

努力与儿童认知能力

——基于 CES 函数的实证检验

刘成奎 王宙翔 任飞容

摘要: 早期认知能力积累是个体未来成就的重要影响因素,而认知能力的形成又受到个体努力及环境直接而深刻的影响。基于中国家庭追踪调查(CFPS)2012年和2014年数据,构建儿童认知能力CES生产函数,检验了努力对儿童认知能力的影响效应。研究发现:儿童自身努力显著且稳健影响认知能力的形成,并且努力与环境之间存在互补关系,对提高认知能力的边际生产率存在相互促进作用。进一步分析发现在儿童进入初中后,努力会显著提高认知能力,而在小学以前,认知能力主要受环境因素的影响。分样本发现,城镇儿童与家庭环境好的儿童,努力对认知能力的影响更为显著。由此政府应完善现行的义务教育政策,改善义务教育阶段师资均等化水平,重视发挥父母对儿童认知能力形成的积极作用,进而激发儿童努力以有效地改善认知能力。

关键词: 努力 环境 儿童认知能力

中图分类号:F241

一、引言和文献综述

努力对个体早期认知能力的影响是人力资本研究的一个重要议题。已有研究表明个体早期认知能力的形成是其未来成就的基础,主要是因为早期的经历会对一个人未来的发展产生长期且重要影响(Heckman & Kautz, 2012; Chyn, 2018)。在有关认知能力形成影响因素的研究文献中,现有研究多侧重于个体环境因素,尤其是个体家庭环境因素,并得出了一些有意义的结论与对策建议(Cunha & Heckman, 2007; Carneiro et al, 2012)。事实上,努力也是认知能力形成的重要影响因素,但是限于指标衡量难度较大、衡量数据可得性较差,现有研究较少关注个体努力,特别是儿童努力^①的影响效果。

经典文献中关于环境和努力的研究最早是对机会平等标准的探讨,从最初的以个体对资源的获得及其对分配结果的责任为标准,到以获取福利的机会为标准,进而发展为现在的环境与努力两因素(Roemer et al, 2003)。随后在实证研究方面,越来越多的文献集中于研究机会不平等的度量(Lefranc et al, 2009; 江求川等, 2014; 李莹和吕光明, 2016);而研究的重点由最初的收入机会不平等逐步拓展到教育机会不平等(Golley & Kong, 2018; 邹薇和马占利, 2019)和健康机会不平等(Dias, 2009; 马超等, 2018)。

*刘成奎, 武汉大学经济与管理学院、武汉大学财政金融研究中心, 邮政编码: 430072, 电子邮箱: lck518@163.com。王宙翔, 武汉大学经济与管理学院, 邮政编码: 430072, 电子邮箱: yuxiadeyel@126.com。任飞容, 武汉大学经济与管理学院, 邮政编码: 430072, 电子邮箱: 448551350@qq.com。本文受国家社科基金项目“机会平等视角下的公共服务供给与缩小收入分配差距研究”(18BJY213)资助。感谢审稿专家的修改建议, 文责自负。

① 限于数据可得性较差, 本文研究的儿童努力界定为10-15岁的个体努力。而10-15岁也是个体认知能力形成的重要时期, 因此其有较好的代表性。

关于认知能力的研究，最早源于对人力资本形成模型的探讨。Ben-Porath（1967）构建了传统的人力资本形成模型，探讨了投资以及成本对人力资本发展的影响。Cunha et al（2010）将 Ben-Porath 的模型推广到儿童认知能力形成的研究中，把家庭环境和父母投资作为儿童认知能力的投入要素，认为在个体学龄前投资最优。在此基础上，Attanasio et al（2017）做了进一步的延伸，对儿童认知能力形成进行跨国分析，认为相比于贫穷家庭，富裕家庭会在儿童阶段投入更多，这会造成持续的认知能力差异。Currie（2011）认为个体间人力资本的不平等从学龄前，甚至是出生前就已经开始产生，而这些差异是由于“先天”（出生时的禀赋）和“后天”（相同禀赋而成就不同）相互作用所引起的。Chetty et al（2016）从性别差异角度对子女认知能力的形成进行分析，认为男孩会更容易受到家庭环境的影响。Anger & Schnitzlein（2017）则从个体兄弟姐妹关系出发，认为家庭背景对认知能力影响显著。Wang & Yu（2017）认为人力资本的获得是父母投资和子女努力相互作用达到帕累托最优的结果。李忠路和邱泽奇（2016）认为家庭背景会直接影响儿童学业成绩以及认知能力，同样也会间接通过对儿童努力的影响作用于学业成绩以及认知能力。Marrero & Rodriguez（2013）指出认知能力的差异源于个体环境和努力程度的不同，努力不平等会促进平均认知能力的增加，而环境差异会增加认知能力的不平等。但环境造成人力资本的差异很难通过政策工具来消除（Keane & Roemer，2009）。

现有文献尽管讨论了关于努力和环境的研究进展并且注意到在认知能力形成过程中各影响因素在其中发挥的作用，但依然存在以下两方面的不足。首先，相关研究更多的是分析环境，尤其是家庭环境对儿童认知能力的影响，而作为影响个体成就的另一个重要因素，努力对儿童认知能力的作用并没有得到直接的关注。其次，现有研究分析努力与环境对个体成就的影响多关注线性特征，而忽略了努力与环境之间的相互作用。

相对于既有的研究，本文的创新及贡献主要在于以下三个方面：（1）探究了努力对儿童认知能力的影响；（2）在同时考虑环境、努力两个因素条件下，分析努力对儿童认知能力的作用，并探讨努力和环境在认知能力形成过程中究竟是替代抑或互补关系；（3）丰富和完善了机会不平等、人力资本等领域的研究文献，并提供了微观经验。

本文余下部分结构安排如下：第二部分为模型构建；第三部分说明变量的选取和数据；第四部分汇报实证分析结果和稳健性检验，第五部分是对认知能力形成的进一步分析；最后为基本结论和政策建议。

二、模型构建

本文运用 CES（Constant Elasticity of Substitution）生产函数分析认知能力形成机制，并且采用控制函数方法剔除努力内生性。

（一）基准回归

我们遵循 Cunha et al（2010），构建 CES 生产函数，考虑了努力因素的投入对儿童认知能力的影响：

$$C_{i,t+1} = (s_{1t}P_i^{C\rho_t} + s_{2t}P_i^{H\rho_t} + s_{3t}E_{i,t}^{\rho_t} + s_{4t}C_{i,t}^{\rho_t} + s_{5t}H_{i,t}^{\rho_t})^{\frac{1}{\rho_t}} e^{\phi_t X_{i,t} + A_t + \varepsilon_{i,t}} \quad (1)$$

其中 $C_{i,t+1}$ 为认知能力， s_{1t} 、 s_{2t} 、 s_{3t} 、 s_{4t} 和 s_{5t} 的和为 1。t+1 期时的认知能力，主要包含五个不同的投入要素：父母认知能力 P_i^C 、母亲健康水平 P_i^H 、t 期认知能力 $C_{i,t}$ 和健康水平 $H_{i,t}$ ，以及自身的努力 $E_{i,t}$ 。同时我们还加入了其他的控制变量 X_t ，具体包括儿童个人特征变量、家庭特征变量和省级经济变量等。认知能力的形成也受到全要素生产率 A_t 和未知冲击 ε_t 的影响。其中父母认知能力和母亲健康是不随时间变化的。 $\rho \in (-\infty, 1]$ ， $1/(1 - \rho_t)$ 为各要素替

代弹性，用来度量努力对 t 期健康的补充程度。当 ρ_t 等于 1 时，生产函数变为线性函数，各要素之间存在着完全替代关系。在认知能力形成过程中，各投入要素间并非是简单的线性关系，可能存在相互作用，而 CES 生产函数能够很好的满足这要求（Cunha & Heckman, 2007; Cunha et al, 2010; Attanasio & Meghir, 2017），特别是投入要素间存在替代或者互补关系。从式（1）可知，儿童努力 $E_{i,t}$ 对认知能力的边际影响可以分为两部分，一部分是努力对认知能力的直接效应，另一部分是其他投入要素通过作用于努力而间接对认知能力的影响。

为了探讨在认知能力形成过程中努力与环境之间的相互作用，需要对环境进行合理的度量。但是依据现有机会平等文献（Roemer et al, 2003; Lefranc et al, 2009），环境因素包含了所有个体自身不能控制的变量，很难详尽的在模型中控制。为此本文将健康作为环境的代理变量，这是因为，依据 Roemer 二分法，作为个体的一个重要结果变量，健康由努力和环境两类因素决定，但儿童健康不太可能受到努力的影响^①，主要取决于面临的环境因素，在后面的实证部分也将证实这一点，为此 $1/(1 - \rho_t)$ 也进一步表明努力与环境间替代弹性。

在式（1）的认知能力生产函数中，主要的投入和产出要素不能被直接的观测到，只能依靠其他观测指标来衡量，可是单独的测量指标并不能很好的度量这些潜在变量，存在度量误差。Cunha et al（2010）构建的动态因子模型可以解决这一问题，从各观测值中提取潜在因子^②，我们在附录中对这一方法进行了详细的介绍。

（二）内生性的克服

模型中认知能力形成取决于努力的投入，而努力的大小又会受到父母认知能力等其他环境因素的影响，如果将个体按环境因素划分为不同组别，不同的组会有不同的努力分布。并且每个人所面临的环境因素包括很多，例如可以观察到的父母教育年限、出生地等等，可是还有一些观察不到的因素，例如遗传等，这些因素同样影响着个体的努力。而为了得到认知能力的无偏估计，需要解释变量与扰动项独立，而努力可能与未知的环境因素存在相关性，则无法满足。因此对生产函数的分析需要解决努力内生性问题。

为此，我们选用各省会城市气温和气温的平方作为儿童努力的工具变量^③。作为经典的工具变量，气温通常会出现在研究个体行为的文献中，例如个体就业（李树和陈刚，2015）、人口流动（吕炜等，2017）等。并且，气温等自然环境因素会作用于个体的心理和生理条件，是影响个体努力很好的外生变量。为此我们运用控制函数方法消除努力内生性^④，相比于 2SLS，控制函数方法有两个优点：一是控制函数方法提供了一个稳健的 Hausman 检验（能否拒绝 π_t 系数为 0 的原假设），判断变量是否存在内生性；二是当内生变量以非线性形式出现在模型中时，2SLS 将内生变量以可分离的方式进行处理，而控制函数方法可以将不可分离的内生变量作为整体进行研究（Wooldridge, 2015），这样会增加估计的有效性。

假设式（1）中 ε_i 可以分为两部分（ π_t, η_t ），其中 η_t 与 P_i^C 、 P_i^H 、 $C_{i,t}$ 、 $H_{i,t}$ 和 $E_{i,t}$ 相互独立，并且在努力选择后才能识别，而 π_t 在努力前便能识别，于是构建努力等式作为控制函数：

$$E_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 C_{i,t} + \alpha_2 H_{i,t} + \alpha_3 P_i^C + \alpha_4 P_i^H + \alpha_5 X_{i,t} + \alpha_6 Z_{i,t} + \pi_{i,t} \quad (2)$$

其中 $Z_{i,t}$ 为工具变量，为 $\pi_{i,t}$ 残差项，作为控制函数。生产函数则可以重新构建为：

① Dias（2009）在研究健康机会不平等时，选取抽烟、喝酒等作为努力变量对健康影响，但是这些变量对儿童并不适合。

② 潜在因子（the latent factors）是从各观测指标中提取的变量，而这些观测指标（如认知能力通过字词测试和数学测试）为潜在变量（如认知能力）的不完全代理变量。

③ 感谢匿名审稿人指出这一点，温度对努力程度的影响可能是非线性的，为此本文加入了气温的平方项。同时由于 CFPS 数据库不能将个体具体到某一地级市，则温度数据只能选用省会一级城市。

④ 附录中汇报了控制函数方法具体过程。

$$\ln C_{i,t+1} = \frac{1}{\rho_t} \ln \left(s_{1t} P_i^{C\rho_t} + s_{2t} P_i^{H\rho_t} + s_{3t} E_{i,t}^{\rho_t} + s_{4t} C_{i,t}^{\rho_t} + s_{5t} H_{i,t}^{\rho_t} \right) + \phi_t X_{i,t} + A_t + \xi \pi_{i,t} + \eta_{i,t} \quad (3)$$

采用式 (3) 就可以得到各参数的一致估计值。

(三) 稳健性检验

在式 (1) 和式 (3) 中, 分析了努力对认知能力的影响, 而值得注意的是, 在运用 CES 生产函数对认知能力形成的分析中, 模型的设定变得尤为重要, 而投入要素之间灵活的组合可能会对主要的结果产生一定影响, 为此运用嵌套 CES 生产函数进行稳健性检验。Sato (1967) 指出, 投入要素中的任何一组要素都可以进入到第二层 CES 生产函数, 这也使得不同投入要素间可以在不同程度的替代。先将 t 期认知能力和健康构建为第一级 CES 生产函数, 然后再与其他变量构成第二级生产函数, 则第一级 CES 生产函数可以表示为:

$$\theta_{i,t} = (\lambda_t C_{i,t}^{\rho'_{s,t}} + (1 - \lambda_t) H_{i,t}^{\rho'_{s,t}})^{\frac{1}{\rho'_{s,t}}}$$

其中, $\rho'_{s,t} \in (-\infty, 1]$, $1/(1 - \rho'_{s,t})$ 为 t 期认知能力和健康的替代弹性。则式 (1) 变为:

$$C_{i,t+1} = (\gamma_{1t} P_i^{C\rho'_t} + \gamma_{2t} P_i^{H\rho'_t} + \gamma_{3t} E_{i,t}^{\rho'_t} + \gamma_{4t} \theta_{i,t}^{\rho'_t})^{\frac{1}{\rho'_t}} e^{\phi_t X_{i,t} + A_t + \varepsilon_{i,t}} \quad (4)$$

根据控制函数法消除努力内生性后, 式 (3) 变为:

$$\ln C_{i,t+1} = \frac{1}{\rho'_t} \ln (\gamma_{1t} P_i^{C\rho'_t} + \gamma_{2t} P_i^{H\rho'_t} + \gamma_{3t} E_{i,t}^{\rho'_t} + \gamma_{4t} \theta_{i,t}^{\rho'_t}) + \phi_t X_{i,t} + A_t + \xi \pi_{i,t} + \eta_{i,t} \quad (5)$$

其中, $\rho'_t \in (-\infty, 1]$, $1/(1 - \rho'_t)$ 为各投入要素的替代弹性, γ_{1t} 、 γ_{2t} 、 γ_{3t} 和 γ_{4t} 的和为 1。

三、变量选取和数据

本文使用的数据主要来自于中国家庭追踪调查 (China Family Panel Studies, CFPS)。该调查样本覆盖我国 25 个省、市、自治区, 共有社区问卷、家庭问卷、成人问卷和少儿问卷四种主题问卷类型, 旨在通过跟踪收集个体、家庭、社区三个层次的数据, 反映中国社会、经济、人口、教育和健康的变迁。CFPS 于 2010 年正式开始访问, 每两年一期跟踪调查, 由北京大学中国社会科学调查中心和美国密歇根大学调查研究中心等机构合作完成。本文使用 CFPS 数据库 2012 与 2014 年面板数据。

本文的被解释变量为认知能力。认知能力是反映个体内在能力的重要指标, 和受教育年限相比, 能更好地反映人与人之间的人力资本差异 (孟亦佳, 2014)。我们将认知能力作为研究的重点。CFPS 调查对所有 10 岁以上儿童的认知能力进行了长期的测试和评估, 并且在 2012 年和 2014 年分别运用了两套不同的测试题: 前者由记忆题和数列题组成, 侧重于“内在”的认知能力; 后者包含字词测试和数学测试, 反映了个体字词和数学计算的能力。我们运用字词测试和数学测试得分来衡量 2014 年儿童认知能力, 其中字词测试题得分在 0-34 之间, 数学测试题得分在 0-24 之间。而 2012 年记忆能力和算术推理能力测试得分数据在我们数据处理中显示缺失值较多^①, 不适用于分析。若 2012 年 CFPS 对认知能力测试可靠, 那么记忆能力和算术推理能力测试得分应该与教育成就密切相关, 因为认知能力强的个体在学习中会表现的更好。因此我们选择语文测试成绩和数学测试成绩这两个变量来替代记忆能力和算术推理能力测试得分衡量 2012 年儿童认知能力。

努力是我们的核心解释变量, 大多数机会不平等文章都在研究成人所面临的环境和努力

^① CFPS2012 年数列题测试, 受访者有权选择是否作答, 因此数据的缺失可能由于受访者拒绝作答。

因素对个人成就的影响,而儿童成就也受到外生环境因素和自我控制的努力因素影响(Wang & Yu, 2017)。可是努力变量的选取在机会不平等的文献中一直都是一个难题,因为其很难被观测和度量。通常在机会不平等文献中,衡量努力程度指标主要有“教育程度”、“职业状态”和“工作时间”(龚锋等, 2017),这些对儿童并不适合。李忠路和邱泽奇(2016)用行为指标衡量儿童努力。结合CFPS我们用四个变量来衡量儿童努力,分别为:“我学习很努力”、“会集中精力学习”、“会检查学校功课”、“完成学校功课后才玩”。这四个变量都是1-5定序变量,分别表示十分不同意、不同意、中立、同意和十分同意,并且剔除了有缺失值的样本。

健康是认知能力生产函数中的重要投入要素,也是环境因素的代理变量。借鉴Attanasio et al (2017)的做法,本文用年龄别身高z分和体重衡量儿童健康状况。由于儿童还处于发育阶段,则将年龄别身高z分和体重的提高视为健康状况的改善。

父母认知能力和母亲健康是认知能力生产函数中重要的投入要素。Attanasio et al (2017)认为父母认知能力对子女认知能力显著正向影响。Kabubo-Mariara et al (2008)指出母亲健康指标不仅能捕捉对子女遗传的影响,还能包含母亲对子女教育的影响。一个健康的母亲通常会通过更好的育儿方式以及改变家庭偏好来改善子女的营养状况。本文家庭背景包括父母的认知能力和母亲健康。父母认知能力选用父亲受教育程度和母亲受教育程度这两个指标表示,并将其折算为受教育年限:文盲或半文盲0年、小学6年、初中9年、高中(包括中专、技校和职高)12年、高等教育16年。母亲健康借鉴Eriksson et al (2014)做法运用年龄别身高z分和年龄别体重z分来衡量,其中参考的样本为CFPS,并且包括没有子女的女性。

由于儿童认知能力还会受到其他诸多因素的影响,因此在模型估计时还加入了其他控制变量,具体包括:儿童个人特征变量、家庭特征变量和省级经济变量等。在儿童个人特征变量中,年龄为2014年CFPS调查时的年龄;性别分为“男”和“女”两类,男生为1,女生为0;过去一周是否食用油炸食品和过去一周锻炼次数,若食用油炸食品,前者为0,后者为1。在家庭特征变量中,户籍为基于国家统计局资料的城乡分类,城镇为1,农村为0;家庭所在地为东部和中部虚拟变量;家庭规模为家庭成员人数;收入为家庭人均纯收入对数和财富指数。财富指数在CFPS中并没有直接给出,我们遵循Attanasio et al (2017)的方法,用住房指数、耐用品指数和服务指数三者的算术平均数作为财富指数,而这三个指数都是由几个0-1变量平均所得。住房指数包括:是否拥有其他房产、住房类型^①;耐用品指数包括:是否拥有汽车、照相机、手机等等耐用消费品;服务指数:做饭用水、做饭燃料、通电状况、卫生间类型和垃圾倒在那里^②。省级经济变量为失业率、人口数量和人均GDP。表1列示了上述各指标的基本统计量。

表1 变量的描述性统计

变量名	平均值	标准差	最小值	最大值
字词得分	22.06	7.085	0	34
数学得分	10.75	4.509	0	24
语文成绩(2012)	2.857	0.951	1	4
数学成绩(2012)	2.840	0.998	1	4
身高z分	-0.660	1.690	-11.82	3.514

① 个体居住房屋类型为单元房、别墅、联排别墅和小楼房时住房类型为1,其他为0。

② 做饭用井水、自来水和桶装水为1,其他为0;做饭用的燃料柴草为0,其他为1;通电状况偶尔断电或几乎不断电为1,其他为0;卫生间类型有冲水为1,其他为0;倒垃圾有固定地址为1,其他为0。

体重 (kg) ^①	41.40	11.81	15	100
身高 z 分 (2012)	-1.050	2.060	-13.71	7.102
体重 (kg) (2012)	33.17	10.37	10	87.50
完成学校功课后才玩	3.748	0.807	1	5
会检查学校功课	3.479	0.899	1	5
会集中精力学习	3.773	0.710	1	5
我学习很努力	3.570	0.752	1	5
油炸食品	0.515	0.500	0	1
锻炼	3.050	2.729	0	15
父亲学历	7.783	4.201	0	16
母亲学历	6.488	4.616	0	16
母亲身高 z 分	-0.0945	1.078	-9.270	3.546
母亲体重 z 分	0.0157	1.004	-3.727	5.416
人均收入对数	8.910	1.202	-1.386	13.02
财富指数	0.475	0.188	0.0667	0.978
年龄	12.44	1.740	10	15
性别	0.525	0.500	0	1
东部	0.384	0.486	0	1
中部	0.320	0.467	0	1
城镇	0.449	0.498	0	1
家庭规模	4.806	1.701	2	17
失业率	3.161	0.652	1.3	4.5
人口数量 (万人)	6096.929	2945.72	1517	10724
人均 GDP (元)	45725.46	18843.46	26433	105231
气温	14.450	4.719	5.100	21.70

注：变量名中加有 2012 的变量为 CFPS2012 年数据，其他为 2014 数据。

四、实证结果和分析

为了消除度量误差，本部分首先从各测量指标中提取潜在因子，其次运用控制函数法剔除努力内生性，着重估计认知能力的形成。

(一) 各潜在因子估计

在估计努力对认知能力的影响之前，需先从各测量指标中提取出潜在因子。表 2 汇报了各测量指标和潜在因子之间的关系，报告的信噪比^②表示各测量指标含有潜在因子信息量的大小。从表 2 可以看出，所有测量指标都包含了潜在因子大量信息，信噪比都在 30% 以上，尤其是认知能力，信噪比都超过了 50%。

① 在数据处理时发现 22 个样本的 2012 年和 2014 年体重数据不合常理，身高 150cm 左右的儿童体重不足 5kg，我们则将 2012 年和 2014 年 BMI 指数 (kg/m^2) 的 2 倍四分位间距下界以外的数据删除。

② 信噪比等于因子方差和度量误差的方差之比，方差越大表示包含的信息越多，信噪比越大就说明测量指标包含因子更多的信息。

表 2 各测量指标和潜在因子关系

潜在因子	指标	信噪比	因子负载
认知能力 (2014)	字词测试得分	59%	1
	数学测试得分	58%	0.997
认知能力 (2012)	语文成绩	64%	1
	数学成绩	58%	0.953
健康 (2014)	身高 z 分	37%	1
	体重	58%	1.259
健康 (2012)	身高 z 分	49%	1
	体重	53%	1.079
努力	我学习很努力	47%	1
	会集中精力学习	37%	0.886
	会检查学校功课	34%	0.853
	完成学校功课后才玩	33%	0.837
父母认知能力	父亲教育	41%	1
	母亲教育	63%	1.200
母亲健康	母亲身高 z 分	45%	1
	母亲体重 z 分	34%	0.865
收入	家庭人均收入	30%	1
	财富指数	47%	1.249

(二) 生产函数估计

接着分析努力对认知能力的影响。表 3 不仅报告了认知能力的 CES 生产函数结果，也检验了健康能否作为环境的代理变量。其中第一和第四列为不考虑努力变量内生性问题的回归结果，第二列为第一阶段的努力回归结果，第三和最后一列则是运用控制函数方法消除内生性回归结果。

表 3 CES 生产函数估计

变量	认知能力 (1)	第一阶段	认知能力 (2)	健康 (1)	健康 (2)
努力残差项 v			-0.090** (0.043)		-0.078*** (0.029)
努力	0.058 (0.049)		0.152** (0.067)	-0.011 (0.023)	0.062 (0.038)
父母认知能力	0.420*** (0.070)	0.158 (0.117)	0.365*** (0.070)	0.091** (0.040)	0.043 (0.035)
母亲健康	-0.230*** (0.074)	-0.011 (0.044)	-0.242*** (0.075)	0.030 (0.029)	0.018 (0.026)
认知能力 (2012)	0.141*** (0.038)	0.103*** (0.028)	0.122*** (0.037)	-0.003 (0.021)	-0.017 (0.021)

健康(2012)	0.611*** (0.078)	-0.047 (0.047)	0.603*** (0.080)	0.894*** (0.041)	0.893*** (0.041)
性别	-0.040*** (0.011)	-0.033*** (0.012)	-0.038*** (0.011)	0.008 (0.010)	0.009 (0.010)
城镇	-0.015 (0.012)	-0.031** (0.016)	-0.010 (0.012)	-0.005 (0.009)	-0.002 (0.009)
东部	0.012 (0.009)	0.008 (0.014)	0.013 (0.009)	-0.008 (0.006)	-0.008 (0.006)
中部	-0.007 (0.011)	-0.006 (0.014)	-0.006 (0.011)	-0.001 (0.008)	0 (0.007)
年龄	0.125*** (0.021)	-0.026* (0.014)	0.126*** (0.021)	-0.009 (0.009)	-0.009 (0.008)
家庭规模	-0.022* (0.012)	0.012 (0.014)	-0.023* (0.012)	-0.007 (0.011)	-0.008 (0.011)
收入	-0.234*** (0.069)	-0.285* (0.163)	-0.175** (0.071)	-0.110** (0.044)	-0.060 (0.038)
油炸食品	-0.024** (0.010)	0.034** (0.015)	-0.027*** (0.010)	0.006 (0.010)	0.003 (0.010)
锻炼	0.016 (0.010)	0.019 (0.018)	0.015 (0.010)	0.009 (0.008)	0.009 (0.008)
失业率	-0.020 (0.015)	-0.013 (0.019)	-0.018 (0.015)	-0.024** (0.010)	-0.023** (0.010)
人口对数	-0.042*** (0.010)	0.010 (0.015)	-0.040*** (0.009)	-0.023*** (0.007)	-0.022*** (0.007)
人均 GDP 对数	-0.014 (0.015)	0.023 (0.027)	-0.018 (0.015)	0.020** (0.010)	0.017 (0.010)
全要素生产率 A_t	0.327*** (0.105)		0.248** (0.110)	0.183*** (0.064)	0.111*** (0.056)
ρ	-0.106 (0.080)		-0.012 (0.095)	0.232 (0.162)	0.447*** (0.156)
替代弹性	0.90429		0.98778	1.30242	1.80974
气温		-0.065*** (0.025)			
气温平方		0.002* (0.001)			
工具变量P值		0.008			
样本数	1373				

注：采用 bootstrap 方法，自助抽样 100 次。括号内为标准误，*、**、*** 分别代表 10%、5% 和 1% 的显著性水平。工具变量 P 值为工具变量联合 F 检验 P 值。下同。

在认知能力（2）中，努力残差项在认知能力生产中显著为负，说明努力存在内生性。从认知能力（1）、（2）可以看出，在加入工具变量运用控制函数方法后努力变量在5%的显著性水平下显著为正，表明剔除内生性干扰后儿童自身努力程度显著增加认知能力。同时我们发现，在一阶段回归中，工具变量在1%的显著性水平下联合显著，说明用气温和气温平方项作为儿童努力的工具变量不存在可能的“弱工具变量”问题。^①

剔除内生性后发现，儿童认知能力存在“自我生产”现象，2012年认知能力对2014年认知能力产生显著正向影响。同样引起我们注意的是健康显著增加认知能力，表明处于疾病或者严重恶劣环境下的儿童不仅会影响身体健康状况，同时认知能力也会严重不足。认知能力有着很强的代际传递性，父母认知能力显著促进儿童认知能力的形成，这是因为认知能力高的父母通常会有更好的抚养方式，能为子女提供优良的学习和生活环境，同时父母会影响子女教育投资的观念和意愿，高认知能力父母会更加重视这种言传身教的方式，实现认知能力的代际传递。母亲健康变化对认知能力影响显著为负^②。性别和家庭规模都显著负向影响认知能力的形成。同时年龄促进认知能力的提高，说明随着年龄的增长，认知能力也会显著提高，这与认知能力积累有着密切的关系。收入对认知能力的影响显著为负，一定程度上可能是由于指标的选择，未能很好的度量出儿童家庭的经济状况。收入可能代表着家庭环境的多个方面，比如父母教育、能力、利他主义等等，这些因素都可能影响子女的发展，而收入对子女认知技能发展的影响一直存在争议（Heckman & Mosso, 2014），并且可能存在负向影响（Cesarini et al, 2016），这可能是由于家庭经济状况好的父母未必能提供子女更好的育儿行为，包括对子女的照料时间，与孩子讨论学校里的事情等等，而这些因素对子女认知能力的形成有着重要的作用（李忠路和邱泽奇，2016）。

从健康方面来讲，努力并不显著，表明儿童健康主要受到环境的作用，为此本文将健康作为环境的代理变量。关于替代弹性，在认知能力（2）中，参数 ρ 为-0.012，表明努力与滞后的健康互补，所以努力与环境之间存在直接互补（Direct Complements）^③关系，说明处于优势环境中的儿童，在认知能力形成过程中努力的边际生产率较高，相反在劣势环境中，儿童努力的边际生产率较低，甚至面临的环境可能会遏制努力对认知能力的作用。而事实上，现有的机会不平等文献都认为个体面临的环境与努力因素衡量较困难，由此导致实证分析难

① 因为本文使用 CES 生产函数这一非线性模型进行第二阶段的估计，传统的工具变量法并不适用。可是在笔者视野所及，非线性面板工具变量法较为复杂，无法通过传统的方法汇报工具变量的检验指标，尤其是外生性检验指标。参考 Attanasio et al（2017），我们汇报了工具变量联合 F 检验 P 值，以表明工具变量与内生变量相关性，而外生性无法通过指标来验证。从经验角度来讲，作为经典的工具变量，气温通常会出现在研究个体行为的文献中。气温等自然环境因素会作用于个体的心理和生理条件，是影响儿童努力很好的外生变量。

② 这可能是由于两方面原因。其一，越健康的母亲越可能将更多的时间投入到劳动市场中，进而可能忽略了对子女早期的照料以及学业上的指导和交流，从而负向影响子女认知能力（Bevis & Barrett, 2015）。其二，由于儿童认知能力形成过程中，各投入要素间存在相互作用关系，所以我们借鉴 Cunha et al（2010），构建了 CES 生产函数，为此母亲健康更多的反应了与父母教育等其他投入要素相互作用后对子女认知能力的影响。Bhalotra & Rawlings（2013）指出，随着父母教育程度的提高，母亲健康对子女认知能力的代际影响会下降，也就是说，假如母亲的身高或者体重等健康指标低于平均水平以下，可能对子女认知能力的形成负面影响，但是如果母亲教育程度的提高，可以缓解这一作用，进而母亲健康对子女认知能力的影响显著为负。

③ 遵循 Cunha et al（2010），只要满足以下条件，努力与健康就存在直接互补关系： $\frac{\partial^2 C_{it+1}}{\partial E_{it} \partial H_{it}} > 0$ ，这时健康增加努力的边际生产率。

免会产生一定偏误。鉴于此，本文采用儿童健康当做环境因素，由此分析在认知能力形成过程中努力与环境的关系。

（三）稳健性检验

为了探讨在 CES 生产函数不同设定的条件下，回归结果是否稳健。表 4 报告了回归结果，其中认知能力（1）为式（4）回归结果，认知能力（2）为式（5）结果。与表 3 估计结果相一致，认知能力存在一定的代际传递性，并且努力变量存在内生性。在消除内生性后，努力可以改善儿童认知能力。这说明本文的主要结论是非常稳健的。

表 4 嵌套 CES 生产函数估计结果

变量	认知能力（1）		认知能力(2)	
	系数	标准误	系数	标准误
努力残差项 v			-0.101**	(0.045)
努力	0.060	(0.050)	0.165**	(0.067)
父母认知能力	0.421***	(0.070)	0.357***	(0.070)
母亲健康	-0.230***	(0.074)	-0.240***	(0.076)
认知能力（2012）	0.179***	(0.051)	0.155***	(0.049)
健康（2012）	0.821***	(0.051)	0.845***	(0.049)
嵌套 CES	0.749***	(0.080)	0.717***	(0.084)
全要素生产率 A_t	0.336***	(0.105)	0.248**	(0.110)
ρ	-0.010	(0.114)	0.114	(0.127)
ρ_{sk}	-0.359***	(0.130)	-0.426***	(0.149)
控制变量	已控制		已控制	
替代弹性	0.990		1.128	
嵌套替代弹性	0.736		0.701	
样本数	1373			

五、进一步的讨论

（一）分年龄的分析

Rawls（1958）在不平等度量分析中考虑了个体自身的责任，在此之后 Roemer（1993）则将个体责任定义为努力，并给出了机会平等的定义。而由于自我控制的形成与发展，个体并不是从出生就开始对自己行为负责，需要达到某一年龄点。心理学文献认为个体自我控制形成发展于生活中的早期，约 10 岁左右（陈京军等，2014），而 Roemer et al（2003）认为努力可能在 14 岁以后才对个体成就起显著影响，而之前的成就主要源于其面临的环境因素。因此有必要分年龄段对儿童认知能力形成进行探讨。从现有的样本中可知，儿童年龄跨度为 10-15 岁，其中 10-12 岁儿童中 90.6% 在就读小学，13-15 岁儿童中 80.1% 在读初中，因此本文将样本分为 10-12 岁和 13-15 岁两个子样本，分别考虑努力对小学和初中样本的影响，表 5 报告了认知能力生产函数估计结果。

表 5 分年龄讨论回归结果

变量	10-12 岁			13-15 岁		
	认知能力 (1)	认知能力 (2)	第一阶段	认知能力 (1)	认知能力 (2)	第一阶段
努力残差 项 v		-0.019 (0.074)			-0.186*** (0.062)	
努力	-0.057 (0.068)	-0.037 (0.11)		0.206*** (0.063)	0.378*** (0.09)	
父母认知 能力	0.695*** (0.116)	0.68*** (0.13)	0.146 (0.166)	0.411*** (0.098)	0.306*** (0.101)	0.094 (0.118)
母亲健康	-0.224** (0.103)	-0.226** (0.102)	-0.036 (0.097)	-0.036 (0.084)	-0.06 (0.081)	-0.029 (0.049)
认知能力 (2012)	0.09* (0.05)	0.088 (0.054)	0.074* (0.042)	0.238*** (0.067)	0.204*** (0.071)	0.06 (0.047)
健康 (2012)	0.496*** (0.105)	0.496*** (0.106)	0.025 (0.058)	0.182** (0.078)	0.172*** (0.076)	-0.016 (0.037)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
全要素生 产率 A_t	0.769*** (0.163)	0.746*** (0.187)		0.245** (0.105)	0.082 (0.114)	
ρ	-0.268 (0.164)	-0.239 (0.206)		0.204 (0.146)	0.312** (0.153)	
替代弹性	0.789	0.807		1.257	1.454	
气温			-0.06 (0.04)			-0.054 (0.034)
气温平方			0.001 (0.002)			0.002** (0.001)
工具变量 P 值			0.085			0.113
样本数	707			666		

同样，表 5 中认知能力 (1)、(2) 分别表示基准回归和消除努力内生性后的回归结果。从表 5 中可以看到，与表 3 类似，在不同阶段，健康都显著促进认知能力的形成，这表明儿童面临的环境因素对认知能力具有持续的影响。与小学阶段相比，儿童步入初中时，努力开始显著影响认知能力的形成，这表明在儿童不同阶段中，努力对认知能力的影响有所差异。初中以前认知能力形成主要的投入要素为环境，而随着步入初中后，努力开始现显著影响认知能力。

(二) 分城乡的分析

在前文中，户籍作为一个控制变量来分析对认知能力的影响，而城乡认知能力发展存在着很大的差异。相对于城镇而言，居住在农村的儿童会面临很多不利环境因素，比如：父母认知能力不足，家庭收入较低以及公共服务缺乏等，都会抑制儿童认知能力的形成。所以将城镇和农村样本分别处理会有助于我们更为深刻的理解认知能力形成的特征，表 6 汇报了按

城乡划分样本的估计结果。

表 6 分城乡分析

变量	城镇			农村		
	认知能力 (1)	认知能力 (2)	第一阶段	认知能力 (1)	认知能力 (2)	第一阶段
努力残差 项 v		-0.123 (0.084)			-0.058 (0.041)	
努力	0.130* (0.070)	0.254** (0.104)		0.044 (0.047)	0.104 (0.067)	
父母认知 能力	0.325*** (0.114)	0.238** (0.112)	0.134 (0.165)	0.437*** (0.067)	0.403*** (0.065)	0.082 (0.111)
母亲健康	-0.100* (0.056)	-0.108 (0.070)	-0.005 (0.047)	-0.228*** (0.070)	-0.236*** (0.073)	0.005 (0.044)
认知能力 (2012)	0.173*** (0.059)	0.147** (0.060)	0.065 (0.047)	0.135*** (0.037)	0.124*** (0.036)	0.082*** (0.032)
健康 (2012)	0.472*** (0.070)	0.468*** (0.070)	-0.073* (0.040)	0.612*** (0.076)	0.605*** (0.078)	-0.023 (0.043)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
全要素生 产率 A_t	0.0145 (0.098)	-0.063 (0.107)		0.281*** (0.096)	0.224** (0.096)	
ρ	-0.012 (0.085)	0.104 (0.091)		-0.060 (0.072)	-0.003 (0.088)	
替代弹性	0.988	1.116		0.943	0.997	
气温			-0.054 (0.036)			-0.050** (0.023)
气温平方			0.002 (0.001)			0.0006 (0.0009)
工具变量 P 值			0.123			0.007
样本数	617			756		

从表 6 中看到城镇和农村都有很强的认知能力代际传递性,并且儿童健康显著正向影响认知能力。城乡儿童认知能力受到努力的影响有所差异,其中努力显著促进城镇儿童认知能力的增加,而在农村并不显著,这表明在劣势中成长的农村儿童由于优势环境不足,努力并不能在认知能力形成中起到显著作用。并且在城镇样本中,努力与健康的替代弹性为 0.988,表明努力与环境直接互补,相互促进边际生产率。

(三) 不同家庭背景的分析

在这一部分,我们将样本按照父母教育程度均值分为高家境组(初中及以上)和低家境组(初中以下)作为比较。

从表 7 中可以看到,无论是低家境还是高家境组,在剔除内生性后,努力都显著促进认

知能力的形成。从回归系数来讲^①，剔除内生性后，父母教育程度较高的子女，其努力的回报要比低家境组子女高 20%。这是因为，由于努力与环境直接互补，努力对认知能力的贡献值也取决于自身所面临的环境。为此，父母教育程度高的子女拥有良好的环境优势，其努力的边际生产率更高。这可能与遗传有关但并不绝对，Plug & Vijverberg（2005）指出收养的子女和亲生的一样，受教育程度同样受到父母认知能力的影响。更为重要的是认知能力高的父母会传递给子女优良的教育投资观念，并在个体早期阶段能重视“亲子交流”，比如包括哄孩子入睡、带孩子上医院等日常照料的时间投入，检查孩子作业、听孩子分享学校里的事情、为孩子学习而放弃看电视等教育参与，以及带孩子做游戏，参加户外活动等娱乐时间的投入，都大大的影响了子女的认知能力。

表 7 家庭背景分析

变量	高家境组			低家境组		
	认知能力 (1)	认知能力 (2)	第一阶段	认知能力 (1)	认知能力 (2)	第一阶段
努力残差项 v		-0.215*** (0.077)			-0.140** (0.064)	
努力	0.167** (0.065)	0.348*** (0.101)		0.161** (0.078)	0.290*** (0.099)	
母亲健康	-0.103 (0.078)	-0.16** (0.073)	0.021 (0.063)	-0.199** (0.099)	-0.222** (0.105)	-0.026 (0.087)
认知能力 (2012)	0.297*** (0.061)	0.216*** (0.068)	0.088** (0.042)	0.237*** (0.064)	0.191*** (0.063)	0.077 (0.052)
健康 (2012)	0.638*** (0.084)	0.595*** (0.084)	-0.036 (0.052)	0.801*** (0.112)	0.741*** (0.114)	0.021 (0.067)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
全要素生产率 A_t	-0.072 (0.087)	-0.159* (0.090)		-0.063 (0.163)	-0.172 (0.177)	
ρ	-0.028 (0.081)	0.119 (0.092)		-0.045 (0.103)	0.040 (0.122)	
替代弹性	0.973	1.136		0.957	1.042	
气温			-0.031 (0.028)			-0.067* (0.038)
气温平方			0.0002 (0.001)			0.001 (0.001)
工具变量 P 值			0.134			0.078
样本数	778			595		

① 尽管第二阶段回归为非线性模型，但其系数反映了努力、滞后认知能力、滞后健康以及母亲健康等投入值为均值时对认知能力的边际生产率。

六、主要结论和政策建议

大量的文献已经表明儿童认知能力的积累对其未来的发展有着重要而深远的影响,而在儿童认知能力形成的诸多影响因素中,环境的重要性一直是关注的重点,而忽略了自身努力在其中发挥的作用。为此,本文侧重于回答“努力能否改善儿童认知能力?”这一问题。鉴于数据的可获得性,本文以10-15岁儿童为研究对象,遵循Roemer二分法,通过采用CES生产函数,运用控制函数方法剔除努力的内生性,判断努力是怎样影响儿童的认知能力。利用CFPS 2012年和2014年数据,实证分析发现:(1)儿童努力会显著正向影响其自身认知能力;(2)将儿童健康作为环境的代理变量,在儿童的认知能力形成过程中,努力和环境存在互补关系,则二者对提高认知能力的边际生产率存在相互促进作用;(3)随着儿童年龄增长、自我控制能力逐渐增强,在儿童进入初中后,努力会显著提高认知能力,而在小学以前,认知能力主要受环境因素的影响;(4)进一步发现,努力对儿童认知能力的影响在城乡和家庭环境等方面存在差异,努力对城镇儿童和父母教育程度高的儿童影响更为显著。综上所述,儿童能够通过努力在一定程度上改善自身认知能力,但无法完全替代环境因素对认知能力的作用。

由前述结论可知,为了促进儿童认知能力的较好形成,建议:(1)进一步完善现行的义务教育政策。在具备条件的地方可以实行12年制的义务教育,适度加大对部分贫困家庭进行精准帮扶,将各类补助、补贴落实到家庭或儿童个人。此外,要注意在一些特别贫困农村地区有可能会出现虽然义务教育的显性教育成本降低,但是义务教育的隐性机会成本依旧较高而发生辍学或厌学现象,对此要予以特别关注与解决。(2)努力改善义务教育阶段师资均等化水平。前述分析结果显示,儿童认知能力在初中以前阶段主要受环境因素影响,而在初中以后阶段,其认知能力受到努力影响的效果十分明显,而该阶段的儿童认知能力受教师的影响非常明显而深远,由此可知,改善义务教育阶段的各地区师资均等化水平至关重要。此外,由于现有城乡义务教育管理遵循“分级负责、以县为主”的原则,则增加县级政府的财政教育支出是关键,而这就需要加大中央、省、市对县级政府的财政转移支付力度,尤其是针对农村的专项财政教育转移支付,从而增加农村和落后地区教师待遇,吸引优秀教师,逐步改善地区尤其是城乡之间初中及以上阶段的师资均等化水平。(3)重视发挥父母对儿童认知能力形成的积极作用。传统观念均误认为儿童进入学校学习,儿童的认知能力形成全部是学校的责任,而本文前述分析证实,家庭环境尤其是父母教育程度对儿童认知能力存在显著影响(美国学者Taubman(1974)也认为教育只是一种筛选人才的机制,儿童人力资本形成及其未来成长的关键在家庭),由此应该通过各种方式宣导家庭环境尤其是父母对儿童认知能力形成的重要作用,呼吁父母无论工作多忙,都要在儿童教育上花费一定时间,与学校一起共同推动儿童认知能力的较好形成。

参考文献:

- 江求川 任洁 张克中, 2014:《中国城市居民机会不平等研究》,《世界经济》第4期。
- 李树 陈刚, 2015:《幸福的就业效应——对幸福感、就业和隐性再就业的经验研究》,《经济研究》第3期。
- 李莹 吕光明, 2016:《机会不平等在多大程度上引致了我国城镇收入不平等》,《统计研究》第8期。

- 李忠路 邱泽奇, 2016: 《家庭背景如何影响儿童学业成就?——义务教育阶段家庭经济地位影响差异分析》, 《社会学研究》第 4 期。
- 马超 曲兆鹏 宋泽, 2018: 《城乡医保统筹背景下流动人口医疗保健的机会不平等——事前补偿原则与事后补偿原则的悖论》, 《中国工业经济》第 2 期。
- 孟亦佳, 2014: 《认知能力与家庭资产选择》, 《经济研究》增 1 期。
- 邹薇 马占利, 2019: 《家庭背景、代际传递与教育不平等》, 《中国工业经济》第 2 期。
- Anger, S. & D.D.Schnitzlein(2017), “Cognitive skills, non-cognitive skills and family background: Evidence from sibling correlations”, *Journal of Population Economics* 30(20):591-620.
- Attanasio, O. et al(2017), “Human capital growth and poverty: Evidence from Ethiopia and Peru”, *Review of Economic Dynamics* 25:234-259.
- Ben-Porath, Y.(1967), “The production of human capital and the life cycle of earnings”, *Journal of Labor Economics* 75(4):352-365.
- Bevis, L. & C.B.Barrett(2015), “Decomposing intergenerational income elasticity: The gender-differentiated contribution of capital transmission in rural Philippines”, *World Development* 74:233-252.
- Bhalotra, S. & S.Rawlings(2013), “Gradients of the intergenerational transmission of health in developing countries”, *Review of Economics and Statistics* 95(2):660-672.
- Carneiro, P. et al(2012), “Maternal education, home environments and the development of children and adolescents”, *Journal of the European Economic Association* 11(s1):123-160.
- Cesarini, D. et al(2016), “Wealth, health, and child development: Evidence from administrative data on Swedish lottery players”, *Quarterly Journal of Economics* 131(2):687-738.
- Chetty, R. et al(2016), “Childhood environment and gender gaps in adulthood”, *American Economic Review* 106(5):282-288.
- Chyn, E.(2018), “Moved to opportunity: The long-run effects of public housing demolition on children”, *American Economic Review* 108(10):3028-3056.
- Cunha, F. et al(2010), “ Estimating the technology of cognitive and noncognitive skill formation”, *Econometrica* 78(3):883-931.
- Cunha, F. & J.J.Heckman(2007), “The technology of skill formation”, *American Economic Review* 97(2):31-47.
- Currie, J.(2011), “Inequality at birth: Some causes and consequences”, *American Economic Review* 101(3):1-22.
- Dias, P.R.(2009), “Inequality of opportunity in health: Evidence from a UK cohort study”, *Health Economics* 18(9):1057-1074.
- Golley, J. & S.T.Kong(2018), “Inequality of opportunity in China's educational outcomes”, *China Economic Review* 51:116-128.
- Heckman, J.J. & T.Kautz(2012), “Hard evidence on soft skills”, *Labour Economics* 19(4):451-464.
- Heckman, J.J. & S.Mosso(2014), “The economics of human development and social mobility”, *Annual Review of Economics* 6(1):689-733.
- Kabubo-Mariara, J. et al(2008), “Determinants of children's nutritional status in Kenya: Evidence from demographic and health surveys”, *Journal of African Economies* 18(3):363-387.

Keane, M.P. & J.E.Roemer(2009), “Assessing policies to equalize opportunity using an equilibrium model of educational and occupational choices”, *Journal of Public Economics* 93(7-8):879-898.

Lefranc,A. et al(2009), “Equality of opportunity and luck: Definitions and testable conditions, with an application to income in France”, *Journal of Public Economics* 93(11-12):1189-1207.

Marrero, G.A. & J.G.Rodriguez(2013), “Inequality of opportunity and growth”, *Journal of Development Economics* 104(3):107-122.

Plug, E. & W.Vijverberg(2005), “Does family income matter for schooling outcomes? Using Adoptees as a Natural Experiment”, *Economic Journal* 115(506):879-906.

Roemer, J.E. et al(2003), “To what extent do fiscal regimes equalize opportunities for income acquisition among citizens”, *Journal of Public Economics* 87(3):539-565.

Wang, Q. & X.Yu(2017), “Family linkages, social interactions, and investment in human capital: A theoretical analysis”, *Journal of Comparative Economics* 45(2):271-286.

Wooldridge J.M.(2015), “Control function methods in applied econometrics”, *Journal of Human Resources* 50(2):420-445.

附录

在正文的分析中，首先利用动态因子模型提取各潜在因子，以消除各测量指标的度量误差，接着运用了控制函数法消除了努力的内生性。在这一部分将对这两种方法进行详细的介绍。

（一）动态因子模型

在式（1）的认知能力生产函数中，主要的投入和产出要素不能被直接的观测到，只能依靠其他观测指标来衡量，例如儿童认知能力通过字词测试和数学测试指标衡量，可是单独的测量指标并不能很好的度量认知能力，存在度量误差，因子分析法就能消除这一弊端。

动态因子模型主要分为三步：首先构建各测量指标与潜在因子之间的线性和可分离模型，估计各测量指标的联合分布；然后估计潜在因子联合分布，以及度量误差分布；最后从潜在因子联合分布中提取对应的数据集。

遵循 Cunha et al（2010），构建各测量指标与潜在因子之间的线性和可分离模型：

$$m_{j,k,t} = a_{j,k,t} + \delta_{j,k,t} \ln(\theta_{k,t}) + \varepsilon_{j,k,t} \quad (6)$$

其中 $m_{j,k,t}$ 为 t 期第 k 个潜在因子 $\theta_{k,t}$ 的第 j 个观测值， $\delta_{j,k,t}$ 为 $\theta_{k,t}$ 的因子载荷， $a_{j,k,t}$ 为常数， $\varepsilon_{j,k,t}$ 为度量误差。因为 $m_{j,k,t}$ 对潜在因子的度量存在误差，则 $E(\varepsilon_{j,k,t}) = 0$ 。与传统的因子分析法相类似，指定每个因子第一个测量指标的因子载荷 $\delta_{1,k,t} = 1$ ，并且标准化为 $E(\ln \theta_{k,t}) = 0$ 。除了各测量指标外，式（1）中还包括其他控制变量 X ，则需要度量各潜在因子与控制变量的联合分布，则因子向量为：

$$\theta = (\{C_t\}_{t=1}^T, \{H_t\}_{t=1}^T, \{E_t\}_{t=1}^T, P^C, P^H, X) \quad (7)$$

接着就要识别 $\ln \theta$ 的联合分布， $f(\ln \theta)$ 。降低式（6）的纬度为：

$$M' = M - A = \Lambda \ln(\theta) + \varepsilon \quad (8)$$

其中 M 为所有观察指标向量， A 为 $a_{j,k,t}$ 值向量，表示观察值均值向量， Λ 为因子载荷向量， ε 为度量误差向量。为了满足 CES 生产函数投入要素的复杂形式，我们假设潜在因子联合分布由两个正态分布混合而成，分别为 $f^A(\ln \theta)$ 和 $f^B(\ln \theta)$ ，其均值与方差分别为 μ^A ， Σ^A 和 μ^B ， Σ^B ，则：

$$f(\ln \theta) = \tau f^A(\ln \theta) + (1 - \tau) f^B(\ln \theta) \quad (9)$$

其中 τ 为 A 、 B 分布的权重。由于 $E(\ln \theta_{k,t}) = 0$ ，则 $\tau \mu^A + (1 - \tau) \mu^B = 0$ 。由式（8）、

(9) 可得各观测指标的分布为:

$$f(m) = \tau \int g(M' - \Lambda \ln(\theta)) f^A(\ln \theta) d\theta + (1 - \tau) \int g(M' - \Lambda \ln(\theta)) f^B(\ln \theta) d\theta \quad (10)$$

其中 $g(\cdot)$ 为度量误差分布, $\varepsilon \sim N(0, \Sigma^\varepsilon)$ 。接着借鉴 Arcidiacono & Jones (2003) 运用 EM 算法 (Expectation Maximization Algorithm) 估计测量指标混合正态分布, 再运用最小距离法 (Minimum Distance Estimation) 估计 $g(\cdot)$ 、 τ 、 μ^A 、 Σ^A 、 μ^B 与 Σ^B , 主要关系如下:

$$\tau \Lambda \mu^A + (1 - \tau) \Lambda \mu^B = 0 \quad (11)$$

$$\Lambda \mu^A = E[M^A] \quad (12)$$

$$\Lambda \mu^B = E[M^B] \quad (13)$$

$$\Lambda \Sigma^A \Lambda' + \Sigma^\varepsilon = \text{cov}[M^A] \quad (14)$$

$$\Lambda \Sigma^B \Lambda' + \Sigma^\varepsilon = \text{cov}[M^B] \quad (15)$$

最后提取出对应的数据, 进行努力等式以及 CES 生产函数的估计。

(二) 控制函数方法 (the control function approach)

儿童努力因素的投入对儿童认知能力的影响:

$$C_{t+1} = f(P^C, P^H, E_t, C_t, H_t, X_t, \varepsilon_t) \quad (16)$$

$t+1$ 期时的认知能力 C_{t+1} , 取决于各投入要素: 父母认知能力 P^C , 母亲健康水平 P^H , t 期认知能力 C_t 和健康水平 H_t , 以及自身的努力 E_t , X_t 为其他控制变量, ε_t 为误差项, 其中 E_t 为内生变量。与 2SLS 类似, 控制函数法也假设 $E(\varepsilon_t | P^C, P^H, C_t, H_t, X_t) = 0$ 。

$$E_t = g(P^C, P^H, C_t, H_t, X_t, Z_t, \pi_t) \quad (17)$$

$$E(Z_t \pi_t) = 0 \quad (18)$$

其中 Z_t 为工具变量, π_t 为误差项。Wooldridge (2015) 指出即使内生变量以非线性的形式出现在回归模型中, ε_t 与 π_t 也存在以下关系:

$$\varepsilon_t = \rho \pi_t + \eta_t \quad (19)$$

$$E(\pi_t \eta_t) = 0 \quad (20)$$

其中 $\rho = E(\pi_t \varepsilon_t) / E(\pi_t^2)$ 。由于 ε_t 和 π_t 与 $(P^C, P^H, C_t, H_t, X_t)$ 不相关, 则 η_t 与 $(P^C, P^H, C_t, H_t, X_t)$ 不相关, 且与 E_t 不相关, 则:

$$C_{t+1} = f(P^C, P^H, E_t, C_t, H_t, X_t, \pi_t, \eta_{t,t}) \quad (21)$$

其中 π_t 可看作外生解释变量, 其控制了努力的内生性。在式 (21) 中 π_t 系数显著, 则表明在式 (10) 中努力确实存在内生性。

相比于 2SLS, 控制函数方法存在两个优点: 一是控制函数方法提供了一个稳健的 Hausman 检验 (能否拒绝 π_t 系数为 0 的原假设), 判断变量是否存在内生性; 二是当内生变量以非线性形式出现在模型中时, 2SLS 将内生变量以可分离的方式进行处理, 而控制函数方法可以将不可分离的内生变量作为整体进行研究 (Wooldridge, 2015), 这样会增加估计的有效性。

Effort and Children's Cognitive Abilities: Based on CES Function

LIU Chengkui WANG Zhouxiang REN Feirong

(Wuhan University, Wuhan, China)

Abstract: Accumulation of early cognitive ability is an important influencing factor of individual's future achievement, and the formation of cognitive abilities is directly and profoundly

influenced by individual effort and environment. Based on the data of China Family Panel Studies (CFPS) in 2012 and 2014, this paper constructed the CES production function of children's cognitive ability, and examined the effect of effort on children's cognitive ability. It is found that the children's effort has a significant and robust positive effect on cognitive ability. There is a complementary relationship between effort and environment, which promotes the marginal productivity. Further analysis shows that the formation of cognitive ability before primary school is greatly affected by environmental factors, but after junior high school, the effort also significantly affect cognitive ability. And It was found that the effort of those with urban and good family environment have more significant influence on cognitive ability. Therefore, the government should perfect the current compulsory education policy, improve the level of teacher equalization in compulsory education stage, and pay attention to the positive effect of parents on the formation of children's cognitive ability. And then stimulate children's efforts to effectively improve cognitive abilities.

Key words: Efforts; Environments; Children's Cognitive Abilities