结果可能会受到 由于身体和年龄贬值认知技能密度之间高度相关性而产生的强烈多重共线性的困扰；在 $physical_i * Age_c$ 对 $con_dep_i * Age_i$ 和方程(1)中的其它解释变量的回归中，作者发现 R^2 为 0.93，这表明两个变量之间存在高度共线性，这使作者无法识别任一变量的偏效应(partial effects of either variable)；

由于对国家之间的中位数年龄和行业之间的技能密度分别进行了标准化(median age and skill intensities are standardized across countries and industries, respectively)，作者可以使用表 3 中对方程(2)的估计值直接比较不同生产要素对贸易的影响程度；假设产业 i 在所有生产要素中的密度都高出一个标准差；那么，关注第(6)列中最完整的规范，一个中位数年龄比其它国家高出一个标准差的国家 其年龄增值技能密集型产业的出口将增加 11%，年龄贬值技能密集型产业的出口将减少 15.2%，资本密集型和劳动密集型产业则分别增长 6.2% 和 6.5%；

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$Cog_app_i \times (Median\ age)_c$		0.040** (8.17)		-0.058** (-10.59)	0.030** (6.10)	0.031** (5.72)
$Cog_dep_i \times (Median\ age)_c$					-0.029* (-2.10)	-0.042** (-2.83)
$Physical_i \times (Median\ age)_c$					-0.063** (-10.62)	-0.036* (-2.46)
$(Capital\ int.)_i \times (Capital\ abund.)_c$	0.030** (6.23)	0.018** (3.60)	0.029** (5.83)	0.024** (4.66)		0.018** (3.46)
$(Skill\ int.)_i \times (Skill\ abund.)_c$	0.049** (16.44)	0.038** (10.31)	0.023** (7.59)	0.018** (4.16)		0.015** (2.64)
$\ln(Distance)$	-0.358** (-10.71)	-0.359** (-10.94)	-0.358** (-10.65)	-0.358** (-10.15)	-0.353** (-10.09)	-0.358** (-10.20)
Customs union dummy	0.189*** (21.20)	0.192*** (21.61)	0.190*** (21.44)	0.181*** (21.56)	0.188*** (22.05)	0.192*** (21.65)
FTA dummy	0.110** (16.44)	0.109** (16.15)	0.108** (16.09)	0.108** (16.06)	0.105** (16.14)	0.108** (16.11)
Common border	0.218** (32.43)	0.215** (31.66)	0.214** (31.63)	0.214** (31.60)	0.213** (33.92)	0.214** (31.53)
Common language	0.095** (13.44)	0.097** (13.68)	0.097** (13.59)	0.097** (13.60)	0.096** (9.73)	0.097** (13.66)
Common ethnicity	0.036** (5.27)	0.035** (5.17)	0.036** (5.25)	0.035** (5.22)	0.069** (10.68)	0.035** (5.18)
Ever in colonial relationship	0.195** (22.74)	0.196** (22.77)	0.196** (22.90)	0.197** (22.92)	0.175** (20.87)	0.197** (22.91)
Common colonizer	0.222** (26.01)	0.223** (25.83)	0.224** (25.76)	0.224** (25.76)	0.242** (28.01)	0.222** (25.84)
Current colony	0.234** (5.90)	0.231** (5.80)	0.230** (5.78)	0.230** (5.79)	0.143** (4.06)	0.230** (5.77)
Ever same country	0.047** (4.47)	0.050** (4.69)	0.049** (4.68)	0.049** (4.65)	0.053** (5.28)	0.049** (4.66)
Importer-industry FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Exporter FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Trade costs controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R-squared	0.551	0.553	0.554	0.554	0.557	0.555
N	414,918	413,466	413,466	413,466	462,045	413,466

Notes: The dependent variable is the normalized natural logarithm of exports from country c to country p in industry i in year 2000. Standardized beta coefficients are reported, with t-statistics in parentheses. Robust standard errors are clustered by exporter-industry.
* Significant at 5%.
** Significant at 1%.

4.2 稳健性检验(Robustness tests)

在表(4)中，作者展示了主要规范的几个拓展，并探讨了结果对 计量经济学规范和关键变量定义 变化 的稳健性；

4.2.1 人力资本的替代衡量(Alternative measures of human capital)

在表 4 的第(1)列，作者报告了方程(1)的估计，其中年龄构成由劳动力中年轻工人的比例来衡量(作者将其定义为 20–65 岁年龄组中 20–40 岁的比例)；与中位数年龄相比，这一指标的优势在于它只代表了工作年龄人口的年龄结构；同时，由于研究者不知道与年龄相关的认知技能下降的确切开始时间，这也可能因年龄相关技能而异，因此 年轻工人 定义中的 40 岁年龄门槛有些特殊(ac hoc)；第(1)列中的估计值与使用中位数年龄获得的估计值相似(注意：因为年轻工人的比例和人口的中位数年龄成反比，当使用中位数年龄和年轻工人的比例时，系数估计值具有相反的符号)；在第(2)列中，作者纳入了行业技能强度与国家熟练年轻工人充裕度(受过中等和高等教育的年轻工人的比例)的交互作用，以控制各国年轻工人人力资本的差异；感兴趣的系数与以前大致相同(The coefficients of interest remain broadly the same as before)；

4.2.2 替代参考技能(Alternative reference skills)

在第 3 节中，作者强调需要通过参考年龄中性技能来标准化年龄相关技能密度(normalize age-dependents skill intensities by a reference age-neutral skill)；在基准规范中，归纳推理被用作参考技能；现在证明研究中的主要结果对替代(其它， alternative)参考技能的稳健性；第(3)列报告了当所有年龄相关技能强度通过演绎推理的 O*Net 度量标准化(O*Net measure of deductive reasoning)时的回归估计值；关键系数的估计值的大小和显著性水平和基准结果非常相似；不幸的是，对于 O*Net 中可用的其它认知技能的测量，没有可靠的证据证明其年龄中立性；在第(4)和第(5)列中，作者展示了通过思想流畅性和信息排序 O*Net 指标 标准化的年龄相关技能的结果；两者都反映了推理和解决问题的能力，但也可能抓住了其它一些可与年龄相关的认知技能的重要性；考虑到这些数据的局限性，结果仍然支持主要假说：认知技能交互的系数估计具有预期的符号，并在 90% 的置信水平下是统计显著的(statistically significant at a 90% confidence level)；

4.2.3 控制双边贸易成本(Controlling for bilateral trade costs)

在表 4 的第(6)列中，作者估计了具有进口商-产品和出口商-进口商固定效应的方程(1)；后者用于解释未观测到的国家对异质性(country-pair heterogeneity)，这种异质性不会因行业而异(not vary across industries)，且不被距离和影响双边贸易成本的其它变量所捕获；尽管模型的这种拓展大大提高了对数据的拟合度(substantially improves the fit to the data)，但对感兴趣的系数没有实质性的影响；

4.2.4 零贸易流(Zero trade flows)

OLS 估计方程(1)的一个潜在问题是它丢弃了零贸易流量的观测值，这些值约占数据的三分之二；从样本中剔除这些观测值会导致 OLS 系数出现系统性偏差(systematically biased)(Silva & Tenreyro, 2006; Helpman 等人, 2008)；作者通过使用 Helpman 等人(2008)提出的两阶段过程来纠正样本选择来解决这个问题；表 4 中的第(7)列报告的第二阶段结果并不表明样本选择影响 OLS 估计值，因为所有系数保持不变(as all coefficients remain unchanged)；

4.2.5 其它时间段的结果(Results for other time periods)

在第(8)和第(9)列，作者分别使用 2010 年和 1970 年的贸易和国家年龄的中位数估算方程(1)，从而证明了结果不局限于特定的时间段；认知技能的系数在质量上保持不变(remain qualitatively unchanged)；与基准结果的一个重要差异是两个时期的实物资本系数都不显著；

4.2.6 没有美国的结果(Results without the USA)

使用美国 2000 年数据构建的技能密集度(的结果)同样可以很好的预测 1970 年和 2010 年双边贸易流量，这表明从贸易到各行业职业构成的反向因果关系(reverse causality)不太可能成为问题；此外，如果存在反向因果关系，美国的贸易数据将更加强劲；然而，将美国排除在样本之外产生的结果(表 4 的第(10)列)与基准规范中的结果几乎相同，这证实(corroborate)了研究的主要结果不受同时性偏差影响的猜想(conjecture)；

4.2.7 比较优势的其它决定因素(Other determinants of comparative advantage)

最近关于比较优势的研究已经确定了许多贸易流量的制度决定因素(Recent studies on comparative advantage have identified a number of institutional determinants of trade flows); 在接下来的内容中, **作者考虑了四个这样的因素, 并表明纳入这些因素后研究结果仍是稳健的**; 第一个因素是一个国家的金融发展水平与行业对外部融资(industry's dependence on external finance)依赖的相互作用; Manova (2008)提出金融较发达的国家在严重依赖外部融资的行业中具有比较优势; 第二种控制是一国执行合同的能力与行业层面的合同强度衡量(industry-level measure of contract intensity)之间的相互作用(Nunn, 2007), 以捕捉可能损坏特定关系投资(relationship-specific investments)很重要的行业的生产力的停滞问题(holdup problem); 第三个衡量标准是一个国家法律体系的强度与行业任务复杂性的衡量标准之间的相互作用; Costinot (2009)认为企业能够更好地监管工人的国家将从任务专业化中获得更多的收益, 从而专注于需要许多任务的行业; 最后, 遵循 Cunat 和 Melitz(2012), 作者将一国劳动力市场的灵活性与行业产出波动性的相互作用纳入研究; 所用四种相互作用的数据均来自 Chor(2010), 并记录在两位数的 SIC-87 中; 研究使用美国人口普查数据局一致性(US Census Bureau concordance)将研究中使用的技能密集度指标转化为该格式, 从而导致行业数量从 85 个减少到 20 个; 所有四个制度因素的估计系数都是正的, 并统计显著的, 与之前的研究一致(表 4 第(11)列); 更重要的是, 认知年龄相关技能的迹象(signs)和统计意义(statistical significance)保持不变;

Table 4
Robustness tests.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
$Cog_app_i \times$	-0.029**	-0.028**	0.030**	0.015+	0.011+	0.034**	0.037**	0.040**	0.034**	0.031**	0.051**
$(Age)_c$	(-5.66)	(-5.38)	(6.14)	(1.75)	(1.88)	(6.06)	(6.12)	(7.24)	(3.74)	(5.80)	(3.38)
$Cog_dep_i \times$	0.045**	0.046**	-0.040*	-0.050**	-0.089**	-0.044**	-0.051**	-0.052**	-0.041*	-0.040**	-0.121**
$(Age)_c$	(3.12)	(3.19)	(-2.43)	(-4.81)	(-4.60)	(-2.88)	(-3.12)	(-3.41)	(-2.05)	(-2.73)	(-8.72)
$Physical_i \times$	0.005	-0.000	-0.022	-0.013	0.016	-0.011	-0.017	-0.005	-0.038+	-0.016	
$(Age)_c$	(0.34)	(-0.02)	(-1.28)	(-0.93)	(0.83)	(-0.64)	(-0.94)	(-0.28)	(-1.65)	(-0.95)	
$(Capital_int.)_c \times$	0.021**	0.021**	0.017**	0.026**	0.027**	0.019**	0.018**	0.010+	-0.090	0.019**	0.158**
$(Capital_abund.)_c$	(4.30)	(4.41)	(3.33)	(5.06)	(5.19)	(3.61)	(2.76)	(1.90)	(1.40)	(3.58)	(8.88)
$(Skill_int.)_c \times$	0.019**	0.015**	0.015**	0.018**	0.017**	0.018**	0.024**	0.024**	0.024**	0.008	0.043+
$(Skill_abund.)_c$	(3.54)	(2.94)	(2.64)	(3.23)	(2.91)	(2.91)	(3.86)	(4.58)	(2.43)	(1.42)	(1.78)
$(Skill_int.)_c \times$			-0.022**								
$(Skill_abund_young)_c$				(-4.63)							
$(External_fin_Depend.)_c \times$										0.202**	
$(Fin_development)_c$											(16.77)
$(Contract_intensity)_c \times$										0.219*	
$(Judicial_quality)_c$											(14.25)
$(Job_complexity)_c \times$										0.170*	
$(Judicial_quality)_c$											(8.09)
$(Sales_volatility)_c \times$										0.062**	
$(Flexible_lab_markets)_c$											(5.05)
Sample	Benchmark	2010	1970	No USA	Chor (2010)						
Exporter FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Importer-exporter FE	No	No	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No
R-squared	0.555	0.555	0.555	0.555	0.555	0.548	0.574	0.529	0.525	0.596	
N	411,362	411,362	413,466	413,466	413,466	419,401	297,485	453,390	160,718	395,666	42,332

Notes: In columns (1)–(7) and (10)–(11) the dependent variable is the normalized natural logarithm of exports from country c to country p in industry i in year 2000. In columns (8) and (9) the dependent variable is exports in years 2010 and 1970, respectively. Standardized beta coefficients are reported, with t-statistics in parentheses. Robust standard errors are clustered by exporter-industry. All specifications include exporter-industry fixed effects and trade costs controls. In columns (1) and (2), $(Age)_c$ is the share of workers 20–40 year-olds in the 20-to-65 age group in country c . In columns (3)–(8), $(Age)_c$ is the median age of population in country c . In columns (3), (4), and (5) industry intensities in all age-dependent skills are normalized, respectively, by alternative age-neutral O*Net measures of "deductive reasoning", "fluency of ideas", and "information ordering". Specification (7) includes additional unreported probability of exports obtained from the first stage. Column (11) uses data and empirical specification from Chor (2010).

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

4.3 强调中位数年龄的内生性

4.3.1 年龄相关技能的工具化强度(Instrumenting intensities in age-dependent skills)

本研究分析中的关键变量是对各种技能强度的测量; **每个技能强指标都被构建为该技能在行业内各个职业中的重要性的加权平均值**; 对于基准规范, 职业构成数据来自美国劳工统计局 2012 年的数据; 一个潜在的担忧是, 这些职业份额可能反映了行业对过去二十年美国人口加速老龄化导致的年龄相关技能相对供给变化的调整; **如果行业适应人口(统计)变化的能力不同, 这将导致内生性问题**; **作者通过使用 1980、1990 和 2000 年美国人口普查年的职业份额构建的要素密集度作为 I_i^k 的工具变量(instrumenting I_i^k) 来解决这个问题**;

使用旧的人口普查数据的一个主要问题是 O*Net 使用的人口普查职业分类(COC)和标准职业分类(SOC)之间的差异; 因此, 为了获得不同时间(over time)一致的职业类别 和 能够匹配到衡量年龄相关技能重要性的 O*Net 指标的职业就业份额, 研究需要从 COC 到 SOC 的职业交叉; 使用美国人口普查局一致性表将 2000 年人口普查数据中的 COC 职业映射到 SOC; 然而, 1980 年和 1990 年看人口普查中的 COC 职业与 SOC 有很大的不同, 并且在这两种分类之间没有可用的官方对照表; 在这项研究中, 作者采用了 Firpo 等人(2011)构建的对照表; 这种方法的局限性在于 2000 年之前的 COC 职业无法精确映射到 SOC, 这会在要素测量中引入严重的测量误差; 然而, **不精确的一致性表导致的测量误差与方程(1)中的误差项无关, 则它不影响工具变量的质量**; 工具变量测量误差的另一个来源是 1980 年和 1990 年人口普查数据中使用的不同行业分类, 这些(不同行业分类)首先转换为 1987 年 SIC, 然后使用美国人口普查局提供的对照表转换为 1997NAICS; **使用 $\hat{I}_i^k * Age_c$ 变量作为模型(1)中国家年龄中位数和行业技能密集度的交互作用 的工具变量**, 其中 \hat{I}_i^k 是使用 1980 或 1990 或 2000 年的就业份额构建的要素 k 的密集度;

表 5 的第(1)–(3)列显示了方程(1)的估计结果, 其中 分别使用 1980 或 1990 或 2000 年的职业构成 构建 年龄相关技能 行业层面 密集度的工具变量; 第(4)列报告了同时使用这三组工具变量的结果, 第(5)列显示了使用与第(4)列相同的样本对基准 OLS 规范的估计; 在这个练习中, 作者不报告身体技能相互作用的估计值, 因为由于工具变量存在很强的多重共线性, 因此无法将其与认知年龄贬值技能的系数分开识别; 第一阶段的结果在所有的规范中都非常强劲: 所有的工具变量都有正确的符号且高度显著; 第二阶段的结果和之前的发现是一致的, 对于年龄相关认知技能的两个系数都保持了正确的符号, 且统计显著; 当一起使用所用的工具变量(第(4)列), 结果是相似的, Hansen 过度识别检验不拒绝工具变量的外生性假设;

IV 和 OLS 结果之间显著的差异是系数估计值的大小；当使用由 2000 年数据构建的要素密集度作为 I_i^k 的工具变量时，系数的大小与基准估计非常相似；然而，当使用 1980 年和 1990 年的数据构建工具变量时，年龄增值技能的系数下降了一半(falls by half)，而年龄贬值认知技能系数翻了一番(double)；系数大小变化的含义尚不清楚；鉴于 1980 年到 1990 年和 2000 年到 2010 年的幅度(magnitudes)几乎没有变化，很难理解 1990 年到 2000 年 IV 估计之间的显著差异(striking difference)；从 1990 年到 2000 年的十年间，就业构成发生急剧结构性变化的可能性似乎很小，但在 1990 年之前和 2000 年之后的几十年间 这种可能性很大；对 2000 年前后结果差异的更合理解释是 2000 年人口普查职业代码的重大变化引起的 1980 年和 1990 年工具变量的测量误差，这种担忧增强了不依赖于工具变量的要素密集度估计量(estimator)的吸引力；

	(1) IV-GMM	(2) IV-GMM	(3) IV-GMM	(4) IV-GMM	(5) OLS	(6) IV-GMM	(7) IV-GMM	(8) IV-GMM	(9) IV-GMM
Cog_app _i ×	0.017** (2.88)	0.015* (2.26)	0.021** (3.32)	0.034** (4.54)	0.042** (6.18)	0.037** (5.85)	0.038** (3.98)	0.036* (2.32)	0.031* (4.95)
(Median age) _c	-0.083** (-8.49)	-0.093** (-10.50)	-0.029** (-2.98)	-0.062** (-8.06)	-0.036** (-5.16)	-0.040** (-2.62)	-0.057* (-1.97)	-0.004 (-0.11)	-0.045* (-2.54)
Cog_dep _i ×									
(Median age) _c									
Physical _i ×									
(Median age) _c									
(Capital int.) _i ×	0.019** (3.69)	0.020** (3.05)	0.020** (3.02)	0.010 (1.16)	0.007 (0.94)	0.016** (3.00)	0.013+ (1.92)	0.017* (1.96)	0.016* (2.55)
(Capital abund.) _c									
(Skill int.) _i ×	0.004 (0.53)	0.001 (0.05)	0.031** (3.97)	0.012 (1.64)	0.021** (3.07)	0.016* (2.50)	0.001 (0.05)	0.031* (2.27)	0.007 (1.05)
(Skill abund.) _c									
Instruments for factor intensities	Factor intensities from 1980	Factor intensities from 1990	Factor intensities from 2000	Factor All	-	-	-	-	-
Instrument for median age	-	-	-	-	-	Birth rate, 1960	Religious composition	Genetic distance to France	All
Hansen J-test (p-value)									0.48
N	299,483	299,483	255,453	0.00	235,587	235,587	409,910	409,545	309,736

Notes: The dependent variable is the normalized natural logarithm of export from country c to country p in industry i in year 2000. Standardized beta coefficients are reported, with t-statistics in parentheses. Coefficients on Physical_i × (Median age)_c are not reported in columns (1)–(5) due to high multicollinearity of first stage instruments. All standard errors are obtained by bootstrap with 100 replications and are clustered by exporter-industry. All specifications include exporter fixed effects, importer-industry fixed effects, and controls for bilateral trade costs.

* Significant at 10%.
** Significant at 5%.
*** Significant at 1%.

4.3.2 人口构成的工具变量(Instrumenting demographic composition)

方程(1)的 OLS 估计提供一致估计，仅当年龄构成独立于其它国家特征，这些国家特征可能会根据年龄相关技能的密集度对行业生产率产生不同的影响；虽然情况可能是如此(while this may be the case)，但在本节和下一节，研究将探索另外两个战略，以使用工具变量法和一个国家的在年龄相关技能方面的有效禀赋的替代衡量指标来确定年龄构成对比较优势的影响；

很难为人口构成找到一个纯粹外生的工具变量；研究缺乏可以令人信服地认为仅通过对人口年龄结构的影响来影响贸易流的衡量指标；鉴于这种局限，**研究的策略是采用 能够解释中位数年龄变化的不同来源的 几种工具变量，并依赖于比 OLS 更弱的是被假设；第一个工具变量是 1960 年的人均出生率**，它与 2000 年的中位数年龄高度相关，但与 1960 年到 2000 年期间发生的许多社会经济影响无关，例如产业支持的变化或教育系统中性别差异的减少；这个工具变量的数据来自世界发展指标数据库；

一个国家的**人口(统计)构成的第二个工具变量是宗教构成**；中所周知，宗教家庭的生育率高于非信徒家庭；许多人口统计研究也表明，宗教信仰是人口(统计)行为的一个重要决定因素；特别是穆斯林和天主教人口众多的国家生育率往往较高；研究中中位数年龄的工具变量 基于六个变量：五个主要宗教群体(佛教、基督教、印度教、伊斯兰教和犹太教)的人口比例，以及与任何宗教无关的人口比例；其它宗教群体被忽略；作者在**模型(1)中使用 $I_i^k * \hat{Age}_c$ 作为一个国家的中位数年龄和产业技能密集度交互作用的工具变量**，其中 \hat{Age}_c 是中位数年龄对宗教群体份额的跨国回归(cross-country regression)中获得的拟合值；

研究中第三个工具变量的选择受到 Spolaore 和 Wacziarg(2014)的启发，他们认为欧洲国家生育率下降的差异和它们与人口革命起源地的法国的文化距离有关；他们的研究证实：反映了祖先和文化差异的 与法国的遗传距离(genetic distance)是人口向低生育水平过度的有力预测指标；作者使用 Spolaore 和 Wacziarg(2009)的数据构建样本中每个国家到法国的遗传距离，并将其作为人口构成的外生变化来源来预测不同国家的人口中位数年龄；这个工具变量在第一阶段表现良好；正如预期的那样，中位数回归中遗传距离的系数为负，显著性检验的 t 统计量为-9.31(the t-statistics of the test of significance)；重要的是要强调 遗传距离和宗教构成捕捉中位数年龄变化的不同来源，因为这两个模型预测的中位数年龄之间的相关系数仅为 0.16；

作者在表 5 的第(5)列中展示了 1960 年出生率的结果；工具变量在第一阶段表现良好：**Angrist–Pischke 弱工具变量检验**的 p 值始终等于 0.0，且第一阶段回归的 F 统计量在 93 到 112 之间(be in the range from 93 to 112)；IV 估计结果和之前的发现一致：年龄增值认知技能的系数为正 且非常显著，年龄贬值认知和学习技能的系数为负；

表 5 的第(6)和第(7)列显示了以宗教构成和遗传距离作为工具变量的回归结果；内生变量的相应 Kleibergen–Paap F 统计量始终大于 20，远高于 Stock and Yogo(2005)列出的临界值(which is well above the critical values)，并表明来自弱工具变量的变差不太可能是一个问题(be unlikely to be a concern)；可以看出(as can be seen)，宗教构成的估计与 OLS 非常相似，并与作者早期关于人口统计对于比较优势的影响的发现一致；当用遗传距离作为中位数年龄的工具变量时，年龄增值的影响也符合作者的预期；然而，关于年龄贬值认知技能的系数变小且不显著；这个结果应该不会特别令人惊讶；尽管与法国的遗传距离是中位数年龄的统计显著决定因素，但它并没有捕捉到可能影响比较优势的 各国人口构成的外生变化 的许多其它来源；表 5 第(8)列报告了同时使用这三个工具变量的回归结果；同样，这些结果几乎没有为中位数年龄的内生性提供证据：系数估计值与 OLS 估计值差别不大，过度识别检验不能拒绝工具变量的外生性假设；

总而言之(overall)，尽管工具变量背后的排除假设是有争议的，但研究使用的三个工具变量 分离出了 中位数年龄潜在内生变化的不同来源，且结果与 4.1 节的结果相似；

4.3.3 年龄贬值认知技能的一个替代衡量指标(An alternative measure of the stock of age-depreciating cognitive skills)

为了确认本文的主要结果不是由年龄构成和其它不可观测的国家比较优势决定因素之间的相关性驱动的，作者的第二个策略是对一个国家的年龄相关技能的相对生产力使用一个替代衡量指标；到目前为止，研究中已经使用一个国家的年龄结构来代表它(国家)在所有回归规范中的年龄相关技能的有效禀赋；在接下来的内容中，作者使用一个替代代理变量来衡量一个国家年龄贬值技能之一(记忆)的有效禀赋，并表明贸易数据仍然与研究中理论模型的预测一致；

提出的衡量标准基于在 27 个不同国家的老年人(seniors)中进行的标准化记忆测试；该测试包括口头注册和一分钟内回想采访者向受访者朗读的十个单词；测试分数是正确回忆的单词数数；这项测试为 有效记忆存量 和 记忆密集型任务中总生产力的跨国差异 提供了一种替代衡量方法；因此，在其它条件相同的情况下(all else being equal)，记忆力测试分数较高的国家有望在记忆密集型行业具有比较优势，无论是无条件的还是有条件的观测特征(both unconditional and conditional on observable characteristics)，就像劳动力较年轻的国家一样；然而，对于给定的年龄组(for a given age cohort)，记忆测试的主要优势在于，它提供了技能禀赋的数量和质量的跨国差异，这在很大程度上与人口老龄化和人口(统计)结构的变化无关，因此，不易受到中位数年龄变量固有的可能遗漏的变量偏差的影响；此外，**记忆测试分数是衡量记忆质量的指标，并直接关系到工作人员在大量使用记忆的任务中的工作效率**；因此，**该检验原则上可用于将人口老龄化的李嘉图效应和 HO(赫克歇尔–俄林)效应区分开来**；然而，鉴于样本中的国家数量很少，实际上很难分别确定这两种影响，因此研究中没有采用这种方法；

在表 6 的第(1)列中，作者展示了基准规范(1)的结果，使用中位数年龄作为技能禀赋的代理，但将记忆作为单一认知技能；与综合年龄贬值技能变量一样，记忆强度(intensity)和一个国家中位数年龄交互作用的系数是负的，且统计显著的；因此，与作者之前的研究发现是一致的，年轻国家在要求雇员具有良好记忆力的行业中占据了更大的市场份额；在第(2)列中，研究使用无条件单词回忆测试分数作为技能禀赋的衡量标准，对每个国家 50–55 岁的个人进行平均，以控制各方受访者的不同年龄构成；在 5% 的置信水平下，交互作用的影响仍然很大并具有统计显著性；第(3)列表明：当对可获得记忆测试分数的国家样本进行估计时，第(1)列的结果仍然是稳健的；同样重要的是要注意，记忆测试分数的系数估计值与中位数年龄的系数估计值非常相似；由于这两个变量依赖于记忆禀赋的不同变化来源来确定国家在记忆密集型行业的比较优势，作者认为 估计值的相似性再次保证了这两组结果都是由遗漏变量偏差驱动的；

为了使记忆测试结果与中位数年龄结果具有可比性，作者使用记忆测试分数来确定人口(统计)结构对比较优势的贡献；所有测试参与者都完成了一份调查问卷，这份调查问卷中包含了关于个人年龄和性别的信息；该调查还收集了关于最高学历和受教育年限的标准数据，这使得各国之间的数据具有可比性；为了将年龄和受教育程度的影响与认知技能的其它变化来源分开，作者首先 从个人记忆测试分数关于个人年龄和受教育年限的回归中 获得关于年龄和教育的记忆弹性；然后 使用这些从微观数据中估计的弹性以及不同国家人口的平均年龄与(平均)受教育年限的信息来构建样本内预测的 国家层面记忆禀赋；获得的记忆禀赋度量指标捕捉了 仅由人口统计和教育程度(education attainment)造成的 各国记忆测试分数的变化；第(4)列中显示的结果与基准结果非常相似；下面，作者通过第(4)列估计出来的弹性来构建 贸易数据样本中所有国家的 测试分数的样本外预测值；让这种技能禀赋与记忆强度相互作用，主要结果保持不变(第(5)列)；最后，在第(6)列中，作者构建了一个仅针对高级工人的技能禀赋衡量指标；在第一阶段，作者估计了年龄和教育水平对 50–65 岁人群中每个 5 年群组的影响，并使用 Barro 和 Lee(2013)报告的每个国家和 5 年年龄群组的教育程度(educational attainment)数据构建了国家层面有效记忆禀赋测量指标；结果是稳健的；

总而言之，表 6 表明：无论使用哪种技能禀赋测量指标，其与部门记忆强度交互作用的系数始终具有预期的符号和统计显著性，系数大小在整个规范中非常稳定；

Table 6
Alternative measure of the stock of cognitive skills.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Memory_J _i ×	-0.022** (-4.55)		-0.019* (-2.08)			
(Median age) _c		0.020* (2.45)		0.020* (2.49)	0.027** (5.90)	0.019** (3.69)
Score _c		0.057** (7.46)	0.054** (4.75)	0.049** (4.45)	0.036** (4.01)	0.036** (7.10)
(Capital int.) _i ×	0.038** (8.81)	0.032** (4.14)	0.033** (4.36)	0.052** (6.72)	0.048** (9.96)	0.048** (10.15)
(Skill int.) _i ×						
(Skill abund.) _c						
Importer-industry FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Exporter FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Trade costs controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R-squared	0.552	0.669	0.640	0.666	0.552	0.552
N	413,466	160,945	160,945	150,178	413,466	413,466

Notes: The dependent variable is the normalized natural logarithm of exports from country c to country p in industry i in year 2000. Standardized beta coefficients are reported, with t -statistics in parentheses. Robust standard errors are clustered by exporter-industry.

* Significant at 5%.

** Significant at 1%.

4.4 拓展(Extensions)

4.4.1 教育和医疗服务在年龄相关认知发展中的作用(The role of education and health care in age-related cognitive development)

方程(10)中 使用一个国家的人口(统计)构成作为未观测到的年龄相关技能禀赋的代理(变量) 取决于以下假设：每个年龄相关技能的存量仅是中位数年龄的线性函数；然而，年龄相关认知的减退可能并不完全是由于生物老化过程(not be entirely due to biological aging process)；如果这些要素的跨国变化与人口(统计)相关，那么影响不同年龄认知功能的其它因素的存在可能会导致 β_k 系数的有偏估计(estimated biased)；在本小节中，作者考虑了认知发展的两个额外因素，并证明研究的主要发现在数量和统计上对于年龄相关技能代理变量的替代定义仍是稳健的(remain quantitatively and statistically robust)；

第一个这种要素是医疗服务体系的质量；许多的医学研究结果表明 心理和系统性(全身)疾病(psychological and systemic diseases)对所有年龄段的人的认知功能都有很强的影响，但这种影响对老年人尤为严重，因为他们此类疾病的发病率和患病率会增加；因此，只要(insofar as)年龄相关认知和身体衰退是由健康状况恶化导致的，在某种程度上(to some extent)，通过适当的医学治疗是可以逆转的；通过这种方式，一个有效的医疗服务体系可以 弥补(remediate)人口老龄化对认知技能和身体能力的有效存量的影响；

第二个可能会影响老龄化和认知功能关系的因素是教育和认知培训；大量文献记录了教育与老年认知功能之间的正相关关系，最近的几项研究通过利用教育政策的外生变化，确定了儿童教育(childhood schooling)对老年认知能力(主要是记忆力)的因果影响(causal effect)(例如：Glymour 等人, 2008; Banks & Mazzonna, 2012)；此外，已经证实(it has also been established that)：随着个人年龄的增长，教育和培训可以缓和(Schaie, 1986 & 2005)；因此，作者预期 提高受教育程度，特别是老年工人教育程度的提高，可以增加年龄相关认知技能的有效存量；

教育上述证据(Based on the above evidence)，作者拓展了方程(10)(附录)：允许国家 c 的年龄相关技能 k 的禀赋是中位数年龄(Age_c)、医疗服务体系的质量($Health_c$)和教育水平(Edu_c)的函数：

$$\ln F_c^k = \sigma_0^k + \sigma_1^k Age_c + \sigma_2^k Health_c + \sigma_3^k Edu_c \quad (4)$$

作者预期：对于年龄贬值技能有 $\sigma_1^k < 0$ ，对于年龄增值技能有 $\sigma_2^k > 0$ ，对于任何 k 都有 $\sigma_3^k > 0$ 和 $\sigma_4^k > 0$ ；那么方程(1)变为：

$$\begin{aligned} \ln X_{cpi} = & \sum_{k \in K} (\beta_1^k I_i^k \times Age_c + \beta_2^k I_i^k \times Health_c + \beta_3^k I_i^k \times Edu_c) \\ & + \sum_n \phi_n I_i^n \times F_c^n + \delta'_{cp} \lambda + \gamma_c + \gamma_{pi} + \varepsilon_{cpi} \end{aligned} \quad (5)$$

where: $\beta_j^i = (\rho_j^* + \phi_j^* \sigma_i^j)$

方程(5)的估计结果如表 7 示；教育以受过中等和高等教育的人口比例来衡量的，尽管当研究中使用教育的替代衡量指标(alternative measures)或教育程度的衡量指标仅针对高级工人时结果不会改变；在第(1)列中，医疗服务体系的效率(有效性, efficiency)用从世界银行的获得的 2000 年总健康支出占 GDP 的份额来表示；第(1)列中，教育变量和技能强度的所有交互作用都不显著，这表明教育不影响年龄相关技能的积累；然而，这一结果可能是由教育数据质量低下造成的，它没有考虑(take into account)到各国教育质量的差异；至于医疗支出占 GDP 比重的影响，如同预期的一样(as expected)，只有它与年龄增值技能的交互作用是统计显著为正的；然而，年龄贬值技能的不显著系数并不能证明国家层面医疗支出的增加可以弥补老龄化人口认知能力的下降对比较优势的影响；中位数年龄与年龄相关技能密集度相互作用的估计系数在统计上仍然显著，并且大小与基准值相似；

4.4.2 人口老龄化与偏好变化(Population aging and changes in preferences)

研究中的理论模型关注人口老龄化通过对供给的影响而对贸易流产生的影响，从而表明人口(统计)是一个国家比较优势的重要因素；然而，人口构成也可以通过对需求的影响来影响贸易；特别是，对不同制造产品的偏好和需求可能会随着年龄的增长而变化(change with age)；在这种情况下(in this case)，如果老龄化和对密集使用年龄增值技能的产品的需求减少和/或对密集使用年龄贬值技能的产品的需求增加有关，那么，研究中的 $I_i^k * Age_c$ 变量可能会捕捉偏好的变化而不是专业化的变化；

为了探索这种可能性，作者使用了加拿大统计局保存的 2000 年加拿大家庭支出调查；这些数据代表了开放的市场经济，这种情况适用于其它发达国家，这些国家解释(account for)了样本种出口行业观察值的一半左右；调查包括加拿大超过 14000 个家庭在整个日历年的家庭支出的完整信息；图 4(Fig. 4)显示了四个群组(across four cohorts)不同消费品在家庭总支出额种所占份额的变化；该图显示(the figure reveals that)，尽管不同群组之间的支出份额没有明显差异，但老年人倾向于在食品和医疗设备方面花费更多，在运动、音频和视频设备方面花费较少；因此，如果老年人和年轻人之间消费模式模式的差异与各产业技能密集度的变化系统性相关，那么不控制老年人和年轻人之间消费模式模式的差异可能会导致方程(1)中系数 β_k 的变量偏差被忽略(omitted variable bias in β_k coefficients)；然而，在加拿大数据中，这种关系很弱：技能密集度与 55–65 和 25–35 年龄群组的支出份额差距之间的 Spearman 秩相关性仅为 0.1，而物质资本和人力资本密度的秩相关性分别是 0.23 和 -0.34；

作为额外的稳健性检验，作者针对生产消费品的行业的子集估计了方程(1)；如果满足以下两个条件中的至少一个，作者将行业归类为生产消费品；第一：根据美国 2007 年的投入产出表的计算出的最终消费品占工业总产出的份额至少为 50%；第二：制造业商品占总消费支出的比重超过样本中位数的 0.8%；由于生产消费品的许多行业也生产中间品，因此在这个练习中，作者主要去除生产少量消费品的行业，例如金属制品或工业机械；如果研究结果主要是由年龄和消费行为之间的关系驱动的，作者预计最终产品的影响会更加明显；表 7 第(2)列中的结果表明，消费品样本系数 β_k 的大小与对于整个样本的基准估计值相似，这表明年龄相关偏好在研究结果中不太可能起主要作用(play a major role)；

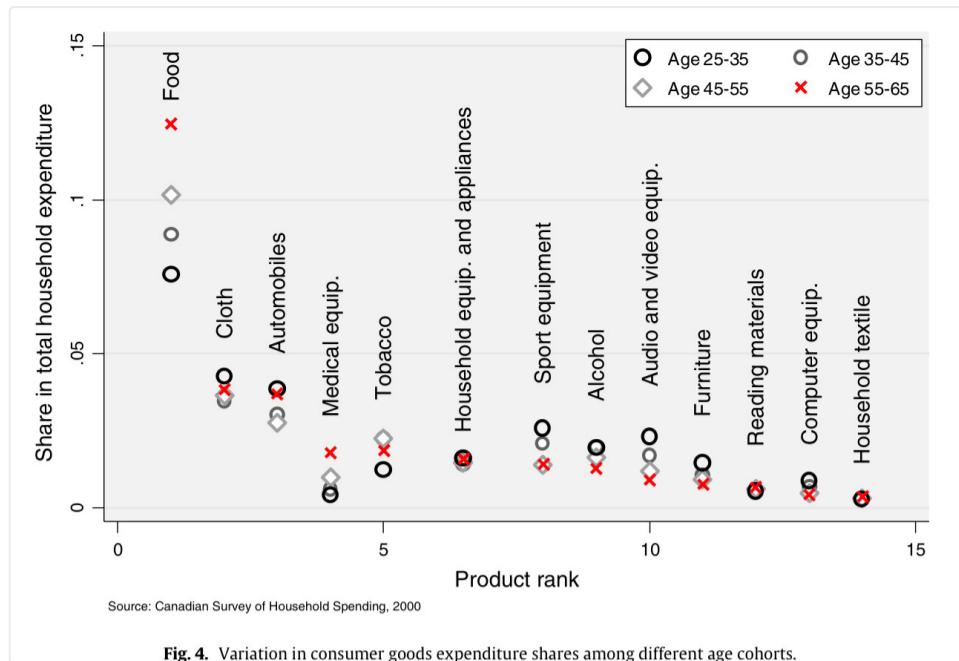
Table 7
Extensions.

	(1)	(2)
$Cog_app_i \times (Median\ age)_c$	0.021** (3.48)	0.031** (5.69)
$Cog_dep_i \times (Median\ age)_c$	-0.045** (-6.77)	-0.047** (-7.69)
$Physical_i \times (Median\ age)_c$	-0.016 (-0.75)	-0.018 (-0.97)
$Cog_app_i \times Health_c$	0.031** (5.02)	
$Cog_dep_i \times Health_c$	-0.034 (-1.93)	
$Physical_i \times Health_c$	0.033 (1.73)	
$Cog_app_i \times Educ_c$	0.003 (0.48)	
$Cog_dep_i \times Educ_c$	0.016 (0.84)	
$Physical_i \times Educ_c$	-0.055* (-2.45)	
$(Capital\ int.)_i \times (Capital\ abund.)_c$	0.023** (4.67)	0.020** (3.39)
$(Skill\ int.)_i \times (Skill\ abund.)_c$	-0.006 (-0.65)	0.018** (2.68)
R-squared	0.559	0.562
N	401,851	257,866

Notes: The dependent variable is the normalized natural logarithm of export from country c to country p in industry i in year 2000. Standardized beta coefficients are reported, with t-statistics in parentheses. Robust standard errors are clustered by exporter-industry. All specifications include exporter fixed effects, importer-industry fixed effects, and controls for bilateral trade costs. Column (2) is estimated on a sample of industries that produce consumption goods.

* Significant at 5%.

** Significant at 1%.



5. 人口老龄化对比较优势的影响

作者在之前的节(section)中已经表明，一个国家的年龄结构是比较优势的来源；在第二节中，作者还认为，一个人口老龄化速度比其它国家快的国家，应该会通过使密集使用年龄贬值技能的产业的相对生产力下降和相对成本增加来改变一个国家的出口结构；为了检验该模型的这种预测，作者估计了方程(3)，并将1962年到2000年间出口的变化与产业要素密集度和人口年龄结构变化之间的相互作用联系起来：

估计结果报告在表8的(1)–(5)栏中；结果基于82个出口商、135个进口商和76各行业的样本；第一列中资本和熟练劳动力的不显著的系数表明：与作者的预期相反，物质资本和人力资本的积累与出口结构向资本或技能密集型产业的转移无关；这两个结果都与Romalis (2004)不同，他表明资本的变化以及在某些情况下熟练劳动力存量的变化意味着国家对美国出口结构的变化；作者发现，他们的结果与Romalis (2004)的结果之间的差异主要是由于选择美国作为单一进口国造成的；当作者将进口商的样本仅限于美国时，作者获得了关于资本和熟练劳动力的大且为正的系数，且后者在统计上也是显著的；

关于(2)–(4)栏中对年龄相关技能的估计，我们可以看到关于所有技能的系数是显著的，并和预期的符号一样；这些结果表明：一方面，快速的人口老龄化会提高了一个国家在大量(密集)使用年龄增值认知技能的产业的专业化，另一方面，削弱了依赖年龄贬值认知技能和身体能力产业的竞争优势；当两种年龄相关认知技能在一个回归中被估计时(列(5))，系数变得更小，但仍然是显著的；作者在第(5)列中不包括身体技能，因为它与年龄贬值认知技能高度共线，并且这两个系数无法被共同识别；出于这个原因，在接下来的规范中，作者没有将身体能力包含在协变量列表中；

为了说明隐含估计的量级(magnitude)，考虑两个国家(美国和阿根廷)、两个行业(汽车和肉类产品)；1968到2000年间，美国的中位数年龄相对于阿根廷增加了一个标准差，即4.7岁；此外，汽车在年龄贬值认知技能方面的密度比肉类产品高出大约一个标准差；鉴于对数出口变化的标准差是2.4，第(5)列的估计意味着：人口(统计)变化导致的美国年龄贬值增值认知技能相对存量的增加使美国比阿根廷的汽车相对于肉类产品出口增加了 $e^{2.4*0.027} = 0.067$ 还多；类似地，阿根廷纺织产品相对于家用电器的出口比美国增加了 $e^{2.4*0.027} = 0.067$ (这两个行业在年龄贬值认知技能密度上存在一个标准差的差异)；

在表(6)–(9)列，作者报告了人口变化对比较优势的影响的若干个稳健性检验；列(6)显示了年轻工人(20–40岁)在劳动人口中所占的比例，作为衡量年龄相关技能的充裕程度的指标；研究结果与之前的发现完全一致，即人口老龄化和年轻工人比例的下降与大量使用年龄增值认知技能产品出口的增加和大量(intensively)使用年龄贬值技能产品出口的减少有关；

在第(7)–(9)列中，作者分别使用 1970、1980、1990 作为基准年 报告了结果，以构建贸易流和要素禀赋的差异；更短的时间差异跨度增加了出口国和观察值的数量，因为许多国家(尤其是人口较年轻的欠发达国家)没有报告 60 年代(1960s)和 70 年代的贸易数据；第(2)列中出口国样本根据代表性，人口老龄化对年龄相关技能的影响更为明显，这两种技能的系数都有预期的符号 并且在统计上是显著的；然而，随着时间逐渐的缩短(with differencing over progressively shorter periods)，影响减弱(第 3 列)，并完全消失(第 4 列)，其中以 1990 年为基准日期；结果随着更短的时间差异发生显著的变化可能表明：如果经济需要十年以上的时间来适应要素投入供给的变化，那么 产业间资源转移(再分配， relocation)引起的一般均衡效应在高频数据中就不太明显(be less visible in higher-frequency data)；然而，第(4)列中的弱结果(weak results)也可能是由于人口老龄化在较短时间段内的较小(low)变化，这将使作者更难确定(识别，identification)感兴趣的影响；

本节的研究结果为评估人口老龄化的经济后果提供了新的见解(provide new insights for evaluation of economic consequences of population aging)，并具有重要的公共政策含义；结果表明，人口(统计)变化会影响一个国家的比较优势和各行业的产出结构；特别是，快速的老龄化国家会在年龄贬值认知技能和身体技能密集的行业中失去比较优势，而在使用年龄增值认知技能的行业获得比较优势；因此，人口老龄化改变了年龄相关技能的相对供给，国际贸易作为调整机制，它通过将更充裕的要素用于出口导向部分 来增加对充裕要素的相对供给 来发挥作用；因此，只要各国的人口老龄化率不同，人口(统计)变化对年龄相关技能的技能溢价和 高级和初级工人的相对收入水平的影响就会因产出和出口构成的变化而减弱(be muted by)；

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Cog_app _i ×		0.035**			0.027*	-0.027*	0.037**	0.034**	0.002
(Δ Age) _c		(3.18)			(2.34)	(-2.05)	(3.84)	(3.71)	(0.25)
Cog_dep _i ×			-0.037**		-0.029*	0.027*	-0.039**	-0.030**	-0.008
(Δ Age) _c			(-3.19)		(-2.47)	(2.05)	(-4.00)	(-2.76)	(-0.90)
Physical _i ×				-0.039**					
(Δ Age) _c				(-3.29)					
Capital int. _i ×	0.010	0.012	0.019	0.014	0.012	0.003	0.005	0.017*	0.018*
(Δ Age) _c	(0.83)	(0.90)	(1.30)	(1.03)	(0.91)	(0.21)	(0.55)	(2.03)	(2.47)
Skill int. _i ×	-0.002	-0.004	-0.004	-0.004	-0.005	-0.003	-0.010	-0.002	0.007
(Δ Age) _c	(-0.23)	(-0.39)	(-0.40)	(-0.45)	(-0.47)	(-0.32)	(-1.38)	(-0.31)	(1.39)
Measure for Age _c	Median	Median	Median	Median	Young worker	Median	Median	Median	Median
age	age	age	age	age	share	age	age	age	age
End year	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Start year	1962	1962	1962	1962	1962	1970	1980	1990	
R-squared	0.476	0.477	0.477	0.477	0.478	0.477	0.444	0.425	0.324
N	62,488	61,835	61,835	61,835	61,835	62,488	83,976	101,977	93,352

Note: The dependent variable is the change in the normalized natural logarithm of exports from country c to country p in industry i . All specifications include exporter fixed effects, importer-industry fixed effects, and trade costs controls. Standardized beta coefficients are reported, with t-statistics in parentheses. Robust standard errors are clustered by exporter-industry.

* Significant at 5%.
** Significant at 1%.

6. 结论

各国相对生产力和要素禀赋的差异是比较优势的来源；本文通过分析人口构成和年龄相关技能禀赋的跨国差异 对商品贸易结构的影响，为比较优势文献做出了贡献；作者将年龄相关技能纳入 Chor(2010)对 Eaton—Kortum 模型的扩展，以表明 人口结构的跨国差异决定了贸易模式；该模型还预测，人口老龄化导致密集利用年龄贬值技能的行业的生产力下降和单位产出成本的增加；

作者将该模型的两个主要预测应用于 1962 年到 2010 年间众多国家和 86 个行业的双边贸易数据，并确认人口年龄结构是一国比较优势的重要因素；首先，作者表明：劳动力较年轻的国家倾向于专注于年龄贬值技能密集的行业，结果对于包含 可选择的比较优势来源的控制(inclusion of controls for alternative sources of comparative advantage) 非常稳健，并且不局限于特定的时间段；此外，一个国家的年龄结构对贸易的影响在经济上是相当大的，并且比物质资本和人力资本禀赋加起来更能解释贸易流量的变化；

其次，作者确定(establish) 人口老龄化导致一国的出口结构转向密集使用年龄增值技能的行业，远离严重依赖年龄贬值技能的行业；因此，人口老龄化可以在国家内部和国家之间的经济活动结构中发挥重要作用；尽管如此，作者的研究结果 为人口老龄化对老年和年轻工人的相对工资的长期影响提供了乐观前景；结果表明，人口快速老龄化的国家可以通过在密集利用年龄增值技能的行业 利用越来越多的老年工人(老年工人不断增长的份额，growing share of older workers)来适应人口(统计)变化；因此，自由贸易和进口包含年龄贬值技能的产品 可以减轻快速老龄化国家年轻工人技能供应减少对相对收入水平的影响；

Appendix A. Theoretical framework

A.1 年龄相关技能的 HO 和李嘉图模型(Heckscher–Ohlin and Ricardian models with age-dependent skills)

作者使用 Chor (2010) 对 Eaton & Kortum (2002) 模型的拓展，通过两个主要的比较优势模型，即 Heckscher–Ohlin 和 Ricardian 模型，说明了人口年龄结构对一国比较优势的作用；该模型(本研究中的模型)在具有多个国家、行业和生产要素的环境中同时考虑了生产率和要素禀赋的差异；在这个设定中，对与任何一对国家 c_1 和 c_2 ，其产品 i 对国家 p 的相对出口由下式给出：

$$\frac{X_{c1pi}}{X_{c2pi}} = \frac{(\varphi_{c1}^i / mc_{c1}^i d_{c1p}^i)^\theta}{(\varphi_{c2}^i / mc_{c2}^i d_{c2p}^i)^\theta} \quad (6)$$

where:

X_{c1pi} ：货物 i 从 c_1 (国) 出口到 p 国的价值

d_{cp}^i ：将一单位货物 i 从 c 运送到 p 的冰山贸易成本(iceberg trade cost)

θ ：生产力冲击方差的倒数

mc_c^i ： c 国在行业 i 的单位生产费用，它反映了 HO 作用(capture the Heckscher–Ohlin forces)

φ_c^i ： c 国在行业 i 的李嘉图生产率(Ricardian productivity)

继(遵循, following)Chor(2010)，作者将生产力项(term)和单位成本函数参数化如下(as follows)，用星号区分与人口统计相关的系数：

$$\begin{aligned} \ln \varphi_c^i &= \mu_c + \mu_i + \sum_{k \in K} \rho_k^* I_i^k \times Age_c + \sum_{\{n,m\}} \rho_{nm} L_i^n \times M_c^m \\ mc_c^i &= \prod_{k \in K} (w_{ck})^{s_{ki}} \prod_{f \in F} (w_{cf})^{s_i} \end{aligned} \quad (7)$$

μ_c ：国家生产率参数

μ_i ：行业生产率参数

L_i^n ：行业特征

M_c^m ：国家特征，例如 决定国家在某行业(in that industry)的生产力优势的制度因素

ρ_{nm} ：反映相互作用 $L_i^n * M_c^m$ 对生产力影响的强度

I_i^k ：行业在年龄相关技能 k 中的强度

Age_c ：一个国家人口构成的衡量指标

如果资深工人在需要年龄贬值技能的任务中生产力降低，生产力也将取决于 行业在年龄相关技能 k 中的强度(I_i^k) 与 一个国家人口构成的衡量指标(Age_c)(作者假设随着一个国家人口的老龄化，人口统计构成也增加) 之间的交互作用；就产业继承了一国的年龄分布而言(to the extent that, 就...而言，在某种程度上)，人口老龄化 对需要年龄增值技能的产业($\rho_k^* > 0$)意味着生产力的优势 和 对密集使用年龄贬值技能的产业($\rho_k^* < 0$)意味着(生产力的)劣势；

单位成本函数是 c 国要素价格的柯布道格拉斯整合器(Cobb–Douglas aggregator)，其中 K 是一组年龄相关的技能， F 是一组其它生产要素，如人力资本和物质资本， s_{ji} 是要素 $j \subset \{K, F\}$ 在产业 i 的总成本中的份额；如果 HO 渠道起作用，那么，(例如, as in)，相对要素价格与相对要素禀赋成反比，因此 对数成本函数变为：

$$\ln mc_c^i = - \sum_{k \in K} \phi_k^* s_{ki} \ln (F_c^k) - \sum_{f \in F} \phi_f s_{fi} \ln (F_c^f)$$

(8)

where:

F_c^j : c 国的要素 j 的禀赋(相对于一些参考要素进行的测量)

$\phi_k^* > 0, \phi_f < 0$

把方差(7)和(8)带入到(6)有:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\theta} \ln \left(\frac{X_{c1pi}}{X_{c2pi}} \right) &= \sum_{k \in K} \rho_k^* I_i^k \times (Age_{c1} - Age_{c2}) + \sum_{k \in K} \phi_k^* s_{ki} \ln \left(\frac{F_{c1}^k}{F_{c2}^k} \right) \\ &\quad + \sum_{\{n,m\}} \rho_{nm} L_i^n \times (M_{c1}^{nm} - M_{c2}^{nm}) + \sum_{f \in F} \phi_f s_f \ln \left(\frac{F_{c1}^f}{F_{c2}^f} \right) \\ &\quad + (\mu_{c1} - \mu_{c2}) - (d_{c1p}^i - d_{c2p}^i) \end{aligned}$$

(9)

相对出口由六个因素共同决定(be determined by combination of six factors): **Ricardian forces**, 由年龄构成和制度因素对生产力的差异效应(不同影响, 微分效应, differential effect)得出(capture)(第一项和第三项); **Heckscher—Ohlin forces**, 通过要素禀赋的差异发生作用(第二项和第四项); **productivity shifters**(生产力转移, 第五项); **trade costs**(贸易成本, 第六项); **一方面**, 如果模型中没有 Ricardian forces, 且人口老龄化只影响年龄相关技能的存量而不影响质量, 那么第一项和第三项会从方程(9)中消失, 这与 Romalis (2004)的 HO 模型的预测相似; **另一方面**, 如果人口老龄化不影响不同年龄相关技能的相对溢价, 那么第二项会消失, 人口统计构成将只通过各行业(across industries)劳动生产率的变化来影响贸易;

规范(9)还允许分析人口结构随时间的变化对比较优势的影响; 不难看出, c_1 和 c_2 国家不同的人口老龄化率将通过两个互补的渠道(complementary channels)影响它们的相对出口; 首先, 老龄化速度更快的国家应该观测到年龄贬值技能禀赋的减少和其溢价的增加; 反过来, 这将通过 Rybczynski 效应将一国的出口结构从大量使用年龄贬值技能的行业转移出去; 其次, 不同的老龄化率 通过对工人年龄构成和各行业劳动生产率的影响 直接影响两国的相对出口(李嘉图效应);

校对

方程(9)同时解释了两个渠道, 即 HO 和李嘉图渠道, 年龄构成通过这两个渠道能够影响比较优势; 然而, 根据经验把 将其中一个渠道同另一个渠道分离 需要年龄相关禀赋或年龄相关技能的相对价格的数据, 而这些数据是不可用的; 在缺乏此类数据的情况下, 作者用国家的中位数年龄 Age_c 作为方程(9)中年龄相关技能存量的代理:

$$\ln F_c^k = \sigma_0^k + \sigma_1^k Age_c$$

(10)

因此, 对于年龄增值技能, 技能存量随着人口年龄的增加而增加($\sigma_1^k > 0$), 而对于年龄贬值技能, 技能存量随着年龄的增加而减少($\sigma_1^k < 0$); 这种转换(transformation)产生了一种与 Chor(2010)和 Bombardini 等人(2012)类似的经验规范(empirical specification):

$$\begin{aligned} \ln X_{cpi} &= \sum_{k \in K} \beta_k I_i^k \times Age_c + \sum_{f \in F} \phi_f f_i^f \times F_c^f + \delta'_{cp} \lambda + \gamma_c + \gamma_{pi} + \varepsilon_{\varphi pi} \\ \beta_k &= (\rho_k^* + \phi_k^* \sigma_1^k) \end{aligned}$$

(11)

在方程(11)中, β_k 结合了 ρ_k^* 和 ϕ_k^* , $I_i^k \times Age_c$ 的交互作用捕捉了李嘉图和 HO 渠道; 模型预测: 对于随着年龄增长而恶化的技能, $\beta_k < 0$, 对于随着年龄增长而提高的技能, $\beta_k > 0$; 这源于这样一个事实(this follows from the fact that): 对于年龄边际技能 $\beta_k^* < 0$ 和 $\sigma_1^k < 0$, 这意味着, 由于对于所有的 k , ϕ_k^* 都为正, 所以 $\beta_k < 0$; 对于年龄增值技能, ρ_k^* 和 σ_1^k 都为正, 所以 β_k 也为正;
